Werk

Titel: Preston, Thomas: Strahlungserscheinungen im Magnetfelde. - (Nature. 1898, Vol. LI...

Ort: Braunschweig

Jahr: 1899

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0014|LOG_0108

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

jährliche Aenderung der erdmagnetischen Kraft durch Ströme veranlafst wird, welche oberhalb der Erde kreisen. Bei dem entgegengesetzten Verhalten der südlichen Halbkugel müssen analoge Betrachtungen zu demselben Resultate führen.

Thomas Preston: Strahlungserscheinungen im Magnetfelde. (Nature. 1898, Vol. LIX, p. 224.)

Die complicirten Erscheinungen, welche im Anschlufs an die Entdeckung Zeemans von der Einwirkung des Magnetismus auf die Lichtemission von einer Reihe von Physikern beschrieben worden, hat Herr Preston, der selbst experimentell sich mit diesem Phänomen beschäftigt hat, in oben bezeichnetem Artikel zusammenfassend zur Darstellung gebracht. Obwohl nun in dieser Rundschau die einzelnen Arbeiten meist gleich nach ihrer Publication referirt worden sind, soll im nachstehenden die Zusammenfassung des Herrn Preston ihrem Haupttheile nach wiedergegeben werden, weil in dieser trefflichen Darstellung so manches, was in den Einzelpublicationen als räthselhaft erscheint, dem Verständnifs näher gerückt und von dem allgemeinen Gesichtspunkte aus begreiflich wird.

Im Frühjahr 1897 machte Dr. Zeeman die Beobachtung, dafs, wenn eine Lichtquelle in ein starkes Magnetfeld gebracht wird, die Spectrallinien des von der Quelle ausgesandten Lichtes eine deutliche Aenderung erleiden. Der allgemeine und charakteristische Typus dieser Aenderung ist, dafs, wenn der Spalt des Spectroskops der Lichtquelle quer zu den magnetischen Kraftlinien gegenübersteht, jede Spectrallinie ein Triplet wird, von dem die Mittellinie dieselbe Wellenlänge hat, wie die ursprüngliche Linie, während die Wellenlängen der Seitenlinien bezw. etwas länger und etwas kürzer sind als die unveränderte Linie; der Unterschied der Wellenlängen ist proportional der Stärke des Magnetfeldes. Ferner sind die Schwingungen der Mittellinie parallel zu den Kraftlinien gerichtet, während die Seitenlinien senkrecht zu den Kraftlinien schwingen. Wenn also die Axe des Magnetfeldes horizontal ist, so dafs die Kraftlinien horizontal liegen und wenn der Spalt des Spectroskops horizontal und senkrecht zu den Kraftlinien gerichtet ist, dann sind die Schwingungen in der Mittellinie des Triplets horizontal und in den Seitenlinien vertical. Somit ist die Mittellinie planpolarisirt und die Seitenlinien gleichfalls planpolarisirt, aber in einer senkrechten Ebene. Dies ist die typische Erscheinung, wenn das Licht quer zu den Kraftlinien betrachtet wird. Wenn das Licht längs der Kraftlinien — d. i. durch axial in den Polschuhen des Elektromagneten gebohrte Löcher — betrachtet wird, ist die Veränderung eine andere. Statt eines Triplets mit planpolarisirten Bestandtheilen haben wir in diesem Falle ein Dublet mit circularpolarisirten Bestandtheilen. Das heifst, jede Spectrallinie ist in zwei Linien von ein wenig verschiedener Wellenlänge gespalten. Ein Bestandtheil ist in der einen Richtung circularpolarisirt und der andere in der entgegengesetzten. Wie vorhin ist der Unterschied der Wellenlänge und somit die Trennung der Componenten dieser Dubletten im Spectroskop für jede Linie proportional der Stärke des Magnetfeldes, aber sie ist der Gröfse nach verschieden für die verschiedenen Spectrallinien.

