

# Veränderliche Sterne.

Von Dr. H. Plate, Kamen i. W.

Wen auch der Kampf in den Anfangen jeder astronomischen  
wissenschaftlichen Beobachtungsgeschichte bestehende Unterschied zwischen  
den Wandelsternen und den sogenannten Fixsternen bekannt ist,  
so streift man in ihrer farrnen Reihe zueinander ihrer Ränder glänzend  
schimmernd im Laufe eines Tages sich um die Weltaxe schwebend zu  
sehen es nur häufiger Nahe, die wir der inneren Seite des gewöhnlichen  
Himmels durchsichtig sind. (paradische Lichtpunkte im dunklen  
Raum der Nacht, ein Bild ewiger Ruhe und Unveränderlichkeit, ziehen  
die Wandelsterne, zu denen man es aber rechnen kann, was eine andere  
Welt von ihnen abhebt, und die sie von den Fixsternen unterscheidet.  
Es ist nicht zu verwundern, wenn man durch das Herab der Fixsterne  
man kann es wohl begreifen, daß es Jahrtausende gedauert hat,  
bis der Mensch endlich durch dieses Gewebe der wechselnden Fix-  
sternreihen sich hindurch gelangte und gewissermaßen hat, wie ich  
als neugeborener Theoretiker und Praktiker abgemüht habe,  
zu immer mehr der wieder aufwachsenden Differenzen zwischen  
den Fixsternberechnungen und den nicht weit von den richtigen  
Beobachtungsergebnissen Herr zu werden, und sich des Zuges  
des jeden schwebigen Zeitmoments, ob vergangen oder zukünftig,  
als geordnete Lage aller bekannten Glieder unseres Systems  
eigens beredigen zu können. Hipparchus, Ptolemäus, Copernicus,  
Kepler, Newton bezeichneten den mühsamen Weg. Der berühmte  
Himmelskünstler wäre wärend Abgesehen von gelegentlich an  
ihnen die Fixsterne auf sieben, Sonne, Mond, Merkur, Venus,  
Mars, Jupiter und Saturn. Eingehend mit dem Studium der Fix-  
sterne sich zu beschäftigen, das letzte der zwingende Grund. Hier  
zusammenfassen Lage zwar wurde in vortheilhaftig unvollständigen  
Verhältnissen festgesetzt, auch ihre Helligkeit gelichtet, zum eigentlichen  
Verstand ihrer Natur und ihrer Anwesenheit in Stellung, Helligkeit  
und Farbe konnte man sich gelangen, nachdem der Blick von der  
Erdoberfläche über die Grenzen des Sonnensystems hinausging und man  
den Fixsternen Himmelskörper erkannte, die unserer Sonne in  
einer Reihe stehen, man die Lage selbst gleich sah. Wie es aussieht

In der That hat die Regierung sich durch die  
Anstellung des Herrn Dr. H. P. K. als  
Bürgermeister der Stadt Bamberg  
eine große Unterstützung erworben.  
Die Stadt hat durch die  
Anstellung des Herrn Dr. H. P. K.  
eine große Unterstützung erworben.  
Die Stadt hat durch die  
Anstellung des Herrn Dr. H. P. K.  
eine große Unterstützung erworben.

## Veränderliche Steine

In nächster Zukunft wird es möglich sein, den  
Bürgermeister der Stadt Bamberg  
nachzusuchen. Die Stadt hat durch  
die Anstellung des Herrn Dr. H. P. K.  
eine große Unterstützung erworben.  
Die Stadt hat durch die  
Anstellung des Herrn Dr. H. P. K.  
eine große Unterstützung erworben.

### Von Dr. H. P. K.

Wenn man sich eine längere Zeit  
denkmalen wird, so wird man  
sich leicht überzeugen können,  
dass die Regierung sich durch  
die Anstellung des Herrn Dr. H. P. K.  
eine große Unterstützung erworben.  
Die Stadt hat durch die  
Anstellung des Herrn Dr. H. P. K.  
eine große Unterstützung erworben.

— Puppinger — 1. Juli 1913

Jedem Naturfreund, auch demjenigen, dessen Studien der Beschäftigung mit dem gestirnten Himmel und seinen Wundern ferner liegen, dürfte der schon in den Anfängen jeglicher astronomischer Kenntnis als Beobachtungsergebnis feststehende Unterschied zwischen den Wandelsternen und den sogenannten Fixsternen bekannt sein. Während diese in ihrer starren Ruhe zueinander, ihrer ständig gleichen Leuchtkraft im Laufe eines Tages sich um die Weltaxe schwingen als wären es nur feurige Nägel, die an der Innenseite des gewaltigen Himmelsdoms angeheftet sind, sporadische Lichtpunkte im dunklen Mantel der Nacht, ein Bild ewiger Ruhe und Unnahbarkeit, ziehen die Wandelsterne, zu denen man ja alles rechnen kann, was eine innerhalb weniger Tage oder Jahre dem freien Auge leicht wahrnehmbare Bewegung am Himmel ausführt, seit Menschengedenken ihre so verzwickten und rätselhaften Bahnen durch das Heer der Fixsterne. Man kann es wohl begreifen, daß es Jahrtausende gedauert hat, bis der Mensch endlich durch dieses Gewirr der wechselnden Erscheinungen sich hindurch gefunden und gewunden hat, wie sich die hervorragendsten Theoretiker und Praktiker abgemüht haben, um immer mehr der wieder auftauchenden Differenzen zwischen den Vorausberechnungen und den nicht weg zu disputierenden Beobachtungsergebnissen Herr zu werden angesichts des Zieles, für jeden beliebigen Zeitmoment, ob vergangen oder zukünftig, die gegenseitige Lage aller bekannten Glieder unseres Sonnensystems berechnen zu können. Hipparch, Ptolemäus, Kopernikus, Kepler, Newton bezeichnen den mühsamen Weg. Der beobachteten Himmelsobjekte waren wenige. Abgesehen von gelegentlich erscheinenden Kometen nur sieben: Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Eingehend mit dem Studium der Fixsterne sich zu beschäftigen, dazu fehlte der zwingende Grund. Ihre gegenseitige Lage zwar wurde in verhältnismäßig unvollständigen Katalogen festgelegt, auch ihre Helligkeit geschätzt; zum eingehenden Studium ihrer Natur und ihrer Änderungen in Stellung, Helligkeit und Farbe konnte man erst gelangen, nachdem der Blick und das Interesse über die Grenzen des Sonnensystems hinausging und man in den Fixsternen Himmelskörper erkannte, die unserer Sonne in vielen Teilen ähnlich, manche sogar völlig gleich sind. Wie so manche

