Die Veränderlichkeit der Licht- und Farbe-Empfindungen. Von H. Osthoff.

Es hat sich nunmehr eine so große Menge von Beobachtungen der veränderlichen Sterne angesammelt, ohne uns doch über den Lichtwechsel aller derjenigen Klarheit verschafft zu haben, die eine rötliche Farbe besitzen und nicht den langdauernden Lichtwechsel der Art der Mira aufweisen, daß die Unzulänglichkeit der bisher üblichen Verfahren (Beobachtung oder Bearbeitung) klar wird. Die einfache Abfertigung mit Hinweis auf die Schwierigkeit der Beobachtung der roten Farbe genügt nicht, wenn sie diese Schwierigkeit nicht näher kennzeichnet. Auf dem bisher üblichen Wege löst man die Widersprüche nicht. Als nächstliegendes bot sich die Suche nach noch unbekannten Fehlerquellen. Deren habe ich AN 4897 einige angegeben, die physiologischer Art sind, aber auch wenn ich mit ihrer Hilfe meine Schätzungen verbessere, bleibt ein nicht wegzuschaffender Rest von Schwankungen übrig, die nicht nur zu groß sind, sondern auch zu regelmäßig auftreten, um sie als zufällige Folgen der Unvollkommenheit des Lichtsinns ansehen zu können. Da die Helligkeitsschätzungen nicht nur vom Licht eines oder mehrerer Vergleichsterne abhängen, sondern auch von deren Farbe mit beeinflusst werden, so bot sich als ein neuer Weg der Versuch dar, dem Rätsel der roten Veränderlichen durch die Farbe beizukommen. Die Farbenschätzungen werden beziehungslos erhalten, und wenn man mit dunkelangepaßtem Auge beobachtet und es überhaupt nicht an den nötigen Vorsichtsmaßregeln fehlen läßt, so bedürfen sie, unmittelbar wie sie erhalten sind, auch keiner weiteren Verbesserung, deren die Helligkeitsschätzungen immer irgendwie bedürftig sind. Die Träger der Licht- und Farbe-Empfindungen, die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut, stehen so in Wechselwirkung zueinander, daß die einfachen Farbenschätzungen vielleicht als Kündiger dessen dienen können, was von den Beobachtungen der Helligkeiten zu erwarten ist.

I. I r mehrjährige Wechsel der Farbenempfindungen.

Im Jahre 1908 habe ich (AN 178.61) bekannt gemacht, daß alle meine längeren Beobachtungsreihen ohne Ausnahme eine mit den Jahren langsam zu- und abnehmende Farbenstärke der roten Sterne aufweisen. Seitdem sind die Farbenschätzungen in unveränderter Weise fortgesetzt, und jetzt ist deren Bearbeitung in gleicher Art wiederholt worden. Diesmal wurden aber von jenen Sternen einige weggelassen, weil nur eben 10 Jahre lang beobachtet, andere, weil sie in der Helligkeit zu sehr von den übrigen verschieden waren. Dafür sind andere Sterne hinzugenommen. Durch diesen Wechsel glaube ich jede Selbsttäuschung vermieden zu haben. Auch der Einfluß der Erinnerung ist vermieden. Bei der Menge verschiedenartiger Beobachtungen ist es unmöglich, einzelne im Gedächtnis zu behalten, und außerdem pflege ich niemals von meinen früheren Schätzungen Kenntnis zu nehmen, solange nicht, wie jetzt, die ganze Reihe abgeschlossen ist.

Verwandt wurden 10 weiße, 8 gelbe, 12 rötliche Sterne, deren durchschnittliche Farbe 1^m7, 3^m7 und 6^m5 beträgt; ihre Helligkeiten liegen meist zwischen 1^m bis 3^m. Wegen der Bearbeitung verweise ich auf AN 178.61.

Die Untersuchung weißer Sterne wegen eines Wechsels der Weißempfindung erscheint widersinnig. Indessen gibt es unter den hellsten Sternen kein reines Weiß. Wenn man auch häufig 0° anschreiben muß, so findet man doch bei anderen Gelegenheiten eine Spur Gelb beigemischt. Um den etwaigen Wechsel dieser geringen Menge Gelb kann es sich hier nur handeln.

Die ausgeglichenen Schlußwerte der Abweichungen vom Gesamtmittel sind folgende:

Jahr	W	Zahl der Schätz.	G	Zahl der Schätz.	Or	Zahl der Schätz.
1885	—		+0 ^c .34	3	+0 ^c .47	6
1886	—0 ^c .28	22	+0.24	29	+0.43	22
87	—0.24	25	—0.01	29	+0.18	20
88	+0.04	47	—0.14	44	+0.02	62
89	+0.05	2	—0.23	—	—0.39	—
90	+0.14	11	—0.27	6	—0.54	3
1891	—0.04	16	—0.23	8	—0.42	30
92	—0.07	42	—0.24	20	—0.26	136
93	—0.15	41	—0.16	38	—0.12	74
94	—0.22	33	—0.05	29	0.00	54
95	—0.16	43	—0.01	44	+0.13	80
1896	+0.02	17	+0.05	29	+0.17	26
97	+0.15	24	+0.06	53	+0.02	57
98	+0.22	11	+0.03	38	—0.14	24
99	+0.08	13	+0.02	9	—0.25	30
1900	+0.20	13	+0.03	12	—0.20	16
1901	+0.07	14	+0.10	12	—0.29	8
02	—0.09	3	+0.02	11	—0.37	11
03	—0.17	8	—0.17	13	—0.28	2
04	+0.11	15	—0.23	11	—0.03	12
05	+0.18	—	—0.02	11	+0.22	32
1906	+0.03	3	+0.01	10	+0.16	34
07	—0.05	54	+0.04	17	+0.08	110
08	—0.12	60	—0.13	41	—0.06	118
09	—0.08	41	—0.16	35	—0.11	115
10	—0.05	15	—0.17	39	—0.10	107
1911	+0.16	44	—0.14	52	—0.01	189
12	+0.35	35	0.00	32	+0.02	67
13	+0.39	23	+0.45	13	+0.05	68
14	+0.22	16	+0.46	8	—0.02	13
15	+0.21	5	+0.41	3	+0.02	14
1916	+0.19	11	+0.06	8	+0.07	53
17	+0.18	7	+0.08	2	+0.22	25

Verlauf der Farbauffassung.

Vergleicht man diese Kurve für Orange mit der alten, bis zum Jahre 1907 reichenden (AN 178.61), so findet man bis zu diesem Jahre eine vollständige Übereinstimmung. Sogar die geringfügige Unregelmäßigkeit im Jahre 1900 bei den früher benutzten Sternen findet sich unter den heute benutzten wieder. Es war damals gerechtfertigt, ein Schwanken der Farbauffassung von 10-jährigem Umfang anzunehmen. Mit dem Jahre 1907 aber begann das Schwanken zu erlöschen, und fernerhin weist der Verlauf merkliche Abweichungen vom Durchschnitt nicht mehr auf. Diese Erscheinung findet ihr Seitenstück in *Schmidts* Lichtkurve von μ Cephei, wie sie von *Plassmann* dargestellt ist, und sie hängt wahrscheinlich mit dem Lebensalter zusammen (siehe § IX). Die Gelbauffassung weist ein viel geringeres Schwanken auf. Dieses ist in den früheren Jahren der Rotkurve ähnlich, weicht von dieser jedoch später mit dem Buckel in den Jahren 1913–1915 vollständig ab. Die geringe Spur Gelb in weißen Sternen hat noch kleinere Schwankungen nur um die Mittellinie ausgeführt, die jedoch anscheinend ebenfalls nicht zufällig, sondern einem physiologischen Gesetze zuzuschreiben sind, weil sie immer eine Anzahl von Jahren hindurch in gleicher Richtung abweichen. Aber diese Abweichungen verlaufen nicht übereinstimmend mit denen der beiden anderen Farben. Da alle zugrundeliegenden Farbenschätzungen völlig unabhängig voneinander, ohne eine vorgefaßte Meinung, ohne Kenntnisnahme der von früher her vorhandenen erhalten worden sind, so ist das Ergebnis so sicher, wie es mit diesem Verfahren überhaupt erhalten werden kann. Deswegen habe ich es hier Allem vorangestellt. Es allein schon beweist, daß die Empfindungen des Auges nicht immer die gleichen sind. Es wäre wünschenswert, das Verhalten des Farbensinnes gegenüber reinem Rot kennen zu lernen. Aber rein rote Sterne gibt es nicht.

Es handelt sich bei den benutzten rötlichen Sternen um die Farbstufe 6^c5, also um eine Mischfarbe. Demnach läßt sich nicht angeben, was im Laufe der Jahre gewechselt hat, ob die Menge des Gelb oder die des Rot. Bei den beiden anderen Gruppen, W und G, aber kann es sich um einen Wechsel der Menge des G, die dem W beigemischt ist, handeln, oder, wie man es auch ausdrücken kann, die Sättigung des G wechselt in ihrem Stärkegrade. Damit ließe sich dann auch die soeben aufgeworfene Frage in betreff des Orange beantworten, wenn nicht im Widerspruch damit die Tatsache stände, daß der Wechsel der Farbe bei G sehr gering und bei der Mischung des G mit R gerade am stärksten auftritt.

II. Der kurzperiodische Wechsel der Farbauffassung.

In den AN 178.59 habe ich die Abweichungen der einzelnen Farbenschätzungen vom allgemeinen Mittel der betreffenden rötlichen Sterne für jeden Beobachtungsabend der Jahre 1894–98 zusammengestellt. Hierzu wurden alle mit dem 4-Zöller beobachteten (auch lichtschwachen) rötlichen Sterne mitgenommen und nur diejenigen Tage weggelassen, an denen nur ein einziger roter Stern beobachtet worden war. Häufig sind jene Sterne an einem Abend wiederholt geschätzt worden. Es sind hierbei also mehr und vielfach ganz andere

Sterne als zur Ermittlung der jährlichen Schwankungen benutzt worden. Leider ist die Zahl der Beobachtungstage infolge der Ungunst unserer Witterung sowie der rauchigen und staubigen Luft der Großstadt sehr beschränkt und auch die Anzahl der beobachteten roten Sterne oft zu gering. Ich habe zwar die Zahlen ausgeglichen, mache jedoch von dem Ergebnis keinen Gebrauch, weil es fraglich ist, ob im vorliegenden Falle überhaupt eine Ausgleichung der Schätzungen zulässig ist. Es wird ihnen dadurch Gewalt angetan, die Reihe wird mit neuen Werten durchsetzt, die oft an Tagen auftauchen, in deren weiterem Umkreis überhaupt nicht beobachtet worden ist. Ebenso wenig ratsam ist das Verfahren, die Schätzungen durch einen Kurvenzug zu verbinden und dann dieser mehr oder weniger unsicheren Zeichnung Wendepunkte, Schwingungsweite und Periode zu entnehmen. Durch solches Glätten kann unter Umständen das ganze Wesen einer Beobachtungsreihe verändert werden. Deshalb bleiben wir bei den unausgeglichenen Farbenschätzungen selbst.

