**4. Der spektrale Nachweis elektrischer Felder
an der Oberfläche chemischer Atome;
von J. Stark.**

1. Einleitung.

Der Zeemaneffekt hat den Nachweis magnetischer Felder in der Atmosphäre der Sonne ermöglicht; dagegen ist der Versuch Humphreys¹⁾ mißglückt, mit seiner Hilfe auch das Vorkommen magnetischer Felder an der Oberfläche chemischer Atome nachzuweisen, nämlich auf deren Wirkung die Verschiebung und Verbreiterung von Spektrallinien durch Druckerhöhung zurückzuführen.

Umgekehrt liegt der Fall bei dem Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien. Während er bis jetzt vergeblich an Spektrallinien der Sonne gesucht wurde, bringt er uns in zwei Erscheinungen Kunde von dem Vorhandensein elektrischer Felder an der Oberfläche chemischer Atome. Die eine dieser Erscheinungen ist die Verbreiterung und Verschiebung von Serienlinien durch Vergrößerung des Gasdruckes und der Stromdichte, die andere das Erscheinen gewisser Serien unter der Wirkung elektrischer Felder.

Die führende Ursache derjenigen Verbreiterung von Serienlinien, welche die Vergrößerung des Gasdruckes und der Stromdichte begleitet, habe ich schon frühzeitig²⁾ in der Wirkung elektrischer Felder an der Oberfläche von Gasmolekülen und somit an der Oberfläche chemischer Atome (Atomionen) vermutet. Diese Vermutung ist zunächst in qualitativer Hinsicht durch Beobachtungen³⁾ von mir und meinen Mitarbeitern von

1) W. J. Humphreys, *Jahrb. d. Rad. u. El.* 5. S. 324. 1908.

2) J. Stark, *Ann. d. Phys.* 43. S. 1040. 1914.

3) J. Stark u. H. Kirschbaum, *Ann. d. Phys.* 43. S. 1040. 1914; G. Wendt, *Ann. d. Phys.* 45. S. 1257. 1914; J. Stark, *Ann. d. Phys.* 48. S. 226. 1915; A. J. Dempster, *Ann. d. Phys.* 47. S. 791. 1915; T. R. Merton,

A. J. Dempster und T. R. Merton, für die rote Wasserstofflinie auch in quantitativer Hinsicht von J. W. Nicholson und T. R. Merton bestätigt worden. P. Debye¹⁾ und vor allem J. Holtsmark²⁾ hat eine Theorie der Verbreiterung von Serienlinien durch molelektrische Felder (elektrische Felder an der Oberfläche von Gasmolekülen) entwickelt und in einer Besprechung des in Betracht kommenden experimentellen Materials eine gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung gefunden. Die Frage nach dem Verhältnis zwischen molelektrischer und molstößlicher Verbreiterung, die ich in einem Bericht³⁾ über die Verbreiterung von Spektrallinien aufgeworfen habe, ist freilich noch nicht beantwortet.

Daß auch die Verschiebung des Intensitätsgipfels von Spektrallinien, welche die dissymmetrische Verbreiterung begleitet, eine Wirkung der molelektrischen Felder ist, hat kürzlich M. Ritter⁴⁾ nachgewiesen.

Weniger geklärt und bekannt ist die Erscheinung, daß unter der Wirkung molelektrischer Felder gewisse Serien sichtbar werden, welche außerhalb eines elektrischen Feldes keine merkliche Intensität besitzen. Es ist ja eine der merkwürdigsten Wirkungen des elektrischen Feldes auf Spektrallinien⁵⁾, daß die Intensität gewisser Serien eines Elements im Verhältnis zu derjenigen anderer Serien außerhalb eines elektrischen Feldes unmerklich klein ist, dagegen in einem elektrischen Felde mit dessen wachsender Stärke rasch größer wird und diejenige anderer Serien erreicht. Für Spektren, in welchen solche Serien vorkommen, ist demnach die Verteilung der Intensität innerhalb dieser Serien sowie zwischen ihnen und anderen Serien merk-

Proc. Roy. Soc. 92. S. 322. 1916; J. W. Nicholson u. T. R. Merton, Phil. Trans. A. 216. S. 459. 1916; T. R. Merton, Proc. Roy. Soc. 95. S. 30. 1918; M. Ritter, Ann. d. Phys. 59. S. 170. 1919.

