

Nahschwundtätigkeit der Rundspruchsender

Autor(en): **Gerber, W. / Werthmüller, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **25 (1947)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875732>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DER SCHWEIZERISCHEN POST-, TELEGRAPHEN- UND TELEPHONVERWALTUNG

BULLETIN TECHNIQUE / BOLLETTINO TECNICO

PUBLIÉ PAR L'ADMINISTRATION DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES SUISSES

PUBBLICATO DALL'AMMINISTRAZIONE DELLE POSTE, DEI TELEGRAFI E DEI TELEFONI SVIZZERI

Nahschwundtätigkeit der Rundspruchsender

Von W. Gerber und A. Werthmüller, Bern

621.396.11

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der abendlichen Nahschwundtätigkeit der Rundspruchsender des Mittelwellenbandes. Sie überprüft daher zunächst das reflektorische Verhalten der nächtlichen Ionosphäre in diesem Wellenband. Daran anschliessend folgen Erhebungen über die Feinstruktur der Schwunddiagramme, die sich, ihrem Wesen nach, als Interferenzschwund darstellen lässt. Schliesslich wird die Nahschwundtätigkeit statistisch über grössere Zeiträume analysiert. Die so erhaltene Grobstruktur ist vorwiegend absorptionsbedingt; sie folgt der veränderlichen Konstellation der Sonne zur Erde und der veränderlichen Emissionstätigkeit der Sonne im Verlauf der Sonnenfleckenperiode. So besteht einmal eine jahreszeitliche Abhängigkeit, mit maximaler Nahschwundtätigkeit im Frühjahr und Herbst, und minimaler Nahschwundtätigkeit im Sommer und Winter. Dazu überlagert sich der zweitgenannte solare Trend, mit maximaler Nahschwundtätigkeit zur Zeit des Sonnenfleckenminimums und minimaler Nahschwundtätigkeit im Nachgang zum Sonnenfleckenmaximum. Dieser säkulare Trend lässt, gestützt auf die gegenwärtigen Prognosen der Sonnen-tätigkeit, in etwa anderthalb Jahren ein verhältnismässig tief liegendes Minimum der Nahschwundtätigkeit erwarten.

Der heute übliche Rundspruchsender des Mittelwellenbandes hat bekanntlich ein gürtelförmiges Empfangsgebiet, in dem die Intensitäten der Bodenwelle und der nächtlichen Raumwelle von gleicher Grössenordnung sind: die sogenannte Nahschwundzone. Diese begrenzt den eigentlichen Dienstbereich des Senders, wo die Bodenwelle prävaliert, und leitet über zur Fernempfangszone, wo die nächtliche Raumwelle prävaliert. In der Nahschwundzone gelten nämlich die Empfangsbedingungen als unbefriedigend, weil in ihr während der Dunkelheit, als Folge der erwähnten Feldstärkengleichheit, verhältnismässig rascher Schwund und extreme, nichtlineare Signalverzerrungen auftreten. So ist es denn auch zu verstehen, dass das Nahschwundproblem im Lauf der Jahre immer wieder untersucht worden ist, wobei sich die bisherigen Arbeiten hauptsächlich mit den Signalverzerrungen, sowie den senderseitigen Konsequenzen befassen.

Beobachtet man diese Schwunderscheinungen über einige Zeit, beispielsweise während eines ganzen Abends, an einigen aufeinanderfolgenden Abenden, oder gar über mehrere Jahre, so zeigt sich ein zeitlich sehr veränderliches Bild. Die Amplitudenschwankungen sind zeitweise verhältnismässig stark, dann wieder schwächer oder überhaupt nicht vorhanden; zeitweise sind sie verhältnismässig schnell, oder gelegentlich wieder sehr langsam, usw. Man kann diese zeitliche Abhängigkeit als Nahschwundtätigkeit bezeichnen. Ihre Kenntnis ist sowohl für den Rundspruchbetrieb, als auch für die Belange der Wellenausbreitung von wesentlichem Interesse. Mit andern Worten, es besteht ein Bedürfnis, die abendliche Nahschwundtätigkeit im Rundspruchbetrieb des Mittelwellenbereiches einmal etwas näher kennenzulernen. Natürlich bedeutet dies zunächst eine vorwiegend experimentelle Aufgabe, da es sich vorerst darum handelt, die empirisch gegebenen Tatsachen richtig zu würdigen. In dieser Meinung hat unsere Forschungsabteilung seit Mitte der dreissiger Jahre verschiedene messtechnische Dispositionen getroffen, die die Fig. 1 übersichtshalber zeigt. Damit sind bis jetzt, teils über eine ganze Sonnenfleckenperiode, verhältnismässig weitgehende Untersuchungen geführt worden, über deren Ergebnisse nunmehr zusammenfassend berichtet wird¹⁾.

Echolotungen der nächtlichen Ionosphäre

Die im folgenden darzustellende Nahschwundtätigkeit ist in physikalischer Hinsicht eine Funktion der veränderlichen Uebertragungsgrössen der Erdoberfläche und der Ionosphäre. Ueber die Stabilitätsfragen der Bodenwelle ist nun aber früher

¹⁾ Communication préliminaire parue dans les Mémoires scientifiques de l'U.R.S.I., Vol. VI, Paris 1946.

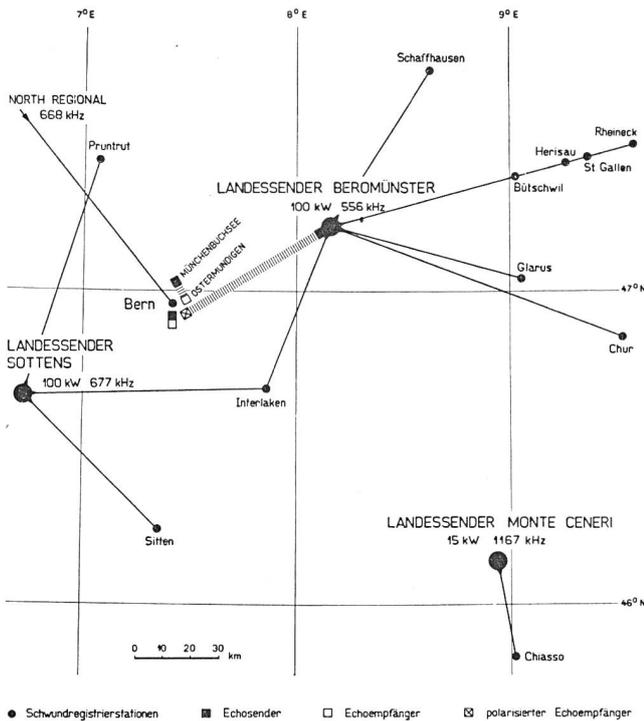


Fig. 1. Situationsplan der messtechnischen Dispositionen

schon eingehend berichtet worden²⁾). Das Hauptinteresse gilt daher zunächst der Ionosphäre, und zwar vor allem ihrem nächtlichen Verhalten. Denn bei Tag wird kein nennenswerter Nahschwund beobachtet, da die ca. 70 km hoch liegende D-Region die Raumwelle absorbiert. In der abendlichen Dämmerung jedoch neutralisiert sich diese, durch die UV-Strahlung der Sonne ionisierte Region. Die 90 bis 130 km hoch liegende E-Region wird dann allmählich zugänglich und beginnt die Raumwelle zu reflektieren. Ihre elektrische Struktur ist allerdings — mit Hektometerwellen gesehen — verhältnismässig inhomogen. Sie zeigt sich meist als gazeartig porös, zuweilen auch flockig oder gar wolkenartig gegliedert; gelegentlich ist sie sogar mehrschichtig. Dazu ist die örtliche Verteilung der Ladungsträgerdichte zeitweise ausserordentlich variabel, bedingt durch Strömungs-, Ionisations- und Rekombinationsvorgänge. Als elektrisch aktive Gaskomponente dieser E-Region gilt heute der Sauerstoff, wobei dem metastabilen Anregungszustand 1S wesentliche Bedeutung zukommt³⁾ — wie dies übrigens auch die neueren Erkenntnisse über die verschiedenen Leuchterscheinungen des Nachthimmels zu bestätigen scheinen. Ferner sind hier noch zu erwähnen, die Einströmungen geladener Korpuskeln solaren Ursprungs und eventuell einige Erscheinungen kosmischer Natur, wie beispielsweise die Meteore, gewisse

²⁾ W. Gerber und A. Werthmüller. Ueber die vegetabile Absorption der Bodenwelle. Techn. Mitt. PTT 1945, S. 12...19.

³⁾ R. Jouaust. Les origines de la couche E de l'ionosphère. Comptes rendus, 214 (1942) 441.
J. Gauzit. Sur l'origine de la couche ionosphérique E. Comptes rendus, 217 (1943) 179.

Staubmassen, sowie die sogenannte kosmische Strahlung. Ob und inwieweit die für die Nahschwundprobleme interessante, sporadische E-Schicht in diesen Zusammenhang gehört, scheint zur Zeit noch ungewiss.

