

# ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Band 200.

Nr. 4783.

7.

## Photographische Beobachtungen einiger hellen Doppelsterne. Von E. Hertzsprung.

Die folgenden Beobachtungen sind in der Zeit von 1907 Dez. 29 bis 1909 Febr. 7 an der Universitätssternwarte zu Kopenhagen angestellt worden. Auch an dieser Stelle möchte ich Herrn Mag. H. Thiele für seine Teilnahme an den Aufnahmen, sowie dem Carlsbergfonds für die gewährte pekuniäre Unterstützung bestens danken.

Der wesentliche Zweck dieses Aufsatzes besteht in der Bestimmung des Farbenunterschiedes der beiden Komponenten bei einigen hellen Doppelsternen, teils durch Messung von effektiven Wellenlängen, teils durch Vergleichung der photographischen und visuellen Größendifferenz zwischen Hauptstern und Begleiter. Daran knüpften sich gelegentliche Positionsmessungen. Die in Kopenhagen vorgenommene Ausmessung der Platten wurde in Potsdam größtenteils wiederholt und ergänzt.

Bei den Aufnahmen, die zur Bestimmung von effektiven Wellenlängen dienen sollten, wurde vor das Objektiv ( $a = 20$ ,  $f = 480$  cm) ein Gitter gesetzt, das aus Eisenstäbchen von 1.95 mm Durchmesser, getrennt durch Zwischenräume von derselben Größe, bestand. Der Abstand zwischen den Mitten der beiden Spektren erster Ordnung wird dann etwa 1 mm.

Die erste der untenstehenden Tabellen enthält die gewonnenen Positionen. Diese können, namentlich weil die Zentralbilder oft überexponiert sind, um die Spektren auch für die Bestimmung effektiver Wellenlängen verwendbar zu machen, nicht als maßgebend für die Leistungsfähigkeit der photographischen Methode zur Bestimmung von Doppelsternpositionen<sup>1)</sup> gelten. Da die Positionen aber ebensogut wie gewöhnliche visuelle Messungen sein dürften, seien sie hier mitgeteilt. Keine der Messungen ist für Refraktionsdispersion korrigiert.

Gemessen wurden mit dem Okularmikrometer in verschiedenen Lagen der Platte Differenzen in  $A\alpha \cos \delta$  und  $A\delta$ .

Die Messungen der Sterngruppe  $\Sigma 484$  und 485 sind besonders aufgeführt und mit meinen früheren visuellen Beobachtungen (A. N. 4299) verglichen.

Platte	Doppelstern	$\Sigma$	Datum	$p$	$s$	Zahl der Bilder	Sternzeit Kop.
			1900+				
A 58	$\gamma$ Ariet.	180	8.926	359 <sup>o</sup> .2	8 <sup>o</sup> .27	50	1 <sup>h</sup> .4
A 59	»	»	8.926	359.4	8.21	53	1.8
A 86	—	191	9.066	194.2 <sup>2)</sup>	5.11 <sup>2)</sup>	8	5.1
A 66	$\epsilon$ Trian.	227	9.041	72.9	3.51	20	1.9
A 84	»	»	9.066	73.3	3.63	33	3.0
A 101	—	572	9.104	201.3	3.54	25	6.1
A 102	118 Taur.	716	9.104	200.8	4.80	26	6.8
A 91	38 Gem.	982	9.101	157.3	6.64	7	7.5
A 93	$\zeta$ Canc.	1196	9.101	113.4	5.38	23	9.0
A 94	»	»	9.101	113.0	5.44	27	9.3
A 26	—	1280	8.384	44.9	4.75	4	15.7
A 105	—	1321	9.104	67.2	19.01	14	10.2
A 11	54 Leon.	1487	8.286	106.4	6.24	4	12.3
A 87	$\xi$ Urs. maj.	1523	9.066	127.5	(2.77)	29	14.0
A 88	»	»	9.066	127.8	(2.74)	27	14.2
A 106	»	»	9.104	128.0	(2.74)	35	11.0
A 107	»	»	9.104	129.7	(2.79)	42	11.3
A 15	2 Can. ven.	1622	8.291	259.6	11.39	8	11.7
A 17	$\gamma$ Virg.	1670	8.368	326.8	5.95	19	14.2
A 16	$\zeta$ Urs. maj.	1744	8.302	149.6	14.33	11	11.2
A 21	44 Boot.	1909	8.368	241.9	4.25	13	16.7
A 18	—	1964	8.368	85.6	15.12	4	14.9
A 19	»	»	8.368	85.7	15.31	8	15.2
A 18	$\zeta$ Cor. bor.	1965	8.368	305.0	6.38	5	14.9
A 19	»	»	8.368	303.4	6.35	12	15.2
A 30	$\alpha$ Herc.	2010	8.669	11.2	29.38	2	19.4
A 23	$\sigma$ Cor. bor.	2032	8.368	216.9	4.69	4	17.7
A 6	$\alpha$ Herc.	2140	8.228	111.8	4.76	15	14.5
A 36	Cygn. 6 B.	2486	8.776	217.8	9.19	23	23.5
A 32	16 $\epsilon$ Cygn.	—	8.762	134.7	38.48	12	20.4
A 39	$\theta$ Cygn.	—	8.778	173.48	106.82	18	22.6
A 33	61 Cygn.	2758	8.762	128.2	22.80	24	22.0
A 35	»	»	8.776	128.3	22.88	47	21.9
A 38	»	»	8.778	128.2	22.84	59	21.3
A 40	$\xi$ Ceph.	2863	8.778	281.1	7.15	19	0.2

$\Sigma 484$  (AB) und  $\Sigma 485$  (DE) 1908.860, A 48 2<sup>h</sup>6, A 49 3<sup>h</sup>5 Sternzeit Kopenhagen.