Bezeichnung, die noch aus einer Zeit weniger entwickelter Naturerkenntnis stammt, mußte auch der Name Fixstern als feststehender Stern seine eigentliche Bedeutung verlieren und wenn auch kein Grund vorliegt, solche fest eingewurzelte Bezeichnungen aufzugeben, so wissen wir doch, daß kein Fixstern in Wirklichkeit diesen Namen verdient und daß das ewige Gesetz von der Beständigkeit des Wechsels auch in den fernsten Räumen des Weltalls herrscht, bis zu denen unsere Beobachtungsmittel uns führen und darüber hinaus. Auch jeder Fixstern ist im wahren Sinne des Wortes ein Planet, ein Irrstern, der ohne Raft und Ruhe mit kosmischer Geschwindigkeit seine Bahn zieht. Welche? Darüber Auskunft zu geben, erfordert ein Beobachtungsmaterial, so ausgedehnt, daß die vorliegenden Daten kaum ausreichen, über einen verschwindenden Bruchteil der Fixsternwelt einigermaßen Sicheres auszusagen. In Fixsternentfernungen, die auszudenken selbst der kühnsten Phantasie mißlingt, schrumpft auch die fabelhafte Geschwindigkeit von Kilometerzehnern in der Sekunde auf winzige, nach Bruchteilen von Bogensekunden zu bemessende Verschiebungen am Himmel zusammen. Sind aber die Fixsterne aufzufassen als Planeten höherer Ordnung, so werden sie den so benannten Körpern unseres Sonnensystems auch sonst noch ähnlich sein.

Auch für jeden Planeten gab es eine Jugend, in der er als Fixstern kleinsten Kalibers in hellster Weißglut Licht und Wärme in den kalten Weltenraum hinausstrahlte, wo sie alle mit unserer Sonne zusammen, verkettet mit dieser durch mächtige Anziehungskräfte als Fixsterngruppe durch den Weltenraum jagten, bis dann an einem nach dem andern sich das Schicksal vollzog, bis ihr Eigenlicht und ihre Eigenwärme abnahmen und abnehmen und sie als erkaltete und dunkle Wandelsterne auf die Gnade ihrer Zentralsonne angewiesen sind. Genau so, wie sich etwa der Anblick des Jupiter in ungemessenen Zeiträumen geändert hat, muß auch der Anblick jedes Fixsternes allerdings in wesentlich langsamem Tempo eine Änderung zeigen, indem seine Leuchtkraft allmählich abnimmt und gleichzeitig seine Farbe in der Reihenfolge der Glutzustände von Weiß durch Gelb nach Rot sich ändert.

Neben dem Studium der Eigenbewegungen der Fixsterne verspricht also auch die Verfolgung des Lichtwechsels, d. h. ihrer Helligkeitsänderungen und des Farbenwechsels, ein erfolgreiches Eindringen in das Werden und Geschehen in der Fixsternwelt. Ebenso wie man von vornherein behaupten kann, daß jeder Fixstern eine Eigenbewegung besitzt, so muß auch mit Naturnotwendigkeit jeder Stern sein Licht wechseln, also ein sog. veränderlicher Stern sein; wie jedoch nur solche Sterne mit merkbarer Eigenbewegung in die betreffenden Verzeichnisse aufgenommen werden, so bezeichnet man als veränder-

liche Sterne im engeren Sinne auch nur solche Objekte, bei denen der Lichtwechsel in relativ kurzer Zeit sich vollzieht gegenüber der langsamen Lichtabnahme, die wir bei jedem Fixstern voraussetzen dürfen.

