

Untersuchungen über die Farben der Fixsterne. Von H. E. Lau.

1. In den Jahren 1914-16 habe ich die visuellen Farben von 774 Sternen bestimmt in der Absicht, einen Beitrag zu den Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Spektrum, Helligkeit und Farbe der Fixsterne zu liefern.

Die Beobachtungen sind in der Zeit von November 1914 bis Oktober 1916 an meinem 95 mm-Refraktor ausgeführt. Es wurde immer bei voller Öffnung, mit dem rechten Auge und einer 170fachen Vergrößerung beobachtet. Die Farbenschätzungen wurden immer in voller Dunkelheit ausgeführt und niedergeschrieben; zur Sicherung der Identifizierung wurde bei den Doppelsternen die Lage des Begleiters in der Karte eingetragen, während die farbigen Sterne mit roter Farbe markiert wurden. Die Beobachtungen wurden nur in mond- und dämmerungsfreien Nächten bei reiner Luft ausgeführt; Nächte mit starker Scintillation wurden prinzipiell vermieden. Um eine mögliche Abnahme der Farben im Laufe der Nacht (vgl. *Osthoff*, A. N. 153.150) unschädlich zu machen, wurde die Durchmusterung einer bestimmten Gegend abwechselnd in östlicher und westlicher Richtung ausgeführt. Die Sterne südlich von $+15^\circ$ wurden stets im Meridiane, die übrigen, mit Ausnahme der polnahen Sterne, in 40° bis 50° Höhe beobachtet, teils um unbequeme Stellungen zu vermeiden, teils um die Wirkung der atmosphärischen Rotfärbung möglichst zu verkleinern.

Da die Bestimmung der Sternfarben im Grunde auf einer Vergleichung mit dem Gedächtnisbilde von gewissen Grundfarben beruht, so habe ich das Mischungsverhältnis der drei Hauptfarben Weiß, Gelb und Rot in Zahlen geschätzt. Wenn die Sternfarbe z. B. aus gleichen Teilen Weiß und Gelb bestand, so wurde die Farbe als 1 W 1 G notiert; wenn die Farbe dagegen doppelt so viel Gelb als Weiß enthielt, so wurde sie durch 1 W 2 G bezeichnet. Bei der Reduktion wurden die Schätzungen in der folgenden Farbenskala ausgedrückt:

Weiß = 0° Gelb = 5° Rot = 10° .

Die lineare Skala hat sich bisher bei mehreren Tausenden von Beobachtungen vorzüglich bewährt; andere Farben als diejenigen, welche in der Abkühlungsreihe der Metalle vorkommen, habe ich bei alleinstehenden Fixsternen nicht angetroffen. Es verdient namentlich hervorgehoben zu werden, daß ich Mischungsfarben von Weiß und Rot niemals gefunden habe; die Sterne, welche *Franks* (Ann. of Harv. Coll. 14.94) »flushed white« nennt, finde ich, wie früher *Osthoff*, gelblich-weiß. Ebenso wenig habe ich bläuliche oder grünliche Sterne finden können; die angebliche bläuliche Farbe gewisser Sterne rührt vermutlich nur vom sekundären Spektrum des Objektivs her.

2. Aus den Sternen, welche dreimal beobachtet sind, erhält man die folgenden durchschnittlichen Abweichungen einer Beobachtung vom Mittel:

Typus	1^m-3^m	3^m-4^m	4^m-5^m
B	± 0.57	± 0.46	± 0.63
A	0.43	0.58	0.57

Typus	1^m-3^m	3^m-4^m	4^m-5^m
F	± 0.49	± 0.42	± 0.42
G	0.16	0.42	0.29
K	0.34	0.24	0.29
M	0.12	0.20	0.34

Die zufälligen Fehler scheinen hiernach für alle Größenklassen von fast gleicher Größe zu sein, wogegen sie offenbar vom Spektraltypus stark abhängig sind. Der wahrscheinliche Fehler einer Schätzung ist im Mittel:

B	± 0.60	F	± 0.44	K	± 0.29
A	0.58	G	0.33	M	0.30

Wenn wir diese Werte mit den von *Osthoff* gegebenen vergleichen wollen, so muß daran erinnert werden, daß *Osthoff* $W = 0^\circ$, $G = 4^\circ$ und $R = 10^\circ$ setzt, sodaß die obigen w. F. für weißgelbe Sterne mit 0.8, für rotgelbe Sterne mit 1.2 multipliziert werden müssen, wenn wir sie mit *Osthoffs* Angaben vergleichen wollen. Der w. F. einer Schätzung wird alsdann ± 0.47 für weißgelbe Sterne und ± 0.37 für rote, im Mittel also ± 0.4 , hat also genau denselben Wert wie bei *Osthoff* (A. N. 153.172).

Die w. F. der Katalogwerte schwanken hiernach für die dreimal beobachteten Sterne von ± 0.3 bis ± 0.2 , sodaß sie im Vergleiche mit den systematischen Fehlern, mit dem die Schätzungen behaftet sein können, völlig belanglos sind.

3. Unter den systematischen Fehlern der Farbenschätzungen verdienen die atmosphärische Rotfärbung und die Helligkeitsgleichung besondere Beachtung. Das Abklingen der Farbe ist schon teilweise bei der Anordnung der Beobachtungen kompensiert; die sprungweisen Änderungen der Farbensauffassung von einer Nacht zur anderen sind als rein zufällige Fehler zu betrachten, und die fortschreitenden Veränderungen in der Farbensauffassung können nach den Beobachtungen der Fundamentalsterne kaum 0.1 erreichen.

Die Wirkung der Rotfärbung ist, wie erwähnt, schon bei der Anordnung der Beobachtungen teilweise eliminiert. Mit Rücksicht auf die starke Anhäufung der jüngsten Orionsterne in geringeren Höhen habe ich indessen eine Reihe von Sternen von verschiedener Helligkeit und verschiedenem Spektraltypus in allen möglichen Zenitdistanzen beobachtet. In der folgenden Tabelle bedeutet z die Zenitdistanz, n die Anzahl der Schätzungen, die sich auf ebenso viele Abende verteilen:

α Coronae			ζ Herculis			α Bootis			ϵ Bootis		
z		n	z		n	z		n	z		n
30°	3.5	4	25°	5.3	3	36°	4.3	4	29°	5.7	5
45	4.0	3	42	6.0	3	40	4.1	3	38	5.3	3
49	4.2	3	49	5.5	2	43	3.9	3	42	5.0	3
52	4.3	3	53	5.3	3	46	4.6	3	45	5.8	3
57	3.4	3	56	5.5	3	50	4.7	3	50	4.9	3
60	3.4	3	61	5.3	3	56	4.2	3	55	5.8	3
65	4.2	3	68	5.4	6	70	5.4	3	61	6.0	3

α Lyrae			α Aurigae			γ Herculis			α Herculis		
z	n		z	n		z	n		z	n	
20°	3.3	4	20°	2.9	4	20°	7.5	3	44°	7.3	2
53	3.4	3	47	3.7	3	38	8.4	5	51	6.6	3
60	2.3	3	55	3.3	3	47	7.5	3	56	6.7	3
63	2.7	6	67	4.2	3	53	8.1	3	64	6.6	3
71	2.9	2				57	8.1	3	71	7.1	2

Nimmt man an, daß die Rotfärbung mit der Absorption proportional ist, so wird die scheinbare Farbe c_z bei der Zenitdistanz z : $c_z = c_0 + k \cdot a_z$, wo a_z die Absorption ¹⁾ in der Zenitdistanz z , c_0 die Farbe im Zenit bedeutet. Löst man die Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate auf, so erhält man folgende Werte von k :

Typus A	α Coronae	$k = +0.045$
	α Lyrae	-0.028
G	α Aurigae	$+0.078$
	ζ Herculis	-0.014
K	α Bootis	$+0.073$
	ϵ Bootis	$+0.054$
M	α Herculis	$+0.002$
	γ Herculis	$+0.010$

Mittel: $k = +0.028$

Dieser Mittelwert stimmt recht gut mit den Beobachtungen der südlichsten Sterne überein. Die Sterne zwischen 0° und -10° Deklination geben nämlich im Mittel folgende Abweichungen Δc von den weiter unten aus den *Mauryschen* Sternen abgeleiteten Werten:

Typus	Dekl.	Sterne	Δc
B	-4.9	24	+0.10
A	-3.8	20	+0.06
F u. G	-4.0	17	+0.02
K u. M	-5.6	16	+0.15
	-4.6	77	+0.08

Die mittlere Meridianhöhe dieser Sterne für Hörsholm ist nahe 30°, während die übrigen Sterne in 45° Höhe beobachtet wurden. Die Absorptionsdifferenz ist folglich 0.032, sodaß man eine Vertiefung der Farbe von 0.028 \times 3.2 oder 0.09 erwarten müßte. Im allgemeinen wird man also sagen können, daß die Wirkung der Rotfärbung bei meinen Beobachtungen, die nur bis -10° Dekl. gehen, nie 0.1 erreicht.

Die obigen Zahlenwerte sind natürlich nur für den Verfasser gültig. In größeren Zenitdistanzen wird die Beurteilung der Farbe sowohl durch die Verbreiterung des Bildes, als durch die Scintillation stark beeinflusst. Unter den oben gemachten Annahmen würde die Rotfärbung in unseren Breiten schon in -20° Deklination 1° erreichen, sodaß diese Fehlerquelle kaum vernachlässigt werden darf, wie es leider bisher immer der Fall gewesen ist.

Die Vertiefung der Farbe mit abnehmender Helligkeit des Bildes ist bekanntlich schon von *Osthoff* (A. N. 165.55) mittels sektorförmiger Objektiven eingehend studiert worden. Die Versuche, welche ich mit Sektorblenden bzw. Diaphragmen angestellt habe, gaben wenig befriedigende Resultate, weil die starke Verbreiterung des Sternbildes und das Auftreten farbiger Säume die Farbenschätzungen unsicher machten. Weit bessere Resultate ergaben Versuche mit Objektivgittern aus Stahldraht, mit denen sich noch bequem eine Abschwächung um volle drei Größenklassen erreichen ließ.

¹⁾ In Hundertstel der Sterngröße ausgedrückt.

