

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 29 (1951)

Heft: 1

Artikel: Vergleich der Feldstärkenschwankungen der schweizerischen Landessender in der Nahschwundzone = Comparaison des fluctuations du champ des émetteurs nationaux suisses dans la première zone d'évanouissements

Autor: Glinz, C.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875319>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicato dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Vergleich der Feldstärkeschwankungen der schweizerischen Landessender in der Nahschwundzone

Von C. Glinz, Bern

Comparaison des fluctuations du champ des émetteurs nationaux suisses dans la première zone d'évanouissements

Par C. Glinz, Berne

621.396.81.001.4

Zusammenfassung. In den Jahren 1936...1950 wurde jeder der drei schweizerischen Landessender an einem Empfangsort in der Nahschwundzone registriert. Die festgestellten Feldstärkeschwankungen für die fünf Abendstunden zwischen 17 und 22 Uhr wurden nach ihrer Amplitude statistisch ausgewertet. Auf die Schwundfrequenz wird nicht eingegangen. In einem früher erschienenen Artikel von W. Gerber und A. Werthmüller sind hauptsächlich die Messungen von Beromünster in Bern und St. Gallen behandelt worden. In dieser Arbeit werden nun die statistischen Ergebnisse aller drei Sender miteinander verglichen. Zwischen 17 und 21 Uhr sind die Feldstärkeschwankungen noch sehr stark von der Absorption in der D-Schicht abhängig. Für 21...22 Uhr liegen praktisch reine Reflexionsbedingungen vor.

Die monatlichen Mittelwerte zeigen für Beromünster (Wellenlänge 540 m) Nahschwundmaxima im Frühling und Herbst, Nahschwundminima im Sommer und Winter. Für Sottens (443 m) ist das Bild ähnlich, doch steigt hier das Sommerminimum während des Abends so stark an, dass für die letzte beobachtete Stunde eine einfache Zwölfmonatsperiode gefunden wird. Bei Monte Ceneri (257 m) ist die jahreszeitliche Abhängigkeit der Reflexion umgekehrt, im Sommer und Winter sind die Schwankungen am grössten, im Frühling und Herbst am kleinsten. Dagegen ist der Einfluss des elfjährigen Zyklus der Sonnenflecken geringer. Bei allen Sendern ist ein gegensinniges Verhalten der Nahschwundbeträge mit der Fleckenkurve zu finden: Maxima im Fleckenminimum und umgekehrt.

An Hand der Literatur wird der tägliche, der jahreszeitliche und der jährliche Verlauf der D-Absorption berechnet und in Kurven dargestellt. Ebenso werden einige Arbeiten über die Aufspaltung der E-Region in mehrere Schichten und über Polarisationserscheinungen angeführt. Solange aber die Grenzfrequenzen der tiefsten Schichten bei Nacht, mit ihren Änderungen im jahreszeitlichen und elfjährigen Zyklus, nicht genauer bekannt sind, ist eine sichere Deutung der Ergebnisse kaum möglich. Es wird versucht, ein bei Kurzwellen gefundenes Beispiel, wie sich die Dämpfungskurve mit der Sonnenfleckenzahl längs der Frequenzachse verschiebt, auf die vorliegenden Ergebnisse anzuwenden. Für Monte Ceneri (257 m) bestehen gewisse Andeutungen, dass sich die Ionisation während des Jahres stärker ändert, so dass vielleicht im Sommer eine andere Schicht reflektiert als im Win-

Sommaire. De 1936 à 1950, les intensités de champ de chacun des trois émetteurs nationaux suisses ont été enregistrées en des points situés dans la première zone d'évanouissements. Dans une publication antérieure, W. Gerber et A. Werthmüller ont étudié principalement les mesures du champ de Beromünster effectuées à St-Gall. Dans le présent article, les résultats statistiques des trois émetteurs sont comparés entre eux. Les fluctuations du champ entre 17 et 22 heures ont été analysées d'après leur amplitude. Au début de la soirée, elles dépendent encore de l'absorption dans la couche D de l'ionosphère. Entre 21 et 22 heures, les conditions de réflexion sont pratiquement pures.

On observe pour Beromünster (longueur d'onde 540 m), dans la première zone d'évanouissements, des maxima de fluctuations au printemps et en automne et des minima en été et en hiver. Pour Sottens (443 m), l'allure est analogue, mais le minimum estival monte si rapidement le soir qu'on trouve pour la dernière heure une période simple de douze mois. Pour Monte Ceneri (257 m), l'influence saisonnière est inversée; les fluctuations sont maxima en été et en hiver et minima au printemps et en automne. L'influence du cycle undécennal des taches solaires sur les fluctuations est plus faible. Pour les trois émetteurs, les variations évoluent dans le sens opposé à la courbe des taches: le maximum des fluctuations a lieu au moment du minimum de taches et inversement.

Sur la base de publications antérieures, l'absorption ionosphérique dans la couche D a été calculée et représentée par des courbes. On cite également quelques travaux sur la subdivision de la région E en plusieurs couches. D'autre part, on a essayé d'établir une analogie entre les résultats obtenus et les constatations faites, en ondes courtes, sur la manière dont la courbe d'atténuation se déplace le long de l'axe de fréquence sous l'influence des taches solaires. Mais tant qu'on ne connaît pas exactement les fréquences critiques nocturnes des couches les plus basses, il n'est guère possible d'aboutir à une interprétation sûre. Depuis le 15 mars 1950, Monte Ceneri travaille sur 539 m

ter. Nach dem Kopenhagener Plan arbeitet Monte Ceneri auf einer neuen Wellenlänge von 539 m. Es ist bemerkenswert, dass nach vorläufigen Beobachtungen jetzt der Nahschwund dieses Senders auch die bereits bekannten Merkmale von Beromünster angenommen hat: Frühlings- und Herbstmaxima und tiefes Sommerminimum während des ganzen Abends. In einem Anhang werden einige Bemerkungen zur statistischen Auswertung angefügt.

Im Jahre 1947 hatten W. Gerber und A. Werthmüller¹⁾ in einer umfangreichen Arbeit über die Nahschwundtätigkeit der Rundspruchsender berichtet. Darin waren Echolotungen der nächtlichen Ionosphäre, die Struktur der Schwunddiagramme und ihre Abhängigkeit von der Jahreszeit und vom elfjährigen Sonnenfleckenzyklus besprochen worden. Zur Analyse waren hauptsächlich die Registrierungen von Beromünster in St. Gallen herangezogen worden.

Gleichsam als Fortsetzung jenes Artikels wird hier eine vergleichende Statistik der Feldstärkeschwankungen aller drei schweizerischen Landessender auf Mittelwellen durchgeführt. Die Messungen wurden im Jahre 1936 an verschiedenen Orten begonnen und dauerten für drei Empfangsstationen bis zum 15. März 1950, da an diesem Tage die Wellenverteilung nach dem Plan von Luzern (1933) ausser Kraft gesetzt wurde. Diese Arbeit geht nicht auf die Fragen ein, ob und wie weit die festgestellten Feldstärkeschwankungen durch technische Massnahmen vermindert werden können.

1. Sammlung und Auswertung des Materials

Als Dienstbereich eines Mittelwellen-Rundspruchsenders wird die *Primärzone* bezeichnet, in der bei Tag und bei Nacht die vorherrschende, verhältnismässig stabile Bodenwelle empfangen werden kann. In der *Sekundärzone* ist die Bodenwelle schwächer als der Störpegel, oder sie ist bereits völlig vom Erdboden verschluckt worden. In dieser Zone hängt der Empfang von der Ausbreitung der Raumwelle, von ihrer Reflexion und Absorption in der Ionosphäre ab. In der *Übergangszone* zwischen diesen beiden Gebieten beobachtet man sehr grosse Feldstärkeschwankungen und Verzerrungen, den sogenannten *Nahschwund*.

Im allgemeinen werden vier Arten von Schwund unterschieden. *Interferenzschwund* entsteht durch wechselnde Phasenunterschiede zweier oder mehrerer Wellen, die nicht genau denselben Weg vom Sender zum Empfänger zurückgelegt haben. *Polarisationschwund* entsteht durch eine Änderung der Polarisationsrichtung der einfallenden Welle in bezug auf die Richtung der Antenne. Bei Bodenwellen ist demnach Polarisationschwund ausgeschlossen. Bei Raumwellen tritt er in reiner Form auf, wenn während einer gewissen Zeit nur die ordentliche Komponente reflektiert wird, später nur die ausserordentliche. Die beiden Strahlen können infolge der Doppelbrechung aber auch *zur gleichen Zeit* in verschiedenen Höhen reflektiert werden und sich zu einer Resultierenden zusammensetzen. Ändert sich dabei die Phase einer

(Plan de Copenhague). Selon des observations provisoires, les fluctuations, dans la première zone d'évanouissements de cet émetteur, présentent maintenant les caractéristiques déjà connues de Beromünster.

En 1947, W. Gerber et A. Werthmüller¹⁾ ont publié un article détaillé sur les fluctuations du champ des émetteurs de radiodiffusion au delà du rayon maximum d'action agréable, c'est-à-dire dans la première zone d'évanouissements. Dans ce travail, ils exposaient les résultats de leurs études sur le sondage de l'ionosphère nocturne, sur les enregistrements des évanouissements et leur corrélation avec les saisons et le cycle de onze ans des taches solaires. Leur analyse était fondée principalement sur les enregistrements du champ de Beromünster qu'ils avaient faits à St-Gall.

Les considérations ci-après touchant une statistique comparative des fluctuations du champ des trois émetteurs nationaux suisses travaillant sur ondes moyennes font en quelque sorte suite à cet article. Les mesures commencèrent en 1936 en divers endroits et se poursuivirent, pour trois stations réceptrices, jusqu'au 15 mars 1950, jour où le plan de répartition des fréquences de Lucerne (1933) cessa d'être en vigueur. Cet article ne touche pas la question de savoir si et comment les variations de champ constatées pourraient être réduites par des mesures techniques.

1. Réunion et analyse du matériel

Dans la gamme des ondes moyennes on nomme *zone primaire* la région couverte par le rayonnement direct d'une station où l'on peut recevoir principalement, de jour et de nuit, l'onde de sol relativement stable. Dans la *zone secondaire*, l'onde directe est plus faible que le niveau perturbateur ou est déjà entièrement absorbée par le sol. Dans cette zone, la réception dépend de l'onde spatiale, de sa réflexion et de son absorption dans l'ionosphère. Dans la *zone intermédiaire*, entre ces deux régions, on observe des fluctuations du champ et des distorsions très importantes. Cette région intermédiaire est appelée *première zone d'évanouissements*.

En général, on distingue quatre types d'évanouissements. *L'évanouissement par interférences* provient de déphasages variables entre deux ou plusieurs ondes qui n'ont pas suivi exactement le même chemin de l'émetteur au récepteur. *L'évanouissement par polarisation* est dû à un changement de polarisation de l'onde incidente par rapport à la direction de l'antenne. Par conséquent, ce type d'évanouissement est exclu pour les ondes directes. Pour les ondes spatiales, il se présente sous une forme pure quand, durant un certain temps, seule la composante ordinaire est réfléchiée, et plus tard seulement la composante extraordinaire. Mais, par suite de la double

Komponente, so ist die entstehende Feldstärkenschwankung eigentlich als (durch Polarisierungseffekt erzeugter) Interferenzschwund anzusprechen. Der *Absorptionsschwund* ist in seiner Periode viel langsamer als die beiden ersten Schwundarten. Dieser entsteht durch die sich ändernde Absorption in der D-Schicht, zum Beispiel beim Sonnenaufgang oder bei grossen ionosphärischen Störungen (Totalschwund). Der *Sprungentfernungsschwund* ist nur beim Kurzwellenempfang von Bedeutung.

Die beobachteten Schwankungen in der Nahschwundzone dürften somit nur in die beiden ersten Klassen einzureihen sein. Die Schwankungen entstehen durch die Interferenz von Boden- und Raumwellen, die beide von vergleichbarer Grössenordnung sind. Die Polarisationsrichtung der Raumwellen kann sich dauernd ändern.

Der Nahschwund setzt während der abendlichen Dämmerung ein und bleibt mehr oder weniger regelmässig die ganze Nacht hindurch bis zur Morgendämmerung bestehen. In dieser Zeit wird die unter steilen Winkeln abgestrahlte Raumwellenenergie in der E- oder F-Region reflektiert und erreicht den Erdboden in verhältnismässig kleiner Entfernung vom Sender wieder. Dagegen wird während des Tages die Raumwellenenergie der Mittelwellen vorwiegend von der D-Schicht verschluckt und nicht reflektiert. Die Ursache der D-Ionisation ist die normale, ultraviolette Wellenstrahlung der Sonne. Nach ausführlichen Untersuchungen von *Stranz*²⁾ wächst die D-Schicht im Laufe des Morgens nach unten an. Ihre untere Grenze erreicht mittags die minimale Höhe von 70 km. Dagegen bleibt das Maximum der Ladungsträgerdichte mit nur geringfügigen Änderungen zwischen 90 und 100 km stehen. Gegen Abend steigt die untere Grenze der D-Schicht wieder in die Höhe und bildet während der Nacht praktisch nur die stetige Fortsetzung der unteren Grenze der E-Schicht.

Der Sonnenuntergang tritt in der Ionosphäre später ein als auf der Erdoberfläche, und zwar um 40 Minuten in 100 km Höhe und um 70 Minuten in 300 km Höhe (Fig. 1).

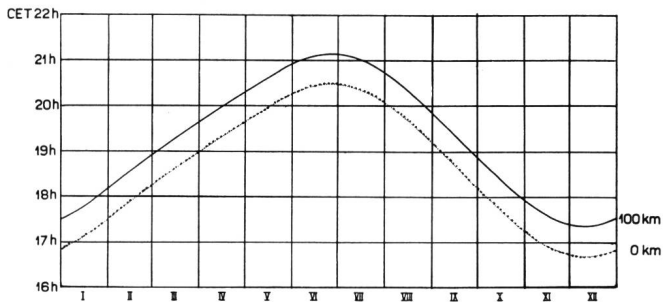


Fig. 1. Sonnenuntergang in 0 und 100 km Höhe
Coucher du soleil à 0 et 100 km de hauteur

In der D-Schicht ist die Elektronendichte verhältnismässig gering, die Stosszahl der Luftteilchen dagegen sehr gross. Setzt die direkte Sonnenstrahlung auf diese Schicht aus, so neutralisiert sie sich inner-

réfraction, les deux rayons peuvent être réfléchis *en même temps* à différentes hauteurs et composer une résultante. Dans ce cas, si la phase d'une composante change, la variation d'intensité de champ qui en résulte devrait être considérée comme évanouissement par interférence (engendrée par un effet de polarisation). *L'évanouissement par absorption* a une période beaucoup plus lente que les deux premiers types d'évanouissements. Ce dernier se produit quand l'absorption dans la couche D varie, par exemple au lever du soleil ou en cas de perturbations ionosphériques graves (évanouissement total). *L'évanouissement à la limite extérieure de la zone de silence* ne se produit que sur ondes courtes.

Les variations observées dans la première zone d'évanouissements devraient ainsi être rangées dans les deux premières classes. Les évanouissements sont produits par l'interférence de l'onde directe avec l'onde spatiale qui toutes deux sont d'un ordre de grandeur comparable. La direction de polarisation des ondes spatiales peut changer constamment.

Les fluctuations commencent au crépuscule et se maintiennent plus ou moins régulièrement durant toute la nuit jusqu'à l'aurore. Pendant ce temps, l'énergie des ondes spatiales rayonnée presque verticalement est réfléchiée dans les régions E ou F et atteint de nouveau le sol à une distance relativement petite de l'émetteur. En revanche, pendant le jour, l'énergie des ondes spatiales moyennes est absorbée surtout par la couche D et n'est pas réfléchiée. La cause de l'ionisation de la couche D est le rayonnement ultraviolet normal du soleil. Des recherches approfondies de *Stranz*²⁾ montrent que la couche D s'accroît vers le bas au cours de la matinée. Sa limite inférieure atteint vers midi la hauteur minimum de 70 km. En revanche, le maximum de la densité d'ionisation se maintient avec des variations insignifiantes entre 90 et 100 km. Vers le soir, la limite inférieure de la couche D remonte et, durant la nuit, ne forme pratiquement qu'une prolongation ininterrompue de la limite inférieure de la couche E.

Dans l'ionosphère, le soleil se couche plus tard qu'à la surface du globe; le retard est de 40 minutes à 100 km de hauteur et de 70 minutes à 300 km (fig. 1).