Es ist klar, daß die Veränderlichkeit des Lichtes zuerst an solchen Sternen auffallen mußte, bei denen die Lichtänderung in dem Zeitraum kleiner als ein Menschenleben in wahrnehmbarem Maße sich vollzog, weil so geübte Beobachter Änderungen aus ihrer Erinnerung konstatieren konnten. Daß solche Objekte existieren können, geht schon aus der Überlegung hervor, daß auch noch andere Ursachen als die fortschreitende Abkühlung eine auffällige Abnahme und auch Zunahme oder endlich beides in periodischem Wechsel veranlassen können. So beobachtete Fabricius im Jahre 1596 im Sternbilde des Walfisches einen Stern  $\alpha$ . Größe, also ein immerhin auffälliges Objekt, das ihm als eifrigen Beobachter nicht hätte entgangen sein können, wenn der Stern früher dort gestanden hätte. Spätere Beobachtungen wiesen dann nach, daß der Stern periodisch aufleuchtet und dann für längere Zeit wieder dem freien Auge verschwindet. Dieser wunderbare, d. h. unerklärliche Lichtwechsel trug dem Veränderlichen seinen Namen ein „Mira Ceti“, d. i. wunderbarer (Stern) im Walfisch. Der zweite als veränderlich erkannte Stern ist der zweithellste im Sternbilde des Perseus,  $\beta$  Persei, mit Eigennamen Algol. Entdeckt von Montanari 1667, wurde die Art des Lichtwechsels erst 1782 durch Goodricke einwandfrei dahin festgestellt, daß Algol in regelmäßigen Zwischenräumen seine ursprüngliche Helligkeit für einige Stunden vermindert, um dann wieder im alten Glanze zu strahlen.

Die Beispiele von Mira Ceti und Algol lassen schon erkennen, daß verschiedene Ursachen den Lichtwechsel zuwege bringen und das Studium der Veränderlichen weitere Kenntnisse über die Fixsternwelt vermittelt. Trotz dieser beiden auffallenden Erscheinungen lag die Beschäftigung mit den Veränderlichen und überhaupt das Studium der Helligkeitsverhältnisse der Gestirne sehr im argen, bis etwa 1830 der damalige Direktor der Bonner Sternwarte, Argelander, auf die Bedeutung dieses Zweiges der Astronomie hinwies und selbst die Beobachtung mächtig förderte. Seinen Bemühungen ist es zu verdanken, wenn heute die Photometrie der Gestirne und das Studium der Veränderlichen den ihnen gebührenden Platz einnehmen. Mehrere tausend Fixsterne sind bis heute als veränderlich erkannt und werden von eifrigen Beobachtern, von Fachastronomen wie Freunden der Sternkunde, eifrigst studiert.

Wo immer eine Zahl von Einzelfällen aus einem Beobachtungsbereich sich sammeln, liegt es nahe, durch sorgfältige Klassifikation Übersicht und Ordnung in das Verwirrende der Einzelercheinungen

zu bringen. Etwa 60 Veränderliche zeigten nach Ausweis der Beobachtung das gleiche Verhalten als der bereits erwähnte Algol; was lag da näher, als von gleichen Erscheinungen auf gleiche Ursachen, kurz auf wesentliche Verwandtschaft zu schließen; denn daß Dutzende von Objekten, die über den Himmel verstreut sind, einen völlig analogen Lichtwechsel zeigen, ist doch wohl mehr als bloßer Zufall. So entsteht der Begriff der Veränderlichen vom Algoltypus.

Zum Verständnis der folgenden Ausführungen soll kurz daran erinnert werden, in welchem Maße die Helligkeiten der Sterne gemessen werden. Erreicht ein Stern eine Helligkeit, so daß die Netzhaut des bloßen Auges von seinen Strahlen eben noch gereizt wird oder liegt er, wie man sagt, an der Reizschwelle für das normale Auge, so bezeichnet man ihn als Stern 6. Größe. Sterne 6. Größe sind also alle die feinen Lichtpünktchen, die ein normal gebautes und normal empfindliches Auge am klaren und völlig dunklen Himmel eben noch ohne Anstrengung bestimmt erkennen kann. Von dieser kleinsten Helligkeit anfangend nimmt das Licht der Sterne ständig zu und erreicht in einzelnen wenigen Vertretern einen Glanz, der diese zu den auffälligsten Objekten am Fixsternhimmel macht.

Die kleine Gruppe der hellsten Fixsterne bezeichnet man als Sterne 1. Größe und schaltet dann zwischen den Sternen 1. und 6. Größe die fehlenden Größenklassen so ein, daß das Helligkeitsverhältnis zweier aufeinanderfolgender Größenklassen überall das gleiche ist. Um jedem Irrtum zu begegnen, muß noch bemerkt werden, daß die Bezeichnung „Größe“ ohne weiteres nichts über die wahre Größe ausfagen kann und soll; ein weit entfernter „großer“ Stern erscheint dem Auge von einer niedrigeren „Größenklasse“ als ein näher gelegener „kleiner“ Stern. Die Einteilung der Sterne in 6 Größenklassen reicht ebenso wenig aus zur genauen Bestimmung der Helligkeit wie etwa die Angabe der 7 Grundfarben im Sonnenspektrum zur Lagenbezeichnung der Fraunhofer'schen Linien. Man hat deswegen schon früh die Größenklassen geteilt und Zwischenstufen eingeführt und in den modernen Helligkeitskatalogen, welche die Helligkeit einer großen Anzahl von Sternen auf Grund genauer Messungen festlegen, rechnet man mit Zehntel und Hundertstel einer Größenklasse wie bei Längenmessungen mit den entsprechenden Teilen der Maßeinheit.

