Über die Spektren der neuen Sterne.¹⁾

Von H. Ebert, München.

Zu den eigentümlichsten Phänomenen der gesamten Astrospektalanalyse gehören unzweifelhaft noch immer die Spektren der neuen Sterne. Je mehr Einzelheiten die großen spektrophotographischen Hilfsmittel der Neuzeit in diesen Spektren, namentlich in denen der Nova Aurigae und der Nova Persei kennen gelehrt haben, um so weniger erscheinen dieselben miteinander vereinbar und durch einfache Annahmen erklärbar. Schon der Grundtypus dieser Spektren, das aus hellen, gegen das Rot zu verschobenen Linien und gleichzeitig damit auftretenden dunklen, gegen das Violett hin verschobenen Linien desselben Stoffes bestehende kombinierte Doppelspektrum schien nach dem Dopplerschen Prinzip das Vorhandensein von mindestens zwei Weltkörpern zu fordern, von denen der eine sich mit großer Geschwindigkeit von uns weg, der andere zu uns her bewegen mußte; warum der eine aber nur durch Emissions-, der andere durch Absorptionslinien ausgezeichnet sein sollte, bot wiederum der Erklärung große Schwierigkeiten. Als sich vollends herausstellte, daß die Linienverschiebungen verschiedener Stoffe, ja die Verschiebungen der Linien desselben Stoffes, z. B. des Wasserstoffes, nach dem Dopplerschen Prinzip auf Bewegungen in der Gesichtslinie zurückgeführt, verschiedene Geschwindigkeiten ergaben, die oft nicht einmal dem Vorzeichen nach übereinstimmten, sah man sich auf ganz andere Erklärungsprinzipien hingewiesen.

So hat J. Wilsing²⁾ eine Deutung des typischen Spektrums der neuen Sterne auf Grund von Versuchen unternommen, bei denen die hochgespannten Entladungen von Leidener Flaschen zwischen Metallelektroden unter Wasser vor sich gingen. Dabei erhält man in der Tat Spektren, welche mit denen der neuen Sterne große Ähnlichkeit haben. Wenn aber der genannte Forscher die hier zu Tage tretende Wirkung auf Drucksteigerung zurückführt, so dürfte diese Deutung auf Bedenken stoßen. G. E. Hale³⁾, der die hochgespannten Wechselstromentladungen eines Transformators zwischen Stahlstäben mit abgeflachten Enden unter Wasser

übergehen ließ und die hierbei auftretenden Spektralerscheinungen mittels eines großen Hohlgitters photographierte, kommt zu dem Schlusse, daß die Drucke in den von ihm verwendeten Funkenstrecken unmöglich so hohe gewesen sein können, daß man die tatsächlich erhaltenen Linienverschiebungen den Versuchen von Humphreys und Mohler entsprechend erklären könne. Vielmehr geht aus seinen Versuchen hervor, daß die genannte Erscheinung aufs engste mit den Absorptionserscheinungen in den die Elektroden umgebenden kühleren Dampfhüllen zusammenhängt; das kombinierte Spektrum wird als Übergangstypus von dem Helllinienspektrum zu dem Dunkellinienspektrum durch Salzzusatz zu dem Wasser, also ohne Druckerhöhung erhalten. Auch N. Lockyer⁴⁾, der die Versuche Wilsings wiederholte und mannigfach variierte, kann sich Wilsings Auffassung nicht anschließen. Endlich hat H. Konen⁵⁾ den Einfluß der verschiedensten Entladungsbedingungen auf das Aussehen der Spektrallinien eingehend studiert und kommt bezüglich der in Flüssigkeiten überschlagenden Funkenentladungen (S. 777 oben) zu dem Schlusse, daß Drucksteigerungen und die mit diesen vielleicht zusammenhängenden Verbreiterungen zur Deutung der Beobachtungen nicht hinreichen.

Zu denselben Resultaten führten mich meine eigenen diesbezüglichen Versuche, bei denen ich unter die Funkenstrecke am Boden der Zinkwanne, in welche die Elektroden von verstellbaren Haltern von oben her hineingehalten wurden, einen unter 45° geneigten Spiegel befestigte und diesem gegenüber in der Blechwand des Gefäßes eine durch eine Spiegelglasscheibe verschlossene Öffnung anbrachte; die Funkenstrecke wurde also durchweg von unten her betrachtet; ein Fernrohrobjektiv warf das Licht auf den bald horizontal, bald vertikal gestellten Spalt der verschiedenen bei den Versuchen benutzten Spektralapparate. An der Blechwanne war unten ein Rohr angelötet, welches mittels eines Gummischlauches die Kommunikation mit dem die Füllflüssigkeit (gewöhnlich Wasser) enthaltenden Gefäße herstellte. Durch

¹⁾ Über die im folgenden angestellten Betrachtungen und mitgeteilten Versuche wurde bereits am 9. November 1901 der kgl. bayerischen Akademie der Wissenschaften kurz berichtet (vergl. Sitz.-Ber. der math.-physik. Kl. 31, S. 365, 1901). Daß die Publikation derselben sich so lange verzögert hat, lag teils an äußeren Umständen, teils daran, daß durch erneute Versuche, Messungen und Rechnungen die hier niedergelegten Anschauungen weiter fundiert und vor allem an der Hand der zahlreichen astrophysikalischen Mitteilungen über die an den Novis gemachten Beobachtungen geprüft werden sollten; dies letztere ist geschehen, und es hat sich gezeigt, daß die hier entwickelte Theorie alle in den Spektren der neuen Sterne bemerkten Eigentümlichkeiten erklärt, ohne, soviel ich sehe, mit irgend einer Tatsache zu kollidieren. Um den Umfang der nachfolgenden Arbeit nicht über Gebühr anwachsen zu lassen, habe ich es indessen vermieden, aus der umfangreichen astrophysikalischen Literatur die einzelnen Belege hier anzuführen und begnüge mich zunächst mit einer allgemein gehaltenen Skizzierung des Grundgedankens.

