

## Werk

**Jahr:** 1936

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:12

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0012

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0012](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0012)

**LOG Id:** LOG\_0071

**LOG Titel:** Überwiegt positive oder negative Elektrizität in der Ionosphäre der Erde?

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN101433392X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

von Kilometern<sup>4)</sup>, daß ihre gleichmäßige Streuung über die Tag- und Nachtseite der Erde, sowie über alle Breiten ohne weiteres verständlich ist.

Wie man sieht, weist eine Kritik der Versuche über das Polarlicht nicht nur den Weg zur klaren Einsicht in den Einfluß der Sonne auf den elektrischen und magnetischen Zustand der Erde, sondern macht überdies alle weit ausholenden und zum Teil recht bizarren Hypothesen über die Herkunft der sogenannten kosmischen Strahlung aus dem Weltraum oder von fernen Sonnen und neuen Sternen, ja sogar von extragalaktischen Nebeln vollkommen unnötig, was der weiteren Erforschung der elektrischen Verhältnisse der Sonne, ihrer Korona und der lichtstrahlschnellen Heliokathodenstrahlen zugute kommen wird.

Der eine voreilige Gedanke von der unmittelbaren Erzeugung des Polarlichts durch Heliokathodenstrahlen hatte bisher das Erkennen des einfachen und logischen Zusammenhangs zwischen solaren und irdischen elektrischen Erscheinungen unmöglich gemacht. Aber ein Durchdenken der auf diesen irrtümlichen Gedanken gegründeten schönen Versuche von Dr. E. Brüche konnte den Irrtum wieder aufdecken und zum Erkennen des wahren Vorganges führen.

#### Literatur

<sup>1)</sup> H. Rudolph: Der Einfluß der Sonne auf den elektrischen und magnetischen Zustand der Erde. 61 Seiten. Leipzig, Verlag O. Hillmann, 1936.

<sup>2)</sup> Thomas H. Johnson: Directional measurements of the cosmic radiation and their significance. Phys. Rev. (2) 45, 294 (1934).

<sup>3)</sup> S. A. Korff: Penetrating power of asymmetric component of the cosmic radiation. Ebenda (2) 46, 74—75 (1934).

<sup>4)</sup> A. a. O. der Notiz <sup>1)</sup>, S. 25.

---

## Überwiegts positive oder negative Elektrizität in der Ionosphäre der Erde?

Von H. Rudolph, Bad Homburg vor der Höhe

Die Ionosphäre erhält durch die kosmische Ultrastrahlung ein sehr hohes äußeres Potential mit *negativem* Vorzeichen. Das Andauern der elektrischen Einstrahlung ist daher nur durch einen vierphasigen elektrischen Grundprozeß in Polarlichthöhen möglich, bei dem der Erde eine bedeutende elektrische Energie neben der Wellenstrahlung der Sonne zugeführt wird.

Nach Vegard ionisiert die Ultraviolettstrahlung der Sonne den Stickstoff, welcher in der Ionosphäre, das ist in 100 bis 800 km Höhe, vorherrscht, wie die eingehenden Untersuchungen des Polarlichtspektrums durch Vegard bewiesen haben. Der Lichtdruck soll dann die freigewordenen Elektronen fortreiben und von den Stickstoffionen trennen. Hieraus würde folgen, daß die Ionosphäre einen Überschuß an positiver Elektrizität besitzt. Vegard hat durch die damit

verbundene elektrische Abstoßung auch die relativ große Stickstoffdichte in Polarlichthöhen erklärt, die nach den Gasgesetzen und der aus dem Spektrum erkennbaren Temperatur sonst viel zu gering für die tatsächliche Intensität des Polarlichtspektrums sein würde.

Nun hat W. von Bezold im Jahre 1897 gezeigt<sup>1)</sup>, daß die mittlere tägliche erdmagnetische Variation an ruhigen Tagen für das Sommerhalbjahr der nördlichen und den Winter der südlichen Halbkugel auf je zwei elektrische Stromsysteme oberhalb der Erdoberfläche für die Tag- und für die Nachtseite der Erde zurückzuführen ist, und zwar für jede Seite mit entgegengesetzter Stromrichtung und mit demselben Gegensatz auch für die nördliche und südliche Erdhälfte. Es kann sich bei dieser regelmäßigen Anordnung nur um Konvektionsströme der Luftzirkulation in der höchsten Atmosphäre handeln, wo offenbar Windgeschwindigkeiten in der Größenordnung von 100 m/sec wie bei den leuchtenden Nachtwolken herrschen. Die von Bezold der betreffenden Abhandlung auf Tafel III<sup>2)</sup> beigegebenen Gleichgewichtslinien des Potentials der täglichen Variation des Erdmagnetismus von April bis September 1870 nach der Berechnung von A. Schuster<sup>3)</sup> zeigen für 12 Uhr Weltzeit auf der Nachtseite je einen zyklonischen und auf der Tagseite je einen antizyklonischen Wirbel für die nördliche und südliche Halbkugel an, wenn man die Sonnenbestrahlung auf der Tagseite und die Wärmeausstrahlung auf der Nachtseite als Ursache der Druckunterschiede ansieht. Daß immer zwei Wirbel der gleichen Art auf der Tagseite und der Nachtseite auftreten, liegt am entgegengesetzten Drehungssinn der hervorgerufenen Luftströmungen für die nördliche und südliche Halbkugel der Erde.