Algol oder  $\beta$  Persei, wie er nach seiner Stellung im Sternbilde des Perseus auch genannt wird, ist ein veränderlicher Stern, der einer ganzen Klasse von Veränderlichen die Klassenbezeichnung als Algolsterne eingetragen hat und dessen Lichtwechsel mit großer Regelmäßigkeit sich vollzieht. Wer den Algol nur gelegentlich beobachtet, wird ihn durchweg als einen Stern von der Helligkeit  $2,1^m$

finden, d. h. ein Zehntel Größenklasse schwächer als einen Normalstern 2. Größe. Die weitere Beobachtung ergibt dann folgendes: In regelmäßigen Zwischenräumen von 2 Tagen 20 Stunden 48 Minuten 55,6 Sekunden beginnt sein Licht abzunehmen und fällt in etwa 5 Stunden um 1,1 Größenklassen auf  $3,2^m$ . Da von jetzt ab das Licht wieder ansteigt und nach weiteren 5 Stunden wieder den ursprünglichen Wert 2,1 erreicht, so ist der Wert  $3,2^m$  für Algol das Minimum und die Zeit, wo dieser Wert eintritt, die Zeit minimaler Leuchtkraft. Wollte man die Helligkeit graphisch als Funktion der Zeit darstellen, so würde die Lichtkurve des Algol regelmäßige Einbuchtungen nach unten aufweisen, die jedesmal einem Minimum des Lichts entsprechen; im übrigen würde die Kurve horizontal verlaufen, so daß das maximale Licht während des größten Teiles einer Periode, d. h. der Zeit von einem Minimum zum nächsten, anhält und von einer Epoche des Maximums, d. h. von einem einzigen Zeitpunkt, in welchem der Maximalwert herrscht, nicht gesprochen werden kann.

Bei den übrigen, dem Algoltypus angehörenden Veränderlichen vollzieht sich der Lichtwechsel in analoger Weise und mit gleicher Regelmäßigkeit. Auch hier bleibt die Helligkeit während des größten Teiles der Periode konstant und nur in verhältnismäßig kurzer Zeit vollzieht sich ein Abstieg zu einem Minimum und symmetrisch dazu der Aufstieg zu dem vollen Licht. Der Lichtwechsel aller Algolsterne hat etwas so Regelmäßiges an sich, daß es gelungen ist, die Eintrittszeiten der Minima mit einer Schärfe voraus zu berechnen, die man auch bei der Vorausbestimmung von Bewegungserscheinungen im Weltenraum gewöhnt ist, und es liegt darum der Gedanke nahe, daß derartige sich streng regelmäßig wiederholende Erscheinungen nicht anders erklärt werden können denn als Folge eines im fernen Sternenraum sich abspielenden Bewegungsvorganges; wenn auch physikalische Vorgänge auf dem Sterne selbst einen Lichtwechsel erklären könnten, so würden diese Ursachen doch viel zu unregelmäßig wirken, um das bis auf Minute und Sekunde genaue Eintreffen des Minimums erklären zu lassen.

Bewegungen können insofern die scheinbare Helligkeit eines Sternes beeinflussen, als durch Bedeckung seitens eines dunklen oder wenigstens weniger hellen zweiten Körpers in der Richtung der Verbindungsline beider Körper ein Abfangen eines Teiles der ursprünglichen Strahlung notwendig eintritt. Die gelegentliche partielle oder totale Bedeckung der Sonne durch den Mond dürfte die Sache besser veranschaulichen. Für uns ist auch die Sonne ein veränderlicher Stern vom Algoltypus, insofern das sonst konstante Licht der Sonne zuweilen stark durch Verfinsterung vermindert wird.

Daß eine so erhebliche Abblendung des Sonnenlichtes durch den Mond möglich ist, muß lediglich auf die große Nähe und die damit zusammenhängende scheinbare Größe des Mondes zurückgeführt werden. Selbst der viel größere Merkur und die noch größere Venus vermögen bei den gelegentlichen Vorübergängen eine merkbare Schwächung des Sonnenlichtes nicht hervorzubringen. Wenn daher im fernen Sternenraum ein dunkler Körper einen helleren zeitweise verdeckt und eine für uns recht merkliche Sternverfinsterung hervorruft, so müssen die Durchmesser der beiden beteiligten Körper nicht allzu sehr von einander verschieden sein.

Wir haben es also im System des Algol zu tun mit einem Doppelstern, dessen Komponenten nahezu gleich groß sind und die beide ihre Bahn um den gemeinsamen Schwerpunkt ziehen. Bei dieser Umlaufsbewegung tritt die eine dunklere Komponente einmal vor die hellere, fängt von der Erde aus gesehen einen Teil des Lichtes des helleren Sternes ab und verursacht so dessen periodisches Schwächerwerden. Die Regelmäßigkeit der Umlaufsbewegung verursacht dann die Regelmäßigkeit des Lichtwechsels.

Bewegungsvorgänge leuchtender Weltkörper lassen sich auch mit dem Spektroskop messend verfolgen. Nach dem bekannten von Doppler ausgesprochenen Prinzip tritt im Lichte der uns sich nähernden Körper eine scheinbare Verkürzung der Wellenlänge des Lichts ein, bei sich entfernenden eine entsprechende Verlängerung. Es ist dies auf optischem Gebiet dieselbe Erscheinung wie in der Akustik die Beobachtung, daß eine sich nähernde Schallquelle eine zu hohe, eine sich entfernende eine zu niedrige scheinbare Tonhöhe bzw. Schwingungszahl hat. Zeigt also das Spektrum eines Sterns etwa die Fraunhoferschen Absorptionslinien des Wasserstoffs und eilt er mit genügender Geschwindigkeit auf uns zu oder wir auf ihn, so zeigen die Linien gegen die Lage der zum Vergleich herangezogenen Wasserstofflinien, herrührend von der spektralen Zerlegung des Wasserstofflichtes in Geißlerröhren eine Verschiebung nach dem violetten Teile des Spektrums. Die Größe der Verschiebung ist dabei ein Maß für die Geschwindigkeit der Bewegung.

