

Werk

Jahr: 1953

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:19

Werk Id: PPN101433392X_0019

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0019|LOG_0025

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

Die Ionosphärenschichten und ihre dynamischen Phänomene

Von Klaus Bibl, Freiburg i. Br.¹⁾

Mit 2 Abbildungen

Das junge Gebiet der Ionosphärenforschung hat in den letzten Jahren eine fast unübersehbare Menge von Meßwerten mit einer für statistisches Material ausgezeichneten Genauigkeit gebracht, die durch die elektrischen Registriermethoden ermöglicht wird.

Gegenüber diesen Messungen sind die Theorien des physikalisch-chemischen Vorgangs der Ionisation und Schichtentstehung noch weit zurückgeblieben. Unangenehm aber für die Auswertung der Meßwerte ist der Mangel einer genauen Definition der Meßgrößen in einem für die Physik ungewöhnlichen Maße. Dies liegt daran, daß die hochfrequenztechnischen Geräte nur einen ganz bestimmten Meßvorgang ermöglichen, der technisch relativ einfach, dessen Ausdeutung jedoch gelegentlich kompliziert ist.

A. Methode

Deshalb wurde ein Meßverfahren entwickelt, das praktisch eine Dimension mehr registriert. Normalerweise mißt man mit einem impulsgetasteten Hochfrequenzsender in einem Ionogramm (Abb. 1a) die Abhängigkeit der Laufzeit eines Echos (scheinbare Höhe) von der stetig geänderten Meßfrequenz. Letztere ist ein Maß für die Elektronenkonzentration an der Reflexionsstelle. Die Amplitude kann bei einem guten Empfänger als Schwärzung des Reflexionszuges geschrieben werden. Ein geübter Auswerter kann aus den Ionogrammen die kritischen Frequenzen der verschiedenen Reflexionszüge messen, aber auch die Verteilung der Ionisation mit der Höhe abschätzen (Abb. 1b).

Wir haben nun ein Gerät gebaut, daß die Aufnahme eines solchen Ionogramms, die normalerweise 1 bis 10 min erfordert, in der relativ kurzen Zeit von 12 sec ermöglicht [1].

Reiht man solche Bilder zu einem Film aneinander, so kann man mit einer Zeitraffung von 1 : 300 die Entwicklung der Ionosphärenschichten während eines Tages ausgezeichnet erfassen (von einem entsprechenden Gerät mit anderer Schaltung, das in Amerika von *Sulzer* entwickelt wurde [2], sind noch keine speziellen Ergebnisse über dynamische Effekte bekannt geworden).

B. Beobachtungsergebnisse

Unsere Beobachtungen umfassen fast ein Jahr in mittlerer Breite (Freiburg) und einige Wochen in Äquatornähe (Djibouti). Beim Abspielen solcher Tagesfilme erkennt man außer der durch die Routinemessungen bekannten Entwicklung der normalen Schichten zwei wesentliche Phänomene.

1. Das Absteigen einer Schicht aus der *F*- in die *E*-Region unter gleichzeitiger Abnahme ihrer Dicke wurde außer von anderen Verfassern [3] auch

¹⁾ Dipl. Phys. *Klaus Bibl*, Ionosphärenstation, Neuershausen b. Freiburg i. Br.

von uns schon mehrfach beschrieben [4, 5, 6]. Man erkennt diese Erscheinung schon in Dauerregistrierungen mit 10 min Ionogrammen.

Mit der Filmmethode aber kann diese Erscheinung viel deutlicher verfolgt werden: Der Vorgang kann sich über Stunden hinziehen und ist fast jeden Nachmittag mehr oder weniger deutlich sichtbar.

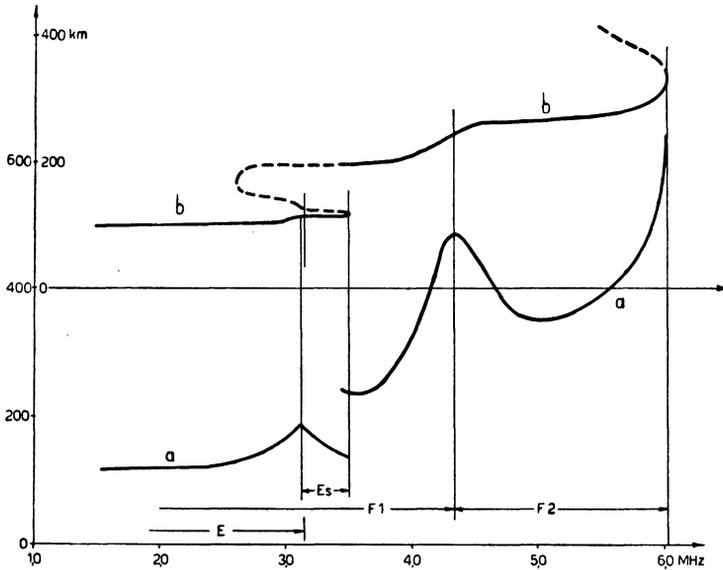


Abb. 1. a) Ionogramm an einem Sommertag (scheinbare Höhe),
b) aus a) errechneter Verlauf der Ionisation $N \sim f^2$ mit der wahren Höhe