Wie man (AN 178.59) sieht, deuten die keineswegs regellos wechselnden, sondern zeitweilig gleichbleibenden Plus- und Minuszeichen etwas Periodisches an. Der ganze Wechsel der Farbenempfindung nimmt offensichtlich einen epizyklischen Verlauf, er hebt und senkt sich in einer Art, die ziemlich deutlich eine Häufung positiver Vorzeichen etwa im März 1895 und Juni 1897 erkennen läßt (Zwischenzeit $2\frac{1}{4}$ Jahre); negative Werte häufen sich etwa um Januar 1894, Mai 1896, November 1898 (Zwischenzeiten $2\frac{1}{3}$, $2\frac{1}{2}$ Jahre). Die Zeiten sind der Tafel natürlich nur ganz unsicher zu entnehmen, weil scharfe Wendepunkte vollständig fehlen und das fortwährende Auf- und Abzucken an den einzelnen Beobachtungstagen die Beurteilung erschwert. Auf diesen nur schwach angedeuteten flachen Wellen heben sich deutlich kleinere ab. So vermag man hier und da eine Zeitlang die Daten mit Perioden von 15, 18 und 23 Tagen darzustellen. Aber ein gleichmäßiger Verlauf scheint nicht stattzufinden. Es wechseln Zeiten starken Schwankens mit Zeiten der Ruhe; mitunter tritt plötzliche Änderung der Vorzeichen ein, während zu anderen Zeiten der Übergang sich allmählich vollzieht. Beim Suchen nach einer Periode ist der Willkür viel Spielraum gelassen; die Unsicherheit bleibt bestehen, ob ein Tag mit großen Abweichungen von den Mittelwerten auch der größte oder einzigste in der Zeit war. Sucht man die größten Abweichungen heraus, die zugleich durch die meisten Sterne gesichert sind und die nicht durch widersprechende Werte der Anschlußstage in Frage gestellt sind, so findet man folgende (an allen diesen Tagen weichen sämtliche Farben in gleicher

Richtung vom Mittel ab):

1895 März 22	+0.66	(6)	
23	+0.82	(6)	
Okt. 16	+0.45	(9)	$208^t = 7 \times 30^t$
1896 Juni 10	+0.55	(13)	$238 = 8 \times 30$
Sept. 7	+0.47	(15)	$89 = 3 \times 30$
1897 Febr. 19	+0.44	(15)	$165 = 5.5 \times 30$
1898 April 21	+0.37	(15)	$426 = 14 \times 30$
1894 Jan. 28	-0.48	(6)	
Aug. 31	-0.42	(19)	$215 = 7 \times 30$
1895 Apr. 15	-0.66	(13)	$227 = 8 \times 30$
1896 Juli 11	-0.53	(30)	$453 = 15 \times 30$
1897 Okt. 30	-0.65	(6)	$476 = 16 \times 30$

Lassen sich auch mit der kleinsten Zwischenzeit von 89 Tagen die übrigen einigermaßen darstellen, so gelingt das mit dem gemeinsamen Faktor 30 noch besser. Vielleicht sind gleichzeitig mehrere kurze Perioden vorhanden, die sich durchkreuzen; anderenfalls müßte man annehmen, daß eine vorhandene ihre Länge von Zeit zu Zeit ändert.

Die gleiche Bearbeitung der Schätzungen eines späteren Jahres führte zu keinem anderen Ergebnis. Man kann in diesem Falle auch nicht, wie bei den Sternen von Algolart, aus zeitlich fern voneinander liegenden Epochen die Periode genauer ermitteln. Denn während man bei diesen Sternen eine regelmäßig ablaufende Bahnbewegung als Ursache des Lichtwechsels annehmen kann, liegt dem Wechsel der Farbeempfindung aber gewiß keine geregelte Ursache zugrunde, sondern Vorgänge im menschlichen Körper, und er wird daher unregelmäßig ablaufen.

Bestätigungen dieser kurzdauernden Schwankungen der Farbauffassung sind nun in der astronomischen Beobachtungsliteratur schon leichter zu finden. Zunächst ergab sich dadurch sofort eine Erklärung der sogenannten farbenwechselnden Fixsterne, unter denen α Ursae maj., von *Klein* entdeckt, stets den ersten Platz einnahm. *Klein* drückte seine Farbenschätzungen am Fernrohr in Worten aus und setzte diese dann später in die Zahlen einer Skala um, die er selbst zu dem Zwecke aufgestellt hatte. Dieses Verfahren läßt bei dem Vorherrschen des Wunsches, etwas finden zu wollen, der Willkür zu viel Raum, und das Bestreben, das Gesehene möglichst deutlich auszudrücken, verleitet, den Umfang der Schwankung zu erweitern. Übrigens kommt es hier auf die Größe der Schwankung nicht an, weil sie zu sehr von Übung, Farbensinn und Urteilskraft des Beobachters abhängt, auch von seiner Skala. Die Hauptsache ist vielmehr die Dauer der Schwankung, die Periode. Diese gab *Klein* für den Farbenwechsel von α Ursae zu 3-4 Wochen an.

Es fanden sich alsbald andere Beobachter, die den Farbenwechsel bestätigten. Danach trat eine lange Pause ein, die 1903 unterbrochen wurde, durch eine Veröffentlichung von *C. W. Wirtz* im »Sirius« (1903, S. 193) über denselben Stern, dessen Farbenwechsel er zu bestätigen vermochte. Er entnahm die Zeiten der Maxima (rötliches Licht) und Minima (gelbe Färbung) sowie die Periodenlänge einer graphischen Darstellung und fand folgende Perioden in Tagen: 25, 29, 31, 32, 52, 55, 57, 58, aus denen er als Mittel 41.1 Tage berechnet. Nun sieht man aber, daß die angegebenen Perioden

aus einer kleinen und einer doppelt so großen bestehen, und, anstatt alle zusammen zu fassen, sollte man sie in zwei Mittel trennen, in 29 und 55.5 Tage. Gleichzeitig unternommene Versuche, den aus physiologischen Gründen zu erwartenden Lichtwechsel des Sterns zu ermitteln, sind fehlgeschlagen.

Wenn nun auch der Farbenwechsel des Sterns vielfach Bestätigung fand, vermochten ihn andere Astronomen — darunter *Safarik* und *Schmidt* — nicht zu finden. Mir sind deren Beobachtungen im einzelnen nicht bekannt geworden, sie scheinen auch nicht veröffentlicht zu sein. Sehr wichtig ist es aber, daß die bald nach der Entdeckung des Farbenwechsels von α Ursae aufgetauchten Bestätiger sich insofern widersprachen, als der eine oft eine rote Färbung des Sterns sah, wenn der andere ihn am blassesten gefärbt erblickte. — Die Entscheidung, darüber, was bei Schätzungen als Beobachtungsfehler, was als wirkliche Veränderung anzusehen ist, beruht sowohl bei Farben wie bei Helligkeiten solange mehr oder weniger auf persönlicher Ansicht, als nicht die Größe der unvermeidlichen Schwankungen ermittelt worden ist. Je ungeübter der Beobachter, desto größer die Schwankungen. Während *Klein* und seine Nachfolger einen Wechsel der Farbe von α Ursae zwischen W und R oder von G bis Feuerrot angeben, finde ich in meinen Schätzungen seit dem Jahre 1884 nur ein Schwanken um die beiden Stufen 4° - 6° . Eine genauere Übereinstimmung ist nicht zu erwarten. Die Farbe des Sterns ist gelb; sie liegt aber gerade an der Übergangsstelle zu Orange. Je nach Umständen sieht man daher die Farbe bald ohne R, bald mit einer Spur R überzogen. Will man den behaupteten Farbenwechsel dadurch beweisen, daß man die Farben anderer Sterne mitbeobachtet — wie es geschehen ist —, so darf man natürlich nur solche auswählen, die genau gleiche Tönung aufweisen, denn die Größe der Schwankung hängt von der Farbe ab. Den genau gleichen Wechsel zeigen nun alle gleichgefärbten Sterne, unter denen als hellste α Cassiopeiae und α Bootis hervorzuheben sind. Beide sind tatsächlich schon des Farbenwechsels bezichtigt worden.

Am Farbenwechsel von α Ursae ist also nicht zu zweifeln; Entdecker und Beobachter haben ihn nur falsch gedeutet. Den Nachweis, daß solch ein Wechsel bei allen gleichzeitig beobachteten Sternen in nahezu gleicher Weise stattfindet, hatten die Beobachter zu führen unterlassen. Bei Nichtkennern der Sache blieb das unberücksichtigt. So erklärte man später den Farbenwechsel durch die inzwischen entdeckte spektroskopische Bahnbewegung des Sterns, obwohl über sie noch nichts näheres bekannt war.

Da von Anfang an alle ermittelten Perioden des Farbenwechsels von α Ursae um einen Monat herum schwankten, so bot sich von selbst die einfache Erklärung durch den Mondwechsel. Wie man sich aber sogleich überzeugen konnte, besteht der Zusammenhang durchaus nicht. *Wirtz* hat seine erwähnten Farbenschätzungen auch wegen eines Einflusses des Mondscheins untersucht, hat ihn aber nicht finden können. Auch meine Beobachtungen der Farbe von α Ursae weisen keine Spur eines Mondeinflusses auf. Das ist ganz natürlich. Der Mond bleibt weit genug von dem Stern entfernt, und außerdem enthält dessen Farbe zu wenig Rot.

III. Der mehrjährige Wechsel der Lichtempfindung.

Bei der Bearbeitung meiner Helligkeitsschätzungen stellte sich heraus, daß bei einem Teile der Sternpaare die Stufenzahlen in einer 5 bis 6 Jahre langen Periode ab- und zunehmen, während sie sonst nur regellos ein wenig um ihren Mittelwert schwanken. Der erste Teil besteht aus Sternen, die hell genug sind, um ihre Farbe erkennen zu lassen. Hingegen sind Sternpaare, die Jahr für Jahr ihre Stufenhöhe beibehalten, hauptsächlich solche, die ihre Farbe nicht wahrnehmen lassen. Daher kommt es, daß Paare, die in einem Instrument deutlich den mehrjährigen Wechsel der Stufenzahl aufweisen, sich in einem schwächeren recht beständig erweisen können. Dabei muß betont werden, daß hier auch Weiß nach der *Heringschen* Theorie als selbständige Farbe anzusehen ist. Ein Stern mit Helligkeit unter der spezifischen oder Farben-Reizschwelle erscheint nicht weiß, sondern grau, meist dabei etwas bläulich.

Nicht nur zwischen verschiedenfarbigen, sondern auch zwischen gleichfarbigen Sternpaaren, sobald nur ihre Färbung erkennbar ist, sind in gleicher Weise mit den Jahren an- und abschwellige Stufenwerte angedeutet. Nur sind sie zu geringfügig und die Zahl der Schätzungen nicht immer ausreichend, in manchen Jahren ganz fehlend, um das mit Sicherheit jetzt schon in allen Fällen behaupten zu können.

Im folgenden Beispiel ist das erste Paar gleichfarbig rötlich.

Stufenzahlen im Goerzschen Trieder.

