

## **Werk**

**Jahr:** 1941

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:17

**Werk Id:** PPN101433392X\_0017

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X\\_0017|LOG\\_0014](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0017|LOG_0014)

## **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)

## Ein geomagnetischer Längeneffekt der $F_2$ -Schicht-Ionisation

Von **Otto Burkard**, Graz. — (Mit 4 Abbildungen)

Die vorliegende Arbeit berichtet über einen bisher unbekannt gebliebenen Zusammenhang zwischen dem Magnetfeld der Erde und der Ionisierungsstärke in der  $F$ -Schicht der Ionosphäre; das gleichzeitige Auftreten der Ionisierungsminima im Juni an fast allen Beobachtungsstationen findet damit seine Erklärung. Die starke Ionisierung zur Zeit starker Sonnenflecken-tätigkeit wird durch eine von der Sonne stammende Strahlung geladener Korpuskel hervorgerufen.

I. Während die normale  $E$ -Schicht und zum überwiegenden Teil auch die  $F_1$ -Schicht einen ganz eindeutigen Gang ihres Ionisationsgrades mit dem jeweiligen Sonnenstand erkennen lassen, ergaben die Messungen für die  $F_2$ -Schicht Verhältnisse, die sich nicht mehr ohne weiteres durchblicken ließen. Es war zwar anzunehmen, daß auch für sie die zur Ionisierung notwendige Energie ganz oder zum Großteil von der Sonne stammt, wie man dies z. B. aus dem kräftigen Ansteigen der Ionisierung mit Sonnenaufgang schließen kann. Aber an Stelle des gleichmäßig zu erwartenden Ansteigens bis zu einem mittäglichen Maximalwert, entsprechend dem höchsten Sonnenstand, beobachtet man häufig ein Absinken, so daß in den Vormittagsstunden und bisweilen auch am späteren Nachmittag mehr oder weniger ausgeprägte Maxima auftreten. Wurden ferner die Mittagswerte der  $F$ -Schichtionisierung in ihren jahreszeitlichen Schwankungen in Betracht gezogen, so ergab sich für fast alle Stationen ein deutliches Minimum in den Monaten Mai bis etwa Juli. Im Zusammenhang mit dem gleichzeitig festgestellten Ansteigen der gemessenen scheinbaren Höhen, das als tatsächliches Hochsteigen der ganzen  $F_2$ -Schicht gedeutet wird, schloß man auf eine Erwärmung der Schicht, womit eine scheinbare Verminderung des Ionisationsgrades erklärbar wäre, d. h. nicht die Zahl der Träger nimmt ab, sondern nur die pro  $\text{cm}^3$  gerechnete Trägerdichte. Diese Auffassung mußte aber in dem Augenblick fallen [2], in dem die Beobachtungen an Stationen der südlichen Halbkugel genau zur selben Zeit, also im dortigen Winter, das besprochene Minimum ergaben. Die daraufhin mehrfach angestellten Versuche [2] [3] [4], durch Vergleich der Beobachtungsergebnisse verschiedener Stationen, oder durch harmonische Analyse u. ä. Klarheit in dieses merkwürdige Ergebnis zu bringen, führten zu keiner befriedigenden Lösung.

II. Der Grund mag zum Teil wohl darin liegen, daß eine ganze Reihe von Umständen besonders unübersichtliche Verhältnisse für die  $F_2$ -Schicht schaffen. Eine Schwierigkeit liegt vor allem darin, daß vielfach mit unseren derzeitigen Meßverfahren die beiden ungefähr in gleicher Höhe liegenden  $F$ -Schichten nicht getrennt werden können. Der aus den unmittelbaren Messungen berechnete Ionisationsgrad gibt daher nicht notwendig ein richtiges Bild der Ionisationsverhältnisse; und besonders in den Fällen, in denen nur eine  $F$ -Schicht gemessen