2. Die wesentlich neue Erscheinung aber ist eine Ionisationswelle, die immer von oben kommend, durch die ganze F -Region hindurch läuft (Abb. 2). Die Entwicklungszeit dieses Phänomens ist sehr kurz, im Winter wird die Schicht in 8 bis 10 min durchlaufen, im Sommer in 15 bis 20 min. Es ergibt sich eine ungefähr konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit von rund 150 m/sec, wenn man für die halbe Schichtdicke im Winter 80 km und im Sommer 160 km ($F_1 + F_2$) ansetzt.

In den Ionogrammen läuft eine kleine Verzögerungsspitze im Reflexionszug in der Zeit von Minuten von Grenzfrequenz der F_2 -Schicht (Schichtmaximum) zur Unterkante. Sie kann als Ionisationserhöhung in einem engen Höhenbereich gedeutet werden. Sie verschwindet in dem Ionisationstal zwischen F - und E -Region. Dabei ändert sich häufig, insbesondere in der Nähe der F_1 -Verzögerungsspitze, die Form des Reflexionszuges von einem „N“ in ein „Z“, indem die Verzögerungsspitze nach hohen Frequenzen hin überschlägt (bei diesem Bild sei die Frequenz nach rechts ansteigend gedacht). Dadurch ergeben sich also in einem gewissen Bereich für jede Frequenz drei Reflexionsstellen bei einer Komponente der Welle. Interessant ist, daß diese „Schleife“ in Freiburg stärker an der ordentlichen Komponente und in

Äquatorgegenden stärker an der außerordentlichen Komponente auftritt. Diese Tatsache ist wohl ein wesentlicher Prüfstein für eine exakte Theorie

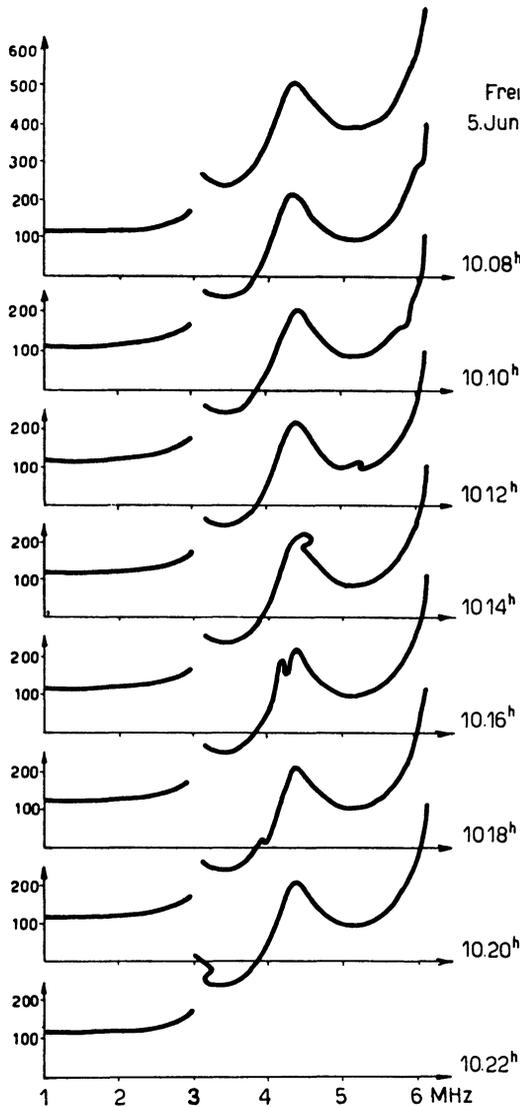


Abb. 2. Entwicklung eines transitorischen Phänomens in der F-Schicht

der Wellenausbreitung und vielleicht nur unter Annahme eines horizontalen Gradienten der Ionisation zu erklären. Die Erscheinung der „Schleife“ ist in den Filmen sehr deutlich zu sehen, auch wenn sie im Einzelbild fast völlig verschwindet

a) wegen der Stetigkeit der Bewegung und

b) wegen der Erhöhung der Amplitude (Fokussierung), die fast immer an dem Reflexionszug der Schleife eintritt.