Dans la couche D, la densité des électrons est relativement faible; en revanche, la fréquence des chocs des particules d'air est très élevée. Lorsque le rayonnement solaire direct n'atteint plus cette couche, elle se neutralise en quelques minutes. Il est vrai que l'ionisation de la couche E normale diminue aussi pendant la nuit, mais il subsiste néanmoins une ionisation importante dans la *couche E anormale*, dont la variation suit d'autres lois.

Du fait de la topographie extrêmement tourmentée de la Suisse, la première zone d'évanouissements commence souvent très près de l'émetteur. Trois lieux furent choisis dans les régions où les conditions de réception sont mauvaises.

halb weniger Minuten. Die Ionisation der normalen E-Schicht nimmt zwar während der Nacht auch ab, doch besteht daneben eine beachtliche Ionisation in der *anormalen E-Schicht*, die sich nach anderen Gesetzen ändert.

Infolge der stark gegliederten Topographie der Schweiz beginnt die Nahschwundzone oft schon in recht kleiner Entfernung vom Sender. Drei Orte wurden in jenen Gebieten ausgesucht, die ungenügende Empfangsbedingungen besitzen.

Übertragungsstrecke	Frequenz	Wellenlänge	Entfernung
Beromünster—St. Gallen.	556 kHz	540 m	93 km
Sottens—Fontenais (bei Pruntrut)	677 kHz	443 m	89 km
Monte Ceneri—Chiasso. . .	1167 kHz	257 m	34 km

Auf automatisch ablaufenden Papierstreifen wurde dauernd die Spannung aufgezeichnet, die die einfallende resultierende Welle in der Empfangsantenne induziert. Durch Eichung konnten die effektive Höhe der Antenne und die Beträge der elektrischen Feldstärke berechnet werden. Für jedes Stundenintervall des Abends wurde die augenblicklich grösste Spannung U_{max} mit der mittleren Spannung U_0 verglichen und folgende Grösse als prozentualer Schwund F definiert (Fig. 2):

$$F = \frac{U_{max} - U_0}{U_0} \cdot 100 \quad (1)$$

Der Betrag von F stellt also die grösste stündliche Schwankung der Feldstärke dar und bedeutet den prozentualen Überschuss von U_{max} über U_0 . Zur Vereinfachung wurde die Statistik mit den maximalen, nicht mit den quasimaximalen Spannungswerten durchgeführt. Als Quasimaxima werden jene Werte bezeichnet, die von den Augenblickswerten in 5% der Zeit überschritten werden. Es wird angewendet, die Maximalwerte seien als Angabe nicht brauchbar, da sie selten vorkommen und von der Beobachtungsdauer abhängen. Diese Begründung ist unter den vorliegenden Verhältnissen nicht stichhaltig. Im übrigen erfährt die registrierende Schreibfeder auf dem Papier eine gewisse Reibung, so dass die Aufzeichnung der Spannungsspitzen das wirklich vorhandene Maximum auch nicht zu 100% wiedergibt.

Neben der Schwundamplitude kann auch die Betrachtung des zeitlichen Abstandes zweier Schwankungsspitzen, die *Schwundschnelle* oder *Schwundfrequenz* zu wichtigen Schlüssen führen. Auf den Papierstreifen wechseln langsamer und rascher Schwund dauernd in unregelmässiger Folge ab. Es dürfte schwierig sein, alle Übergänge in der Schwundfrequenz in grobe Klassen einzuteilen. Eine genaue Analyse würde eine Einteilung nach der gemessenen Zeit (z. B. in Minuten) erfordern. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit musste darauf verzichtet werden,

Parcours	Fréquence	Longueur d'onde	Distance
Beromunster—St-Gall	556 kHz	540 m	93 km
Sottens—Fontenais près Porrentruy	677 kHz	443 m	89 km
Monte Ceneri—Chiasso	1167 kHz	257 m	34 km

Sur des rubans de papier se déroulant automatiquement, on enregistra en permanence la tension induite par l'onde incidente résultante dans l'antenne de réception. Par étalonnage, on put calculer la hauteur effective de l'antenne et les valeurs des intensités du champ électrique. Pour chaque tranche d'une heure de la soirée, on compara la tension maximum instantanée U_{max} avec la tension moyenne U_0 et l'on définit une valeur F des fluctuations en pourcent (fig. 2):

$$F = \frac{U_{max} - U_0}{U_0} \cdot 100 \quad (1)$$

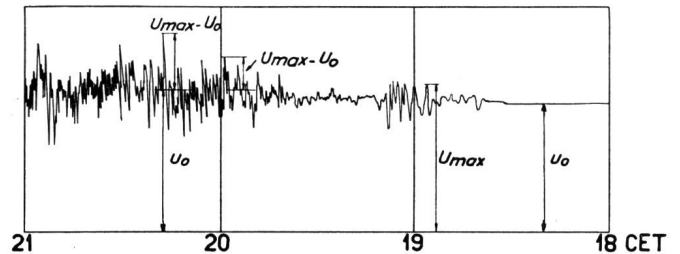


Fig. 2. Registrierung von Sottens in Fontenais am 27. August 1949
Enregistrement de Sottens à Fontenais le 27 août 1949

La valeur de F représente donc la plus grande variation horaire de l'intensité de champ et indique en pour-cent l'excédent de U_{max} sur U_0 . Pour simplifier les choses, on établit la statistique avec les valeurs de tension maximum en ignorant les quasi-maxima. On appelle quasi-maxima les valeurs dépassées pendant 5% du temps par les valeurs instantanées. On peut objecter que les valeurs maxima sont des indications inutiles, car elles se présentent rarement et dépendent de la durée des observations. Cette objection ne s'applique toutefois pas dans les conditions présentes. D'ailleurs, la plume enregistreuse subit un certain frottement sur la bande de papier, de sorte que les indications des tensions de pointe ne redonnent pas non plus au 100% le maximum réel.

En plus de l'amplitude des fluctuations, la *fréquence* de celles-ci permet aussi de tirer des conclusions intéressantes. Sur la bande de papier, on constate une suite irrégulière d'évanouissements rapides et lents alternant constamment. Il paraît difficile de classer, même grossièrement, les différentes variations de la fréquence d'évanouissement. Une analyse exacte exigerait une répartition d'après le temps mesuré (p. ex. en minutes). Il a fallu y renoncer, car cela aurait exigé un temps considérable.

die Schwundfrequenz auszuwerten, da dies erneut eine längere Zeit beansprucht hätte.

Gemäss Formel (1) wurden für die Grösse F' täglich fünf Zahlen für die Zeit zwischen 17 und 22 Uhr gefunden. Die Zusammenfassung der täglichen Zahlen im monatlichen arithmetischen Mittel lässt die Abhängigkeit von den Jahreszeiten erkennen. Das gleitende arithmetische Zwölfmonatsmittel anderseits schliesst den Saisoneinfluss aus und kann mit dem elfjährigen Sonnenfleckenzyklus verglichen werden. Im Anhang wird, ausser weiteren Bemerkungen zur statistischen Auswertung, die Frage besprochen, ob der Mittelwert oder der Medianwert vorzuziehen sei. Durch die Zusammenfassung zu Monats- und Jahresmitteln lassen sich nur das normale Verhalten der Ionosphäre und die Saison- und Elfjahresvariationen beschreiben. Diese statistischen Feststellungen werden praktisch von magnetischen Stürmen, Nordlichtern, plötzlich einsetzenden ionosphärischen Störungen, Totalschwund usw. nicht beeinflusst.

2. Ergebnisse

Es ist vorzuschicken, dass ein Vergleich der Messreihen der drei Landessender keine sehr enge Analogie ergeben kann, da die Übertragungswege sehr verschieden sind. Man wird sich vor zu weitgehenden Schlüssen hüten müssen.

Für Beromünster (Fig. 3) verlaufen die Kurven bemerkenswert gleichsinnig. Der Betrag von F' steigt im Laufe des Abends allgemein an, da die Absorption in der D-Schicht abnimmt. Man findet in allen Stunden Maxima von F' im Frühling und Herbst, Minima im Sommer und Winter. Das Frühlingsmaximum bildet sich während des Abends erst aus, während

En appliquant la formule (1), on a trouvé journalièrement cinq chiffres pour la grandeur F' entre 17 et 22 heures. La moyenne arithmétique mensuelle des chiffres journaliers permet de reconnaître la corrélation avec les saisons. D'autre part, la moyenne arithmétique glissante de douze mois exclut l'influence des saisons et peut être comparée avec le cycle de onze ans des taches solaires. En appendice, outre quelques remarques sur l'analyse statistique, on traite des avantages respectifs de la valeur moyenne et de la valeur médiane. Les moyennes mensuelles et annuelles permettent de décrire seulement l'allure normale de l'ionosphère et ses variations saisonnières et undécennales. Pratiquement, ces résultats statistiques ne sont pas influencés par les orages magnétiques, les aurores boréales, les perturbations ionosphériques à début brusque, l'évanouissement total, etc.

2. Résultats

Il convient de dire avant toute chose qu'une comparaison des séries de mesures des trois émetteurs nationaux ne peut pas fournir une analogie très étroite, car les voies de transmission sont excessivement diverses. Il faudra donc se garder de tirer des conclusions de trop grande portée.

Pour Beromünster, fait remarquable, les courbes vont toutes dans le même sens (fig. 3). La valeur de F' augmente d'une façon générale au cours de la soirée, car l'absorption dans la couche D diminue. Pour toutes les heures, on trouve des maxima de F' au printemps et en automne et des minima en été et en hiver. Le maximum du printemps ne se développe que pendant la soirée, tandis que le maximum

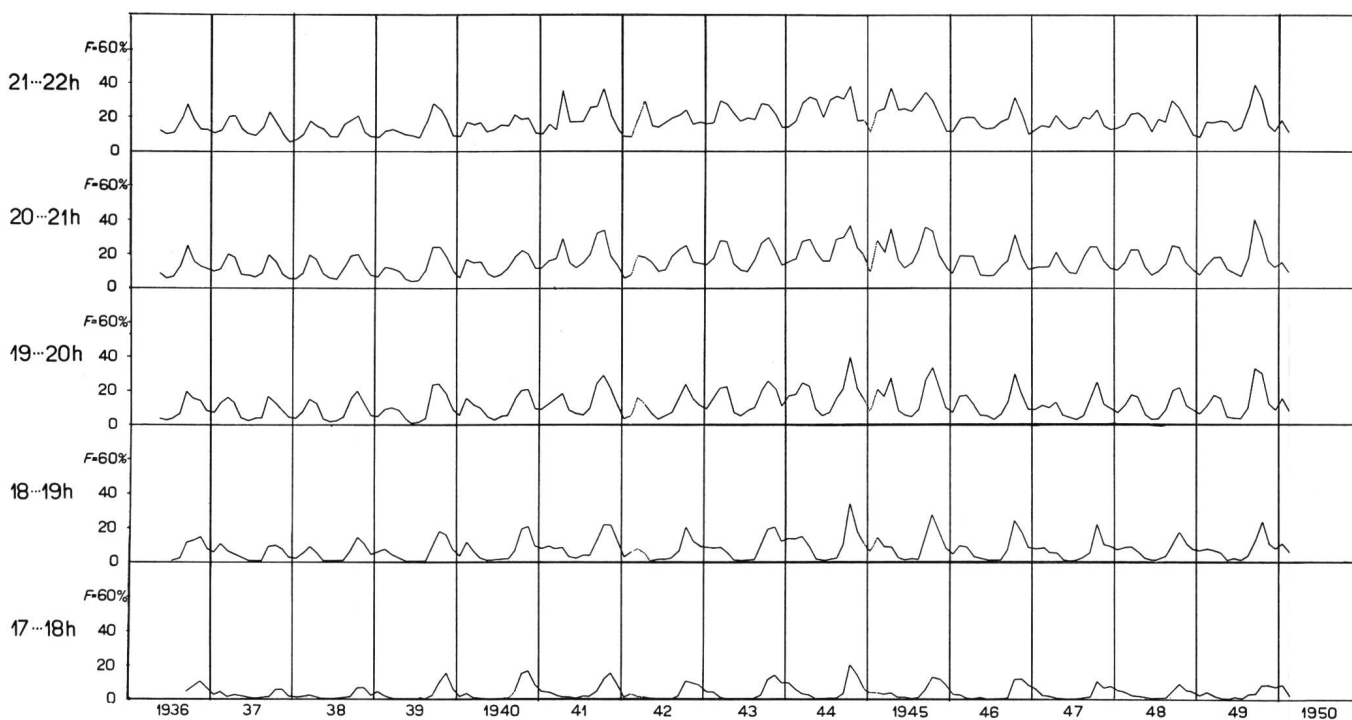


Fig. 3. Monatliche Mittelwerte des Nahschwundes F' von Beromünster in St. Gallen

Moyennes mensuelles des fluctuations F' dans la première zone d'évanouissements de Beromünster mesurées à St-Gall

das Herbstmaximum um 17 Uhr schon gut zu erkennen ist und deshalb im allgemeinen höher steigt. Der Betrag des Winterminimums ändert sich wenig, da nach 17 Uhr bereits die nächtlichen Bedingungen für die Wellenausbreitung gelten. Das Sommerminimum beträgt für die erste Stunde Null und wächst mit einbrechender Nacht erheblich an. Die Abhängigkeit von der Sonnenfleckenzahl lässt sich darin erkennen, dass in den Jahren grosser Sonnenaktivität (1937, 1947/48) F im allgemeinen niedriger, im Jahr des Fleckenminimums (1944) grösser ist. Der Einfluss von Leistungsänderungen und Antennenumbauten wird im Anhang besprochen.

Die Aufzeichnungen von Sottens in Pruntrut wurden 1940 begonnen. Sie zeigen während der Kriegsjahre leider sehr viele Lücken, so dass eine Auswertung fragwürdig erscheint. Gegen Ende 1945 wurde die Empfangsanlage von Pruntrut nach Fontenais versetzt. Fig. 4 zeigt das Ergebnis der Messungen.

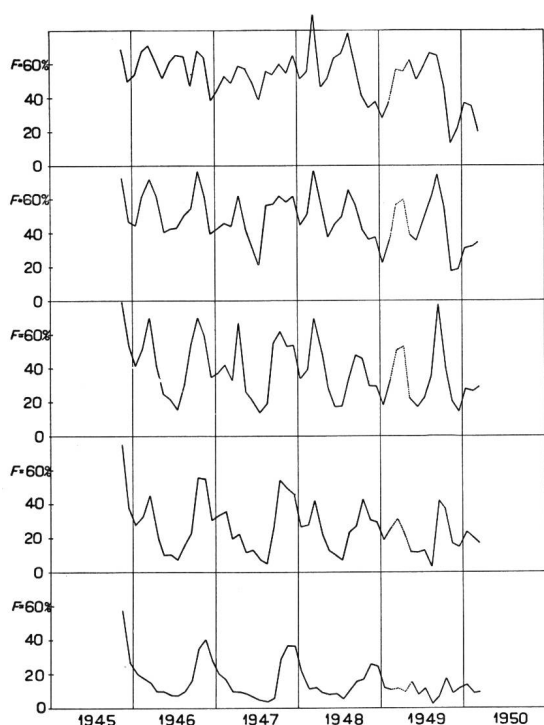


Fig. 4. Monatliche Mittelwerte des Nahschwundes F von Sottens in Fontenais
Moyennes mensuelles des fluctuations F dans la première zone d'évanouissements de Sottens mesurées à Fontenais

Gegenüber Beromünster fallen die hohen Beträge von F auf. Das entspricht der Erfahrung, dass die Schwankungen abends dort gross sind, wo schon am Tage infolge des ungünstigen Geländes ein örtliches Feldstärkeminimum liegt. Für März 1948 erreicht der monatliche Mittelwert der letzten Stunde 89%. Die Frühjahrs- und Herbstmaxima treten wieder stark hervor. Das Sommerminimum des frühen Abends steigt später sehr kräftig in die Höhe. Wiederum bleiben die Dezemberwerte aller fünf Stunden verhältnismässig konstant. Im Gegensatz zu Beromünster wurden bei den Sottenskurven keine Kor-

d'automne est déjà bien reconnaissable à 17 heures et, de ce fait, monte généralement plus haut. La valeur du minimum d'hiver change peu, car, après 17 heures, on a déjà les conditions nocturnes de propagation des ondes. Le minimum d'été est de zéro pour la première heure; il augmente sensiblement à mesure que la nuit tombe. On reconnaît la corrélation avec le nombre des taches solaires dans le fait que les années où le soleil manifeste une grande activité (1937, 1947/48), F est généralement bas, tandis qu'il est plus élevé l'année où il y a un minimum de taches (1944). L'influence des changements de puissance et d'antennes est traitée dans l'appendice.