werden kann, muß man sich vor Augen halten, daß diese Werte durch das Zusammenwirken der  $F_1$ - und der  $F_2$ -Schicht entstanden sind, ohne daß angegeben werden könnte, in welchem Verhältnis die beiden Schichten beteiligt sind. Eine weitere Schwierigkeit liegt in den thermischen Vorgängen, die jetzt ziemlich allgemein für die  $F_2$ -Schicht angenommen werden. Eine Erwärmung erniedrigt die Trägerdichte, eine Abkühlung erhöht sie, wodurch besonders im letzteren Falle eine Erhöhung der „Ionisierungsstärke“ (Anzahl der im  $\text{cm}^3$  in der Sekunde erzeugten Träger) vorgetäuscht wird. Läßt man für die Ionisierungsbilanz das bekannte einfache Gesetz gelten:

$$dn/dt = q - \alpha n^2,$$

so muß man weiters beachten, daß auch der Wiedervereinigungskoeffizient  $\alpha$  zeitlichen Schwankungen unterworfen ist, die einerseits darauf zurückzuführen sind, daß offenbar für die beiden  $F$ -Schichten die Koeffizienten wesentlich von einander abweichen; zum andern Teil können auch hier wieder die thermischen Vorgänge eine gewisse Rolle spielen, wird doch theoretisch eine Verkleinerung des Wiedervereinigungskoeffizienten mit Ansteigen der Temperatur erwartet.

Für die vorliegende Untersuchung scheint es notwendig, auch noch auf folgenden Umstand hinzuweisen. Eine einfallende Strahlung wird, gleichgültig, ob es Wellen oder Teilchen sind, *primär* nur für die Größe  $q$  in obiger Gleichung maßgeblich sein. Erst *sekundär* ergibt sich dann durch das Zusammenwirken von sekundlich neuentstehenden Ladungsträgern, den sekundlich durch Wiedervereinigung verschwindenden Trägern und den vermuteten thermischen Effekten die der Messung zugängliche Trägerdichte  $n$ , die sich aus den kritischen Frequenzen unter Anwendung der Formeln der Dispersionstheorie [1] leicht errechnen läßt. (Sie ist ungefähr proportional  $f^2$ .) Solange wir somit nichts Näheres über die Wiedervereinigung und über die Größe der thermischen Veränderungen wissen, können auch nur ganz überschlagsmäßige Bestimmungen der Ionisierungsstärke  $q$  erfolgen. Man behilft sich meist so, daß man nur Werte derselben Tageszeit untereinander vergleicht, indem man sich z. B. auf die Mittagswerte beschränkt. Für diese gilt näherungsweise  $dn/dt = 0$ , und  $\alpha$  wird als konstant vorausgesetzt. Darüber hinaus kann man — in gewissen Grenzen — auch ungefähr angeben, zu welchem Zeitpunkt die Ionisierungsstärke  $q$  ihr Maximum erreicht, nämlich etwa dann, wenn  $dn/dt$  seinen größten positiven Wert annimmt. Es ist dieser Hinweis deswegen von Bedeutung, weil sich daraus für *alle* vorliegenden Beobachtungen Rückschlüsse auf ein stets in den Vormittagsstunden (Ortszeit) auftretendes Maximum der Ionisierungsstärke ergeben; die Ursache müßte eine Strahlung sein, die gerade zu dieser Zeit mit größter Intensität wirksam wird.

III. Bei dieser Sachlage war es naheliegend, als Ionisierungsursache für die  $F_2$ -Schicht eine von der Sonne stammende Korpuskularstrahlung in Betracht zu ziehen, die aus geladenen Teilchen bestehen sollte, so daß sich durch das Magnet-

feld der Erde eine entsprechende Ablenkung und damit auch die beobachtete zeitliche Verschiebung in die Vormittagsstunden ergeben würde.

Tatsächlich läßt sich ein Zusammenhang zwischen den beobachteten Mittagswerten der *F*-Schicht Ionisierung und dem Winkel, den die Richtung Erde—Sonne mit der magnetischen Erdachse einschließt, zeigen. Da aber weiters die Erdachse mit der Dipolachse des magnetischen Erdfeldes einen Winkel einschließt, ergibt sich ein „Längeneffekt“ derart, daß die geographische Länge der Beobachtungsstation maßgeblich wird. Die Fig. 1 zeigt den Meridianschnitt einer Beobachtungsstation, die gerade Mittag hat, dann soll der Winkel  $\varepsilon$  die Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen bezeichnen und  $\Phi$  ist die geographische Breite des magnetischen Äquators am betreffenden Meridian.