Dieses Prinzip auf das Algolssystem angewandt zeigt mit großer Deutlichkeit, daß der Algol periodisch sich auf unser Sonnensystem zu und von ihm fort bewegt und daß die Dauer dieser Bewegung übereinstimmt mit der Periode des Lichtwechsels. Die genaueren Ergebnisse bietet folgende Übersicht nach Potsdamer Beobachtungen, zum Vergleich sind Maße aus unserem Sonnensystem beigelegt.

Durchmesser des Hauptsterns (Algol) . .	1 700 000 km
Durchmesser des Begleiters . . . . .	1 330 000 „
Distanz des Mittelpunktes . . . . .	5 180 000 „



Bahngeschwindigkeit des Algol . . . . .	42 km
Bahngeschwindigkeit des Begleiters . . . . .	89 "
Durchmesser der Sonne . . . . .	1 380 000 "
Entfernung Erde—Mond . . . . .	384 400 "
Bahngeschwindigkeit der Erde . . . . .	30 "

Während wir bei den Algolsternen es zu tun haben mit einer Veränderlichkeit des Lichtes von der größten Regelmäßigkeit, deren Ursache wir mit Sicherheit auf Bewegungs- und Verfinsterungsvorgänge zurückführen, liegen die Verhältnisse bei der zweiten Klasse der Veränderlichen wesentlich anders. Die Helligkeitskurve des Algol verläuft während des größten Teiles seiner Periode horizontal, um nur für wenige Stunden eine Einbuchtung nach unten zu erfahren. Das Licht eines Sternes wie  $\delta$  Cephei oder  $\beta$  Lyrae, die wir zu der nun zu besprechenden Klasse zählen, zeigt niemals eine Konstanz, sondern ist im dauernden Wechsel zwischen Minimal- und Maximalwerten. Auch hier vollzieht sich jedoch der gesamte Lichtwechsel ebenfalls wie beim Algol innerhalb einiger Tage und ist durchweg konstant, bei  $\delta$  Cephei z. B. dauert der Lichtwechsel 5 Tage 8 Stunden 47 Minuten und 40 Sekunden und hat folgenden Verlauf. In seinem tiefsten Minimum hat  $\delta$  Cephei die Größe 4,9, übertrifft also nur um ein Zehntel Größenklasse die Normalsterne 5. Größe. Dann steigt sein Licht rasch in einem Tag und 15 Stunden an von 4,9 auf 3,7 Größe, also um mehr als eine Größenklasse, zu einem Maximum. Der dann unmittelbar einsetzende Abfall zum Minimum ist bedeutend verlangsamt und zeigt bei  $\delta$  Cephei und den übrigen zu dieser Klasse zu rechnenden Veränderlichen eine Ausbuchtung nach oben, die als Ansatz zu einem zweiten, einem Nebenmaximum aufgefaßt werden kann. Der Lichtabfall zum Minimum vollzieht sich in 3 Tagen und 18 Stunden, worauf der Lichtwechsel von neuem anhebt. Das Bezeichnende an dem Lichtwechsel des Veränderlichen  $\delta$  Cephei ist neben dem dauernden Steigen und Fallen des Lichtes zunächst das sehr rasche Aufflammen vom Minimum zum Maximum und die langsame Abnahme zu dem folgenden Minimum, dann auch das wenigstens angedeutete Vorhandensein eines nochmaligen Aufflammens im absteigenden Aste der Lichtkurve. Dieses Nebenmaximum und ein notwendig damit eintretendes Nebenminimum findet sich bei einigen Vertretern der Klasse mit der größten Deutlichkeit. Am ausgeprägtesten sind beide Minima und Maxima bei dem Veränderlichen  $\beta$  Lyrae. Dieser Stern ist in seinem Minimum 4,5 Größe, steigt dann in 3 Tagen 2 Stunden zu einem Maximum von 3,4 Größe an, sinkt dann nach 3 Tagen 8 Stunden auf etwa 3,9 Größe, gewinnt dann in 3 Tagen 3 Stunden wieder den Glanz des ersten Maximums und erbläst dann von neuem zu seinem tiefen Minimum mit 4,5 Größe. Der ganze Lichtwechsel zeigt also zwei

gleich hohe Maxima und zwei ungleiche Minima von 4,5 und 3,9 Größe und vollzieht sich innerhalb 12 Tagen 22 Stunden.

Die Erklärung des Lichtwechsels der zu dieser Klasse zu rechnenden Veränderlichen macht schon größere Schwierigkeiten, zumal die genauere Untersuchung noch eine Reihe weiterer Eigentümlichkeiten im Verlauf der Lichtkurve aufgedeckt hat. Zweifellos handelt es sich auch hier wie bei den Algolsternen um Bewegungsvorgänge als Ursache des Lichtwechsels. Darauf weist bereits hin die relativ große Regelmäßigkeit und die Konstanz der Periodenlänge. Tatsächlich sind auch durch spektroskopische Untersuchungen Bewegungen periodischer Natur an diesen Sternen nachgewiesen, deren Dauer mit der Periode des Lichtwechsels übereinstimmen. Lediglich Verfinsterungen durch Bedeckung können jedoch den Lichtwechsel auch nicht erklären, da sonst wenigstens in einzelnen Teilen die Lichtkurve ein Gleichbleiben des Lichtes anzeigen müßte.