Die Gitterkonstante habe ich in der Weise bestimmt, daß ich im Potsdamer Plejadenkatalog die schwächsten Sterne aufsuchte, welche mit bzw. ohne Gitter eben sichtbar waren. Aus drei Bestimmungen erhielt ich die Gitterkonstante gleich 3^m0, 3^m1 und 2^m8, im Mittel also 3^m0. Für die Bestimmung der Helligkeitsgleichung wurden nun 25 helle Sterne mit und ohne Gitter in je drei Nächten beobachtet. Die Mittelwerte der Vertiefung der Farbe sind:

α Tauri	+1.3	α Orionis	+0.9	γ Androm.	+0.9
β »	+1.8	β »	+1.5	α Ursae maj.	+1.2
α Geminor.	+1.8	γ »	+1.8	β »	0.0
β »	+1.1	ζ »	+2.3	γ »	+1.0
γ »	+0.8	α Cassiop.	+1.2	ϵ »	+2.1
α Canis min.	+2.6	β »	+0.7	ζ »	+0.9
α Arietis	+0.9	γ »	+1.3	η »	+1.6
β Ursae min.	+0.9	α Androm.	+0.8		
ϵ Orionis	+1.9	β »	+1.2		

Werden die Zahlen nach dem Spektraltypus geordnet, so erhält man die folgenden Mittelwerte:

Typus	Sterne	Δc	Typus	Sterne	Δc
B	7	+1.75	K	7	+1.08
A	7	+1.05	M	2	+1.05
F	2	+1.65			

Eine sichere Abhängigkeit vom Spektraltypus läßt sich nicht erkennen, da ja z. B. die A- und K-Sterne fast identische Werte liefern. Wenn man dagegen die Werte von Δc nach der Helligkeit der Sterne ordnet, so fällt die starke Abhängigkeit zwischen Δc und m sofort auf:

Größe	Sterne	Δc	$\Delta c'$	B-R
0.58	3	+1.67	+1.83	-0.16
1.48	5	+1.64	+1.45	+0.19
1.91	5	+1.44	+1.27	+0.17
2.17	6	+1.18	+1.16	+0.02
2.44	6	+0.83	+1.05	-0.22

Wenn die Farbe bei der Helligkeit m sich durch die Formel $c_m = c_0 + \alpha \cdot m + \beta \cdot m^2$ ausdrücken läßt, so ist die Vertiefung der Farbe, wenn man einen Stern von der Größe m um Δ Größenklassen abschwächt, offenbar gleich $\Delta[\alpha + \beta(\Delta + 2m)]$. Aus meinen Gitterversuchen ($\Delta = 3$) findet man unter dieser Annahme:

$$\alpha = +0.90 \quad \beta = -0.07$$

Die entsprechenden Werte sind in obiger Tafel unter $\Delta c'$ angeführt.

Berechnet man mit obigen Werten von α und β die Vertiefung für verschiedene Größenklassen, so erhält man die unter Δc_2 angeführten Zahlen, die sich durch den Ausdruck $0.49 + 0.48 m$ darstellen lassen. Die Abweichungen zwischen den genauen Werten und der linearen Formel sind, wie ersichtlich, viel zu klein, als daß man hoffen könnte, das β -Glieð aus den mit freiem Objektiv ausgeführten Beobachtungen nachzuweisen:

Größe	Δc_2	Formel	
1.0	+0.83	+0.97	-0.14
2.0	+1.52	+1.45	+0.07
3.0	+2.07	+1.93	+0.14
4.0	+2.48	+2.41	+0.07
5.0	+2.75	+2.89	-0.14

Die Annahme, daß eine lineare Abhängigkeit zwischen Farbenzahl und Sterngröße besteht, ist also zwar nicht streng

richtig, aber praktisch wohl erlaubt. Erst bei den Sternen 6. Größe wird die Abweichung von der einfachen Formel merklich, nämlich $-0^{\circ}5$.

Aus *Osthoff's* Beobachtungen erhält man die folgenden Mittelwerte der Vertiefung (m Helligkeit der Sterne, A Abschwächung in Größenklassen):

	$A = 2$		$A = 1$	
	Beob.	Rechn.	Beob.	Rechn.
1 ^m	$+1^{\circ}28$	$+1^{\circ}12$	$+0^{\circ}71$	$+0^{\circ}63$
2	$+0.98$	$+0.84$	$+0.74$	$+0.49$
3	$+0.53$	$+0.56$	$+0.48$	$+0.35$
4	$+0.56$	$+0.28$	$+0.56$	$+0.21$

Die Ausgleichung gibt:

$$\alpha = +0^{\circ}84 \quad \beta = -0^{\circ}07.$$

Die Übereinstimmung der Werte von α und β für *Osthoff* und Verfasser beruht wohl auf dem Umstande, daß beide Beobachter Refraktoren fast gleicher Größe benutzten. Die Vertiefung der Farbe mit freiem Objektiv zeigt demgemäß bei *Osthoff* denselben Verlauf wie beim Verfasser und läßt sich durch den Ausdruck: $+0^{\circ}49 + 0^{\circ}42 m$ genähert darstellen.

Eine Beziehung zwischen der Größe der Vertiefung des Farbentons und dem Spektraltypus läßt sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Meine Gitterbeobachtungen ergeben zwar eine um $0^{\circ}26$ kleinere Vertiefung für die roten Sterne gegenüber den weißgelben, sodaß die Helligkeitsgleichung für die roten Sterne vielleicht $0^{\circ}09$ kleiner ist als für die übrigen, aber dieser Unterschied ist kaum größer als die möglichen Fehler der Schätzungen.

Die Vertiefung des Farbentons beruht wohl auf dem Umstande, daß das violette Ende des Spektrums bei Abschwächung zuerst verschwindet, sodaß die roten und gelben Teile überwiegen. Hiernach mußte man allerdings erwarten, daß die Erscheinung bei den roten Sternen weniger ausgeprägt sei als bei den weißen und gelben, wie es nach den Gitterbeobachtungen tatsächlich der Fall ist.

4. Zur Feststellung des Verhältnisses zwischen Helligkeit und Farbe habe ich ferner die Farbschätzungen derjenigen Sterne, welche in Miss *Maurys* »Spectra of Brighth Stars« (Ann. of Harv. Coll. Obs. Vol. 28, Part I) vorkommen, einer Ausgleichung unterworfen.

Innerhalb jeder der *Mauryschen* »groups« zeigt die Farbe eine deutliche Vertiefung mit abnehmender Helligkeit, und ich habe daher für jede Gruppe eine Gleichung von der folgenden Form gebildet:

$$c_m = c_\mu + \alpha(m - \mu)$$

wo c_m und m Farbe und Helligkeit, c_μ und μ die mittlere Farbe und Helligkeit der Sterne in der betreffenden Gruppe sind. Die *Mauryschen* »divisions« c und ac habe ich für sich behandelt; die »divisions« a und b habe ich dagegen zusammengezogen, da gewisse Doppelsterne, wie z. B. β Aurigae und ζ Ursae maj., je nach der Stellung der Komponente zu »division« a oder b gehören.

In der folgenden Zusammenstellung gibt die erste Kolonne die Gruppe bei *Maury*, die zweite die entsprechende Bezeichnung im System der Revised Harvard Photometry. Die »intermediären« Gruppen sind in der von *Schwarzschild* vorgeschlagenen Weise bezeichnet, sodaß z. B. XV² den Über-

gang von XV zu XVI bezeichnet. Die siebente Kolonne gibt die Gewichte $G(\alpha)$ der entsprechenden Werte von α , die achte die auf $m = 3.50$ reduzierten Farbenzahlen an.

Gruppe	HR.	n	c_μ	μ	α	$G(\alpha)$	$c_{3.5}$	w.F.(*)
I	Oe 5	5	$3^{\circ}98$	$4^{\circ}12$	$+0^{\circ}38$	3.6	$3^{\circ}70 \pm 0^{\circ}21$	
II	Bo	10	3.84	3.16	0.53	12.6	4.04	0.39
III	B 1	7	4.16	3.48	0.40	9.2	4.17	0.34
IV	B 2	13	3.30	3.71	0.41	12.2	3.20	0.35
IV ²	B 3	8	3.57	4.10	0.81	2.5	3.29	0.47
V	B 5	12	3.96	3.83	0.00	3.2	3.81	0.23
VI	B 8	9	3.10	3.03	0.21	2.4	3.32	0.32
VII	A	21	3.98	3.68	0.31	5.6	3.90	0.41
VIII	A 1	33	4.05	3.57	0.50	24.5	4.02	0.48
IX	A 2	16	4.32	3.65	0.57	7.5	4.25	0.43
X	A 5	12	4.30	3.24	0.66	14.1	4.42	0.49
XI, XI ²	F	13	5.10	3.96	0.26	3.8	4.89	0.28
XII	F 5	18	4.94	3.88	0.78	19.1	4.77	0.38
XIII	F 8	11	5.42	3.87	1.11	2.3	5.25	0.47
XIV	G	10	5.29	3.21	0.41	14.4	5.42	0.42
XIV ²	G 5	11	6.20	3.91	0.40	1.7	6.01	0.37
XV	K	63	6.16	3.60	0.43	42.1	6.11	0.24
XV ²	K 2	6	6.55	3.23	0.05	3.0	6.67	0.29
XVI	K 5	11	6.60	3.38	0.27	11.7	6.66	0.20
XVII	Ma	11	7.12	4.06	0.48	8.6	6.86	0.31
XVIII	Ma	11	7.04	3.98	0.32	17.7	6.82	0.32
XIX, XX Mb, Md		6	7.26	4.22	0.66	1.5	6.93	0.12

Wenn man die partiellen Normalgleichungen für α addiert, so bekommt man die folgenden totalen Normalgleichungen für die vier Haupttypen

Oriontypus	(I-V)	$: 43.2 \alpha = +18^{\circ}7$	$\alpha = +0^{\circ}43$
I. Typus	(VII-XI)	$: 67.9 \alpha = +32.8$	$\alpha = +0.48$
II. Typus	(XIII-XVI)	$: 94.4 \alpha = +43.8$	$\alpha = +0.46$
III. Typus	(XVII-XX)	$: 27.7 \alpha = +10.8$	$\alpha = +0.39$

Die Helligkeitsgleichung scheint hiernach praktisch vom Spektraltypus unabhängig zu sein. Die Sterne vom Typus III ergeben zwar einen um $0^{\circ}07$ kleineren Wert als die übrigen in Übereinstimmung mit den Gitterbeobachtungen, aber der Unterschied ist kaum größer als sein w. F., und ich habe daher für alle Spektraltypen $\alpha = +0^{\circ}46$ angenommen. Die Gitterbeobachtungen ergeben $\alpha = +0^{\circ}48$, sodaß die Vertiefung des Farbentons bei abnehmender Helligkeit offenbar ausschließlich auf physiologischen Verhältnissen beruht. Eine merkbare selektive Absorption im Weltenraume ist also innerhalb der Helligkeitsgrenzen des *Mauryschen* Verzeichnisses nicht vorhanden.

