

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Bildung der Erdalkaliperoxyde

Engler, Carl

Heidelberg, 1910

Über die Strahlen der Nordlichter

[urn:nbn:de:bsz:31-289891](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289891)

Sitzungsberichte
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften

Stiftung Heinrich Lanz
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

=====
Jahrgang 1910. 17. Abhandlung.
=====

Über die Strahlen der Nordlichter

von

[in Lips]
P. LENARD

in Heidelberg

—
Mit einer Abbildung

Eingegangen am 2. Juli 1910



Heidelberg 1910

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Verlags-Nr. 472.

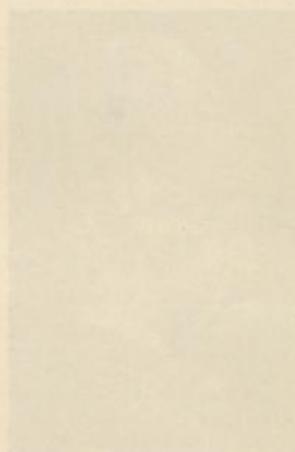
Sitzungsberichte
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse
Jahrgang 1910, II. Hälfte

Über die Strahlen der Nordlichter

von
P. LEONARD

Mit 10 Tafeln

Heidelberg, 1910



Heidelberg 1910
Carl Winter, Universitäts-Verlag

Norwegische Forscher haben, besonders auf Herrn KR. BIRKELANDS Veranlassung, in den letzten Jahren systematische Untersuchungen der in jenem Lande so günstig zu beobachtenden Nordlichter unternommen. Sie sind zu dem Resultate gelangt, daß es sich um Kathodenstrahlen handelt, welche von der Sonne herkommend in die Erdatmosphäre eindringen und die Luft erleuchten, ganz so wie die aus dem Aluminiumfenster einer Entladungsröhre in die dichte atmosphärische Luft gelangenden Kathodenstrahlen dieselbe erleuchten, bis sie ihr Ende finden, indem sie von der Luft absorbiert werden. Daß die Strahlen gegen die Pole der Erde zu konzentriert werden, ist Wirkung des Magnetfeldes der Erde, wie es nach den Versuchen von Herrn KR. BIRKELAND¹⁾ und der von Herrn POINCARÉ hierfür entwickelten Theorie²⁾ für die stets magnetisch ablenkbaren Kathodenstrahlen sein muß.

Die Gesamtheit der bisher noch wenig allgemein bekannten norwegischen Nordlichtuntersuchungen stimmt vortrefflich mit jener Erklärung durch Kathodenstrahlen von der Sonne überein. Besonders bemerkenswert sind hierbei die von Herrn A. STÖRMER durchgeführten Rechnungen über den Lauf, welchen Kathodenstrahlen, von außen her an die magnetische Erdkugel herankommend, nehmen müssen. Es ergibt sich aus diesen Rechnungen nicht nur das Bestehen der wirklich beobachteten Häufigkeitszone der Nordlichter in gewissen hohen geographischen Breiten um die magnetischen Erdpole herum, sondern es werden selbst auch Einzelheiten der Erscheinung unmittelbar verständlich, so z. B. wie die Strahlen durch die Magnetkräfte der Erde in flache Gebilde, die bekannten Draperien, ausgezogen

¹⁾ KR. BIRKELAND, *Arch. des Sc. Phys. et Nat.* (4), p. 512, Genève 1896.

²⁾ H. POINCARÉ, *Compt. Rend.*, 123, p. 530, 1896.

werden.³⁾ Diese Rechnungen scheinen mir auch besonders zu zeigen, daß es sich nicht etwa um Kathodenstrahlen handeln kann, welche in der Erdatmosphäre entstanden wären, z. B. durch das ultraviolette Licht der Sonne in den oberen Luftschichten ausgelöst, eine Wirkung, welche nach meinen eigenen früheren Resultaten durch das Licht tatsächlich in verdünnter Luft beim Mitwirken geeigneter elektrischer Kräfte zustandekommen könnte und welche auch früher für eine mögliche Entstehungsart der Nordlichtstrahlen gehalten werden durfte. Vielmehr erscheint jetzt ganz bestimmt die Sonne als Ursprung der Strahlen und zwar einzelne Stellen der Sonnenoberfläche, vermutlich die durch die Fackeln und Flecken kenntlichen Stellen erhöhter Tätigkeit.