	A 48		Zahl der Bilder	A 49		Zahl der Bilder	Mittel		visuell		phgr.—vis.	
	$\Delta\alpha \cos \delta$	$\Delta\delta$		$\Delta\alpha \cos \delta$	$\Delta\delta$		$\Delta\alpha \cos \delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha \cos \delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha \cos \delta$	$\Delta\delta$
AB	-14 <sup>o</sup> .90	+10 <sup>o</sup> .01	20	-14 <sup>o</sup> .86	+10 <sup>o</sup> .02	19	-14 <sup>o</sup> .88	+10 <sup>o</sup> .01	-14 <sup>o</sup> .96	+10 <sup>o</sup> .00	+0 <sup>o</sup> .08	+0 <sup>o</sup> .01
DE	+4.18	-3.68	6	+4.17	-3.65	19	+4.17	-3.65	+4.01	-3.59	+0.16	-0.06
CD	+9.60	-20.55	9	+9.76	-20.49	19	+9.70	-20.51	+9.87	-20.48	-0.17	-0.03
AC	-69.02	+9.76	9	-68.90	+9.55	19	-68.94	+9.62	-69.08	+9.39	+0.14	+0.23
AL				-49.28	-105.05	19						

<sup>1)</sup> Die in Klammern gesetzten Distanzen von  $\xi$  Ursae majoris sind wegen Überexposition besonders unsicher.

<sup>2)</sup> Unsicher, Begleiter unterexponiert. Eine neue Messung von 7 Bildern ergab 193<sup>o</sup>3, 5<sup>o</sup>31.

Endlich wurden noch mit einer Schraube zur meßbaren Bewegung der Platte selbst folgende weite Distanzen gemessen: Platte A 56: 15 Cephei,  $\beta$  GC 11477, 1908.926, 11<sup>h</sup>3 Sternzeit Kopenhagen, AE 236°49 (Zahl der Bilder: 7), AD 183°56 (7), AF 428°51 (7), EF 192°21 (7), DF 301°82 (7), DE 135°91 (7). — A 39:  $\sigma$  Cygni,  $\beta$  GC 10036, 1908.778, 22<sup>h</sup>6, AB 337°26 (19), AD 106°69 (18), BC 433°01 (18). — A 16:  $\zeta$  und  $g$  Ursae majoris, 1908.302, 11<sup>h</sup>2,  $\zeta_1 g$  708°59 (11),  $\zeta_2 g$  705°75 (11),  $\zeta_1 \zeta_2$  14°46 (11).

Der Schraubenwert wurde mit Hilfe von Plejadensternen bestimmt.

Die unten noch verwendeten Platten, für welche nicht schon Datum und Sternzeit für die Mitte der Aufnahmen gegeben wurde, sind<sup>1)</sup>:

Platte	Datum 1900+	Sternzeit Kopenh.	Platte	Datum 1900+	Sternzeit Kopenh.
A 1	7.991	8 <sup>h</sup> 7	A 37	8.778	20 <sup>h</sup> 4
A 2	7.991	9.8	A 41	8.844	3.7
A 3	7.991	10.3	A 50	8.860	23.0
A 13	8.288	13.1	A 74	9.047	4.0
A 14	8.291	10.7	A 82	9.063	3.3
A 20	8.368	16.0	A 92	9.101	8.3
A 24	8.378	14.1	A 95	9.101	9.9

Da das Material nicht ausreicht, um für das benutzte Instrument die Abhängigkeit zwischen Bildstärke und effektiver Wellenlänge desselben Sternes mit einiger Genauigkeit zu bestimmen, wurde eine gewisse Bildstärke als die normale gewählt und auf jeder Platte nur die effektiven Wellenlängen der Bilder, welche annähernd diese Stärke hatten, gemessen. Dadurch wurde die lästige Korrektur auf konstante Bildstärke vermieden. Als Normalstärke eignet sich am besten die der gerade gut ausexponierten Bilder. Die Benutzung möglichst schwacher Bilder würde es zwar erlauben, bis zu noch schwächeren Sternen vorzudringen. Der mittlere Fehler der einzelnen effektiven Wellenlänge nimmt aber, von den gerade gut ausexponierten Bildern ausgehend, mit abnehmender Bildstärke rasch zu<sup>2)</sup>.

In der folgenden Tabelle der gewonnenen effektiven Wellenlängen ist für jede Platte das Sterngrößenäquivalent der mittleren benutzten Bildstärke gegeben, d. h. die Größe eines Sternes, welcher bei konstanter Expositionszeit die betreffende Bildstärke geben würde. Diese Zahlen zeigen, bis zu welchem Grade die Forderung konstanter Bildstärke innegehalten wurde. Bei anderen Instrumenten, für welche die Abhängigkeit zwischen Bildstärke und effektiver Wellenlänge abgeleitet wurde<sup>3)</sup>, ist die Änderung von  $\lambda_{\text{eff}}$  mit der Sterngröße von der Größenordnung  $2^{\mu\mu}/m$  gefunden worden, sodaß bei der hier erzielten Genauigkeit die benutzten Bildstärken nicht zu sehr verschieden waren.

Die konstante Expositionszeit, welche den Sterngrößen der Bildstärken entspricht beträgt etwa  $1/2$  Minute, d. h. man erhält mit dieser Expositionsdauer gerade gut ausexponierte Spektren erster Ordnung von Sternen der photographischen

Größe etwa 5<sup>m</sup>. Der Bildstärke 5<sup>m</sup>1 entspricht ein Durchmesser des Zentralbildes von 0.12 mm.