²⁾ J. Wilsing, Sitz.-Ber. Berl. Akad. Nr. 24, S. 426, 1899.

³⁾ G. E. Hale, Astrophys. Journ. 15, S. 132-135, 1902 und 17, S. 154-160, 1903.

⁴⁾ Sir N. Lockyer, Astrophys. Journ. 150, S. 190-198, 1902.

⁵⁾ H. Konen, Ann. d. Phys. 9, S. 742-780, 1902.

Heben und Senken desselben war es möglich, das Flüssigkeitsniveau in dem Entladungsgefäße sehr genau einzustellen und die Erscheinung zu studieren, während die Funkenbahn mehr oder weniger tief in die Flüssigkeit versenkt war, oder die Flüssigkeitsoberfläche eben berührte, oder endlich ganz außerhalb derselben lag. Die Entladungen wurden durch eine große Töplersche Influenzmaschine mit 20 rotierenden und 40 feststehenden Scheiben bei Parallelschaltung zweier sehr großer Leidener Flaschen geliefert; vor die Funkenstrecke wurde ein Funkenmikrometer geschaltet, durch welches die Entladungsspannung immer auf dieselbe Höhe einreguliert wurde. Das Ergebnis vieler Versuche mit dieser Anordnung war, daß Druckwirkungen zur Erklärung der Erscheinungen nicht ausreichen.

Ein anderes Erklärungsprinzip dürfte, wie ich glaube, sowohl die bei den eben besprochenen Versuchen auftretenden abnorm hohen Linienverschiebungen als auch das Auftreten der charakteristischen Doppelspektren in ungezwungener Weise deuten. Dasselbe beruht auf der Beachtung der anomalen Dispersion, welche selektiv absorbierende Medien auf den Gang der Lichtstrahlen ausüben. W. H. Julius hat diese Erscheinung bereits in mehreren Arbeiten¹⁾ zur Erklärung gewisser Phänomene der Sonnenphysik, namentlich der Protuberanzen, herangezogen; ich möchte zeigen, daß anomale Brechungen in absorbierenden Dampfhüllen unter Umständen auch die Helligkeitsverteilung im Spektrum in der Umgebung der maximalen Absorptionsgebiete sehr wesentlich beeinflussen können; gerade hierum handelt es sich aber bei den erwähnten Erscheinungen, insbesondere auch bei denjenigen, welche für die neuen Sterne typisch sind.

Schon Christiansen und Kundt, die Entdecker der anomalen Dispersion, fanden, daß ein Medium, welches für einen bestimmten Wellenlängenbereich λ (Fig. 1) ein ausgesprochenes Absorptionsgebiet besitzt, dann, wenn es als

brechendes Medium auftritt, für alle größeren Wellenlängen eine mit der Annäherung an das Absorptionsmaximum anomale gesteigerte brechende Kraft besitzt; für die kürzeren Wellenlängen ist die brechende Kraft so stark vermindert, daß es die nach dem Violett zu gelegenen Wellenlängen viel weniger ablenkt, als die nach dem Rot zu gelegenen. Die

Metalldämpfe haben ihren scharfen Emissionslinien entsprechende stark ausgesprochene Absorptionsgebiete; bei ihnen konnte von vornherein sehr kräftige anomale Dispersion erwartet werden, wenn dieselbe auch nicht immer leicht nachweisbar ist. Lediglich den experimentellen Schwierigkeiten ist es zuzuschreiben, daß die Zahl der Metalldämpfe, an denen das in Rede stehende Phänomen bekannt war, lange Zeit hindurch eine so geringe bleiben konnte. Ich habe vor einiger Zeit darauf hingewiesen,²⁾ daß anomale Dispersion bei den Metalldämpfen nicht nur allgemein verbreitet ist, sondern daß sie bei diesen ihren Einfluß auch auf sehr große Wellenlängengebiete erstreckt, und zwar auf viel weitere, als sie je von den Einflüssen der Bewegung im Visionsradius oder von Druckwirkungen erreicht werden dürften.

R. W. Wood³⁾ hat für den Fall des Natriumdampfes, ich selbst für den des Kaliumdampfes den Einfluß solcher Dampfbrechungen auf ausgedehnte Spektralgebiete durch Photogramme erläutert.

Freilich liegen vorerst nur sehr wenige direkte Messungen der brechenden Kraft selbst vor. Von H. Becquerel⁴⁾ und R. W. Wood sind solche beim Natrium, von mir beim Kalium angestellt worden. Der erstgenannte findet den Brechungsindex für Strahlen, welche von D_1 nach dem Rot zu liegen, $n = 1.0009$, für Strahlen, welche auf D_2 nach dem Violett zu folgen, $n = 0.99865$, beide Indexe allerdings zunächst bezogen auf die den Natriumdampf umgebenden Flammengase. Den Exponenten derselben in bezug auf das Vakuum schätzt Becquerel zu 1.0001, so daß die auf den leeren Raum reduzierten Brechungsquotienten 1.0010 bzw. 0.99875 werden. R. W. Wood konnte in der Wasserstoffatmosphäre viel dichtere Dampfmassen erzeugen, für die er Brechungsindexe bis 1.0024 bzw. 0.9969 bezogen auf heißen Wasserstoff erhält. Setzt man den Brechungsindex des letzteren ebenfalls zu 1.0001 an, was sicher nahezu richtig ist, so resultieren als Indexe 1.0025 bzw. 0.9970 auf das Vakuum bezogen. Ich konnte bei den von mir benutzten 90-gradigen Kaliumdampfprismen schon bei mäßigen Dampfdichten, bei denen noch soviel Licht hindurchging, daß deutliche Wirkungen auf der ziemlich langsam arbeitenden infrarotempfindlichen Platte in kurzer Zeit erhalten wurden, aus meinen Photogrammen für die K_α -Linie $n = 1.00166$ bzw. 0.99834 entnehmen. Die Umgebung des Dampfes bestand auch hier aus erhitztem Wasserstoff, so daß $n = 1.00176$ bzw. 0.99844 gegen den intrastellaren Raum resultiert.