Als Anhalt für ein besseres Verständnifs werden die verschiedenen Erscheinungen diagrammatisch in Fig. 1 dargestellt. Die obere einzelne Linie bei A soll eine helle Spectrallinie irgend eines Stoffes darstellen, wenn die Strahlungsquelle vom Magnetfelde nicht beeinflufst wird. Diese wird in drei getrennte Linien verwandelt, d. i. in ein Triplet, siehe A', wenn die Lichtquelle einem starken Magnetfelde ausgesetzt wird und die Strahlung quer durch die Kraftlinien stattfindet. Wenn N die Schwingungszahl von A ist, dann sind die Schwingungszahlen der Glieder des Triplets $N-n, N, N+n$, wo n eine kleine Gröfse ist, die abhängt von der Stärke des Magnetfeldes. Wenn andererseits die Lichtquelle längs der Kraftlinien betrachtet wird, verwandelt sich eine helle Spectrallinie B in ein Dublet B', das aus zwei besonderen Linien besteht, welche in entgegengesetzter Richtung circularpolarisirt sind. Die Bestandtheile des Triplets A' hingegen sind planpolarisirt, und zwar ist die Schwingungsrichtung der mittleren Linie horizontal, während die der seitlichen Linien vertical ist.

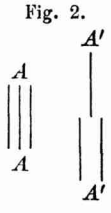
Fig. 1.

Die vorstehenden Erscheinungen sind die, welche von der einfachsten Form der Theorie gefordert werden, und sie werden factisch vom Experiment bei der überwiegenden Mehrzahl der Spectrallinien dargeboten. Viele Linien jedoch, die sorgfältig in einem hinreichend starken Magnetfelde untersucht worden, gaben Erscheinungen, die bemerkenswerth von der oben beschriebenen, einfachen theoretischen Erwartung abweichen. In einigen Fällen wird die Mittellinie des Triplets in ein Linienpaar aufgelöst, so dafs man ein Quartet erhält, während in anderen Fällen jede Linie des Triplets doppelt wird und so ein Sextet entsteht; und in einigen Fällen werden die Seitenlinien des Triplets in Triplets aufgelöst, während die Mittellinie ein Dublet wird, dann entsteht ein Octet, u. s. w. So kann man, wenn das Licht quer durch die Kraftlinien betrachtet wird, sagen, eine einzelne Spectrallinie wird durch das Magnetfeld in ein System von Linien aufgelöst, das aus einem centralen Theile besteht, der durch zwei Seitentheile begrenzt wird. Der centrale Theil kann aus einer oder mehreren Linien gebildet sein und ist planpolarisirt, während die Seitentheile je aus einer oder mehreren Linien bestehen können und gleichfalls planpolarisirt sind, aber in einer Ebene rechtwinkelig zur Polarisationsebene des mittleren Theiles.

Wegen dieser entgegengesetzten Polarisation können durch ein Nicolsches Prisma der mittlere Theil unterdrückt und die seitlichen Theile gesondert untersucht werden, oder umgekehrt, und folglich macht es die Existenz dieser Planpolarisation möglich, die Erschei-

