

nur um einen Mittelwert für eine sehr große Anzahl von Sternen und der Anteil, den die einzelnen Sterne dazu beitragen, kann auch sehr verschieden sein. Ist diese Auffassung richtig, so kann es sich natürlich bei dem  $K$ -Effekt nicht um eine wirkliche Eigentümlichkeit in der Bewegung der Sterne oder Doppelsterne als Ganzes handeln, sondern er muß seine Entstehung anderen Ursachen verdanken, welche im Inneren der Sterne, resp. in deren Atmosphäre ihren Sitz haben. Eine Deutung des  $K$ -Effektes als Gravitationseffekt oder auch als Druckeffekt wird dabei nicht in Betracht kommen. Denn Erklärungsversuche in dieser Richtung sind bereits gemacht worden, ohne jedoch zu befriedigenden Ergebnissen zu führen.

Am besten dürfte man noch allen Beobachtungstatsachen gerecht werden, wenn man annimmt, daß der  $K$ -Effekt, und damit auch nach der hier vertretenen Ansicht die Differenzen  $v_* - v_{Ca}$ , hervorgerufen werden durch Strömungen, welche ja, wie eingangs hervorgehoben wurde, in allen rotierenden Sternen — und das sind wohl die meisten Sterne — auftreten. Vorausgesetzt muß natürlich dabei werden, daß die Strömungen nicht bis in die Kalziumhülle hinausreichen.

Es sind die einzelnen Sterne der Sitz sowohl von aufsteigenden als auch von absteigenden Strömungen, und diese Strömungen werden sich — vorausgesetzt, daß sie über die Photosphäre hinausreichen — durch eine Verbreiterung der Spektrallinien bemerkbar machen. Nun werden die absteigenden Strömungen im allgemeinen die kühleren sein, und schon aus diesem Grunde wird das Maximum der Absorptionslinien durchschnittlich etwas nach der roten Seite des Spektrums hin verschoben sein<sup>1)</sup>. Aber es dürfte noch eine weitere Ursache hinzukommen, die in demselben Sinne wirkt. Es scheinen die aufsteigenden Gase, wenn sie über der Photosphäre ankommen, in einem Zustande zu sein, bei dem die selektive Absorption verglichen mit der nicht-selektiven, durch Streuung verursachten, mehr oder weniger an Wirkung zurücktritt, was zur Folge hat, daß sich die Gase in den Absorptionslinien nur sehr schwach, überhaupt nicht oder gar durch Aufhellungen bemerkbar machen<sup>2)</sup>. Wenigstens wird diese Annahme nahegelegt durch die spektralen Eigentümlichkeiten, wie sie die langperiodischen Veränderlichen der Spektralklasse Me zeigen. In dem Spektrum dieser Veränderlichen treten bekanntlich Emissionslinien auf, die gegenüber den Absorp-

tionlinien um 0.1–0.3 Å, entsprechend einer Geschwindigkeitsdifferenz von rund 5–20 km, nach der violetten Seite des Spektrums hin verschoben sind, und die einzige mögliche Erklärung scheint bis jetzt zu sein, daß aus dem Inneren dieser Sterne Gasmassen aufsteigen, oder besser gesagt, ausbrechen, mit besonderer Heftigkeit zur Zeit des Helligkeitsmaximums, und daß die Gasmassen, wenn sie über der Photosphäre ankommen, Bedingungen erfüllen, bei denen die selektive Absorption gegenüber der nicht-selektiven an Wirkung derart zurücktritt, daß die den aufsteigenden Massen entsprechenden Absorptionslinien nicht nur stark zurücktreten, sondern sich sogar in Emissionslinien umkehren<sup>3)</sup>. Was aber für die starken Ausbrüche bei den langperiodischen Veränderlichen der Klasse Me gelten soll, von dem kann man annehmen, daß es auch, obgleich in verringertem Maße, für die aufsteigenden Strömungen gilt, welche in den rotierenden Sternen auftreten müssen.