Die gemessenen effektiven Wellenlängen wurden für durchschienene Atmosphärendicke auf das Zenit reduziert<sup>4)</sup>. Die Korrektur beträgt  $-3.5 \mu\mu$  für jede Atmosphärendicke.

Aus den Abweichungen unter sich der effektiven Wellenlängen derselben Platte berechnet sich (aus 62 Platten mit im ganzen 430 Bildern) das mittlere Fehlerquadrat einer  $\lambda_{\text{eff}}$  zu  $7.53 \mu\mu^2 \pm 0.56 \mu\mu^2$  (m. F.) oder der mittlere Fehler einer  $\lambda_{\text{eff}}$  zu  $\pm 2.74 \mu\mu$ . Dies ist ein normaler m. F. des Einzelwertes bei Bestimmung von photographischen effektiven Wellenlängen.

Platte	Stern	$\lambda_{\text{eff}}$	Bildstärke	Zahl d. Bilder	Spektrum	$m_h$
		$\mu\mu$				
A 39	$\sigma$ Cygni C	415	5 <sup>m</sup> 5	11	B8	
A 102	$\Sigma$ 716 A	416	5.3	19	A0	(-3.1)
A 41	23 Tauri	416	4.9	2	B5	
A 14	$\alpha$ Leonis	417	5.7	5	B8	
—	$\beta$ Cygni B	417	—	—	B9	
A 82	$\alpha$ Piscium A	417	5.0	9	A3	(-3.0)
A 102	$\Sigma$ 716 B	418	5.3	11		(-2.4)
A 41	19 Tauri	418	5.0	2	B5	
—	$\gamma$ Androm. BC	418	—	—	A	-3.3
A 101	$\Sigma$ 572 A	419	5.3	5	F0	(-1.4)
A 18	$\zeta$ Coron. bor. B	418	5.3	5		(-2.8)
A 19	»	421	5.3	10		
A 18	$\zeta$ Coron. bor. A	420	4.8	3	B8	(-3.7)
A 19	»	420	4.9	6		
A 24	$\epsilon$ Bootis B	420	5.4	13	A	(-4.2)
A 39	$\sigma$ Cygni B	420	4.9	6	A2	
A 82	$\alpha$ Piscium B	420	5.6	5		(-2.1)
A 37	$\alpha$ Lyrae	420	4.5	6	A0	
A 101	$\Sigma$ 572 B	421	5.4	5		(-1.4)
A 14	$\alpha$ Gemin. A	421	5.2	4	A0	-3.2
A 84	$\iota$ Triang. B	423	6.3	8		(-2.9)
A 16	$g$ Urs. maj.	423	4.9	11	A5	
A 17	$\gamma$ Virgin. A	423	4.9	7	F0	-1.4
A 14	$\alpha$ Gemin. B	424	5.2	3	A0	-2.3
A 17	$\gamma$ Virgin. B	424	5.0	9	F0	-1.5
A 40	$\xi$ Cephei A	424	4.6	4	A3	(-1.5)
A 74	$\epsilon$ Aurigae	424	5.1	13	F5c	
A 36	$\Sigma$ 2486 B	424	6.1	4	G	(+0.4)
A 16	$\zeta$ Urs. maj. B	425	4.8	10	A2	(-3.3)
A 40	$\xi$ Cephei B	425	5.7	8	G?	(+0.4)
A 1	$\eta$ Cassiop. A	426	5.3	4	F8	-0.3
A 50	»	425	5.3	2		
A 91	38 Gemin. A	426	4.4	4	F	(-1.8)
A 92	$\delta$ Gemin. A	426	5.4	6	F	(-3.0)
A 32	16c Cygni A	426	4.8	5	F5	(+0.5)
A 2	$\xi$ Urs. maj. A	426	5.4	5	Go	-0.3
A 88	»	425	5.3	3		
A 2	$\xi$ Urs. maj. B	427	5.8	5	G	+0.2
A 88	»	427	5.7	3		

<sup>1)</sup> Die Angaben über die Platten von  $\gamma$  Andromedae und  $\beta$  Cygni finden sich A. N. 4603.

<sup>2)</sup> Vergl. Potsdam Publ. 63, Bd. 22, S. 16.

<sup>3)</sup> Ö. Bergstrand: Nova acta reg. soc. scient. Upsalensis Ser. 4, Vol. 2, Nr. 4, p. 23 und Hertzsprung: Potsdam Publ. Nr. 63, Bd. 22, S. 18.

<sup>4)</sup> Vergl. Potsdam Publ. 63, Bd. 22, S. 25.