Man hat zur Erklärung der Erscheinungen hingewiesen auf die gewaltigen Anziehungskräfte, die beide Teile eines Sternpaares aufeinander ausüben müssen und die sich in gewaltigen Ebbe- und Fluterscheinungen in den Sternatmosphären äußern. Diese Flutkräfte können so gewaltig werden, daß sie große Flächenteile der Sterne von der stark lichtabsorbierenden Atmosphäre bloßlegen, so daß das Licht des Sternes mit unverminderter Kraft zu uns strahlt. Diese Flutwellen umkreisen dann die Sterne und verursachen für uns die Erscheinung des periodischen Lichtwechsels und können im Verein mit teilweisen Bedeckungen zur Erklärung einer komplizierten Lichtkurve herangezogen werden.

Auch an eine tatsächlich und dauernd verschiedene Leuchtkraft einzelner Oberflächenteile des Veränderlichen hat man gedacht, etwa in der Weise, daß weite Teile mit einer nicht oder nur schwach leuchtenden Schlackenkruste bedeckt sein sollen. Eine Rotation verursacht dann eine Lichtschwankung insofern, als bald stärker, bald schwächer leuchtende Teile der Oberfläche ihr Licht zur Erde senden. Zu bedenken ist nur dabei, daß fast alle Sterne der besprochenen Klasse weißes oder doch gelbes Licht ausstrahlen, während doch ein Abkühlungsprozeß, der als Ursache der Schlackenfelder vorausgesetzt werden muß, die weiße oder gelbe Farbe mehr in das Rötliche hinüberspielen lassen muß.

Eher schon würde eine solche Erklärung auf den Lichtwechsel der nun folgenden Klasse der sog. unregelmäßig veränderlichen Sterne zutreffen. Unter diesem Namen faßt man alle die Objekte zusammen, deren Lichtwechsel so unregelmäßig sich vollzieht, daß weder von einer Form der Lichtkurve noch von einer festen Periode gesprochen werden kann. Daß übrigens auch bei einzelnen Vertretern dieser Klasse bei eingehender Untersuchung merkwürdige Regelmäßigkeiten zu

Tage treten, beweisen die von J. Plafmann ausgeführten „Untersuchungen über den Veränderlichen  $\mu$  Cephei“, einen tiefroten, den von Herschel sogenannten Granatstern im Sternbilde des Cepheus und die vom Verfasser berechneten und im „Jahresbericht des Naturw. Vereins für Bielefeld und Umgegend“ 1909–10 veröffentlichten „Untersuchungen über den Lichtwechsel des Veränderlichen  $\alpha$  Cassiopeiae“. Dieser zuletzt genannte Stern im Sternbilde der Cassiopeiae wird meistens als Musterbeispiel eines unregelmäßig veränderlichen Sternes angeführt. Und in der Tat zeigt die Lichtkurve dieses, dem Verfasser aus eigenen Rechnungen wohlbekannten Sternes Unregelmäßigkeit genug. Bald ist das Licht wochen- und monatelang gleichmäßig, oder kleine Zuckungen machen sich bemerkbar, bald schwankt das Licht heftig auf und ab im Verlaufe von Tagen, bald zeigt es wieder eine Art Periodizität von etwa 26 Tagen. Zu Zeiten ist der Stern von der 2,2 Größenklasse, dann wieder ist er lange Zeit dunkler und erreicht wohl mit 2,8 Größenklasse seine minimale Helligkeit. Ähnlich so verhalten sich alle Glieder dieser Klasse; so ändert sich  $\alpha$  Orionis, der helle, rote Stern im Orion, mit Eigennamen Beteigeuze, unregelmäßig zwischen der 1,0 und 1,4 Größe.

Die gelbrote, rote oder tiefrote Farbe der unregelmäßig veränderlichen Sterne deutet ohne weiteres auf eine bereits vorgeschrittene Abkühlung hin, die naturgemäß zur Bildung von Abkühlungsprodukten, von Schlackenfeldern, einer sehr dichten Atmosphäre usw. führen muß. Das unregelmäßige Auftreten von Schlackenfeldern, ihr allmähliches Vergehen und Neuentstehen, ihre unregelmäßige Verteilung auf einem rotierenden Körper sind wohl geeignet, die Unregelmäßigkeit wie auch die öfters angedeutete Periodizität im Lichtwechsel zu erklären und zu veranschaulichen.

Periodisch wiederum sind die veränderlichen Sterne, die Pickering zu seiner vierten Klasse zählt und als deren Vertreter der Veränderliche  $\alpha$  Ceti (Mira Ceti) genannt wird. Das Bezeichnende dieser Art von Veränderlichen ist das ziemlich regelmäßige Auf- und Abschwanken des Lichtes in ebenfalls nur annähernd regelmäßigen Perioden von mehreren Monaten bis zu mehreren Jahren. Im Jahre 1596, also noch vor der Erfindung des Fernrohres, entdeckte Fabricius im Sternbilde des Walfisches einen roten Stern, dessen Lichtwechsel so merkwürdig war, daß der Danziger Ratsherr und Astronom Hevelius dem Stern den Namen Mira, der Wunderbare, beilegte. Mira Ceti erreicht oft eine solche Helligkeit, daß er zu den hellsten Objekten des Himmels gezählt werden muß; seine Helligkeit vermindert sich dann aber zusehends, so daß er nach etwa 70 bis 80 Tagen nach seinem Maximum schwächer ist als 6. Größe, also mit dem bloßen Auge nicht mehr wahrgenommen werden kann. Sein Minimum,