Gegen diese Erklärung<sup>4)</sup> ist der Einwand erhoben worden, daß die Wirbelbildung durch das rasche Fortschreiten der Wirbelzentren mit der Sonne gestört oder ganz unterdrückt werden könnte. Das ist jedoch nicht der Fall, indem das Fortschreiten der Wirbel *entgegen* der Rotationsbewegung den Einfluß der Erdrotation auf die Winde in der polwärts gelegenen Wirbelhälfte noch vergrößert und nur in der äquatorwärts gelegenen Hälfte hemmt. Nun ist aber gerade in mittleren Breiten der Einfluß der Erdrotation auf die Winde am stärksten, so daß die Ausbildung zweier Wirbel auf dem gleichen Meridian um so eher möglich wird, weil alle benachbarten Rückkehrströmungen sich auch in gleicher Richtung bewegen.

Man ist also imstande, die Bewegungsrichtung der Träger elektrischer Ladungen in den vier großen Bezold'schen Wirbeln anzugeben. Daraus folgt unbedingt, daß negative Ladungen daselbst überwiegen. Bei vorwiegend positiven Ladungen bekämen ja die Pole der erdmagnetischen Variation, die mit den vier Wirbeln täglich in der Höhe über die Erde wandern, sämtlich das verkehrte Vorzeichen. Mittels einer Überschlagsrechnung läßt sich sogar abschätzen, daß ein negativer Überschuß in der Größenordnung von  $10^4$  Elektronenladungen im Kubikzentimeter vorhanden sein muß<sup>5)</sup>. Von dem dadurch bedingten Außenpotential kann man jedoch nichts weiter wahrnehmen, weil das entsprechende innere Potential im ungestörten Zustande Null ist.

Ein weiterer Grund für das notwendig negative äußere Potential der Ionosphäre geht aus den Untersuchungen über die Verteilung der kosmischen Ultrastrahlung hervor. Deren Beobachtung an verschiedenen Orten und in verschiedenen Höhen weist darauf hin, daß sie *primär* eine elektrische Korpuskularstrahlung höchster Energie darstellt, die überall und jederzeit auf der ganzen Erde vorhanden ist. Dadurch unterscheidet sie sich von der bisher angenommenen Aussendung langsamer elektrischer oder neutraler Teilchen bei Gelegenheit von Ausbrüchen auf der Sonne, die 1 bis 2 Tage vor ihrer Ankunft auf der Erde, wo sie angeblich Polarlicht und erdmagnetische Störungen verursachen, die Sonne verlassen haben sollen. Bisher hat noch jeder Versuch einer derartigen Begründung des parallelen Verlaufs der Polarlicht- und Sonnenfleckenhäufigkeit bei genauerem Zusehen versagt<sup>6)</sup>. Die dem gleichen Rhythmus unterworfenen erdmagnetischen Störungen brauchen durchaus keine unmittelbaren Folgen elektrischer Strahlen der Sonne zu sein, wenn das hohe äußere Potential der Ionosphäre mit einer *dauernden* Zustrahlung von Elektrizität zusammenhängt<sup>7)</sup>. Eine solche aber ergibt sich ohne weiteres, da die Verteilung der ununterbrochenen Ultrastrahlung über die Erde so abhängig vom Erdmagnetismus ist, daß nicht nur die zur Rotationsachse geneigte Lage der magnetischen Achse den Breiteneffekt der Höhenstrahlung beeinflußt, sondern sogar die exzentrische Lage des Zentrums für den Erdmagneten sich in dem sogenannten Längeneffekt der Ultrastrahlung zu erkennen gibt<sup>8)</sup>.