3. Zwischen den Erscheinungen 1 und 2 scheint unseres Erachtens ein gewisser Zusammenhang zu bestehen, obwohl wir bisher keinen direkten Übergang des zweiten Phänomens in das erste beobachten konnten.

Der Zusammenhang äußert sich

a) in der Gleichheit der Bewegungsrichtung: immer von oben nach unten.

b) In der geringen Höhenausdehnung der Phänomene.

c) Oft sieht es so aus, als würden mehrere der Ionisationswellen zweiter Art am unteren Rand der

F-Region „kumulieren“ und so dort eine Schicht „F0“ bilden, die sich nach unten in Bewegung setzt, wenn die normale Ionisation der E-Schicht nachläßt.

C. Definitionen

Wir glauben, daß die neuen Filme einen wesentlichen Beitrag leisten können, um Meßgrößen und Erscheinungen exakter zu definieren, wie wir das eingangs als notwendig gefordert hatten.

1. Beispiele:

a) Es ist müßig zu streiten, ob die $E2$ -Schicht eine „normale“ (7) oder „abnormale“ Schicht ist, wenn die Begriffe „ $E2$ -Schicht“ und „normale Schicht“ noch nicht definiert sind.

b) Mit viel Mühe haben wir einmal versucht, den Begriff „normale E -Schicht“ eindeutig zu formulieren [8]. Diese Definition scheint uns zwei wesentliche Früchte getragen zu haben: Den Nachweis eines außerordentlich stetigen Ganges der kritischen Frequenz f^0E mit dem Sonnenstand und des direkten Zusammenhangs der Erhöhungen von f^0E mit starken Dämpfungsanstiegen. Wir glauben darüber hinaus, daß unsere Definition auch einem unvoreingenommenen Beobachter unserer Filme sich aufdrängt.

2. Als wichtigste Klärung die Trennung zwischen:

Vorgang	Ort	Erscheinung	Messung
Ionisationsstufe	Region	Schicht	Reflexionszug $h'(f)$
Schichtbildung		Ionisationswelle	Amplitude $E(f)$
.....		Fokussierung	Polarisation $\varphi(f)$
.....		Dämpfung	

3. Das häufigste Problem: normale oder abnormale Schicht. Es ist zu bedenken, daß „normal“ nicht der Gegensatz zu „anomal“ = regellos, sondern von „abnormal“ = außerhalb einer bestimmten Größe ist.

Nicht zuletzt scheint es uns deshalb wichtig, die aus den Ionogrammen leicht abzuschätzende Schichtdicke als Grundlage für diese Unterscheidung zu wählen [8]. Danach sind alle Schichten „abnormal“, deren Dicke klein gegenüber der Skalenhöhe im entsprechenden Niveau ist.

Durch diese Festlegung fallen die zwei erwähnten dynamischen Phänomene auf jeden Fall in die Rubrik „abnormale“ Schichten, wenn man ihnen überhaupt den Begriff „Schicht“ zuordnen kann, was bei den schnell veränderlichen, im Abschnitt B 2. beschriebenen Erscheinungen, sicher nicht möglich ist.

Man sollte also versuchen, erst einmal von „abnormalen“ Schichten im Ionogramm zu abstrahieren und sie nur als Superpositionen auf den normalen Schichten E , $F1$ und $F2$ aufzufassen. Dann wird man zu sehr glattem Verhalten der kritischen Frequenzen dieser Schichten gelangen.

4. Die G - „ $F1,5$ “- und die $F0$ -Schicht.

Der hin und wieder auftauchende Begriff „ G -Schicht“ scheint uns sehr schlecht gewählt. Der erste zeigt mit dem Buchstaben G eine Region oberhalb der F -Region an. Dies ist durchaus nicht der Fall, da in den Ionogrammen zwischen F - und „ G “-Reflexionszug keine Unstetigkeit der scheinbaren Höhe („Höhensprung“) auftritt [4]. Wir glauben, auf Grund von Filmen aus Djibouti (Franz. Somaliland) sagen zu können, daß diese Erscheinung meist den Beginn einer „Ionisationswelle“ darstellt, die bei Sonnenaufgang in kurzer Zeit durch die ganze F -Region läuft. Auch die geringe Schichtdicke deutet auf eine abnormale Schicht hin.