1) P. Debye, Phys. Zeitschr. 20. S. 160. 1919.

2) J. Holtsmark, Phys. Zeitschr. 20. S. 162. 1919; Ann. d. Phys. 58. S. 577. 1919.

3) J. Stark, Jahrb. d. Rad. u. El. 12. S. 349. 1915.

4) M. Ritter, Ann. d. Phys. 59. S. 170. 1919.

5) Li-Serie: J. Stark, Ann. d. Phys. 48. S. 210. 1915. He-Serien: J. Koch, Ann. d. Phys. 48. S. 98. 1915; J. Stark, Ann. d. Phys. 56. S. 577. 1918; G. Liebert, Ann. d. Phys. 56. S. 589, 610. 1918.

würdiger Weise von der Stärke der elektrischen Felder abhängig, in denen sich die Serienträger befinden.

Diese Wirkung ist zunächst an ausgedehnten oder „endlichen“ elektrischen Feldern beobachtet worden. Es ist aber zu erwarten, daß sie auch von den elementaren elektrischen Feldern einzelner Gasmoleküle hervorgebracht wird, wenn sich in ihnen die Träger von Serien jener Art befinden. Diese Überlegung habe ich bereits auf die halbscharfe (dritte) Nebenserie des Lithiums angewandt und deren Auftreten im Lichtbogen in freier Luft auf die Wirkung molekularer Felder zurückgeführt.¹⁾

Im folgenden sind weitere Beispiele für diesen Nachweis des Vorkommens elektrischer Felder an der Oberfläche chemischer Atome an der Hand des Auftretens von Serien unter der Wirkung dieser Felder gegeben. Die nachstehenden Ausführungen sind auch insofern von Bedeutung als sie unsere Kenntnisse von den Serien des Heliums und Lithiums vervollständigen.

2. Die halbscharfe Nebenserie des Lithiums und Heliums.

Die halbscharfe oder dritte Nebenserie des Lithiums (λ 6240 — 4636 — 4147 — 3923) gehört zu den Serien, welche nur im elektrischen Feld erscheinen. Ihr Auftreten in einem endlichen elektrischen Feld ist von mir untersucht²⁾ worden, schon früher war sie am Lichtbogen in freier Luft, also bei hohem Gasdruck und großer Stromdichte beobachtet worden. Hier wird sie, wie ich bereits oben bemerkte, durch die Wirkung molekularer Felder bedingt.

Die entsprechende halbscharfe oder dritte Nebenserie des Heliums (He_β) ist von J. Koch³⁾ in einem endlichen elektrischen Feld aufgefunden worden. Bei kleiner Stromdichte und niedrigem Gasdruck sind die Linien dieser Serie noch photographisch unsichtbar, wenn die Linien der diffusen und der scharfen Nebenserie bereits stark überlichtet sind. Jedoch sind sie (λ 4519 — 4046) von T. R. Merton⁴⁾ kürzlich unter denjenigen Bedingungen,

1) J. Stark, Ann. d. Phys. 48. S. 226. 1915.

2) J. Stark, Ann. d. Phys. 48. S. 210. 1915.

3) J. Koch, Ann. d. Phys. 48. S. 98. 1915.

4) T. R. Merton, Proc. Roy. Soc. 95. S. 30. 1918.

welche die Serienträger in starke molelektrische Felder bringen, nämlich bei erheblichem Gasdruck und großer Stromdichte an der positiven Säule in einer Geißlerröhre neben den übrigen He-Linien in merklicher Intensität beobachtet worden.

