Werk

Label: Rezension

Ort: Braunschweig

Jahr: 1900

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0015|LOG_0491

Kontakt/Contact

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

info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte
über die
Fortschritte auf dem Gesammtgebiete der Naturwissenschaften.

XV. Jahrg. 14. Juli 1900. Nr. 28.

Augusto Righi: Ueber das Zeemansche Phänomen in dem allgemeinen Falle eines zur Richtung der Magnetkraft beliebig geneigten Lichtstrahls. (Memorie della R. Accademia delle Scienze de l'Istituto di Bologna. 1900, Ser. 5, Tomo VIII, p. 263.)

Das Zeemansche Phänomen besteht, wie bekannt, darin, dafs, wenn ein leuchtendes Gas in einem Magnetfeld sich befindet, jede Linie seines Emissions-Spectrums ersetzt wird durch zwei neue Linien, wenn man mit einem Spectroskop das in der Richtung der magnetischen Kraftlinien ausgesandte Licht betrachtet, oder durch drei neue Linien, wenn man in derselben Weise das senkrecht zum Magnetfelde ausgesandte Licht untersucht. Im ersten Falle entsprechen die beiden Linien Wellenlängen, von denen die eine gröfser, die andere kleiner ist als die Wellenlänge der ursprünglichen Linie, und sie rühren her von in entgegengesetzten Richtungen circular polarisirten Schwingungen; während im zweiten Falle die mittelste Linie die Stelle der ursprünglichen Linie einnimmt und von geradlinig polarisirten Schwingungen herrührt, parallel zu den Kraftlinien, während die beiden seitlichen Linien von zu den Kraftlinien senkrechten Schwingungen herrühren und im Spectrum dieselben Stellen einnehmen, wie die beiden Linien im ersten Falle.

In Wirklichkeit ist die Erscheinung oft complicirter, indem irgend eine der neuen Linien wieder in zwei oder drei andere getheilt ist, welche jedoch denselben Polarisationszustand aufweisen, wie die einzelnen Linien, deren Stellen sie einnehmen; in der vorliegenden Abhandlung wird aber vor allem das oben beschriebene typische und normale Verhalten betrachtet.

Offenbar mufs das Zeemansche Phänomen sich auch an dem Lichte zeigen, das in jeder anderen Richtung aufser den beiden oben betrachteten ausgesandt wird; man kann daher sagen, dafs dieses Phänomen bisher nur in zwei besonderen Fällen studirt ist, demjenigen des parallel zu den Kraftlinien ausgesandten Lichtes und dem des quer ausgesandten Lichtes. Die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung war also das Studium der Erscheinung in ihrer Allgemeinheit.

Wie bekannt, kann man das Zeemansche Phänomen in dem besonderen Falle der Emission längs der Kraftlinien erklären, wenn man annimmt, dafs die beiden entgegengesetzten, circularen Schwingungen, denen die Transversalschwingung eines Theilchens der Lichtquelle gleichwerthig ist, in ihrer Schwingungsperiode entgegengesetzte Aenderungen erleiden, oder genauer, dafs die Schwingungszahl der circularen Schwingung, welche in der Richtung des das Feld erzeugenden Stromes stattfindet, sich von N pro Secunde in $N + n$ verwandelt und die der anderen circularen Schwingung von N in $N—n$, so dafs man mit Cornu sagen kann, dafs, während das Faradaysche Phänomen von Aenderungen herrührt, welche im Magnetfelde in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der circularen Strahlen erzeugt werden, das Zeemansche von Aenderungen ihrer Schwingungsperiode herrührt.

Nicht ebenso leicht ist es, eine ähnliche kinematische Deutung des Phänomens zu geben für den Fall, dafs das Licht senkrecht zu den Kraftlinien ausgesandt wird. Man könnte z. B. voraussetzen, dafs die Schwingung des Theilchens zerlegt ist in zwei geradlinige Componenten, von denen die eine parallel zu den Kraftlinien, die andere senkrecht erfolgt, und annehmen, dafs, während die erste vom Felde nicht verändert wird, die andere sich in zwei gleiche Theile spalte, von denen der eine eine Zunahme, der andere eine Abnahme der Schwingungsperiode erfahre. Aber dabei wäre nicht zu verstehen, wie und warum diese beiden Hälften der senkrechten Componente sich entgegengesetzt verhalten; und ferner würde man so dazu kommen, den seitlichen Linien eine Intensität beizulegen, gleich einem Viertel der mittleren Linien, was mit den Thatsachen nicht überstimmt.