Appleton und seine Mitarbeiter haben bekanntlich ihre grundlegenden Versuche über das reflektorische Verhalten der nächtlichen Ionosphäre zunächst im Mittelwellenband, mit Hilfe von Rundspruchsendern, durchgeführt. Später hat sich dann aber die zünftige Ionosphärenforschung mehr und mehr den eigentlichen Grenzwellen zugewandt, weil dort die Versuchsbedingungen etwas durchsichtiger sind. Vom Rundspruchbetrieb aus gesehen, ist dadurch das Mittelwellenband, als Zwischenbereich, in der Folge gewissermassen vernachlässigt worden. Die Reflexionsbedingungen der Mittelwellen an der nächtlichen E-Region sind tatsächlich aber auch ausserordentlich komplex, schon deshalb, weil es sich um Reflexionen an einem Elektronen-Ionen-Gemisch handelt⁴⁾, über dessen Zusammensetzung zahlenmässig wenig bekannt ist. Angesichts dieser Situation wurde daher vor etwa zehn Jahren mit der *Apparatefabrik der Sport A.G., Biel*, eine Echolotungsapparatur für Mittelwellen aufgebaut und dann auf der 7 km langen Basis: Münchenbuchsee → Ostermundigen in Betrieb genommen. Für die Vertikalstrahlung der Pulswellen konnte dabei die grosse L-Antenne der *Radio Schweiz AG.* verwendet werden.

Mit dieser Anlage wurden nun im Lauf der Jahre verhältnismässig zahlreiche Echolotungen durchgeführt, und zwar mit einer Messfrequenz von 556 kHz. Die dabei erhaltenen Echos sind im üblichen Verfahren registriert, so dass heute eine ziemlich vollständige Mustersammlung von Zenitaufnahmen der nächtlichen Ionosphäre vorliegt. Davon zeigen im folgenden die Figuren 2...11 einige typische Zustände, die man in ihrer Gesamtheit für unsere geomagnetische Breite etwa als den Normalzustand bezeichnen dürfte. So zeigt Fig. 2 zunächst eine in der scheinbaren Höhe von ca. 90 km liegende normale E-Schicht, mit einer zeitweiligen Andeutung einer 130 km hoch liegenden sporadischen E-Schicht. Sie ist leicht bewegt und etwas ungleichförmig. Wesentlich körniger wirkt der als Fig. 3 gezeigte Typus. Es handelt sich wiederum um normale E-Schicht, diesmal mit Doppelechos und zeitweiliger Durchsicht auf ein ca. 300 km hoch liegendes Reflexionsniveau der F-Region. Typisch für die körnige Struktur ist bekanntlich die verhältnismässig grosse Streuung der scheinbaren Reflexionsniveaus, vorgetäuscht durch seitlich einfallende Reflexionen, bei gleichzeitig vorhandener scharfer unterer Begrenzung und stoppelartiger oberer Begrenzung der aufgezeichneten Schichtstreifen. Zudem gibt die Struktur der Doppelechos in dieser Hinsicht weitere Auf-

⁴⁾ G. Goubau. Dispersion in einem Elektronen-Ionen-Gemisch, das unter dem Einfluss eines äusseren Magnetfeldes steht. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. 46 (1935) 37.

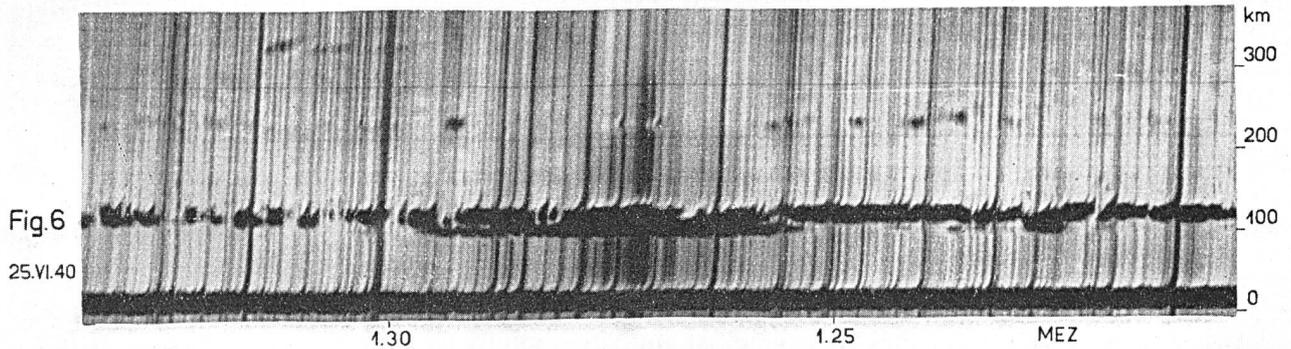
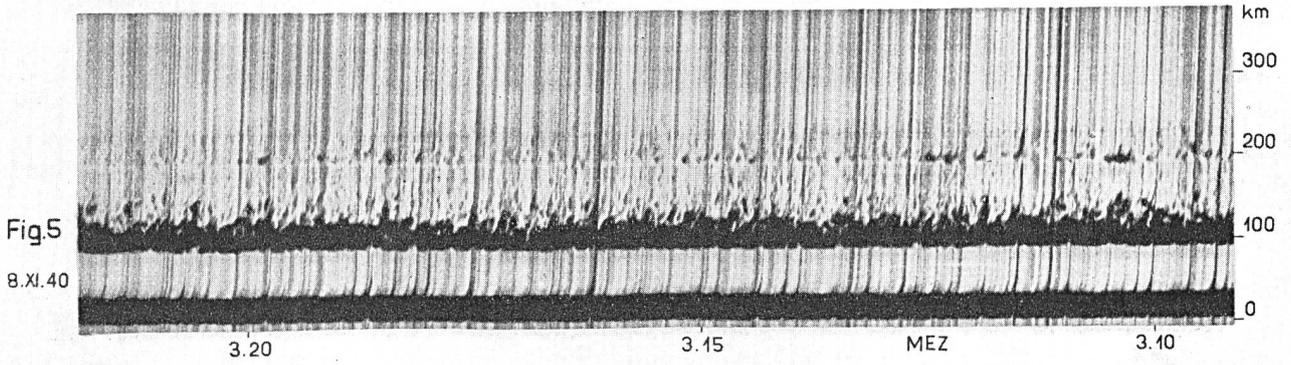
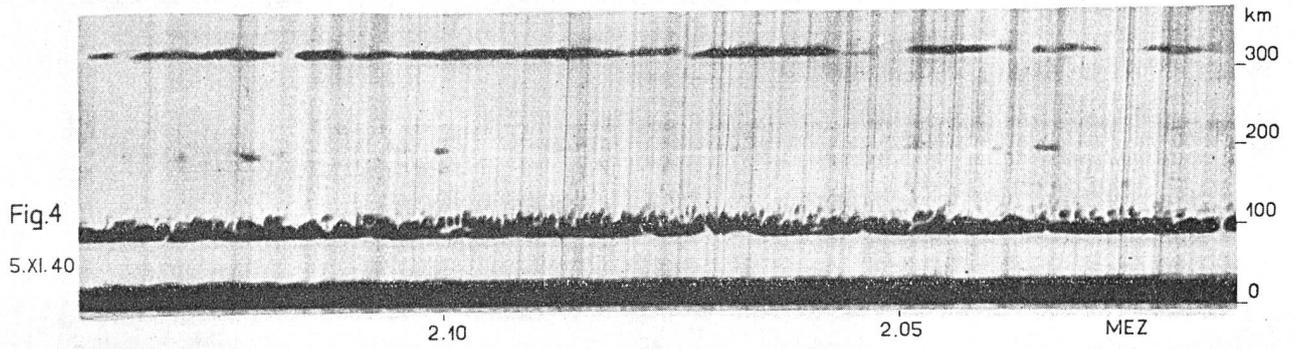
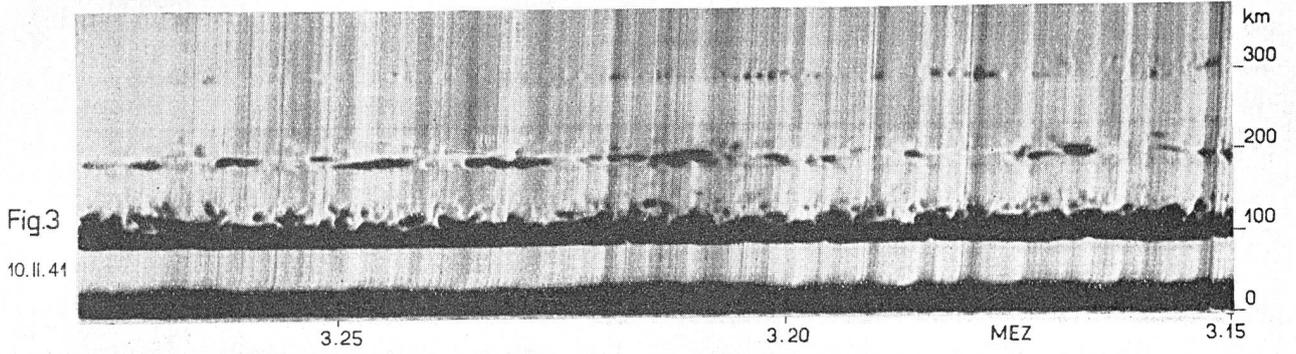
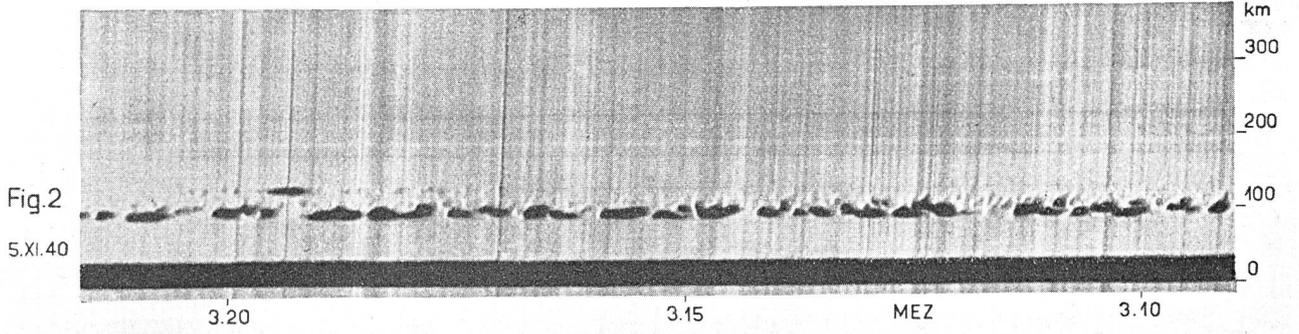