Les enregistrements de Sottens commencèrent à Porrentruy en 1940. Ils présentent malheureusement, durant les années de guerre, de très nombreuses lacunes qui rendent une analyse problématique. Vers la fin de 1945, l'installation réceptrice fut transférée de Porrentruy à Fontenais. La figure 4 montre le résultat des mesures. Les hautes valeurs de F frappent comparées à celles de Beromünster. Elles confirment l'expérience connue qui montre que les variations sont importantes le soir dans les régions où, par suite de la topographie défavorable, on constate déjà le jour un minimum local d'intensité de champ. Pour mars 1948, la moyenne mensuelle de F pour la dernière heure atteint 89%. Les maxima printaniers et automnaux sont très prononcés. Le minimum estival des premières heures du soir augmente par la suite très rapidement. En revanche, les valeurs de décembre restent relativement constantes pour les cinq heures d'observation. Contrairement à ce qui s'est fait pour Beromünster, aucune correction pour changement d'antenne n'a été apportée aux courbes de Sottens. L'influence de la nouvelle antenne antifading se manifeste par la diminution de F depuis septembre 1948. Les hautes valeurs enregistrées en août et septembre 1949 peuvent être attribuées à l'utilisation passagère de l'ancienne antenne.

Si les courbes de Sottens diffèrent peu de celles de Beromünster, les courbes de Monte Ceneri s'en écartent nettement (fig. 5). Les maxima printaniers et automnaux ne sont pas bien développés. Le minimum estival des premières heures du soir se transforme en un très haut maximum estival pour le temps de 21 à 22 heures. Les valeurs de décembre augmentent seulement dans une très faible mesure. La rapide montée de la pointe estivale fait apparaître entre 20 et 22 heures de nouveaux minima au printemps et en automne.

Pour comparer les trois émetteurs entre eux et exclure le cycle de onze ans des taches solaires, on a superposé dans la figure 6 les mesures de toutes les années et pris leur moyenne arithmétique.

La figure 6 représente ainsi une sorte d'«année normale». On reconnaît clairement au cours de la soirée: pour Beromünster le maintien des maxima de F au printemps et en automne; pour Sottens une

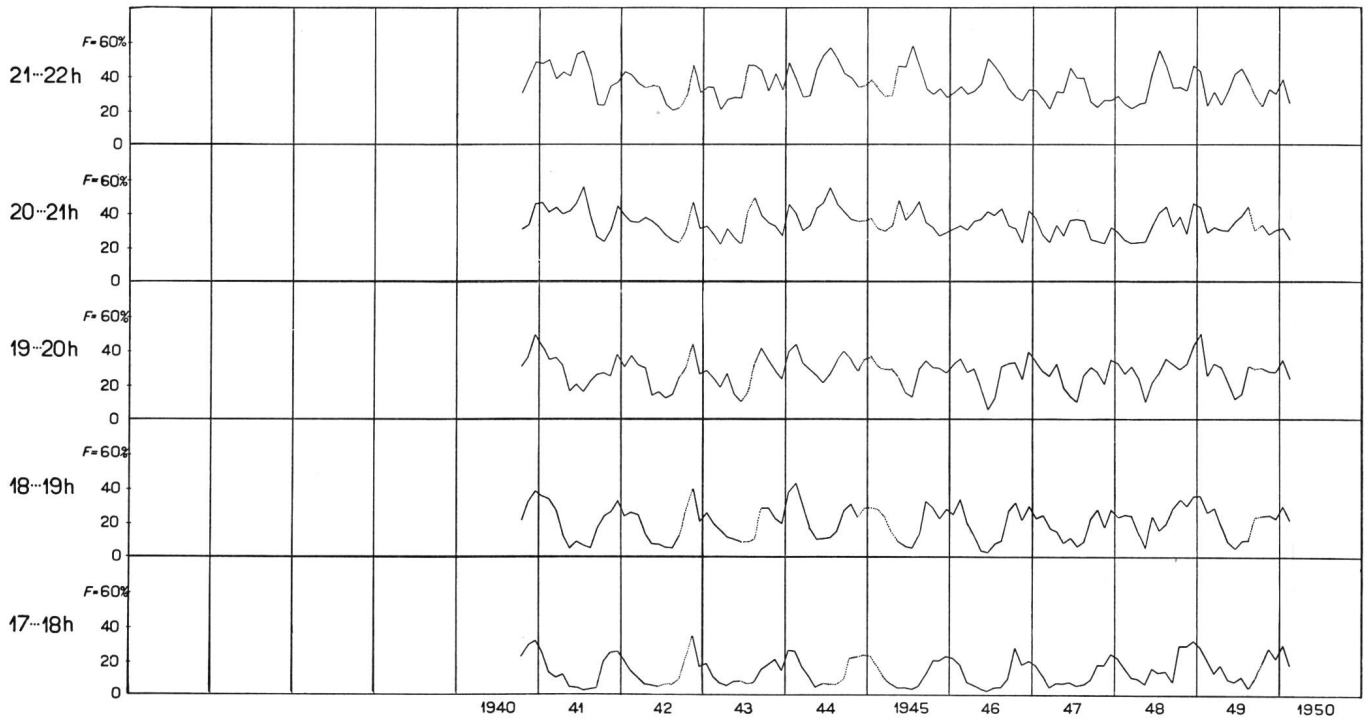


Fig. 5. Monatliche Mittelwerte des Nahschwundes F von Monte Ceneri in Chiasso
Moyennes mensuelles des fluctuations F dans la première zone d'évanouissements de Monte Ceneri mesurées à Chiasso

rekturen für Antennenumbauten angebracht. Der Einfluss der neuen schwundmindernden Antenne zeigt sich in der Abnahme des Betrages von F seit September 1948. Die hohen Werte für August und September 1949 lassen sich auf das vorübergehende Einschalten der alten Antenne zurückführen.

Deutlicher als für Sottens tritt ein Wechsel im Kurvenbild von Monte Ceneri (Fig. 5) hervor. Frühjahrs- und Herbstmaxima sind nicht richtig ausgebildet. Das Sommerminimum des frühen Abends verwandelt sich in ein sehr hohes Sommermaximum für die Zeit von 21...22 Uhr. Die Dezemberwerte erhöhen sich wiederum nur wenig. Durch das rasche Emporsteigen der Sommerspitze erscheinen zwischen 20 und 22 Uhr neue Minima im Frühling und Herbst.

Zum Vergleich der drei Sender unter sich und um den Elfjahr-Zyklus der Sonnenflecken auszuschalten, wurden in Fig. 6 die Messungen aller Jahre superponiert und arithmetisch gemittelt.

Die Figur 6 stellt also eine Art «Normaljahr» dar. Man erkennt für Beromünster das deutliche Bestehenbleiben der Maxima im Frühling und Herbst, für Sottens das Anwachsen des Sommerminimums, so dass für die Zeit von 21...22 Uhr eigentlich eine einfache Zwölfmonatsperiode mit Minimum im Winter und Maximum im Sommer auftritt, für Monte Ceneri den Übergang vom Parallelismus zur Gegenläufigkeit.

Andererseits wird durch die Zusammenfassung von zwölf sich folgenden Monatsmitteln die Abhängigkeit von der Jahreszeit aufgehoben. Die so entstehenden gleitenden Jahreswerte können nun mit den

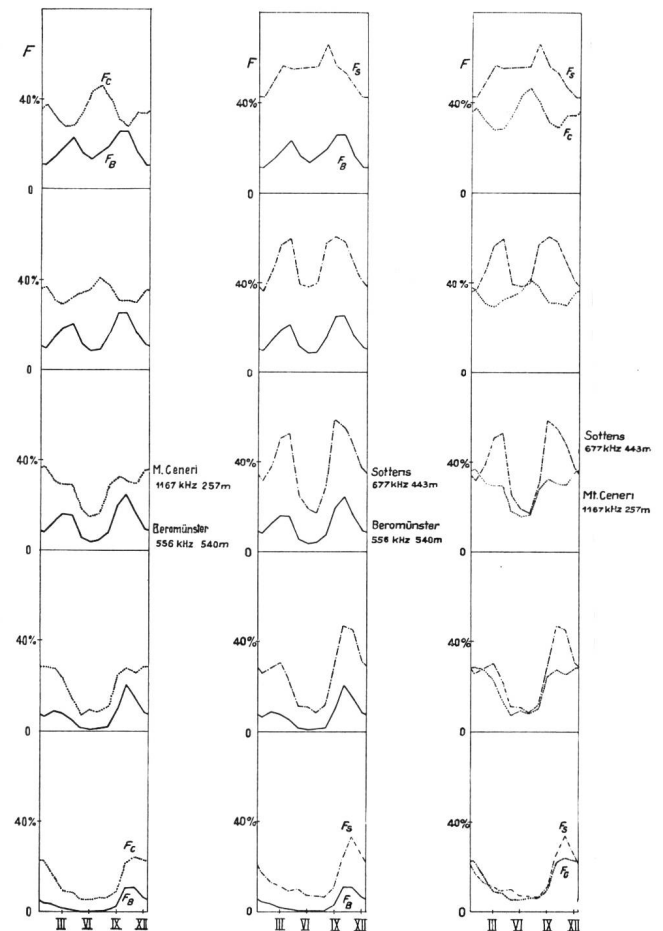


Fig. 6. Vergleich der Monatsmittel von F für alle drei Sender während eines Normaljahres
Comparaison des moyennes mensuelles de F des trois émetteurs pendant une année normale

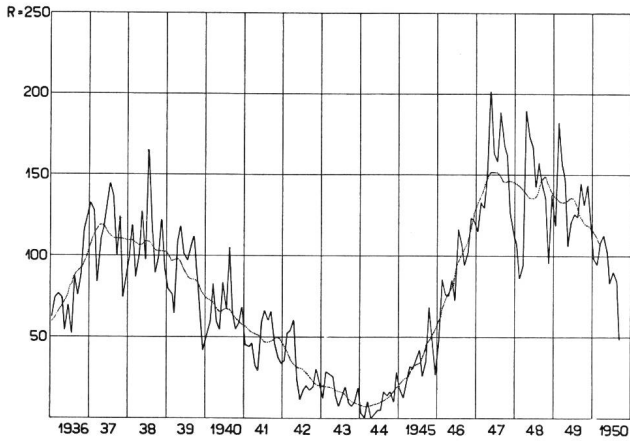


Fig. 7. Beobachtete und ausgeglichene monatliche Relativzahlen der Sonnenflecken (nach Angaben der Eidg. Sternwarte Zürich)
 Nombres relatifs mensuels des taches solaires observés et adoucis (indiqués par l'Observatoire Astronomique Fédéral à Zurich)

Sonnenflecken-Relativzahlen der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich verglichen werden. Die *provisorischen* Relativzahlen werden bei unsicherer Beobachtung mit ausländischen Werten verglichen und werden hierauf als *definitive beobachtete Relativzahlen* bezeichnet. Sie werden zu Monats- und Jahresmitteln zusammengefasst. Die *gleitenden Zwölfmonatsmittel* nennt man *ausgeglichene monatliche Relativzahlen* (Fig. 7).

Die gleitenden Zwölfmonatsmittel der fünf Stunden sind in Fig. 8 für Beromünster dargestellt. Die Kurven verlaufen angenähert gleichsinnig und steigen während des Abends stetig in die Höhe. Man findet Minima für Jahre der grössten Fleckenzahlen (1937 und 1947/48) und entsprechende Maxima für 1944 (*R* am kleinsten).

Für Sottens (Fig. 9) wird die Deutung dadurch erschwert, dass ab 1948 eine neue, schwundmindernde Sendeantenne in Betrieb gesetzt wurde. Mit Sicher-

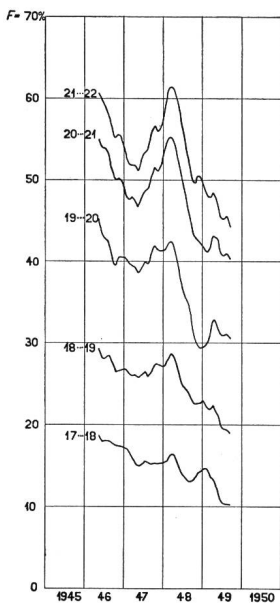


Fig. 9. Gleitende Zwölfmonatsmittel von *F* für Sottens
 Moyenne glissante annuelle de *F* pour Sottens

augmentation du minimum estival, de sorte qu'on a en définitive, entre 21 et 22 heures, une période simple de douze mois avec minimum en hiver et maximum en été; pour Monte Ceneri la modification progressive des courbes parallèles en des courbes opposées.

D'autre part, en prenant en considération douze moyennes mensuelles consécutives, on supprime la corrélation avec les saisons. Les moyennes annuelles glissantes ainsi obtenues peuvent alors être comparées avec les nombres relatifs de taches solaires indiqués par l'Observatoire Astronomique Fédéral à Zurich. En cas d'observation peu sûre, les nombres relatifs *provisoires* sont comparés avec les valeurs communiquées par l'étranger et appelés ensuite *nombres relatifs observés définitifs*, dont on tire les moyennes mensuelles et annuelles. Les moyennes *glissantes* de douze mois s'appellent *nombres relatifs mensuels adoucis* (fig. 7).

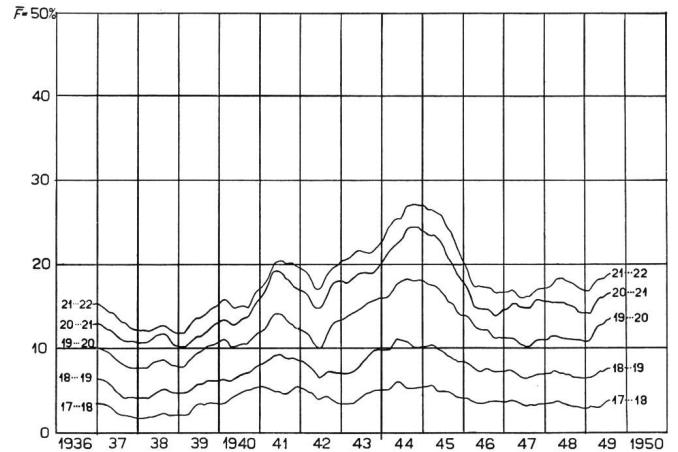


Fig. 8. Gleitende Zwölfmonatsmittel von *F* für Beromünster
 Moyenne glissante annuelle de *F* pour Beromünster

La moyenne glissante de douze mois pour les cinq heures d'observation est représentée pour Beromünster à la figure 8. Les courbes ont à peu près le même sens et montent constamment durant la soirée. On trouve des minima pour les années où il y a le plus grand nombre de taches (1937 et 1947/48) et des maxima correspondants pour l'année où *R* est le plus petit (1944).

Pour Sottens (fig. 9), le fait qu'une nouvelle antenne émettrice antifading est en service depuis 1948 complique l'interprétation des résultats. On peut reconnaître avec certitude le minimum pour 1947 et la montée subséquente de *F* opposée à la diminution du nombre des taches.

Pour Monte Ceneri (fig. 10), la comparaison des courbes est un peu plus difficile. Le maximum en 1944 présente un décalage frappant durant la soirée et les minima coïncident fort mal. Il arrive fréquemment que les fluctuations entre 21 et 22 heures soient de nouveau plus petites qu'entre 20 et 21 heures. Les deux courbes se coupent à plusieurs reprises.

heit lassen sich das Minimum für 1947 und der anschließende Anstieg von F mit abnehmender Fleckenzahl erkennen.

Für Monte Ceneri (Fig. 10) ist der Vergleich der Kurven wieder etwas schwieriger. Das Maximum im Jahre 1944 zeigt eine auffällige Verschiebung während des Abends, die Minima fallen sehr schlecht zusammen. Bei Monte Ceneri kommt es häufig vor, dass die Schwundamplituden für die Zeit von 21...22 Uhr wieder etwas kleiner sind als jene für 20...21 Uhr. Die beiden Kurven schneiden sich mehrmals.

Fasst man die Kurven der fünf Stunden erneut zum Mittel zusammen und stellt sie der ausgeglichenen R -Kurve gegenüber, so entsteht die Figur 11. Im allgemeinen ist der Verlauf von F gegensinnig zu R . An mehreren Stellen erscheinen die F -Extrema etwas verspätet. Das zweite Maximum, das in den Jahren 1941 und 1948 auftritt, bedarf einer genaueren Untersuchung.