Daher ist es begreiflich, warum noch keine kinematische Deutung des Zeemanschen Phänomen gegeben ist für den allgemeinen Fall des in einer Richtung ausgesandten Lichtes, die weder parallel noch senkrecht zu den Kraftlinien ist. Auch sind keine Experimente für diesen allgemeinen Fall ausgeführt, da die Beobachtungen von Egoroff und Georgiewsky über das schräg zum Magnetfelde ausgesandte Licht sich auf die Feststellung der partiellen elliptischen Polarisation dieses Lichtes beschränkt haben. Vielleicht haben die experimentellen Schwierigkeiten verhindert, dafs man das Zeemansche Phänomen für diesen Fall studirte, da hierzu ein Elektromagnet von besonderer Gestalt erforderlich ist, damit die Spulen das Licht nicht aufhalten, welches

sich in zu den Kraftlinien schrägen Richtungen fortpflanzt.

Auch von den theoretischen oder experimentellen Untersuchungen, welche über das umgekehrte Zeemansche Phänomen angestellt worden, d. h. über die Absorption eines im Magnetfelde befindlichen Gases, lassen sich, wie es scheint, keine sicheren Anzeichen ableiten über die Art, in welcher sich die Emissions-Linien des Gases verändern, wenn man das schief zu den Kraftlinien ausgesandte Licht analysirt.

In einer mathematischen Theorie hat Voigt nicht allein die Existenz des Faradayschen Phänomens [Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch Magnete], welches das Zeemansche Phänomen in der zu den Kraftlinien parallelen Richtung begleitet, erklärt, sondern auch die einer Doppelbrechung, welche bei diesem Phänomen in der zum Felde senkrechten Richtung auftritt. Mit anderen Worten, diese Theorie sieht voraus, dafs in der Richtung der Kraftlinien die entgegengesetzt circularen Strahlen aufser dem, dafs sie Aenderungen der Periode erfahren, entgegengesetzte Aenderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit erleiden und dafs in der transversalen Richtung die zu den Kraftlinien parallelen Schwingungen eine andere Fortpflanzungsgeschwindigkeit haben als die senkrechten Schwingungen. Die zur Verificirung dieser Theorie angestellten Versuche, besonders die von Becquerel und von Voigt und Wiechert, gaben Resultate, welche mit diesen Voraussagen übereinstimmten. Ueberdies mufs festgehalten werden, dafs bei dem sich längs der Kraftlinien fortpflanzenden Lichte die circularen Schwingungen, welche im Sinne des magnetisirenden Stromes erfolgen, eine Dispersionscurve haben (deren Abscisse die Wellenlängen und deren Ordinaten die entsprechenden Brechungsindices sind) gleich derjenigen, welche für jede Art der Schwingung gilt, wenn das Magnetfeld nicht existirt, aber verschoben nach dem Ursprung der Coordinaten und die circularen Schwingungen der entgegengesetzten Richtung haben dieselbe Dispersionscurve, aber um ebensoviel verschoben in der Richtung, in welcher die Abscissen zunehmen. — Aber trotz dieser und einiger weiterer von Herrn Righi aufgezählten Leistungen der Voigtschen Theorie gestattet sie nicht vorauszusehen, in welcher Weise die Dispersionscurven der zum Felde senkrechten oder parallelen Schwingungen im Falle der transversalen Fortpflanzung sich allmälig in diejenigen der beiden circularen Schwingungen im Falle der Fortpflanzung längs der Kraftlinien umwandeln.

Beim Studium dieser Verhältnisse kam nun Herr Righi zu der Ueberzeugung, dafs der Grund für die Schwierigkeiten des Verständnisses darin liege, dafs man bisher nur die Schwingung der leuchtenden Theilchen in der zur Fortpflanzung senkrechten Ebene inbetracht gezogen hat und nicht die wirkliche Schwingung im Raume, das heifst, man hat nur die Componenten der zur Fortpflanzungsrichtung senkrechten Schwingungen berücksichtigt und nicht die Componente in der Richtung der Fortpflanzung. Diese longitudinale Componente konnte man nicht berücksichtigen bei dem Lichte, das in der Richtung der Kraftlinien ausgesandt wird, weil diese Componente vom Magnetfelde nicht modificirt wird; aber in den anderen Fällen ist dies nicht mehr zulässig. Herr Righi hat daher die Consequenzen geprüft, zu denen man gelangt, wenn man die Wirkung des Magnetfeldes auf die Schwingungen eines jeden Theilchens des leuchtenden Gases im Raume betrachtet und ist zu Resultaten gelangt, welche dann durch directe Versuche bestätigt worden sind.