das man folglich nur mit bewaffnetem Auge beobachten kann, liegt etwa bei 9,5 Größe, so daß sein gesamter Lichtwechsel 8—9 Größenklassen umfaßt. Vom Minimum steigt dann sein Licht bedeutend rascher, als es abfiel wieder zum nächsten Maximum an. Der ganze Vorgang erfordert im Mittel 333,3 Tage; jedoch wird diese Periode nicht streng innegehalten. Der Eintritt des Maximums kann sich um kleinere oder größere Zeiträume verfrühen oder verspäten. Auch sind die maximalen Lichtstärken nicht in allen Erscheinungen gleich. Besonders hohe Maxima wechseln unregelmäßig mit weniger hohen, so daß bisweilen die Sichtbarkeitsgrenze im Maximum überhaupt nicht erreicht wird und die doppelte Länge der Periode verfließt, bis der Stern dem bloßen Auge wieder sichtbar wird. Der Lichtwechsel der übrigen Glieder dieser Klasse vollzieht sich in ähnlicher Weise.

Die rote Farbe aller Mira-Sterne deutet schon darauf hin, daß die Erklärung des Lichtwechsels durch tatsächliche Änderung der Leuchtkraft des Sternes oder großer Oberflächenteile jedenfalls nichts gezwungenes an sich hat. Auf solchen Sternen, die bereits im vorgeschrittenen Stadium der Abkühlung sich befinden, bilden sich Abkühlungsprodukte, die uns das Licht des Sternes teilweise entziehen. Das Auftreten dieser Abkühlungsprodukte ist aller Wahrscheinlichkeit nach periodischer Natur, wie wir z. B. auch beobachten, daß die Anzahl der Sonnenflecken in einer elfjährigen Periode steigt und fällt. Wird der Stern älter und röter, so wird die ausgleichende Tätigkeit der Schlackenbildung an eine immer kürzere Periode gebunden sein, so daß schließlich in Zeiträumen von Jahren und Monaten eine verdunkelnde Wirkung durch Schlackenfelder eintritt, die wiederum einer Aufhellung Platz machen muß. Nimmt man jedoch an, daß so kurze Perioden in der Fleckentätigkeit, wie die Schlackenbildung kurz heißen möge, nicht gut möglich sei, so bleibt immer noch ein Element periodischer Natur, das zur Erklärung des Lichtwechsels herangezogen werden könnte, die Rotation. Unsere Sonne dreht sich in 25 Tagen einmal um ihre Achse. Altert unsere Sonne, so muß die Rotation sich immer mehr und mehr verlangsamen und kann schließlich eine Dauer wie die Periode des Lichtwechsels der Mira-Sterne erreichen. Dieselbe Betrachtung, die uns dann zur Erklärung des Lichtwechsels der Sterne wie  $\beta$  Lyrae geführt hat, läßt sich auch auf die Mira-Sterne anwenden: Bildung von Schlackenfeldern im Verein mit Rotation rufen ein periodisches Auf- und Abschwanken des Lichtes hervor.

Nicht unerwähnt bleibe noch eine Ansicht, die Lockyer vertritt. In seiner Weltbildungslehre weist er den Schwärmen kleinster Weltkörper, den sog. Meteoriten-schwärmen, eine hervorragend wichtige Stelle an. Nach seiner Ansicht bilden diese den Urstoff, aus dem sich

alle Himmelskörper aufgebaut haben. Zwei solcher Meteoritenschwärme, die sich umkreisen und gegenseitig beim Umlauf teilweise durchdringen, sollen nach Lockyer die Erscheinungen der Mira-Sterne erklären. Ist nämlich die Bahn des einen Schwarms eine langgestreckte Ellipse, so durchdringen sich bei jedem Umlauf die beiden Schwärme und das Aufeinanderprallen der einzelnen Teile und Teilchen bringt ein rasches Aufleuchten zustande, dem dann infolge des Nachglühens der betroffenen Teile eine weniger rasche Lichtabnahme folgt. Die Änderung der Bahnlage der beteiligten Meteoritenschwärme erklärt dann die Unregelmäßigkeiten in der Höhe der Maxima und der Länge der Periode.

Eine weit stärkere Änderung ihrer Leuchtkraft als die Glieder der bereits besprochenen Typen erleiden die Himmelskörper, die von der völligen Unsichtbarkeit auch für das bewaffnete Auge plötzlich aufflammen zu großer, zum Teil sogar sehr großer Leuchtkraft, um dann allmählich in ihr früheres Nichts zurückzusinken. Man bezeichnet diese Erscheinungen als neue Sterne. Die glänzendste Erscheinung dieser Art ereignete sich im Jahre 1572 im Sternbilde der Cassiopeia. Diese Nova Cassiopeiae oder der Tychonische Stern, wie er nach dem dänischen Astronomen Tycho de Brahe benannt wird, war im höchsten Glanze so hell wie der Abendstern und war selbst am hellen Tageshimmel mit freiem Auge zu sehen. Sein Aufflammen zu dieser großen Helligkeit erfolgte innerhalb eines Tages, die Lichtabnahme war bedeutend langsamer, eine Erscheinung, die sich bei allen andern neuen Sternen wiederholt hat. Die Tychonische Nova war 4 Monate nach ihrem Aufflammen noch von der ersten Größe, dann wurde sie schwächer und zeigte deutlich eine rötliche Färbung. Ein Jahr nach ihrer Entdeckung war der Stern nur noch mit Mühe mit freiem Auge zu erkennen und verschwand dann vollständig für das bloße Auge.

