

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Band 236.

Nr. 5653.

13.

Über die Deutung des Verhaltens von Algol und über die Veränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit. Von *M. La Rosa*.

In dieser Mitteilung beabsichtige ich, einen letzten Punkt zu untersuchen, der in meiner »ballistischen Theorie der veränderlichen Sterne« noch dunkel geblieben war, die Divergenz nämlich, die die Herren *Salet*¹⁾ und *Bernheimer*²⁾ zwischen den Voraussetzungen der Theorie und den Daten der Beobachtung in bezug auf die Sterne vom Algol-Typus zu bemerken glaubten, und die sie für hinreichend erachteten, um die Anwendbarkeit des ballistischen Prinzips auf die Fortpflanzung des Lichtes zu bekämpfen und abzulehnen.

Indem ich von den früher gemachten Vorbehalten über die Vertrauenswürdigkeit der Parallaxenmessungen, die ich noch immer aufrecht erhalte, absehe, trete ich, um es ja nicht an Kautelen fehlen zu lassen, gern auf den von meinen Gegnern angegebenen Boden und erörtere das Verhalten Algols (und somit der analogen Sterne) auf Grund der gegenwärtig anerkannten astronomischen Daten.

Algol ist unter den Verfinsterungsveränderlichen derjenige, der mit Vorliebe Gegenstand des Studiums war, sodaß wir über ihn ausgedehnte und genaue Kenntnisse besitzen.

Die Grundelemente, die sein Verhalten charakterisieren, sind:

- a) die Lichtkurve, die mit peinlicher Genauigkeit mittels der Selenzelle bestimmt wurde;
- b) die Kurve der ebenfalls genau bestimmten radialen Geschwindigkeiten;
- c) die kleinen Anomalien, die diese Kurven, und zwar namentlich die erste, mit der Zeit aufweisen.

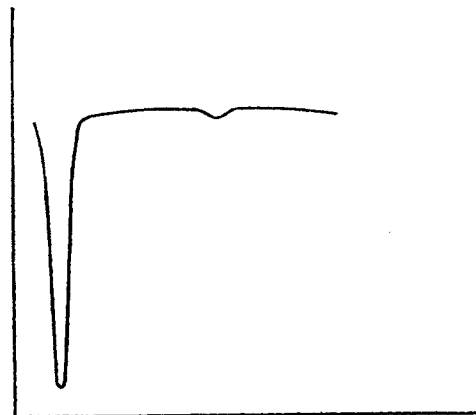
Sehr wichtig ist es, sich gegenwärtig zu halten, daß Lichtkurve und Geschwindigkeitskurve nicht auf einen und denselben Körper allein bezogen werden können, da sie äußerst verschiedene Perioden haben, und zwar von 2.867 Tagen für die Lichtkurve und von 1.88 Jahren für die Geschwindigkeitskurve.

Letztere ist fast eine regelmäßige Sinusoide von 10 km/sek Amplitude, während erstere die hier wiedergegebene charakteristische Form hat (siehe Figur).

Die Analyse dieser Kurven und der oben angedeuteten Anomalien und unter diesen besonders der in den Zeiten der Lichtminima gefundenen Ausschläge führte die verschiedenen Forscher zu dem Schluß, daß Algol mindestens aus drei Körpern besteht: einem ersten sich mit der Periode von 2.867 Tagen bewegenden Körper (dem im Hauptminimum verfinsternden Körper), einem zweiten Körper, um den herum sich der erste in einer nahezu die Gesichtslinie enthaltenden Bahn ebenso bewegt und der der verfinsterte Körper ist, und einem dritten Körper, um den herum sich das Massen-

zentrum der beiden ersten bewegt, mit einer (durch die Geschwindigkeitskurve gegebenen) Periode von 1.88 Jahren.

Von diesen zwei Bahnen kennt man die Elemente, und aus ihnen hat man auch die wesentlichen Konstanten der beiden ersten Körper abgeleitet.