Das Hauptergebnifs kann dahin zusammengefasst werden, dafs durch die Wirkung des Magnetfeldes eine Linie des Emissionsspectrums sich in drei neue Linien verwandelt: eine mittlere, die von geradlinigen Schwingungen gleicher Periode wie die der ursprünglichen Linie herrührt und die in einer Ebene liegt parallel zur Richtung des Feldes und zur Fortpflanzungsrichtung, und zwei seitliche, die von zwei gleichen, elliptischen Schwingungen herrühren, die eine rechts-, die andere linksgedreht, deren kleine Axen in der oben genannten Ebene liegen und deren Axenverhältnifs gleich ist dem Cosinus des Winkels zwischen der Fortpflanzungsrichtung und der Richtung der Kraftlinien. Man braucht nur anzunehmen, dafs dieser Winkel gleich 0^0 oder 90^0 sei, um die Sätze zu finden für das längs der Kraftlinien oder senkrecht zu ihnen emittirte Licht.

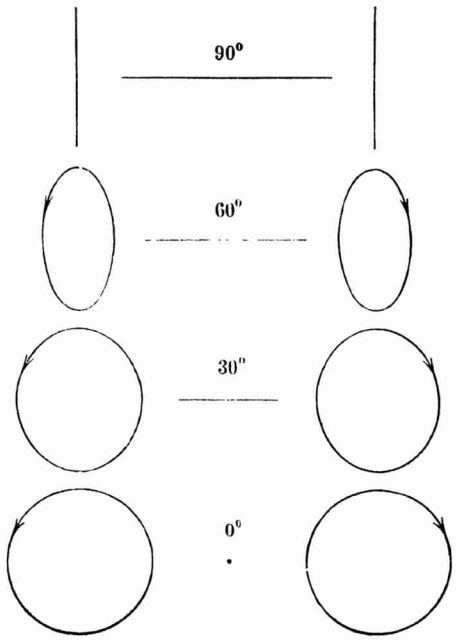
Um zu dieser allgemeinen Auffassung des Zeemanschen Phänomens zu gelangen, brauchte man nur anzunehmen, was angenommen wird, um die Erscheinung des besonderen Falles der Emission nach den Kraftlinien zu erklären, nämlich dafs die Schwingungsperiode einer circularen Schwingung senkrecht zu den Kraftlinien eine Zunahme oder Abnahme erleidet, je nachdem die Bewegung des schwingenden Theilchens in demselben oder im entgegengesetzten Sinne des das Feld erzeugenden Stromes erfolgt. Dies aber ist ein Ergebnifs der Theorie von Lorentz, welche Zeeman bei seinen Experimentaluntersuchungen geleitet hat. Wenn man daher diese Theorie annimmt, oder irgend eine andere, die zu demselben Schlusse führt, dann bleibt die vom Verf. entwickelte Anschauung nicht eine einfache kinematische Deutung, sondern wird eine theoretische Erklärung des Zeemanschen Phänomens.

Herr Righi entwickelt sodann die Theorie des Zeemanschen Phänomens für den allgemeineren Fall unter der Annahme, dafs eine circulare Schwingung in der Richtung des magnetisirenden Stromes, die in einer zur Magnetkraft senkrechten Ebene vor sich geht, eine Verkürzung der Dauer ihrer Periode erleidet, oder dafs die ursprüngliche Schwingungszahl N pro Secunde $N + n$ wird, und dafs in ähnlicher Weise bei einer circularen Schwingung in entgegengesetzter Richtung die Schwingungszahl N sich in $N - n$ verwandelt, während eine geradlinige Schwingung parallel zur Richtung der Magnetkraft keine weitere Veränderung erleidet. Aus den ersten

Betrachtungen findet er: „Während bei Abwesenheit des Magnesfeldes natürliches Licht von N Schwingungen in der Secunde sich in einer beliebigen Richtung fortpflanzt, pflanzen sich, wenn ein Feld existirt, in einer Richtung, welche einen beliebigen Winkel ε mit der Richtung des Feldes bildet, drei polarisirte Strahlen fort, und zwar ein Strahl mit geradlinigen Schwingungen, die in der medianen Ebene liegen, deren Schwingungszahl in der Secunde die ursprüngliche N ist, und deren Intensität gleich ist der ursprünglichen Intensität, multiplicirt mit $^1/_2 \sin^2 \varepsilon$; und die beiden Strahlen mit elliptischen Schwingungen, jede von der Intensität gleich der ursprünglichen Intensität multiplicirt mit $^1/_4(1 + \cos^2 \varepsilon)$, eine von ihnen rechtsdrehend mit $N + n$ Schwingungen in der Secunde, die zweite linksdrehend mit $N - n$ Schwingungen. Diese elliptischen Schwingungen sind gleich, die kleinere Axe beider liegt in der medianen Ebene, und das Verhältnifs der Axen ist gleich $\alpha \cos \varepsilon$."