Werden die c_μ -Werte mittels der oben angenommenen Helligkeitsgleichung auf die Helligkeit $3^m 50$ reduziert, so erhält man die unter $c_{3.5}$ angeführten mittleren Farbenzahlen. Die entsprechenden w. F. eines Sterns finden sich in der neunten Kolonne; diese w. F. rühren teils von den Fehlern der Farbschätzungen her, teils von Fehlern in den Spektralangaben und teils von individuellen Eigentümlichkeiten der Sterne. Im Mittel haben die w. F. für die vier Haupttypen die nachstehend unter w(*) gegebenen Werte:

	w(*)	w ₃		w(*)	w ₃
Oriontypus	$\pm 0^{\circ}33$	$\pm 0^{\circ}34$	II. Typus	$\pm 0^{\circ}31$	$\pm 0^{\circ}20$
I. Typus	0.37	0.33	III. Typus	0.25	0.17

Aus den oben gefundenen w. F. einer Farbenschätzung findet man für die dreimal beobachteten Sterne die unter w_3 angegebenen w. F. Der Unterschied ist am größten für die Sterne des II. Typus, wo die Klassifizierung der Spektren offenbar am schwierigsten gewesen ist. Der zweite Typus zeigt bei *Maury* u. a. die Eigentümlichkeit, daß die Gruppe XV allein mehr Sterne enthält als die übrigen Gruppen zusammen; ferner zeigt die Note zu ν Hydrae, daß Fehler von zwei Einheiten in der Gruppennummer (entsprechend einem Farbenfehler von 0.3) nicht ausgeschlossen sind.

Die vorstehende Bearbeitung umfaßt nur 317 Sterne oder 41% der hier beobachteten Sterne, obgleich z. B. die Rev. Harv. Phot. Spektralangaben für sämtliche Sterne meines Verzeichnisses enthält. Nach den Angaben *Pickering's* in der Einleitung zur H. R.¹⁾ sind diese Angaben indessen für die schwächeren Sterne für die vorliegende Untersuchung viel zu roh, wozu noch kommt, daß Sterne 5. Größe schon für Farbenschätzungen an einem 4-Zöller zu schwach sind. Dieser Umstand scheint bisher bei stellar-statistischen Untersuchungen nicht hinreichend gewürdigt zu sein; aus *Krügers* Zusammenstellung (Spec. Astr. Vat. III, App. V) würde z. B. folgen, daß die Farben der schwächeren A-Sterne von 1° bis 7° nach *Hagens* Skala schwanken, obgleich die Farben der A-Sterne der ersten drei Größenklassen nur Unterschiede bis 3° aufweisen.

Werden die Werte von $c_{3.5}$ graphisch ausgeglatet, so bekommt man schließlich die folgende mittlere Farbenkurve:

I	4.2	VI	3.6	XI ²	4.9	XV ²	6.4
II	3.9	VII	3.8	XII	5.0	XVI	6.6
III	3.7	VIII	4.0	XIII	5.3	XVII	6.8
IV	3.6	IX	4.2	XIV	5.7	XVIII	6.9
IV ²	3.5	X	4.5	XIV ²	6.0	XIX	7.0
V	3.5	XI	4.7	XV	6.2	XX	7.0

Die Farbe nimmt also von den »jüngsten« Orionsternen bis zur Gruppe V ab; nach diesem Minimum tritt wieder eine allmähliche Vertiefung der Farbe ein, die offenbar mit der Zunahme der dunklen Bänder und Liniengruppen im Spektrum parallel verläuft. Die effektive Temperatur der Sterne sollte hiernach im Widerspruch mit der gewöhnlichen Auffassung ihr Maximum für die »ältesten« Orionsterne erreichen.

5. Die Sterne der *Maury'schen* Nebenreihen (divisions c and ac) zeigen im allgemeinen eine dunklere Farbe als die Sterne der entsprechenden Gruppe der Hauptreihe. Die Mittelwerte sind ²⁾:

Gruppe	n	c_μ	μ	$c_{3.5}$	Δc
III	1	5.33	4.71	4.77	+1.05
V	1	4.58	3.92	4.39	+0.93
VI ²	1	5.28	4.64	4.76	+1.08
VII	1	4.11	3.58	4.07	+0.27
VIII	1	3.50	1.33	4.50	+0.50
XI	1	5.75	4.48	5.30	+0.55
XII	2	5.06	3.51	5.06	+0.06
XII ²	2	4.85	3.00	5.08	-0.07
XIII	4	5.44	3.56	5.41	+0.11
XIV	5	5.88	3.92	5.69	-0.05

Die letzte Kolumne gibt die Abweichung der auf $m=3.5$ reduzierten Farbe von der Farbenkurve der Hauptreihe an.

Wie ersichtlich, sind die Farben in der Nebenreihe meist tiefer als in der Hauptreihe. Die Vertiefung Δc beträgt etwa 1.0 für die Orionsterne, 0.5 bei den Sternen des I. Typus und verschwindet völlig bei den Sternen des II. Typus, die allerdings meist der division ac angehören. Die eigentlichen c-Sterne zeigen indessen eine ähnliche Annäherung an die Hauptreihe mit wachsender Gruppennummer. Werden die Werte von Δc nach der Gruppennummer geordnet, so bekommt man die folgenden Mittelwerte:

IIIc-Vc +0.99, VIc-VIIIc +0.62, XIIc-XIIIc +0.31.

Wenn wir dagegen die c- und ac-Sterne allein betrachten, so erkennt man, daß sie fast sämtlich von gleicher Farbe sind ohne Rücksicht auf die Gruppennummer:

III-VI ²	$c_{3.5} = 4.64$	XII-XIII	$c_{3.5} = 5.24$
VII-XI	4.62	XIV	5.69

Die extremen Farben entsprechen etwa den Gruppen X² und XIV der Hauptserie; die Variation der effektiven Temperatur innerhalb der ganzen Nebenreihe ist also kaum größer als zwischen drei oder vier Gruppen der Hauptreihe. Noch merkwürdiger ist es, daß die »jüngsten« Sterne der Nebenreihe von fast gleicher Farbe sind wie die »jüngsten« Sterne der Hauptreihe. Wenn man in beiden Reihen den der Gruppennummer 0 entsprechenden Wert extrapoliert, so bekommt man tatsächlich dieselben Farbenwerte.

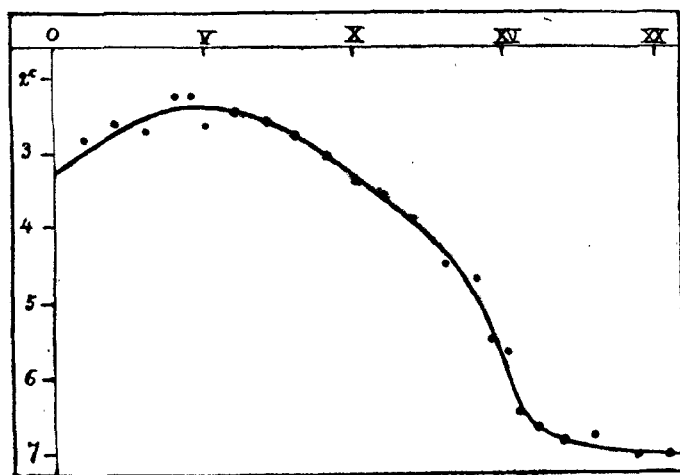
Bei stellar-statistischen Untersuchungen scheint es Sitte geworden zu sein, die Sterne der Nebenreihe als »abnorm« auszuschließen. So schließt z. B. *Shapley* bei seinen Untersuchungen über die Dichte der photometrischen Doppelsterne (Princeton Contr. No. 3) sowohl β Lyrae als ϵ Aurigae als »peculiar« aus. *Courvoisier* (A. N. 203.90) gelangt indessen auf völlig verschiedenem Wege zu einem ganz ähnlichen Werte für α Ursae min., dessen mittlere Dichte sicher kaum ein Tausendstel der Dichte unserer Sonne beträgt. α Ursae min. gehört nun zur Gruppe XIVac, ϵ Aurigae zu XIIc, während β Lyrae aus einem Sterne der Gruppe VIc mit einem »jüngeren« Begleiter besteht. Die Klassifizierung der c-Sterne ist offenbar mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft; einige der c-Sterne des Südhimmels wurden erst nachträglich bei einer Revision der Aufnahmen entdeckt, und andere, welche von Miss *Maury* zur gleichen Gruppe gerechnet wurden, haben nach *Guthnick* (A. N. 199 Nr. 4763) recht verschiedene Spektren. Die drei »abnormen« Sterne gehören indessen alle drei der Nebenserie an, sodaß die abnorm geringe Dichte offenbar ein Merkmal der c-Sterne ist. Umgekehrt scheint der c-Charakter eines Spektrums auf sehr geringe Dichte hinzuweisen; so war das Spektrum der Nova Persei 1901 unmittelbar nach dem Aufleuchten des Sterns, als die Gasmassen mit einer Geschwindigkeit von 1200 bis 1500 km/sec nach allen Seiten geschleudert wurden, demjenigen von β Orionis (Gruppe VIc) sehr ähnlich.

Aber selbst wenn man die ganze Nebenreihe als »abnorm« der Vergessenheit übergibt, so hat man dadurch fast nichts gewonnen. In der Hauptreihe ist zwar beim ersten

¹⁾ *A spectrum first classified as F, on a better photograph might be classified as A5, or F5, but would seldom be called A or G* (l. cit. p. 15).

²⁾ β Orionis (Gruppe VIc) ist hier weggelassen, da seine Helligkeit (0.3) eine Reduktion der Farbe auf $m=3.5$ illusorisch macht.

Blicke alles in der schönsten Ordnung; die effektiven Temperaturen der Sterne fallen stetig vom Typus B durch A, F, G und K nach M; ebenso nehmen die mittleren Dichten nach *Shapley* von 0.1 beim Typus B bis zu 0.4 bei den F- und G-Sternen zu, sodaß die gewöhnliche Reihenfolge der Spektren offenbar eine Abkühlungsreihe darstellt. Zugunsten der Auffassung, daß die B-Sterne den Anfang der Entwicklungsreihe darstellen, hat man u. a. darauf hingewiesen, daß die betreffenden Sternbilder, wie Orion und Scorpio, mit Gasnebeln überzogen sind, ohne daran zu denken, daß dieselben Nebel auch die beiden roten »Riesensterne« α Orionis und α Scorpii umschließen. Die Annahme, daß die B-Sterne die »jüngsten« Sterne seien, fordert leider, daß die Nebel sich unmittelbar — ohne vorhergehende Entwicklung — zu den heißesten Sternen des Weltraumes verwandeln. Die Oe-Sterne, die den ersten *Mauryschen* Gruppen entsprechen, füllen die Lücke nicht aus, da sie von fast gleicher Farbe wie die »jüngsten« B-Sterne sind.



Mittlere Farbenkurve der *Mauryschen* Hauptreihe für $m = 3.5$.