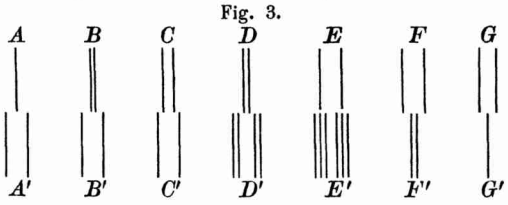
nungen näher und wirkungsvoller zu prüfen, als sonst möglich wäre, wenn man nicht gerade ein so starkes Magnetfeld verwenden kann, dafs man die Constituenten der modificirten Linie scharf und weit getrennt erhält. Da man nun gegenwärtig über Felder von 30 000 bis 40 000 C. G. S. nicht hinausgehen kann, ist die Polarisation für die Beobachtungszwecke sehr werthvoll. Am vortheilhaftesten ist es aber, nicht ein Nicolsches Prisma zu verwenden, sondern ein doppelbrechendes Prisma oder einen Rhombus eines doppelbrechenden Krystalles, die man vor den Spalt des Spectroskops stellt, so dafs zwei Bilder der Lichtquelle auf dem Spalt erzeugt werden, eins über dem anderen. Von diesen zwei Bildern besteht eins aus horizontal schwingendem Licht, d. i. aus dem Licht, welches den centralen Theil des Triplets A' (Fig. 1) bildet, während das andere Bild aus vertical schwingendem Licht besteht, d. i. dem Licht, welches die Seiten des Triplets A' bildet, wenn das Magnetfeld erregt wird. Diese beiden Bilder auf dem Spalt geben zwei Spectra im Gesichtsfelde des Spectroskops, eins über dem anderen: eins, welches aus den Linien besteht, die das Centrum des Triplets bilden, und das andere aus den Linien, welche die Seiten bilden. Dies zeigt die Fig. 2, in welcher A das Triplet ohne Nicol oder doppelbrechendes Prisma darstellt und A', was man mit einem Doppelbildprisma sieht. Die obere Linie in A' stellt das horizontal schwingende Licht dar und das, was man sehen würde, wenn ein Nicol mit seiner Hauptebene senkrecht vor den Spalt gestellt wäre; während die unteren beiden Linien in A' von dem senkrecht schwingenden Licht gebildet sind und das darstellen, was man zu sehen bekommt, wenn man den Nicol um einen rechten Winkel dreht. Mit dem Doppelbildprisma sieht man die obere und die unteren Linien gleichzeitig; so wird zum grofsen Theil die Störung vermieden und viel Zeit erspart, wenn die Erscheinung photographirt werden soll. Aber der Hauptvortheil der Trennung der mittleren von den Seitenlinien, wie bei A' (Fig. 2), liegt darin, dafs in vielen Fällen der Unterschied der Wellenlängen zwischen der mittleren und den Seitenlinien, selbst in einem starken Magnetfelde, so klein ist, dafs die Breite der Linien sie übereinanderfallen läfst und so die Erscheinung verdeckt. Aus diesem Grunde ist bei den ersten Versuchen Zeemans nur eine Verbreiterung der Spectrallinien beobachtet worden und nicht eine Dreitheilung. Erst nachdem die Theorie die Dreitheilung und die Planpolarisation quer zu den Kraftlinien gezeigt, hat Zeeman ein Nicolsches Prisma zwischengestellt und gefunden, dafs die verbreiterte Linie die geforderte Polarisation zeige und dafs die Thatsachen mit der Theorie übereinstimmen. Einen zweifellosen Beweis konnte man aber erst durch so starke Magnetfelder gewinnen, dafs die Bestandtheile des Triplets vollkommen getrennt waren; und hierbei zeigten sich die vielen oben erwähnten Abweichungen von Quartets, Sextets, Octets u. s. w.

Fig. 2.



Zur Untersuchung dieser Fälle bildet das Doppelprisma ein vorzügliches Hülfsmittel, da alles in einer Ebene polarisirte Licht das eine Bild giebt, während alles in der senkrechten Ebene polarisirte Licht das andere Bild erzeugt. Das Aussehen, welches die verschiedenen Linientypen im Gesichtsfelde des Spectroskops unter diesen Bedingungen darbieten, ist in der Fig. 3 dargestellt. In dieser Figur sind die Linien

Fig. 3.



der oberen Reihe von einem Bilde erzeugt, und zwar von dem horizontal schwingenden Licht, und sie entsprechen den mittleren Gliedern der normalen Triplets, während die untere Reihe aus vertical schwingendem Licht besteht und die Seitenlinien der normalen Triplets darstellt. So haben wir bei AA' das normale Triplet, wie es die Theorie erwarten läfst, mit der centralen Linie A in der einen Ebene polarisirt, während die beiden Seitenlinien A' in der senkrechten Ebene polarisirt sind. Dieser Typus kommt bei der überwiegenden Mehrzahl der Spectrallinien vor und kann als der normale Typus aufgefafst werden, schon wegen der Häufigkeit, in welcher er auftritt. Der zweite Typus bei BB' ist ein Quartet, in welchem wir statt einer einzigen Mittellinie zwei Mittellinien nahe an einander bei B haben und die beiden Seitenlinien wie vorher bei B'. Dieser Typus des Quartets zeigt sich bei der Cadmiumlinie 4800 und bei der blauen Zinklinie 4722. Bei CC' ist ein anderer Quartet-Typus dargestellt; in diesem hat man gleichfalls zwei Mittellinien, aber der Abstand dieser ist fast ebenso grofs, wie der der Seitenlinien, so dafs dem Auge ohne das Doppelbildprisma der Anschein erweckt wird von zwei feinen Dubletten und nicht der eines Quartets vom Typus BB'. Dieser dritte Typus kommt vor bei der Natriumlinie D_1, bei der grünblauen Bariumlinie 4934 und vielen anderen. Der vierte Typus DD' ist ein Sextet von feinen, gleichförmig vertheilten Linien, von denen je zwei jeder Componente des normalen Triplets entsprechen, d. h. der mittlere Component ist ein Dublet und jede Seitenlinie ist auch ein Dublet. Diesen Typus liefert die Linie D_2 des Natriums. Im fünften Typus bei EE' ist der mittlere Bestandtheil ein Dublet und jeder Seitencomponent ein Triplet. Der Abstand zwischen den Componenten des mittleren Dublets ist in diesem Falle etwa derselbe wie der zwischen den centralen Gliedern der Seitentriplets. Diesen Typus liefert die gelbe Bariumlinie 5850. Alle bisher erwähnten Variationen können in dem allgemeinen Satze zusammengefafst werden, dafs jede Linie des normalen Triplets selbst ein Dublet oder Triplet werden kann.