Gemini	1908	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$\epsilon - \mu$	-2^{st}_{10}	2.5	2.8	1.6	1.0	1.8	2.1	1.6	0.6	0.0
$\mu - \nu$	—	9.0	—	9.0	7	5.7	8.3	7.8	8.0	—
$\nu - \iota$	—	6	—	2.7	5	5	2.5	3.5	2.7	—

Hier sieht man die mehrjährige Schwankung am deutlichsten zwischen $\epsilon - \mu$, in denen die rote Farbe bei scharfem Zusehen deutlich erkennbar ist. Zwischen $\mu - \nu$ ist das Schwanken kaum noch angedeutet, offenbar weil im Goerz die Farbe von ν nicht mehr zu erkennen ist. Füge ich noch die spärlichen Schätzungen von $\nu - \iota$ hinzu, so wird diese Vermutung bestätigt; in beiden Sternen ist die Farbe unkenntlich, daher sich ihre Lichtgleichung nicht weiter ändert. Die Stufen ohne Dezimalen beruhen auf nur einer einzelnen Schätzung. μ und ν schlossen η ein.

Der Lichtunterschied der Vergleichsterne zu α Cassiopeiae, γ und β , zwischen die α eingeschlossen wurde, verhielt sich im Opernglase wie folgt:

Cassiop.	1913	14	15	16	17	18	19
$\gamma - \alpha$	4 st 8	4.1	3.2	3.0	2.1	2.7	3.4
$\alpha - \beta$	-0.8	-0.8	0.8	0.7	1.4	2.2	0.3
Summe $\gamma - \beta$	4.0	3.3	4.0	3.7	3.5	4.9	3.7
direkt geschätzt $\gamma - \beta$	4.2	4.5	4.0	4.0	4.1	6.0	4.1

Nach dem Gange der Stufenzahlen zu urteilen, ist mir α Cassiopeiae 1913 u. 14 lichtschwach erschienen, 1917 hell; die Summierung der beiden Reihen verwischt naturgemäß den Gang vollständig. Während derselben Zeit hat sich die Lichtgleichung $\gamma - \beta$ Cassiop. nicht geändert, weil die sehr geringe Farbentönung beider Sterne im Opernglase nicht aufzufassen ist. Daß dieser Lichtwechsel von α Cassiop. aber nur im Auge vor sich ging, beweist u. a. die Reihe von β Cygni — γ Lyrae im Opernglase:

	1915	16	17	18	19
Stufen	1 st 6	1.2	2.6	2.2	1.7 .

Auch β Cygni erschien mir in denselben beiden Jahren (1917, 18) heller als sonst.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse aus Beobachtungen sowohl von Vergleichsternen zu Veränderlichen wie von unveränderlichen Sternpaaren führt schließlich zur Periode meines Auffassungswechsels der Lichtunterschiede = 5 bis 6 Jahre, gültig für die Zeit von etwa 1908 an bis heute. Der Wechsel bedeutet eine Unbeständigkeit des Lichtsinnes.

Dieses Schwanken in der Empfindung von Lichtunterschieden bildet eine Bestätigung der schon von anderen Beobachtern gemachten Erfahrungen gleicher Art.

Plassmann leitet aus seinen Beobachtungen die Jahreswerte der Stufenzahl zwischen $\epsilon - \eta$ Cephei und zur Prüfung die zwischen $\delta - \nu$ Aquilae ab (Untersuchungen über den Lichtwechsel des Granatsterns S. [33] und [34]): Beide Reihen weisen einen periodischen Wechsel auf. *Hoffmeister* findet in *Plassmanns* Schätzungen der Vergleichsterne zu η Geminorum ebenfalls eine periodisch wechselnde Größe der Stufenwerte (VAP 24.18, auch AN 198.94).

Die Jahre mit den größten Stufenzahlen sind:

$\epsilon - \eta$ Cephei	$\delta - \nu$ Aquilae	$\mu - \nu$ Geminorum
1892	1892	1891
1896 4	1896 4	1896 5
1901 5		1901 5
		1911 10 = 2 × 5

Daraus folgt mit Sicherheit ein fast 5 Jahre (4.7) umfassendes Schwanken des Lichtunterschiedes. Auf eine Anfrage, ob er mit dem beim Helligkeitsschätzen angewandten Instrument die Farben erkenne, erwiderte mir Herr *Plassmann*: »Ich erkenne die Röte von μ Cephei in den hellen Phasen bequem, nicht aber, wenn er auf eins seiner tiefen Minima losgeht. Ähnlich bei η Geminorum; bei η Aquilae habe ich höchstens im Maximum den Eindruck vom Gelben ... Bei den Vergleichsternen von μ Cephei, η Geminorum, η Aquilae habe ich kaum einen bestimmten Farbeindruck, achte wenigstens kaum darauf, da schon diese meine Schätzungen stören würden.«

Es kommt hier weniger darauf an, ob man während der Lichtschätzungen selbst irgendeinen Farbeindruck empfangen hat oder nicht, sondern darauf, ob die Farbe überhaupt in der Größenklasse des betreffenden Sterns erkennbar ist.

Bei *Schmidt* hat die Stufenzahl zwischen $\epsilon - \nu$ Cephei in folgender Art gewechselt (*Plassmann* a. a. O. S. [15]):

	1848	1849	1857	1858	1859	1866
Stufen	+0.15	-0.38	+0.70	+1.06	+0.98	+0.60
	1868	1869	1870	1871	1872	
Stufen	+0.54	+0.20	+0.99	+1.22	+0.81	

Auch hier ist etwas Periodisches angedeutet, jedoch wegen der fehlenden Jahre nicht sicher zu ermitteln.

W. Lockyer (Result. aus Beobachtungen d. veränderlichen Sterns η Aquilae, Göttingen 1897) bearbeitet (S. 8) die Schätzungen *Argelanders*, um die Veränderlichkeit von ι Aquilae zu erweisen (wohl *Argelander* folgend, der ι verdächtigt hatte). Er bildet dazu die Jahresmittel der Vergleichen $\beta - \iota$ und $\iota - \mu$ Aquilae. Die beiden glatten Kurven, durch die er die Lichtunterschiede im Verlauf der 20 Beobachtungsjahre gleich-

mäßig darstellt, lassen wir außer Betracht und halten uns an die Schätzungen selbst. Die Unterschiede $\beta - \iota$ deuten allerdings eine unbedeutende Zunahme an, woraus *Lockyer* schließt, (da β heller ist), daß ι im Laufe der Jahre schwächer geworden sei. Die Unterschiede $\iota - \mu$ nehmen im Durchschnitt ebenso langsam ab, was jenen Schluß bestätigt, weil ι heller ist als μ . Sieht man sich aber die Unterschiede $\iota - \mu$ näher an, so findet man ein periodisches Schwanken der Jahresmittel in Stufen:

1840	3 st 8	1845	1 st 6	1852	2 st 8	1857	1 st 1
41	4.2 +	46	3.0	53	2.9 +	58	2.4 +
42	3.4	47	3.2 +	54	2.0	59	0.6
43	3.0	48	2.1	55	2.4		
44	2.1			56	1.3		

Aus den 4 Jahren mit den größten Stufenzahlen ergibt sich eine Periode von 5.7 Jahren.

Entgegen der *Lockyerschen* Auffassung ist es doch viel näher liegend, den weißgelben Stern ι als unveränderlich anzusehen und die Veränderlichkeit der Stufenzahlen den beiden Vergleichsternen β und μ zuzuschreiben. In *Argelanders* Auge hat die Helligkeit gefärbter Sterne im Lauf der 20 Jahre zugenommen. Das erklärt alles. Dabei unterlag der Wert $\iota - \mu$ größeren Schwankungen, $\beta - \iota$ viel weniger und auch unregelmäßiger, weil Rote in β nicht vorhanden ist ($\iota = 2^{\circ}9$; $\beta = 4^{\circ}9$; $\mu = 6^{\circ}5$).

Schönfeld findet (Wien. Ber. 42.157) unter den Vergleichsternen zu β Lyrae folgenden Wechsel der Stufenwerte:

	Farbe	1855	1856	1857
δ Herculis	5 st 7	8 st 41	6 st 67	5 st 98
α »	2.3	7.35	7.72	8.16
γ Lyrae	2.9	13.53	14.09	15.31

Hornig hat AN 4808 seine Stufenzahlen der Vergleichsterne mehrerer Veränderlichen nach den Jahren geordnet, woraus sich eine periodische Schwankung von 3 bis 4 Jahren ergibt. Man sieht aber, daß keineswegs bei allen Paaren eine Wellenbewegung auftritt; die Ursache wird, wie in meinem Auge, an dem Grade der Erkennbarkeit der Farbe liegen.

In der Einleitung zu Bd. 17 der Veröffentlichungen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam findet sich (S. XXII) eine Untersuchung der verschiedenen *Pickering'schen* Photometerkataloge. Davon sind hier die Vergleiche derjenigen Verzeichnisse von besonderem Wert, die vom selben Beobachter mit demselben Photometer hergestellt sind. Es handelt sich um die drei Verzeichnisse, die den Inhalt der Bände Nr. 24, 44 und 45 der Harvard-Annalen bilden. Zwischen 24 und 45 finden sich Unterschiede der Helligkeit, die sich nur durch die Annahme erklären lassen, »daß der Beobachter seine Auffassung der verschiedenen Helligkeit . . . in den 12 Jahren, die zwischen den beiden Katalogen liegen, um den Betrag von 0^m08 pro Größenklasse geändert hat.« Auch beim Vergleichen von 44 mit 45 zeigte sich ein systematischer Unterschied, »der von der Helligkeit der gemessenen Sterne abhängt und sich pro Größenklasse um 0^m02 ändert.« Die Ursache ist dieselbe. Ein Einfluß der Sternfarben zeigte sich in keinem der Verzeichnisse.

Herr *Deutschland* stellt AN 196.196 die Jahresmittel der Harvard-Meridan-Photometer-Messungen des Sterns W Orionis zusammen. Sie weisen einen geringen Gang auf, den er als

Beweis der Veränderlichkeit des Sterns ansieht. Mit ebensoviel Grund wird man darin aber nichts anderes als den Wechsel der *Pickering'schen* Helligkeitsempfindung erkennen dürfen.

Frau v. *Prittwitz* hat mit einem Zöllnerschen Photometer die Helligkeit einiger besonderen Sterne während mehrerer Jahre gemessen (AN 4210). Aus den Messungen der Nova P Cygni will es ihr scheinen, »als habe P Cygni die Neigung, ganz allmählich etwas heller zu werden.« Ich habe aus ihren Messungen die Jahresmittel des gelben P Cygni und zur Prüfung die der roten W Bootis und ρ Persei gebildet. Von diesen beiden gilt ρ Persei heute noch als veränderlich, W Bootis nicht mehr.

	P Cygni	ρ Persei	W Bootis
1898	5 ^m 18	—	5 ^m 05
1899	5.21	3 ^m 63	4.94
1900	5.10	3.60	—
1901	—	—	—
1902	5.12	3.49	4.92
1903	5.02	3.43	—
1904	5.00	3.55	(4.97)
1905	5.01		
1906			
1907			

Sind die Werte auch lückenhaft, so läßt sich doch erkennen, daß die Neigung zum Hellerwerden auch bei den beiden rötlichen Sternen vorhanden ist. Richtiger gesagt: im Auge der Beobachterin ist zwischen 1898 und 1904 eine geringe Änderung der Lichtauffassung eingetreten.