Fig.7
8.X.40

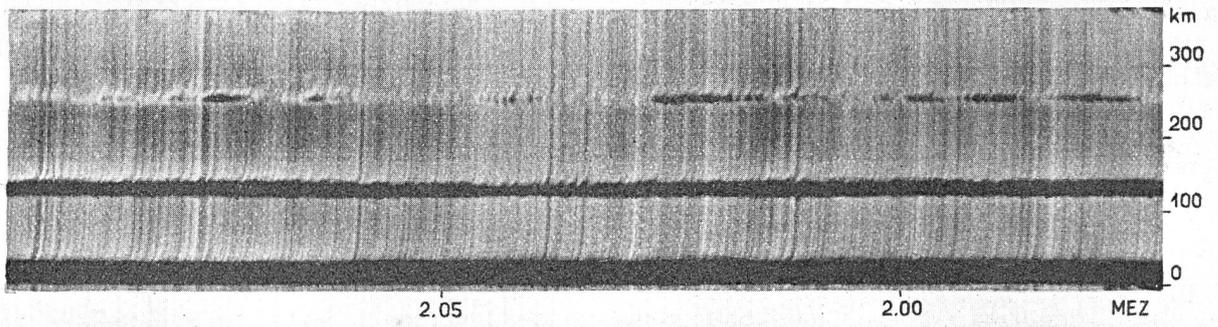


Fig.8
3.II.41

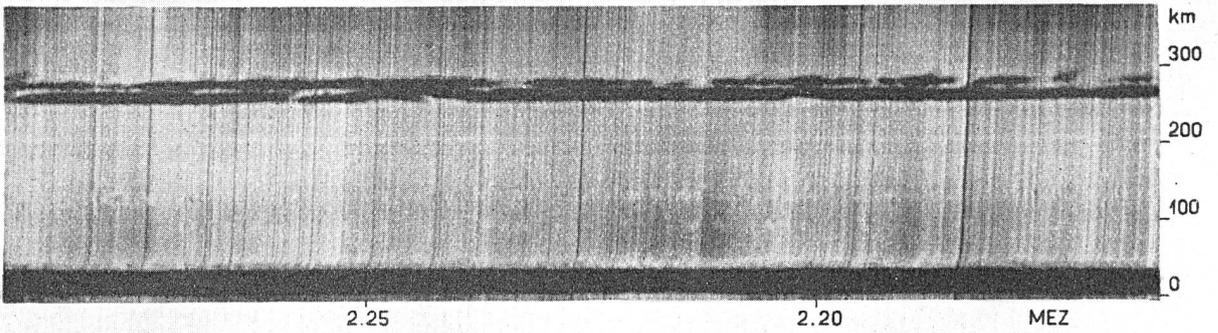


Fig.9
3.II.41

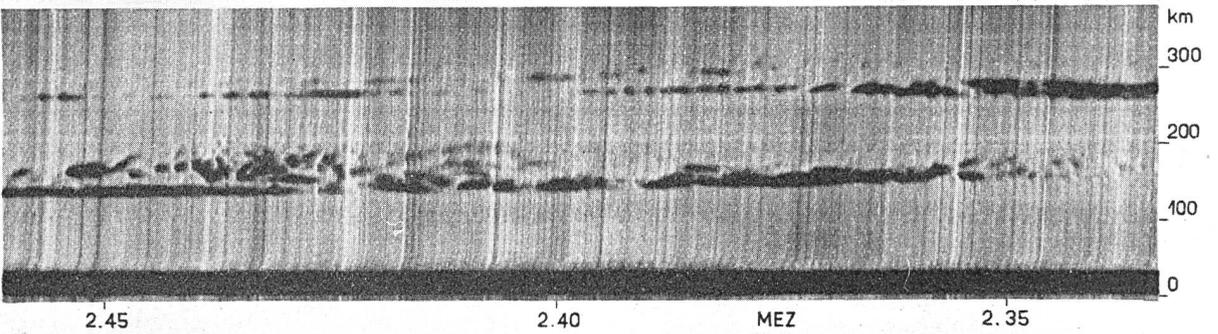


Fig.10
3.II.41

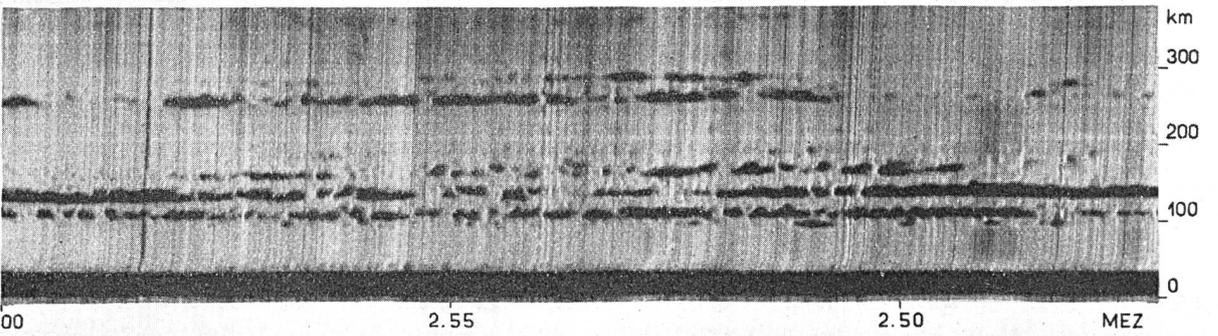
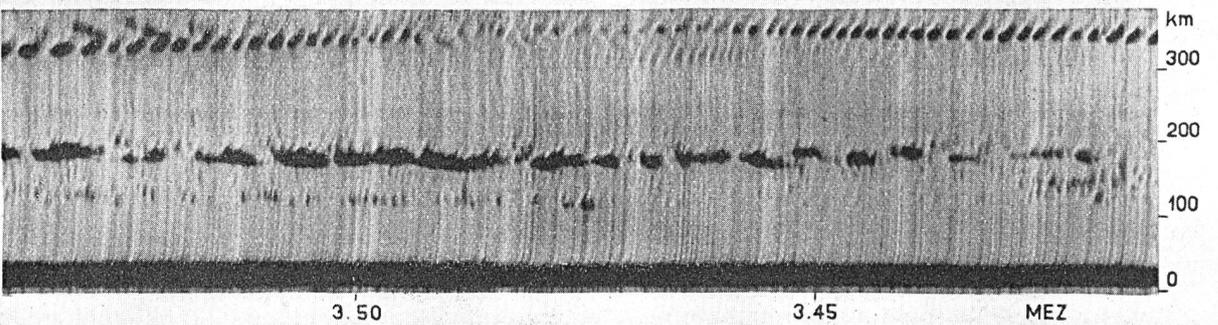


Fig.11
8.X.40



schlüsse. Der betreffende Ionosphärenzustand wurde damals über vier Nachtstunden durchgehend als praktisch unverändert gefunden. Das nächste Echogramm, Fig. 4, stammt mit Fig. 2 aus derselben Beobachtungsnacht. Die E-Echos streuen jedoch kräftiger; dazu kommen Andeutungen von Doppelsechos; ferner ist die ordentliche F-Komponente in ca. 320 km Höhe anwesend. Auch Fig. 5 zeigt normale E-Schicht mit Doppelsechos, noch stärker zerstreut und turbulenter. Anschliessend an diese vier Darstellungen der normalen E-Schicht folgen zwei Echogramme der sporadischen E-Schicht. Fig. 6 zeigt sporadische E-Schicht in 115 km scheinbarer Höhe mit unterlagerter normaler E-Schicht. Dieser Zustand konnte damals im Laufe der Nacht mehrmals beobachtet werden. Ausschliesslich sporadische E-Schicht ist in Fig. 7 zu sehen. Deren Reflexionsvermögen war so gut, dass zeitweilig Dreifachechos aufgezeichnet wurden. Es kann gelegentlich aber auch vorkommen, dass stundenlang überhaupt kein Echo wahrzunehmen ist. Die emittierten Wellengruppen werden alsdann in der Ionosphäre absorbiert. Dies war beispielsweise am 3. II. 41 von Mitternacht bis zwei Uhr morgens der Fall. Dann setzten Echos der F-Region ein. Magnetische Aufspaltung wird deutlich sichtbar — die tieferliegende Komponente ist die ordentliche; die E-Region ist nur andeutungsweise vertreten. Fig. 8 zeigt die Situation. Etwas später folgt die aus Fig. 9 ersichtliche Entwicklung; es bildet sich eine sporadische E-Schicht, die zunächst stark zerstreut. Dann entstehen symmetrisch dazu zwei neue Reflexionsniveaus — ein Zustand, dem man auf Mittelwellen nicht selten begegnet. Zweitweise ist sogar normale E-Schicht und noch ein viertes Reflexionsniveau der E-Region vorhanden. Vergl. Fig. 10. Und die Auswahl abschliessend, bringt Fig. 11 eine weitere Aufnahme aus der Nacht vom 8. X. 40. Sie zeigt im wesentlichen eine spätere Entwicklungsphase des in Fig. 7 gezeigten Zustandes, mit einer Zwischenschicht und darüberliegend eine sogenannte Perlenschnur der F-Region, entstanden durch Polarisationschwund, als Folge der magnetischen Aufspaltung.