Über die Geschwindigkeitskurve haben wir nicht viel zu bemerken. Vielleicht mag die Verwendung stärkeren Trennungsvermögens es in Zukunft ermöglichen, daß — wenigstens in gewissen Augenblicken — eine komplexe Zusammensetzung der Linien nachgewiesen und die den verschiedenen Körpern zuzuweisenden Komponenten ausgesondert werden; da es aber bei dem gegenwärtigen Stand nicht möglich gewesen ist, dies zu tun, so muß man unter Berücksichtigung der guten Übereinstimmung der Messungen schließen, daß von den drei Körpern der zweite, d. h. der, auf dem die periodische Verschiebung der Linien nachgewiesen und unzweideutig bestimmt worden ist, eine in bezug auf die zwei anderen bedeutend überwiegende Helligkeit haben muß.

Dagegen enthält die Lichtkurve wichtigere Eigentümlichkeiten, die mit viel größerer Sorgfalt untersucht werden müssen, da sie auf dem gleichzeitigen Spiel der drei Körper beruhen.

Die Anwesenheit zweier Minima offenbart uns eine doppelte Verfinsterung, d. h. sie besagt uns, daß auch der erste Körper leuchtend ist, mit anderen Worten, daß er, wenn er nicht hinter dem zweiten verborgen ist (sekundäres Minimum), einen merklichen Beitrag zur Lichtstärke des Ganzen liefert.

Überdies kann uns der Vergleich der Amplituden der beiden Minima etwas Genaueres über die relativen Helligkeiten der drei Körper sagen.

¹⁾ C. R. de l'Acad. des Sciences T. 180, p. 647, 1925; T. 183, p. 1263, 1926; T. 188, p. 387, 1929 Jan.

²⁾ Z. f. Phys. 36.302, 1926.

Wenn die Verfinsternung eine vollständige wäre, so hätten die Folgerungen, die sich aus diesem Vergleich ableiten lassen, Gewißheitswert; der Charakter aber des ersten Minimums, dem ein horizontaler Abschnitt fehlt, zwingt uns anzunehmen, daß wenigstens die erste Verfinsternung, die große, partiell ist.

In Anbetracht jedoch der sehr langen Dauer dieses Minimums (fast 10 Stunden von den ca. 65 der Periode) muß man denken, daß die Verdeckung des zweiten Körpers durch den ersten sich auf einen sehr ansehnlichen Bruchteil seiner Oberfläche erstreckt¹⁾, sodaß uns die Amplitude des im ersten Minimum erfolgenden Lichtwechsels eine genügend angenäherte Vorstellung von der Helligkeit des zweiten Körpers in bezug auf die beiden übrigen Körper geben wird.

Da die scheinbare Größe des Ganzen während der sinnfällig konstanten Phase in der Sterngrößenskala auf 2.3 bewertet wird, während sie im Moment des Minimums auf 3.5 bewertet wird, schließt man, daß bei dieser unvollständigen Verdeckung des zweiten Körpers durch den ersten die aus der *Pogson'schen* Gleichung abgeleitete Helligkeit des Ganzen im Moment des Minimums, wenn man die unmittelbar vor oder unmittelbar nach dem Minimum selbst beobachtete gleich 1 setzt, durch den Bruch 0.19 gegeben wird.

Dies besagt uns, daß als Folge der Verfinsternung mehr als $\frac{4}{5}$ des totalen Lichtes entfallen, und somit, daß der von dem zweiten Körper zur normalen Helligkeit des Ganzen gegebene Beitrag größer oder mindestens gleich diesem Bruch ist.

In entsprechender Weise findet man beim Vergleich der Ordinate des 2. Minimums und der von uns zum Vergleich herangezogenen (die aus der Figur sorgfältig entnommen sind) untereinander, daß der in dieser Phase auftretende Helligkeitswechsel, wie gewöhnlich in Sterngrößen geschätzt, 0.036 beträgt. Aus dieser Zahl berechnet man, daß die Leuchstärke im Moment dieses Minimums kaum 0.965 der in dem Moment beobachteten wird, in dem die Durchgangphase durch das erste Minimum beginnt (oder endet).

Dieses Resultat besagt uns, daß die Helligkeit des ersten Körpers im Vergleich mit der Gesamthelligkeit des Systems und mit der des zweiten Körpers klein ist. Könnte man annehmen, daß diese sekundäre Verfinsternung eine vollständige wäre, so ließe sich ableiten, daß diese Helligkeit kaum 0.035 der Gesamthelligkeit erreicht.