Die von *Müller* in Größenklassen umgerechneten *Hagen'schen* Helligkeitsschätzungen von P Cygni ergeben auch eine Zunahme der Helligkeit (VJS d. AG 38.238)

1884	1885	1886	1887
5 ^m 7	5 ^m 5	5 ^m 4	5 ^m 3

die aber trotzdem nicht dem Stern eigentümlich sein wird. Denn in den Jahren 1884–1886 fand *Safrirk* den Stern nahezu konstant. »Auch später kein erkennbarer Lichtwechsel« (AN 120.281). Daß dieser im Auge des Beobachters vor sich ging, beweist das Verhalten seiner Stufenwerte in den Schätzungen für den Atlas stell. var., die er und *Hisgen* unabhängig voneinander ausgeführt haben. Man sieht, »daß bei einigen Veränderlichen die Angaben recht gut übereinstimmen, bei anderen aber, zum Teil sogar beträchtlich, auseinander laufen. Es geht daraus hervor, daß der Stufenwert bei beiden Beobachtern nicht unerheblichen Schwankungen unterliegt« (*Müller* VJS d. AG 45.53). Es wäre wünschenswert zu wissen, ob die Schwankungen bei jedem der beiden Beobachter periodisch verliefen.

Ebenso wird es sich mit der Lichtabnahme um 0^m3 verhalten, die *Pračka* zwischen 1906–1908 an R Cephei gefunden hat (AN 181.41, auch *Pračka* »Beiträge« I 89). Nach *Sawyer*, *Yendell*, *Chandler*, *Pickering* zeigt der Stern nicht die geringste Veränderlichkeit (*Cannons* Second Catalogue S. 71).

Aus den von *Turner* bearbeiteten *Peek'schen* Schätzungen veränderlicher Sterne ergibt sich, daß die Verbesserung der Größe der Vergleichsterne nicht als unveränderlich anzusehen ist. Sie war vor dem Jahre 1893 etwas größer, wurde dann in den Jahren 1893–1898 kleiner und ging nach 1898 allmählich wieder auf den früheren Betrag zurück (VJS 40.451).

Da die Messungen mit dem Zöllnerschen Photometer auf dem gleichen Verfahren beruhen wie die Schätzungen nach *Argelanders* Methode, so kann man auch die von *Lindemann* in drei verschiedenen Jahren ausgeführte Bestimmung seiner Intensitätskurve hier heranziehen. Sie zeigt einen Wechsel des Helligkeitsunterschiedes zwischen dem natürlichen weißen und dem künstlichen farbigen Stern. *Lindemann* hat die Intensitätslogarithmen in Sterngrößen verwandelt und sie nebst den Farbenangaben S. 6 der Mémoires St. Pétersbourg XXX Nr. 4 zusammengestellt. Folgendes ist ein Auszug für die rötlichen Farbtöne.

	1871	1872	1875	1875—1871
Rötlich	+1 ^m .4	+1 ^m .5	+1 ^m .6	+0 ^m .2
Rot	+1.2	+1.4	+1.5	+0.3
	+0.8	+1.3	+1.4	+0.6
Gelbrot	+0.2	+0.7	+0.9	+0.7
Kupferrot	-0.1	+0.1	+0.2	+0.3
	-0.4	-0.3	-0.2	+0.2
Orange	-0.6	-0.6	-0.4	+0.2

Außer den im Vorausgehenden dargelegten Fällen von gleichmäßig im Ablauf mehrerer Jahre wechselnder Änderung der Lichtauffassung berichtet die Beobachtungsliteratur über gar nicht selten eingetretene Änderungen der Stufenwerte bei anderen Beobachtern. So hat sich bei *J. F. J. Schmidt* gelegentlich ein kleiner Wechsel der Auffassung offenbart (*Arctin*, λ Tauri S. 17; *Rosenberg*, χ Cygni S. 148, 153, 155, betreffend einen Sprung im Stufenwert im Jahre 1860).

In *Oudemans* Beobachtungen hat sich bekanntlich im Jahre 1855 eine plötzliche (vielleicht willkürliche) Änderung vollzogen.

v. Glasenapps Stufenwerte zeigen eine fortschreitende Änderung ohne Periode; die Stufenzahlen zwischen $\zeta - \epsilon$ und $\zeta - \nu$ Cephei nahmen vom Jahre 1896 bis 1902 langsam zu (AN 165.233), ebenso die Helligkeit der Vergleichsterne zu β Lyrae (AN 167.343).

Vielleicht haben wir hier Wellenbewegungen der Empfindung vor uns, die nur wegen der ungenügenden Länge des Beobachtungszeitraums nicht zum Ausdruck gelangen. Unter den zahlreichen Beobachtern der Sternhelligkeiten finden sich verhältnismäßig nur wenige, deren Auffassung des Lichtunterschiedes ein periodisches Schwanken, mehrere Jahre umfassend, erkennen läßt. Aber das kann daran liegen, daß nicht alle ihre Schätzungen daraufhin untersucht haben, und besonders, daß es nur wenige ausdauernde Beobachter gibt, die Jahrzehnte hindurch denselben Sternen treu geblieben sind. Sicher sind bis jetzt als periodisch veranlagt bekannt:

<i>Hornig</i>	3-4 Jahre	<i>Osthoff</i>	5-6 Jahre
<i>Plassmann</i>	5 »	<i>Argelander</i>	6 »

Außer diesen Beobachtern sind noch folgende zu nennen, bei denen sich mehrere Jahre umfassende Änderungen der Lichtempfindung gezeigt haben, ohne daß sich bis jetzt eine Periode feststellen ließe: *Hagen*, *Hisgen*, *v. Glasenapp*, *Lindemann*, *Peck*, *Pickering*, *Pračka*, *v. Prittwitz*, *Schmidt*.

IV. Der kurzperiodische Wechsel der Lichtempfindung.

Ordnet man die veränderlichen Sterne nach der Farbenfolge der Abkühlung von der weißen Algolart über die gelben δ Cephei-Sterne bis zu den roten Sternen, so nimmt die Über-

einstimmung der Schätzungen unter den Beobachtern immer mehr ab, je rötter die Sterne sind. Am schlechtesten liegt die Sache, wenn der Veränderliche zu den unregelmäßig und nur gering ihr Licht wechselnden Sternen (*Pickering's* dritte Klasse) gehört. Alle sind rötlich. Hier ist man an Unterschiede von $\frac{1}{2}^m$, selbst 1^m in den Angaben über den Lichtwechsel seitens verschiedener Beobachter gewöhnt. Die Angaben der Epochen, der Zeit der Wendepunkte pflegen überhaupt nicht zu stimmen. Die Widersprüche sind oft derart, daß sie den ganzen Lichtwechsel selbst in Frage stellen. Als Musterbeispiel eines Sterns dieser Art kann der helle α Orionis dienen, schon deshalb, weil er der Abteilung den Namen gegeben hat. Der Lichtwechsel dieses Sterns wurde 1836 von *J. Herschel* entdeckt und von *Argelander* bestätigt. Es mag dazu gleich bemerkt werden, daß *J. Herschel* noch eine ganze Anzahl Scheinveränderlicher entdeckt hat, die aus den Verzeichnissen längst wieder entfernt sind, so δ Orionis, α Hydrae, η Cygni. *Argelander* faßte zur Ermittlung der Periode seine und *Herschels* Schätzungen zusammen (»Beob. und Rechn.« S. 71), was bei roten Sternen niemals geschehen darf, daher denn auch die herausgerechnete Periode von 198 Tagen keinen Wert besitzt. Davon abgesehen schwanken die Angaben über die Dauer des Lichtwechsels von schnell vorübergehendem Aufleuchten (*Fletcher*, bei *Argelander* a. a. O., *Packer*, AN 160.197), sowie Lichtwechsel binnen einer Stunde (*Packer*, E. M. 76.146), auch binnen 3-4 Stunden (*Partington*, AJB 13.373), bis zu $1\frac{1}{2}$ Jahren (*Lau*, Bull. de la Soc. Astr. de Fr. 1908, 22.147). Aber kein Beobachter von α Orionis hat einen mit der jahrelangen Umlaufzeit des spektroskopischen Begleiters in Verbindung stehenden Lichtwechsel wahrgenommen. Das Zusammenfassen der Ergebnisse verschiedener Beobachter hat zwar *Bottlinger* zur Vermutung geführt, es möchte das Geschwindigkeitsmaximum nahezu mit dem Helligkeitsminimum zusammenfallen (AN 187.36), aber das kann ein zufälliges Zusammentreffen sein, denn, wie schon gesagt, ist das Vereinigen von Lichtschätzungen roter Sterne seitens verschiedener Augen unzulässig wegen der Folgen verschiedener Sehweisen (AN 205.6) und der persönlich sehr verschiedenen Auffassung der Helligkeit roter Farben, besonders wenn diese mit Weiß (β Orionis) verglichen werden. — Wie die Angaben der Perioden, so schwanken auch die über den Umfang des Lichtwechsels. Er reicht von »heller als Capella« bis » α Tauri gleich«. Die scheinbaren Größen dieser beiden Sterne sind nach Potsd. G. K. 0^m.43 und 1^m.15, also würde α Orionis einen Wechsel von mehr als 0^m.72 durchmachen. *Müller* setzte aus Photometermessungen eine Schwankung von 0^m.43 fest (AN 187.35). Gelegentlich ihres Nachweises der Veränderlichkeit des Sterns SU Cassiop. mit einem Umfange von 0^m.33 sagen die Potsdamer Beobachter, daß dieser geringe Wechsel »durchaus innerhalb der auch bei guten photometrischen Messungen möglichen Beobachtungsfehler liegt« (AN 173.312). Nun ist dieser Stern aber nur weißgelb. Wieviel mehr fällt *Müllers* Wechsel von 0^m.43 beim roten α Orionis in den Bereich der Beobachtungsfehler.

Die Geschichte der anderen Sterne dieser 3. *Pickering's* Klasse ist ungefähr dieselbe. Soviel Beobachter, soviel verschiedene Behauptungen. Jeder sieht an einem roten Stern seinen besonderen Lichtwechsel, daher denn die Entscheidung, ob ein solcher Stern überhaupt zu den Veränderlichen zu

rechnen ist oder nicht, ziemlich viel Willkür zuläßt und oft nur auf das Ansehen eines Beobachters hin gefällt wird.

Alle großen Wellen von Naturerscheinungen pflegen sich aus kleineren zusammenzusetzen. Aber so leicht sich die mehrjährigen Schwankungen der Lichtauffassung ermitteln ließen, so schwer die kurzen. Die Untersuchung ist vielfach dadurch ganz unmöglich gemacht, daß die Beobachter die Zeiten und Höhen der Wendepunkte einer Lichtkurve entnehmen, die sie auf Grund ihrer Helligkeitsschätzungen entworfen haben. Beim Vergleichen zweier Sterne gibt der unmittelbare Sinneneindruck den Lichtunterschied an. Nur auf diesen unmittelbaren Eindruck kommt es an. Was später der Bearbeiter mit diesen Schätzungen macht, hat für die biologischen Vorgänge wenig Wert, ja es läuft oft auf eine Fälschung hinaus.