Die hier wiedergegebenen Schwankungen der Feldstärke haben zwei verschiedene Ursachen, die in verwickelter Weise zusammenspielen: die Absorption in der D-Schicht und die Reflexion in den Regionen E oder F, die mehrere Schichten mit verschiedenem Ionisationsverlauf umfassen können. Man wird versuchen müssen, die einzelnen Ursachen zu trennen, um die Beobachtungen zu deuten.

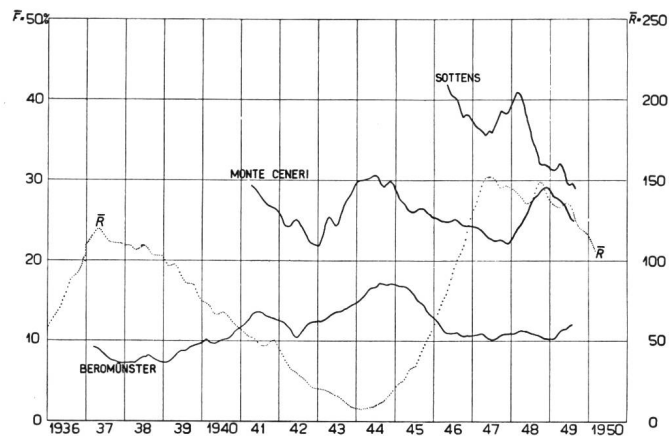


Fig. 11. Vergleich der Zwölfmonatsmittel aller fünf Stunden mit der Sonnenfleckenkurve
Comparaison de la moyenne annuelle des cinq heures d'observation avec la courbe des taches solaires

3. Über die Absorption in der D-Schicht

Das vom amerikanischen National Bureau of Standards herausgegebene ausgezeichnete Buch «Ionospheric Radio Propagation»³⁾ führt über die Berechnung der Absorptionskenngrößen folgendes aus. Als Absorptionsindex α wird definiert:

$$\alpha = \log \frac{E_0}{E} \quad (2)$$

E_0 ist die berechnete oder gemessene Feldstärke der Raumwelle, die ohne Absorption zu empfangen ist, E ist die tatsächlich festgestellte Feldstärke der reflektierten Welle. Der Index α hängt ab von der

Si l'on prend une nouvelle fois la moyenne des courbes des cinq heures d'observation et qu'on la mette en regard de la courbe adoucie de R , on obtient la figure 11.

En général, F a un sens opposé à R . En plusieurs points, les extrêmes de F apparaissent avec quelque retard. Le deuxième maximum, qui se présente en 1941 et 1948, demande une étude plus approfondie.

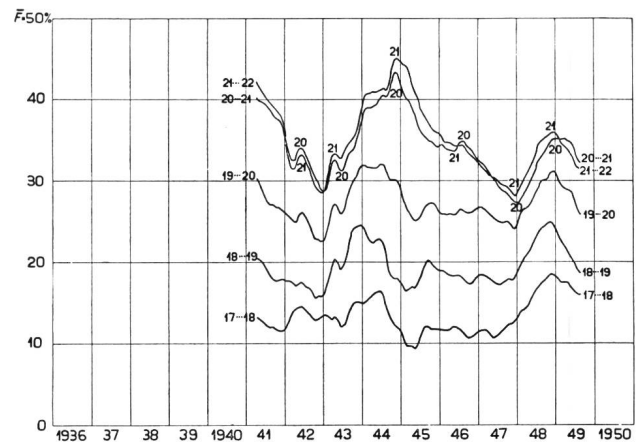


Fig. 10. Gleitende Zwölfmonatsmittel von F für Monte Ceneri
Moyenne glissante annuelle de F pour Monte Ceneri

Les fluctuations du champ reproduites ici ont deux causes différentes dont les actions s'enchevêtrent: l'absorption dans la couche D et la réflexion dans les régions E ou F qui peuvent comprendre plusieurs couches avec des processus d'ionisation différents. On devra essayer de séparer les causes pour pouvoir interpréter les observations.

3. L'absorption dans la couche D

L'ouvrage remarquable «Ionospheric Radio Propagation»³⁾ publié par le National Bureau of Standards américain donne les renseignements suivants sur le calcul des valeurs caractéristiques d'absorption. L'indice d'absorption α est défini par

$$\alpha = \log \frac{E_0}{E} \quad (2)$$

E_0 étant l'intensité de champ de l'onde spatiale calculée ou mesurée sans absorption, E l'intensité de champ de l'onde réfléchie effectivement constatée. L'indice α dépend de l'heure du jour et de la saison, du nombre des taches solaires, de la fréquence et du chemin parcouru par l'onde dans la région absorbante. La variation quotidienne de α est fonction de la position du soleil et est déterminée par la formule

$$K = 0,142 + 0,858 \cdot \cos \chi \quad (3)$$

L'angle χ indique la distance zénithale du soleil. Si le soleil se trouve au zénith, verticalement au-dessus de l'observateur, χ est égal à 0. Comme la distance zénithale varie aussi pendant les saisons, le facteur K indique également la façon dont l'absorption se comporte au cours de l'année. Mais il faut tenir compte encore d'un second facteur sai-

Tages- und Jahreszeit, der Zahl der Sonnenflecken, der Frequenz und vom Weg, den die Welle in der absorbierenden Region zurücklegt. Die tägliche Variation von α folgt dem Sonnenstand und wird durch die Formel beschrieben:

$$K = 0,142 + 0,858 \cdot \cos \chi \quad (3)$$

Der Winkel χ bedeutet den Zenithwinkel der Sonne. Steht sie im Zenith, senkrecht über dem Beobachter, so ist $\chi = 0$. Da sich der Zenithwinkel auch während der Jahreszeiten ändert, beschreibt der Faktor K auch das Verhalten der Absorption im Laufe des Jahres. Daneben ist aber noch ein zweiter jahreszeitlicher Faktor J zu beachten, der aus Messungen in mittleren Breiten der Nordhalbkugel bestimmt werden konnte. Er wird willkürlich im Sommer zu 1,0 angenommen.

	I, II, XI, XII	$J = 1,3$
Monate:	III, IV, IX, X	$J = 1,15$
	V, VI, VII, VIII	$J = 1,0$

Weiterhin ist die Absorption ausser vom 27-Tage-Zyklus der Sonnenrotation auch vom 11-Jahre-Zyklus der Sonnenflecken abhängig. Man hat festgestellt, dass sie um etwa 50% zunimmt, wenn die Relativzahl R der Sonnenflecken von 0 auf 100 steigt. Man setzt also:

$$Q = 1 + 0,005 \cdot R \quad (4)$$

Für senkrechten Einfall besteht der Absorptionsindex α aus den folgenden einzelnen Faktoren:

$$\alpha = J Q \bar{K} S = A S \quad (5)$$

\bar{K} wird über die Entfernung vom Sender zum Empfänger gemittelt, S enthält die Abhängigkeit von der Frequenz und der Eindringtiefe in die D-Schicht. Die K -Faktoren können auf zwölf Monatsdiagrammen abgelesen werden; als Beispiel zeigt Fig. 12 den Monat September.

Als mittlere Breite der Schweiz wird $46^\circ 20' N$ eingezeichnet. Als mittlere Ortszeit für Beromünster und Monte Ceneri wird die Zeit für $9^\circ E$ gewählt, die gegenüber der mitteleuropäischen Zeit (MEZ = CET: $15^\circ E$) um 24 Minuten nachgeht. Auf diese Weise können für die fünf Zeitpunkte $17^{30} \dots 21^{30}$ MEZ die K -Werte jedes Monats bestimmt werden. Durch Multiplikation mit den entsprechenden Werten für J und Q findet man die Faktoren A (Fig. 13).

A steigt im Frühjahr langsamer an als im Herbst abnimmt. Die Absorption in der D-Schicht ist Null während des ganzen Jahres für die Zeit von 21^{30} und im Monat Dezember für alle fünf betrachteten Abendstunden.

Fig. 14 zeigt den Verlauf des Absorptionsindex α mit der Frequenz (Mittagswerte im Januar). Bei rund 1200 kHz besteht die grösste Absorption. Diese Frequenz stellt gleichsam die «Grenzfrequenz» der D-Schicht dar. Für höhere Frequenzen ändert sich die Absorption proportional zu f^2 . Ebenso lassen sich die Grenzfrequenzen der E- und F_2 -Schicht erkennen, wo eine besondere, die «deviative» Absorption

sonnier J qui a pu être déterminé par des mesures effectuées à des latitudes moyennes de l'hémisphère boréal. Il est fixé arbitrairement pour l'été à 1,0.

	I, II, XI, XII	$J = 1,3$
Mois:	III, IV, IX, X	$J = 1,15$
	V, VI, VII, VIII	$J = 1,0$

En outre, l'absorption dépend non seulement du cycle de 27 jours de la rotation du soleil, mais aussi du cycle de onze ans des taches solaires. On a constaté qu'elle augmente d'environ 50% quand le nombre relatif R des taches solaires monte de 0 à 100. On pose donc:

$$Q = 1 + 0,005 \cdot R \quad (4)$$

Pour l'incidence normale, l'indice d'absorption α se compose des facteurs suivants:

$$\alpha = J Q \bar{K} S = AS \quad (5)$$

K est la moyenne entre la valeur de K à l'émetteur et au récepteur, S indique l'influence de la fréquence et de la profondeur de pénétration dans la couche D. On peut tirer les facteurs K de douze diagrammes mensuels dont celui du mois de septembre est reproduit comme exemple à la figure 12.

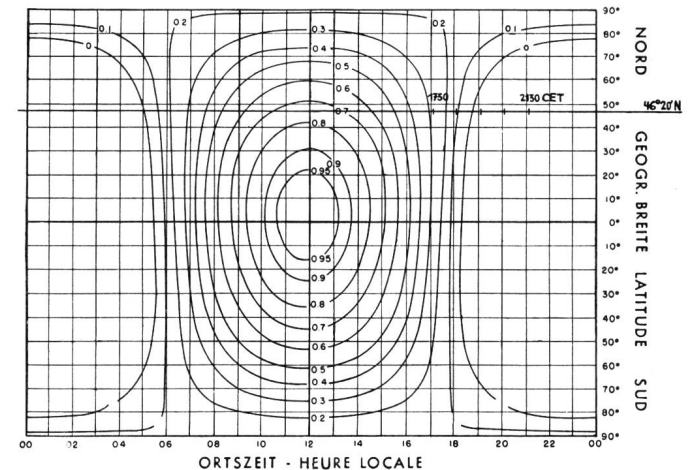


Fig. 12. Absorptionsfaktor K für September (aus «*Ionospheric Radio Propagation*»)
 Facteur d'absorption K pour septembre (tiré de «*Ionospheric Radio Propagation*»)

La latitude moyenne de la Suisse est représentée par un trait indiquant $46^\circ 20' N$. D'autre part, on a choisi comme heure locale moyenne pour Beromünster et Monte Ceneri l'heure de $9^\circ E$ qui retarde de 24 minutes sur l'heure de l'Europe centrale (HEC=CET: $15^\circ E$). De cette manière, les valeurs de K de chaque mois peuvent être déterminées entre 17.30 et 21.30 HEC. En les multipliant par les valeurs correspondantes de J et Q , on trouve les facteurs A (fig. 13).

A monte au printemps plus lentement qu'il ne descend en automne. L'absorption dans la couche D est nulle durant toute l'année à 21.30 h. et, au mois de décembre, aux cinq heures d'observation.

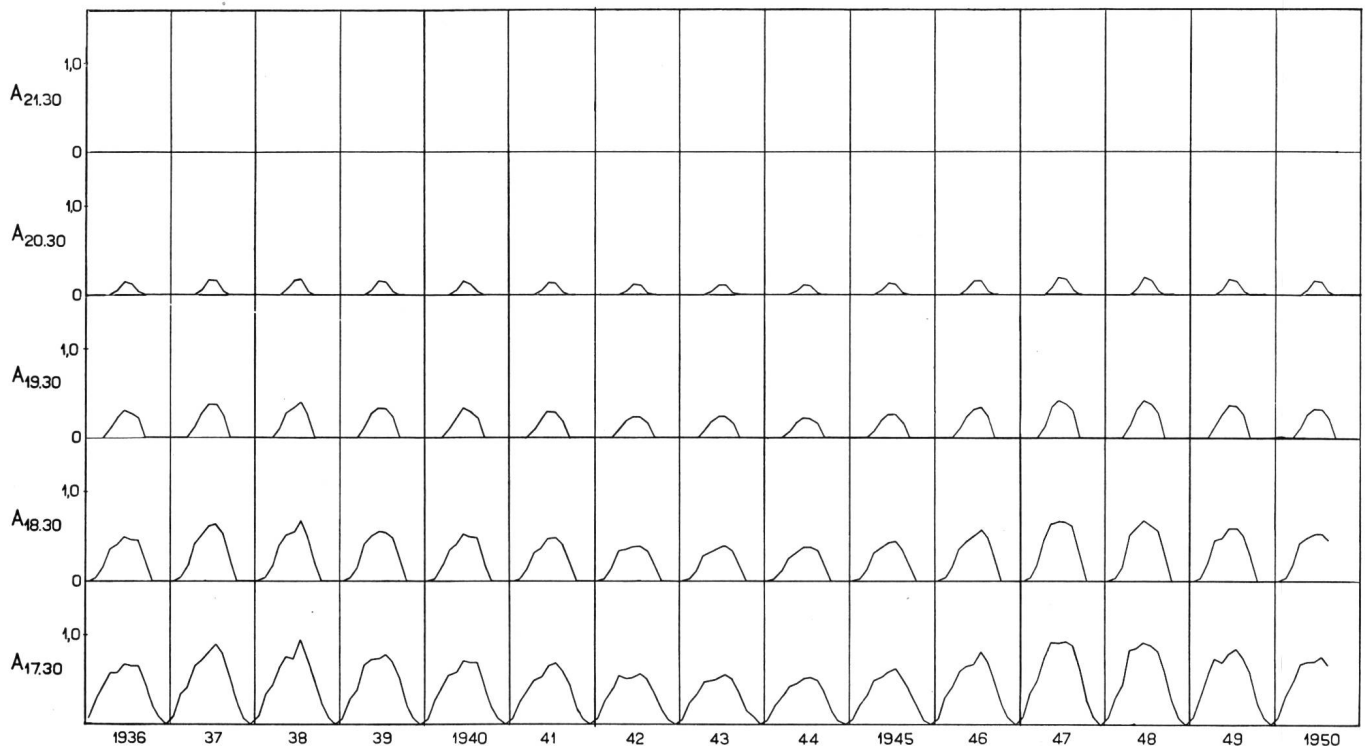


Fig. 13. Abhängigkeit der Absorptionsfaktoren A von der Tages- und Jahreszeit
Corrélation des facteurs d'absorption A avec l'heure et la saison

auftritt. Es wird angenommen, dass die Angaben der Fig. 14 auch auf andere Tages- und Jahreszeiten übertragen werden dürfen.

Für senkrechten Einfall werden die Wellen der drei Landessender relativ zueinander wie folgt absorbiert:

Beromünster	$f = 556$ kHz	$\alpha = 1,12$
Sottens	$f = 677$ kHz	$\alpha = 1,51$
Monte Ceneri	$f = 1167$ kHz	$\alpha = 2,20$

Die Welle von Monte Ceneri wird also rund doppelt so stark verschluckt wie jene von Beromünster. Für schrägen Einfall verstärkt sich die Absorption nach dem Gesetz:

$$\alpha' = \alpha \cdot \sec \varphi = \frac{\alpha}{\cos \varphi} \quad (6)$$

Die Einfallswinkel der Raumwellen in Höhen von 100 km und 300 km sind in Fig. 15 dargestellt.