Von entscheidender Bedeutung für das Vorzeichen der elektrischen Korpuskeln ist jedoch nicht der an jedem Beobachtungsort wirksame Unterschied des vorwiegenden Einfallens der Strahlen in der Nord-Südrichtung, worauf der Breiteneffekt beruht, sondern der entsprechende Effekt in der Ost-Westrichtung. Es fallen nämlich überall von Westen her mehr Strahlen ein als von Osten. Während der Azimutaleffekt in Richtung Süd-Nord von der Summe positiver und negativer Strahlen abhängt, ist derjenige in Richtung West-Ost von ihrer Differenz abhängig. Deshalb läßt sich aus den Beobachtungen nicht nur ein Schluß auf das vorherrschende Zeichen der Primärstrahlen ziehen, sondern bei Berücksichtigung der Strahlenenergie auch das Verhältnis beider Vorzeichen abschätzen.

In der Theorie von Lemaître und Vallarta, auf Grund deren Thomas H. Johnson<sup>9)</sup> diese Abschätzung vornahm und wobei er zum Schlusse kam, daß die primäre Strahlung überwiegend, wenn nicht ausschließlich aus positiven Teilchen bestünde, wies jedoch Störmer<sup>10)</sup> auf das darin verkehrt angesetzte Vorzeichen für den Erdmagnetismus hin, so daß anzunehmen war, der Schluß müsse nunmehr lauten, die primäre Strahlung ist überwiegend, wenn nicht ausschließlich negativ. Eine neue Bearbeitung und Erweiterung der Theorie von Lemaître und Vallarta<sup>11)</sup> führt jedoch wieder auf den früheren Schluß, als ob positive Elektrizität in die Ionosphäre einstrahlen müßte. Das aber ist nach dem Verlauf der täglichen erdmagnetischen Variation gänzlich ausgeschlossen.

Der Grund für dieses Versagen der Theorie von Lemaître und Vallarta, die Störmer übrigens in ihrer Grundlage für verfehlt hält, ist der Unterschied, den die Strahlenenergie beim Umkreisen der magnetischen Kraftlinien der Erde

bedingt. Wenn dieselbe nicht sehr groß ist, so vermag der Erdmagnetismus die elektrischen Teilchen noch zum Umkreisen einzelner Kraftlinienbündel gemäß der magnetischen Feldstärke daselbst zu zwingen. Deshalb gilt für diese oberhalb der Erdoberfläche zum anderen Pol gehenden Kraftlinien tatsächlich das umgekehrte Vorzeichen als in dem Falle einer über  $10^{10}$  e-Volt hinausgehenden Energie der Teilchen. Wie die Teilchen alsdann nicht mehr zum Landen außerhalb eines verbotenen Raumes am magnetischen Äquator gezwungen werden, sondern die Erde überall mit nur geringen Intensitätsunterschieden treffen<sup>12)</sup>, so fallen sie auch vorwiegend aus umgekehrter Himmelsrichtung ein. Daher deutet das vorwiegende Einfallen von Westen her auf ihre negative Elektrizität, wie es die Erklärung der täglichen erdmagnetischen Variation verlangt.

Von größter Bedeutung hinsichtlich des gewaltigen negativen Außenpotentials, das die Ionosphäre durch sie besitzt, ist nun der Umstand, daß bei statischem Gleichgewicht die kosmische Ultrastrahlung infolge der elektrischen Abstoßung völlig aufhören müßte. Daraus folgt, daß ihre übergroße Energie einen schwingungsartigen dynamischen Gleichgewichtszustand hervorruft, dessen einzelne Phasen sich leicht ergeben und denen offenbar die von A. Wigand gefundenen Elementarwellen des luftelektrischen Potentialgefälles<sup>13)</sup> zuzuschreiben sind. Bei diesem vierphasigen elektrischen Grundprozeß in der Ionosphäre mit einer Periode von etwa 0.2 Sekunden dringt die gesamte auf der Erde wirksame elektrische Energie ein. Unter anderem findet dabei auch die Aufrechterhaltung des positiven luftelektrischen Gefälles trotz des vertikalen Leitungsstromes der Schönwettergebiete eine einfache Erklärung, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden kann<sup>14)</sup>.

Schließlich ergibt sich noch die richtige Erklärung des Polarlichtes<sup>15)</sup>, denn ein so ununterbrochener Zufluß negativer Elektrizität zur Erde ist nicht denkbar ohne entsprechenden Abfluß. Der aber ist wegen der dann nur geringen Geschwindigkeit der von der Erde weg gerichteten Kathodenstrahlung einzig und allein in den Gegenden möglich, wo die magnetischen Kraftlinien näherungsweise als nicht geschlossen angesehen werden dürfen. Nur dort können die Elektronen die Erde wieder verlassen, ohne zu ihr durch die Kraftlinien zurückgeführt zu werden.