Um nun die Frage entscheiden zu können, ob bei den gering veränderlichen rötlichen Sternen die Ursache der Lichtschwankungen im Stern oder im Auge des Beobachters liegt, sind jene Sterne von Bedeutung, die als sicher veränderlich galten, bis sie gelegentlich als unveränderlich nachgewiesen wurden. Ferner bieten sich die Widersprüche dar, die sich unter den verschiedenen Beobachtern eines und desselben Sterns finden, wie sie betreffs α Orionis als Beispiel schon dargelegt sind.

Es sollen nur wenige Beispiele hervorgehoben werden. Die beiden rötlichen Sterne 34 W Bootis und ν Bootis, beide von Schmidt entdeckt, galten lange Zeit als veränderlich, bis die Potsdamer Messungen das Gegenteil bewiesen.

Von gelben Sternen ist P Cygni schon besprochen worden. — δ Serpentis soll nach Yendell sein Licht binnen 8.7 Tagen wechseln, nach Scharbe in 45 Tagen (AN 184.345), nach Lau soll er ein Algolstern sein (AN 196.427). Nach Wilkens' fotogr. Aufnahmen, aber auch nach Wendells und Pickerings Photometermessungen ist der Stern gar nicht veränderlich (AN 172.335). — Streitigkeiten bestanden auch über eine Veränderlichkeit des Polarsterns, bis er sich als spektroskopischer Doppelstern herausstellte und sich aus Hertzsprungs Bahnberechnung ergab, daß der Stern einem periodischen Lichtwechsel unterliegen müsse in der Größe von $0^m 1$ visuell. Die von Seidel und Schmidt behauptete Veränderlichkeit hat damit nichts zu tun, und Hertzsprung bemerkt mit Recht: »Es kann als sicher gelten, daß keiner dieser beiden Forscher die wirkliche Veränderlichkeit des Polarsterns erkannt hat« (AN 189.89).

Ich entnehme das folgende Beispiel Rosenbergs Arbeit über χ Cygni (S. 184). Die Beobachtung des Maximums im Jahre 1861 begann Schmidt erst, als Heis bereits eine deutliche Lichtabnahme des Sterns feststellte. »Trotzdem geben die Schmidtschen Beobachtungen ebenso deutlich eine sehr schnelle Zunahme zu erkennen, die noch etwa eine Größenklasse beträgt ...«.

Von größerem Gewicht als diese Widersprüche, die ja zum Teil auch in der Schwierigkeit der Lichtschätzungen ihren Grund haben mögen, ist der umgekehrte Fall: Das Wahrnehmen gleichzeitiger Maxima und Minima des Lichts verschiedener roter Sterne seitens eines Beobachters. Deutsch-

land beobachtet Mira Ceti (AN 196.193, 194) und findet am 20. Februar 1913 eine plötzliche »verbürgte« Aufhellung. Seine a. a. O. mitgeteilte Reihe von W Orionis weist aber am selben Tage die gleiche Erscheinung auf. — Nijland stellt 1909 Aug. 11 ein Maximum des roten W Cygni fest (AN 188.310), und einen Tag vorher findet er eine der kleinen Schwankungen in der Helligkeit der Mira, und zwar gleichfalls eine Zunahme (AN 185.281).

H. E. Lau hat 1911 R Lyrae und γ Herculis beobachtet und stellt seine Schätzungen in Kurven dar (AN 191.317). Er entnimmt diesen Kurven folgende Wendepunkte, die ich hier in besonderer Anordnung zusammenstelle.

1911	Maxima	Mittel	1911	Minima	Mittel
Sept. 18	R Lyrae	Sept. 21.5	Aug. 28	R Lyrae	Aug. 28
25	γ Hercul.		28	γ Hercul.	
Nov. 5	R Lyrae	Nov. 9.5	Okt. 14	R Lyrae	Okt. 16.5
14	γ Hercul.		19	γ Hercul.	

Die Wendepunkte liegen zeitlich so nahe beisammen, daß man sie für beide Sterne wegen der Unsicherheit der Schätzungen und der Kurvenzeichnung vereinigen kann, wie unter »Mittel« geschehen. Daraus findet sich dann eine Periode von 49 Tagen, die ihre Veranlassung in Vorgängen in der Netzhaut des Auges haben könnte. Man ersieht ferner aus Laus Mitteilung, daß sich nur die Schätzungen von γ Herculis gut durch eine Kurve darstellen lassen, die Schwingungsweite ist größer, Maxima und Minima sind schärfer ausgeprägt. Die Schätzungen von R Lyrae verlaufen verschwommener. Die Ursache dieses verschiedenen Verhaltens kann weniger in den beiden Sternen selbst gesucht werden als vielmehr in der Farbe ihrer Vergleichsterne. Die benutzten Vergleichsterne zu γ Herculis sind mit Ausnahme von τ Coronae nicht gefärbt, wirken also durch den Gegensatz ein. Die Vergleichsterne zu R Lyrae sind mehr oder weniger gefärbt, es kommen fast orangefarbene unter ihnen vor, die natürlich den biologischen Wechsel mitmachen, wodurch dann der vermeintliche Lichtwechsel von R Lyrae viel weniger zum Ausdruck kommen wird.

Plassmanns Schätzungen von α Cassiopeiae und von μ Cephei —

Das sind alles Kleinigkeiten, die man auch dem Zufall zuschreiben mag. Beispiele sind schwer zu finden wegen der Zerstreuung der Beobachtungen und auch wegen der erwähnten Art, die ursprünglichen Schätzungen hinter der Bearbeitung zu verstecken. Mögen andere mehr dergleichen aufspüren.

Zum Schluß noch der wichtigste Fall. Herr Plassmann teilt AN 124.43 Pentaden- und Dekadenmittel seiner Schätzungen von α Cassiopeiae mit. Daneben setze ich seine mittleren Stufenwerte für μ Cephei, die ich Plassmanns Werk über den Granatstern (S. 63 ff.) entnehme.

	α Cassiopeiae	μ Cephei
1888 Juli 7	2410826 5 st 33	—
Sept. 20	901 5.74	2410903.5 1 st 95
Okt. 13	924 5.80	920.1 1.92
Dez. 2	974 5.78	974.6 2.78
1889 Jan. 12	1015 7.15	1008.1 3.75
Febr. 19	053 8.78 +	055.7 4.69 +
März 11	073 5.79	080.4 3.50
April 16	109 3.65 —	129.4 3.25 —
Mai 30	153 5.49 +	152.7 3.69 +
Aug. 6	221 5.29	214.8 3.38
Sept. 19	265 5.15	266.7 3.08
» 26	272 4.40 —	271.7 2.58 —
Okt. 14	290 4.59	282.1 3.63
» 28	304 5.34	300.7 4.02
Nov. 13	320 5.56 +	317.8 4.02 +
» 19	326 5.29	327.7 3.99

Wie man sieht, laufen beide Reihen nahezu parallel. Man kann den Versuch unternehmen, daraus *Plassmanns* biologische kleine Periode zu ermitteln. Aus den Maximumzeiten ergeben sich die Unterschiede bei α Cassiopeiae zu 100 und 167 Tagen, bei μ Cephei zu 97 und 165 Tagen. Die Zeitunterschiede der Minima sind beim ersten Stern 163 Tage, beim zweiten 143 Tage. Darin lassen sich zwei Perioden erkennen mit den Mittelwerten $98.5 = 3 \times 33^t$ und $165 = 5 \times 33^t$, wozu noch der vereinzelte Zeitunterschied von $143 = 4 \times 36^t$ tritt. *Plate* hat in der Bearbeitung sämtlicher *Plassmannschen* Beobachtungen von α Cassiopeiae (VAP 21.139) als Periode gefunden: 27.3 Tage aus 8 Maxima und 26.1 Tage aus 6 Minima.

Wir haben uns im vorhergehenden auf gelbe und rote Sterne beschränkt. Von hoher Wichtigkeit ist es nun aber, daß es auch stets Beobachter gegeben hat, die einen Lichtwechsel an weißen Sternen festgestellt haben (vorausgesetzt, daß sie nicht verfahren sind wie *Lau*, der, um die Veränderlichkeit des weißen τ Persei zu erweisen, den roten η Persei als Vergleichstern benutzt hat). Hier, wo es sich um keine Farbe handelt, kann zur Entscheidung die Photographie helfend eintreten, die uns nur bei farbigen Sternen etwas anderes zeigt, als das Auge sieht. — Als Hauptvertreter kann δ Orionis dienen. Entdeckt von *J. Herschel*, wurde die Veränderlichkeit, und zwar unregelmäßiger Art, mehrfach bestätigt. *Auwers* fand sogar eine Periode von 16 Tagen. Zufolge der Potsdamer Messungen ist der Stern nicht veränderlich, was auch von anderen Beobachtern schon erwiesen ist. *H. E. Lau* hat sich durch eine große Zahl von Entdeckungen schwach veränderlicher weißer Sterne hervorgetan, die ohne Zweifel größtenteils gar nicht veränderlich sind.

Ich habe seit Jahren außer den roten Sternen von α Orionis-Art auch die Helligkeit anderer roter Sterne mit beobachtet, soweit sie mir zugänglich waren und sich passende Vergleichsterne fanden. Es handelt sich also um Sterne, über deren Lichtbeständigkeit noch nie Zweifel geäußert worden sind. Sie alle, besonders sobald ihre Helligkeit in oder oberhalb der Farbenreizschwelle liegt, haben sich als Trugveränderliche herausgestellt. Die Lichtschwankungen zwischen den gleichfarbigen β — ϵ Pegasi sind genau so groß wie die zwischen β — γ Andromedae, die in Färbung jenen fast gleich sind. Mit ebensoviel Recht, mit dem man α Orionis für ver-

änderlich hält, kann man auch α Tauri für veränderlich ansehen. Ebenso wie Beteiguze kann ich auch die roten Sterne γ , ϵ Canis min. und ι , ζ Aurigae veränderlich nennen. Im selben Umfange veränderlich wie ρ Persei erweisen sich auch α , ν , η Persei. Mit derselben Sicherheit, mit der einst *Schmidt* 34 W Bootis der Veränderlichkeit bezichtigte, könnte ich den ebenso gefärbten ρ Bootis als veränderlich bezeichnen. Der unveränderliche β Cygni schwankt viel stärker in seiner Helligkeit als der häufig mit Unrecht verdächtige ρ Cygni, weil jener rötlich, dieser nur gelb ist. Vergleiche ich den roten ϵ Aquilae mit dem weißen ι Herculis, oder im Adler den rötlichen γ mit dem weißen ζ , so sind die Schwankungen genau so groß wie die zwischen dem rötlichen α und dem weißen γ in der Cassiopeia. In der Leier wechselt R sein Licht nicht stärker als der ebenso rote ϑ u. s. w. Alle von mir beobachteten roten Sterne weisen einen Lichtwechsel von gleichem Umfange auf, der in meinem jetzigen Alter durchschnittlich 4–5 Stufen oder rund $\frac{1}{2}^m$ umfaßt, bei jugendlichen Beobachtern also noch größer sein wird. Entweder sind alle roten Sterne veränderlich, oder die geringe Veränderlichkeit ist Trug. Alle Reihen besitzen ferner die Eigentümlichkeit, daß Zeiten der Ruhe, d. h. guter Übereinstimmung der Werte, mit Zeiten stärkerer Schwankungen wechseln, genau so wie in meinen Farbenschätzungen. Der »Erregungszustand« des Auges wechselt, Lichtunterschiede machen nicht immer denselben Eindruck. Dadurch erklärt sich die Tatsache, daß mancher Beobachter einen von ihm sicher festgestellten Lichtwechsel später nicht mehr finden konnte. Das pflegt mit der Erklärung erledigt zu werden, der Stern habe aufgehört, veränderlich zu sein.