Hier drängt sich die wichtige Frage auf, ob diese verschiedenen Typen der Modification durch das

Magnetfeld verträglich sind mit den theoretischen Erklärungen der Erscheinung, welche Larmor, Lorentz und Andere gegeben haben. Natürlich mufs man versuchen, Thatsachen und Theorie mit einander in Harmonie zu bringen. Wenn diese Versöhnung noch nicht herbeigeführt ist, dürfen wir nicht voreilig schliefsen, dafs die Theorie falsch ist, oder dafs sie umgestaltet oder geflickt werden mufs. Von diesem Gefühle aus hatte Verf. in seiner früheren Arbeit (Rdsch. 1898, XIII, 356) die Vermuthung ausgesprochen, es könnte sich um Umkehrerscheinungen handeln, die, durch die Absorption in den äufseren Theilen der Lichtquelle bedingt, vom Magnetfelde modificirt werden. Er untersuchte daher den Einfluſs verschieden starker Magnetfelder und erwartete, dafs die mittleren Linien fest bleiben und die Seitenlinien sich verändern würden. Aber die mittleren Theile von B, C, D blieben nicht fest, wenn das Magnetfeld an Stärke zunahm; vielmehr wurde der Abstand zwischen den beiden Linien B gröfser bei zunehmender Feldstärke und nach den rohen Beobachtungen war der Abstand zwischen den Componenten von B oder C ebenso wie der Abstand zwischen den Seitenlinien B' oder C' proportional der Stärke des Magnetfeldes. Aehnliches zeigten die Typen DD', EE' u. s. w. Umgekehrt, wenn das Magnetfeld geschwächt wurde, näherten sich die verschiedenen Linien, bis B, C, D, E als einzelne Linien erschienen und B' C' D' als enge Dubletten; das Aussehen nähert sich dem des Triplets, wenn das Feld schwächer wird.

Es scheint hiernach, dafs die verschiedenen Modificationen des normalen Triplets durch Umkehrungen nicht befriedigend erklärt werden können und somit müssen diese verschiedenen Abweichungen bezogen werden auf die Wirkung des Magnetfeldes auf die schwingende Structur, welche die Strahlung aussendet. Die Theorie aber, welche lehrt, dafs eine Spectrallinie in ein reines Triplet gespalten werden mufs durch die Wirkung des Magnetfeldes, nimmt an, dafs die Schwingungsfreiheit in allen Richtungen dieselbe ist. Wenn nun ein Zwang auftritt, oder wenn neue Kräfte einwirken, welche Störungen in der Bahn des schwingenden Elektrons erzeugen, dann werden neue Sehwingungszahlen in das System der Schwingungen eingeführt. So wurde gezeigt, dafs, wenn ein Elektron oder ein Atom oder ein Partikel unter der Einwirkung der Centralkraft in einer Ellipse mit der Häufigkeit N rotirt, und es wirken störende Kräfte ein, welche die Apsidenlinie mit einer Frequenz n zu rotiren veranlassen, so wird eine Spectrallinie, die aus der ursprünglichen Schwingung mit der Frequenz N entstanden war, durch zwei andere ersetzt von den Schwingungszahlen $N + n$ und $N - n$. Und so wird theoretisch die Entstehung von Dublets und Triplets aus den einzelnen Linien des normalen Triplets erklärt, wie der Verf. an anderer Stelle ausführlich entwickeln wird.