Die Farbenkurve der Hauptreihe (vergl. p. 55) deutet nun zum Überfluß das Vorhandensein eines aufsteigenden Zweiges der Entwicklungskurve an, sodaß die Sterne in zwei Reihen: Sterne mit zunehmender und mit abnehmender Temperatur sich teilen müssen. *Ritter* und *Lane* haben bekanntlich vor Jahren gezeigt, daß die Kontraktion einer »idealen« Gasmasse von einer Zunahme der Temperatur begleitet ist; erst wenn die mittlere Dichte so groß geworden ist, daß das Gas nicht mehr »ideal« ist, tritt eine Abnahme der Temperatur ein. Man müßte demgemäß erwarten, im Weltenraume zwei Typen von Sternen anzutreffen, nämlich eine Reihe von Sternen mit äußerst geringer Dichte, deren Temperatur mit zunehmendem Alter stetig zunimmt, und eine zweite Reihe von Sternen mit beträchtlicher mittlerer Dichte, die eine »Abkühlungsreihe« darstellen. Die Sterne mit niedriger Temperatur — also die roten Sterne — müßten also in zwei scharf getrennte Gruppen zerfallen: nämlich »Riesensterne« mit sehr geringer Dichte und »Zwergsterne« mit großer mittlerer Dichte. Unter den Sternen mittlerer Temperatur — den gelben Sternen — ist eine ähnliche Teilung noch vorhanden, aber numerisch weniger ausgeprägt, und bei den heißesten Sternen — den weißen — wird sie schließlich unmerklich. Soweit mir bekannt, hat indessen nur *Russell* (Pop. Astr., Vol. 22) versucht, dieses Ergebnis in der stellaren Physik praktisch zu verwerten, indem

er die roten »Riesensterne« an die Spitze der Entwicklungsreihe stellt.

Da die Sterne mit zunehmender Temperatur eine noch geringere mittlere Dichte besitzen müssen als die jüngsten Orionsterne, so liegt es nahe, den aufsteigenden Zweig der Entwicklungskurve mit den *Mauryschen* c- und ac-Sternen zu besetzen, und zwar in umgekehrter Reihenfolge der Gruppennummern. Bei dieser Ordnung erreicht man jedenfalls, daß die mittlere Dichte der Sterne mit der Zeit stetig zunimmt, indem ja ϵ Aurigae und α Ursae min. an die Spitze der Reihe gestellt werden. Da die effektive Temperatur dieser Sterne kaum ein Viertel der Temperatur der B-Sterne ist, so wären ihre Durchmesser nach *Lanes* »Gesetz« etwa 4mal größer, ihre Dichte bei gleicher Masse also 4^3 mal geringer als für die B-Sterne. Wenn wir die mittlere Dichte der Orionsterne nach *Shapley* zu 0.1 der Sonnendichte schätzen, so müßte die Dichte des Polarsterns in guter Übereinstimmung mit *Courvoisiers* Schätzung ein bis zwei Tausendstel betragen.

Die zeitliche Reihenfolge der Spektraltypen wäre also die folgende: Zuerst die Sterne der *Mauryschen* c-Reihe in umgekehrter Reihenfolge der Gruppennummer (also von XIV nach III) und dann die *Maurysche* Hauptreihe nach wachsender Gruppennummer geordnet. Die Temperatur wäre dann von XIVac durch IIIc und weiter über Ia bis Va zunehmend, während die Spektren von VIa bis XV oder XVIa die verschiedenen Stufen der Abkühlung darstellten. Vor den c-Sternen wären dann die roten Riesensterne anzubringen, deren mittlere Dichte jedenfalls äußerst gering sein muß. Wo man die N-Sterne anzubringen hat, ist noch eine offene Frage, da die *Kapteynsche* Bestimmung ihrer mittleren Parallaxe (wie ich an anderer Stelle zeigen werde) völlig illusorisch ist.

6. Zur Prüfung der Ergebnisse meiner Farbenschätzungen habe ich noch die Beobachtungen von *Osthoff* (A. N. 153.173), *Hagen* (Spec. Vat., III) und *Krüger* (ibid. VII) in ähnlicher Weise bearbeitet wie die meinigen. Für *Osthoff* und *Hagen* habe ich nur die von mir beobachteten *Mauryschen* Sterne benutzt, sodaß dieselben Gleichungen überall benutzt werden konnten. Die Werte von n , μ und $G(\alpha)$ sind daher dieselben wie bei mir. Für *Krüger* habe ich eine neue Ausgleichung durchgeführt, weil viele helle Sterne bei ihm fehlen. Die Skalen der drei Beobachter sind:

<i>Osthoff</i>	Weiß = 0°	Gelb = 4°	Rot = 10°
<i>Hagen</i>	0	3	9
<i>Krüger</i>	0	4	10.

Die folgenden Tabellen enthalten die gefundenen Mittelwerte für die *Maurysche* Hauptreihe:

	1) <i>Osthoff</i>				2) <i>Hagen</i>			
	c_{μ}	α	$c_{3.5}$	w.F.(*)	c_{μ}	α	$c_{3.5}$	w.F.(*)
I	3°00	+0°07	2°83	±0°36	3°00	0°00	2°84	±0°00
II	2.49	+0.30	2.59	0.35	2.39	+0.33	2.50	0.27
III	2.64	+0.49	2.64	0.39	2.50	+0.50	2.41	0.47
IV	2.15	+0.40	2.09	0.42	2.00	+0.24	1.95	0.78
IV ²	2.31	+0.07	2.14	0.45	2.00	+0.81	1.84	0.36
V	2.81	0.00	2.72	0.36	2.62	-0.20	2.53	0.48
VI	2.05	+0.56	2.26	0.29	2.44	+0.26	2.56	0.22
VII	2.52	+0.29	2.47	0.28	2.23	+0.31	2.20	0.34
VIII	2.64	+0.30	2.62	0.35	2.61	+0.08	2.59	0.47
IX	3.03	+0.52	2.99	0.30	2.87	+0.10	2.83	0.27

	c_μ	α	$c_{3.5}$	w.F.(*)	c_μ	α	$c_{3.5}$	w.F.(*)
X	3 [°] 12	+0 [°] 31	3 [°] 20	±0 [°] 33	3 [°] 21	+0 [°] 77	3 [°] 28	±0 [°] 56
XI u. XI ²	3.57	+0.19	3.44	0.29	3.45	+0.18	3.33	0.65
XII	4.01	+0.30	3.90	0.19	3.82	+0.31	3.72	0.43
XIII	4.46	+0.46	4.36	0.34	4.55	+0.29	4.45	0.45
XIV	4.55	+0.27	4.63	0.40	4.30	+0.16	4.38	0.56
XIV ²	5.52	+0.23	5.41	0.46	5.27	+0.05	5.16	0.42
XV	5.59	+0.34	5.56	0.27	5.36	+0.30	5.33	0.41
XV ²	6.28	+0.19	6.36	0.27	6.25	+0.46	6.32	0.47
XVI	6.75	+0.15	6.78	0.26	6.27	+0.03	6.33	0.53
XVII	7.04	+0.30	6.88	0.30	6.50	+0.03	6.35	0.27
XVIII	6.86	+0.14	6.73	0.21	6.27	+0.30	6.15	0.29
XIX, XX	6.85	+0.24	6.65	0.26	7.20	+0.71	7.01	0.40

3) Krüger

Mauray	n	c_μ	μ	α	G(α)	$c_{3.5}$	w.F.
I	5	2 [°] 82	4 ^m 20	+0 [°] 03	3.6	2 [°] 69	±0 [°] 20
II	9	2.26	3.03	+0.42	8.7	2.35	0.38
III	9	2.56	3.41	+0.32	11.5	2.58	0.13
IV	13	2.22	4.10	+0.12	17.7	2.11	0.25
IV ²	9	2.32	4.43	-0.01	4.1	2.14	0.28
V	14	2.51	3.99	-0.29	3.1	2.42	0.30
VI	8	2.30	2.96	+0.38	4.7	2.40	0.19
VII	15	2.39	3.40	+0.26	43.1	2.41	0.28
VIII	23	2.52	3.79	+0.26	14.7	2.46	0.21
IX	17	2.95	3.99	-0.07	11.9	2.86	0.35
X	7	3.27	3.31	+0.60	8.8	3.31	0.44
XI	9	3.53	3.98	-0.11	2.1	3.44	0.28
XII	18	4.01	4.06	+0.35	18.0	3.90	0.28
XIII	14	4.44	4.19	-0.02	4.4	4.31	0.32
XIV	13	4.45	3.56	+0.29	16.9	4.44	0.42
XIV ²	16	5.22	4.15	+0.25	10.6	5.10	0.48
XV	79	5.47	3.69	+0.23	53.4	5.43	0.25
XV ²	6	6.07	3.25	-0.01	2.9	6.12	0.16
XVI	22	6.57	4.14	+0.01	32.7	6.45	0.31
XVII	17	6.84	4.26	+0.25	13.9	6.70	0.22
XVIII	16	7.00	4.19	+0.11	20.5	6.87	0.14
XIX	5	7.24	4.40	+0.12	1.8	7.07	0.13

In allen drei Reihen ist ein deutliches Minimum der Farbe $c_{3.5}$ in der Gruppe IV oder IV² vorhanden. Die starken Sprünge von III nach IV einerseits und von IV² nach V andererseits sind ebenfalls bei allen drei Beobachtern vorhanden, sodaß hier offenbar eine Unregelmäßigkeit in der Klassifizierung der Spektren begangen ist. Ebenso ergeben alle drei Reihen übereinstimmend, daß die Gruppen XIV² und XV² den folgenden Gruppen (XV bzw. XVI) näher stehen als den vorausgehenden. Auffallend ist es ferner, daß die Sterne der Gruppen XIII und XIV von gleicher Farbe sind; dieselbe Eigentümlichkeit zeigen die photographischen Helligkeitsmessungen *Schwarzschild's* (vgl. Aktinometrie, Teil B, p. 20).

Die eigentümliche Farbe der c-Sterne wird ebenfalls durch die Beobachtungen von *Osthoff*, *Hagen* und *Krüger* bestätigt. Im Mittel finde ich die folgenden Unterschiede im Sinne Nebenreihe — Hauptreihe für die Helligkeit 3^m5 (mit Weglassung von β Orionis):

	<i>Osthoff</i>	<i>Hagen</i>	<i>Krüger</i>
IIIc-VIc	+1 [°] 18 (2)	+0 [°] 81 (4)	+0 [°] 71 (3)
VIIc-XIIc	+0.35 (6)	-0.12 (6)	+0.61 (5)
XIac-XIVac	+0.12 (13)	+0.47 (15)	-0.03 (9)

Aus den Beobachtungen von *Osthoff*, *Krüger* und denen des Verfassers erhält man schließlich unter Berücksichtigung der Anzahl der Sterne:

IIIc-VIc	$\Delta c = +0°92$
VIIc-XIIc	+0.45
XIac-XIVac	-0.02

Werden die $c_{3.5}$ graphisch ausgeglättet, so bekommt man die folgenden Beziehungen zwischen den Skalen der vier Beobachter für die Helligkeit 3^m5:

	2 [°]	3 [°]	4 [°]	5 [°]	6 [°]	7 [°]
<i>Hagen</i>	2 [°] 2	3 [°] 1	4 [°] 1	5 [°] 2	6 [°] 3	7 [°] 3
<i>Krüger</i>	2.1	3.0	4.1	5.2	6.2	7.0
<i>Lau</i>	1.0	2.0	2.8	4.0	5.4	7.1

Die Tabelle gibt an, welche Stufen der *Osthoff'schen* Skala den Angaben der übrigen Beobachter entsprechen. Hiernach ist also 2[°] *Hagen* = 2[°]2 *Osthoff*, 2[°] *Lau* = 1[°]0 *Osthoff* u. s. w. Aus der Tabelle geht u. a. hervor, daß *Osthoff*, *Krüger* und *Lau* dieselbe Farbe mit »rein gelb« bezeichnen; nach der Definition der Skalen entspricht »reines Gelb« bei *Osthoff* und *Krüger* 4[°], bei *Lau* 5[°], sodaß die persönlichen Unterschiede also kaum 0[°]1 erreichen. In der Skala von *Hagen* ist Gelb = 3[°], was indessen nach den Beobachtungen 3[°]1 bei *Osthoff* entspricht, sodaß seine Farbenauffassung offenbar stark von den übrigen Beobachtern abweicht. Nach der Definition der Skalen sollte ferner 2[°] bei *Hagen*, *Krüger* und *Lau* in der *Osthoff'schen* Skala gleich 2[°]7, 2[°]0 und 1[°]6 sein, sodaß die Abweichungen hier sogar 0[°]6 erreichen.