Da entsteht die Frage, warum denn nicht alle rötlichen Sterne längst als veränderlich erkannt sind. Die Antwort ist einfach: weil man sie daraufhin noch nicht planmäßig untersucht hat. Alle Entdeckungen dieser Scheinveränderlichen beruhen auf Zufall. Es ist auffallend, daß die Beobachter, welche die Helligkeiten aller Sterne mit unbewaffnetem Auge bestimmt haben, *Argelander*, *Heis*, *Houzeau*, keine Entdeckungen schwach und unregelmäßig veränderlicher Sterne bekannt gemacht haben. Auch ihnen können die naturnotwendigen Schwankungen nicht entgangen sein, sie werden sie aber ganz natürlich als Beobachtungsfehler gedeutet haben.

Eine allgemeine kurze Periode in meinen Lichtschätzungen ließ sich ohne weiteres nicht feststellen. Die Schwierigkeit ihrer Ermittlung, die schon bei den Farbenschätzungen vorlag, ist hier bedeutend gesteigert. Die Anwendung eines Ausgleichsverfahrens verbot sich, weil das wegen der zu vielen und zu großen Lücken zu gewaltsam und trügerisch ausfallen würde. — Ich habe noch den Versuch gemacht, aus allen von einem einzelnen Beobachter angegebenen Perioden der von ihm verfolgten Scheinveränderlichen seine persönliche Periode genauer zu ermitteln, jedoch ohne Erfolg. Sie bleibt nicht immer dieselbe. Unter den vorgetäuschten Perioden kommen alle Zeiten vor, von etwa einer Woche an. Die größte ist *Schmidts* Jahresperiode, die sich bei ihm überall wiederholt. Vielleicht ist sie zum Teil biologisch, wenn sie nicht ihre Ursache ganz in der falschen Beobachtungsweise *Schmidts* hat. Sonst fand sich nur im allgemeinen, daß in *Safariks* Auge die Empfindung regellos wechselte; *Lau* sah überall kurzperiodischen Wechsel.

Es ist nicht unmöglich, daß ein Teil der in Rede stehenden roten Sterne wirklich veränderlich ist. Wir können da manchmal die gleichen Wirkungen aus verschiedenen Ursachen vor uns sehen. Aber im allgemeinen wird es sich auf diesem Gebiete wohl ebenso verhalten wie mit den farbenwechselnden Sternen. Es liegt nahe, den letzten Schritt zu tun und alle unregelmäßig und widerspruchsvoll ihr Licht schwach wechselnden rötlichen Sterne, die α Orionis-Art, für nicht veränderlich zu erklären.

Was sich bezüglich des Lichtwechsels der einzelnen Sterne dieser Klasse ergeben hat, findet sich wieder in den Kurven der wirklich veränderlichen Sterne von Mira-Art in Form untergeordneter Lichtschwankungen, die den aller Wahrscheinlichkeit nach gleichmäßigen Ablauf des ganzen Lichtwechsels stören. Viel leichter, als ein gewaltiger Weltkörper Lichtschwankungen binnen wenigen Tagen (ja sogar Stunden) durchmacht, unterliegt das menschliche Auge Auffassungswechsel in solch kleinen Zeiträumen.

Nachdem bis jetzt nur von Augenschätzungen die Rede war, mag zum Schluß noch ein Hinweis darauf gestattet sein, daß die naturgemäß zu erwartenden Auffassungsschwankungen sich auch bei Anwendung des Zöllnerschen Photometers zeigen. So in Herrn Müllers Messungen von Algolminima (AN 156.179), worauf schon *Pannekoek* aufmerksam machte, der dabei sogar meinte, die aufeinander folgenden Messungen am selben Tage seien nicht unabhängig voneinander oder der Lichtwechsel Algols sei nicht in jedem Minimum genau derselbe (*Pannekoek*, Algol Seite 138). Aber die Photometermessungen sind unabhängig voneinander, und wir haben da lediglich Folgen biologischer Ursachen vor uns. Gleiches gilt von den Messungen, die *Pickering* und *Wendell* am selben Stern angestellt haben (a. a. O.), auch von den durch *Curtiss* ausgeführten Messungen an β Lyrae (AJB 17.227).

V. Sonstige Veränderungen.

Es bleibt noch übrig, auf andere Erscheinungen hinzuweisen, die bei astronomischen Beobachtungen eine Rolle spielen und gleichfalls einen Wechsel in der Stärke ihres Auftretens offenbart haben.

Da ist zunächst der Verlauf der Dunkelanpassung meines Auges (AN 205.15) periodisch veränderlich. Zwischen β — α Orionis ist dieser Wechsel deutlich mit meinem 5- bis 6jährigen Lichtempfindungswechsel in der Weise verbunden, daß die ersten Stufenzahlen groß sind, wenn α lichtschwach ist, hingegen klein, wenn mir α hell erscheint. Mit meinem biologischen Farbenwechsel hängt diese Veränderung nicht zusammen.

Auch der Farbengegensatz (Kontrast), dessen größte Wirkung bei den Fixsternen zwischen W und R auftritt, ist in seiner Stärke veränderlich. Dieselben Sternpaare, welche der Tab. 10 in Spec. Astr. Vat. VIII (S. XXXVI) zugrunde liegen, ergeben folgende Unterschiede: »roter * nach« minus »roter * vor« dem weißen beobachtet:

1893	1894	1895	1896	1897	1898
+0.2	+0.3	+0.5	+0.7	+0.8	+0.7

Es ist also die gleiche Erscheinung, die *Lindemanns* Intensitätskurve aufweist (siehe oben S. 107).

Gleichfalls veränderlich erweist sich das *Purkinjesche* Phänomen. Herr *Nijland* hat jahrelang den Lichtwechsel der Mira mit verschiedenen Instrumenten verfolgt. Dabei ergab

sich natürlich ein Helligkeitsunterschied zwischen diesen, der auf dem genannten Phänomen beruht und zu erwarten war. Die Unterschiede der Wirkungen der verschiedenen Instrumente sind nicht beständig, sie wechseln, jedoch nicht plötzlich, sondern allmählich. Darin liegt ihre Bedeutung. Der gleichmäßige Gang zeigt an, daß es sich nicht um Beobachtungsfehler handelt, sondern um eine wechselnde Auffassungsfähigkeit, einen Wechsel der Lichtempfindung. Beispielsweise schwankte der Unterschied der Helligkeit beim Maximum August 1900 zwischen bloßem Auge und Voigtländerschem Binokel von 0.61 am 3. Sept. bis 0.0 am 7. und 14. Aug. (AN 156.199). Eine Periode läßt sich nicht erkennen. — Das gleiche finden wir in *Schmidts* Schätzungen von χ Cygni mit freiem Auge und Sucher. Der Unterschied ist nicht beständig, sondern schwankt mit den Jahren (*Rosenberg*, Der Veränderliche χ Cygni, S. 170). In den AN 165.55 habe ich über meine Versuche berichtet, die Farbenvertiefung der Fixsterne bei Lichtabnahme durch Sektorabblendung zu ermitteln. Sie sind fehlgeschlagen, weil offenbar die Anwendung von Sektoren nicht das geeignete Mittel dazu ist. Nichtsdestoweniger sind diese unbrauchbaren Beobachtungen von Wert, weil sie die Veränderlichkeit des gesuchten Betrages zeigen. Die Verminderung der Helligkeit um eine Größenklasse ergab nämlich folgende Farbenvertiefungen:

	Weiß	Orange
1901	+0.86	+1.20
1902 und 1903	+0.52	+0.70

Auf Grund der wechselnden Lichtempfindung ist zu vermuten, daß auch die Helligkeitsreizschwelle veränderlich sein wird, was allerdings bei astronomischen Beobachtungen von geringem Belang ist, ausgenommen bei Anwendung von Auslöschphotometern.

VI. Über den Zusammenhang zwischen Lichtunterschieden und Farben.

Ich habe früher (AN 178.65 ff.) die geringe und unregelmäßige Veränderlichkeit roter Sterne auf den Wechsel der Farbauffassung zurückgeführt, wobei es aber unbewiesen blieb, daß dieser die ursächliche Veranlassung bildet. Aber schon damals sprach ich Zweifel an der Abhängigkeit beider Empfindungen voneinander aus in Hinsicht auf die an unveränderlichen farblosen Sternen beobachteten Lichtwechsel.

Von den Zeitpunkten geringster Lichtunterschiede meines persönlichen Auffassungswechsels fällt 1900 mit beinahe schwächster Rotempfindung, 1905 hingegen mit einer aufs neue verstärkten zusammen. In den Jahren 1911 und 1916 wich die Rotempfindung überhaupt nicht von der mittleren ab, während die Lichtempfindung ihren wellenförmigen Verlauf fortsetzte. Es geht daraus hervor, daß ein Anschluß beider Empfindungen aneinander nicht immer stattfindet. Beide gehen ihre eigenen Wege.

H. J. Klein konnte einen starken Farbenwechsel an α Cassiopeiae feststellen, *Wirtz* einen gleichen an α Ursae, während beide Beobachter die Helligkeit dieser Sterne gleichzeitig damit wenig oder gar nicht veränderlich fanden. Hier ist also das Fehlen gleichzeitiger Veränderlichkeit der Empfindungsweise der Zapfen und Stäbchen der Netzhaut auch in kurzen (mehrwöchigen) Zeitabschnitten nachgewiesen.

Ob nun aber die Sehvorgänge in allen Augen ohne Ausnahme in ihrer Stärke wechseln, ist noch nicht sicher

festzustellen. Entweder gehen nur in einzelnen Augen solche Auffassungsänderungen vor sich oder wohl in allen, aber nur zeitweilig. Das letzte ist das wahrscheinlichste. Daß der Wechsel aber vielfach periodisch abläuft und daß die Perioden von ungleicher Länge sind, steht fest. Oft auch scheint es, als wenn in kleinen Zeitspannen, die nach Tagen und Wochen zählen, die Änderungen der Auffassung mehr sprunghaft vor sich gingen; in längeren, Jahre umfassenden Abschnitten summieren sich die Sprünge zu gleichmäßig an- und ab-schwellenden Wellenlinien.

VII. Die Perioden.

Wir haben hauptsächlich zwei deutlich voneinander getrennte Perioden unterscheiden können, in denen sich der Wechsel der Auffassung vollzieht: eine mehrjährige und eine nur nach Tagen zu zählende kurze, vorzugsweise von etwa Monatslänge, besonders deutlich bei den Beobachtern der Sternfarben. Unter Physiologen ist die Ansicht vertreten, daß überall in der organischen Natur Rhythmen vorkommen, die von äußeren Einwirkungen ganz unabhängig sind. Aber sie sind nicht gleichmäßig andauernd, und die verschiedenen Arten stimmen in den Zeitläufen nicht miteinander überein.