Die störenden Kräfte nun, die aus der Wirkung des Magnetfeldes entstehen, müssen zunehmen mit wachsender Feldstärke, so dafs der Abstand zwischen den Componenten des Dublets B, oder C, oder D, oder E (Fig. 3), welches die Stelle der Mittellinie des normalen Triplets einnimmt, zunehmen mufs mit dem Magnetfelde, wie es factisch im Experiment gefunden wird. In der That, wenn der Abstand zwischen den Seitenlinien des normalen Triplets AA' ausgedrückt wird durch die Formel: $d_1 = k_1 H$, wo H die Feldstärke ist und d_1 eine Gröfse, die abhängt von der Wellenlänge und anderen Constanten, die Einfluſs haben auf die Bildung der fraglichen Linie, dann kann der Abstand zwischen den Componenten der modificirten Mittellinie B, C u. s. w. geschrieben werden in der Form $d_2 = k_2 H$. Wenn also das Feld an Stärke zunimmt, trennt sich das ganze System von Linien, in welches eine gegebene Spectrallinie aufgelöst wird, seitlich von einander etwa proportional einer gegebenen Scala. Aehnliches gilt für die Systeme DD' und EE'.

In einem besonderen Falle, z. B. in BB', wenn der Abstand des Linienpaares B' $d_1 = k_1 H$ ist und der Abstand zwischen dem Paare B $d_2 = k_2 H$, ist offenbar kein Grund vorhanden, warum k_1 gröfser oder kleiner sein soll als k_2. Ob k_1 gröfser oder kleiner als k_2 ist, mufs bestimmt werden durch die Wirkung des Magnetfeldes auf das System, welches die besondere fragliche Spectrallinie erzeugt. Demgemäfs sind wir vorbereitet, zu finden, dafs bei einigen Linien die Componenten der Mittellinie, wie in B, viel enger an einander stehen, als die Seitencomponenten bei B', während in anderen, wie bei C, E und F, der Abstand d_2 nahezu gleich oder sogar gröfser ist als der Abstand d_1 zwischen den Seitenlinien. Ist somit einmal die Entstehung eines Quartets vom Typus BB' erklärt, so werden alle anderen Modificationen verständlich. Der Fall, in welchem die Componenten F weiter von einander abstehen, als die Seitenlinien F' (so dafs das Centrum gleichsam die Seiten einschliefst), ist nur dieselbe Erscheinung wie die in BB' gezeigte, wo die Trennung d_2 kleiner ist als d_1. Dieser Punkt wird hier besonders hervorgehoben, weil in einigen Fällen die Trennung d_2 factisch gröfser ist als d_1 und dies als eine Schwierigkeit viel höheren Grades betrachtet zu werden scheint, als die in dem gewöhnlichen Quartet auftritt, wo d_2 kleiner ist als d_1.

Linien des Typus FF', d. h. in welchem d_2 gröfser ist als d_1, scheinen zuerst beobachtet worden zu sein von Henri Becquerel und H. Deslandres (Rdsch. 1898, XIII, 313) im Spectrum des Eisens, und später meldeten Ames, Earhart und Reese (Rdsch. 1898, XIII, 432), dafs sie die Form GG' im Spectrum des Eisens beobachtet haben. In diesem Typus fallen die Seitenlinien G' zusammen, oder sind nicht merklich von einander getrennt, während die Componenten des mittleren Theiles weit getrennt sind. Die Form, in der diese Beobachtung beschrieben wurde, war darauf berechnet, die gläubigsten Anhänger der Theorie stutzig zu machen, wenn nicht zu verwirren. Es wurde gesagt, dafs diese Linien umgekehrte Polarisation zeigten, d. h., dafs die Polarisation der Mitte diejenige ist, welche an den Seiten auftreten