Daß besonders bei den Sternen der frühesten Spektralklassen, den heißesten Sternen, der  $K$ -Effekt sehr groß und also die Strömungen sehr stark sind, ist nicht verwunderlich. Auffallender ist schon, daß der  $K$ -Effekt auch bei den M-Sternen beträchtliche Größe erreicht. Aber gerade der Umstand, daß so viele Veränderliche unter diesen vorkommen, zeigt ja, daß sie zur Instabilität neigen. Vielleicht ist der einzige Unterschied zwischen den Veränderlichen der Klasse Me, sowie auch den anderen langperiodischen und den unregelmäßigen Veränderlichen einerseits und den gewöhnlichen (innerhalb der Beobachtungsgrenzen) nicht veränderlichen M-Sternen, sowie den übrigen Sternen, welche einen  $K$ -Effekt zeigen, andererseits, daß bei diesen die Strömungen mehr oder weniger stetig verlaufen, während sie bei jenen nur immer wieder auftreten, wenn die Spannung eine gewisse maximale Grenze erreicht hat, und dann mit besonderer Heftigkeit.

Im Sinne der obigen Auffassung spricht z. B. auch noch, daß gerade bei den frühesten Spektraltypen, wo nach der Größe des  $K$ -Effektes und der Differenzen<sup>3)</sup>  $v_* - v_{Ca}$  die stärksten Strömungen angenommen werden müssen, wieder, ähnlich wie bei den langperiodischen Me-Sternen, helle Linien auftreten und diese Linien in mehreren Fällen beständigen, merklichen Änderungen unterworfen sind.

Königstuhl-Sternwarte, 1925 März.

H. Vogt.

<sup>1)</sup> Zur Orientierung, mag erwähnt werden, daß z. B. bei den B-Sternen dem  $K$ -Effekt eine Verschiebung der Linien entspricht, welche kleiner als  $\frac{1}{10}$  Å ist, während die Absorptionslinien bei diesen Sternen teilweise mehrere Å breit sind.

<sup>2)</sup> Vgl. M. C. Johnson, Scattering and Absorption in the Atmospheres of Emission-Line Stars. MN 85.56.

<sup>3)</sup> Nach Kienle wachsen die Differenzen  $v_* - v_{Ca}$  von B nach O hin positiv an.

## Dopplereffekt und ballistische Theorie des Lichtes.

Erwiderung auf Herrn M. La Rosas Entgegnung (AN 223.293) von H. I. Gramatzki.

Zunächst muß ein offensichtliches Mißverständnis aufgeklärt werden: Meine Behauptung, daß die Lage der Spektrallinien in einem Gitterspektroskop ausschließlich von geometrischen Bedingungen abhängt, bezieht sich selbstverständlich nur auf den Vorgang in einem optisch homogenen und isotropen Medium. Ich habe auf diese Einschränkung nicht besonders hingewiesen, da sie bereits in der zu erörternden Aufgabe enthalten ist, denn die Messung des Dopplereffektes bei Fixsternlicht mit dem Gitterspektroskop wird stets in einem homogenen und isotropen Medium erfolgen. Es ist

also ausreichend, wenn meine obige Behauptung für diesen Spezialfall zutrifft. Ein anderer Fall kommt gar nicht in Betracht. Daß sie hier zutrifft, wird man nicht verneinen können, ohne die bestverbürgten Tatsachen der experimentellen Optik für unhaltbar zu erklären. Ich glaube annehmen zu dürfen, daß Herr La Rosa in seiner ballistischen Theorie des Lichtes diese Grundtatsachen nicht verwirft, daß also sein Angriff auf mein Argument dem Mißverständnisse zuzuschreiben ist, das durch die von mir nicht besonders erwähnte Einschränkung entstand.

Herr *La Rosa* schreibt in seiner Abhandlung in AN 5319 S. 252: »Vielmehr ist es von Wichtigkeit, festzustellen, daß sowohl beim Studium der Dispersionserscheinung, wie bei der Berechnung des Dopplereffektes, die klassische Theorie und die elektromagnetische Theorie gezwungen sind, sich immer auf die Schwingungszahl und nicht auf die Wellenlänge zu stützen.«

Es lag mir daran, demgegenüber darzutun, daß es doch tatsächlich einen Fall gibt, bei welchem bei der Messung des Dopplereffektes nur die Wellenlänge den Ausschlag gibt, diese also bei bewegten Systemen auf keinen Fall konstant sein kann. Bei der Berechnung des Dopplereffektes — darin hat Herr *La Rosa* ohne Zweifel recht — hat man sich allerdings und merkwürdigerweise immer nur auf die Frequenz gestützt, also auf eine abgeleitete und komplizierte Größe.