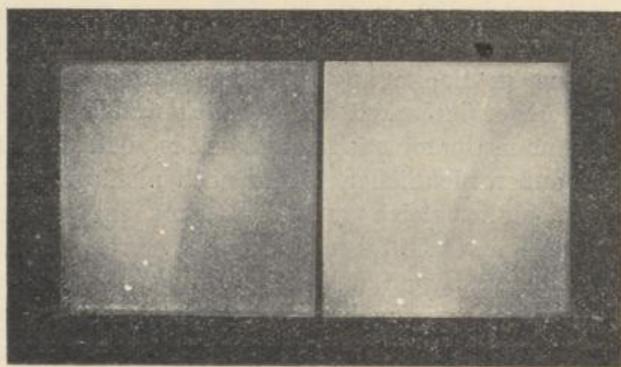
Es ist nun gewiß von großer Wichtigkeit, genaueres über die Natur der so festgestellten, von der Sonne ausgehenden Kathodenstrahlen zu wissen, nämlich über ihre Geschwindigkeit, über die Größe ihrer magnetischen Ablenkbarkeit und über ihre Absorbierbarkeit, welche drei Eigenschaften auch bei den Nordlichtstrahlen in der Art eng miteinander verknüpft sein müßten, wie es bei Kathodenstrahlen stets der Fall ist.

Die erwähnten Rechnungen von Herrn A. STÖRMER zeigen, daß dem wirklich beobachteten Radius der Häufigkeitszone der Nordlichter ein außerordentlich großer Wert von $H \cdot R$ (Magnetfeld \times Krümmungsradius der Strahlen), das ist eine außerordentlich geringe magnetische Ablenkbarkeit der Strahlen entspricht; es ergibt sich $H \cdot R$ von der Größenordnung 1000000 CGS. Dies zeigt nach den für Kathodenstrahlen geltenden Zusammenhängen an, daß es sich hier um Strahlen handeln muß, welche an Geschwindigkeit nicht nur die schnellsten in Entladungsröhren erzeugbaren Kathodenstrahlen, sondern auch die schnellsten β -Strahlen der bisher bekannten radioaktiven Elemente noch weit übertreffen. Denn der Wert des Produktes $H \cdot R$ beträgt für die Kathodenstrahlen aus Entladungsröhren mit ca. $\frac{1}{3}$ Lichtgeschwindigkeit nur 500 und selbst für die schnellsten an radioaktiven Stoffen gefundenen Strahlen nicht über 5000 CGS. Die Nordlichtstrahlen müssen danach ganz außerordentliche, der Lichtgeschwindigkeit schon sehr nahekommende Geschwindig-

³⁾ C. STÖRMER, *Archiv for Math. og Naturvid.*, 28, Nr. 2, 1906; *Arch. des Sc. Phys. et Nat.*, 1907; *Atti del Congresso int. dei Mattemat.*, Vol. III, Roma 1909.