Platte	Stern	$\lambda_{\text{eff.}}$	Bild- stärke	Zahl d. Bilder	Spek- trum	$m_h$	Platte	Stern	$\lambda_{\text{eff.}}$	Bild- stärke	Zahl d. Bilder	Spek- trum	$m_h$
A 36	$\Sigma$ 2486 A	427	5 <sup>m</sup> 9	6	G	(+0.2)	A 20	$\xi$ Scorpii C	433	6 <sup>m</sup> 0	2		(-1.1)
A 93	$\zeta$ Cancr. AB	428	5.3	12	G	-1.2	A 14	$\beta$ Gemin.	435	5.2	3	Ko	
A 94	»	426	5.7	8			A 3	$\gamma$ Leonis B	434	5.4	2	Ko	(-3.7)
A 93	$\zeta$ Cancr. C	428	5.9	4		(-0.2)	A 95	»	436	5.3	21		
A 94	»	422	6.0	1			—	$\beta$ Cygni A	436	—	—	Comp.	
A 21	44 Bootis A	428	5.1	9	Go	-0.2	A 24	$\epsilon$ Bootis A	439	5.2	13	Ko	(-6.6)
A 20	$\Sigma$ 1999 A	428	6.1	2			A 3	$\gamma$ Leonis A	435	5.1	2	Ko	(-4.9)
A 6	$\alpha$ Herculis B	429	5.8	3		(-3.3)	A 95	»	441	5.2	20		
A 23	$\sigma$ Coron. bor. A	430	5.7	4	F5	-0.3	A 30	$\alpha$ Herculis B	443	4.9	2		(+1.3)
A 23	$\sigma$ Coron. bor. B	430	6.2	2		+0.6	A 14	$\alpha$ Bootis	443	5.7	5	Ko	
A 21	44 Bootis B	430	5.4	8		+0.6	A 33	61 Cygni B	444	5.0	6	K5	(+3.4)
A 32	16c Cygni B	430	4.9	8	F5	(+0.6)	—	$\gamma$ Androm. A	445	—	—	Ko	
A 91	38 Gemin. B	430	5.0	3		(+0.9)	A 33	61 Cygni A	445	5.0	1	K5	(+2.7)
A 37	70 Ophiuchi A	431	4.7	8	Ko	+0.6	A 35	»	446	5.1	6		
A 39	o Cygni A	431	5.0	9	Comp.		A 15	$\delta$ Virginis	446	4.9	1	Ma	
A 74	$\alpha$ Aurigae	431	5.4	6	Go		A 15	2 Can. ven. A	448	5.3	4	K5p	
A 84	$\epsilon$ Triang. A	432	5.6	14	Go	(-4.5)	A 13	Schjell. 152	481	5.1	1	N	
A 6	$\alpha$ Herculis A	433	5.3	13	Mb	(-5.4)							

## Plejaden.

Müller und Kempf <sup>1)</sup>	Gaultier <sup>2)</sup>	phgr. Größe	$\lambda_{\text{eff.}}$	Bild- stärke	Müller und Kempf	Gaultier	phgr. Größe	$\lambda_{\text{eff.}}$	Bild- stärke	Müller und Kempf	Gaultier	phgr. Größe	$\lambda_{\text{eff.}}$	Bild- stärke
7	224	4 <sup>m</sup> 9	416 $\mu\mu$	5 <sup>m</sup> 4	24	63	7 <sup>m</sup> 3	419 $\mu\mu$	5 <sup>m</sup> 3	38	99	8 <sup>m</sup> 5	422 $\mu\mu$	5 <sup>m</sup> 5
8	34	5.4	414	5.5	26	94	7.4	422	5.4	42	118	8.6	422	5.5
9	185	5.3	415	5.5	28	231	7.6	420	5.4	48	126	9.0	421	5.3
11	76	5.7	422	5.4	29	263	7.6	418	5.4	46	44	8.9	421	5.5
10	46	5.5	415	5.2	27	281	7.5	418	5.3	45	59	8.9	423	5.2
12	252	6.0	414	5.4	31	135	7.8	422	5.5	53	193	9.3	425	5.7
13	133	6.3	418	5.4	34	73	8.0	422	5.4	51	45	9.2	426	5.5
15	78	6.4	417	5.5	33	141	7.9	423	5.3	50	24	9.4	424	5.7
16	236	6.6	416	5.7	35	86	8.1	420	5.6					
18	113	6.8	420	5.3	36	239	8.1	422	5.5	14	214	6.8	419	5.4
17	267	6.8	418	5.3	37	56	8.2	421	5.6	21	130	7.5	425	5.4
19	145	6.8	420	5.4	39	227	8.3	421	5.4	—	251	8.3	423	5.3
23	134	6.9	419	5.5	43	132	8.4	423	5.5	49	139	8.8	416	5.4
20	191	7.1	422	5.4	41	177	8.6	420	5.4	54	261	9.2	421	5.5
25	137	7.2	420	5.4	44	121	8.5	421	5.4	30	85	9.0	436	5.4
22	295	7.0	416	5.6	40	27	8.4	424	5.4	32	148	9.3	436	5.6

Die durch die Tabelle zum Ausdruck kommende allgemeine Übereinstimmung zwischen Spektrum und effektiver Wellenlänge ist befriedigend. Für Sterne mit Spektrum A0 und K0 findet man im Mittel bzw.  $419.6 \pm 1.0$  (m. F.) und  $438.6 \pm 1.2$  (m. F.)  $\mu\mu$ . Die Differenz der  $\lambda_{\text{eff.}}$  von A- und K-Sternen wird also  $19.0 \pm 1.6$  (m. F.)  $\mu\mu$ . Für diese Differenz fand *Bergstrand* (l. c.) mit einem Reflektor 21  $\mu\mu$ , was mit dem hier gefundenen gut übereinstimmt.

Auffallend ist die kurze  $\lambda_{\text{eff.}}$  des Hauptsterns von  $\alpha$  Herculis, 433  $\mu\mu$  beim Spektrum Mb. Allgemeine Schlüsse lassen sich aber daraus nicht ziehen.

Der in *Harvard Ann.* Vol. 56, p. 245 angegebene zusammengesetzte Charakter des Spektrums von  $\xi$  Cephei wird durch die effektiven Wellenlängen, die für beide Komponenten praktisch gleich sind, nicht bestätigt, ebensowenig wie durch die Gleichheit der visuellen und photographischen Größen-differenz zwischen Hauptstern und Begleiter, worüber Näheres unten.

Ein Vergleich zwischen  $\lambda_{\text{eff.}}$  und Farbenindex,  $\mathcal{F} = m_{\text{phgr.}} - m_{\text{vis.}}$ , nach *E. S. King*<sup>3)</sup> ergibt nach Ausschluß von  $\alpha$  Herculis, der vielleicht veränderlich ist, und der Doppel-

<sup>1)</sup> A. N. 3587 8, Bd. 150, S. 193.