Das Cosinusquadrat des Winkels  $\eta$  läuft nun parallel mit der Ionisierungsstärke bzw. mit dem Ionisationsgrad der *F*-Schicht zu Mittag; hierbei gelten folgende Beziehungen:

$$\eta = \varepsilon - \Phi \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{tg } \Phi = \text{tg } (\Phi_0 - 90) \cdot \cos (\Lambda_0 - \lambda) \dots (2)$$

wobei  $\Phi_0$  die geographische Breite und  $\Lambda_0$  die geographische Länge des magnetischen Nordpols bedeuten und  $\lambda$  die geographische Länge der Beobachtungsstation ist. Für die Ionisierung erhält man nach dem früher ausgeführten:

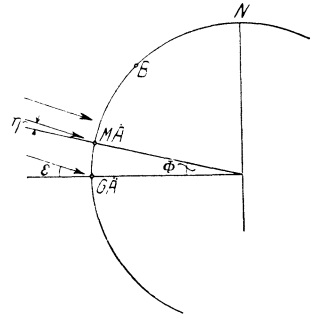


Fig. 1. Meridianschnitt durch die Beobachtungsstation

$$q = \alpha \cdot n^2 \dots \dots \dots (3)$$

$$n \approx f_0^2 \dots \dots \dots (4)$$

und somit soll die vierte Potenz der gemessenen kritischen Frequenzen proportional dem Quadrat des  $\cos \eta$  sein:

$$f_0^4 = \text{prop. } (\cos^2 \eta) \dots \dots \dots (5)$$

Untersucht man zunächst einmal den Verlauf der genannten Cosinusfunktion für verschiedene Beobachtungsstationen ( $\lambda$ ), so erhält man die in Fig. 2 und 3 dargestellten Verhältnisse. Das Minimum tritt für alle Stationen zwischen etwa 150° westl. bis 30° östl. v. Gr. am 21. Juni jeden Jahres auf, für die Stationen zwischen 30° östl. und 210° östl. (= 150° westl.) dagegen am 21. Dezember, entsprechend den Grenzlagen Sonne—Erde. Man erhält somit eine Zoneneinteilung derart, daß für die eine Zone stets im Juni, für die andere dagegen stets im Dezember das Minimum der Ionisierung erwartet werden muß. Die Stationen, von denen Beobachtungen der Ionosphäre vorliegen, gehören nun mit einer einzigen Ausnahme alle der ersten Zone an, und damit steht das anfangs erwähnte Minimum, das etwa zwischen Mai und Juli beobachtet wird, in vollkommenem Einklang. Allein nur die Station Watheroo (Australien) fällt in das Gebiet der zweiten Zone, von ihr liegen derzeit nur wenig Beobachtungen vor, doch findet sich auch hier das Minimum

ungefähr zum errechneten Zeitpunkt, nämlich etwa Januar/Februar, also etwas gegen den errechneten Tag (21. Dezember) verschoben\*).

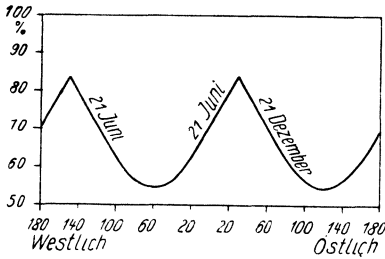


Fig. 2. Der Längeneffekt bezüglich des Ionisierungsminimums. Die Größe des Minimums in Prozenten des Maximalwertes und die zeitliche Lage je nach der geographischen Länge

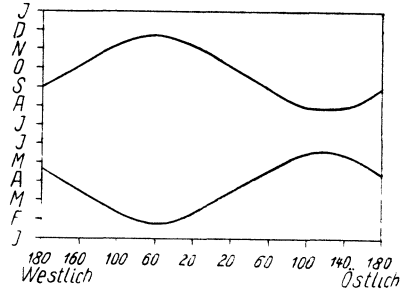


Fig. 3. Der zeitliche Eintritt des Ionisierungsmaximums je nach der geographischen Länge der Beobachtungsstation