Das Ergebnis für die drei Übertragungsstrecken lautet:

	$\sec \varphi_{100}$	$\sec \varphi_{300}$	α'_{100}	α'_{300}
Beromünster . .	1,102	1,012	1,235	1,135
Sottens	1,095	1,010	1,640	1,515
Monte Ceneri . .	1,015	1,001	2,235	2,205

Die Erdkrümmung ist bei der Berechnung vernachlässigt worden. Das darf um so mehr geschehen, als die Reflexionshöhe nicht immer genau 100 km oder 300 km beträgt. Vergleicht man die Absorptionsindizes untereinander, so findet man

La figure 14 montre l'allure de l'indice d'absorption α avec la fréquence (valeurs de midi en janvier). La plus grande absorption se présente à environ 1200 kHz. Cette fréquence représente en quelque sorte la «fréquence critique» de la couche D. Pour les fréquences plus élevées, l'absorption varie proportionnellement à f^2 . On peut également reconnaître les fréquences critiques des couches E et F_2 lorsque se manifeste une absorption particulière, l'absorption «déviateur». On admet que les indications de la fi-

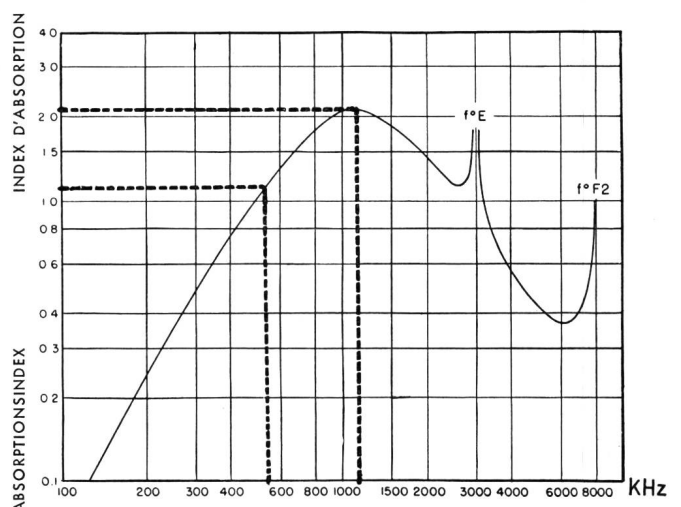


Fig. 14. Änderung der Absorption des ordentlichen Strahls mit der Frequenz; Mittagswerte für Januar 1942 in Washington (aus «Ionospheric Radio Propagation»)
Absorption du rayon ordinaire en fonction de la fréquence; valeurs de midi mesurées à Washington en janvier 1942 (tiré de «Ionospheric Radio Propagation»)

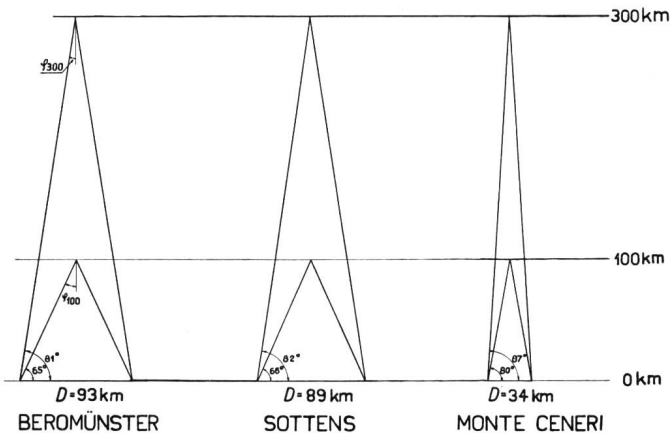


Fig. 15. Einfallswinkel in Höhen von 100 km und 300 km für die drei Übertragungsstrecken
Angles d'incidence à des hauteurs de 100 et 300 km pour les trois parcours de transmission

für 100-km-Reflexionen: $\alpha'_C = 1,81 \cdot \alpha'_B$
 $\alpha'_S = 1,33 \cdot \alpha'_B$
 für 300-km-Reflexionen: $\alpha'_C = 1,94 \cdot \alpha'_B$
 $\alpha'_S = 1,34 \cdot \alpha'_B$

Die Faktoren A der Fig. 13 können durch Superposition ebenfalls zu einem «Normaljahr» vereinigt und mit den F -Kurven der drei Landessender verglichen werden. Die Absorptionsindizes α' sind in willkürlichen Einheiten, jedoch relativ zueinander im richtigen Maßstab eingezeichnet (Fig. 16). Das Ansteigen des sommerlichen Minimums im Laufe des Abends entspricht der Abnahme der Absorption. Monte Ceneri besitzt den relativ grössten Absorptionsindex. Es ist jedoch bemerkenswert, dass für die Zeit von 20...21 Uhr die Absorption nicht mehr auf die F -Kurve einwirkt. Im Sommer erscheint bei Monte Ceneri bereits ein Maximum, während die beiden anderen Sender zu dieser Zeit noch ein Minimum aufweisen. Im letzten Stundenintervall ist die Absorption Null. Die gefundenen Unterschiede im Saisonverlauf beim Übergang von Beromünster über Sottens zu Monte Ceneri müssen somit allein der Reflexion zugeschrieben werden, die sich mit zunehmender Frequenz ändert.

E. V. Appleton und *W. R. Piggott*⁴⁾ berichten über Absorptionsmessungen auf 2...6 MHz über einen ganzen Sonnenfleckenzyklus. In Südengland finden sie eine Saisonanomalie, indem im Winter die Absorption wieder ansteigt. Dadurch wird die Korrelation mit den Sonnenflecken gestört. Für einen ganzen Fleckenzyklus ändert sich die Absorption während der Sommermonate (normal) wie 2,6:1, während der Wintermonate (anomal) wie 1,4:1. Leider stehen keine ausführlichen Absorptionsmessungen für Mittelwellen zur Verfügung, so dass man nicht sagen kann, ob die für Kurzwellen gefundene Saisonanomalie auch für die hier behandelte Statistik zu beachten ist.

Über die Absorption der Sonnenstrahlung in der gesamten Atmosphäre berichtet *J. R. Ashworth*⁵⁾. Er untersucht die Intensitätsschwankungen des Tageslichtes und der ultravioletten Strahlen, die während

Figure 14 peuvent aussi être reportées sur d'autres heures de la journée et sur d'autres saisons.

Pour l'incidence normale, les ondes des trois émetteurs nationaux sont absorbées dans les proportions relatives suivantes:

Beromunster $f = 556$ kHz $\alpha = 1,12$
 Sottens $f = 677$ kHz $\alpha = 1,51$
 Monte Ceneri $f = 1167$ kHz $\alpha = 2,20$

Ainsi, l'onde de Monte Ceneri est absorbée à peu près deux fois plus fortement que celle de Beromunster. Pour une incidence oblique, l'absorption augmente d'après la loi

$$\alpha' = \alpha \cdot \sec \varphi = \frac{\alpha}{\cos \varphi} \quad (6)$$

Les angles d'incidence des ondes spatiales à des hauteurs de 100 et 300 km sont représentés à la figure 15.

Le résultat pour les trois parcours est le suivant:

	$\sec \varphi_{100}$	$\sec \varphi_{300}$	α'_{100}	α'_{300}
Beromunster	1,102	1,012	1,235	1,135
Sottens	1,095	1,010	1,640	1,515
Monte Ceneri	1,015	1,001	2,235	2,205

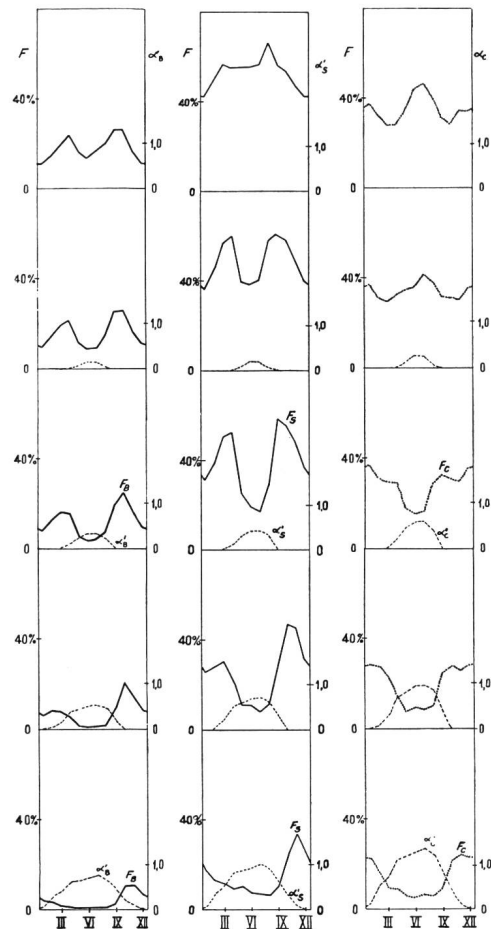


Fig. 16. Vergleich der Monatsmittel von F und der Absorptionsindizes α' während eines Normaljahres
Comparaison des moyennes mensuelles de F avec les indices d'absorption α' pendant une année normale

elf Jahren die Erde erreichen. Die Kurve der Tageslichtintensität verläuft in Opposition zur Sonnenfleckenkurve und hat dieselbe Periode, da die Absorption in der Ionosphäre im Fleckenmaximum am grössten ist. Die Intensitätskurve des Ultravioletts hat zwei kleine Maxima auf beiden Seiten des Hauptminimums und scheint innerhalb eines Sonnenfleckenzyklus eine doppelte Periode zu haben. Die ultraviolette Strahlung erleidet zwei Arten von Schwankungen: Die Emission ändert sich direkt mit der Fleckenzahl R , die Absorption variiert mit der Ionisierung der hohen Luftschichten, die ihrerseits der Fleckenkurve folgt und mit wachsendem R zunimmt.

4. Über die Reflexion in der Ionosphäre

Der Fernempfang auf Mittelwellen, der durch die Reflexion der Raumwellen an der nächtlichen Ionosphäre zustande kommt, ist seit langem bekannt. Nach *W. Gerber* und *A. Werthmüller*¹⁾ stammen die Reflexionen, die den Nahschwund verursachen, vorwiegend aus der E-Region. Auch nach Fig. 15 dürfte es sehr fraglich sein, ob die Sender unter Winkeln grösser als 80° noch soviel Energie ausstrahlen, dass diese nach einer F-Reflexion zum Nahschwund beitragen könnte. Die Aufmerksamkeit hat sich eher nur der E-Region zuzuwenden.

Die Erfahrungen im Rundspruch und im internationalen Nachrichtenverkehr haben wertvolle Kenntnisse über dieses Gebiet gebracht. Die weitaus grösste Zahl der Ionosphären-Lotungsgeräte arbeiten im Bereich von 1...25 MHz, wobei das obere Mittelwellenband von 1...1,6 MHz meistens ausserhalb des allgemeinen Interesses liegt. Seit Jahren werden mittags die Grenzfrequenzen der E-Schicht bestimmt. Für nächtliche Messungen liegt bei den meisten Geräten die untere Frequenzgrenze zu hoch. So ist es zu erklären, dass die Aussagen über den nächtlichen Zustand der E-Schicht leider nur recht spärlich sind. Vor allem fehlen genaue Angaben über die Grenzfrequenz f_0E für Mitternacht und ihre Abhängigkeit von den Jahreszeiten und Sonnenfleckenzahlen.

Man weiss, dass sich die Ladungsträgerdichte in den Schichten D, E und F_1 genau nach dem Sonnenstand verändert, dass also die Grenzfrequenzen im Sommer höher sind als im Winter. *L. Bergmann* und *H. Lassen*⁶⁾ zitieren Messungen in England, wonach sich die Werte für f_0E wie 1,35:1 verhalten. Die Messungen können aber von Ort zu Ort stark streuen. Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen müssen recht gross angenommen werden, wenn auch noch nichts Genaueres darüber bekannt ist. Die Grenzfrequenzen der unteren Schichten steigen mit wachsendem R viel weniger an als f_0F_2 . Die Grenzfrequenz der E-Schicht steigt vom Sonnenflecken-Minimum zum -Maximum rund um den Faktor 1,25 an. Bei einigen nächtlichen Beobachtungen wurde f_0E zwischen 0,6 und 1 MHz gefunden.

Nach *M. Waldmeier*⁷⁾ liegt das Maximum der E-Schicht im Sommer etwa um 15 km tiefer als im

Dans ces calculs, il n'a pas été tenu compte de la courbure de la terre. On a pu d'autant plus négliger ce facteur que les hauteurs de réflexion ne se situent pas toujours exactement à 100 ou 300 km. Si l'on compare entre eux les indices d'absorption, on trouve

$$\text{pour les réflexions à 100 km: } \alpha'_C = 1,81 \cdot \alpha'_B$$

$$\alpha'_S = 1,33 \cdot \alpha'_B$$

$$\text{pour les réflexions à 300 km: } \alpha'_C = 1,94 \cdot \alpha'_B$$

$$\alpha'_S = 1,34 \cdot \alpha'_B$$

On peut également, par superposition, réunir en une «année normale» les facteurs A de la figure 13 et les comparer aux courbes F des trois émetteurs nationaux. Les indices d'absorption α' sont dessinés en unités arbitraires, mais en relations exactes entre elles (fig. 16).

La montée du minimum estival au cours de la soirée correspond à la diminution de l'absorption. Monte Ceneri présente l'indice d'absorption relativement le plus élevé. Il faut cependant relever qu'entre 20 et 21 heures l'absorption n'a plus d'influence sur la courbe F . En été, un maximum de F apparaît déjà pour Monte Ceneri, tandis qu'à ce moment, les deux autres émetteurs accusent encore un minimum. Durant la dernière heure, l'absorption est nulle. Les différences saisonnières constatées en passant de Beromunster par Sottens à Monte Ceneri doivent donc être attribuées uniquement à la réflexion qui change en même temps que la fréquence augmente.

E. V. Appleton et *W. R. Piggott*⁴⁾ font connaître les résultats de mesures d'absorption effectuées sur des fréquences de 2 à 6 MHz durant un cycle entier de taches solaires. Dans le sud de l'Angleterre, ils ont constaté une anomalie saisonnière dans le fait que l'absorption augmente de nouveau en hiver, ce qui trouble la corrélation avec les taches solaires. Pour un cycle de taches entier, l'absorption varie durant les mois d'été (normal) dans le rapport de 2,6:1, et, durant les mois d'hiver (anomal), dans le rapport de 1,4:1. Malheureusement, comme il n'a pas été fait de mesures d'absorption approfondies pour les ondes moyennes, on ne peut pas dire si les anomalies saisonnières constatées pour les ondes courtes doivent aussi être prises en considération pour la statistique présentée ici.

*J. R. Ashworth*⁵⁾ traite de l'absorption du rayonnement solaire dans toute l'atmosphère. Il étudie les variations d'intensité de la lumière du jour et des rayons ultraviolets qui atteignent la terre au cours de onze années. La courbe de l'intensité lumineuse diurne a une allure opposée à celle des taches solaires et a la même période, car l'absorption dans l'ionosphère est la plus grande quand les taches solaires accusent un maximum. La courbe d'intensité du rayonnement ultraviolet présente deux petits maxima des deux côtés du minimum principal et semble avoir une double période à l'intérieur d'un cycle de taches solaires. Le rayonnement ultraviolet souffre de deux genres de variations: l'émission

Winter, da die steiler einfallende Sonnenstrahlung tiefer einzudringen vermag. Ein Einfluss der Sonnenfleckenanzahl auf die Höhe der E-Schicht scheint nicht zu bestehen.

Auch der Erdmagnetismus zeigt in seinen Schwankungen eine Abhängigkeit von der Jahreszeit (Fig. 17) und von der Sonnenfleckenanzahl.

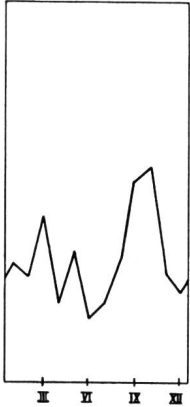


Fig. 17.
Jahresgang der erdmagnetischen Aktivität (nach *M. Waldmeier*)
Cycle annuel de l'activité magnétique terrestre (selon *M. Waldmeier*)

Die magnetische Aktivität steigt im Fleckenmaximum etwa auf das Doppelte, magnetische Stürme sind zahlreicher als wenn R klein ist. Dadurch wird die gesamte Ionosphäre turbulenter und reflektiert weniger regelmässig.

*H. L. Lung*⁸⁾ (China) beobachtet im November bei Sonnenaufgang und -untergang, ausser der E-Schicht in 100 km Höhe, eine E_2 -Schicht in 150 km. Diese E_2 -Schicht bleibt meistens etwa eine Stunde, selten länger als zwei Stunden bestehen. Der Effekt verschwindet im Sommer und Herbst und erscheint im Winter wieder. Auch die normale E-Schicht ist morgens und abends ein wenig höher als über den Mittag. Im Gegensatz dazu besteht nach Messungen von *W. Dieminger*⁹⁾ in Deutschland während des ganzen Tages eine E_2 -Schicht in 110...120 km Höhe. Nachts können die Grenzfrequenzen der E-Region nicht gemessen werden, da sie unter die Frequenzgrenze des Gerätes sinken.