Für $\varepsilon = 0^0$ ergiebt sich das Verhalten, wie es für die Emission in der Richtung der Kraftlinien bekannt ist, und für $\varepsilon = 90^0$ ergeben sich die Verhältnisse des Hauptfalles der Emission senkrecht zu den Kraftlinien. Für die Aenderung der Strahlen beim Uebergang von dem einen Grenzfall zu dem anderen ergiebt sich, dafs bei $\varepsilon = 90^0$ die mittlere Linie die halbe Intensität der ursprünglichen Linie besitzt und ihre Schwingungen parallel zu den Kraftlinien erfolgen, während die Seitenlinien von der Intensität $^1/_4$ sind und von geradlinigen Schwingungen senkrecht zur Richtung des Feldes herrühren. Wird ε kleiner als 90^0, so bleiben die Schwingungen der mittleren Linie geradlinig und parallel zu den Kraftlinien, während ihre Intensität allmälig abnimmt. Inzwischen erlangt das Licht in den seitlichen Linien elliptische Polarisation, deren gröfsere Axe senkrecht zur Meridianebene liegt, und eine Intensität, welche mit abnehmendem ε wächst. Ferner ist der Sinn der Drehung der elliptischen Schwingung in demjenigen der Strahlen, welcher inbezug auf die mittlere Linie nach dem Violet verschoben ist, übereinstimmend mit dem Sinne des magnetisirenden Stromes. Bei $\varepsilon = 54^0\ 44'$ etwa ist die Intensität aller drei Linien ungefähr gleich und wenn ε weiter abnimmt, wird die Mittellinie schwächer als die seitlichen, um bei $\varepsilon = 0^0$ ganz zu verschwinden, während die Schwingungen der Seitenlinien aus elliptischen allmälig sich in kreisförmige umgewandelt haben. Aus der figürlichen Darstellung der Schwingungen der drei Linien für eine Reihe von abnehmenden Winkeln ε geben wir nebenstehend die für 90^0, 60^0, 30^0 und 0^0.

Zur Prüfung dieser Theorie hat Herr Righi Versuche mit neuen Elektromagneten ausgeführt, deren Polstücke in einer Länge von etwa 6 cm cylindrisch waren und in Kegeln endeten, deren Winkel etwa 60^0 hatte und deren Endfläche 1 cm im Durchmesser mafs. Ihr Abstand betrug $11^1/_2$ mm, so dafs es möglich war, die Strahlen zu untersuchen, welche in Richtungen ausgesandt wurden, welche mit der Richtung der Kraftlinien bezw. der Kegelaxe Winkel zwischen 42^0 und 90^0 bildeten. In der Axe waren die Polstücke durchbohrt, so dafs auch die in der Richtung der Kraftlinien ausgesandten Strahlen untersucht werden konnten. Das Magnetfeld wurde etwa



12000 C. G. S. stark gemacht und als Lichtquelle elektrische Funken solcher Metalle (Cadmium, Zink, Magnesium) gewählt, welche das typische und normale Zeemansche Phänomen geben. Die Analyse des Lichtes geschah mit einem Rowlandschen Concavgitter und die Bestimmung der Polarisation durch Nicols.

Zunächst wurde das bekannte Phänomen bei $\varepsilon = 90^0$ beobachtet und sodann der Winkel, den der Lichtstrahl mit den Kraftlinien macht, allmälig verringert. Hierbei wurde festgestellt, dafs die drei Linien ihre Stellung merklich behielten, aber während die mittlere an Intensität abnahm, wurden die beiden seitlichen immer heller; bei einem gewissen Werthe von ε zeigten alle drei Linien gleiche Intensität; bei kleineren ε wurde die Mittellinie schwächer wie die seitlichen und bei $\varepsilon = 0^0$ war erstere verschwunden, die letzteren am hellsten. Dies stimmte vollkommen mit der Theorie. Freilich war bei $\varepsilon = 55^0$ die Mittellinie bereits etwas schwächer als die seitlichen Linien; doch ist diese Abweichung von der Theorie nur eine scheinbare, bedingt durch die verschiedene Polarisation der Linien.

Sodann wurde die Polarisation der Linien mittels Nicolscher Prismen untersucht und auch in dieser Beziehung die Vorhersagen der Theorie voll bestätigt. Bei $\varepsilon = 90^0$ war die Mittellinie horizontal polarisirt, die seitlichen vertical. Wurde sodann ε immer kleiner gemacht, so blieb die Schwingungsrichtung der Mittellinie bis zu ihrem Verschwinden dieselbe horizontale, während die Schwingungen der