Nach der Erfindung der Fernrohre hat man an dem von Tycho de Brahe bestimmten Orte am Himmel nachgeschaut. In der Nähe des bezeichneten Ortes steht ein Sternchen 11. Größe, das möglicherweise der Tychonische Stern ist. Man könnte vielleicht auf den Gedanken kommen, jeder neu aufflammende Stern, eine übrigens seltene Erscheinung am Himmel, sei nicht insofern neu, als es sich um einen bis dahin dunklen Körper handelt, sondern es handle sich vielmehr um einen veränderlichen Stern wie etwa Mira Ceti, nur sei die Periode einige Jahrhunderte lang oder selbst noch länger. Die Frage läßt sich nur entscheiden, wenn in alten Chroniken von Erscheinungen neuer Sterne die Rede ist, die mit einem anderweitig beobachteten an derselben Stelle des Himmels stehen. Chinesische Annalen berichten von solchen Erscheinungen, jedoch standen die neuen Sterne an anderen Stellen des Himmels als die Tychonische

Nova. Aufzeichnungen abendländischer Geschichtsquellen des Mittelalters sind in dieser Beziehung unzuverlässig, so daß es nicht gelungen ist, die Erscheinung der Tychonischen Nova als Aufleuchten eines veränderlichen Sterns mit sehr langer Periode zu erklären.

Von 1572 bis 1905 sind dann nicht weniger als 19 neue Sterne entdeckt. Sie alle zeigen die charakteristische Erscheinung des ungemein raschen Ansteigens zum Maximum und des viel langsameren Nachlassens des Lichtes. Die letzte glänzende Erscheinung erfolgte im Jahre 1901. Am 21. Februar des genannten Jahres entdeckte Anderson im Sternbilde des Perseus einen neuen Stern 2,7 Größe. Das Aufblammen zu dieser Größenklasse muß sich in weniger als 24 Stunden vollzogen haben, wie photographische Aufnahmen der betreffenden Himmelsgegend erwiesen haben, die sonst Sterne 12. Größe noch enthalten, an der Stelle der Nova aber keinen Stern zeigten. Bis zum 23. Februar stieg die Helligkeit der Nova noch weiter und übertraf selbst die Sterne 1. Größe Capella und Vega. Der nun einsetzende Lichtabfall zeigte merkwürdige Schwankungen, so daß die Lichtkurve kurzperiodische Wellen zeigt. Dann blieb die Helligkeit längere Zeit etwa 6. Größe und hat dann beständig abgenommen, so daß der Stern nur mehr in den kräftigsten Fernrohren sichtbar war. Die so glänzende und gut beobachtete Erscheinung der Nova Persei von 1901 hat noch weitere Beobachtungsergebnisse geliefert, die vielleicht dazu angetan sind, Licht in die Frage nach der Natur und der Entstehung der neuen Sterne zu bringen. Photographische Aufnahmen des Sternes und seiner Umgebung zeigten, daß die Nova umgeben war von Ringen und spiraligen Armen aus leuchtender Nebelmaterie, die sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit vom Stern weg ausbreiteten. Seeliger erklärte im Anschluß an diese Erscheinungen und an die spektroskopischen Beobachtungen folgendermaßen die Erscheinung eines neuen Sternes. Ein dunkler oder doch nur sehr schwach leuchtender Körper durchheilt mit kosmischer Geschwindigkeit den Weltenraum und tritt dabei in eine Anhäufung von grob und fein verteilter Materie, einer Wolke kosmischen Staubes. Durch den Anprall wird der Eindringling glühend und vergast schließlich durch den Aufsturz zahlreicher Teile der kosmischen Staubwolke. Dadurch wird das Licht bis zu höchster Weißglut gesteigert und beleuchtet die umliegenden Teile der dunklen kosmischen Wolke, so daß scheinbar Ringe leuchtender Materie sich um den Stern legen und mit Lichtgeschwindigkeit sich ausbreiten. Diese Erklärung hat noch weitere Stützen und hat viele Anhänger gefunden. Wer sich eingehender für die Beobachtung der veränderlichen Sterne interessiert, findet genauere Angaben in jeder größeren populären Astronomie; überall ist den Erscheinungen der veränderlichen Sterne ein besonderes Kapitel gewidmet. Die Beschäftigung mit den

veränderlichen Sternen ist um so dringender anzuraten als die Beobachtung der Lichtschwankungen der veränderlichen Sterne ein Gebiet ist, auf dem sich auch der Nichtfachmann mit Erfolg betätigen kann, auf dem sogar die meisten Erfolge auf Grund von Beobachtungen von eifrigen Freunden der Astronomie erreicht worden sind. Am angeführten Orte findet man auch nähere Angabe über die Art und Weise der Beobachtungen, über geeignete Auswahl der Vergleichsterne und über die Berechnung der Lichtschwankungen. Auch die Aufsätze des Verfassers „Himmelsbeobachtungen mit freiem Auge und den einfachsten Instrumenten“ und „Untersuchungen über den Lichtwechsel des Veränderlichen  $\alpha$  Cassiopeiae“ im Jahresberichte 1909—10 enthalten einige Angaben. Desgleichen bieten die Hefte der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmische Physik zahlreiche Belehrungen und Anregungen für den Beobachter veränderlicher Sterne.

(Eingegangen 10. September 1913.)

Von Dr. A. Zickgraf, Bielefeld



...