Nach *J. Gauzit*¹⁰⁾ bewirkt die Wiedervereinigung der Atome zu Molekülen in der Abenddämmerung eine Druckabnahme, was die Ausdehnung der unteren Ionosphäre nach sich zieht. Beim Sonnenuntergang steigt die E-Schicht plötzlich um etwa 10 km in die Höhe und bildet eine riesige Falte, woraus sich die Dämmerungsanomalien in der Ausbreitung der längsten Wellen ergeben. In schweren Fällen dauert es 2...3 Stunden, bis sich die Feldstärke wieder erholt hat. Die F-Schicht steigt im Augenblick des Sonnenunterganges um 50 km. Nach andern Quellen hat man zu präzisieren, dass die F_1 -Schicht um rund 50 km steigt, die F_2 -Schicht um rund 50 km sinkt, und dass sich so die nächtliche einfache F-Schicht in einer mittleren Höhe bildet.

R. A. Helliwell, *A. J. Mallinckrodt*, *F. W. Kruse*, *B. A. Wambsganss*¹¹⁾ berichten über Lotungen bei Tag und bei Nacht zwischen 100 und 1400 kHz. Zum

change directement avec le nombre de taches R , l'absorption varie avec l'ionisation des hautes couches atmosphériques qui, de son côté, suit la courbe des taches et croît à mesure que R augmente.

4. La réflexion dans l'ionosphère

La réception à longue distance sur ondes moyennes grâce à la réflexion des ondes spatiales par l'ionosphère nocturne est connue depuis longtemps. Selon *W. Gerber* et *A. Werthmüller*¹⁾, les réflexions qui provoquent les fluctuations dans la première zone d'évanouissements proviennent surtout de la région E. On peut en effet douter, d'après la figure 15, que, sous des angles supérieurs à 80° , les émetteurs rayonnent encore suffisamment d'énergie pour que celle-ci, après une réflexion dans la région F, puisse contribuer à des fluctuations dans la première zone d'évanouissements. Il faut plutôt porter son attention uniquement sur la région E.

Les expériences faites dans le domaine de la radio-diffusion et des télécommunications internationales fournissent de précieux renseignements à ce sujet. La très grande majorité des appareils de sondage de l'ionosphère travaillent dans la gamme de 1 à 25 MHz dont la bande supérieure d'ondes moyennes de 1 à 1,6 MHz n'offre généralement aucun intérêt. Depuis des années, on détermine à midi les fréquences critiques de la couche E. Pour les mesures nocturnes, les limites inférieures de fréquence de la plupart des appareils sont trop hautes. C'est ce qui explique pourquoi les énoncés sur l'état nocturne de la couche E sont malheureusement si rares. On manque avant tout d'indications précises sur la fréquence critique f_oE à minuit et sur sa corrélation avec les saisons et le nombre des taches solaires.

On sait que la densité d'ionisation dans les couches D, E et F_1 varie exactement d'après la position du soleil et que, par conséquent, les fréquences critiques sont plus élevées en été qu'en hiver. *L. Bergmann* et *H. Lassen*⁶⁾ citent des mesures faites en Angleterre suivant lesquelles les valeurs pour f_oE varient dans le rapport de 1,35:1. Mais les mesures peuvent différer fortement d'un endroit à l'autre. Il faut admettre de très grosses variations de température saisonnières bien qu'on ne connaisse encore rien de précis à cet égard. Les fréquences critiques des couches inférieures montent moins rapidement que f_oF_2 quand R augmente. La fréquence critique de la couche E monte du minimum au maximum des taches solaires selon un facteur d'environ 1,25. Quelques observations nocturnes donnent pour f_oE des valeurs entre 0,6 et 1 MHz.

D'après *M. Waldmeier*⁷⁾, le maximum de la couche E se trouve environ 15 km plus bas en été qu'en hiver, car le rayonnement solaire plus direct pénètre plus profondément. Il ne semble pas que le nombre des taches solaires ait une influence sur la hauteur de la couche E.

Empfang dienen horizontale Dipole, der eine in der Nord-Süd-, der andere in der Ost-West-Richtung. Die E-Echos sind meistens aufgespalten. Zwischen 85 und 180 km befinden sich oft mehrere Schichten. Es zeigt sich zum Beispiel auf 100 kHz, dass die Echos aus 88 km Höhe nur an der Nord-Süd-Empfangsantenne erscheinen, jene aus 102 km nur an der Ost-West-Antenne. Bei einer anderen Beobachtung sind Echos aus 100 km und 120 km in unregelmässigem An- und Abschwellen gleich häufig an beiden Antennen zu finden. Die Aufspaltung der Echos und das ganz unabhängige Verhalten beider Komponenten bedeuten, dass die E-Region horizontal in zwei oder mehrere Schichten unterteilt ist, und dass diese Schichten in verschiedenen Höhen zum Teil spiegeln und zum Teil durchlässig sind. Neben symmetrischen M-Echos ($2 h_1$ und $2 h_2$) sind auch unsymmetrische M-Echos ($h_1 + h_2$) zu finden. Die in höheren Teilen der E-Schicht reflektierten EW-Echos sind meistens stärker als die tieferen NS-Echos. Die Orientierung der Sendeantenne spielt bei allen diesen Beobachtungen keine Rolle. Der am NS-Dipol auftretende Strahl ist der ordentliche, er wird an tieferen Schichten reflektiert; der am EW-Dipol einfallende Strahl ist der ausserordentliche. Oberhalb 600 kHz ist kein Unterschied zwischen beiden Empfangsdipolen mehr festzustellen.

Die Ansichten über die Ursache dieser nächtlichen Schichten gehen auseinander. *W. Dieminger*⁹⁾ gibt in seinen Zahlenreihen eine anomale E-Schicht in 100 km Höhe bekannt, die fast in jeder Nacht vorhanden ist. Für eine solche Schicht dürfte die Bezeichnung «sporadisch» nicht zutreffen. Sporadisch ist eher jene Schicht zu nennen, die *W. Gerber* und *A. Werthmüller*¹⁾ in einer Höhe über 100 km von Zeit zu Zeit beobachteten.

In einem früher erschienenen Artikel von *H. W. Wells*¹²⁾ (Australien) wird ausgeführt, dass die grösste Häufigkeit der sporadischen E-Schicht nachts, gegen Mitternacht, vorkommt. Die stärkste Ionisierung (höchste Grenzfrequenz) der E_S -Schicht erscheint aber am Tag. Auf beiden Erdhalbkugeln tritt das Maximum von E_S im lokalen Sommer ein. Die Jahreskurven zeigen ein Anwachsen für 1938...1941, ein Fallen für 1941...1944 und ein neues Anwachsen für 1944...1945. Vergleicht man die E_S -Kurve mit der Sonnenfleckenkurve, so steht die Abwärtsbewegung nach 1941 im Gegensatz zur Nordhalbkugel, da man in Washington einen gegensinnigen Verlauf zwischen E_S und R gefunden hat. Für Watheroo scheint keine solche Relation zu bestehen. Es ist zu sagen, dass die Beobachtungen auf der Südhalbkugel in vielen Fällen stark von jenen der Nordhälfte abweichen, so dass eine Übertragung von Daten vorsichtig zu geschehen hat. Eine sömmerliche, besondere E-Ionisierung wurde auch bei italienischen Fernsehversuchen gefunden, indem von Anfang Mai bis Ende August Reflexionen bis 80 MHz zu beobachten waren. Die neueren Erkenntnisse über die anomale E-Schicht

Les variations du magnétisme terrestre dépendent, elles aussi, de la saison et du nombre des taches solaires (fig. 17).

L'activité magnétique double à peu près à l'époque du maximum des taches, et les orages magnétiques sont plus nombreux que quand R est petit. L'ionosphère entière est plus agitée et réfléchit moins régulièrement.

*H. L. Lung*⁸⁾ (Chine) observe en novembre, au lever et au coucher du soleil, en plus de la couche E à 100 km de hauteur, une couche E_2 à 150 km. Généralement, cette couche E_2 se maintient durant environ une heure, rarement pendant plus de deux heures. L'effet disparaît en été et en automne et réapparaît en hiver. La couche normale E est aussi un peu plus haute le matin et le soir qu'à midi. En revanche, selon les mesures de *W. Dieminger*⁹⁾ une couche E_2 subsiste au-dessus de l'Allemagne durant toute la journée entre 110 et 120 km de hauteur. La nuit, les fréquences critiques de la région E ne peuvent pas être mesurées, car elles descendent au-dessous des limites de fréquences des appareils.

Selon *J. Gauzit*¹⁰⁾, la recombinaison des atomes en molécules au crépuscule provoque une diminution de pression entraînant une expansion de l'ionosphère inférieure. Au coucher du soleil, la couche E monte subitement de 10 km environ formant une ride immense qui est la cause des anomalies constatées au crépuscule dans la propagation des ondes longues. Dans les cas graves, 2 à 3 heures peuvent se passer avant que l'intensité de champ retrouve son niveau normal. La couche F monte de 50 km au moment où le soleil se couche. Selon d'autres sources, il convient de préciser que la couche F_1 monte d'environ 50 km, tandis que la couche F_2 descend d'environ 50 km, de sorte que la couche F nocturne simple se forme à une hauteur moyenne.

R. A. Helliwell, *A. J. Mallinckrodt*, *F. W. Kruse*, *B. A. Wambsganss*¹¹⁾ parlent de sondages faits de jour et de nuit entre 100 et 1400 kHz. Pour la réception, on se sert de dipôles horizontaux, l'un tendu dans la direction Nord-Sud, l'autre dans la direction Est-Ouest. Les échos E sont généralement subdivisés. Entre 85 et 180 km se trouvent souvent plusieurs couches. On constate par exemple, sur 100 kHz, que les échos provenant de 88 km de hauteur ne sont reçus que par l'antenne Nord-Sud, ceux de 102 km que par l'antenne Est-Ouest. Lors d'une autre observation, on a relevé, en même quantité sur les deux antennes, des échos de variations irrégulières provenant de 100 et 120 km. La séparation des échos et le comportement tout à fait indépendant des deux composantes signifient que la région E est subdivisée en deux ou plusieurs couches et que ces couches à différentes hauteurs sont en partie réfléchissantes, en partie perméables. On trouve, à côté d'échos M symétriques ($2 h_1$ et $2 h_2$), des échos M dyssymétriques ($h_1 + h_2$). Les échos dans la direction EO, réfléchis dans les parties supérieures de la couche E,

und ihre Verteilung über die Erdkugel sind derart verwickelt, dass man heute nach einer Äußerung von *L. V. Berkner* bereits sieben Arten von anomalen E-Schichten zu unterscheiden hat.

Bei der Raumwellenausbreitung ändert sich die Dämpfung als Funktion der Frequenz im allgemeinen nach Fig. 18a¹³). Für eine gegebene Übertragungsstrecke und eine gegebene Zeit hat also eine bestimmte optimale Frequenz f_{opt} (OWF = Optimum Working Frequency) die kleinste Dämpfung. Der Bereich der brauchbaren Frequenzen erstreckt sich zwischen f_{luf} (LUF = Lowest Useful Frequency) und f_{muf} (MUF = Maximum Usable Frequency). Da sich beide Grenzen mit der Zeit verschieben, ist man gezwungen, im Laufe von 24 Stunden nacheinander verschiedene Arbeitsfrequenzen zu wählen. Als Umkehrung von Fig. 18a zeigt Fig. 18b eine grundsätzliche Darstellung der brauchbaren Empfangsfeldstärke als Funktion der Frequenz. Die Feldstärke fällt zu beiden Seiten der besten Arbeitsfrequenz ab. Nach tieferen Frequenzen hin macht sich die Absorption immer stärker bemerkbar. Nach höheren Frequenzen sinkt das Reflexionsvermögen, da die Ladungsträgerdichte einen bestimmten endlichen Wert hat.

In diesem Zusammenhang sind Beobachtungen von *H. T. Stetson*¹⁴) auf Kurz- und Mittelwellen in Abhängigkeit von der Sonnenfleckenzahl interessant. Die Zwölfmonatsmittel der Grenzfrequenz f_oE_2 steigen für 1945...1947 mit wachsendem R in normaler bekannter Weise an. Nachts nimmt die Ionisation in der F_2 -Schicht ab, die Grenzfrequenzen liegen folglich tiefer als am Tag (Fig. 19).

Die WWV-Frequenzen von 5 MHz und 10 MHz wurden in 600 km Entfernung, die Station WBBM Chicago auf 780 kHz in 1370 km empfangen. Es ist möglich, die Messungen wie folgt zu deuten. Die Kurven von Fig. 18a und b verschieben sich mit steigender Sonnenfleckenzahl als Ganzes nach rechts, nach höheren Frequenzen hin und überstreichen dabei die konstanten Sendefrequenzen, die beobachtet worden sind.

5 MHz (Fig. 20): Diese Frequenz liegt bei Nacht zuerst rechts von der günstigsten Frequenz. Mit zunehmendem R erhöht sich die Empfangsfeldstärke. Für $R = 90$ beträgt die kritische Frequenz ebenfalls 5 MHz. Für $R = 110$ bedeutet 5 MHz die optimale Frequenz, mit kleinster Dämpfung, dabei hat f_{krit} den Wert von 5,5 MHz. Die Kurven der Fig. 18a und 18b verschieben sich immer weiter nach rechts, so dass die Dämpfung für 5 MHz wieder langsam ansteigt und die Feldstärke sinkt. Am Tag sind die Verhältnisse umgekehrt, da die kritische Frequenz für $R = 20$ bereits 6 MHz erreicht hat. Die günstigste Frequenz mit kleinster Dämpfung liegt dann etwa bei 5 MHz, was durch das Maximum angedeutet ist. Das Tagfeld ist infolge der D-Absorption kleiner als das Nachtfeld. Da man sich dauernd im linken Teil der Kurven der Figuren 18a und 18b befindet,

sont généralement plus forts que les échos dans la direction NS des parties basses. Pour toutes ces observations, l'orientation de l'antenne émettrice ne joue aucun rôle. Le rayon reçu par le dipôle NS est le rayon ordinaire réfléchi par les couches basses; celui qui touche le dipôle EO est le rayon extraordinaire. Au-dessus de 600 kHz, on ne constate plus aucune différence entre les deux dipôles de réception.

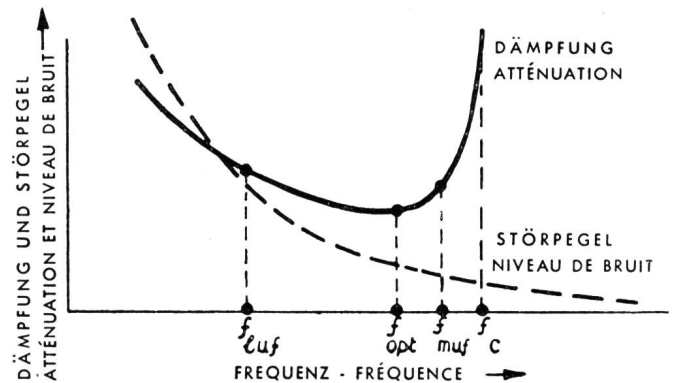


Fig. 18a. Dämpfung und Störpegel als Funktion der Frequenz bei der Raumwellenübertragung (aus «*Post Office Electrical Engineer's Journal*»)

Atténuation et niveau de bruit en fonction de la fréquence pour l'onde d'espace (tiré de «*Post Office Electrical Engineer's Journal*»).

Les avis diffèrent sur les causes de ces couches nocturnes. *W. Dieminger*⁹), dans ses séries de chiffres, fait connaître l'existence, à 100 km de hauteur, d'une couche E anormale se présentant presque chaque nuit. L'expression «sporadique» ne peut pas s'appliquer à une couche de cette nature. On doit plutôt appeler sporadique la couche que *W. Gerber* et *A. Werthmüller*¹) ont observée de temps en temps à une hauteur au delà de 100 km.