Nachdem ich so nachgewiesen habe, daß meine Behauptung, das Gitterspektroskop weise den Dopplereffekt ausschließlich infolge der Wellenlängenänderung nach, in vorliegendem Falle zutrifft, komme ich zu meinem ersten von Herrn *La Rosa* als wertlos bezeichneten Argument. Dies besagte, daß die ballistische Theorie die Konstanz der Wellenlänge fordere. Herr *La Rosa* sagt in seiner Entgegnung, daß dies nicht der Fall sei, und ich wiederhole deshalb die Stelle aus seiner Abhandlung in AN 5319, die mir keine andere Schlußfolgerung als die obige zuzulassen scheint. Es heißt auf Seite 252, Abs. 4: »Mit anderen Worten, nach der ballistischen Hypothese muß die Wellenlänge unabhängig bleiben von der Geschwindigkeit der Lichtquelle —«. Allerdings sagt Herr *La Rosa* auf Seite 253: »Es hat keinen Sinn, von Konstanz der Wellenlänge auf dem Boden der ballistischen Theorien zu sprechen«. Ob dieser Widerspruch nur ein scheinbarer oder ob er ein wirklicher ist, kann nicht entschieden werden, solange der Begriff »Wellenlänge« für die ballistische Theorie nicht mathematisch definiert und abgebildet und dadurch der mathematischen Diskussion zugänglich gemacht wird.

Ich möchte nun darauf hinweisen, daß die ballistische Theorie nicht mit relativen Geschwindigkeiten arbeitet, sondern mit einer quasi-absoluten, nämlich »relativ« zu einem ausgezeichneten System (»Äther«). Linienschiebungen sind eine Folge relativer Bewegung, auch die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne bewirkt eine solche im Spektrum der nahe der Ekliptik gelegenen Sterne. Für einen Beobachter auf dem Planeten Venus würden die Linien des gleichen Fixsternes wieder andere Verschiebungen erleiden. Ein photometrischer Effekt (im Sinne der ballistischen Theorie) ist an den Sternen nahe der Ekliptik meines Wissens nicht nachgewiesen worden, bei dem Umfang der photometrischen Forschung und der Genauigkeit ihrer Methoden wäre eine solche, mit dem Umlauf der Erde synchron erfolgende Helligkeitsschwankung auf keinen Fall unbemerkt geblieben. Aber auch nach der ballistischen Theorie kann streng genommen kein solcher photometrischer Effekt in diesem Falle eintreten. Ich will dies begründen: Herr *La Rosa* sagt auf Seite 251:

»Die Veränderlichkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bringt augenscheinlich die Konsequenz mit sich, daß die Aufeinanderfolge, mit der die Wellen beim Beobachter ankommen, nicht dieselbe ist wie bei der Emission.«

Es wird dann weiter ausgeführt: »Die in einem gewissen Augenblick abgegangenen Wellen holen früher abgegangene Wellen ein und lassen sie hinter sich, werden von später abgegangenen Wellen eingeholt und von diesen hinter sich gelassen.«

Auf welches Koordinatensystem werden dann diese Vorgänge bezogen?

Nach Herrn *La Rosas* Äußerung auf Seite 251 Zeile 7 weicht die Lichtquelle mit der Geschwindigkeit  $v$  in Bezug auf den Beobachter zurück. Ich entnehme hieraus, daß die Vorgänge auf ein Koordinatensystem bezogen werden sollen, in welchem der Beobachter ruht, also z. B. auf ein System, in dessen Nullpunkt sich der Beobachter befindet. Alsdann kommen wir zu den von Herrn *La Rosa* auf Grund einer ballistischen Auffassung der Lichtemission errechneten Folgerungen. Die Aufeinanderfolge der Lichtwellengruppen in irgendeinem Augenblicke ist eindeutig bestimmt, wenn die Bahn und Bahngeschwindigkeit des Fixsterns in bezug auf das oben bezeichnete Koordinatensystem bestimmt ist.