Die größte Ähnlichkeit mit diesem Pulsieren in Lebewesen zeigen aber auch die meisten, wenn nicht alle wechselnden Vorgänge in der unorganischen Welt, soweit sie nicht von der Bahnbewegung eines Körpers herrühren: auf längeren Perioden zeichnen sich kürzere ab, oder lange Zeitabschnitte wechseln mit kurzen. Alle scheinen epizyklisch zu verlaufen. Bei vielen Vulkanen kehrt häufigere Tätigkeit in großen Wellen wieder und darüber hinweg laufen kleine, untergeordnete Wellen mit erhöhter Tätigkeit. Dasselbe gilt auch von den Ausbrüchen der Geiser, die noch die bemerkenswerte Erscheinung aufweisen, vielfach in ihrer regelmäßigen Tätigkeit nachgelassen zu haben. Bei den Sonnenflecken hat man eine Anzahl der verschiedensten Perioden herausgefunden. Wenn man unter einer astronomischen Periode ein aus gesetzmäßiger Ursache in bestimmten Zeitabschnitten regelmäßig wiederkehrendes Ereignis versteht (wie die Verfinsterungen der Sterne von Algotart), dann liegt ebensowenig im Wechsel der Anzahl der Sonnenflecke eine Periode vor wie in den Wiederholungen biologischer Vorgänge. Die Erscheinungen lassen sich auch anders auffassen. Die Natur muß sich nach schnell aufeinander gefolgtten Äußerungen ihrer Kraft erst wieder in einem Zustande der Entspannung erholen zu neuer Erhebung. Es liegt hier nur ein Pulsieren vor mit schwankenden Zeitfolgen, das von den in beständiger Tätigkeit befindlichen Umsetzungen des unorganischen wie lebendigen Stoffes veranlaßt wird. Es ist ein Wechsel zwischen Spannung und Lösung der Kräfte, ein Aufwallen und nachfolgendes Erlöschen, ein Schwanken um den Gleichgewichtszustand, deren Äußerungen wir wahrnehmen. Auf der Sonne kann es ein ununterbrochener Widerstreit der chemischen Elemente sein, fortwährend erneute Versuche zur Synthese der dissoziierten Stoffe. Daher dann nach längerem Streiten der Kräfte im Sonnenfleckmaximum die folgende Erholungspause im Minimum. Alles das täuscht uns schwankende Scheinperioden vor, die durch kein Gesetz geregelt werden.

VIII. Versuch einer Erklärung

der wechselnden Licht- und Farbe-Empfindungen.

Bei allen Änderungen der Licht- und Farbauffassung

haben wir zweierlei Quellen zu unterscheiden: erstens eine unmittelbare äußerliche. Diese bewirkt u. a. die Kontrasterscheinungen, den Verlauf der Dunkelanpassung und dergl.; zweitens eine innere, vom zentralen Nervensystem angeregte. Diese veranlaßt eine wechselnde Aufnahmefähigkeit der Netzhaut. Die Wirkungen der ersten können wir bestimmt voraussagen, die der zweiten sind unberechenbar. Vorzüglich bei dem in mehrjährigen Wellen ablaufenden Wechsel der Auffassung — den wir als Wechsel der wirklichen Empfindungen ansehen — versagen alle Erklärungen durch Ermüdung, wechselnde Aufmerksamkeit, Erregung, Krankheit. Wir können nur eine innere Quelle als Veranlassung des Wechsels annehmen. Das ist der Stoffwechsel des Körpers. Er schafft für die verbrauchten chemischen Bestandteile des Organismus Ersatz. Durch diesen mehr oder weniger regelmäßigen Wechsel von Auflösung und Wiederaufbau (Dissimilation und Assimilation) werden die Perioden mit ihrer wechselnden Länge und den scheinbaren Durchkreuzungen vorgetäuscht.

Auf alle Reizungen, auch auf solche, die vom Innern des Körpers ausgehen, antwortet die Netzhaut mit Lichtempfindungen. Diese werden dann immer gesetzmäßig nach außen projiziert, und daher kann man jene persönlichen langjährigen Licht- und Farbenwechsel zu den subjektiven Augentäuschungen rechnen. So kann genau die nämliche von außen kommende Strahlung zu verschiedenen Zeiten im Auge verschiedene Wirkungen hervorrufen.

Die geschilderten Erscheinungen bilden eine Stütze der *Heringschen* Theorie vom Stoffwechsel, die er auseinander-gesetzt hat in der »Lehre vom Lichtsinn« (Leipzig 1905). Vergl. auch *Hillebrand* »*Ewald Hering*. Ein Gedenkwort der Psychophysik« (Berlin 1918). Es soll aber nicht verschwiegen werden, daß *Herings* Theorie von der Assimilation und Dissimilation starken Widerspruch erfahren hat.

Immerhin könnte man dadurch auch das so oft voneinander unabhängige Verhalten der Licht- und Farbeempfindungen erklären. Man braucht nur anzunehmen, daß der Stoffwechsel auf die verschiedenen Nervenfasern der Netzhaut verschieden einwirkt.

Weiter führt das Erlöschen der früheren Wellenbewegung meiner Farbeempfindung auf die Vermutung eines Einflusses des Lebensalters.

IX. Über die Abhängigkeit der Lichtempfindungen vom Lebensalter.

In der Jugend und im Mannesalter sind die Vorgänge des Stoffwechsels am lebhaftesten, sie bilden mit ihren Folgen einen Ausdruck für den stärkeren Lebenstrieb. Mit der Veränderung des Stoffumsatzes müßten demnach auch die von ihm beeinflussten Licht- und Farbenwahrnehmungen sich ändern. Der Wechsel, den die Beobachter in den Sternen vor sich gehen sehen, ist ein Spiegelbild des Ablaufs ihres eigenen Lebens.

In dieser Hinsicht sind die langjährigen Beobachtungen, die *J. F. J. Schmidt* an μ Cephei angestellt hat, besonders wertvoll. Sie sind von *Plassmann* (»Untersuchungen über den Lichtwechsel des Granatsterns«, Münster 1904) bearbeitet und in einer Kurve dargestellt, die von 1866 bis 1884 reicht, wenn auch nicht ganz lückenlos. Aus ihr ist unmittelbar zu ersehen, wie sich die anfängliche, in den Jahren 1868–1878 gut ausgeprägte Periode von Jahreslänge später vollständig verliert. Was von ihr — von 1880 an — im höheren Alter

Schmidts übrig bleibt, nennt *Plassmann* die »kleinen Wellen des wahren Lichtwechsels« (S. [18]). Mehrere Maxima, welche die durchschnittliche Helligkeit des Sterns um einige Stufen übertreffen, benutzt *Plassmann* zur Ableitung einer Periode von 732 Tagen, die aber nicht mit den gleichzeitigen von *Argelander* und *Plassmann*, ja, nicht einmal mit den späteren Beobachtungen von *Schmidt* selbst übereinstimmt. Folglich ist die Kurve *Schmidts* weniger dem Stern eigen; sie bildet vielmehr einen Ausdruck der persönlichen Auffassung des Beobachters. Das findet seine Bestätigung in gleichlaufenden Erscheinungen bei anderen Sternen. Als Vergleichstern zu η Aquilae benutzte *Schmidt* nur β und ι . Deren Lichtunterschied nahm während der 31 Jahre längen Beobachtungszeit langsam ab, sodaß er sich durch eine gerade Linie darstellen läßt. Wie groß auch immer *Schmidts* Stufen sein mögen, bemerkt *Lockyer* dazu, so hat sich der Wert für den Lichtunterschied zwischen β und ι in 24 Jahren (1855–1879) um 1.7 Stufen geändert, oder in anderer Ableitung in 30 Jahren um 2.1 Stufen, in jedem Falle um 0.07 Stufen im Jahre vermindert (*Lockyer*, »Resultate aus den Beobachtungen des veränderlichen Sterns η Aquilae« 1897). Außerdem findet *Lockyer* noch eine andere Variation von $\beta - \iota$, »welche uns vor allem bei der Bestimmung der *Schmidtschen* Stufen entgegen tritt.« Es ist die bekannte *Schmidtsche* Jahresperiode, die von der wechselnden Lage der verglichenen Sterne herrührt. *Lockyer* berechnet halbmonatliche Mittelwerte und teilt dabei die Beobachtungen in die folgenden drei Abschnitte, für die ich die Mittel berechne, obwohl sich im dritten Abschnitte die Werte nicht so beständig erweisen wie in den beiden ersten:

1848–1859	1860–1868	1869–1879
1 st .42	0 st .84	0 st .14

(*Lockyer* a. a. O. S. 10).

In *Ludendorffs* Bearbeitung der *Schmidtschen* Schätzungen von ϵ Aurigae finden sich folgende Mittel der Lichtunterschiede zwischen $\epsilon - \eta$ Aurigae in Stufen (AN 192.391):

1849–1855	0 st .92	1869–1873	0 st .23
1855–1858	1.11	1876–1880	0.15
1858–1864	0.52	1880–1884	0.12
1864–1869	0.32		

die vom Stundenwinkelfehler frei sind. Auch hier dieselbe Verkleinerung der Lichtunterschiede. Diese dürfte also auch bei μ Cephei und ι Aquilae kaum auf diesen Fehler zurückzuführen sein, als eine Folge falscher Beobachtungsweise, indem man die zu vergleichenden Sterne gleichzeitig anstatt nacheinander ansieht. Der Fehler selbst ist lange bekannt gewesen, aber erst im Jahre 1881 wies *Safařik* (AN 101.24) seine Ursache nach. Selbst wenn nun *Schmidt*, dadurch veranlaßt, seine falsche Beobachtungsweise geändert hätte, so ist damit die allmähliche Abnahme seiner jährlichen Lichtwellen nicht erklärt, denn sie begann bereits vor *Safařiks* Aufklärung. Zudem wäre alsdann nicht eine allmähliche Abnahme, sondern eine plötzliche Änderung seiner Auffassung zu erwarten gewesen. Für die Wahrscheinlichkeit, daß im Auge des jugendlichen *Schmidt* lebhaft wechselnde Lichtempfindungen vor sich gingen, die mit zunehmendem Alter erloschen, spricht noch folgender Umstand. *Schmidt* hat in jüngeren Jahren und im Mannesalter die geringe Veränderlichkeit einer Anzahl roter Sterne entdeckt, und obwohl er bis zu seinem plötzlich im 59. Lebensjahre erfolgten Tode

unermüdlich als Beobachter tätig war, so hat er doch in seinem höheren Alter keine weitere Entdeckung solcher Sterne den früheren hinzugefügt. In seinem 26. Lebensjahre (um das Jahr 1851) wollte er auch gesehen haben, wie Arkturus seine Farbe änderte.

Mit der ausgesprochenen Vermutung stimmt es nun vollkommen überein, daß *Schmidt* an denselben Sternen, deren Lichtwechsel er früher selbst entdeckt und deren Helligkeit er selbst immer sich deutlich, zum Teil sogar periodisch ändern sah, gegen Ende seines Lebens nur geringen oder auch gar keinen Lichtwechsel mehr wahrnahm.