Dans un article publié naguère, *H. W. Wells*¹²) (Australie) déclare que la couche sporadique E apparaît le plus fréquemment de nuit, vers minuit. Mais l'ionisation la plus forte (fréquence critique la plus

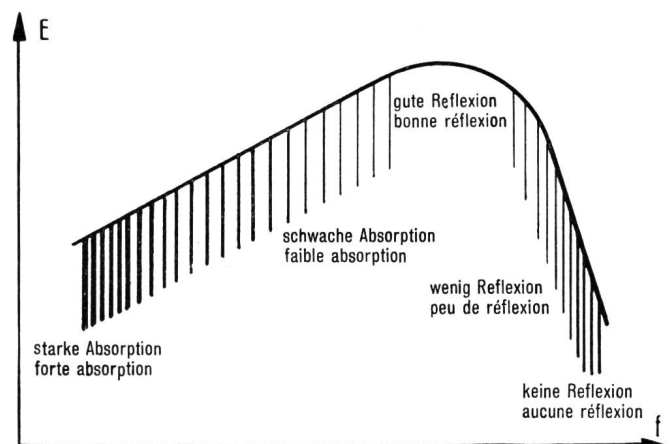


Fig. 18b. Empfangsfeldstärke der Raumwelle als Funktion der Frequenz

Intensité du champ de réception de l'onde d'espace en fonction de la fréquence

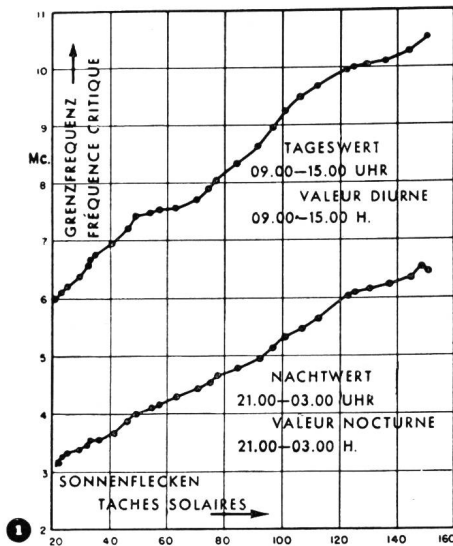


Fig. 19. Zwölfmonatsmittel der Grenzfrequenz f_oF_2

Moyenne de douze mois de la fréquence critique f_oF_2

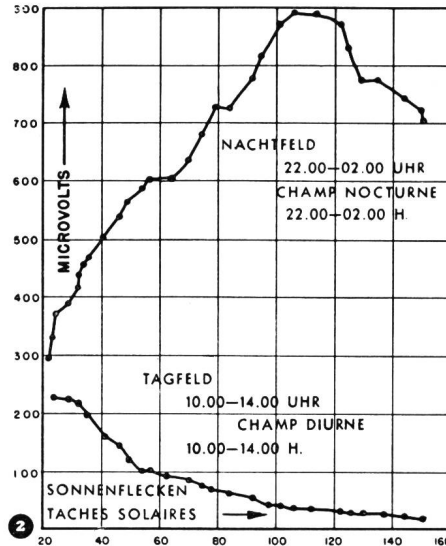


Fig. 20. WWV-Feldstärken auf 5 MHz für 1945...47

Intensités de champ de la station WWV sur 5 MHz pour 1945 à 1947

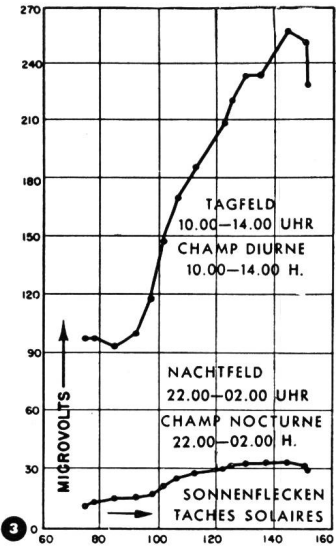


Fig. 21. WWV-Feldstärken auf 10 MHz für 1945...47

Intensités de champ de la station WWV sur 10 MHz pour 1945 à 1947

(nach H. T. Stetson — selon H. T. Stetson)

sinkt das Tagfeld von 5 MHz langsam mit wachsendem R .

10 MHz (Fig. 21): Diese Frequenz liegt bei Nacht zuerst sehr weit rechts von der günstigsten Frequenz. Die Nachtfeldstärke ist deshalb viel kleiner als für 5 MHz. Mit zunehmendem R wächst sie langsam an, da sich der Abstand von der günstigsten Frequenz verkleinert. Bei Tag ist dieser Abstand in jedem Falle kleiner, wodurch die höheren Tagfeldstärken zustande kommen. Für $R > 145$ sinkt das Tagfeld wieder, da die günstigste Frequenz den Betrag von 10 MHz überschritten hat.

780 kHz: Die Mitternachtstärkte sinkt von 270 $\mu\text{V}/\text{m}$ auf 45 $\mu\text{V}/\text{m}$, wenn R von 20 auf 150 steigt. Diese Frequenz ist in den Figuren 18a und 18b sehr weit links einzuzichnen.

Die täglichen Kurven zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der Jahreszeit. Für die Jahre mit wenig Sonnenflecken erscheint im Winter ein Doppel-Maximum des Empfangs am Morgen und am Abend, ein Minimum am Mittag und in der Nacht. Im Sommer steigen die Nachtwerte an, die Mittagswerte sinken parallel zum Längerwerden der Tage. Mit fortschreitendem Sonnenfleckenzyklus verändert sich das Bild, man findet für 1947 auch im Winter den einfachen Kurvenverlauf des Sommers. Die Deutung dieser Beobachtungen geschieht ähnlich wie bereits erwähnt.

5. Versuch einer Deutung der Ergebnisse

Die Größe F' wächst stetig während fünf Stunden. Es besteht ein monotoner Übergang von den Tages- zu den Nachtbedingungen. Bei einem Dämmerungseffekt, wie ihn *Lung* und *Gauzit* beschreiben, dauert es nur kürzere Zeit, bis sich die Lage wieder (in den alten Verhältnissen) stabilisiert hat. Eine nach Sonnenuntergang steigende Schicht (E oder F_1) würde bald

élevée) de la couche E_s se manifeste de jour. Sur les deux hémisphères, le maximum de E_s se produit en été. Les courbes annuelles à Watheroo montrent une augmentation pour 1938—1941, une diminution pour 1941 à 1944 et une nouvelle augmentation pour 1944 à 1945. Si l'on compare la courbe E_s à la courbe des taches solaires, on constate que ce mouvement rétrograde amorcé après 1941 est opposé aux observations faites dans l'hémisphère boréal. On a, en effet, noté à Washington une évolution de sens contraire de E_s et R . Il ne semble pas qu'une relation semblable existe pour Watheroo. Il convient de relever que les observations faites dans l'hémisphère austral s'écartent dans beaucoup de cas de celles faites dans l'hémisphère boréal de sorte que leurs données ne doivent être comparées qu'avec circonspection. On trouva aussi une ionisation estivale particulière dans la région E lors d'essais de télévision faits en Italie au cours desquels on observa, du début de mai à fin août, des réflexions allant jusqu'à 80 MHz. Les dernières constatations faites au sujet de la couche E anormale et sa répartition autour du globe terrestre sont si enchevêtrées qu'on peut aujourd'hui, selon *L. V. Berkner*, distinguer déjà sept sortes de couches E anormales.

L'atténuation des ondes spatiales varie en fonction de la fréquence d'une manière générale selon la figure 18a¹³).

Pour un parcours et une heure donnés, une fréquence optimum f_{opt} (OWF = Optimum Working Frequency), a donc la plus petite atténuation. La bande de fréquences utilisables s'étend de f_{luf} (LUF = Lowest Useful Frequency) à f_{muf} (MUF = Maximum Usable Frequency). Comme les deux limites se déplacent avec le temps, on est obligé, au cours des 24 heures, de choisir l'une après l'autre différen-

zur Ruhe kommen, so dass in diesem Falle die Schwankungen eher wieder abnehmen sollten. Die Deutung als Dämmerungseffekt ist daher unwahrscheinlich.

Die jahreszeitlichen Kurven sind für die Stunden von 17...20 Uhr gleichzeitig von der Absorption und der Reflexion beeinflusst, so dass man eher nur das Intervall 20...22 Uhr bei den drei Sendern vergleichen sollte. Es wäre beispielsweise möglich, die Kurven von Beromünster und Sottens im Sinne der beiden Fig. 18a und 18b mit der Variation einer einfachen E-Schicht zu erklären. Man könnte annehmen, dass die optimale Frequenz dieser Schicht im Laufe des Jahres für die Zeit von 21...22 Uhr etwa zwischen 450 und 650 kHz hin und her pendelt. Demnach liegen im Winter die Frequenzen von Beromünster und Sottens beide rechts, die Raumwelle ist verhältnismässig schwach, der Betrag von F klein. Im April steigt die optimale Frequenz etwa auf 550 kHz, F ist bei Beromünster am grössten. Im Juni erreicht f_{opt} knapp die Sottens-Frequenz, wodurch das einfache Sommermaximum dieses Senders erklärt werden könnte. In der zweiten Jahreshälfte sinkt die günstigste Frequenz wieder auf 450 kHz.

Man könnte zuerst versuchen, die Gegensinnigkeit von Beromünster und Monte Ceneri dadurch zu erklären, dass man zwei Kurven nach Art der beiden Fig. 18 aneinandersetzt. Der linke Teil würde dabei einer normalen E-Schicht entsprechen, während für die zweite Kurve rechts mehrere Möglichkeiten bestehen: eine anomale E-Schicht, eine E_2 -Schicht, eine (den ausserordentlichen Strahl reflektierende) E_X -Schicht, eine F-Schicht, die während der Nacht und im Winter bei diesen Frequenzen schon wirksam sein kann. Die Frequenz von Monte Ceneri würde gerade dann im Minimum zwischen beiden Kurven liegen, wenn die optimale Frequenz der normalen E-Schicht (links) und die Beromünster-Frequenz zusammenfallen. Verschiebt sich diese kombinierte Figur während des Jahres, so ändert sich F bei beiden Sendern gegensinnig. Diese Deutung versagt jedoch völlig bei den Elfjahreskurven, wo F für alle drei Sender gleichsinnig variiert.

Auffällig ist, dass die Schwankungen bei Monte Ceneri zwischen 20 und 22 Uhr nicht mehr zunehmen. Hier scheinen andere Ionisationsverhältnisse vorzuliegen, vielleicht besteht eine Art stabiles Extremum. Bei Beromünster und Sottens bewegt man sich vermutlich eher auf einem schrägverlaufenden Kurvenstück (Fig. 18). Bei Monte Ceneri sind auch das Frühlings- und das Herbst-Extremum schwer zu erkennen; sie entstehen «beinahe zufällig» durch die steigende Sommerspitze und die konstanten Winterbeträge. Schon von 20 Uhr an hat die Absorption ihren Einfluss verloren. Die jahreszeitlich bedingte Kurve dieses Senders kann allenfalls durch zwei ganz verschiedene Ursachen entstehen, im Sommer durch eine anomale oder durch die normale E-Schicht, im Winter durch die E_X -Schicht oder

tes Frequenzen de travail. A l'inverse de la figure 18a, la figure 18b donne l'intensité de champ de réception utilisable en fonction de la fréquence. L'intensité de champ diminue des deux côtés de la meilleure fréquence de travail. Vers les basses fréquences, l'absorption se fait sentir toujours plus fortement. Vers les hautes fréquences, le pouvoir de réflexion diminue, car la densité de l'ionisation a une valeur finie déterminée.

A ce sujet, les observations faites par *H. T. Stetson*¹⁴⁾ sur les ondes courtes et moyennes en corrélation avec le nombre des taches solaires sont remarquables. Les moyennes de douze mois de la fréquence critique f_oF_2 montent pour 1945 à 1947 en même temps que R de la manière normale connue. La nuit, l'ionisation dans la couche F_2 diminue; en conséquence, les fréquences critiques sont plus basses que durant le jour (fig. 19).

Les fréquences de la station WWV de 5 MHz et 10 MHz ont été reçues à 600 km de distance; la station WBBM Chicago, sur 780 kHz, à 1370 km. Il est possible de donner les explications suivantes. Quand le nombre des taches solaires augmente, les courbes des figures 18a et 18b se déplacent dans leur ensemble vers la droite, vers les fréquences supérieures, en dépassant les fréquences constantes des émetteurs contrôlés.

5 MHz (fig. 20): La nuit, cette fréquence se trouve tout d'abord à droite de la fréquence la plus favorable. A mesure que R augmente, l'intensité du champ de réception s'accroît. Pour $R = 90$, la fréquence critique est également de 5 MHz. Pour $R = 110$, 5 MHz représente la fréquence optimum avec la plus petite atténuation, f_{crit} ayant la valeur de 5,5 MHz. Les courbes des figures 18a et 18b se déplacent toujours plus vers la droite, de sorte que l'atténuation pour 5 MHz augmente de nouveau lentement tandis que l'intensité de champ diminue. Le jour, il se produit un phénomène inverse du fait que la fréquence critique pour $R = 20$ a déjà atteint 6 MHz. La fréquence la plus favorable avec la plus petite atténuation se trouve vers 5 MHz environ, ce qu'indique le maximum du champ. Par suite de l'absorption dans la couche D, le champ diurne est plus petit que le champ nocturne. Comme on se trouve en permanence dans la partie gauche des courbes des figures 18a et 18b, le champ diurne de 5 MHz diminue lentement à mesure que R augmente.

10 MHz (fig. 21): La nuit, cette fréquence se trouve tout d'abord très loin à droite de la fréquence la plus favorable. En conséquence, l'intensité de champ nocturne est beaucoup plus petite que pour 5 MHz. Quand R augmente, elle croît lentement, car l'intervalle jusqu'à la fréquence optimum diminue. Le jour, cet intervalle est dans tous les cas plus petit, ce qui provoque des intensités de champ diurnes plus élevées. Pour $R > 145$, le champ diurne diminue de nouveau, car la fréquence la plus favorable a dépassé la valeur de 10 MHz.

durch die F-Schicht. Wie weit die Polarisationsaufspaltung der E-Region (*Helliwell* ...) wirksam ist, kann leider auch nicht genauer gesagt werden. Für eine feste Frequenz wird der ausserordentliche Strahl stärker absorbiert, das heisst, die kleinste Dämpfung tritt erst bei einer um einen bestimmten Betrag erhöhten Frequenz ein. Durch die Aufspaltung würden nebeneinander zwei Kurven gemäss Fig. 18 entstehen, die mindestens einen Abstand von 600 kHz haben müssen. Sonst würden sich nämlich beim jahreszeitlichen Pendeln Monate finden lassen, in denen die Kurven von Beromünster und Monte Ceneri gleich verlaufen, was dem Experiment widerspricht.

Die Variationen während elf Jahren sind weniger ausgeprägt als die Abhängigkeit von der Jahreszeit, was aus den prozentualen Schwankungen von F hervorgeht. Die tages- und jahreszeitliche Pendelung verschiebt sich unter dem Einfluss der Sonnenflecken ein wenig, jedoch nur so weit, dass in jedem Jahr das Doppelmaximum bestehen bleibt. Im allgemeinen trifft die Beobachtung von *Stetson* zu, dass für Jahre mit wenig Sonnenflecken die Schwankungen gross sind (grosse Feldstärken), dass für grosse Fleckenzahlen F klein wird (wenig Raumwelle, dazu noch gestört durch häufigere magnetische Stürme).

Man könnte versuchen, das zweite Maximum für 1941 und 1948 nach *Ashworth* zu erklären. Merkwürdig ist aber, dass zwischen 1944 und 1947 das zweite Maximum fehlt. Vielleicht ist der Anstieg der R -Kurve zu steil, so dass das undeutliche sekundäre Maximum gar keine Zeit hat, sich auszubilden. Da im gesamten Mittelwert der Fig. 11 die Absorption der frühen Abendstunden enthalten ist, wäre es vielleicht besser, nur die Kurven für die Zeit von 21...22 Uhr mit R zu vergleichen.

Solange genauere Messungen auf Mittelwellen über den Zustand der nächtlichen Ionosphäre fehlen, ist es leider nicht möglich, die gefundenen Ergebnisse eindeutig zu interpretieren.

Nach dem Plan von Kopenhagen hat Monte Ceneri am 15. März 1950 nahezu die ehemalige Welle von Beromünster erhalten. Damit ist es möglich, auf der gleichen Übertragungsstrecke, allerdings nacheinander, die beiden Wellenlängen von 257 m und 539 m zu vergleichen. In einigen Jahren wird man sicherer sagen können, ob die Grösse F in der Weise frequenzabhängig ist, wie dies die Ergebnisse im Abschnitt 2 zeigen. Eine vorläufige Auswertung der Streifen für den Sommer 1950 hat tatsächlich ergeben, dass sich die Grösse F stark geändert hat und nun, ähnlich wie für Beromünster, auf 540 m verläuft. Der Betrag von F ist erheblich gesunken, es sind Ansätze für ein Frühlings- und Herbstmaximum vorhanden, die hohe Sommerspitze fehlt (Fig. 22).