Weitere Aufschlüsse ergeben zunächst die Betrachtungen gleichzeitiger, erdmagnetischer Aufzeichnungen. Hierzu wurden die Magnetogramme aus dem *Observatorium Regensburg* der *Eidg. Meteorologischen Zentralanstalt* konsultiert. Danach korrespondieren die Echogramme der Fig. 2...5 mit verhältnismässig schwach gestörten, und diejenigen der Fig. 6...11 mit stark gestörten erdmagnetischen Zuständen. Besonders stark waren die erdmagnetischen Störungen in der Beobachtungsnacht vom 8. X. 40. Man wird daher u. a. annehmen dürfen, dass die in Fig. 11 auf mittlerer Höhe vorhandene ungewöhnliche Schicht durch eine äussere, korpuskulare Einwirkung entstanden ist.

Ferner wurden unsere Echogramme mit den ionosphärischen Angaben der *Zentralstelle für Iono-*

sphärenforschung der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung verglichen. Diese stammen bekanntlich aus der *Versuchsstation Herzogstand* — ca. 300 km östlich von Bern — und beziehen sich auf Messfrequenzen > 1 MHz. Unsere Aufnahmen betrachten nun allerdings die Ionosphäre bei einer wesentlich niedrigeren Frequenz, was naturgemäss u. a. zur Folge hat, dass bei den Berner Beobachtungen das ca. 90 km hoch liegende Reflexionsniveau zeitlich vorherrscht. Zudem dürften gelegentliche sporadische E-Schichten, vom verhältnismässig locker aufgebauten feinkörnigen Typus, überhaupt erst auf kürzeren Wellen deutlich reflektieren. Immerhin bestätigt der Vergleich zunächst die bekannte Tatsache, dass der Zustand der E-Region von Ort zu Ort sehr unterschiedlich sein kann. Das heisst, die beidseitigen Beobachtungsergebnisse sind zeitweilig nicht gleichlautend. Dagegen besteht eine gewisse Übereinstimmung, sobald man Zeitdifferenzen von ca. 1 Stunde zulässt. Der Grundcharakter des Zustandes ist also an beiden Beobachtungsstellen derselbe. Dies gilt auch für die zwischen der E- und F-Region gelegentlich auftretenden, weiteren Schichten sowie für den Störungsgrad ganz allgemein. Und zu den gleichen Schlussfolgerungen führt eine vergleichende Betrachtung der Schwundregistrierungen der verschiedenen, in Fig. 1 angegebenen Registrierstationen.

Struktur der Schwunddiagramme

Mit den Ergebnissen der Echolotungen stehen die Schwundaufzeichnungen in engster Beziehung. Handelt es sich doch beim vorliegenden Nahschwundproblem um die Reflexionsverhältnisse der Steilstahlung! Es sei daher jetzt das Schwunddiagramm an sich etwas näher betrachtet. Dadurch ergibt sich naturgemäss ein physikalisches Bild von der *Feinstruktur der Nahschwundtätigkeit* und es wird sich dabei zeigen, dass sie als typische Interferenzerscheinung zu werten ist.

So bestätigen die Registrierstationen in ihrer Gesamtheit zunächst die wohlbekannte Tatsache, dass die Schwundfrequenz unter den vorliegenden Bedingungen in erster Näherung proportional der Senderfrequenz und umgekehrt proportional der Senderentfernung ist.

Die Struktur der Schwunddiagramme ist zeitlich ausserordentlich veränderlich. Davon geben die Fig. 12...17 einen Begriff. Sie zeigen in linearem Maßstab den zeitlichen Feldstärkenverlauf, wobei zunächst die drei ersten Diagramme der Registrierstation St. Gallen zugehören. Das für Fig. 12 gewählte Diagramm dürfte etwa die häufigste Erscheinungsform repräsentieren. Fig. 13 zeigt typischen langsamen Schwund, Fig. 14 typischen schnellen Schwund. Dazu bestehen in Wirklichkeit unzählige Zwischenformen. Um nun die zugehörigen Ausbreitungsvorgänge etwas besser kennenzulernen, wurden auf der Meßstrecke Beromünster → Bern gleichzeitig

Fig. 12
4.V.37

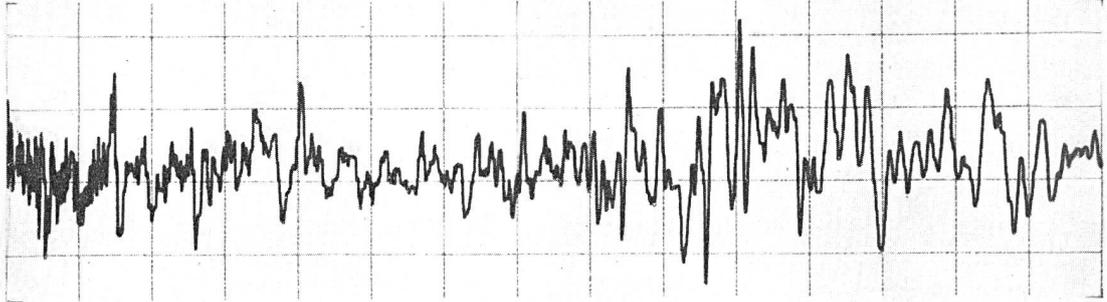


Fig. 13
26.IV.39

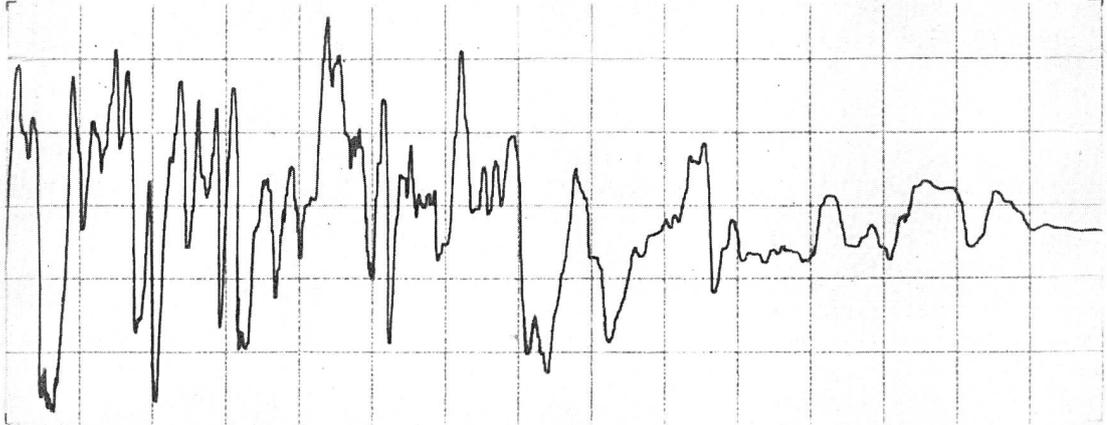


Fig. 14
12.II.37

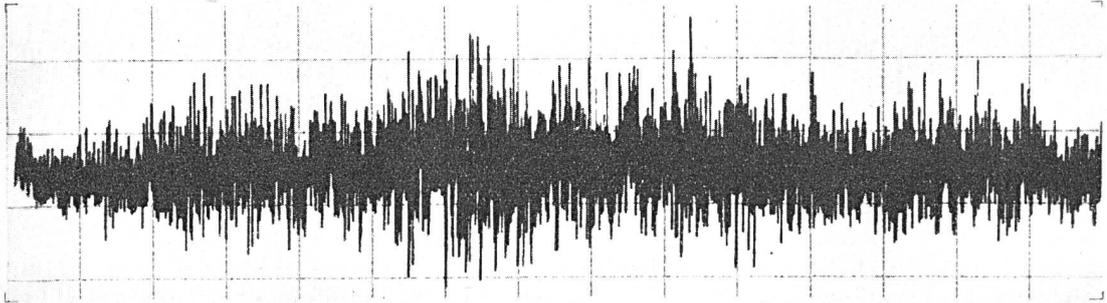


Fig. 15
13.V.44

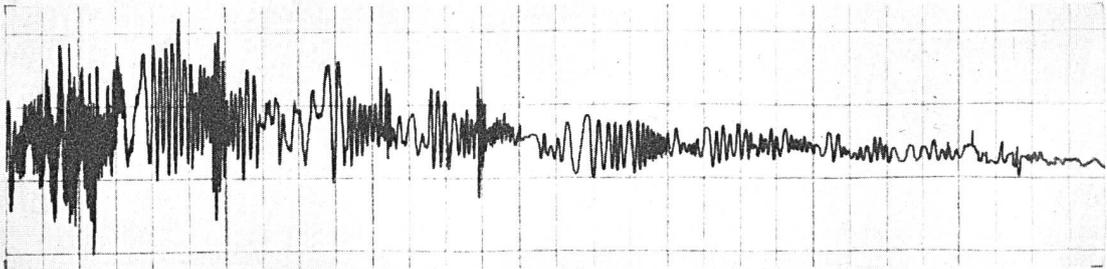


Fig. 16
24.III.40

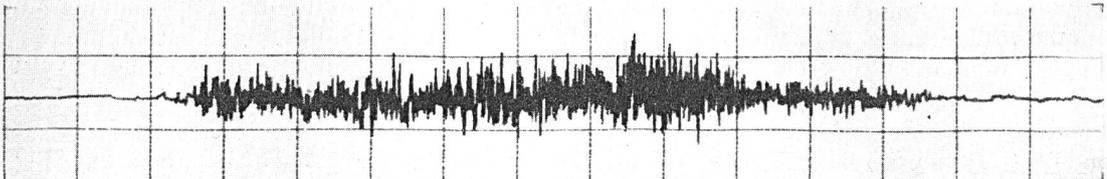
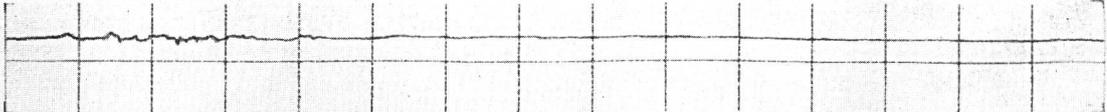