keiten besitzen. Da nach den bis jetzt über die Eigenschaften schnellster Kathodenstrahlen vorliegenden Erfahrungen der Zusammenhang besteht: $H \cdot R = (m/e)_0 \cdot v / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, wo v die Geschwindigkeit der Strahlen, c die Lichtgeschwindigkeit, $(m/e)_0$ das Verhältnis von Masse zu Ladung langsam bewegter Elektrizitätsquanten ($= 5,7 \cdot 10^{-8}$ CGS) ist, ergibt sich die Geschwindigkeit der Nordlichtstrahlen zu 0.9999985 der Lichtgeschwindigkeit, während die Geschwindigkeit der schnellsten Radiumstrahlen ($H \cdot R = 5000$) nur 0.947 der Lichtgeschwindigkeit ist. Hieraus erwächst ein noch ganz besonderes Interesse an diesen Kathodenstrahlen der Sonne. Ich teile daher eine Überrechnung mit, welche ich, nach den früher von mir gefundenen Gesetzmäßigkeiten für die Absorption der Kathodenstrahlen, über diese Strahlen der Sonne angestellt habe, und welche zeigt, daß auch die Absorbierbarkeit der Nordlichtstrahlen in der Erdatmosphäre ganz in Übereinstimmung damit ist, daß sie Kathodenstrahlen von außerordentlicher, bisher noch nicht gekannter Geschwindigkeit sind, zugleich auch, daß, ganz entsprechend der Theorie der Herren KR. BIRKELAND und STÖRMER, die Strahlen sehr gekrümmte, z. B. um die halbe Erdkugel gehende Wege machen können, ehe sie während ihrer letzten Absorption in den dichteren atmosphärischen Schichten dort die Luft erleuchten und das Nordlicht hervorbringen. Die in Betracht kommenden Gesetzmäßigkeiten sind 1. die Massenproportionalität der Absorption und 2. die schnelle Abnahme der Absorption mit wachsender Geschwindigkeit. Die Rechnung wurde erst möglich, nachdem ganz kürzlich Herrn STÖRMER zum ersten Male zuverlässige Höhenmessungen der Nordlichter gelungen sind, deren Resultate, soweit sie bisher berechnet sind, er mir mitzuteilen die Güte hatte. Die Höhenmessungen wurden durch gleichzeitige Photographien der Nordlichter von zwei genügend entfernten Stationen aus, mit dem Sternenhimmel als Hintergrund, bewerkstelligt. Die umstehende Abbildung zeigt, wie klar und zur Höhenbestimmung geeignet diese Bilder ausgefallen sind. Die berechneten Höhen liegen zwischen 50 und 200 km über dem Erdboden. Es kommt daher vor, daß die letzte Erschöpfung der Strahlen durch Absorption in der Luft erst in einer Luftschicht zwischen 70 und 50 km Höhe erfolgt. Nehmen wir diese Höhen an, in welchen die Luftdrucke 0.13 bzw. 1.57 mm Quecksilber betragen, so finden wir die Masse der noch über 70 km Höhe

liegenden Luftschicht = 0.18 gr/cm^2 , während über 50 km Höhe noch 2.1 gr/cm^2 liegen. Es sind dies Massen, gleich denen von Aluminiumschichten von der Dicke 0.65 mm bzw. 7.7 mm . Da Kathodenstrahlen den Massen proportional absorbiert werden, können wir ebensogut mit diesen anschaulicheren Aluminiumschichten rechnen, an Stelle der wirklich vorhandenen Luftschichten, welche die von der Sonne kommenden Strahlen zu durchdringen haben. Für die Kathodenstrahlen des Radiums habe ich das Verhältnis zwischen Absorptionsvermögen und Masse = $5 \text{ cm}^2/\text{gr}$ gefunden⁴⁾ und wesentlich kleinere Werte dieser



Parallaktische Nordlichtaufnahme von Prof. Srörmer, 16. März 1910, mit dem großen Bären als Hintergrund.

Absorptionskonstanten sind auch seither an anderen radioaktiven Körpern nicht gefunden worden.⁵⁾ Die schnellsten bekannten Strahlen der radioaktiven Körper werden daher nach Durchdringung der erwähnten Aluminiumschicht von 0.65 mm Dicke nur auf 0.41 ihrer Anfangsintensität geschwächt. Da nicht einmal alle Nordlichter bis zur angenommenen Tiefe von 70 km herabdringen, müssen ihre Strahlen bis dorthin schon eine sehr viel stärkere Schwächung als die eben angegebene erlitten haben, was bei ihrer so großen Geschwindigkeit und damit zusammenhängenden geringeren Absorbierbarkeit nur dann möglich ist, wenn sie die oberen Luftschichten bei ihrer Annäherung an die

⁴⁾ P. LENARD, *Ann. d. Phys.*, 12, p. 732, 1903.