Aber selbst angenommen, daß dies nicht der Fall sei, sind wir zu der Ansicht berechtigt, daß die Helligkeit dieses Körpers nur einige Hundertstel der Gesamthelligkeit beträgt (0.05 oder 0.06 wären sicher zu hoch gegriffen).

Folglich können wir schließen, daß die Helligkeit des verbleibenden Körpers, des dritten, nicht größer als 0.19 - 0.05 = 0.14 sein wird.

Will man also theoretisch rekonstruieren, welches die auf Grund meiner Hypothese über die Ursache der Veränderlichkeitsphänomene voraussehbare Lichtkurve des Systems sein müßte, so muß man die Anwesenheit aller drei Körper, ihre relativen Helligkeiten und den Einfluß ihrer Bewegungen berücksichtigen.

Obwohl von dem dritten Körper noch keine periodische Bewegung festgestellt worden ist, muß man vernunftgemäß annehmen, daß er an der Bewegung teilnimmt, mit der das Massenzentrum der beiden anderen ausgestattet erscheint, nämlich, daß er einen Umlauf um das Massenzentrum des ganzen Systems in 1.88 Jahren vollführt²⁾.

Bei dem Versuch abzuleiten, welches die Lichtkurve des Systems sein müsse, muß man die variablen Beiträge kennen, die kraft der ballistischen Hypothese von einem jeden der drei Körper gegeben werden können. Und zur Festlegung des Wertes dieser Beiträge und ihrer Abhängigkeitsgesetze von der Zeit muß für einen jeden der drei Körper die Grundkonstante berechnet werden, die ich in meinen Arbeiten mit Kb angegeben habe, nämlich die Quantität:

$$Kb = \frac{d}{c\tau} \cdot \frac{v_0}{c},$$

wo d der Abstand zwischen Beobachter und Stern (oder besser Massenzentrum der drei Körper), τ die Rotationsperiode, v_0 die Amplitude der radialen Geschwindigkeit, c die normale Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ist.

Ersetzt man d durch die Parallaxe π (in Bogensekunden), so wird unsere Konstante gegeben durch die Formel

$$Kb = 343.33 \frac{\pi}{\tau} \cdot \frac{v_0}{c},$$

wo v_0 in km/sek und τ in Sekunden ausgedrückt wird. Setzen wir in dem Fall von Algol für π den Wert 0.05 (d. h. den nämlichen, den Herr *Salet* verwendet) und für v_0 und τ die dem ersten Körper zustehenden Werte, nämlich $v_0 = 40$ km/sek und $\tau = 2^d 867 = 247708$ sek, so finden wir für Kb den Wert $K_1 b_1 = 1.85$. Dieses Resultat besagt uns, daß in Wirklichkeit dieser erste Körper, wie meine Gegner wollen, zu Variabilitätseffekten in der Lichtkurve führen muß, die auf der Anwendung des ballistischen Prinzips beruhen; wohl zu beachten ist aber, daß sie nur den durch diesen Körper zur Gesamthelligkeit gelieferten Beitrag, der auf 0.05 der letzteren geschätzt werden kann, betreffen können.

In entsprechender Weise finden wir für den anderen, nämlich den zweiten, da $v_0 = 10$ km/sek und $\tau = 1^d 88$ d. h. = 59329324 sek ist, $K_2 b_2 = 1.46 \times 10^{-3}$. Da dieser Wert um so viel niedriger ist als der Grenzwert 0.02, der notwendig ist, damit eine von der Bewegung abhängige Wirkung wahrnehmbar werden kann, müssen wir schließen, daß die Bewegung des zweiten Körpers zu keiner Lichtveränderlichkeit führen kann, mit anderen Worten, daß er, wenn er nicht durch den ersten verdeckt ist, mit seinem konstanten Beitrag von 0.81 zu der normalen Helligkeit des Ganzen (vom Wert 1) beisteuert.

Bei dem dritten Körper haben wir, wie gesagt, keine direkte Kenntnis von seiner Bewegung. Nähmen wir ihn als ruhend an, so könnten wir keine von ihm abhängigen Erscheinungen der Veränderlichkeit erwarten. Da aber die Ansicht durchaus plausibel ist, daß auch er mit einer Bahnbewegung ausgestattet sei, deren Periode ebenfalls gleich 1.88 ist, so muß auch für ihn Kb berechnet werden.