3. Die nahdiffuse Nebenserie des Lithiums und Heliums.

Wie ich kürzlich darlegte¹⁾, gehört vermutlich auch die nahdiffuse Nebenserie zu denjenigen Serien, welche durch ein elektrisches Feld eine Verstärkung ihrer Intensität erfahren. Die Linien der nahdiffusen Nebenserie des Lithiums liegen dicht hinter denjenigen der diffusen Nebenserie. Das gleiche gilt für die nahdiffuse Nebenserie von He_I.

Die Linien der nahdiffusen Li- und He_I-Nebenserie werden durch das elektrische Feld nach kürzeren Wellen verschoben. Infolge ihrer großen Nähe bei den diffusen Linien habe ich sie früher irrtümlich als elektrische Komponenten dieser Linien betrachtet und somit von einem Verhältnis der Intensitäten der elektrischen Komponenten der diffusen Linien in Abhängigkeit von der Feldstärke²⁾ gesprochen. In Wirklichkeit handelte es sich um das Verhältnis der Intensitäten zweier verschiedener Serien.

Daß diese Auffassung richtig ist, geht aus folgenden Beobachtungen und Überlegungen hervor.

Von der nahdiffusen Li-Nebenserie ist am Lichtbogen in freier Luft die Linie λ 4601,6, am Funken in freier Luft die Linie λ 4131 von F. Exner u. E. Haschek³⁾ beobachtet worden, also beide Linien unter den Bedingungen für starke molelektrische Felder (hoher Gasdruck und große Stromdichte). Diese Wellenlängen gelten, wie man beachten muß, für die Feldstärke des Intensitätsgipfels einer jeden Linie. Da diese durch das elektrische Feld nach kürzeren Wellenlängen verschoben wird, so ist die Wellenlänge der Linien für die Feldstärke Null merklich größer. So berechnet sich aus den von B. Dunz⁴⁾ ge-

1) J. Stark, Ann. d. Phys. 58. S. 721. 1919.

2) J. Stark u. H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. 43. S. 999. 1914; H. Lüssem, Ann. d. Phys. 49. S. 876. 1916.

3) F. Exner u. E. Haschek, Wellenlängen-Tabellen, Leipzig u. Wien 1902.

4) B. Dunz, Diss. Tübingen 1911.

gegebenen Zahlen die Wellenlänge der zweiten Linie zu 4132,2 für die Feldstärke Null (Wellenlänge der benachbarten diffusen Linie 4132,6).

Die Linien λ 4471 und 4026 der nahdiffusen He_I -Serie sind zunächst von mir und Kirschbaum im endlichen elektrischen Feld als scheinbare Komponenten der benachbarten diffusen Linien λ 4471,6 und 4026,3 beobachtet worden; ihre Intensität nimmt im Verhältnis zu derjenigen der diffusen- und scharfen He_I -Linien rasch mit wachsender Feldstärke zu. Nun hat kürzlich T. R. Merton¹⁾, wie bereits oben bemerkt wurde, an einer Geißleröhre die Bedingungen für die Wirkung molekularer Felder auf Serienlinien (erheblicher Gasdruck und große Stromdichte) hergestellt und hat außer den ebenfalls unter dieser Wirkung erscheinenden halbscharfen He_I -Serienlinien dicht hinter 4471,6 eine neue Linie beobachtet. Es ist dies zweifellos die nahdiffuse He_I -Linie 4471 und nicht, wie Merton meint, eine Komponente in der Verbreiterung der diffusen Linie 4471,6.

Außer dieser nahdiffusen He_I -Linie hat Merton, wie nebenbei bemerkt sei, auch noch die nahdiffusen He_{II} -Linien hinter den diffusen He_{II} -Linien λ 4922 und 4388 unter der Wirkung der molekularen Felder erhalten, sie aber in unzutreffender Weise für Verbreiterungskomponenten dieser Linien erklärt.

Greifswald, Physik. Inst. d. Univ., 20. Mai 1919.

1) T. R. Merton, Proc. Roy. Soc. **95**, S. 30. 1918.

(Eingegangen 28. Juni 1919.)