<sup>2)</sup> Bull. de la Soc. Astr. de France 14.441, 1900. In A. N. 4204 habe ich 56 hellere *Gaultier*-Sterne (bis etwa 9<sup>m</sup>) mit der BD identifiziert.

<sup>3)</sup> *Harvard Ann.* Vol. 59, p. 177.

sterne, welche aus zwei stark verschiedenfarbigen Komponenten bestehen, folgendes<sup>1)</sup>:

	$\mathcal{F}$	$\lambda_{\text{eff.}}$	B-R
$\alpha$ Leonis	-0.04	417 $\mu\mu$	-2 $\mu\mu$
$\eta$ Tauri	-0.04	417	-2
$\alpha$ Lyrae	0.00	420	+0.
$\zeta$ Urs. maj.	+0.03	424	+4
$\alpha$ Gemin.	+0.11	422	+2.
$\gamma$ Virgin.	+0.23	423.5	0
$\delta$ Gemin.	+0.38	426	0
$\eta$ Cass.	+0.49	426	-2
$\alpha$ Aurig.	+0.82	431	-2.
$\gamma$ Leonis	+0.99	439	+2.
$\alpha$ Bootis	+1.09	443	+4.
$\beta$ Gemin.	+1.10	435	-3.
$\delta$ Virgin.	+1.57	446	-0.

In der letzten Spalte ist die Differenz zwischen Beobachtung und Rechnung von  $\lambda_{\text{eff.}}$  nach der Formel  $\lambda_{\text{eff.}} = 419^{\mu\mu}6 + 17^{\mu\mu}3 \mathcal{F}$  angegeben. Nach kleinsten Quadraten berechnet wächst  $\lambda_{\text{eff.}}$  um  $17.3 \pm 1.5$  (m. F.)  $\mu\mu$  für jede Sterngröße Zuwachs im Farbenindex.

Für die in der Tabelle (p. 108-10) enthaltenen Doppelsterne mit bekannter Bahn ist für jede Komponente die hypothetische absolute Größe  $m_h = m + 5 \log p_h - 0^m50$  berechnet. Es bedeutet dabei  $m$  die visuelle Harvard-Größe und  $p_h$  die einer Gesamtmasse  $M_1 + M_2 = \odot$  entsprechende Parallaxe. Die Größe  $m_h$  ergibt sich, wenn man die Massen beider Komponenten als gleich ansieht<sup>2)</sup> und jede Komponente ohne Änderung ihrer Dichte und Oberflächenhelligkeit auf Sonnenmasse und eine Parallaxe von 1" reduziert. — Für Doppelsterne mit unvollständig bekannter Bahn kann man einen Minimalwert  $p_{h, \text{min.}}$  der hypothetischen Parallaxe  $p_h$  berechnen. In diesen Fällen wurde  $p_h = \frac{5}{3} p_{h, \text{min.}}$  gesetzt. Der mittlere Fehler im Logarithmus des Faktors  $\frac{5}{3}$  beträgt für jeden einzelnen Doppelstern etwa  $\pm 0.09$  entsprechend etwa  $\pm 0^m5$  in  $m_h$ <sup>3)</sup>. Die so berechneten hypothetischen absoluten Größen sind in der Tabelle in Klammern gesetzt. — Die  $m_h$ -Werte sind der Tabelle beigelegt, um nochmals das bekannte Phänomen zu zeigen, daß unter den scheinbar hellen Sternen des Himmels die gelben mehr an absoluter Helligkeit unter sich verschieden sind als die weißen und weißgelben.

Die effektiven Wellenlängen von 47 Plejadensternen zwischen den photographischen Größen 4<sup>m</sup>9 und 9<sup>m</sup>4 sind besonders aufgeführt. Diese sind aus der Platte A 41, welche 7 Gitterexpositionen von 12, 12, 38, 120, 385, 1205 und 380 Sek. trägt, abgeleitet. Von jedem Stern wurden nur die Bilder in der Nähe der Normalstärke (mittlere Bildstärke 5<sup>m</sup>44 gegen 5<sup>m</sup>30 der Haupttabelle) berücksichtigt.

Von den 47 Plejadensternen haben die zuerst aufgeführten 40 annähernd gleiche Eigenbewegung wie Alcyone

und sind hier als physische Glieder des Systems betrachtet. Werden diese 40 Sterne in 4 Gruppen von je 10 Sternen geteilt, so erhält man für jede Gruppe folgende mittlere effektive Wellenlängen:

Zahl der Sterne	mittl. phgr. Größe	mittl. $\lambda_{\text{eff.}}$	Potsdam Publ. 63
10	5 <sup>m</sup> 89	416 <sup>μμ</sup> 7	410 <sup>μμ</sup> 7
10	7.17	419.4	413.1
10	8.09	421.2	414.4
10	8.87	422.9	415.6

Das Anwachsen der  $\lambda_{\text{eff.}}$  mit abnehmender Helligkeit der physischen Glieder der Gruppe zwischen 6<sup>m</sup> und 9<sup>m</sup> ist deutlich. Aus den 40 Sternen findet man hier nach kleinsten Quadraten  $\Delta \lambda_{\text{eff.}} : \Delta m = +2.03 \pm 0.22$  (m. F.)  $\mu\mu/m$  oder, wenn die effektiven Wellenlängen auf Farbenindex umgerechnet werden  $\Delta \mathcal{F} : \Delta m = +0^m12 \pm 0^m02$  (m. F.). Zum Vergleich sind die früher an der Urania-Sternwarte zu Kopenhagen (l. c.) erhaltenen mittleren  $\lambda_{\text{eff.}}$  beigelegt. Der in ihnen auftretende Gang mit der Helligkeit wird also hier vollauf bestätigt. — Das Resultat ist auch in guter Übereinstimmung mit dem, was über die Spektren von Plejadensternen verschiedener Helligkeit bekannt ist<sup>4)</sup>.

