Die anomale Dispersion und die Sonnenphänomene.

Von *H. Ebert*, München.

In Nr. 3708 (Bd. 155, p. 177, 1901) der A. N. hatte ich Versuche mit Natriumdämpfen beschrieben, welche die wohl zuerst von Herrn W. H. Julius ausgesprochene Ansicht stützten, daß bei den Phänomenen der Sonnenoberfläche der anomalen Dispersion in den sich hier findenden Metaldampfschichten eine wesentliche Rolle zufalle. Gegen diese Anschauungen hat sich in A. N. Bd. 156, p. 225, 1901 Herr J. Wilsing gewendet. Das Hauptbedenken, welches er gegenüber der neuen Theorie erhebt, gipfelt in dem Hinweise auf die Tatsache, daß außer bei Natrium, Kalium und Thallium seither anomale Dispersion in verdampften Metallen experimentell noch nicht nachgewiesen worden sei; von ihm selbst angestellte Versuche mit Calcium, welches im Lichtbogen verdampfte, gaben (unter den gewählten Versuchsbedingungen) keine merkliche Dispersion dieses Dampfes.

Bei der fundamentalen Bedeutung der Frage für die Sonnenphysik habe ich während der letzten zwei Jahre zahlreiche Versuche über die anomale Dispersion glühender Metaldämpfe nach den verschiedensten Methoden angestellt. Es würde an dieser Stelle zu weit führen über dieselben im einzelnen zu berichten, es sei nur erwähnt, daß ich mich bei diesen Untersuchungen vielfach der reichen Strommittel des elektrochemischen Laboratoriums unserer Hochschule bedienen sowie der tatkräftigen Unterstützung meiner beiden chemischen Kollegen, der Herren Muthmann und Hofer erfreuen durfte. Wiewohl diese mühevollen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, glaube ich doch schon jetzt die Behauptung aufstellen zu dürfen, daß es wohl kein Metall gibt, dessen Dampf frei von anomaler Dispersion wäre. Man wird dieselbe auch bei allen Metallen zur Erscheinung bringen können, falls man nur die Versuchsbedingungen geeignet wählt. In welcher Richtung man dabei vorzugehen habe, dies lehren die Dispersionstheorien.

Geht man auf irgend eine der älteren elastischen Theorien zurück, etwa die Theorie von Sellmayer, v. Lommel, v. Helmholtz, Ketteler, oder befragt man eine von den neueren, auf der elektromagnetischen Lichttheorie beruhende Dispersionstheorie, etwa die von Kolacek, Ebert, Goldhammer, v. Helmholtz, Drude u. s. w., so erkennt man, daß die zu suchende Erscheinung aufs engste mit einer anderen, nämlich der Absorption verknüpft ist. Nur wenn es gelingt kräftige Absorptionswirkungen zu erzielen, kann man erwarten, auch die anomale Dispersion in die Erscheinung treten zu sehen. Nun lehrt der Kirchhoffsche Satz, daß starke Absorption in

irgend einem Körper, also auch in dem verdampften Metalle, nur dann zu erzielen ist, wenn man durch den Dampf Strahlen schickt, die von einer Lichtquelle kommen, die weit höher als der Dampf selbst temperiert ist. Man muß also mit möglichst kühlen Dämpfen aber möglichst heißer emittierender Lichtquelle operieren. Läßt man aber das Metall in der freien Luft, etwa im Voltabogen verdampfen, so oxydieren sich die Dämpfe, wobei sich sehr hohe Temperaturen entwickeln; man denke nur an die enorme Hitze, die sich beim Verbrennen von Aluminiumpulver entwickelt, welche bei dem Goldschmidt'schen Schweißverfahren (in der sog. Alumino-thermie) ihre technische Verwertung findet.

Schon die zahlreichen Versuche von Liveing und Dewar, sowie von Lockyer u. a. über die künstliche Umkehrung der Metallspektren lehrten, daß es vorteilhaft ist, die Metalle in einem inerten Gase oder besser noch in einer reduzierend wirkenden Atmosphäre von Wasserstoff, Ammoniakgas oder Kohlenoxyd zu verdampfen, will man kräftige Metall-Absorptionsspektren erhalten¹⁾.