Werden die Mittelwerte für *Hagen*, *Krüger* und *Lau* mittels obiger Tabelle auf die Skala von *Osthoff* reduziert, so erhält man die folgenden mittleren Farben für $m = 3.5$ für die *Maurysche* Hauptreihe, s. Figur p. 57:

Mauray	<i>Osthoff</i>	<i>Hagen</i>	<i>Krüger</i>	<i>Lau</i>	Mittel
I	2 [°] 8	2 [°] 9	2 [°] 7	2 [°] 5	2 [°] 8
II	2.6	2.6	2.4	2.8	2.6
III	2.6	2.5	2.6	3.0	2.7
IV	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2
IV ²	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2
V	2.7	2.7	2.5	2.6	2.6
VI	2.3	2.7	2.5	2.2	2.4
VII	2.5	2.4	2.5	2.7	2.5
VIII	2.6	2.7	2.5	2.8	2.7
IX	3.0	2.9	2.9	3.1	3.0
X	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3
XI	3.4	3.4	3.4	3.9	3.5
XII	3.9	3.8	3.9	3.7	3.8
XIII	4.4	4.6	4.4	4.4	4.4
XIV	4.6	4.5	4.6	4.6	4.6
XIV ²	5.4	5.4	5.3	5.4	5.4
XV	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
XV ²	6.4	6.6	6.3	6.4	6.4
XVI	6.8	6.6	6.6	6.4	6.6
XVII	6.9	6.6	6.8	6.8	6.8
XVIII	6.7	6.4	6.9	6.7	6.7
XIX u. XX	6.7	7.3	7.1	6.9	7.0

Die w. F. einer Katalogangabe sind für die vier Haupttypen:

	<i>Osthoff</i>	<i>Hagen</i>	<i>Krüger</i>	<i>Lau</i>
Oriotypus	± 0.36	± 0.43	± 0.27	± 0.33
I. Typus	0.31	0.43	0.29	0.37
II. Typus	0.29	0.48	0.30	0.31
III. Typus	0.26	0.30	0.17	0.25
	± 0.31	± 0.41	± 0.26	± 0.31

Die Kataloge von *Osthoff*, *Krüger* und *Lau* sind hiernach praktisch gleichwertig; setzt man ihr Gewicht = 1, so wird das Gewicht für *Hagen* = $\frac{1}{2}$.

Eine Vergleichung der Kataloge von *Osthoff* und *Lau* gibt als w. F. einer Differenz $O - L$ die nachstehend unter w_Δ angeführten Werte:

	w_Δ	w_Σ
Oriotypus	± 0.39	± 0.49
I. Typus	0.53	0.48
II. Typus	0.37	0.42
III. Typus	0.38	0.36
	± 0.42	± 0.43

In der dritten Kolumne habe ich die aus den w. F. der Kataloge folgenden w. F. einer Differenz $O - L$ zusammengestellt. Die Übereinstimmung der beiden Reihen zeigt, daß die individuellen Färbungen der *Maurys*-Sterne sehr klein sind. In die Quadrate von w_Σ gehen die individuellen Farben der Sterne zweimal additiv ein, da sie ja die w. F. für beide Beobachter vergrößern; die Werte von w_Δ sind dagegen frei von dieser Fehlerquelle, weil die individuellen Färbungen der Sterne ja in den Unterschieden $O - L$ herausfallen. Die Differenzen $w_\Delta^2 - w_\Sigma^2$ sind bald positiv, bald negativ; im Mittel aus allen vier Spektraltypen findet man $+0.0169$, sodaß der wahrscheinliche Betrag der individuellen Färbungen ± 0.09 sein sollte. Die Farben der Sterne, welche zu derselben *Maurys*-Gruppe gehören, können also höchstens um 0.2° oder 0.3° verschieden sein, aber nicht um 5° oder 6° (*Krüger*, Spec. Vat. III, App. V).

Da sich in jeder Gruppe Sterne von verschiedenen Entwicklungsgraden befinden, so enthält der Wert ± 0.09 noch die Fehler, welche durch die Einteilung der Spektren in bestimmte Gruppen entstehen. Die Farbdifferenz zweier aufeinanderfolgender Gruppen beträgt im Durchschnitt 0.2° , sodaß die »Abrundung« der Spektralangaben schon Abweichungen von $\pm 0.1^\circ$ bewirkt. Die größeren Abweichungen von der mittleren Farbe der Gruppe kommen außerdem fast immer bei Sternen vor, die, wie z. B. ϵ Herculis, σ Pegasi, δ Herculis, 41 Arietis oder ν Pegasi, der Veränderlichkeit verdächtig sind. Die vorliegende Untersuchung zeigt also, daß die Farben innerhalb jeder Gruppe höchstens um ein oder zwei Zehntel der Farbenstufe verschieden sein können.

7. Die Helligkeitsgleichung ist merkwürdigerweise positiv für alle vier Beobachter. Auch die kleine Reihe von *Möller* (A. N. 166.305) gibt, soweit eine Bestimmung möglich ist, positive Werte für α , sodaß die Farbe sich in allen Fällen mit abnehmender Helligkeit vertieft. Unter Berücksichtigung der Gewichte findet man die folgenden Mittelwerte für die vier Haupttypen:

	<i>Osthoff</i>	<i>Hagen</i>	<i>Krüger</i>	<i>Lau</i>	<i>Möller</i>
Oriotypus	$+0.32$	$+0.30$	$+0.18$	$+0.43$	$+0.35$
I. Typus	$+0.31$	$+0.29$	$+0.24$	$+0.48$	$+0.32$
II. Typus	$+0.27$	$+0.25$	$+0.16$	$+0.46$	$+0.08$
III. Typus	$+0.20$	$+0.21$	$+0.16$	$+0.39$	—
	$+0.28$	$+0.26$	$+0.19$	$+0.44$	$+0.25$

Die Helligkeitsgleichung ist also im Mittel aus fünf Bestimmungen $+0.28$ mit einer durchschnittlichen Abweichung von ± 0.06 . Für die roten Sterne ist der Koeffizient in den vier Fällen, wo eine Bestimmung möglich war, etwas kleiner als für die weißgelben Sterne; der Unterschied beträgt im Mittel 0.08 , hat also fast genau denselben Wert wie bei meinen Gitterbeobachtungen.

Während meine Gitterbeobachtungen für die Helligkeitsgleichung fast genau denselben Wert liefern wie die eigentlichen Beobachtungen, nämlich 0.48 bzw. 0.44 , geben die Blendenversuche *Osthoffs* 0.42 , seine Sternbeobachtungen dagegen 0.28 . Die Ausgleichung zeigt indessen (vgl. p. 53), daß *Osthoff* die Vertiefung der Farbe systematisch überschätzt, sodaß die Blendenbeobachtungen einen zu großen Wert ergeben mußten.

8. Als Vorarbeit zu einem geplanten Normalkatalog von Sternfarben habe ich die Farbenschätzungen von *Sestini* (Spec. Vat. III) und *Franks* (Ann. of Harv. Coll. Vol. XIV) sowie die im Potsd. Generalkat. publizierten Farbenbestimmungen von *Müller* und *Kempff* mit *Osthoffs* Verzeichnis verglichen.

In der neuen Ausgabe des *Sestinis*chen Verzeichnisses hat *Hagen* bekanntlich die Farbenbezeichnungen *Sestinis* durch Kombinationen der Symbole B (blue), W (white), Y (yellow), O (orange) und R (red) ausgedrückt. Für jede der vorkommenden Symbole habe ich eine Gleichung von der Form $c_\mu + \beta(m - \mu)$ nach der Methode der kleinsten Quadrate abgeleitet. Für die wichtigsten Kombinationen erhielt ich folgende Farbenwerte in der Skala von *Osthoff*:

<i>Sestini</i>	n	c_μ	μ	β	$G(\beta)$	$c_{3.5}$	WD
B	6	2.20	5.03	—	—	1.98 ± 0.21	
BW	4	3.15	4.63	—	—	2.99	1.17
W	121	2.67	3.92	$+0.28$	163.0	2.61	0.39
YW	124	3.02	4.01	-0.09	127.9	2.95	0.53
WY	26	3.12	4.17	-0.35	12.1	3.03	0.49
Y	219	4.15	4.30	-0.23	65.0	4.04	0.85
OY	112	5.66	4.27	$+0.20$	64.2	5.55	0.82
YO	7	5.70	4.43	—	—	5.57	0.89
O	126	5.95	4.52	$+0.34$	54.6	5.80	0.73
RO	27	6.86	4.53	$+0.12$	34.5	6.71	0.50
R	2	7.75	var.	—	—	7.75	—

In der Gruppe Y sind aus später zu erörternden Gründen nur die von *Sestini* als »gialla« bezeichneten Sterne mitgenommen; ferner sind die stark abweichenden Schätzungen von α Orionis und δ Ophiuchi weggelassen.

Die Tabelle läßt keine Gesetzmäßigkeit in den Werten von β erkennen. Im Mittel erhält man $\beta = +0.14$, und mit diesem Werte sind die Farben auf die Helligkeit $3^m.5$ reduziert worden.

Im *Sestini*-Katalog kommen noch einige Kombinationen von V (violett) und G (green) vor, die offenbar sämtlich dasselbe wie W bedeuten. Man findet in der Tat $VB = 1.8$, $VY = 2.5$, $YB = 2.7$ und $BY = 2.5$. Die bläulichen und

grünlichen Farbtöne sind m. E. nur Wirkungen des sekundären Spektrums des Objektivs. Die Vergleichung mit *Osthoff* ergibt ferner, daß $WY = YW$, $OY = YO$ ist. Es läge daher nahe, zu vermuten, daß OR und RO auf dasselbe hinausläuft, was tatsächlich durch die Beobachtungen von *Hagen* und *Krüger* bestätigt wird.