Kennt man bei einem Doppelstern sowohl die visuelle als auch die photographische Sterngrößendifferenz zwischen beiden Komponenten, so gibt die Differenz dieser beiden Differenzen den Unterschied im Farbenindex zwischen Hauptstern und Begleiter.

Um dies zur Kontrolle der gefundenen  $\lambda_{\text{eff.}}$ -Differenzen zu benutzen, habe ich für eine Anzahl der oben untersuchten Doppelsterne die photographische Sterngrößendifferenz zwischen beiden Komponenten bestimmt. Dazu wurden die Durchmesser der Zentralbilder gemessen. Die Abhängigkeit zwischen Durchmesser und Sterngröße wurde folgendermaßen ermittelt. Auf einer Platte, A 41, wurden von 2<sup>h</sup>49<sup>m</sup> bis 4<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Sternzeit Kopenhagen mehrere Expositionen der Plejaden nacheinander, teils ohne teils mit Gitter gemacht und zwar: ohne Gitter 120, 1200, 375, 120, 38 und 12 Sekunden, mit Gitter 12, 12, 38, 120, 385, 1205, 380 Sek. und wieder ohne Gitter 12, 38, 120 Sekunden.

Die Gültigkeit der Annäherungsformel von *Schwarzschild*: Bilddurchmesser  $d = f(i t^p)$ , wo  $i$  die Intensität des Lichtes,  $t$  die Expositionszeit und  $p$  eine Konstante bedeutet, wurde angenommen. Es ergab sich, daß der Abblendung des Gitters von 1<sup>m</sup>50 eine Änderung im Logarithmus der Expositionszeit von 0.64 entsprach, woraus  $p = 1.50 \times 0.4 / 0.64 = 0.94$ .

Um gleich mit ungefähren Sterngrößen zu operieren, wurde — anstatt mit den Durchmessern  $d$  selbst — mit der Hilfsfunktion  $\text{Konst.} - 9 \log d$ , wofür ich früher (A. N. 4204)

<sup>1)</sup>  $\eta$  Tauri wurde dabei dieselbe effektive Wellenlänge, wie sie für 19 und 23 Tauri gefunden war, beigelegt, da diese Sterne bekanntlich sehr nahe gleichfarbig sind (vergl. Potsdam Publ. 63 S. 21). — Ebenso wurde die Farbgleichheit von  $\zeta_1$  und  $\zeta_2$  Ursae maj., die sich weiter unten aus der Gleichheit der visuellen und photographischen Größendifferenzen ergibt, angenommen ( $\zeta_1$  war zu sehr überexponiert zur Bestimmung seiner  $\lambda_{\text{eff.}}$ ).

<sup>2)</sup> Bei dreifachen ( $\xi$  Ursae maj.,  $\xi$  Scorpii) und vierfachen Sternen ( $\zeta$  Cancri) wurden alle 3 oder 4 Massen einander gleich gesetzt.

<sup>3)</sup> Vergl. A. N. 4543, Bd. 190, S. 113.

<sup>4)</sup> Vergl. A. N. 4204, Bd. 176, S. 55, wo die Spektren von Miss *Mauvy* nach der Helligkeit der Sterne geordnet sind, und *H. Rosenberg* A. N. 4445, Bd. 186, S. 71.

eine Tabelle konstruiert hatte, gerechnet. In dieser Weise wurden die folgenden zusammengehörigen Werte von  $d$  und  $m + \text{Konst.}$  gefunden:

$5.7-9 \log d$	1	2	3	4	5	6
$d$	0.335	0.259	0.201	0.155	0.120	0.093 mm
$m + \text{Konst.}$	1 <sup>m</sup> 42	2 <sup>m</sup> 37	3 <sup>m</sup> 31	4 <sup>m</sup> 23	5 <sup>m</sup> 09	5 <sup>m</sup> 86
$5.7-9 \log d$	7	8	9	10		
$d$	0.072	0.056	0.043	0.033 mm		
$m + \text{Konst.}$	6 <sup>m</sup> 53	7 <sup>m</sup> 12	7 <sup>m</sup> 67	8 <sup>m</sup> 17		

Die photographischen Sterngrößen von 24 Zentralplejaden ergaben sich dabei wie unten angegeben. Diese 24 Größen charakterisieren die hier benutzte Skala genügend. Die mit einem Strich versehenen Nummern bezeichnen schwache Begleiter der Hauptsterne der betreffenden Nummer.

Plejaden.

Bessel	Müller und Kempf	Gaultier	phgr. St.-Gr. Kop.	Zahl der Bilder	Bessel	Müller und Kempf	Gaultier	phgr. St.-Gr. Kop.	Zahl der Bilder
	$\eta$	1	144	2 <sup>m</sup> 81		16	18	43	132
$f$	2	219	3.64	16	13	44	121	8.49	11
$c$	4	71	3.84	16	27	41	177	8.60	10
$d$	5	90	4.16	16	21	49	139	8.73	8
$h$	7	224	4.92	16	8	30	85	9.02	9
$p$	13	133	6.35	15	15	48	126	9.10	8
24	19	145	6.78	13	—	53	193	9.31	5
29	20	191	7.02	14	11	58	104	9.59	5
19	23	134	7.04	14	—	56	173	9.61	5
22	25	137	7.20	14	14	55	124	9.77	7
17	21	130	7.42	14	22'	25'	137'	10.24	2
9	35	86	8.07	11	21'	49'	138	11.03	1

Es wurden nun, unter Ausschließung von Bildern mit geringerem Durchmesser als etwa 0.067 mm, alle gemessenen

Durchmesser auf die Sterngrößenskala  $m + \text{Konst.}$  reduziert und danach die Größendifferenzen zwischen beiden Komponenten der Doppelsterne berechnet.