In α Cassiopeiae glaubte er während seiner frühesten Beobachtungen in den Jahren 1844–1855 (im 19.–30. Lebensjahre) einen Lichtwechsel von etwa der Dauer eines Monats sich vollziehen zu sehen. Schon in den späteren Jahren fand er jedoch nur sehr geringe und ganz unregelmäßig verlaufende Helligkeitsschwankungen. Sein letzter Bericht (AN 108.132) lautet, daß er im Jahre 1883 nur jene kleinen Änderungen wahrnahm, die sehr wesentlich von der Lage der Verbindungslinie beider Augen gegen die Verbindungslinie der verglichenen Sterne abhängen. Weiter lauten seine letzten Berichte: Über α Orionis im Jahre 1882: Lichtwechsel sehr gering, 1883: Allzu schwache Änderungen (AN 104.294; 108.136). Über β Pegasi 1882 und 1883: schwache Änderungen, die nur um die Zeit der hellsten Mondphasen deutlich hervortraten oder mit ihnen zusammenhingen (a. a. O.). Über S Coronae austr. 1881: »Der Stern zeigte sich schwach veränderlich, weniger als in früheren Jahren, aber wohl nicht in einer Periode von 6 Tagen, wie ich sie ehemals, und recht sicher, angab« (AN 101.322). Nach *Innes* ist dieser Stern überhaupt nicht veränderlich.

Hier ist auch an *Auwers'* Feststellung eines 16 Tage umfassenden Lichtwechsels des gar nicht veränderlichen weißen δ Orionis zu erinnern. Geboren 1838, war *Auwers* zur Zeit, da er diese Wahrnehmung bekannt machte (1859, AN 50.103), 21 Jahre alt.

Bei dieser Sachlage sind besonders alle Beobachtungen jüngerer Astronomen über geringe, unregelmäßige Veränderlichkeit nicht allein rötlicher Sterne mit großem Vorbehalt anzunehmen. Man darf sich dabei natürlich nicht an bestimmte Lebensjahre binden. Mancher altert vor der Zeit, ein anderer bewahrt sich den jugendlichen Eifer und lebhaft Teilnahme bis ins sogenannte hohe Alter.

X. Über die Störungen des gleichmäßigen Ablaufs der Empfindungen.

So sicher die vieljährigen Perioden der Auffassung zu ermitteln sind, so unsicher die kurzen, mehrtägigen oder mehrwöchigen. Diese sind hauptsächlich auf Grund von Farbenschätzungen gesichert. Die Folgen des Stoffwechsels können von Tag zu Tag leicht durch allerlei seelische und körperliche Vorfälle plötzlich gestört werden, wodurch in kleinen Zeiträumen ein schnell verlaufendes Zucken, ein Schwanken der Auffassung eintritt. Bekannt ist, wie eine von außen kommende Anregung auf unsere Tätigkeit und Bestrebungen wirken kann, im guten wie im schlechten Sinne. Ein großer Teil der Beobachtungskunst ist seelischer Art. Dazu gehört das Schätzen von Lichtunterschieden sowie die Beurteilung von Ton und Sättigung einer Farbe. Dann muß aber darauf alles das von Einfluß sein, was überhaupt die geistige Tätig-

keit im allgemeinen beeinflusst. So das Wetter. Bei abnehmendem Luftdruck fühlen sich viele abgespannt und ermüden leichter als bei hohem Barometerstande und heiterem Wetter. Auch die Zeiteinteilung der Woche kann unter Umständen Einfluß ausüben. Gegen Ende der Woche tritt bei regelmäßig Arbeitenden Erschöpfung ein, die nach der sonntäglichen Erholung geschwunden ist. Das zeitweilige Unvermögen, geringe Lichtunterschiede stets in gleicher Größe zu erkennen, könnte durch mangelhafte Aufmerksamkeit erklärt werden. Daß diese rhythmisch wechselt, ist längst festgestellt. Es scheint, daß sich auch ein Beispiel von Einfluß der Erregung bietet, und zwar bei *Schmidt*. Bei ihm ist die Helligkeit von ϵ Aurigae außerhalb der Lichtminima beständig $3^m 26$ im Mittel gewesen. Nur in den Jahren 1855–1858 »könnten kleine Lichtschwankungen von Jahresperiode und einer Amplitude von wenigen Zehnteln einer Größenklasse aufgetreten sein«, die aber wahrscheinlich nicht reell sind (*Ludendorff* AN 192.398). Auch der Stundenwinkelfehler, der bei allen Lichtschätzungen *Schmidts* eine Rolle spielt, war in der Zeit 1855.5–1858.5 »größer als sonst, und als dann *Schmidt* Ende 1858 nach Athen übersiedelte, ging unter den dortigen günstigeren atmosphärischen Verhältnissen dieser Fehler wieder auf den früheren Betrag zurück« (AN 192.395). Aber dieser Fehler hat mit der Atmosphäre gar nichts zu tun. Ich habe mich mit der Bitte um eine Auskunft über das Wesen *Schmidts* an Herrn Geheimrat *Foerster* gewandt, der diesen hervorragenden Beobachter noch persönlich gekannt hat. Herr *Foerster* hatte die große Gefälligkeit, meine Bitte zu erfüllen. Danach war *Schmidt* mehr Weltmann als Gelehrter und keineswegs ängstlicher Natur, sodaß ihm früher die Übersiedlung von Bonn nach Olmütz keinerlei Unruhe zu verursachen schien. Das gleiche würde demnach wohl auch vor seiner Übersiedlung nach Athen der Fall gewesen sein. Man könnte also die erwähnte Störung in *Schmidts* Lichtempfindung kaum als Ausfluß seines Charakters deuten, wenn man nicht eine gewisse Unaufmerksamkeit oder Erregung beim Beobachten annehmen will, hervorgerufen durch die Gedanken an die bevorstehende Änderung in seinen Lebensverhältnissen.

Man gerät auch auf die Frage, ob nicht vielleicht die anfängliche Höhe der Wellen meines biologischen Farbenwechsels auf den anregenden Reiz des Neuen zurückzuführen sein möchte. Eine Entscheidung dieser Frage liefern die dort (S. 97) mit angegebenen Zahlen der Einzelschätzungen. Diese kennzeichnen nämlich die Anziehungskraft, welche die astronomischen Beobachtungen zeitweise ausgeübt haben. Sie deuten an, daß die Beschäftigung mit Sternfarben mehrmals fast geruht und mit Beschäftigung gänzlich anderer Art gewechselt hat. Wie man sieht, hängen die Wellen des biologischen Farbenwechsels nicht vom Interesse an der Sache ab. Außerdem war mir die Beobachtung der Sternfarben nichts neues, die betrieb ich schon Jahre lang vor 1885. — Wie ich *Hagens* Veränderl. Sterne, Bd. I, S. 159 entnehme, findet *Abney* die Ursache der mit der Zeit wechselnden Empfindlichkeit des Auges im Gesundheitszustande des Beobachters. Es geht daraus nicht hervor, ob die Behauptung auf Erfahrung beruht oder lediglich eine Vermutung ist. Bei mir hat die Licht- und Farbenempfindung gewechselt trotz gleich gebliebener guter Gesundheit, und ich vermag Störungen des Wohlbefindens ganz bestimmt nicht als deren Ursache zu bezeichnen.

Selbst wenn die im vorausgehenden ermittelte Unregelmäßigkeit der Wellen der Lichtempfindung nicht auch vom Ablauf aller anderen Lebensvorgänge gelten sollte (was gegen alle Wahrscheinlichkeit sprechen würde), so genügt sie allein schon, um zu zeigen, wieviel Wert die Theorien vom regelrecht periodischen Ablauf des Lebens besitzen.

XI. Schlußfolgerung.

Immer deutlicher wird es, daß das Innenleben des Körpers auf das Empfinden der Stärke von Lichtunterschieden und Farbe-Eindrücken in veränderlicher Weise einwirkt. Man hat in der beobachtenden Astronomie bisher jene Erscheinungen zu sehr physikalisch aufgefaßt und vorausgesetzt, daß das Auge sich gegenüber Licht- und Farbe-Eindrücken im gleichbleibenden Zustande der Empfindlichkeit oder Aufnahme-fähigkeit befinde. Aber das Auge ist keine photographische Kamera, mit der es so oft verglichen wird, es hat auch keine Ähnlichkeit mit einem Fernrohr, das ebenfalls mitunter zur Vergleichung dienen muß, es ist überhaupt keinem physikalischen Instrumente gleich.

Ist der Stoffwechsel die Ursache der Auffassungsänderungen, dann müssen sich diese naturnotwendig in allen Augen zeigen, aber es kann natürlich niemals eine Übereinstimmung betreffs Art und Umfang des Lichtwechsels erzielt werden. Auch ist die von der Kommission der Veränderlichen Sterne festgesetzte Bedingung hinfällig. *Goulds* bekannte Äußerung, alle Sterne seien in geringem, die Beobachtungsfehler kaum übersteigendem Maße veränderlich, stellt sich als richtig heraus, nur ist die Ursache nicht in den Sternen zu suchen.

Vor allen Dingen muß man sich von der Anschauung frei machen, in den besprochenen Auffassungsänderungen Fehler des Auges eines bestimmten Beobachters zu sehen oder gar krankhafte Zustände. Sie lassen sich als Fehler auffassen, aber sie sind allgemein gültig und nehmen daher die Form eines Naturgesetzes an. Sie gehören zu den allgemeinen Unvollkommenheiten der menschlichen Sinnesorgane. *Thiele* drückte seine Ansicht über *O. Struves* Doppelsternmessungen wie folgt aus: »Daß sein Auge mehr fehlerhaft war oder wurde, wie es für solche Beobachtungen wünschenswert ist, das war für ihn ein Zufall, den er zum Heil der Astronomie benutzte« (VJSd. AG 15.347). Aller Wahrscheinlichkeit nach war *O. Struves* Auge nicht fehlerhafter als alle anderen. Man würde darüber schon mehr wissen, wenn andere Beobachter die Untersuchungen in *Struvescher* Art wiederholt hätten.

Mit Ausmerzung der Sterne von α Orionis-Art gewinnt die Theorie der Veränderlichen ein einfacheres Aussehen und wird auf eine Grundursache zurückgeführt: Die Bahnbewegung und dadurch verursachte Flutanschwellungen oder gegenseitige Bedeckungen.

Dann bleiben nur die Neuen Sterne als Sondererscheinungen übrig. Ihr Aufleuchten deutet zwar eine Katastrophe an, aber die auffallende Häufigkeit ihres Eintritts nötigt, in ihnen einen Entwicklungsvorgang zu sehen und nicht eine Zufallserscheinung während ihrer Eigenbewegung.

Die überaus zahlreichen Beobachtungen jener rötlichen Sterne sind darum nicht vergebens angestellt. Es wäre sehr wünschenswert, sie einer neuen Bearbeitung zu unterziehen, um zu ermitteln, in welcher Weise die persönliche Eigenart des Beobachters auf die Ergebnisse eingewirkt hat.

Es bleibt nichts anderes übrig, als auch die Biologie als Hilfswissenschaft in die Astronomie einzuführen.

H. Osthoff.