Die Vergleichung mit *Osthoff* lehrt umgekehrt, daß die Bemerkungen »chiara« oder »assai chiara« einer Erhellung, b und bb (bellissima) dagegen einer Vertiefung des Farbentons entspricht. Man erhält in der Tat für die gelben Sterne im *Sestini*-Katalog:

	c_{μ}	μ	n	$c_{3.5}$
gialla chiara, assai chiara	3.17	4.37	21	3.05
gialla	4.06	4.32	165	3.95
gialla chiara b oder bb	4.68	3.68	8	4.65
gialla b	5.43	4.27	23	5.32
gialla cupa	5.00	4.10	2	4.92

Gialla entspricht also 4.0° *Osthoff*, gialla chiara und gialla assai chiara 3.0°, gialla b, gialla bb und gialla cupa etwa 5.0°.

Die von *Hagen* mit O bezeichneten Sterne weisen ein ganz ähnliches Verhalten auf. Ich erhielt:

	c_{μ}	μ	n	$c_{3.5}$
arancia chiara	5.47	4.50	11	5.33
oro chiaro	5.50	3.50	2	5.50
arancia	5.85	4.74	11	5.68
oro	5.81	4.67	9	5.65
arancia-oro	5.96	4.16	14	5.90
arancia-rame	6.06	4.62	5	5.90
oro b und bb	6.08	4.05	6	6.00
arancia assai b	6.45	3.80	4	6.41
arancia-oro bb	6.64	4.08	5	6.56
arancia b	7.10	4.75	3	6.95

Die Farben oro und arancia sind offenbar identisch; chiaro bedeutet dagegen einen helleren, b und bb einen tieferen Farbenton. Im Mittel entspricht arancia chiara und oro chiaro 5.4° bei *Osthoff*; arancia (oder oro) b, bb und fosca 6.7°, während allen anderen Bezeichnungen 5.8° *Osthoff* entspricht.

Der w. F. einer Differenz *Sestini*—*Osthoff* ist im Mittel ± 0.7 . Da der w. F. für *Osthoff* nur ± 0.3 ist, so findet man für *Sestini* den w. F. einer Katalogfarbe zu ± 0.6 . Das Gewicht des *Sestini*-Verzeichnisses ist daher nur $1/4$, wenn das Gewicht für *Osthoff* = 1 gesetzt wird.

Für die Farbenbezeichnungen von *Franks* findet man in derselben Weise:

<i>Franks</i>	c_{μ}	μ	n	β	$G(\beta)$	$c_{3.5}$	w_D
»b«	2.47	3.60	6	+0.30	18.5	2.45	± 0.41
W	2.62	3.94	190	+0.21	246.5	2.52	0.39
w	2.74	4.77	58	+0.08	13.7	2.46	0.37
»g«	2.95	4.09	41	+0.09	20.6	2.82	0.59
»y«	4.10	4.53	317	+0.25	147.0	3.87	0.85
Y	5.84	4.17	176	+0.24	146.8	5.69	0.53
»o«	6.46	4.66	57	+0.21	20.7	6.21	0.39
O	6.82	4.50	64	+0.29	45.1	6.60	0.28
o	7.01	5.07	9	+0.36	3.3	6.67	0.26

Die in der Harvard Photometrie in Kursiv gedruckten Bezeichnungen sind hier durch » « gekennzeichnet.

Wenn man die Werte von β in Gruppen zusammenzieht, so bekommt man folgende Mittelwerte:

»b«, W, w, »g«	$\beta = +0.19$	Gew. 315
»y«, Y	+0.24	294
»o«, O, o	+0.27	69

Im Mittel ist $\beta = +0.22$, und mit diesem Wert sind die Farbenzahlen auf die Helligkeit $3^m.5$ reduziert worden.

Wie ersichtlich, sind »b«, W und w praktisch identisch und ebenso o und O. Der Umstand, daß »b« (bluish) meist bei hellen Sternen vorkommt, macht es wahrscheinlich, daß der bläuliche Schimmer vom sekundären Spektrum des Objektivs vorgetäuscht worden ist. Die gelegentlich vorkommenden Bezeichnungen »r«, »l« und »w« entsprechen sämtlich 3° bei *Osthoff*.

Der w. F. einer Differenz *Osthoff*—*Franks* ist im Mittel ± 0.57 , der w. F. einer Katalogangabe also ± 0.48 und das Gewicht etwa $1/2$.

Der große w. F. für »y« ist auffallend; vermutlich haben die verschiedenen Ausdrücke, die in der Harv. Phot. durch »y« ersetzt worden sind, eine verschiedene Bedeutung gehabt wie bei *Sestini*.

Die Vergleichung des Potsdamer Generalkatalogs mit *Osthoff* ergab endlich die folgenden Farbenzahlen:

Potsdam	n	c_{μ}	μ	β	$G(\beta)$	w_D	$c_{3.5}$
W	30	2.35	3.68	+0.25	51.3	± 0.41	2.32
W+	43	2.46	4.21	+0.09	29.8	0.33	2.35
GW—	136	2.75	4.12	+0.11	117.2	0.40	2.65
GW	91	3.35	4.49	+0.17	66.5	0.56	3.19
GW+	23	3.79	4.27	+0.33	21.0	0.55	3.67
WG—	26	4.07	4.42	—0.06	28.7	0.68	3.92
WG	91	5.16	4.39	+0.31	68.3	0.55	5.02
WG+	18	5.36	4.92	+0.16	18.7	0.39	5.29
G—	70	6.53	4.75	+0.56	49.3	0.53	5.83
G	51	6.36	4.57	+0.78	21.8	0.36	5.76
G+	18	6.51	4.27	+0.30	15.2	0.35	6.08
RG—	17	6.66	3.88	+0.50	16.8	0.24	6.45
RG	12	7.01	4.41	+0.57	6.3	0.31	6.50

Außer dem schon von *Müller* und *Kempf* selbst bemerkten Sprunge von $WG+$ bis $G—$ bemerkt man an derselben Stelle einen Sprung in den Werten von β . Die Zusammenfassung in Gruppen ergibt folgende Werte von β :

W, W+	$\beta = +0.19$
GW—, GW, GW+	+0.16
WG—, WG, WG+	+0.19
G—, G, G+	+0.57
RG—, RG	+0.52

Man muß also offenbar für alle Farben von W bis $WG+$ $\beta = +0.17$ setzen, für die übrigen dagegen gleich $+0.56$. Unter dieser Voraussetzung sind die Farben auf $m = 3.5$ reduziert worden. Die Bemerkung *Krügers*, daß die Potsdamer Stufen »nahezu gesetzlos ineinander überfließen« (Spec. Vat. III, S. 107), erledigt sich mit der Bemerkung, daß *Krüger* auf die Helligkeitsgleichung gar keine Rücksicht genommen hat. Der w. F. einer Differenz *Osthoff*—*Potsdam* ist vielmehr nur ± 0.48 für weißgelbe Sterne und ± 0.28 für rote Sterne, sodaß die Potsdamer Farbenschätzungen fast ebenso genau wie *Ostoffs* sind.

9. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen sich in die folgenden Sätze zusammenfassen:

1. Die lineare Farbenskala ist zur Bestimmung der Sternfarben für alle isoliert stehenden, genügend hellen Sterne brauchbar.

2. Der wahrscheinliche Fehler einer Schätzung ist ungefähr ± 0.4 Farbeinheiten; die Grenze der sicheren Farbbeurteilung liegt etwa 5 Größenklassen über der Sichtbarkeitsgrenze des benutzten Fernrohres.

3. Die Farbenschätzungen verschiedener Beobachter sind im allgemeinen rein persönlich; nicht einmal die drei Grundfarben Weiß, Gelb und Rot werden in gleicher Weise aufgefaßt.

4. Mit abnehmender Helligkeit vertieft die Farbe sich im Sinne von Weiß nach Rot; die Vertiefung beträgt im Mittel für jede Größenklasse 0.3 Einheiten für die weißen und gelben, 0.2 für die roten Sterne; für verschiedene Beobachter schwankt die Vertiefung um etwa 0.1 Einheiten.

5. Die atmosphärische Rotfärbung wächst etwa um 2 bis 3 Farbeneinheiten für eine Zunahme von 1^m in der visuellen Absorption.

6. Die Vertiefung des Farbentons mit abnehmender Helligkeit beruht ausschließlich auf physiologischen Verhältnissen; eine durch selektive Absorption im Weltenraume bewirkte Rotfärbung ist bei den Sternen 1. bis 5. Größe nicht vorhanden.

7. Die Farben der Sterne in der *Mauryschen* Hauptreihe (»divisions« a und b) sind eindeutig durch die Gruppennummer gegeben, d. h. die Intensitätsverteilung im kontinu-

ierlichen Spektrum ist eng an die Stärke der Absorptionslinien gebunden. Merkbliche Abweichungen sind nur bei Sternen, die der Veränderlichkeit verdächtig sind, vorhanden; für die übrigen Sterne schwankt die Farbe höchstens um ein paar Zehntel der Farbeinheit.

8. Die Farben der Sterne in *Maurys* »divisions« c und ac sind im allgemeinen tiefer als bei Sternen gleicher Gruppennummer in der Hauptreihe; sie nähern sich indessen mit wachsender Gruppennummer den Farben der Hauptreihe.

9. Die *Maurysche* Klassifizierung der Spektren zeichnet sich zwar durch große innere Genauigkeit aus, aber die Skala ist ungleichförmig, sodaß die Farbenunterschiede zweier aufeinanderfolgender Gruppen sehr ungleich sind.

10. Die Farbe und Temperatur der Sterne der »divisions« a und b' hat ein deutliches Maximum in der Gruppe V *Maury* oder B₅ im HR-System; der fehlende aufsteigende Zweig der Farben- bzw. Temperaturkurven besteht aller Wahrscheinlichkeit nach aus den c- und ac-Sternen.

10. Im folgenden Verzeichnisse gibt die erste Kolumne den Namen des Sterns, die zweite seine Nummer in der Rev. Harv. Phot., die dritte meine Farbenschätzung und die vierte und letzte die Anzahl der Nächte. Zur Sicherung der Identifizierung habe ich die scheinbaren Farben für sämtliche Sterne mit Hilfe der Angaben der H. R. über Helligkeit und Spektrum berechnet; es hat sich dabei herausgestellt — wie schon von *Schwarzschild* (Göttinger Aktinometrie B, p. 18) bemerkt — daß die Angaben von Miss *Cannon* im 56. Bande der Harv. Ann. im allgemeinen mit den Farbenschätzungen besser übereinstimmen als die Angaben der H. R.

Farbenkatalog.