Fig. 17
25.III.40



22

21

20

MEZ

Schwundregistrierungen und Echolotungen durchgeführt, und zwar folgendermassen: Der Sender emittierte zunächst eine unmodulierte Trägerwelle, die in Bern in üblicher Weise registriert wurde. Dabei war aber der Sender mit einer Pulsmodulation ausgerüstet, die von der Beobachtungsstation Bern aus ferngesteuert und deren Empfang auch daselbst im Kathodenstrahloszillograph beobachtet werden konnte. Dieses Vorgehen gestattete die wichtigsten Erscheinungsformen der Schwunddiagramme in jedem beliebigen Zeitmoment aufbaumässig zu analysieren, mit der Schlussfolgerung: Der Unterschied zwischen dem langsamen und schnellen Schwund ist in erster Linie eine Funktion des Streugrades und ferner des Bewegungszustandes der re-

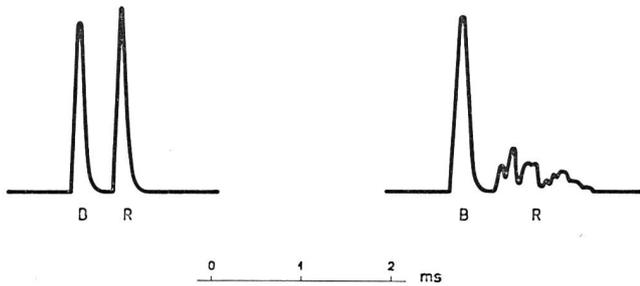


Fig. 18

Fig. 19

flektierenden Schicht. Typisch für den langsamen Schwund waren stets die Oszillogramme von der Art der Fig. 18 und für den schnellen Schwund die Oszillogramme gemäss Fig. 19, wobei B und R die am Beobachtungsort Bern eintreffenden Boden- und Raumwellenpulse unterscheiden. Im vorliegenden Zusammenhang sei auch an die früheren, aufschlussreichen Untersuchungen von *Appleton*, *Ratcliffe*, *Zenneck* und anderen erinnert⁵⁾.

Bei diesen Schräglotungen zeigen sich zeitweise Gangunterschiede der Raumwellenechos bis zu 1 ms; es werden dann auch Echos der F-Region mit beobachtet. In praktischer Hinsicht folgt daraus, dass jedwede Raumwellenübertragung rundsprachmo-

dulierter Signale im Nahbereich des Senders zu unzulässigen Verzerrungen führen muss. Ueber grössere Senderentfernungen jedoch wird die Streuwirkung der Ionosphäre geringer.

Das bei diesen Schräglotungen beobachtete untere Reflexionsniveau liegt ca. 90 km hoch. Es ist das zeitlich vorherrschende Niveau, wie bei den Zenit-aufnahmen auch. Gelegentlich höher, über 100 km liegende Reflexionsniveaux sind mit schnellem Schwund koexistent. Die weiteren Beobachtungen beziehen sich daher auf die sporadische E-Schicht. Hierfür wurde u. a. in Bern eine besondere Echolotungsapparatur in Betrieb genommen, die auf einer Fixfrequenz, in dem für die Ionosphärenforschung reservierten Frequenzband 2,925...2,930 MHz. arbeitet. Zunächst wurde damit erneut festgestellt, dass die sporadische E-Schicht praktisch nur in Höhen über 100 km auftritt und sich dadurch schon grundsätzlich von der normalen E-Schicht unterscheidet. Gleichzeitig in Bern durchgeführte Schwundregistrierungen des Landessenders Beromünster erbrachten dann zudem die wichtige Erkenntnis, wonach der typische schnelle Schwund durch Reflexion der Raumstrahlung an einer sporadischen E-Schicht entsteht. Es scheint nämlich bestimmte sporadische E-Ionisierungen zu geben, welche auf die unterlagerte normale E-Schicht neutralisierend einwirken, weshalb dann die Raumstrahlung des Senders bis zur sporadischen E-Schicht vordringen kann — so wie es bekanntlich auch einen bestimmten Typus der sporadischen E-Ionisierung gibt, welcher Beziehungen zur F-Schicht aufweist. Aber nicht jede sporadische E-Ionisierung hat schnellen Schwund zur Folge. Man kann sehr wohl typischen langsamen Schwund registrieren, trotz der Anwesenheit sporadischer E-Schicht, sofern die normale E-Schicht reflektiert.

Diese Erfahrungstatsachen, im Zusammenhang mit den weiter unten mitgeteilten Beobachtungen über die turbulente Phase der Nordlichtstörungen, bestärken die Verfasser in der Meinung, der schnelle Nahschwund sei ganz allgemein als Folge korpuskularer Einströmungen aufzufassen. Im übrigen scheint aus unseren Beobachtungen hervorzugehen, dass der Nahschwund eine gewisse Tendenz besitzt, im Verlauf des Abends jeweils etwas schneller zu werden. Um die Mitternachtsstunden ist dann schneller Schwund vorherrschend und gegen Morgen wird der Schwund meist wieder etwas langsamer. Wie *Wells*⁶⁾ gezeigt hat, erreicht tatsächlich die Ionisierung der sporadischen E-Schicht um die Mitternachtsstunden ein deutliches Maximum. Ob und inwieweit ein jahreszeitlicher und ein säkularer Trend der Schwund-schnelle besteht, wird zur Zeit noch untersucht. Aus den vom genannten Autor gemachten Angaben glauben nämlich die Verfasser vermuten zu dürfen, dass die Schwund-schnelle jeweils im Sommer ein jahres-

⁵⁾ *E. Appleton* and *J. Ratcliffe*. On the nature of wireless signal variations. Proc. Roy. Soc. **115** (1927) 291, 305.

G. Goubau u. *J. Zenneck*. Messung von Echos bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in der Atmosphäre. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. **37** (1931) 207.

J. Ratcliffe and *J. Pawsey*. Study of the intensity variations of downcoming wireless waves. Proc. Camb. Phil. Soc. **29** (1933) 301.

J. Pawsey. Further investigations of the amplitude variations of downcoming wireless waves. Proc. Camb. Phil. Soc. **31** (1935) 125.

F. Farmer and *J. Ratcliffe*. Wireless waves reflected from the ionosphere at oblique incidence. Proc. Physic. Soc. **48** (1936) 839.

G. Goubau, *J. Zenneck*, *W. Crone* u. *K. Krüger*. Echomesungen bei Fernübertragung. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. **48** (1936) 1.

J. Dewitt and *A. Ring*. Significant radiation from directional antennas of broadcast stations for determining sky-wave interference at short distances. Proc. I. R. E. 1944, p. 668.

⁶⁾ *H. W. Wells*, Sporadic E-region ionization at Watheroo Magnetic Observatory 1938—1944. Proc. I. R. E. 1946, p. 950.

zeitliches Maximum aufweist und zudem im Jahre 1941 ein säkulares Maximum überschritten hat.