Die Energie von  $10^{12}$  e-Volt<sup>16)</sup>, mit der sie als Ultrastrahlung ankamen, bleibt auf der Erde zurück bis auf einen geringen Rest von  $10^2$  bis  $10^3$  e-Volt, der zur Erzeugung des beobachteten Polarlichtspektrums genügt. Beim Verlassen der Sonne aber, wo intensivere Heliokathodenstrahlbündel nach v. d. Pahlen und Kohlschütter als Koronastrahlen sichtbar werden<sup>17)</sup>, erhalten die Elektronen ihre Bahnkrümmung durch das Halesche Magnetfeld der Sonne oder ein höchstens  $10^3$ mal<sup>18)</sup>, aber nicht  $10^{12}$ mal schwächeres Feld.

Zu letzterem Trugschluß führte die falsche Hypothese sehr langsamer Heliokathodenstrahlen, auf deren geringe Steifigkeit man durch den vermeintlichen direkten Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und erdmagnetischen Störungen geschlossen hatte<sup>7)</sup>.

### Literatur

- <sup>1)</sup> W. von Bezold: Zur Theorie des Erdmagnetismus. Sitz.-ber. Akad. Berlin. Math. u. naturw. Mitt. Heft IV, 271—306 (1897).
  - <sup>2)</sup> Ebenda, vor S. 305.
  - <sup>3)</sup> A. Schuster: Phil. Trans. Roy. Soc. London (A) **130**, 507 (1889).
  - <sup>4)</sup> H. Rudolph: Über die von L. Vegard angenommene Stickstoffstaubhülle der Erde. Gerlands Beitr. **27**, 378—381 (1930).
  - <sup>5)</sup> H. Rudolph: Zur Kathodenstrahlung der Sonne. Naturwissensch. **19**, 66 (1931).
  - <sup>6)</sup> J. Bartels: Polarlicht, Theorie und Beobachtung. Ebenda **19**, 190—191 (1931); W. Grotrian: Über den Zusammenhang zwischen Sonneneruptionen und erdmagnetischen Stürmen bzw. Polarlichtern. Ebenda **20**, 55—56 (1932).
  - <sup>7)</sup> H. Rudolph: Folgerungen aus den bisherigen Forschungsergebnissen über die kosmische Ultrastrahlung. Gerlands Beitr. **39**, 260—262 (1933).
  - <sup>8)</sup> M. S. Vallarta: On the longitude effect of cosmic radiation. Phys. Rev. (2) **47**, 647—651 (1935).
  - <sup>9)</sup> Thomas H. Johnson: Directional measurements of the cosmic radiation and their significance. Ebenda (2) **45**, 294 (1934).
  - <sup>10)</sup> C. Störmer: Critical remarks on a paper by G. Lemaitre and M. S. Vallarta on cosmic radiation. Ebenda (2) **45**, 835—838 (1934).
  - <sup>11)</sup> G. Lemaitre, M. S. Vallarta and L. Bouckaert: On the northsouth asymmetry of cosmic radiation. Ebenda (2) **47**, 434—436 (1935).
  - <sup>12)</sup> E. Brüche: Wo erreichen kosmische Elektronenstrahlen die Erdkugel? Phys. Zeitschr. **32**, 31—33 (1931).
  - <sup>13)</sup> A. Wigand: Die Feinstruktur des luftelektrischen Feldes. Zeitschr. f. Geophys. **5**, 319 (1929).
  - <sup>14)</sup> H. Rudolph: Der Einfluß der Sonne auf den elektrischen und magnetischen Zustand der Erde. 61 Seiten. Leipzig, Verlag O. Hillmann, 1936.
  - <sup>15)</sup> H. Rudolph: Die Energie der Heliokathodenstrahlen in ihrer Beziehung zur fortschreitenden Bewegung der Elektronen in den Polarlichtstrahlen. Zeitschr. f. Geophys. **10**, 356—359 (1934); H. Rudolph: Die Ursache des Polarlichts. Himmelswelt **45**, 246—247 (1935).
  - <sup>16)</sup> Arthur H. Compton: Magnitude of cosmic ray bursts. Nature **134**, 1006 (1934). Man vergleiche auch die Notiz <sup>5)</sup>.
  - <sup>17)</sup> E. v. d. Pahlen und A. Kohlschütter: Untersuchungen über die Sonnenkorona. Veröffentl. d. Univ.-Sternw. zu Bonn Nr. 24. F. Dümmler, 1930.
  - <sup>18)</sup> H. Rudolph: Zum allgemeinen Magnetfeld der Sonne. Naturwissensch. **10**, 57—58 (1922).
-