Der in der Literatur benutzte zweite Name für diese Erscheinung Lunar layer [9] ist ebensowenig glücklich, da er einen Vorgang als Name für eine Erscheinung wählt.

Mit *R. Eyfrig* glauben wir, daß sich ein Mondeinfluß nicht direkt auf diese Schicht, sondern besonders auf die *F2*-Schicht auswirkt [10], die bei Vergrößerung ihrer Dicke eine Ionisationsstufe, deren Ausdehnung beschränkt ist, sichtbar werden läßt. Sie ist vielleicht mit der Erscheinung identisch, die von anderen Stationen „*F1,5*“ genannt wird [11]. Normalerweise ist diese Ionisationsstufe, die nicht weit von der normalen Schichtmitte von *F2* liegt, durch die stärkere Ionisation dieser Schicht überdeckt.

Ähnliches gilt für die *F₀*-Schicht, die wir früher [4, 5] beschrieben haben.

5. Die *E2*-, die *E2s*- und die *Es*-Schicht.

Nach Abschnitt C 3, sind diese Schichten alle eindeutig als abnormal zu bezeichnen. Sie gehen immer auseinander hervor (siehe Abschnitt B 1.). Ihre Dicke ist recht verschieden (*E2* ist dicker als *E2s* oder gar *Es*), aber sie ist immer gering gegen die Skalenhöhe in diesem Niveau. Da die Erscheinungen durch zwei Regionen laufen, wurde von uns die Bezeichnung „I“ vorgeschlagen, die für all diese Phänomene gelten soll, mit Ausnahme von tiefen *Es*-Schichten, deren Entstehungsmechanismus auch nach dem Studium der Ionosphärenfilme noch nicht viel klarer geworden ist. Wir schließen uns hier der Meinung der Verfasser einer australischen Arbeit [3] an, die mindestens zwei Typen von *Es* unterscheiden.

D. Anregungen für die Theorie

Das eigentlich interessanteste Thema: *Schichtbildung* ist zugleich das schwierigste. Gespannt warten viele Theoretiker auf einige Meßgrößen nicht-elektrischer Art, die durch wissenschaftlich ausgenutzte Raketenanstiege gegeben werden könnten. Doch sind die Werte noch nicht zahlreich genug und fehlen aus den größeren Höhen (*F*-Region) noch weitgehend. Vielleicht können nun dynamische Erscheinungen eine wertvolle Hilfe für die Theorie der Schichtbildung werden.

Schon die Existenz so vieler Ionisationsstufen: *G*, *F2*, *F1*, *F0*, *E2*, erst recht deren Veränderungen scheinen uns bisher nicht genügend erklärt.

Zum Schluß wollen wir darauf hinweisen, daß eine eingehende Kenntnis der elektrischen Eigenschaften der hohen Atmosphäre auch Rückschlüsse auf die übrigen Eigenschaften dieses und des darunterliegenden „Stockwerkes“ zuläßt.

Wenn es sich z. B. herausstellen sollte, daß die dynamischen Phänomene nicht durch zusätzliche Ionisierung, sondern durch Änderung des Luftdrucks (Druckwelle) entstehen, würden sich manche Folgerungen meteorologischer und allgemein geophysikalischer Art daraus ableiten lassen. Leider ist der Zusammenhang zwischen elektrischen und gaskinetischen Daten in einem Plasma theoretisch sehr kompliziert. Immerhin scheinen die hier berichteten rasch veränderlichen Phänomene eine Erklärung zu fordern, die mehr auf „meteorologische“ Vorgänge in der Ionosphäre eingeht als die übliche stationäre Theorie der Schicht-Entstehung.

Literatur

- [1] Ann. Geophys. **7** (1951), S. 265—267.
- [2] *Sulzer, P. G.*: Electronics **19** (1946), 137.
- [3] *Mc. Nicol & Gipps* Journ. Geophys. Res. **56** (1951), S. 17—31.
- [4] SPIM — R 9 (1950).
- [5] Naturwissensch. (1950), S. 373—374.
- [6] Compt. Rend. **235** (1952), S. 734—736.
- [7] *Becker, W. u. Dieminger, W.*: Naturw. (1950), S. 90—91.
- [8] Ann. Geophys. **7** (1951), S. 208—214.
- [9] *A. G. McNish*. Proc. Conf. Ionosph. Phys. II (1950).
- [10] *Eyfrig, R.*: Compt. Rend. **235** (1952), S. 736—737.
- [11] *Delobbeau, Harnischmacher, Oboril*: Revue Scientifique **88** (1950), S. 21—26;
Delobbeau: Compt. rend. **235** (1952), S. 1673—1675.