Gelegentlich enthalten die Schwunddiagramme gewisse Partien, wo die einzelnen Schwankungen schön regelmässig aufeinander folgen und an sich mehr oder weniger sinusförmig sind. Es ist das typische Bild des vom Kurzwellenempfang her bekannten sogenannten Polarisationschwundes. Besonders deutlich und häufig zeigt sich die Erscheinung in der Registrierstation Chiasso. Siehe Fig. 15. Ob und inwieweit es sich hierbei wirklich um Polarisationschwund handelt, ist jedoch nicht näher untersucht

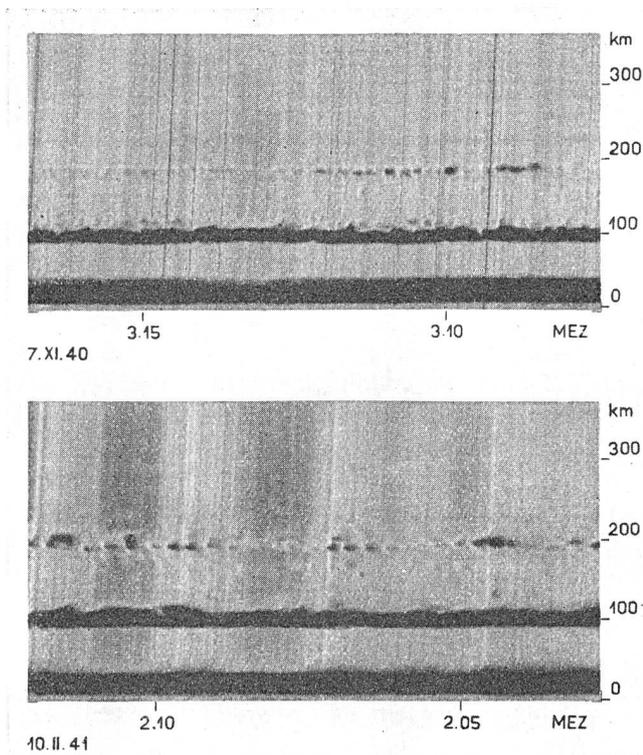


Fig. 20. Echogramme $\lambda \sim 500$ m

worden. Interessant sind jedenfalls in diesem Zusammenhang die Zenitaufnahmen der Fig. 20. Darin zeigen die Doppelschleifen periodische Amplitudenschwankungen, die eventuell ebenfalls als Polarisationschwund zu deuten wären. Man könnte diese Amplitudenschwankungen andererseits aber auch einer mehr oder weniger regelmässigen Rasterung der reflektierenden Schicht zuschreiben.

Weitere typische Erscheinungen bringen die ionosphärischen Stürme, sofern sie die E-Region erfassen. So beobachtet man — parallel mit erdmagnetischen Stürmen, Nordlichtern usw. — zuweilen das Auftreten eines ausserordentlich raschen Schwundes, umgeben oder gefolgt von längeren Zeiten mit vollständiger Absorption der Raumwelle. Auf den Registrierstreifen erscheint dann jeweils ein solcher Schwundschwaden als eine einzige Tintenlache, welche das Papier allenthalben überschmiert. Allein

die Registrierstation Rheineck macht diesbezüglich eine Ausnahme, weil dort der zu registrierende Schwund am langsamsten ist. Die Fig. 16 und 17 zeigen zwei solche Rheinecker Aufnahmen aus der Zeit des bekannten magnetischen Sturmes vom 24. III. 40. Vergleicht man in dieser Hinsicht die *Regensberger Magnetogramme* etwas eingehender mit unseren Schwundregistrierungen, so erkennt man statistisch, dass mit den erdmagnetischen Störungen ein deutliches Nachlassen der Nahschwundtätigkeit einhergeht, mit einer Nachwirkung von ein bis mehreren Tagen. Das heisst, die von aussen durch die E-Region eindringenden Korpuskularströme setzen das Reflexionsvermögen der nächtlichen Ionosphäre herab — eine Tatsache, die unter etwas anderen Bedingungen durchaus nicht neu ist⁷⁾.

Jahreszeitliche und säkulare Abhängigkeiten der Nahschwundtätigkeit

Das Schwunddiagramm kann also von Tag zu Tag recht unterschiedlich ausfallen und es stellt sich somit die weitere Frage nach dem Verhalten der Nahschwundtätigkeit, über grössere Zeiträume betrachtet. So kommt man zur eigentlichen *Grobstruktur der Nahschwundtätigkeit*, die im wesentlichen als Absorptionerscheinung zu werten ist. Dazu ist es nun aber vorerst notwendig, den Schwundbegriff etwas näher zu definieren. In diesem Sinne wird für die weiteren Betrachtungen eine Empfangsanlage vorausgesetzt, die sich in einem durch Sekundärstrahler möglichst ungestörten Feld befindet und die über eine vertikale Linearantenne verfügt. Die in einem bestimmten Stundenintervall an den Empfängerklammern auftretende Spannung der Bodenwelle sei E_B und die im gleichen Intervall beobachtete Maximalspannung sei E_{max} . Der prozentuale Schwund im betrachteten Stundenintervall ist dann definiert als $S = 100 (E_{max} - E_B) / E_B$.

Einen Begriff von der täglichen Folge der Schwundtätigkeit gibt Fig. 21. Es sind darin die in Chiasso im Intervall 20...21 h beobachteten S-Werte, für das Jahr 1941, Tag für Tag aufgetragen. Man erkennt auch schon deutlich bestimmte Gruppenbildungen, im kleinen und im grossen. Besonders auffallend ist beispielsweise das Sommermaximum und das Herbstminimum. Was die eigentlichen Trends anbelangt, sind allerdings die Aufzeichnungen in Chiasso für das Nahschwundproblem nicht etwa

⁷⁾ Vergleiche:

S. Kirby, N. Smith and T. Gilliland. The effects of ionosphere storms on radio transmission. Mémoires scientifiques de l'U.R.S.I., V (Venise, Rome 1938) 286.

H. T. Stetson. Solar effects on radio reception at broadcast frequencies. Mémoires scientifiques de l'U.R.S.I., V (Venise, Rome 1938) 381.

Auroras, radio field-strengths and recent solar activity. Terr. Mag. **45** (1940) 77.

T. L. Eckerstey. Holes in the ionosphere and magnetic storms. Nature **150** (1942) 177.

H. W. Wells. Effects of solar activity on the ionosphere and radio communications. Proc. I.R.E. 1943, p. 147.

charakteristisch. Diese Tatsache liegt begründet in der verhältnismässig hohen Sendefrequenz und der geringen Basisdistanz von nur 34 km. Aber eben gerade deshalb sind die für Fig. 21 gewählten Messergebnisse an sich interessant.

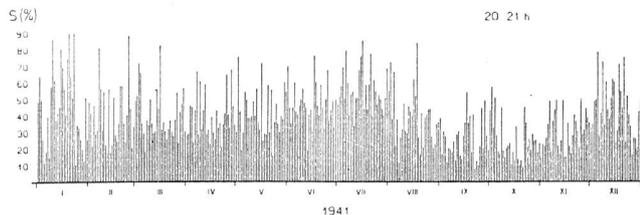


Fig. 21. Tägliche Folge der Schwundspitzen des Landessenders Mte Ceneri, in Chiasso

Die folgende Darstellung, Fig. 22, zeigt die jahreszeitliche Abhängigkeit der Nahschwundtätigkeit des Landessenders Beromünster, in St. Gallen. Die darin aufgetragenen Schwundamplituden sind gleitende Monatsmittel, und zwar Zentralwerte, bezogen auf den gegenwärtigen Betriebszustand. Es ist das typische Empfangsbild der Mittelwellen, das hier nun vorliegt, mit den deutlichen Schwundminima im Sommer und Winter und dazwischenliegend je einem entsprechenden Maximum im Frühjahr und Herbst. In dieser Hinsicht erinnert es somit an das bekannte saisonmässige Verhalten der erdmagnetischen Aktivität, der Polarlichthäufigkeit sowie der F_2 -Ionisation⁸⁾.

Irgendwelchen Analogieschlüssen vorangehend ist allerdings zu bedenken, dass, nach unseren früheren Untersuchungen über die vegetabile Absorption der Bodenwelle, die Intensität der Bodenwelle im Nahschwundgebiet u. a. sowohl eine jährliche als auch eine Saisonkomponente zeigt. So ist beispielsweise die Bodenwellenfeldstärke daselbst im Winter wesentlich grösser als im Sommer. Im Verlauf der vorliegenden Untersuchung wurde daher noch die Raumwellen-Empfangsintensität E_R als solche ermittelt, und zwar annäherungsweise als Differenz der E_{max} - und E_B -Werte der einzelnen Schwunddiagramme. Die Fig. 23 ist ein typisches Beispiel aus einigen derartigen Stichproben. Es ist daraus ersichtlich, dass also auch die Raumwellenintensität im Frühjahr und Herbst maximal ist.

Nun ist aber auch die Raumstrahlung der Sendeanlage nicht genau konstant. Unsere früheren Untersuchungen über die Streustrahlung der Erdoberfläche

im Bereich der Rundspruchsender⁹⁾ haben nämlich gezeigt, dass die Vegetation ebenfalls an der Streustrahlung mitwirkt. Hauptsächlich ist die Streustrahlung der Senderumgebung in der warmen Jahreszeit stärker als in der kalten.

Es ist also

$$E_R = A \cdot \Phi(p) \cdot \Psi(t)$$

wobei

p Reflexionsfaktor der Ionosphäre
t Temperatur der Senderumgebung

So wäre eventuell die Gesamtheit der vegetabilen Einflüsse auch für die Tatsache verantwortlich zu machen, dass das Herbstmaximum der Nahschwundtätigkeit in der Regel höher liegt als das Frühjahrsmaximum.

Aus der weiteren Beobachtung, wonach das Mittsommerminimum der Nahschwundtätigkeit in den späteren Abendstunden verflacht, könnte man dann versuchen, den vorliegenden jahreszeitlichen Verlauf etwa zu interpretieren als das Zusammenwirken vegetabiler Einflüsse einerseits und der absorbierenden Wirkung der D-Ionisierung andererseits¹⁰⁾. Eine derart exklusive Darstellung der kausalen Zusammenhänge ist aber in quantitativer Hinsicht nicht hinreichend. Um daher endgültig entscheiden zu können, inwieweit einerseits vegetabile Einflüsse mitspielen und inwieweit andererseits das Reflexionsvermögen der abendlichen Ionosphäre im Frühjahr und Herbst grösser ist als in der übrigen Jahreszeit, sind weitere Versuche vorgesehen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit möge also die Feststellung der rein technischen Gegebenheiten genügen.