Man bemerkt, daß in allen Fällen für die dem Absorptionsgebiete nach dem Violett zu folgenden Strahlenbereiche, für die »höheren Schwingungen«, wie wir kurz in Analogie mit der Akustik sagen wollen, Brechungsindexe erhalten werden, die kleiner als eins sind. Hier tritt also der eigentümliche Fall ein, daß der Dampf selbst dem Vakuum gegenüber als das optisch dünnere Medium erscheint;

¹⁾ W. H. Julius, Kon. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam 8, S. 510-523, 1900; Physikal. Zeitschrift 2, S. 348-353 und 357-360, 1901; Astr. Nachr. 153, Nr. 3672, 1901. — Vergl. ferner: H. Ebert, Astr. Nachr. 155, Nr. 3708, 1901; J. Wilsing, 156, Nr. 3735, 1901; H. Ebert, 162, Nr. 3877, 1903. W. H. Julius, Physikal. Zeitschrift 3, S. 154-158, 1901 und 4, S. 132-136, 1902.

²⁾ H. Ebert, Astr. Nachr. 162, Nr. 3877, S. 193, 1903. Physikal. Zeitschrift 4, Nr. 17, S. 473, 1903. Vergl. auch O. Lummer und E. Pringsheim, ebenda, S. 430, 1903, welche die anomale Dispersion für C_α , S_r und B_α nachgewiesen haben.

³⁾ R. W. Wood, Proc. Royal Soc. 69, S. 157-171, 1901, und Physikal. Zeitschrift 3, S. 230-233, 1902.

⁴⁾ H. Becquerel, Compt. Rend. 127, II, S. 899-904, 1898, und 128, I, 145-151, 1899.

ein Blick auf den Verlauf der Dispersionskurve zeigt ferner, daß die relative brechende Kraft des Vakuums dem Medium gegenüber mit der Annäherung an das Absorptionsgebiet wächst. Andererseits lehren die Versuche, daß dieser rechte Kurvenzweig sich immer mehr vertieft, je spezifisch dichter der Dampf wird. Die mechanisch dichteren Dampfhüllen werden daher optisch immer weniger dicht. Hierin liegt kein Widerspruch, fand doch schon Kundt selbst bei festen Metallen Brechungsexponenten kleiner als eins; nach der elektromagnetischen Lichttheorie hängt diese scheinbare Anomalie mit den abnormen dielektrischen, in einzelnen Fällen wohl auch mit den besonderen magnetischen Eigenschaften der Metalle zusammen.

Bedenkt man, daß der auf das Vakuum bezogene Brechungsexponent der Luft bei Atmosphärendruck rund gleich 1.0003 ist, so erkennt man, daß die brechende Kraft der Metaldämpfe eine sehr hohe ist; in den genannten Fällen betrug sie bei Natriumdampf das acht-, bei Kaliumdampf das sechsfache derjenigen der Luft. Daher müssen ausgedehntere Schichten solcher Metaldämpfe, wie wir sie in den kosmischen Lichtquellen voraussetzen dürfen, ganz erhebliche Strahlenablenkungen herbeiführen. Dabei ist festzuhalten, daß wir nach allen Theorien der anomalen Dispersion diese immer als an genügend intensive Absorption gebunden betrachten müssen; ferner ist zu beachten, daß sie nur die einer Absorptionslinie benachbarten Spektralgebiete ergreift; weicht in diesen der Brechungsindex auch erheblich von der Einheit nach der einen und der anderen Seite hin ab, so beeinflusst der Dampf die Strahlen der anderen Wellenlängen doch kaum merklich, weil für diese der Brechungsexponent wieder genau gleich eins, die brechende Kraft gleich null wird.

Um zu erkennen, wie die anomale Dispersion in Metaldampfmassen die Helligkeitsverteilung im Spektrum beeinflussen kann, betrachten wir zunächst den durch Fig. 2 veranschaulichten Fall:

Ein Metaldampfprisma PP , wie man es für Natrium, Kalium oder metallisches Lithium in ziemlicher Dichte mittels des von Winkelmann¹⁾ angegebenen Gebläsebrenners herstellen kann, steht mit einer Fläche dicht vor den Kohlen

Fig. 2 a. Fig. 2 b.

einer Bogenlampe B ; durch Schirme begrenzt man das Ganze der Höhe nach geeignet und läßt mittels einer Linse das Licht auf den in größerer Ferne vor der Prismenkante K aufgestellten Spektralspalt fallen. In der Figur ist links der Strahlengang für die dem Absorptionsgebiete des Dampfes benachbarten tieferen, rechts der für die höheren Schwingungen unter Annahme einer homogenen Dichte im Innern des prismatischen Dampfkörpers gezeichnet. Durch die erstgenannten Strahlen wird das Licht des Kohlebogens von beiden Seiten her (Fig. 2 a) dem Spektralapparate zugeführt; dadurch erhält dieser in der entsprechenden Spektralregion mehr Licht als in den Teilen des Spektrums, welche ungebrochen durch den Dampf hindurchgehen; die Helligkeit wächst etwa in dem Maße, als die Fläche von B zunimmt, die vermöge der Strahlenablenkung im Prisma dem Spektralapparate noch Licht zusenden kann. Nach dem Rot zu tritt im Spektrum also eine erhebliche, gegen die Absorptionslinie hin immer mehr gesteigerte Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums auf.