Wir wollen jetzt den Vorgang auf ein mit dem Fixstern festverbundenes Koordinatensystem beziehen. Der Beobachter führt also in diesem System eine leicht errechenbare Bewegung aus, nämlich die komplementäre zu der vorigen. Bei dieser Wahl des Koordinatensystems hat es, wie ersichtlich, gar keinen Sinn von einer ballistischen Emission des Lichtes vom Fixstern zu sprechen, da die Radialgeschwindigkeit des Beobachters relativ zum Fixstern die Emissionsgeschwindigkeit des Lichtes in diesem neuen Koordinatensystem nicht verändern kann. Es ergäben sich sonst bei Betrachtung verschiedener Beobachter mit verschiedenen Bewegungen ebenso viele verschiedene Vorgänge der Emission in ein und demselben Koordinatensystem, was widersinnig ist.

Es ergibt sich also folgendes: Jeder Beobachter, der die Bewegung des Fixsterns auf ein Koordinatensystem bezieht, in welchem er (der Beobachter) ruht, kommt zu einem anderen Ergebnis hinsichtlich der Verteilung der Wellengruppen zu einem gegebenen Zeitpunkte, drei Wellengruppen, die für einen Beobachter im Zeitpunkt  $t$ , z. B. hintereinander liegen,  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$ , können für einen anderen Beobachter im gleichen Zeitpunkte anders angeordnet sein, z. B.  $w_2$ ,  $w_1$ ,  $w_3$ , da der Weg, den die Wellen im jeweiligen Bezugsraum zurücklegen, nach der ballistischen Theorie in der Weise berechnet wird, daß das Zeitintegral jener Geschwindigkeit gebildet wird, welche die Wellen im Augenblick der Emission in bezug auf den Beobachter (Seite 251 Zeile 7) haben. Diese Geschwindigkeit kann aber für zwei verschiedene Beobachter, (die übrigens in einer Linie mit dem Fixstern zur Zeit  $t$  liegen können) verschieden sein, und wir kommen so zu dem Ergebnis, daß es nur ein einziges bevorzugtes System gibt, auf welches wir alle Bewegungen, sowohl die der Beobachter wie die der Fixsterne beziehen müssen, wenn wir nicht zu ganz widersinnigen Folgerungen kommen wollen, denn die sich aus dem ballistischen Emissionsgesetz ergebenden Vorgänge im Raume um einen emittierenden Körper sind nicht invariant in bezug auf die Wahl des Koordinatensystems. In jenem bevorzugten System allein lassen sich die Widersprüche beseitigen. Man kann also nicht, wie Herr *La Rosa* auf Seite 251 Zeile 7 sagt, die Geschwindigkeit  $v$  als die Geschwindigkeit der Lichtquelle in bezug auf den Be-

obachter definieren. Eine solche Geschwindigkeit kann, wie ich dargelegt habe, den Emissionsvorgang im Raume um die Lichtquelle (auch nicht in einer einzigen Richtung) nicht eindeutig bestimmen. Die Geschwindigkeit  $v$  ist die Geschwindigkeit der Lichtquelle im bevorzugten System (»Äther«). Die Geschwindigkeiten der Beobachter in diesem bevorzugten System haben wohl auf die Linienverschiebung Einfluß, nicht aber auf die Geschwindigkeit, mit der sich das Licht einer sich in diesem System bewegenden Lichtquelle ausbreitet. Diese hängt einzig und allein von der Bewegung der Lichtquelle relativ zum bevorzugten System ab. Die in der Astrophysik aus Linienverschiebungen errechneten Radialgeschwindigkeiten können also nicht ohne weiteres in die ballistische Formel eingesetzt werden, um daraus die Überlagerungen von Wellenzügen, d. h. den Emissionsvorgang, zu bestimmen.