Hält man diese Bedingung auch bei den Versuchen über anomale Dispersion inne, so gelingt es diese neben der Absorption, also den Umkehrungserscheinungen einhergehende Erscheinung mit ziemlicher Sicherheit zu konstatieren. Ich konnte sie zunächst bei Gelegenheit zahlreicher elektrischer Metallreduktionen beobachten, welche meine oben genannten Kollegen vornahmen²⁾. Bei Uran, Cer, Lanthan, aber auch bei Silber, Zink, Kupfer, Eisen, Calcium, die gelegentlich in die zum Teil sogar mit Wasser gekühlten Tiegel gebracht wurden, ließ sich die Erscheinung erkennen.

Versuche mit einem aus natürlichem Kalkstein gefertigten, nach den Angaben Moissans gebauten elektrischen Ofen gaben weniger günstige Resultate. Eine Reihe von Beobachtungen wurden mit einem großen Graphittiegel angestellt, der eine seitliche Öffnung hatte; für reichliche Entwicklung von Kohlenoxyd wurde entweder im Inneren des Tiegels selbst gesorgt, oder es wurde von außen her ein kontinuierlicher Strom von Ammoniakgas in denselben hineingeblasen. Hier zeigte sich die Erscheinung für Calcium besonders schön.

Wenn diese Versuche auch zur Orientierung sehr wichtig waren, so lag doch der Wunsch nahe, regelmäßiger geformte Dampfmassen, als sie hierbei naturgemäß zu erhalten waren, verwenden zu können, also wirkliche Prismen aus den stark absorbierenden Dämpfen zu bilden. Ich stellte zunächst eine

¹⁾ Bezüglich der Literatur vergl. das treffliche Handbuch von H. Kayser.

²⁾ Bezüglich der von denselben angewendeten Anordnungen vergl.: W. Muthmann, H. Hofer, L. Weiß »Über die Darstellung der Metalle der Cerguppe durch Schmelzelektrolyse.« Ann. d. Chem. 320, p. 231, 1901.

Reihe von Untersuchungen mit dem von Winkelmann angegebenen Gebläsebrenner von dreieckigem Querschnitte ¹⁾ an; derselbe gab an eine Druckluftanlage angeschlossen bei 10 Atmosphären Preßluft wundervolle Resultate und ließ die anomale Dispersion auch bei Lithium, wo sie seither noch nicht bekannt war, sehr deutlich erkennen. Aber auch hier stören die Oxydationsprozesse. Ich ging daher weiter zu einer Anordnung über, bei der das Metall inmitten eines kontinuierlichen Wasserstoffstromes zum Verdampfen gelangt, ähnlich wie es Herr Wood für das Natrium getan hat ²⁾. Wenn man zwei Strahlen von Wasserstoffgas in einem mit Fenstern versehenen geschmiedeten Eisenbehälter schräg gegeneinander richtet, so kann man den unter der Vereinigungsstelle der Gasstrahlen entwickelten Metaldampf sehr gut zusammenhalten und ihm fast ebene Begrenzungsflächen erteilen; das Gas entweicht mit dem überschüssigen Dampfe durch einen oben angebrachten Schornstein und eine längere Rohrleitung ins Freie (zur Vermeidung der Explosionsgefahr und um die vielfach sehr giftigen Metaldämpfe unschädlich zu machen). Mit der Kundtschen Methode der gekreuzten Spektren erhält man auf diese Weise anomale Dispersionen, welche von den Absorptionsgebieten aus weit in die beiderseitig benachbarten Wellenlängen vordringen, ja das ganze Spektrum völlig verschieben und auseinander reißen können. Besonders schön ist die Erscheinung bei dichtem Kaliumdampf, bei dem die von K_{α} ausgehende Wirkung auch bis tief ins Infrarot hinein mit der von H. Lehmann angegebenen Alizarinblausulfid-Nigrosinplatte photographisch verfolgt werden konnte ³⁾.