Die von den weißglühenden Kohlen B ausgesendeten Strahlen von höherer Schwingungszahl als die der Eigenschwingungen der Dampfmoleküle erleiden dagegen solche Brechungen (Fig. 2 b), daß sie den Beobachter überhaupt nicht erreichen, oder doch nur in sehr verminderter Zahl; hier fehlt daher im Spektrum ein Teil vollkommen, oder die Helligkeit ist in demselben doch sehr herabgesetzt im Vergleich zu den übrigen Spektralpartien. Der sich solchergestalt über das Spektrum scheinbar lagernde Schatten übertrifft das eigentliche Absorptionsgebiet A bei weitem, wie ein Blick auf Fig. 1 sofort ergibt. In dieser Form läßt sich das hier in Rede stehende Phänomen am leichtesten experimentell verifizieren und zur Demonstration bringen.

Schon für dieses einfache Beispiel sind astrophysikalische Anwendungen denkbar. Ist B etwa eine einzelne Wolke des photosphärischen Netzwerkes, PP dagegen eine durch Wellen- oder Wirbelbewegungen in der Photosphäre der Sonne darüber gelagerte dichtere absorbierende Dampfmasse, und wird die Stelle K der Sonnenscheibe von dem Fernrohrobjektive auf den Spalt des Spektrographen geworfen, so können in den Spektrogrammen vorübergehend Aufhellungen der dunklen, dem Dampfe entsprechenden Absorptionslinien nach der roten Seite derselben hin auftreten. Dadurch werden unmittelbar Abnormitäten im Sonnenspektrum erklärt, wie sie z. B. jüngst auf Platten des Yerkes-Observatorium gefunden wurden.²⁾

Wären zwei leuchtende Massen B (Fig. 2) vorhanden, welche hinter den Punkten PP gelagert wären, so müßte das umgekehrte eintreten, die dunklen Absorptionslinien müßten sich an ihren nach dem Violett zu gelegenen Rändern aufhellen; dazwischen liegt der Fall symmetrischer Verbreiterung mit zentraler Umkehr.

Ähnliches gilt auch für das oben besprochene Beispiel der unter Wasser übergehenden Kondensatorentladungen. Wenn man zwischen Metallelektroden unter einer Flüssigkeit

¹⁾ A. Winkelmann, Wied. Ann. 32, S. 439, 1887.

²⁾ G. E. Hale, Astrophys. Journ. 16, S. 220-233, 1902; vergl. namentlich S. 222 und 223 oben. An der Grenze der dunklen Linien λ 3884.64 und λ 3896.21 erschienen nach dem Rot zu helle Linien (Tafel IX Nr. 2), durch welche die Aufmerksamkeit auf die hier vorliegende Anomalie gelenkt wurde. Die Erklärung, welche W. H. Julius (ebenda 18, S. 50-64, 1903) von derselben gibt, ist im Prinzip der hier vertretenen vollkommen analog.

Funken- oder Wechselstromentladungen übergehen läßt, so erhält man kühlere und daher verhältnismäßig stark absorbierende Metaldampfhüllen. Unmittelbar an den Elektrodenflächen selbst sind die Metaldämpfe bei jeder Einzelentladung am dichtesten; darauf folgen Schichten, die immer weniger verdampft Metall in der Volumeneinheit enthalten. In ganz schematischer Weise möge diese Verteilung für den Fall vorn abgeflachter Elektroden EE durch die Figuren 3a und 3b dargestellt sein, in welchen die nach rechts

Fig. 3 a.

Fig. 3 b.

immer weiter ausbiegenden Linien die einzelnen immer weniger dampfreich werdenden Schichten markieren sollen.

Wie rasch in der Tat die von der Dampfdichte abhängige Intensität einer Metalllinie abnimmt, auch wenn wir uns in der Funkenbahn selbst von den Elektroden entfernen, haben erst kürzlich die Untersuchungen von Hartmann und Eberhard gezeigt.¹⁾ Betrachten wir daher eine solche Funkenstrecke von der Seite, so haben wir einen Strahlengang zu erwarten, den wir erhalten, wenn wir umgekehrt von dem Beobachtungsorte aus, der sich unten befinden möge, Strahlen von außen her in die Dampfhüllen hineinführen und ihre Brechungen in diesen verfolgen; dies ist in Fig. 3a für die in bezug auf eine Metalllinie tieferen Schwingungen mit $n > 1$, in Fig. 3b für die höheren Schwingungen, für welche $n < 1$ ist, für je eine Elektrode E geschehen. Nach dem Prinzip von der Umkehrbarkeit der Lichtwege muß dies auch umgekehrt der Gang derjenigen Strahlen sein, welche von den angetroffenen Punkten ausgehend in den Spektralapparat gelangen. Man sieht also, daß die Strahlen, für welche die inneren Schichten immer stärker brechbar werden (Fig. 3a), Licht von den heißeren tieferen Schichten, ja von den inneren Elektrodenflächen selbst in den Apparat bringen; die Strahlen (Fig. 3b), für welche der Brechungsindex der Dampfschichten kleiner als der der umgebenden Gashülle ist (bei Funken unter Wasser wohl hauptsächlich aus Wasserstoff bestehend) liefern dagegen nur Licht, welches den kühleren äußeren Schichten entstammt. Die Fig. 3 stellt freilich nur einen speziellen Fall dar, der vielleicht sogar wenig