⁵⁾ Vgl. die gleichzeitig der Akademie vorgelegte Abhandlung des Herrn A. BECKER.

Erde auf sehr langen, gekrümmten Wegen durchsetzt haben, ganz wie es den von Herrn STÖRMER berechneten Wegen der Strahlen entspricht. Andererseits würden Strahlen, welche die Absorbierbarkeit der erwähnten schnellsten Radiumstrahlen besitzen, selbst auf kürzestem Wege durch die letzten Luftschichten bis zu 50 km herab schon auf nur 0.0000028 ihrer Anfangsintensität, also auf den wirklich verfolgten viel längeren Wegen zu völliger Unmerklichkeit geschwächt sein. Das Herabgehen der Nordlichtstrahlen bis zu solchen Tiefen zeigt also an, daß sie in der Tat außerordentlich viel weniger absorbierbar sein müssen als jene Radiumstrahlen, ganz wie es ihrer außerordentlichen Geschwindigkeit als Kathodenstrahlen entspricht.

Von besonderem Werte und nicht geringem physikalischen Interesse wäre es natürlich, direkte Angaben über die Absorbierbarkeit dieser Strahlen durch Versuche an ihnen zu ermitteln. Solche Versuche erscheinen bei den Höhen, in welche man durch Drachen und Luftballons Apparate hinaufbefördern kann, auch ausführbar, und ich habe dank dem Entgegenkommen der norwegischen Forscher solche Versuche auch bereits mit ihnen in Erwägung ziehen können.

Was die Sonne anlangt, so darf man es wohl als festgestellt betrachten, daß sie fortdauernd — und besonders in den bekannten Perioden ihrer gesteigerten Tätigkeit — ungeheure Mengen negativer Elektrizität in Gestalt dieser schnellen Kathodenstrahlen in den Raum hinaussendet. Die materiellen Massen ihrer Oberfläche müssen dann positive Ladung haben. Bei den außerordentlich schnellen Bewegungen, welche diese Massen zeigen, können sie mit ihren Ladungen in der Tat die Magnetfelder hervorbringen, deren Vorhandensein durch die ausgezeichneten Untersuchungen von Herrn G. E. HALE auf der Sonnenoberfläche angezeigt ist.⁶⁾ Ich befinde mich, was die Entstehungserklärung dieser Magnetfelder anlangt, nur in einem einzigen Punkte nicht in Übereinstimmung mit Herrn HALE, darin nämlich, daß dieser Forscher die Bewegung negativ elektrisch geladener Massen als Ursprung der Felder annimmt, während mir meine früheren Untersuchungen an Flammen und dem elektrischen Bogen zeigen, daß glühende leuchtende Gasmassen immer nur positiv geladen sind⁷⁾, was, wie man sieht, auch in Übereinstimmung mit der

⁶⁾ G. E. HALE, *Astrophys. Journ.*, 28; Nov. 1908. Auch Sept. 1908.

⁷⁾ P. LENARD, *Ann. d. Phys.*, 9, p. 642, 1902, und 17, p. 221 ff., 1905.

soeben speziell für die Sonne angestellten Überlegung ist. Ich komme so dazu, allen den spiralförmig angeordneten Massen, welche Herr HALE tatsächlich dort beobachtet, wo die magnetischen Felder sich zeigen, gerade den entgegengesetzten Rotationssinn zuzuschreiben von dem, welchen dieser Forscher — jedoch mit aller Reserve, wie hervorgehoben sei — für sie annimmt.