Die Frage der Wahl des Bezugssystems ist in der ballistischen Theorie keineswegs gelöst, darum ist auch der

von Herrn Professor *de Sitter* erhobene Einwand nicht ohne weiteres zulässig (AN 5350). Auch ein mit dem Schwerpunkt des Doppelsterns festverbundenes Bezugssystem ist ein bevorzugtes und zwingt zur Trennung der Geschwindigkeit des Beobachters relativ zu diesem System von der Geschwindigkeit des emittierenden Fixsterns relativ zu demselben. Auch gäbe es dann solcher bevorzugten Systeme ebenso viele, wie es betrachtete Doppelsternsysteme gibt.

In der Notwendigkeit, ein bevorzugtes System annehmen zu müssen und die relative Bewegung der Erde in bezug auf dieses System feststellen und eliminieren zu müssen, sehe ich eine außerordentliche Schwierigkeit für die ballistische Theorie, ganz abgesehen von der durch das Gitterspektroskop zweifelsfrei nachgewiesenen Änderung der Wellenlängen in Abhängigkeit von der relativen Geschwindigkeit des Beobachters zur Lichtquelle in der Gesichtslinie.

Berlin-Friedenau, 1925 März 17.

*H. I. Gramatski.*

### Beobachtungen von Verfinsterungen der Jupiterstrabanten. Von *H. Battermann* †.

Die nachstehenden Beobachtungen sind von *H. Battermann* am 13-zölligen Refraktor der Universitäts-Sternwarte zu Königsberg, Pr. angestellt worden. Die Okulare haben die folgenden Vergrößerungen: I 120, II 180, IV 360. Die Bemerkungen *Battermanns* sind ohne Kürzung wiedergegeben.

| Datum         | Phase | M.Z.Gr.w.                                      | Okul. | B—N.A.                          | Bem. |
|---------------|-------|--|-------|---------------------------------|------|
| Trabant I.    |       |  |       |                                 |      |
| 1910 April 28 | A     | 8 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> | IV    | —0 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> | I    |
| Mai 12        | A     | 12 2 17  | II    | —0 32                           | 2    |
| » 28          | A     | 10 19 56                                       | II    | —0 40                           | 3    |
| Juni 13       | A     | 8 38 12  | II    | —0 35                           | 4    |
| » 20          | A     | 10 34 10                                       | II    | +0 31                           | 5    |
| 1911 März 30  | E     | 12 27 9  | II    | +0 18                           | 6    |
| April 8       | E     | 8 48 44  | II    | +0 11                           | 7    |
| » 15          | E     | 10 42 19                                       | II    | +0 19                           | 8    |
| Mai 8         | A     | 12 58 18                                       | II    | —0 15                           | 9    |
| » 10          | A     | 7 26 44  | II    | —0 18                           | 10   |
| » 17          | A     | 9 20 24  | II    | —0 34                           | 11   |
| » 24          | A     | 11 14 33                                       | II    | —0 28                           | 12   |
| 1912 Juni 4   | A     | 10 34 50                                       | II    | +0 18                           | 13   |
| » 20          | A     | 8 51 11  | II    | —0 12                           | 14   |
| Juli 13       | A     | 9 3 43   | II    | +0 26                           | 15   |
| 1913 Juni 7   | E     | 11 27 7  | II    | —0 4                            | 16   |
| » 23          | E     | 9 43 53  | II    | —0 6                            | 17   |
| Juli 16       | A     | 12 8 43  | II    | —0 13                           | 18   |
| Sept. 25      | A     | 7 17 25  | II    | —0 12                           | 19   |
| Okt. 11       | A     | 5 35 53  | II    | —0 37                           | 20   |
| » 27          | A     | 3 55 1   | II    | —0 19                           | 21   |
| 1914 Juni 3   | E     | 12 45 7  | II    | +0 56                           | 22   |
| » 26          | E     | 12 56 28                                       | II    | +1 19                           | 23   |
| Juli 12       | E     | 11 13 32                                       | II    | +1 10                           | 24   |
| » 19          | E     | 13 8 8   | II    | +1 18                           | 25   |
| » 28          | E     | 9 31 15  | II    | +1 11                           | 26   |
| Aug. 13       | A     | 10 4 45  | II    | —2 2                            | 27   |
| Okt. 23       | A     | 5 15 36  | II    | —2 11                           | 28   |
| Nov. 15       | A     | 5 30 28  | II    | —1 59                           | 29   |
| » 22          | A     | 7 25 56  | II    | —1 48                           | 30   |
| Dez. 8        | A     | 5 45 16  | II    | —1 40                           | 31   |
| 1915 Sept. 1  | E     | 9 32 0   | II    | +0 4                            | 32   |