Berechnet man weiters, wann die Cosinusfunktion ihr Maximum erreicht, dann ergibt sich die Fig. 3, in der für jeden Längengrad die beiden zugehörigen Datumsangaben auf der Ordinate abzulesen sind. Für europäische Stationen wird

Tabelle. Der Korrelationsfaktor zwischen  $f^4$  und  $\cos^2 \eta$  für die vorliegenden Beobachtungen. Verwendet wurden die Monatsmittel der mittags gemessenen Frequenzen der  $F_2$ -Schicht

Station	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940
Deal .....						0.843	0.728
Huancayo .....					0.896	0.735	
Kochel .....							0.770
Tromsøe .....			0.448!	0.675	0.734	0.540	
Washington .....	0.780	0.573!	0.850	0.958	0.908	0.805	
Watheroo .....		- 0.617 ?	0.230	0.635		0.550	

das Maximum etwa Anfang März und Anfang Oktober ermittelt; für ostamerikanische Beobachter verschieben sich diese Daten zu Anfang Februar und Anfang November. Die vorliegenden Ionosphärenmessungen geben auch in dieser Hinsicht

\*) Anmerkung bei der Korrektur: Unterdessen wurden mir die Beobachtungen an den neuseeländischen Stationen Wellington und Christchurch [5] zugänglich, die ebenfalls beide das ausgeprägte Minimum etwa im Dezember/Jänner erwartungsgemäß aufweisen.

eine erstaunliche Übereinstimmung, die am leichtesten dadurch übersehen werden kann, daß man die Korrelation zwischen dem Wert  $f_0^4$  (Mittagswert, Monatsmittel; für amerikanische Beobachtungen lagen vielfach nur die kritischen Frequenzen der außerordentlichen Komponente vor, so daß die Werte entsprechend umgerechnet werden mußten) und dem Cosinusquadrat entsprechend Gleichung (5) berechnet. In der Tabelle sind diese Werte eingetragen, sie sind erstaunlich groß, wenn man berücksichtigt, daß außer den schon in II. dargelegten Schwierigkeiten während der vergangenen Jahre im Zusammenhang mit der Sonnenfleckenperiode die Ionisierung ganz beträchtlich anstieg. In den zwei Fällen, in denen die Korrelationsfaktoren mit einem Rufzeichen versehen sind, dürfte die geringere Übereinstimmung auf dieses zum Teil plötzliche Ansteigen zurückzuführen sein. Auffallend ist auch der Umstand, daß nur zur Zeit stärkerer Sonnenfleckenaktivität eine gute Übereinstimmung festgestellt werden kann; dies läßt recht interessante

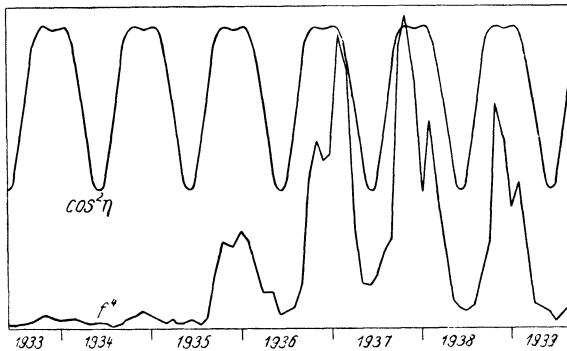


Fig. 4. Errechneter und beobachteter Ionisationsgang in Washington

Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der für die Ionisierung wirksamen Strahlung zu, doch wird man wohl mit Vorteil die Ergebnisse der kommenden Periode schwacher Sonnentätigkeit noch abwarten. Die Fig. 4 bringt schließlich zum unmittelbaren Vergleich die Meßergebnisse für die Mittagswerte der  $F$ -Schichtionisierung in Washington in Gegenüberstellung zum erwarteten Verlauf nach dem Cosinusquadrat. (Die Werte sind in willkürlichen Einheiten aufgetragen, die ersteren proportional der vierten Potenz der kritischen Frequenzen  $f_0$ .)