¹⁾ Diese Hypothese hat, wie wir sehen werden, nur ein ganz geringes Gewicht bei unseren Schlußfolgerungen, und diese werden somit durch diese Ungewißheit nicht in Mitleidenschaft gezogen.

²⁾ Es ist auch der Gedanke naheliegend, daß dieser Körper, da er so viel weniger leuchtend als der zweite ist, kleiner als dieser sei und somit eine größere Bahn beschreibe und sich mit größerer Geschwindigkeit als der zweite bewege.

Zu diesem Zwecke müßten wir die v kennen, über die wir in Ermangelung durch die Beobachtung gelieferter Elemente einige Hypothesen aufstellen können. Unter Berücksichtigung der in bezug auf den zweiten geringen Helligkeit, nach der wir ihn für kleiner halten müssen, können wir annehmen, daß diese Geschwindigkeit größer sei (aber nicht viel) als die für das Massenzentrum der beiden beobachtete. Um es ja nicht an Kautelen fehlen zu lassen und uns in die ungünstigste Lage zu versetzen, könnten wir annehmen, daß die v desselben 10mal größer sei als die des zweiten (d. h. 100 km/sek), und würden für $K\delta$ den (zweifelloso übertriebenen) Wert von 10 mal $K_2\delta_2$ finden, der aber immer hinter dem Grenzwert zurückbliebe, der notwendig ist, damit ein auf der Bahnbewegung beruhender Variabilitätseffekt anfangen kann, beobachtet zu werden.

Von den drei Körpern kann also nur der erste einen Einfluß auf die Lichtkurve äußern; und zwar sieht man auf Grund des für $K_1\delta_1$ gefundenen Wertes mit Leichtigkeit voraus, daß er zwei wenig voneinander entfernte Maxima von gleicher Intensität aufweisen muß, zwischen denen entweder das Hauptminimum der effektiven Lichtkurve (oder genauer die Durchgangsstellung des ersten Körpers vor dem zweiten) oder das andere eingeschlossen sein muß, je nach der Richtung der Rotationen.

Die Amplitude der Schwankung zwischen Maxima und Minima an der Lichtkurve, die die ballistische Hypothese für diesen Fall¹⁾ allein (d. h. für $K\delta$ zwischen 1 und 2) voraussetzt, grob berechnet, erscheint größer als das Verhältnis 5 : 1 und kleiner als das Verhältnis 10 : 1.

Eine wichtige Eigentümlichkeit, die wert ist hervorgehoben zu werden, liegt in dem Verhalten, das nach der ballistischen Theorie das Licht beim Anstieg zu den zwei Maxima und beim Abstieg aufweisen muß, und zwar muß man bei dem einen (ersten oder zweiten je nach der Rotationsrichtung) einen allmählicheren Anstieg und einen steileren Abstieg und das entgegengesetzte Verhalten bei dem anderen bekommen.

Wenn wir also voraussehen wollen, welches der Wechsel des Gesamtlichtes des Systems in Abhängigkeit von der dem ersten Körper beizumessenden Veränderlichkeit sein kann,

Palermo, Physikalisches Institut der Kgl. Universität, März 1929.

M. La Rosa.

- 1) Ich behalte mir vor, auf diesen Punkt zurückzukommen, um auf präzisere Weise die für Algol voraussehbare Lichtkurve zu geben, wobei ich auf die Berechnung die Methode anwende, die ich in meiner Arbeit A. N. 234.233 dargelegt habe.
- 2) Andere analoge Sterne zeigen diese wichtigen sekundären Veränderungen deutlicher.
- 3) Es ist überflüssig, darauf aufmerksam zu machen, daß man, wenn man die ballistische Hypothese als erwiesen annähme, durch einen vertiefteren Vergleich mit den dargebotenen Erscheinungen gewisse Eigentümlichkeiten des fraglichen Systems noch besser präzisieren könnte.
- 4) Die von mehreren untersuchte Hypothese $q < 1$ ist in letzter Zeit von Herrn Kunitakij (Russ. Astr. Journal 1, H. 2.43 [1924] und 4.247 [1927]) wieder aufgenommen und mit Erfolg zur Erklärung der ungleichen Verteilung der Periastronlängen bei spektroskopischen Doppelsternen verwendet worden.