Es kann zum Schlusse gefragt werden, welches die Entstehungsart so schneller Kathodenstrahlen auf der Sonne sei. Darauf wäre zu antworten, daß, nach Untersuchungen an Flammen zu urteilen⁸⁾, das Material für solche Strahlen, nämlich freie negative Elektrizitätsquanten, im Überfluß in der Sonnenatmosphäre vorhanden sein muß. Jedoch die zur Hervorbringung der außerordentlichen Geschwindigkeiten erforderlichen elektrischen Kraftfelder in der jedenfalls gut leitenden Sonnenatmosphäre als bestehend anzunehmen, dafür liegt bisher gar kein Anhalt vor. Vielmehr zeigt die gegenwärtige Kenntnis ausschließlich radioaktive Stoffe als Ursprung so schneller Strahlen. Da aber die Strahlengeschwindigkeiten dieser Stoffe nach der vorhandenen Theorie und auch nach direkter Erfahrung, soweit solche vorliegt, von der Temperatur unabhängig sind, müßten dann auf der Sonne noch andere, noch schnellere Strahlen liefernde radioaktive Stoffe, als die auf der Erde bekannten, angenommen werden. Es könnte sein, daß die ungeheuren Drucke des Sonneninneren, welche nach Millionen Atmosphären zählen, Anlaß zur Bildung von Atomen mit noch größeren Massen als die des Uranatoms, des schwersten bisher auf der Erde gefundenen radioaktiven Atoms, geben, oder doch die dauernde Erhaltung solcher Atome möglich machen. Durch Strömung aus dem Sonneninneren an die Oberfläche befördert, würden diese Atome bei ihrem Zerfall die Quelle der Strahlen sein können. Die Annahme der Bildung oder doch der Verhinderung des Zerfalles der radioaktiven Atome im Inneren der Himmelskörper, auch der Erde, scheint mir auch gegeben zu sein als die nächstliegende Erklärung der Tatsache, daß diese auf der Erdoberfläche instabilen Elemente überhaupt noch sich befinden. Da der Zerfall dieser Elemente unter Volumenvergrößerung stattfindet, wäre die Verhinderung des Zerfalles durch Druck auch möglich.

⁸⁾ P. LENARD, *Ann. d. Phys.*, 3, p. 649f., 1902.

In der Sitzung, in welcher das Vorstehende der Akademie vorgelegt wurde, teilt Herr M. WOLF, Direktor der Königsstuhlsternwarte mit, daß nach seiner Erfahrung gewisse Schwingungen in den Telegraphenleitungen auf dem Königstuhl bei aufziehendem Cirrusschleier aufzutreten pflegen. Da die erdmagnetischen Störungen, wie die norwegischen Untersuchungen ebenfalls zeigen, den magnetischen Kräften jener Kathodenstrahlen von der Sonne zugeschrieben werden können, erscheinen nach dieser Beobachtung auch die Cirrusschleier durch eben dieselben Strahlen verursacht. Sie könnten aber auch gleichzeitig mit den Kathodenstrahlen in vermehrter Menge von der Sonne emittiertem ultraviolettem Lichte zugehören, denn beide, Kathodenstrahlen sowohl als ultraviolettes Licht, erzeugen Kerne der Dampfkondensation in der Luft.⁹⁾ Wolkenbildung durch Nordlicht ist bereits von Herrn PAULSEN besonders studiert worden und hat ihn zuerst veranlaßt, die Nordlichtstrahlen für Kathodenstrahlen zu halten.¹⁰⁾

Man wird nach alledem diese Strahlungen der Sonne auch als besonderen meteorologischen Faktor in Betracht ziehen müssen.

⁹⁾ P. LENARD, *Ann. d. Phys. u. Chemie*, 63, p. 258, 1897; *Ann. d. Phys.*, 1, p. 486, 1900.

¹⁰⁾ A. PAULSEN, *Sur la nature et l'origine de l'Aurore Boréale* (Extrait des Obs. de Godthaab), Copenhague 1894. *Bullet. de l'Acad. Roy. des Sc. de Danmark*, 8 mars 1895.



C. F. Wintersche Buchdruckerei.