In einem nächsten Schritt sei nun noch die säkulare Abhängigkeit der Nahschwundtätigkeit etwas näher betrachtet. Zu diesem Zweck wurden die Einzelablesungen S in einem gleitenden Jahresmittel als Zentralwert zusammengefasst. Fig. 24 zeigt das Ergebnis, wiederum für St. Gallen. Es besteht somit ein verhältnismässig starker säkularer Trend. Zudem fällt auf, dass die den verschiedenen Abendstunden zugehörigen Extremalwerte zeitlich divergieren. Uebersichtshalber wurden dann die \bar{S} -Werte der Fig. 24 über die fünf Abendstunden arithmetisch gemittelt und in Fig. 25 den Zürcher Angaben über die ausgeglichenen Sonnenflecken-Relativzahlen gegenübergestellt. So ist aus Fig. 25 nun ersichtlich, dass die säkulare Nahschwundtätigkeit in gegenläufiger Beziehung zur Sonnenaktivität steht. Das sekundäre Maximum des Jahres 1941 dürfte sich eventuell aus dem damaligen säkularen Maximum der sporadischen E-Ionisierung ableiten. Die Nahschwundtätigkeit ist also gegenwärtig stark im

⁸⁾ W. M. Goodall. The solar cycle and the F_2 -region of the ionosphere. Proc. I.R.E. 1939, p. 701.

T. L. Eckersley. On the existence of a biannual component in the F_2 -layer ionization. Terr. Mag. 45 (1940) 25.

O. Burkard. Die jahreszeitlichen Höhen- und Ionisationschwankungen der F_2 -Schicht. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. 60 (1942) 87.

G. Michel. Zur Theorie der F_2 -Schicht. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. 62 (1943) 157.

⁹⁾ W. Gerber u. A. Werthmüller. Ueber die Streustrahlung der Erdoberfläche im Bereich der Rundspruchsender. Techn. Mitt. PTT 1940, S. 1.

¹⁰⁾ Betr. Sonnenstand, siehe: J. Lugeon. Tables crépusculaires. Herausgegeben vom Institut National Météorologique de Pologne. Warschau 1934.

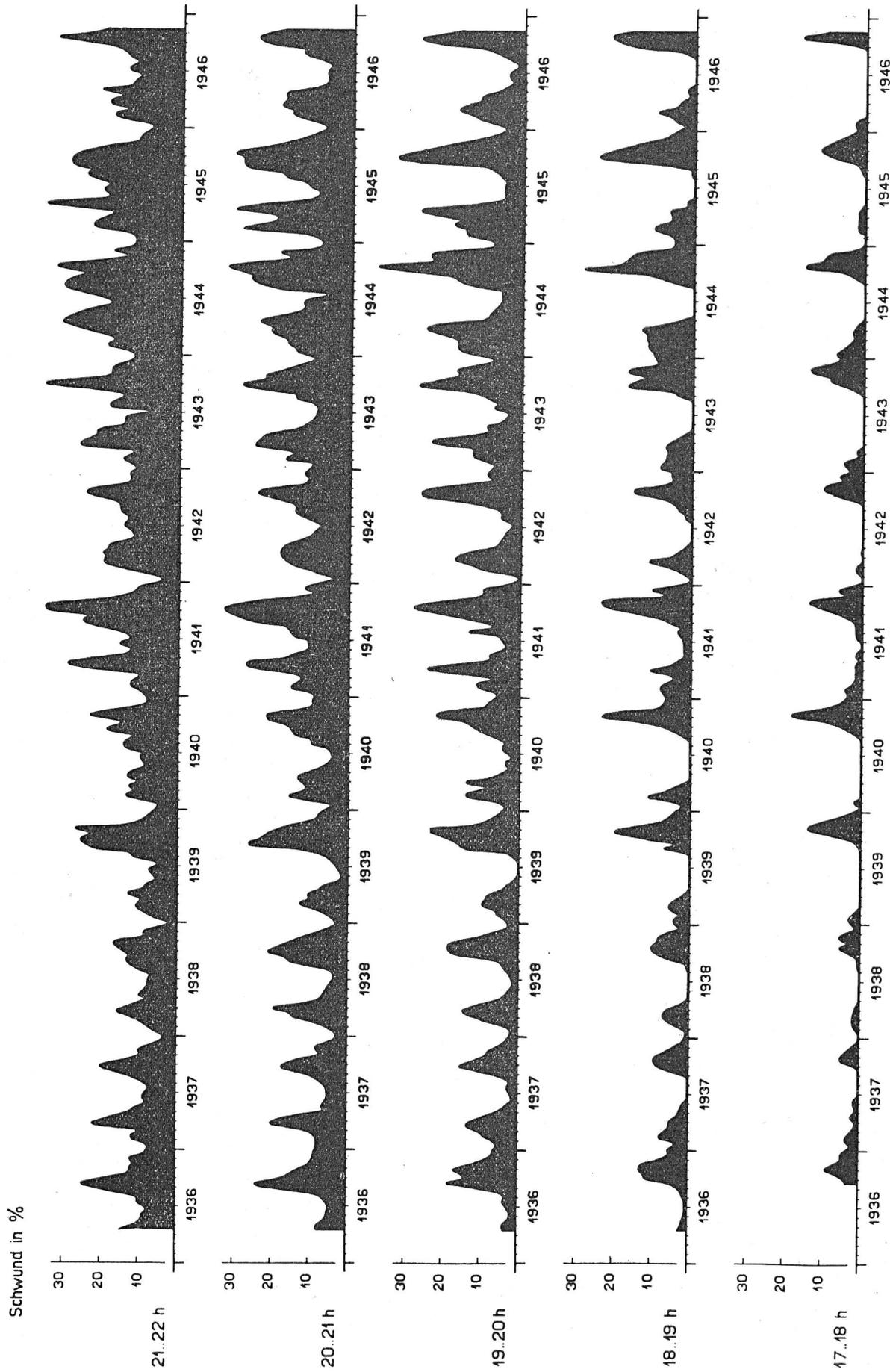


Fig. 22. Jahreszeitliche Abhängigkeit der Nahschwundtätigkeit des Landessenders Beromünster, in St. Gallen

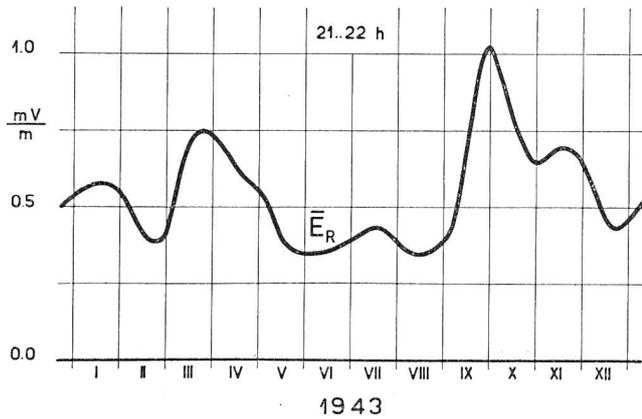


Fig. 23. Monatsmittel der Raumwellenintensität des Landessenders Beromünster, in St. Gallen

Es ist bereits in einem früheren Abschnitt darauf hingewiesen worden, dass gewisse Absorptionsercheinungen der nächtlichen E-Region von korpuskularen Einströmungen herrühren. Dafür sind übrigens auch in der Fig. 22 einige Andeutungen vorhanden und ein gleiches gilt von den Fernregistrierungen des Senders North Regional. Gestützt auf diese Einzelbeobachtungen und in Verbindung mit anderweitigen Feststellungen¹¹⁾ wird man wohl den säkularen Trend der Nahschwundtätigkeit im wesent-

¹¹⁾ Beispielsweise:

A. M. Skellett. On the correlation of radio transmission with solar phenomena. Proc. I.R.E. 1935 p. 1361.

J. H. Dellinger and A. T. Cosentino. A radio transmission anomaly; co-operative observations between the United States and Argentina. Proc. I.R.E. 1940 p. 503.

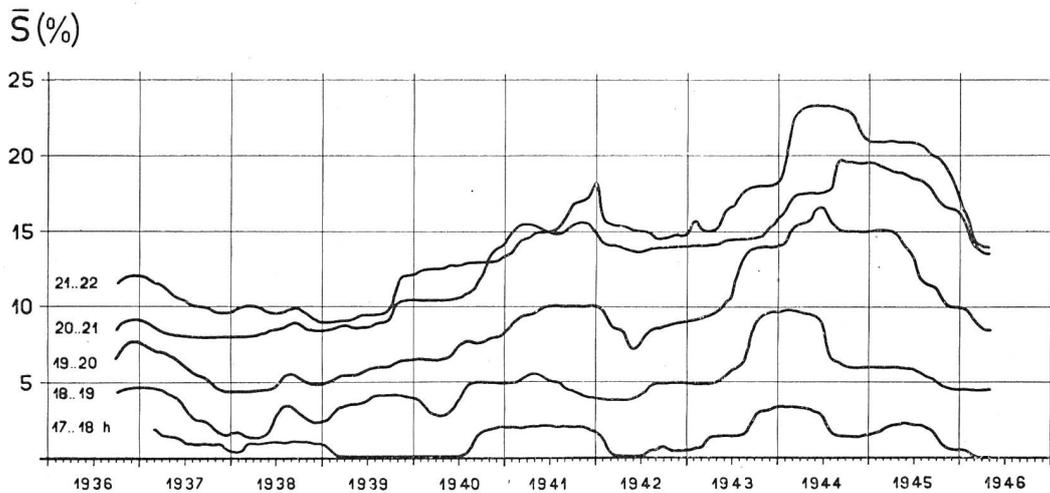


Fig. 24. Säkulare Abhängigkeit der Nahschwundtätigkeit des Landessenders Beromünster, in St. Gallen

Abnehmen begriffen und wird voraussichtlich, entsprechend dem bevorstehenden intensiven Sonnenfleckenmaximum, ein verhältnismässig tief liegendes Minimum erreichen. In einer weiteren Darstellung, Fig. 26, sind die \bar{S} - und \bar{R} -Werte direkt in Beziehung gesetzt.