Die Resultate sind in der untenstehenden Tabelle enthalten. Die angegebenen mittleren Fehler von  $\Delta m$  sind nur aus den Abweichungen unter sich der Einzelwerte der betreffenden Platte abgeleitet. Unterschiede in der Luftunruhe können leicht merkliche systematische Plattenfehler verursachen, namentlich bei größeren Werten von  $\Delta m$ .

Beigefügt ist für jeden Doppelstern, soweit bekannt in der Harvard-Skala, die visuelle Sterngrößendifferenz zwischen beiden Komponenten. In den beiden letzten Spalten der untenstehenden Tabelle ist dann die Differenz der Farbenindizes,  $\Delta \mathcal{F} = \Delta m_{\text{phgr.}} - \Delta m_{\text{vis.}}$ , mit der Differenz zwischen den effektiven Wellenlängen von Hauptstern und Begleiter verglichen <sup>1)</sup>.

Dieser Vergleich ergibt

$$\lambda_{\text{eff.}} : \mathcal{F} = 11.6 \pm 0.6 \text{ (m. F.)}^{\mu/m}$$

was unerwartet wenig ist (vergl. oben). Das würde besagen, daß die photographischen Durchmessergrößen bei dem hier benutzten Instrument ultravioletter sind als die aus außerfokalen Bildern gewonnenen photographischen Größen von King (l. c.), sodaß  $\mathcal{F}$  groß,  $\lambda_{\text{eff.}} : \mathcal{F}$  klein wird. Man muß sich erinnern, daß für den Durchmesser nur die äußeren Ränder des Sternscheibchens maßgebend sind, und diese Ränder werden bei stärkeren Bildern vorwiegend durch Licht von solchen Wellenlängen gebildet, die weit aus dem Fokus sind. Eine Achromatisierung des Objektivs, welche nicht sehr genau der photographischen Wirkung im Sternspektrum angepaßt ist, wird die Wellenlängen des bei Durchmesserbestimmungen wirksamen Lichts leicht verschieben können.

Im übrigen ist die Übereinstimmung zwischen  $\mathcal{F}$  und  $\lambda_{\text{eff.}}$  recht befriedigend.

Platte	Doppelstern		$\Delta m_{\text{phgr.}} \pm \text{m. F.}$	Zahl der Bilder	$\Delta m_{\text{vis.}}$	$\Delta \mathcal{F} = \Delta m_{\text{phgr.}} - \Delta m_{\text{vis.}}$	$\Delta \lambda_{\text{eff.}}$
		$\Sigma$					
A 1	$\eta$ Cass.	60	4 <sup>m</sup> 19 $\pm$ 0 <sup>m</sup> 30	1	3 <sup>m</sup> 74	+ 0 <sup>m</sup> 17	
A 50	»	»	3.77 $\pm$ 0.20	2			
A 59	$\gamma$ Ariet.	180	0.05 $\pm$ 0.02	52	0.08	- 0.03	0
A 86	—	191	3.29 $\pm$ 0.12	3	0.90	- 0.14	+ 3
A 82	$\alpha$ Pisc.	202	0.76 $\pm$ 0.06	10			
A 44	$\gamma$ Andr.	205	0.79 $\pm$ 0.03	27	2.80	- 1.96	- 27
A 61	»	»	0.94 $\pm$ 0.02	51			
A 64	»	»	0.79 $\pm$ 0.03	25	1.56	- 0.73	- 9
A 66	$\iota$ Trian.	227	0.89 $\pm$ 0.04	20			
A 84	»	»	0.77 $\pm$ 0.04	14	0.77	+ 0.03	+ 2
A 101	—	572	0.11 $\pm$ 0.04	11			
A 102	118 Taur.	716	0.80 $\pm$ 0.03	24	2.71	- 0.24	+ 4
A 91	38 Gem.	982	2.47 $\pm$ 0.10	3	0.86	+ 0.24	+ 3
A 14	$\alpha$ Gem.	1110	1.10 $\pm$ 0.06	6			
A 93	$\zeta$ Canc.	1196	0.95 $\pm$ 0.07	6	0.85	+ 0.13	- 2
A 94	»	»	1.14 $\pm$ 0.15	1			
A 26	—	1280	0.28 $\pm$ 0.10	2			
A 105	—	1321	0.07 $\pm$ 0.04	13			

<sup>1)</sup> Wenn mehrere Platten desselben Doppelsterns gemessen wurden, ist in der Tabelle der Mittelwert von  $\Delta m_{\text{phgr.}}$  nicht direkt aufgeführt. Er ergibt sich aber leicht aus der Summe der beiden Spalten  $\Delta m_{\text{vis.}}$  und  $\Delta \mathcal{F} = \Delta m_{\text{phgr.}} - \Delta m_{\text{vis.}}$ .