| Datum         | Phase | M.Z.Gr.w.                                     | Okul. | B—N.A.                          | Bem. |
|---------------|-------|---|-------|---------------------------------|------|
| 1915 Nov. 27  | A     | 5 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> | II    | —0 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> | 33   |
| Dez. 20       | A     | 5 33 57                                       | II    | +0 45                           | 34   |
| 1916 Jan. 28  | A     | 4 7 14  | II    | —2 21                           | 35   |
| Febr. 4       | A     | 6 2 34  | II    | —2 10                           | 36   |
| Sept. 12      | E     | 9 28 1  | II    | +1 14                           | 37   |
| » 28          | E     | 7 45 45                                       | II    | +1 5                            | 38   |
| Trabant II.   |       |   |       |                                 |      |
| 1910 Juni 1   | A     | 8 10 49                                       | II    | —1 53                           | 39   |
| Aug. 4        | A     | 7 32 23                                       | II    | —0 42                           | 40   |
| 1911 April 13 | E     | 12 12 29                                      | II    | +1 53                           | 41   |
| Mai 8         | A     | 11 49 58                                      | II    | —0 44                           | 42   |
| Juni 2        | A     | 8 59 32                                       | II    | —1 19                           | 43   |
| Juli 4        | A     | 8 47 24                                       | II    | —0 41                           | 44   |
| 1912 Okt. 26  | A     | 3 50 58                                       | I     | +1 28                           | 45   |
| 1913 Juli 30  | A     | 8 23 33                                       | II    | —0 10                           | 46   |
| Sept. 25      | A     | 5 26 10                                       | II    | —0 2                            | 47   |
| 1914 Juli 6   | E     | 10 30 48                                      | II    | +0 31                           | 48   |
| Aug. 25       | A     | 7 27 7  | II    | —2 16                           | 49   |
| Sept. 26      | A     | 7 13 14                                       | II    | —2 46                           | 50   |
| 1915 Nov. 23  | A     | 6 22 8  | I     | —0 52                           | 51   |
| » 30          | A     | 9 0 43  | ?     | +0 2                            | 52   |
| 1916 Juli 25  | E     | 10 15 37                                      | I     | —0 30                           | 53   |
| Sept. 27      | E     | 9 31 17                                       | II    | +1 53                           | 54   |
| Trabant III.  |       |   |       |                                 |      |
| 1910 Mai 20   | E     | 9 34 14                                       | II    | +3 48                           | 55   |
| » 20          | A     | 11 41 49                                      | II    | —0 7                            | 56   |
| Juni 25       | A     | 7 35 10                                       | II    | +1 35                           | 57   |
| 1911 Juni 11  | E     | 8 21 16                                       | II    | +2 56                           | 58   |
| » 11          | A     | 9 35 38                                       | II    | —2 31                           | 59   |
| Juli 24       | E     | 8 16 1  | ?     | +3 27                           | 60   |
| 1913 Okt. 11  | A     | 4 41 36                                       | II    | —1 39                           | 61   |
| » 18          | E     | 5 25 12                                       | II    | —0 31                           | 62   |
| Nov. 23       | A     | 4 48 38                                       | I     | 0 0                             | 63   |
| 1914 Juli 17  | E     | 13 18 17                                      | II    | +3 51                           | 64   |
| 1916 Sept. 27 | E     | 8 14 2  | II    | +10 27                          | 65   |
| » 27          | A     | 9 49 19                                       | II    | —7 55                           | 66   |
| Trabant IV.   |       |   |       |                                 |      |
| 1915 Aug. 16  | A     | 8 21 42                                       | I     | —3 18                           | 67   |