IV. Trotz vereinfachender Annahmen (von der Exzentrizität des magnetischen Dipols wurde abgesehen) und trotz vielfacher Schwierigkeiten, die allgemein für die  $F$ - bzw.  $F_2$ -Schicht vorliegen, kann doch ein Zusammenhang zwischen Ionisierung und erdmagnetischem Feld nachgewiesen werden. Hierbei ergibt sich ähnlich den Verhältnissen bei der kosmischen Höhenstrahlung ein „Längeneffekt“. Eine exakte Erklärung ist augenblicklich nicht zu geben, doch soll in einer weiteren Arbeit ein Deutungsversuch unternommen werden; es wird hierbei

auf die Störmerschen Berechnungen zurückzugreifen sein. Es kann aber schon jetzt folgendes bedeutsames Ergebnis als gesichert betrachtet werden:

1. Die Ionisierungsursache für die  $F_2$ -Schicht der Ionosphäre ist zumindest zur Zeit stärkerer Sonnentätigkeit in einer von der Sonne ausgestrahlten Korpuskularstrahlung zu suchen; diese Teilchen werden durch das Magnetfeld der Erde beeinflusst, müssen also geladen sein.

2. Die Ionisierungsstärke erreicht einmal im Jahre — sofern nicht andere Einflüsse überwiegen — einen Minimalwert, der entweder im Juni oder im Dezember erwartet werden muß; und sie erreicht zweimal im Jahre einen Maximalwert; die Zeiten für diese beiden gruppieren sich zumindest annähernd symmetrisch zum Datum des Minimalwertes.

### Literatur

- [1] Zur allgemeinen Orientierung über die Ionosphäre: J. Zenneck: Physik der hohen Atmosphäre in Ergebnisse der kosmischen Physik III, 1938.
- [2] Norris E. Bradbury: Terr. Mag. **43**, 66 (1938).
- [3] E. V. Appleton: Nature **144**, 151/2 (1939).
- [4] T. L. Eckersley: Terr. Mag. **45**, 25—36 (1940).
- [5] F. W. G. White, C. J. Banwell and G. A. Peddie: Terr. Mag. **45**, 37—43 (1940).

---

## Die magnetische Großstörung vom 1. März 1941

Von **J. Bartels**, Potsdam. — (Mit 1 Abbildung)

Die Störung war die stärkste, die jemals in Potsdam seit 1890 vollständig aufgezeichnet worden ist. Am 28. Februar, 9.30 Uhr Weltzeit, erscheint auf den magnetischen Registrierungen in Niemegek eine deutliche erdmagnetische Wirkung eines Ultraviolett-Ausbruches auf der Sonne, zugleich mit einem Schwund-Effekt im drahtlosen Verkehr. Rund 18 $\frac{1}{2}$  Stunden später, am 1. März, 3 Uhr 56.9 Minuten Weltzeit, bricht der eigentliche Sturm aus. Er erreicht seine größte Intensität aber erst am 1. März zwischen 14 und 18 Uhr Weltzeit; nach Eintritt der Dunkelheit, als Polarlichtbeobachtungen möglich wurden, war der Hauptsturm schon vorbei. Ein riesiger, ostwärts gerichteter elektrischer Strom von etwa 1 Million Ampere muß in der Polarlichtzone geflossen sein; aus den  $H$ - und  $Z$ -Registrierungen geht hervor, daß die Polarlichtzone zwischen 16 und 17 Uhr mitunter südlich von Potsdam gelegen haben muß.

Die Amplituden waren

in $D$ 4° 26'	oder 1417 $\gamma$
in $H$	2115 $\gamma$ = 11,5% des normalen Durchschnittswertes
in $Z$	1687 $\gamma$

Die Wiedergabe der Aufzeichnungen der unempfindlichen Variometer (Skalenergebnisse rund 25  $\gamma$ /mm), die 1938 in Niemegek aufgestellt wurden, zeigt von neuem,