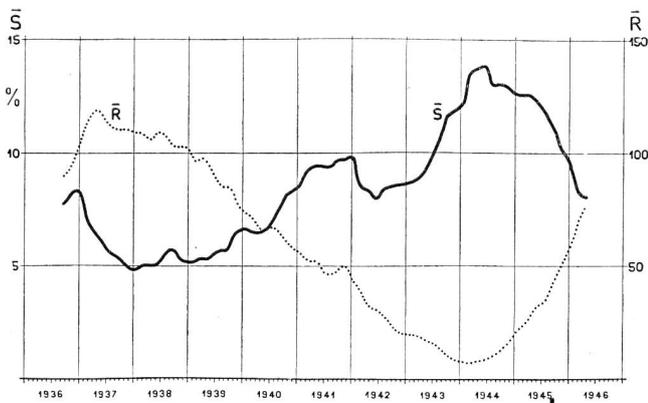


Fig. 25. \bar{S} Abendliche Nahschwundtätigkeit des Landessenders Beromünster, in St. Gallen

\bar{R} Ausgeglichene Sonnenflecken-Relativzahl, nach Angaben der Eidg. Sternwarte Zürich

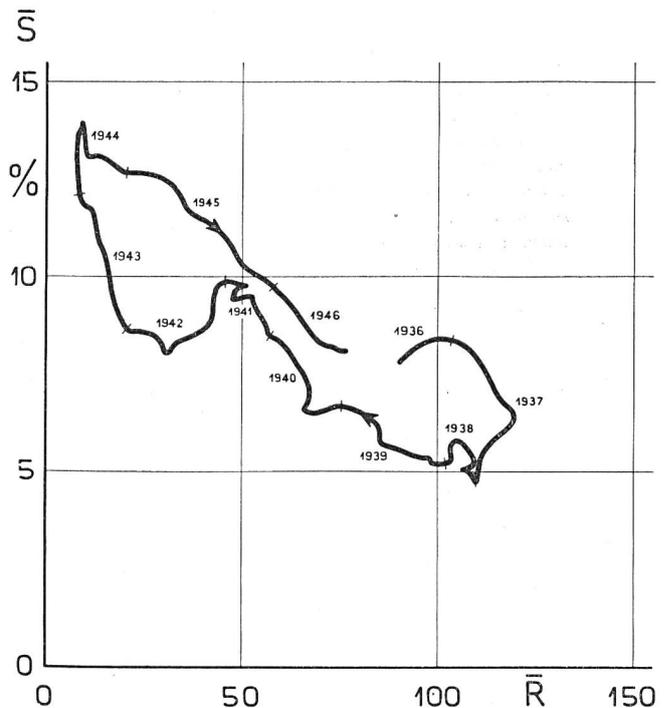


Fig. 26. Solare Korrelation der Nahschwundtätigkeit des Landessenders Beromünster, in St. Gallen, im Verlaufe einer Sonnenfleckenperiode

lichen den korpuskularen Störemissionen der Sonne zuordnen müssen. Damit klärt sich dann zugleich die weitere Erfahrungstatsache, dass das Nahschwundminimum gegenüber dem Sonnenfleckenmaximum eine Verspätung aufweist, als der gewöhnliche Breiten effekt¹²⁾ der solaren Korpuskularstrahlung. Nach den gegenwärtigen Prognosen der Sonnenaktivität wäre demnach das nächste Minimum der Nahschwundtätigkeit in etwa anderthalb Jahren fällig.

Aber wie ist es dann zu verstehen, dass die jahreszeitlichen Maxima der erdmagnetischen Aktivität

¹²⁾ C. N. Anderson. Notes on the time relation between solar emission and terrestrial disturbances. Proc. I.R.E. 1940, p. 503.

M. Waldmeier. Sonne und Erde. Büchergilde Gutenberg, Zürich 1945.

und der Nahschwundtätigkeit zeitlich ungefähr übereinstimmen?

Ihrer Zielsetzung entsprechend musste die vorliegende Untersuchung auf verhältnismässig breiter Grundlage geführt werden. Mit der umfangreichen statistischen Bearbeitung war Herr W. Kuentz betraut; Herr H. Affolter hat bei einigen Echolotungen mitgewirkt; die Registrierstationen betreuten die HH. Radiobeamten unserer lokalen Instanzen, und bei den Zenitaufnahmen der Ionosphäre war die Radio Schweiz AG. beteiligt. Zudem waren die Verfasser in Kontakt mit der Meteorologischen Zentralanstalt, der Eidg. Sternwarte, dem Institut für Geophysik der ETH und dem Lichtklimatischen Observatorium Arosa. Ihnen allen gebührt unser aufrichtiger Dank.

Sulle distorsioni nella telefonia musicale ed un metodo per il rilievo di quelle di spettro

Di Giovanni Rutelli, Genova

621.395.822

Riassunto

Nella prima parte della memoria, dopo ricordate le varie specie di distorsioni che intervengono nella Tecnica delle Comunicazioni Elettriche, con particolare riferimento a quelle telefoniche, si classificano quelle di spettro in armoniche (D_1), armoniche composite (D_2), non armoniche (D_3), e globali (D_4), dandone la relativa definizione.

Le ultime tre specie (D_2 , D_3 , D_4) possono raggrupparsi in una categoria brevemente designabile come quelle delle distorsioni composite, per distinguerle da quelle comunemente intese come distorsioni non lineari.

Nella seconda parte si deducono per un circuito telefonico musicale le relazioni analitiche fra i vari fattori definiti nella prima parte, ricavando le grandezze D_2 , D_3 , D_4 in base alla semplice conoscenza della distorsione D_1 ed al genere della caratteristica della corrente uscente considerata come funzione della tensione impressa al circuito.

Si esamina il caso in cui le onde di uno spettro di eccitazione, per ipotesi binario, abbiano ampiezze qualunque e quello in cui esse si suppongano vincolate alla condizione che, variando i rapporti mutui di ampiezza, rimanga costante la potenza d'uscita ed eguale a quella d'un'unica onda impressa semplicemente sinoidale.

Nella terza parte si fa applicazione a casi sperimentali concreti rilevando i valori delle distorsioni presentate da circuiti musicali per collegamenti a grande distanza messi cortesemente a disposizione dell'Autore dalla Società Telefonica Interregionale Piemontese e Lombarda (STIPEL).

PRIMA PARTE

Premesse e definizioni di alcuni fattori caratteristici

1. Introduzione

Un sistema di trasmissione nella nostra tecnica è da considerarsi libero da distorsioni (fedele od assolutamente lineare) quando è caratterizzato dalla proprietà che le correnti ricevute — le quali rappresentano il segnale trasmesso in ogni momento — siano, salvo un'attenuazione, la copia fedele della legge della tensione impressa al circuito: in tali condizioni il

sistema sarebbe da considerarsi ideale per le trasmissioni di musica.

Nella telefonia a grande distanza si hanno distorsioni lineari (di ampiezza e fase) e non lineari (che chiameremo più espressivamente «di spettro»).

Le prime si denominano anche di prima e seconda specie a seconda che conseguano alla differente attenuazione cui sono soggette le onde di diversa frequenza da parte delle linee e dei trasduttori intercalati¹⁾, oppure alla diversa velocità (di fase) delle varie armoniche dello spettro impresso, nonché ad eventuali squilibri d'impedenza fra tronchi di circuito o fra questo e la terminazione.

Le distorsioni del secondo gruppo (di spettro) derivano dalla presenza di parti di circuito i cui parametri sono funzioni della corrente (sono cioè variabili nel tempo), come ad esempio i circuiti contenenti nuclei ferromagnetici²⁾, valvole elettroniche³⁾ e via dicendo, cosicché lo spettro uscente è differente da quello entrante.

In quanto alle distorsioni lineari, si può osservare che, mentre nella telegrafia, nella telefotografia e nella televisione su filo la durata di un impulso e la distanza fra due impulsi contigui (le anzidette tecniche sono essenzialmente basate su trasmissioni d'impulsi) sono assai brevi e si può parlare di comunicazioni «per transitori» nella telefonia, si hanno condizioni inter-

¹⁾ W. Deutschmann. ENT 9 (1932), p. 421.

M. Kornetzki e A. Weiss. Wissensch. Veröff. a. d. Siemenskonzern 15 (1936), p. 95.

²⁾ R. Feldtkeller e W. Wolmann. Telegr. u. Fernspr. Techn. 20 (1931) p. 167 e 242.

R. M. Kalb e W. R. Bennet. Bell Syst. Techn. J. 15 (1935) p. 322.

³⁾ W. Klein. Telefunkenröhre 1936, Fasc. 2, p. 58.

R. Feldtkeller. loc. cit.

W. Deutschmann. loc. cit.