wahrscheinlich erscheint. Man kann aber selbst leicht andere Verteilungen zeichnen und auf sie die vorstehenden Betrachtungen anwenden. Stehen sich z. B. zwei abgeflachte Elektroden in einem im Verhältnis zu ihrer Dicke sehr kleinen Abstände einander gegenüber, wie es u. a. bei den eben angezogenen Versuchen von Hale der Fall war, so werden die Metaldämpfe bei jeder Entladung aus dem engen Spalte hervorquellen und zwar um so mehr, je mehr die Kondensatorwirkung im sekundären Kreise hervor, die Wirkung der Selbstinduktion zurücktritt. Verlängert man die analog wie oben von der Seite herangeführten Strahlen in die nach außen wulstartig die Funkenstelle umgebenden Dampfschichten hinein, so erkennt man wieder, daß die Strahlen mit $n > 1$ in die heiße Funkenbahn selbst, die mit $n < 1$ vorwiegend gegen die durch die Flüssigkeit stark gekühlten äußeren Elektrodenflächen weisen. Gehen Funkenentladungen in Gasen bei hohen Drucken über, so wird die Diffusion der Metaldämpfe eingeschränkt; dichtere brechende Hüllen sammeln sich in der Umgebung der Entladungsbahn, auch hier sind daher ähnliche Erscheinungen wie bei den Unterwasserfunken bei genügender Drucksteigerung in der umgebenden Gasatmosphäre zu erwarten, vorausgesetzt immer, daß die Absorption eine genügende ist, worauf schon oben hingewiesen wurde. Dies bestätigen die wundervollen Aufnahmen Hales aufs vollkommenste. In allen den genannten Fällen muß in der Umgebung der Absorptionslinien AA

Fig. 4.

also die durch Fig. 4 dargestellte Helligkeitsverteilung resultieren.

Freilich kann bei zunehmender Absorption die dunkle Linie AA auch in das Gebiet der helleren mehr und mehr übergreifen, so daß ihre Mitte anfangs nur wenig, dann gar nicht mehr gegen das Violett, ja eventuell sogar schwach gegen das Rot verschoben erscheint. Bei sehr gesteigerter Absorption können dann die hellen Linien je nach dem Strahlengange in den Dampfhüllen unter Umständen sogar ganz in dem allgemeinen hellen Hintergrunde verschwinden.

Die große Zahl von Einzelmöglichkeiten, welche das hier gebotene Erklärungsprinzip zuläßt, scheint mir nicht ein Nachteil, sondern ein wesentlicher Vorteil desselben zu sein; ist doch die Zahl der bei den verschiedenen Metallen bei Entladungen unter Wasser oder in hohen Gasdrucken auftretenden einzelnen Fälle gleichfalls eine ungeheure.

Bei der Anwendung auf die Phänomene der neuen Sterne gewinnt die vorgetragene Anschauung deshalb noch

¹⁾ J. Hartmann und G. Eberhard, Sitz.-Ber. Berl. Akad. Nr. 4, mann und G. Eberhard, Astr. Nachr. 161, Nr. 3858, S. 309-316, 1903.

S. 40-42, 1903; J. Hartmann, ebenda Nr. 11, S. 234-244, 1903; J. Hart-

eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, weil sie die unmittelbare Ergänzung und eine notwendige Konsequenz derjenigen Theorie darstellt, welche seither sich dem genannten Phänomene gegenüber in allen übrigen Punkten als am meisten stichhaltig erwiesen hat, nämlich der Seeligerschen Theorie der neuen Sterne.

H. von Seeliger nimmt an,¹⁾ daß beim Aufleuchten eines neuen Sternes ein an sich bereits dunkler oder nur schwach leuchtender kompakter Weltkörper mit kosmischer Geschwindigkeit in eine an sich ebenfalls nicht oder nur schwach leuchtende ausgedehnte Staubwolke hineinfährt. Fast täglich belehrt uns die Himmelsphotographie, daß kosmische Staub- oder Nebelgebilde viel häufiger im Weltraume vorhanden sind, als man früher nur irgend geahnt hat. Andererseits hat besonders die Nova Persei die enge Beziehung der neuen Sterne zu solchen Nebelgebilden auf das augenfälligste dargetan.

Bei den großen relativen Geschwindigkeiten zwischen Weltkörper und Staubeilchen gegeneinander muß sich der Körper an seiner Stirnseite oberflächlich stark erhitzen; aber auch die von ihm getroffenen und vor ihm verdichteten Teile der Staubwolke müssen eine große Temperaturerhöhung erfahren, wie sie Seeliger a. a. O. unter durchaus plausiblen Annahmen für einige Fälle berechnet. Diesen Erhitzungen müssen Verdampfungen parallel gehen. Am ehesten und am reichlichsten werden diejenigen Substanzen verdampfen, welche den niedrigst gelegenen Kondensationspunkt besitzen, das sind Helium und Wasserstoff. Von diesen muß zuerst eine dichte Hülle den Körper begleiten, später kommen Metaldämpfe in reichlicherem Maße hinzu. Das Phänomen stellt hiernach im Bereiche des Fixsternsystems im großen das dar, was wir im kleinen beim Aufleuchten eines Meteors in den höheren Schichten unserer Erdatmosphäre beobachten. Auch hier müßten daher ähnliche Spektralerscheinungen zu finden sein, wie bei den neuen Sternen, da die Ursachen derselben — nach unserer Auffassung die Lichtbrechungen in den Dampfhüllen — wohl dem Grade, nicht aber der Art nach verschieden sind. Freilich sind sie hier ungleich schwieriger zu beobachten und daher wohl auch noch nicht, soviel mir wenigstens bekannt ist, beobachtet; der Grund liegt in der großen Flüchtigkeit der Erscheinung; während die neuen Sterne oft über Jahresfrist hinaus helleuchtende Objekte am Himmel darstellen, ist die Dauer selbst der hellsten Boliden oder Feuerkugeln nur auf Sekunden beschränkt. So lange also, als nicht einmal der Zufall ein Meteor von genügender Helligkeit über die Platte einer sternspektrographischen Aufnahme führt, muß diese Prüfung der Theorie abgewartet werden.