Platte	Doppelstern		$\Delta m_{\text{phgr.}} \pm m. F.$	Zahl der Bilder	$\Delta m_{\text{vis.}}$	$\Delta \gamma = \Delta m_{\text{phgr.}} - \Delta m_{\text{vis.}}$	$\Delta \lambda_{\text{eff.}}$
		$\Sigma$					
A 3	$\gamma$ Leon.	1424	$0^m 58 \pm 0^m 07$	5	} $1^m 19$	-- $0^m 68$	- 4
A 95	»	»	$0.49 \pm 0.03$	33			
A 11	54 Leon.	1487	$1.71 \pm 0.09$	5	} 1.79	-- 0.08	
A 2	$\xi$ Urs. maj.	1523	$0.42 \pm 0.10$	5			
A 88	»	»	$0.41 \pm 0.10$	3	} 0.46	-- 0.04	+ 1
A 15	2 Can. ven.	1622	$1.84 \pm 0.15$	1			
A 17	$\gamma$ Virg.	1670	$0.13 \pm 0.05$	20	- 0.03	+ 0.16	- 1
A 16	$\zeta$ Urs. maj.	1744	$1.67 \pm 0.06$	11	1.56	+ 0.11	
A 16	$\xi_1 \gamma$ Urs. maj.	—	$1.80 \pm 0.05$	11	1.62	+ 0.18	
A 24	$\epsilon$ Boot.	1877	$0.56 \pm 0.04$	18	2.42	-- 1.86	- 19
A 21	44 Boot.	1909	$0.64 \pm 0.04$	13	0.80	-- 0.16	+ 2
A 18	$\zeta$ Cor. bor.	1965	$0.82 \pm 0.06$	5	} 0.93	-- 0.16	0
A 19	»	»	$0.74 \pm 0.05$	12			
A 30	$\alpha$ Herc.	2010	$1.17 \pm 0.10$	2	1.18	-- 0.01	
A 23	$\sigma$ Cor. bor.	2032	$0.86 \pm 0.06$	4	0.90	-- 0.04	0
A 6	$\alpha$ Herc.	2140	$0.80 \pm 0.05$	11	2.08	-- 1.20	- 4
A 36	Cygn. 6 B.	2486	$0.23 \pm 0.03$	11	0.22	+ 0.01	- 3
A 29	$\beta$ Cygn.	—	$0.44 \pm 0.03$	19	} 2.12	-- 1.55	-- 19
A 34	»	—	$0.66 \pm 0.03$	19			
A 42	»	—	$0.61 \pm 0.03$	20			
A 32	16 Cygn.	—	$0.28 \pm 0.03$	12	0.13	+ 0.15	+ 4
A 39	$\theta$ Cygn. AB	—	$-0.27 \pm 0.03$	18	1.01	-- 1.28	- 11
A 39	$\theta$ Cygn. AC	—	$1.36 \pm 0.05$	14	3.15	-- 1.79	- 16
A 33	61 Cygn.	2758	$0.85 \pm 0.02$	23	} 0.71	+ 0.17	- 2
A 35	»	»	$0.96 \pm 0.09$	6			
A 40	$\xi$ Ceph.	2863	$1.91 \pm 0.04$	18	1.90	+ 0.01	+ 1

1914 Juli 30.

E. Hertzsprung.

**Beobachtungen über Helligkeit und Gestalt von Kometen. Von M. Ebell.**

Als Fortsetzung zu A. N. 4499 teile ich folgende Beobachtungen an einigen helleren Kometen mit. Beobachtungsort war Kiel, nur 1911 Aug. 22 Neuruppin ( $\lambda = 51^m 2$  östl. v. Greenw.,  $\varphi = +52^{\circ} 9$ ) und 1911 Aug. 24 bis Sept. 2 Dergenthin ( $\lambda = 47^m 0$ ,  $\varphi = +53^{\circ} 1$ ). Unter Gr. ist die beobachtete Gesamthelligkeit des Kopfes, abgeleitet aus der Vergleichung mit benachbarten Sternen der PD von möglichst derselben Zenitdistanz, angegeben, unter S die beobachtete Schweiflänge. Beobachtet wurde mit bloßem Auge (A), einem Opernglas (O), einem Zeiß-Triöder-Binokel (Z) und dem 8-zölligen Refraktor der Kieler Sternwarte (R).

**Komet 1911 II (Kiess).**

1911	M. E. Z.	Instr.	Gr.	S	Bemerkungen
Aug. 8	13 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	O	6 <sup>m</sup> 5	0	☾
10	14 55	O	6.4	0	☾
		Z	6.4	0	☾

Das Objekt wurde trotz des hellen Mondscheins beide-mal im O sogleich als der Komet erkannt.

**Komet 1911 IV (Beljauksy).**

Okt. 4	17 0	Z	3.6	2°	Dämmerung, dunstig.
15	6 55	O	3.6	—	Luft gut, unten dunstig.
		Z	—	2	

1911	M. E. Z.	Instr.	Gr.	S	Bemerkungen
Okt. 16	6 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	O	3 <sup>m</sup>	—	A: sichtbar.
	7 0	O	4.3	—	
		Z	—	4°	
17	6 45	O	3.2	—	
		A	3.2	—	
	6 55	Z	—	3.5	Schweif breit.
18	6 36	Z	3.8	—	
19	6 40	Z	3.0	1	

Okt. 4. Kopf viel weniger ausgedehnt als Kopf von Komet 1911 V (Brooks). Komet mit A nur eben noch zu sehen. — Okt. 16 7<sup>h</sup> 0. Z: Schweif, nach oben gerichtet, scheint aus mehreren Strahlen zu bestehen. — Okt. 18. Dunstig, noch recht hell, im Z ist eben der Schweif zu sehen. — Okt. 19. Komet neblig, breiter Schweifansatz.

**Komet 1911 V (Brooks).**

1911	M. E. Z.	Instr.	Gr.	S	Bemerkungen
Juli 21	11 <sup>h</sup>	R	10 <sup>m</sup>		
Aug. 22	9 30 <sup>m</sup>	O	6.2		
	26	9 50	O	5.9	A: sichtbar.
	28	9 20	O	5.4	
			A	5.1	