Um die anomale Dispersion des Wasserstoffes experimentell nachzuweisen, eine gleichfalls von Herrn Wilsing den Verfechtern der neuen Theorie gegenüber gestellte Forderung, käme es nur darauf an, denselben in eine solche Verfassung entweder durch Drucksteigerung und Verwendung sehr langer Schichtdicken oder durch Erniedrigung der Temperatur zu bringen, daß er ein ausgeprägtes Absorptionsspektrum zeigt; dem Kirchhoffschen Gesetz zufolge steht zu erwarten, daß er dort entsprechend deutliche Absorptionsmaxima zeigen wird, wo er bei der Emission die bekannten hellen Linien entwickelt. Daß an diesen Stellen des Spektrums ganz erhebliche Dispersionen sich einstellen müssen, kann nach allen Dispersionstheorien kaum bezweifelt werden. Ich habe einen analogen Fall der direkten Prüfung unterworfen, den des Sauerstoffs. Derselbe gibt in dicken Schichten, neben

dem Spektrum, dem die Gruppen *A*, *a* und *B* angehören, das bekannte von Jaussen auch in der Atmosphäre nachgewiesene Bandenspektrum mit den vier Absorptionsmaximis, welches Olszewski im verflüssigten Sauerstoffe wieder fand ⁴⁾. Statt mit großen Schichtdicken zu experimentieren, welche die apparative Anordnung sehr erschweren würden, kann man also auch mit dünnen, aber sehr dichten Schichten, nämlich mit solchen des verflüssigten Materiales arbeiten. Bringt man gut filtrierten flüssigen Sauerstoff in eine Dewarflasche, so ist das Sieden sehr schwach. Neigt man die Flasche und bringt man ein Stück Spiegelglas schräg unter die Flüssigkeit, so kann man zwischen der Spiegelfläche und der freien Flüssigkeitsoberfläche ein prismatisches Stück des Sauerstoffs abgrenzen, auf das man die Abbesche Methode der Bestimmung der Brechungsexponenten mittelst des in sich selbst zurückgeworfenen Strahles anwenden kann. Daraus ergibt sich die folgende Anordnung: Ein parallel gemachtes, von den Wärmestrahlen befreites Lichtbündel erfährt eine erste Brechung an der schräg getroffenen Flüssigkeitsoberfläche, fällt gegen den Spiegel, der so in der Flasche montiert ist, daß der Mittelstrahl (etwa dem Gelb entsprechend) senkrecht zurückgeworfen wird; das Bündel erfährt eine zweite Brechung an der Grenzfläche Flüssigkeit-Luft (welche die Dispersion der ersten nicht aufhebt, sondern verstärkt), und kann in einem Glasprisma oder Gitter einer weiteren, zur Einfallsebene senkrechten Farbenzerstreuung unterworfen werden. Man hat dann wieder gekreuzte Spektren; behandelt man sie mit großen Fokallängen, so sieht man, daß dort, wo die Absorptionsstreifen das Spektrum durchsetzen, die Ränder desselben die bekannten Auszackungen bzw. Einkerbungen zeigen, die charakteristisch für die anomale Dispersion sind. Also auch der Sauerstoff zeigt anomale Dispersion, sowie nur seine selektive Absorption genügende Kraft hat. Das genannte Resultat ist übrigens kürzlich auf ganz anderem Wege fast gleichzeitig durch die Untersuchungen von F. Harms ⁵⁾ und A. Schmauß ⁶⁾ durch die viel empfindlichere Methode der magnetischen Drehung der Polarisationsebene, deren Ergebnisse gleichfalls aufs innigste mit der selektiven Absorption der durchstrahlten Medien verknüpft sind, bestätigt worden.

Gewisse rein astrophysikalische Bedenken, welche Herr Wilsing erhebt, z. B. die geforderte Verdoppelung der Chromosphärenlinien betreffend, sind unterdessen von Herrn W. H. Julius ⁷⁾ selbst bereits behoben worden.

München, 1903 März.

H. Ebert.

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

²⁾ R. W. Wood, Physikal. Zeitschr. 3, 230, 1902.

³⁾ H. Lehmann, Ann. d. Phys. 5, 633, 1901; der Genannte hat mich bei den photographischen Aufnahmen, welche mit einem Steinheilschen Spektrographen erfolgten, persönlich aufs wirksamste unterstützt.

⁴⁾ K. Olszewski, Wied. Ann. 33, 570, 1888.

⁵⁾ F. Harms, Physikal. Zeitschr. 4, 158, 1902.

⁶⁾ A. Schmauß, Sitz. Ber. bayer. Akad. math. phys. Cl. 32, 327, 1902.

⁷⁾ W. H. Julius, Physikal. Zeitschr. 4, 132, 1902.

Benennung des Planeten (458) [1900 FK].

Der kürzlich wieder aufgefundenene Planet (458) [1900 FK] hat von Dr. *J. Riem* in Berlin den Namen *Hercynia* erhalten.

Kr.