Verfolgen wir den Entwicklungsgang einer Nova etwas näher: Zunächst wird bei dem Eintreten des Körpers in die kosmische Staubwolke ein ziemlich plötzliches Aufleuchten am Himmel uns den Eintritt dieser Kollision anzeigen; dieselbe ist, wie schon Seeliger hervorhob, unendlich viel wahrscheinlicher als die zweier Weltkörper gegeneinander oder auch nur die eines solchen Körpers mit den Gliedern eines anderen Sonnensystems. Dabei wird sich im wesentlichen zunächst nur ein kontinuierliches Spektrum mit immer weiter

ins Ultraviolett sich erstreckendem Strahlenbereiche ergeben. Sehr bald müssen aber in der Staubwolke Vergasungen der kleinen Partikeln eintreten; eine mehr und mehr sich ausdehnende absorbierende Dampfhülle, wie oben ausgeführt zunächst von He und H_2 , dann von Metallen, legt sich um den Körper. Die Anordnung derselben müssen wir uns ähnlich wie die der Verdichtungsstellen um ein mit großer Geschwindigkeit durch die Luft fliegendes Rundgeschloß vorstellen, wie sie durch photographische Momentaufnahmen bei Funkenlicht vielfach veranschaulicht worden ist. Stellt in Fig. 5 W den in der Pfeilrichtung durch den Nebel sich bewegendes Körper dar, so wird auf der in der Bewegungs-

Fig. 5.

richtung liegenden Kalotte C , der Stirnseite, die maximale Lichtentwicklung stattfinden. Außer in dem an sich nur wenig wahrscheinlichen Falle, daß der Körper genau auf uns zukommt, werden wir diese hellste Partie C immer nur mehr oder weniger schräg durch die Hülle verdichteter Gase und Dämpfe hindurch erblicken. Steht also die Erde etwa in der Richtung E , so werden die in die Figur eingezeichneten Strahlen den Lichtweg bezeichnen, den die von den einzelnen Absorptionslinien eines bestimmten Stoffes, etwa des Wasserstoffes nach dem Rot zu gelegenen Spektralfarben nehmen. Selbst für den Fall, daß der Beobachter hinter dem Stern in der Richtung irgend einer der in der Figur angedeuteten Schichtflächen selbst steht, wird noch ein ähnlicher Strahlungsgang resultieren. Denn ein von ihm gegen den Stern gezogen gedachter Strahl, der in die tangentielle Trennungsfläche zweier Schichten eintritt, wird nach der Seite der wachsenden Brechungsexponenten, im vorliegenden Falle also nach innen hin gebogen.²⁾ Umgekehrt werden die von den

¹⁾ H. Seeliger, Astr. Nachr. 130, Nr. 3118, S. 393-406, 1892 und 157, Nr. 3759, S. 255-258, 1902.

²⁾ Vergl. O. Wiener, Wied. Ann. 49, S. 105-149, 1893.

erhitzten Oberflächenpartien emittierten Strahlen durch die entsprechende Umbiegung in das Auge des Beobachters gelangen.

Ganz anders liegt der Fall für die höheren Schwingungen, für welche nach S. 68 die äußersten Schichten die optisch dichtesten, die weiter nach innen gelegenen aber solche mit immer kleinerem Brechungsexponenten sind. Strahlen dieser Art, die von E kommen, müssen in der Dampfhülle etwa den durch die gestrichelten Linien angedeuteten Weg nehmen, für sie verdeckt also der kompakte Körper W selbst den größten Teil der an der Stirnfläche C sich entwickelnden Leuchtprozesse. Selbst in dem Falle, daß E der Bewegungsrichtung von W viel näher liegt, als in der Figur angenommen ist, werden die Strahlen, für die $n > 1$ ist, mehr Licht dem Beobachter zuführen, als die Strahlen mit $n < 1$. In dem Spektrum müssen also die Absorptionslinien derjenigen Stoffe, aus denen die Hülle hauptsächlich zusammengesetzt ist, stark nach dem Violett zu verbreitert erscheinen (vergl. Fig. 4); ein dunkler Schatten legt sich hier scheinbar über das dem ganzen zugrunde liegende kontinuierliche Spektrum; die Mitte der Linie ist stark nach dem Violett zu verschoben. Nach dem Rot hin scheint dagegen dem hellen Hintergrunde ein noch helleres Band aufgesetzt zu sein, dessen Intensität nach dem Rot hin sich allmählich verliert und nach dem Violett zu, also gegen die Absorptionslinie hin scharf abfällt; die hellste Kante dieses Bandes liegt dem normalen Linienorte sehr nahe mit einer nur geringen Verschiebung gegen das Rot hin. Die Helligkeit dieses Bandes kann fast so steil ansteigen wie die Dispersionskurve Fig. 1 selbst. Es kann für diese Strahlen mit einem $n > 1$ bei der Schichtung der Dampfhülle aber noch ein anderer Fall eintreten, der besonders im Auge zu behalten ist, nämlich der, daß die Strahlen mit höchsten n -Werten überhaupt nicht austreten, sondern total reflektiert werden. Dies tritt nach Seeliger¹⁾ bei kugelförmigen Weltkörpern ein, wenn die Höhe h der Atmosphäre

$$h > (n - 1) a$$

(a = Radius) ist, für den Fall, daß die atmosphärische Hülle vom Brechungsexponenten n unstetig gegen den leeren Raum abgrenzt. Hier wächst dann die Helligkeit nur bis zu einem bestimmten maximalen Betrage, der für einen größeren Wellenlängenbereich etwa der gleiche bleibt; es entsteht ein breites helles Band von nahezu gleichmäßiger Intensität, welches gegen Violett zu scharf begrenzt ist, sich gegen das Rot hin aber allmählich in der allgemeinen Helle des kontinuierlichen Spektrums verliert. Die Mitten dieser Bänder sind dann stark gegen Rot zu verschoben.