Andromeda				Aquarius				♈ 7595 6°6 5				♉ 1612 6°9 3				♊ 5350 6°1 3				♋ 3461 6°1 3			
α	15	2°7	4	α	8414	5°4	4	π	7544	6.3	1	η	1641	2.9	3	κ	5329	4.6	3	ζ	3208	6.2	3
β	337	6.2	7	β	8232	5.3	4	ρ	7724	4.2	2	Θ	2095	3.5	4	λ	5351	5.0	3	ι	3475	6.4	3
γ	603	6.3	5	γ	8518	4.0	4	χ	7497	6.7	1	ι	1577	7.0	3	μ	5733	5.9	3	Canes venatici			
δ	165	6.5	4	ε	7950	2.5	3	ψ	7511	0.0	1	κ	2219	6.3	3	ν ¹	5763	8.1	3				
ε	163	6.1	4	ζ ¹	8558	4.9	4	ω ¹	7315	5.0	1	λ	1729	6.0	5	ν ²	5774	3.6	3	12α	4915	3.6	3
ζ	215	6.4	3	ζ ²	8559	4.9	4	ι	7193	6.2	2	μ	1689	4.9	4	ξ	5544	6.2	3	5	4716	6.4	3
η	271	6.3	3	η	8597	4.0	3	ι	7884	6.4	3	ν	2012	6.3	3	ο	5502	6.5	3	8	4785	6.0	3
Θ	63	2.9	3	Θ	8499	6.6	2	Aries				ξ	2029	2.2	3	π	5475	5.7	3	20	5017	6.7	2
ι	8965	4.4	3	μ	7990	5.1	3	α	617	5.8	3	π	2091	7.6	3	ρ	5429	6.4	3	24	5112	5.0	3
κ	8976	3.7	3	ξ	8264	4.8	3	β	553	2.9	3	τ	1995	6.3	3	σ	5447	5.7	3	Canis minor			
λ	8961	6.1	4	ο	8402	4.7	3	γ ¹	545	3.2	3	υ	2011	8.0	3	τ	5185	6.0	3				
μ	269	3.4	5	π	8539	4.5	4	γ ²	546	3.2	3	χ	1843	5.0	3	υ	5200	7.1	3	α	2943	2.2	3
ν	226	3.6	4	κ	7951	6.9	2	δ	951	6.7	4	2	1551	6.8	3	ψ	5616	6.8	4	β	2845	3.6	4
ξ	390	6.6	4	Aquila				ε	887	3.8	4	4	1592	3.3	3	ω	5600	7.6	4	γ	2854	7.2	4
ο	8762	3.7	3	α	7557	3.7	6	ζ	972	3.3	3	9	1637	4.2	3	A	5361	6.8	3	6	2864	6.9	3
π	154	2.9	4	β	7602	6.2	7	λ	569	5.9	6	14	1706	4.2	3	44 <i>i</i>	5618	5.7	3	—	3145	6.6	3
ρ	82	6.0	3	γ	7525	6.4	4	7	559	7.0	2	16	1726	6.8	3	—	5386	4.3	4	Cassiopeia			
σ	68	4.3	4	δ	7377	4.6	3	35	801	2.6	3	Bootes				Camelopardalus							
τ	477	4.1	4	ε	7176	6.3	3	39	824	6.1	3	α	5340	4.4	22	7	1568	5.5	3	α	168	5.7	3
υ	458	6.0	4	ζ	7235	3.5	3	41	838	2.3	3	β	5602	6.2	3	9	1542	5.0	2	β	21	3.6	3
φ	335	3.4	3	η	7570	6.0	3	Auriga				γ	5435	5.0	3	10	1603	6.1	2	γ	264	3.1	3
ω	417	5.9	4	Θ	7710	4.0	3	α	1708	3.5	13	δ	5681	6.2	3	Cancer				δ	403	3.3	3
3	8780	6.2	3	ι	7447	4.3	4	β	2088	2.7	3	ε	5506	5.5	23	α	3572	4.2	3	ε	542	3.3	3
7	8830	4.2	3	λ	7236	3.6	3	δ	2077	6.2	3	ζ	5478	4.5	5	β	3249	6.5	3	ζ	153	3.2	3
8	8860	6.9	3	μ	7429	6.4	3	ε	1605	4.4	3	η	5235	5.0	3	γ	3449	4.6	3	η	219	5.8	3
58	620	5.3	3	ν	7387	6.1	4	Θ	5404	5.7	3	Θ	5404	5.7	3	ι	707	4.4	3	Θ	343	5.0	3
65	699	7.8	3																ι	707	4.4	3	

κ	130	4.2	3	ζ	5834	4.6	3	ϵ	7852	3.9	3	δ	2777	4.8	4	Hydra			31	4100	5.7	3	
λ	123	3.5	3	Θ	5778	4.6	3	ζ	7871	5.3	3	ϵ	2473	6.5	3	α	3748	6.4	3	37	4166	6.2	3
ξ	179	4.2	3	ι	5971	3.5	3	Draco			ζ	2650	6.0	3	δ	3410	3.3	3	46	4247	6.3	3	
σ	193	5.0	3	κ	5901	6.7	4	α	5291	4.4	3	η	2216	6.6	3	ϵ	3482	4.8	3	Libra			
ρ	9045	6.6	3	ξ	6103	6.6	3	β	6536	5.3	3	Θ	2540	3.0	4	ζ	3547	5.8	3	β	5685	3.3	3
σ	9071	3.9	3	τ	6018	6.7	3	γ	6705	6.2	3	ι	2821	5.7	3	η	3454	3.1	3	δ	5586	4.1	3
v^1	253	7.0	3	R^*	5880	5.6	2	δ	7310	5.4	3	κ	2985	5.3	3	Θ	3665	2.8	3	16	5570	5.7	2
v^2	265	6.8	3	* Größe 6 ^m			ϵ	7582	6.1	3	λ	2763	4.1	3	μ	2286	6.3	3	37	5777	7.1	3	
χ	442	6.8	3	Cygnus			ζ	6396	4.2	3	ν	2343	3.7	3	ρ	3492	4.6	3	Lynx				
ψ	399	6.8	3	α	7924	3.5	11	η	6132	5.0	3	ξ	2484	3.8	3	σ	3418	6.6	3	2	2238	3.8	2
A	575	4.6	3	β	7417	6.2	5	Θ	5986	5.0	3	σ	2930	4.9	3	τ^1	3759	6.1	3	12	2470	3.1	2
1	8797	5.0	1	γ	7796	5.2	3	ι	5744	6.2	3	τ	2697	6.6	3	τ^2	3787	3.9	3	15	2560	5.6	2
50	580	4.2	3	δ	7528	3.9	3	κ	4787	4.3	3	φ	3067	4.0	3	Lacerta			31	3275	6.9	3	
Cepheus				ϵ	7949	5.7	3	λ	4434	6.7	1	ϵ	2564	4.0	3	1	8498	6.5	3	38	3690	3.3	3
α	8162	4.1	4	ζ	8115	5.9	3	ν^1	6554	5.6	3	1	2134	6.1	4	2	8523	3.8	3	40	3705	6.2	3
β	8238	3.9	3	η	7615	6.5	3	ν^2	6555	5.3	3	30	2478	6.4	3	3	8538	6.4	3	Lyra			
γ	8974	6.2	2	Θ	7469	5.6	3	ξ	6688	6.2	3	Hercules			4	8541	5.3	3	α	7001	2.9	18	
δ	8571	5.9	6	ι	7420	4.6	3	σ	7125	7.0	3	α	6406	6.8	12	5	8572	6.8	3	β	7106	5.3	3
ϵ	8494	5.4	6	κ	7328	6.2	3	π	7371	4.6	3	β	6148	5.9	3	6	8579	3.8	3	γ	7178	4.6	11
ζ	8465	6.6	6	λ	7963	3.2	3	ρ	7685	6.9	3	γ	6095	5.7	3	7	8585	4.4	3	δ^2	7139	7.3	14
η	7957	5.9	3	μ	8309	5.0	3	σ	7462	6.3	3	δ	6410	5.3	3	9	8613	5.3	3	ζ	7056	5.7	3
Θ	7850	5.3	3	ν	8028	3.3	6	τ	7352	6.6	3	ϵ	6324	4.3	3	10	8622	3.6	3	η	7298	4.2	3
ι	8694	5.7	3	ξ	8079	6.9	3	φ	7180	6.8	3	ζ	6212	5.4	23	11	8632	6.7	3	Θ	7314	6.8	3
μ	8316	8.6	3	σ^1 pr.	7730	4.1	3	χ	6920	4.0	3	η	6220	6.1	3	—	8485	6.4	3	κ	6872	6.3	3
ν	8334	5.7	3	σ^1 seq.	7735	6.7	3	ψ	6927	5.0	3	Θ	6605	6.5	3	Leo (major)			λ	7192	7.0	6	
ξ	8417	4.3	3	σ^2	7751	7.3	3	ω	6596	6.3	3	ι	6588	5.0	3	α	3982	2.2	3	ν	7102	3.7	5
σ	8872	6.2	1	π^1	8301	2.9	3	A	6161	5.7	3	λ	6526	6.7	3	β	4534	3.5	4	ϵ	7051	4.1	3
9	8279	5.7	3	π^2	8335	3.1	3	b	6923	5.0	3	μ	6623	5.7	3	γ^1	4057	6.2	3	5	7053	5.0	3
11	8317	6.4	3	ρ	8252	5.8	3	c	7049	3.8	3	ν	6707	5.7	3	γ^2	4058	3.8	3	R	7157	7.1	3
—	7955	6.1	3	σ	8143	5.3	3	d	6978	6.5	3	ξ	6703	6.3	3	δ	4357	3.5	3	—	7064	5.7	3
Cetus				τ	8130	4.9	3	g	6223	6.8	3	σ	6168	4.3	3	ϵ	3873	6.0	4	Monoceros			
α	911	6.4	3	v	8146	4.1	3	h	6315	6.5	3	τ	6092	3.2	3	ζ	4031	5.0	3	α	2970	5.8	2
γ	804	3.5	3	ψ	7478	6.5	3	i	5226	7.1	3	v	5982	4.7	3	η	3975	4.1	3	β	2356	5.0	1
δ	779	3.2	3	ω^1	7844	4.2	3	—	6237	5.2	2	φ	6023	5.0	3	Θ	4359	4.7	4	γ	2227	7.5	1
κ	996	5.6	3	b ²	7708	4.0	3	—	7137	6.6	3	χ	5914	6.1	3	ι	4399	5.4	3	δ	2714	4.6	4
λ	896	3.4	3	b ³	7736	4.9	3	Equuleus			ρ	6485	5.0	3	κ	3731	7.1	3	ζ	3188	6.7	3	
μ	813	5.3	3	f ¹	8047	3.6	3	α	8131	5.0	3	σ	6168	4.3	3	λ	3773	7.3	4	S	2456	3.8	3
ξ^1	649	6.5	3	f ²	8089	7.4	3	γ	8097	4.7	3	τ	6092	3.2	3	μ	3905	6.6	4	8	2298	4.5	5
ξ^2	718	4.1	3	2	7372	2.8	2	δ	8123	5.1	3	v	5982	4.7	3	σ	3852	5.0	3	10	2344	4.0	1
σ^*	681	7.4	4	8	7426	3.6	3	Eridanus			φ	6023	5.0	3	v	4471	6.4	3	13	2385	3.6	3	
* Mira: Gr. 4 ^{m2}				22	7613	4.6	3	β	1666	4.6	3	χ	5914	6.1	3	φ	4368	5.3	3	18	2506	6.4	3
Coma Ber.				33	7740	4.6	3	λ	1679	3.5	3	ω	6117	5.0	3	χ	4310	6.1	4	19	2648	3.4	2
11	4697	6.2	3	39	7806	7.1	3	μ	1520	3.7	3	e	6436	5.0	3	A	3980	6.9	3	28	3141	7.3	2
12	4707	5.6	3	41	7834	5.3	3	ν	1463	3.6	3	g	6146	8.0	17	b	4300	4.8	4	30	3314	3.2	3
15	4737	6.2	3	47	7866	7.6	3	σ^1	1298	5.0	3	h	6159	7.8	3	c	4294	5.4	3	31	3459	6.4	3
23	4789	3.9	3	52	7942	6.5	3	σ^2	1325	5.6	3	u	6431	3.5	3	ρ^2	4299	7.9	3	Ophiuchus			
24	4792	6.8	3	55	7977	4.9	3	ψ	1617	3.6	3	52	6254	5.0	3	40	4054	5.7	3	α	6556	4.0	4
36	4920	7.8	3	57	8001	3.4	3	ω	1560	5.8	3	60	6355	4.9	3	54	4259	3.9	3	β	6603	6.1	3
40	4949	8.1	3	17	7534	6.1	3	32	1212	5.3	3	93	6713	6.3	3	72	4362	7.6	3	γ	6629	3.7	3
42	4968	5.3	3	P	7763	5.8	3	Gemini			95 pr.	6729	6.5	3	93	4527	6.1	3	δ	6056	6.4	3	
43	4983	5.0	3	T	7956	6.8	3	α^1	2890	3.4	12	95 seq.	6730	3.8	3	Leo (minor)			ϵ	6075	6.1	3	
Corona bor.				Delphinus			α^2	2891	3.1	12	102	6787	4.3	3	10	3800	6.6	3	ζ	6175	4.5	2	
α	5793	3.9	22	α	7906	3.7	3	β	2990	5.1	11	106	6868	6.6	3	21	3974	4.9	2	ι	6281	4.2	3
β	5747	5.3	3	β	7882	4.9	3	γ	2421	2.8	3	109	6895	6.1	3	30	4090	4.1	3	κ	6299	6.3	3
γ	5849	5.0	3	γ	7948	6.2	4				110	7061	4.7	3									
δ	5889	6.4	3	δ	7928	5.7	3				111	7069	3.4	3									
ϵ	5947	6.8	4										113	7133	5.7	3							