Beobachtungen von Veränderlichen,

angestellt von Mitgliedern der nordischen «Astronomisk Selskab» und auf der Kopenhagener Sternwarte.

Mitteilung Nr. 32 (Forts. zu AN 5644). Mitgeteilt von E. Strömgren.

| 015254 = U Persei. | | | J.D.(m.Z.Gr.) Gr. Beob. | | | J.D.(m.Z.Gr.) Gr. Beob. | | |
|--|-------------------|-------|-------------------------|-------------------|---|-------------------------|-------------------|---|
| Originalbeobachtungen: Nordisk Astronomisk Tidsskrift 1927 | | | 2424... | | | 2424... | | |
| p. 114. | | | 054.3 | 8 ^m 50 | T | 082.3 | 8 ^m 56 | T |
| J.D.(m.Z.Gr.) | Gr. | Beob. | 066.4 | 8.39 | » | 095.3 | 8.43 | » |
| 2424... | | | 077.3 | 8.32 | » | 096.4 | 8.39 | » |
| 019.5 | 9 ^m 68 | T | 080.3 | 8.50 | » | 098.2 | 8.39 | » |
| 024.4 | 8.83 | » | 081.3 | 8.60 | » | 109.3 | 8.43 | » |
| J.D.(m.Z.Gr.) | Gr. | Beob. | 031.3 | 8 ^m 63 | T | | | |
| | | | 033.4 | 8.58 | » | | | |

so finden wir, daß er zwischen folgenden Grenzen enthalten sein muß: $0.05 \times 5 = 0.25$ und $0.05 \times 10 = 0.5$.

Fügt man zu diesen Werten den durch den zweiten und dritten Körper gegebenen unveränderlichen Beitrag (0.95), so findet man, daß die Gesamthelligkeit durch die Bewegung des ersten Körpers eine Änderung erfahren kann, die zwischen 1.20 und 1.45 enthalten sein muß.

Nun wohl, durch die überaus sorgfältigen Messungen von Stebbins steht es nunmehr fest, daß die Lichtkurve Algols²⁾ in den Intervallen zwischen den zwei Minima leichte Veränderungen aufweist und zwar zwei Maxima, die das sekundäre Minimum eng einschließen. Von ihnen zeigt dasjenige, das auf das Hauptminimum folgt, einen allmählichen Anstieg und einen plötzlichen Abstieg, während das andere das entgegengesetzte Verhalten aufweist: einen plötzlichen Anstieg und einen allmählichen Abstieg. Der Wert dieser Maxima, aus den von Stebbins gegebenen Lichtkurven abgeleitet und direkt als Helligkeit ausgedrückt, beträgt 1.30.

Jedermann sieht, wie dieses Verhalten wundervoll mit den Schlüssen der ballistischen Theorie im Einklang steht, wie es dieser mit äußerster Einfachheit gelingt, uns von allem Rechenschaft zu geben, sogar von diesem nebensächlichen Umstand des entgegengesetzten Charakters, mit dem die zwei leichten Veränderungen in der Phase des Anstieges und in der des Abstieges vor sich gehen³⁾.

Die aufmerksame Untersuchung der von Algol gebotenen Erscheinungen liefert also eine neue und glänzende Bestätigung meiner Theorie, einen neuen und überaus starken Beweis ihrer wesentlichen Voraussetzung: des Einflusses der Bewegung der Lichtquelle auf die Geschwindigkeit des Lichtes.

Ob dieser Einfluß sich fühlbar macht auf Grund des Gesamtwertes der v oder⁴⁾ auf Grund eines Bruchteiles derselben gemäß einem Koeffizienten $q < 1$, bin ich noch nicht in der Lage festzustellen; ich meine aber, daß es nunmehr Zeit sei, ohne jede Voreingenommenheit diesen ganz wesentlichen Punkt unserer Kenntnisse über das Licht, der für die Himmelskunde von höchstem Interesse ist, exakteren Kontrollen zu unterziehen.