Für alle diese im vorstehenden skizzierten Fälle finden sich in der Literatur über die verschiedenen Novis zahlreiche Beispiele, die einzeln hier zu belegen, zu weit führen würde.

Neben den verbreiterten, verwaschenen und stark verschobenen hellen und dunklen Linien, die wir uns in dieser Weise entstanden denken, können natürlich auch scharfe und schmale eigentliche Emissions- und Absorptionslinien auftreten, die teils von der Gashülle, teils von dem Weltkörper

selbst herrühren. Die aus diesen schmalen und aus den breiten Linien nach dem Dopplerschen Prinzip hergeleiteten Bewegungsgeschwindigkeiten werden aber im allgemeinen niemals identische Werte ergeben können; auch hierfür sind in der Literatur zahlreiche Beispiele zu finden.

Ein wesentlicher Vorteil der Seeligerschen Theorie liegt außer in ihrer großen Einfachheit und Natürlichkeit in der ungeheuren Fülle von Einzelmöglichkeiten, welche sie zuläßt. Kommt der Weltkörper auf uns zu, haben wir vor ihm also eine verhältnismäßig dünne Dampfschicht, so kann das kontinuierliche Spektrum und einzelne helle Linien vollkommen dominieren, die Linienverdoppelung ist nur angedeutet. Bewegt er sich von uns weg, so sehen wir ihn durch immer dicker werdende Dampfschichten hindurch, so daß die Linienverschiebung sich bis zu einem außerordentlichen Betrage steigern kann. Es kann dann ein sehr plötzlicher Wechsel eintreten, indem sich Dampfmassen losreißen und zurückbleiben, ja es kann zu periodischen Aufhellungen kommen, wie wir dies auch bei den Meteorerscheinungen in unserer Atmosphäre beobachten; mit diesen Aufhellungen können entsprechende periodische Änderungen im Spektrum parallel gehen.

Aber auch durch die verschiedenen Dichten der kosmischen Staubwolken und Dichteviationen innerhalb derselben Wolke längs der Bahn, in der sie der Körper passiert, und dessen relativer Geschwindigkeit sind neue Möglichkeiten der Einzelercheinungen gegeben. Die Stellen relativer Maximaldichte einer solchen Wolke werden sich im allgemeinen auf einer Oberfläche doppelter Krümmung vorfinden, so daß der Körper mehrere Gebiete erhöhter Dichtewerte nacheinander durchstoßen kann. Für uns lagern sich dann mehrere der geschilderten Spektralerscheinungen übereinander. Dadurch erklären sich sehr leicht die sekundären Intensitätsmaxima und -Minima, welche sich den verbreiterten hellen und dunklen Linien in den Spektren der neuen Sterne gelegentlich superponieren; auch bei Funkenentladungen in Wasser werden sie erhalten, wenn man die Wirkungen verschiedenwertiger Einzelfunken auf der photographischen Platte übereinander lagert. Man braucht nur die Fig. 4 ein-, zwei- oder mehrere mal in verschiedenem Maßstabe zu zeichnen und übereinander zu lagern, indem man die den einzelnen Wellenlängen entsprechenden Einzelordinaten einfach addiert, um alle die verschiedenen Helligkeitsverteilungen mit einer, zwei oder mehr relativ dunkleren Partien innerhalb der hellen Linien und umgekehrt helle Linien in den dunklen zu erhalten, wie sie die Spektrographen bei der Nova Aurigae und Nova Persei vielfach zutage gefördert haben.

Hat der Weltkörper die Staubwolke verlassen, so kann seine Helligkeit verhältnismäßig sehr rasch wieder sinken, wenn es, wie hier angenommen, wesentlich nur seine oberflächlichsten Schichten waren, die bei der Kollision mit den Staubeilchen erhitzt wurden, eine Erscheinung, die ebenfalls für die neuen Sterne sehr charakteristisch ist.

Auf eines soll noch hingewiesen werden, was die hier entwickelte Ansicht von einer ganz anderen Seite her stützt: die innige Beziehung der neuen Sterne zu Nebelgebilden, wie sie namentlich bei der Nova Persei zutage getreten ist²⁾

¹⁾ H. Seeliger, Sitz.-Ber. Münchener Akad. 31, S. 239, 1891.

²⁾ Vergl. u. a. H. Seeliger, Astrophys. Journ. 16, Nr. 4, S. 187, 1902.

und die entsprechende große Verwandtschaft der Spektren der neuen Sterne mit denen verschiedener Nebel.

Auch auf eine Reihe von veränderlichen Sternen von kurzer Periode, in deren Spektren periodische Linienverschiebungen vorkommen, kann die hier auseinandergesetzte Vorstellung Anwendung finden. Ist die Lichtemission eines Weltkörpers an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche wesentlich verschieden, und ist er von einer dichten Dampf-atmosphäre umhüllt, so muß er bei seiner Rotation einem fernen Beobachter ein in seiner Ausbildung wechselndes Phänomen von der Art des geschilderten mit seinen Linienverschiebungen und Verdoppelungen darbieten; die Periode desselben wird dann diejenige seiner Achsendrehung sein.