λ 6149 4.3 3	μ 6567 5.5 2	ν 6698 6.5 2	σ 6498 6.6 3	τ 6734 5.0 2	v 6129 4.5 3	30 6318 7.5 2	41 6415 6.5 2	66 6712 4.1 3	67 6714 4.6 3	68 6723 4.0 3	70 6752 5.8 3	71 6770 6.7 3	72 6771 4.4 3	74 6866 6.4 3																																
Orion																																														
α 2061 6.6 5	β 1713 2.2 3	γ 1790 2.3 3	δ 1852 3.3 3	ϵ 1903 3.1 3	ζ 1948 2.9 3	η 1788 3.1 4	Θ^1 1895 4.7 3	Θ^2 1897 4.2 3	ι 1899 3.6 3	κ 2004 3.0 3	λ 1879 3.6 3	μ 2124 4.1 5	ν 2159 3.6 4	ξ 2199 3.6 4																																
o^1 1556 8.1 3	o^2 1580 6.2 4	π^1 1570 4.8 2	π^2 1544 4.3 4	π^3 1543 3.8 4	π^4 1552 2.9 4	π^5 1567 3.9 3	π^6 1601 6.9 3	σ 1931 5.0 4	τ 1735 4.0 3	v 1855 3.9 3	φ^1 1876 4.2 3	φ^2 1907 7.0 3	χ^1 2047 6.0 3	χ^2 2135 5.3 4																																
ψ 1811 3.1 4	ω 1934 4.0 4	A 1839 3.3 3	c 1892 5.0 3	d 1937 4.3 3	e 1784 5.4 3	m 1770 3.6 3	o 1765 5.0 3	11 1638 3.2 3	Pegasus																																					
α 8781 2.9 4	β 8775 6.5 4	γ 39 2.4 3	ϵ 8308 6.4 4	ζ 8634 2.8 3	η 8650 6.0 3	Θ 8450 4.6 3	ι 8430 5.4 3	κ 8315 5.0 3	λ 8667 6.4 3	μ 8684 5.0 3	ν 8413 8.5 3	ξ 8665 5.0 3	o 8641 3.3 3	π 8454 6.0 3																																
ϱ 8717 3.3 3	σ 8697 5.7 3	τ 8880 3.1 3	v 8905 4.4 4	φ 9036 7.5 3	χ 45 6.9 3	ψ 9064 7.7 3	1 8173 6.1 3	2 8225 6.9 3	3 8265 0.8 2	9 8313 5.8 3	14 8343 2.4 3	16 8356 1.5 2	31 8520 1.8 3	32 8522 3.1 3																																
35 8551 5.3 3	55 8795 7.1 3	56 8796 6.7 4	57 8815 7.1 3	58 8821 1.3 3	59 8826 1.7 3	70 8923 6.1 3	78 8997 6.4 3	Perseus						10 1017 4.4 10																																
β 936 3.8 3	γ 915 5.7 3	δ 1122 3.8 3	ϵ 1220 3.2 3	ζ 1203 4.3 4	η 834 7.7 3	Θ 799 5.3 3	ι 937 6.0 9	κ 941 6.4 3	Pisces																																					
α 596 2.8 3	β 8773 3.3 3	γ 8852 6.2 3	δ 224 6.8 3	ϵ 294 5.8 3	ζ 361 3.3 1	η 437 5.6 4	Θ 8916 6.5 2	ι 8969 6.2 2	κ 8911 3.1 2	λ 8984 5.5 2	ν 489 6.8 3	ξ 549 6.1 3	o 510 6.5 3	π 463 5.0 1																																
τ 352 6.4 3	v 383 3.7 2	φ 360 5.8 3	χ 351 6.3 2	ψ pr. 310 3.9 3	ψ seq. 311 3.9 3	ω 9072 6.1 1	e 330 1.7 1	Sagitta																																						
α 7479 5.7 3	β 7488 5.8 3	γ 7635 6.6 3	δ 7536 6.6 3	ζ 7546 4.1 3	Scutum																																									
α 6973 5.6 2	β 7063 6.2 2	δ 7020 5.0 1	R 7066 7.1 2	Serpens																																										
α 5854 6.2 3	β 5867 4.6 3	γ 5933 6.1 3	δ 5789 5.5 3	ϵ 5892 4.7 3	ζ 6710 5.5 3	η 6869 5.8 4	Θ^1 7141 4.9 4	Θ^2 7142 4.9 4	ι 5842 4.0 3	κ 5879 6.7 3	λ 5868 6.2 3	μ 5881 4.0 3	π 5972 4.6 3	ϱ 5899 6.8 3																																
σ 6093 6.1 3	Sextans										15 3981 4.3 4	30 4119 2.5 3	Taurus																																	
α 1457 6.1 4	β 1791 2.7 3	γ 1346 6.0 3	δ 1373 6.2 3	ϵ 1409 6.2 3	ζ 1910 3.6 3	η 1165 3.8 4	Θ^1 1411 6.9 3	Θ^2 1412 4.4 3	ι 1620 4.2 3	κ 1387 4.0 3	λ 1239 3.1 3	μ 1320 3.1 3	ν 1251 4.2 3	ξ 1038 3.5 3																																
o 1030 6.1 3	π 1396 6.7 3	ϱ 1444 5.8 3	σ^1 1478 5.8 3	σ^2 1479 4.2 3	τ 1497 3.7 3	v 1392 5.0 3	c 1473 4.6 3	d 1458 5.0 3	f 1066 6.1 3	g 1145 4.2 3	o 1329 6.0 3	Ursa minor																																		
α 424 3.5 4	β 5563 6.2 3	γ 5735 3.4 3	δ 6789 4.3 3	ϵ 6322 6.0 3	ζ 5903 4.8 3	η 6116 5.7 3	4 5321 6.8 3	5 5430 6.6 3	— 5589 7.1 3	Virgo																																				
α 5056 3.5 4	β 4540 6.3 3	γ^1 4825 5.3 3	γ^2 4826 5.3 3	δ 4910 6.7 3	ϵ 4932 5.6 3	ζ 5107 5.0 4	η 4689 3.8 4	Θ 4963 5.0 3	ι 5338 6.5 4	κ 5315 6.4 3	μ 5487 5.3 3	ν 4517 7.3 3	o 4608 6.8 3	π 4589 4.9 3																																
ϱ 4828 4.6 3	τ 5264 4.6 3	φ 5409 5.9 3	χ 4813 7.3 4	ψ 4902 7.5 3	l 5095 7.6 3	o 5105 5.4 3	109 5511 4.2 3	110 5601 7.0 3	— 5313 4.6 3	Vulpecula																																				
1 7306 3.9 3	3 7358 3.2 3	6 7405 6.5 3	9 7437 3.2 3	12 7565 4.8 3	13 7592 5.0 3	15 7653 5.0 3	23 7744 6.9 3	29 7891 4.0 4	31 7995 6.1 3	— 7739 3.4 3	Triangulum																																			
α 544 4.7 3	β 622 3.1 3	γ 664 3.6 3	Ursa major										α 4301 5.5 4	β 4295 3.3 4	γ 4554 4.7 3	δ 4660 5.0 3	ϵ 4905 3.8 4	ζ^1 5054 3.3 3	ζ^2 5055 5.3 3	η 5191 2.5 3	Θ 3775 5.0 2	ι 3569 4.1 3	κ 3594 4.5 3	λ 4033 4.3 3	μ 4069 7.0 3	ν 4377 6.3 3	ξ^1 4374 5.0 3	ξ^2 4375 5.0 3	o 3323 6.1 2	φ 3894 5.0 1	χ 4518 6.0 3	ψ 4335 6.0 1	ω 4248 3.8 1	e 3662 4.4 2	f 3619 5.5 2	h 3757 5.0 1	g 5062 5.0 3	10 3579 5.3 3	26 3799 5.5 2	36 4112 6.2 1	55 4380 3.5 2	78 4931 6.2 4	83 5154 7.8 2	— 3612 6.5 3	— 4072 3.8 1	— 4132 5.5 2

Hörsholm, 1917 April.

H. E. Lau.