München, 1903 September.

Wir bedürfen also in diesem Falle nicht unbedingt der Annahme zweier Weltkörper, von denen sich der eine auf uns zu, der andere von uns weg bewegt.

Es soll indessen durchaus nicht geleugnet werden, daß in allen den genannten Fällen daneben tatsächlich auch Linienverschiebungen eine Rolle spielen, welche teils aus Bewegungen im Visionsradius nach dem Dopplerschen Prinzip, teils aus Drucksteigerungen zufolge der darüber bekannten Laboratoriumserfahrungen resultieren. Durch das vorstehende sollte hauptsächlich gezeigt werden, daß neben Bewegung und Druck auch die anomalen Brechungen bei der Deutung der Spektralerscheinungen cölestischer Objekte mit in Betracht zu ziehen sind.

H. Ebert.

Nordlichtbeobachtungen in Münster 1903 Okt. 31.

Seit der glänzenden Erscheinung 1898 Sept. 9 (vergl. A. N. 3537) ist das obige, kurz und wenig auffallend verlaufene Phänomen, das nach den Wetterberichten der Deutschen Seewarte in Wilhelmshaven als »stark« bezeichnet ist, die einzige von mir beobachtete größere Erscheinung dieser Art. Die erste lebhaft Rötung einer in NNE stehenden Nebelbank darf auf 7^h 5^m Ortszeit (so auch später; Red. auf Greenwich — 30^m 6) gesetzt werden; vorher war ich in der Stadt, habe also die erste Entwicklung nicht sicher gesehen. Gegen 7^h 10^m begannen im N die Strahlen aufzuschießen, alle nahezu durch Polaris gehend, deutlich grün gefärbt, diffus mit achsialer Verdichtung wie ein verschmälertes Zodiakallicht, mit rascher Bewegung im Sinne des täglichen Himmelslaufes, also durch den Zenit nach W. Von der südlichen Konvergenz war des sehr hellen Mondes wegen nichts zu sehen; die Korona, hart über Ursa major stehend, war

nicht immer gut erkennbar, was auf die Beleuchtung der Bodennebel durch den Mond zurückzuführen ist. In der Hoffnung, daß sich eine korrespondierende Notiz finde, teile ich mit, daß um 7^h 19^m 5 ein sehr heller Streif den Sektor zwischen 21^h 0^m und 21^h 20^m, Äqu. 1880.0 nach Messers Atlas, von $\delta = 90^\circ$ bis $\delta = 58^\circ$ ausfüllte; das rasche Fortschreiten, vielleicht um 3^h Stundenwinkel in 5^m, erschwerte die Einzeichnung. Um 7^h 30^m schien das Phänomen erloschen zu sein; jedenfalls war nach 8^h 33^m keine Spur mehr zu sehen.

Anscheinend ist das Nordlicht nur an wenig Orten Mitteld Deutschlands wahrgenommen worden, obschon eine sehr ins Auge fallende andere Erscheinung, Mond in Konjunktion mit Jupiter, auch manchen Laien zum Anschauen veranlaßt haben wird.

Münster, 1903 Nov. 3.

J. Pfaffmann.

Notiz über das bei Gelegenheit der Göttinger Astronomenversammlung verteilte angebliche Gaußbild.

Das auf der Göttinger Astronomenversammlung verteilte Porträt mit der Unterschrift »Carl Friedrich Gauß im Alter von 26 Jahren« ist in Wirklichkeit ein Bild von Bessel, 1825 von dem Maler Herterich zu Altona angefertigt. Man hielt das Bild in Göttingen von jeher für ein Gaußbild auf Grund einer formellen Beglaubigung durch Dr. J. L. Tölken in Bremen, den Mann einer Enkelin von Olbers, der das Bild aus Olbers' Nachlaß geerbt hatte. So wurde das Bild auch in der Festschrift zur Feier des hundertundfünfzigjährigen Bestehens der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften vor zwei Jahren als Gaußbild reproduziert. Es ist aber jetzt zweifellos, daß diese Beglaubigung irrtümlich ist und daß unter den Nachkommen von Olbers die rechte Tradition verloren gegangen war.

Gleich nach der Göttinger Versammlung bemerkte nämlich Herr Dr. F. Cohn in Königsberg die (abgesehen von Details der Kleidung) völlige Identität des Göttinger Bildes

mit einem in seinem Besitz befindlichen Bilde, das in Königsberg stets als Besselporträt gegolten hatte. Ausgedehnte Nachforschungen, die namentlich durch Herrn Geh. Rat E. Hagen in Berlin, einen Enkel Bessels, gefördert wurden, haben inzwischen bestätigt, daß das Königsberger Bild der Reihe nach im Besitz von H. C. Schumacher, von C. A. F. Peters Vater und von C. F. W. Peters Sohn gewesen und von letzterem auf seinen Schwiegersohn Herrn Dr. F. Cohn übergegangen ist. Es wird in verschiedenen Briefen aus älterer Zeit als »Herterichsche Kreideskizze Bessels« erwähnt und eine Verwechslung erscheint ausgeschlossen. Auch die Vergleichung der Ähnlichkeit mit anderen Darstellungen von Gauß und Bessel wirkt bei längerer Betrachtung überzeugend für Bessel. Ein ausführlicher Bericht über die angestellten Recherchen von F. Klein und dem Unterzeichneten wird demnächst in den Nachrichten der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen zu finden sein.

Göttingen, 1903 Nov. 10.

K. Schwarzschild.