Anhang: Bemerkungen zur statistischen Auswertung

Für jede statistische Arbeit ist zuverlässiges und vollständiges Zahlenmaterial eine wichtige Voraussetzung. Die zur Aufnahme verwendeten Geräte ha-

780 kHz: L'intensité de champ à minuit baisse de 270 $\mu\text{V/m}$ à 45 $\mu\text{V/m}$ quand R monte de 20 à 150. Sur les figures 18a et 18b, cette fréquence doit être dessinée très loin vers la gauche.

Les courbes journalières montrent une corrélation évidente avec les saisons. Pour les années comptant peu de taches solaires, on constate en hiver un double maximum de la réception le matin et le soir, un minimum à midi et la nuit. En été, les valeurs nocturnes montent, les valeurs de midi descendent, en même temps que la longueur des jours augmente. A mesure que le cycle des taches solaires progresse, l'image se modifie; on trouve aussi pour l'hiver 1947 l'allure de courbe simple de l'été. L'interprétation de ces observations se fait de la manière déjà décrite.

5. Essai d'interprétation des résultats

La grandeur F croît constamment durant cinq heures. On constate un passage progressif des conditions diurnes aux conditions nocturnes. Lors d'un effet crépusculaire, tel que le décrivent *Lung* et *Gauzit*, il ne faut que peu de temps pour que la situation se stabilise à nouveau dans son état antérieur. Une couche (E ou F_1) ascendante après le coucher du soleil se stabiliserait bientôt, de sorte que, dans ce cas, les variations devraient plutôt diminuer. Il est par conséquent peu vraisemblable que l'on soit en présence d'un effet crépusculaire.

Pour la période de 17 à 20 heures, les courbes saisonnières sont influencées en même temps par l'absorption et par la réflexion, de sorte que pour les trois émetteurs, on devrait plutôt comparer seulement l'intervalle de 20 à 22 heures. Il serait possible, par exemple, d'expliquer les courbes de Beromünster et de Sottens selon les deux figures 18a et 18b par la variation d'une couche E simple. On peut supposer que de 21 à 22 heures la fréquence optimum de cette couche varie, durant l'année, entre 450 et 650 kHz environ. Selon cette hypothèse, en hiver, les fréquences de Beromünster et de Sottens se trouvent toutes les deux à droite; l'onde spatiale est relativement faible, le montant de F petit. En avril, la fréquence optimum monte à environ 550 kHz; pour Beromünster F atteint la plus grande valeur. En juin, f_{opt} atteint tout juste la fréquence de Sottens, ce qui pourrait expliquer le maximum estival simple de cet émetteur. Au cours du second semestre, la fréquence optimum redescend à 450 kHz.

On pourrait en premier lieu essayer d'expliquer l'opposition de Beromünster et de Monte Ceneri en joignant deux courbes du genre de celles des deux figures 18. La courbe de gauche correspondrait à une couche E normale, tandis que la partie de droite présenterait plusieurs possibilités d'interprétation: une couche E anormale, une couche E_2 , une couche E_X (réfléchissant le rayon extraordinaire), une couche F qui, durant la nuit et en hiver, peut déjà être efficace à ces fréquences. La fréquence de Monte Ceneri se trouverait alors exactement au minimum entre

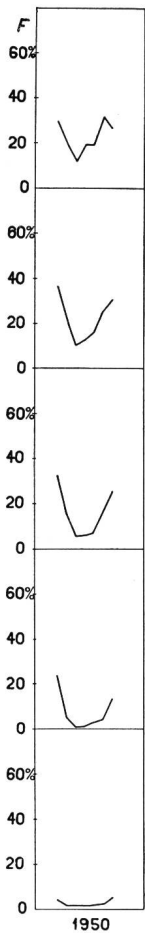


Fig. 22.
 Monatliche Mittelwerte von F für Monte Ceneri auf der neuen Wellenlänge von 539 m
 Moyennes mensuelles de F pour Monte Ceneri sur la nouvelle longueur d'onde de 539 m

ben deshalb im jahrelangen Betrieb viel strengeren Anforderungen zu genügen als bei gelegentlichem Gebrauch. Es sei hervorgehoben, dass die mit der Registrierung betrauten Personen stets sehr gewissenhaft arbeiteten und sich mit Hingabe ihrer nicht immer angenehmen Arbeit widmeten. Dagegen war mit der Zeit zu erkennen, dass die verwendeten Geräte für den jahrelangen Betrieb nicht genügend stabil und robust konstruiert waren. In manchen Fällen konnte man daran zweifeln, ob die registrierte Schwankung durch die einfallende Welle oder durch die ungenügende Stabilität des Gerätes hervorgerufen worden war. Besonders unangenehm war die mangelnde Trennschärfe der Apparate, so dass in den späteren Abendstunden ein Sender eines benachbarten Frequenzkanals die Messung zu fälschen vermochte. Das Abstimmen des Empfängers war sehr un bequem, weil die eingestellte Station nicht im Kopfhörer geprüft werden konnte. Die folgende Tabelle enthält die Zahl der ganz ausgefallenen Messtage, wobei sich die Fehler auf den elektrischen und den mechanischen Teil der Empfangsanlagen verteilen.

Eine gewisse subjektive Beurteilung der Diagramme beim Ablesen der Spannungswerte ist nicht zu vermeiden, so zum Beispiel beim Entscheid, ob ein Ausschlag des Registrierinstrumentes als Nachschwund, als Gewitterstoss oder als eine andere Störung zu deuten ist. Der subjektive Einfluss auf die

les deux courbes quand la fréquence optimum de la couche E normale (à gauche) recouvre la fréquence de Beromunster. S'il se produit un décalage de cette combinaison durant l'année, F change pour les deux émetteurs en sens opposé. Mais cette interprétation ne joue absolument pas pour les courbes de onze ans où F varie dans le même sens pour les trois émetteurs.

Ce qui frappe c'est que les variations de Monte Ceneri n'augmentent plus entre 20 et 22 heures. Il semble qu'il règne là d'autres conditions d'ionisation; peut-être existe-t-il un genre d'extrême stable. Dans les cas de Beromunster et de Sottens, on a probablement affaire plutôt à un tronçon de courbe oblique (fig. 18). Pour Monte Ceneri, il est aussi difficile de reconnaître les extrêmes printannier et automnal; ils sont produits «presque fortuitement» par la pointe estivale ascendante et par les valeurs hivernales constantes. Dès 20 heures déjà, l'absorption n'a plus aucune influence. La courbe saisonnière de cet émetteur peut être due à deux causes totalement différentes, en été à la présence d'une couche anormale ou de la couche E normale, en hiver à celle d'une couche E_x ou de la couche F. On ne peut malheureusement rien dire de précis non plus sur l'importance du rôle que joue la subdivision de la région E (*Hellivell...*). Pour une fréquence fixe, le rayon extraordinaire est absorbé plus fortement, c'est-à-dire que le minimum d'atténuation ne se manifeste que pour une fréquence supérieure d'un montant déterminé. La subdivision donnerait naissance à deux courbes l'une à côté de l'autre selon la figure 18, séparées par un intervalle de 600 kHz au moins. Sinon, on trouverait, dans l'alternance saisonnière, des mois dans lesquels les courbes de Beromunster et Monte Ceneri auraient la même allure, ce qui est en contradiction avec l'expérience.

Les variations durant onze années sont moins apparentes que la corrélation des saisons, ce qui ressort des différentes valeurs de F . L'alternance journalière et saisonnière se déplace un peu sous l'influence des taches solaires, mais seulement jusqu'au point où, chaque année, le double maximum se maintient. En général, l'observation de *Stetson* selon laquelle, les années comptant peu de taches solaires, les variations sont grandes (fortes intensités de champ) et, lorsque ces taches sont nombreuses, F diminue (peu d'ondes spatiales troublées encore par de fréquents orages magnétiques) se trouve confirmée.

On pourrait essayer d'expliquer le deuxième maximum pour 1941 et 1948 en s'appuyant sur *Ashworth*. Mais, fait remarquable, le deuxième maximum manque entre 1944 et 1947. Il est possible que la montée de la courbe R soit trop rapide et que le maximum secondaire encore peu prononcé n'ait pas le temps de se former. Comme l'absorption des premières heures du soir est comprise dans la valeur moyenne de la figure 11, il vaudrait peut-être mieux ne com-

Jahre	Beromünster	Sottens	Monte Ceneri
1936	14 (von 252)		
1937	6		
1938	3		
1939	25		
1940	5	*	11 (von 92)
1941	12		10
1942	86		73
1943	24		79
1944	36		63
1945	51	24 (von 61)	128
1946	40	42	8
1947	32	69	25
1948	11	72	28
1949	16	162	104
1950	1 (von 73)	6 (von 73)	2 (von 59)
Betriebstage	5073	1595*	3438
Ausgefallene Tage .	362	375	531
Verwendbare Tage .	4711	1220	2907
Relativer Ausfall ..	7%	23,5 %	15,5 %

*) Sottens wurde 1940...45 nicht dauernd registriert.

Statistik kann herabgesetzt werden, wenn man das Material in kleinen Gruppen (z. B. Monatsabschnitten) *unregelmässig* unter die auswertenden Personen verteilt.

Neben den Mängeln der Empfangsanlage konnten Lücken auch durch Störungen und Unterbrüche auf der Senderseite entstehen. Während einer gewissen Zeit begann die Abendsendung von Monte Ceneri erst um 18 Uhr. Durch die Verschiebung der Stunden während der sogenannten Sommerzeit (5. Mai bis 5. Oktober 1941 und 4. Mai bis 4. Oktober 1942) ging eine ganze Stundengruppe an Zahlen für unsere Statistik verloren.

Es ist möglich, dass die Raumwelle trotz des längeren Weges in der Ionosphäre weniger verschluckt wird als die direkte Welle längs des Bodens, wodurch der Betrag von F über 100% steigt. Trotzdem wurde, zur Vereinfachung der Statistik, die obere Grenze von F im allgemeinen auf 100% angesetzt.

Während der Dauer der Registrierung wurden die Landessender zu verschiedenen Malen mit geänderter Leistung betrieben und ihre Antennen umgebaut. Eine blossige Leistungsänderung hat auf das vertikale Strahlungsdiagramm keinen Einfluss, und auch F als relative Grösse wird davon nicht berührt. Anders liegt der Fall beim Übergang zu einer ganz neuen Antenne oder beim tageweisen Betrieb eines Ersatzturmes. Für *Beromünster* konnten aus den Schwundmessungen folgende Korrekturfaktoren ermittelt werden, die bei der Berechnung der Monatsmittel benützt wurden:

T-Antenne/Blosenbergturm mit durchgehendem Kabel	= 3,0
Ostturm/Blosenbergturm mit durchgehendem Kabel	= 1,55
Blosenbergturm: durchgehendes Kabel/Transformator	= 1,1
T-Antenne/Blosenbergturm mit Transformator	= 3,3

parer avec R que les courbes de la période allant de 21 à 22 heures.

Tant que l'état de l'ionosphère nocturne n'aura pas fait l'objet de mesures plus précises sur ondes moyennes, il sera malheureusement impossible d'interpréter avec exactitude les résultats trouvés.

En vertu du plan de Copenhague, Monte Ceneri a reçu, le 15 mars 1950, une onde correspondant à peu près à l'ancienne onde de Beromunster. Il est donc possible de comparer l'une après l'autre, sur le même parcours de transmission, les deux longueurs d'ondes de 257 et 539 m. Dans quelques années, on pourra dire avec plus de certitude si l'influence de la fréquence sur la valeur F est bien telle que le montrent les résultats donnés au chapitre 2. Une étude provisoire des rouleaux d'enregistrement pour l'été 1950 a montré en fait que la valeur F s'est fortement modifiée et qu'elle a maintenant une allure analogue à celle qu'elle avait pour Beromunster sur 540 m. La valeur de F est sensiblement tombée, des maxima printannier et automnal tendent à apparaître, la pointe estivale élevée manque (fig. 22).

Appendice: Remarques sur l'analyse statistique

Pour tout travail statistique, il est indispensable de disposer de chiffres précis et complets. C'est pourquoi les appareils utilisés pour des enregistrements durant des années doivent répondre à des conditions plus sévères que ceux utilisés occasionnellement. Il convient de relever ici que les personnes chargées des enregistrements ont travaillé très consciencieusement et se sont consacrées avec dévouement à une tâche pas toujours agréable. En revanche, il fallut constater avec le temps que la construction des appareils utilisés n'était pas assez stable ni assez robuste pour résister à un usage ininterrompu de plusieurs années. Dans beaucoup de cas on pouvait se demander si les variations enregistrées étaient dues à l'onde incidente ou à l'instabilité de l'appareil. La sélectivité insuffisante des appareils eut un effet particulièrement désagréable car, vers les dernières heures de la soirée, les mesures étaient parfois faussées par un émetteur travaillant sur une fréquence voisine. Il était très difficile de régler le récepteur, car la station voulue ne pouvait pas être contrôlée au casque. Le tableau ci-dessous donne le nombre des jours de mesure qu'il a fallu négliger totalement, les fautes étant dues tant à la partie électrique qu'à la partie mécanique de l'installation réceptrice.

Un certain jugement subjectif des diagrammes lors de la lecture des valeurs des tensions est inévitable, comme par exemple lorsqu'il s'agit de décider si la déviation de l'instrument enregistreur provient de la fluctuation du signal, d'un orage ou d'une autre perturbation. On peut diminuer l'influence subjective sur la statistique en répartissant le matériel *irrégulièrement* par petites quantités (p. ex. par tran-

Ostturm/Blosenbergturm mit Transformator = 1,7

Bei der Bildung der Monatsmittel kann man den arithmetischen Mittelwert oder den Medianwert (Zentralwert) vorziehen. Der Medianwert hat den Vorteil, von seltenen extremen Zahlen wenig beeinflusst zu werden. Solche Extremwerte können auftreten, wenn eine Ausnahme in den Ausbreitungsbedingungen vorkommt oder wenn eine Störung im Empfänger oder eine Gewitterspitze als Schwund interpretiert worden ist. Die Relativzahlen der Sonnenflecken werden arithmetisch ermittelt. Aus diesem Grunde wurden in dieser Arbeit konsequent auch die arithmetischen Mittel vorgezogen, um einen gewissen Gleichlauf in der Behandlungsmethode zu erreichen.

Das Mittel aus den täglichen Zahlen ist jeweils in der Monatsmitte aufzutragen. Bildet man aus zwölf sich folgenden Monatsmitteln, zum Beispiel von Januar bis Dezember, den Jahresmittelwert, so ist dieser Wert streng genommen am Monatsende zwischen Juni und Juli aufzutragen. Um den Wert ebenfalls auf die Monatsmitte zu verschieben, geht man wie folgt vor. Das (gleitende) Zwölfmonatsmittel der nächsten Gruppe von Februar bis Januar fällt auf die Grenze zwischen Juli und August. Bildet man aus den zwei sich folgenden Zwölfmonatsmitteln nochmals das Mittel, so findet man eine Zahl für die Mitte der vereinigten dreizehn Monate, nämlich für den 15. Juli. In Fig. 23 sind die beiden Zwölfergruppen dargestellt.

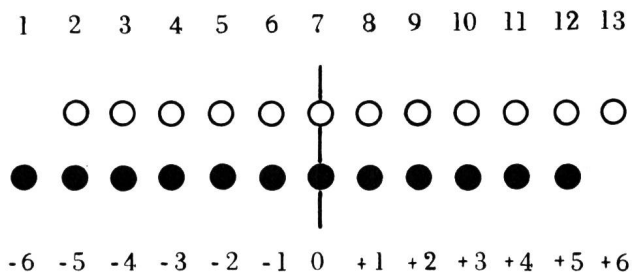


Fig. 23. Berechnung des gleitenden Zwölfmonatsmittels
Calcul de la moyenne glissante de douze mois

Mit anderen Worten: Wird für den Monat Juli das Zwölfmonatsmittel gesucht, das am 15. Juli einzutragen ist, so geht man vom Juli aus sechs Monate rückwärts und vorwärts, rechnet die Werte der elf «inneren» Monate doppelt, jene der «Grenzmonate» einfach. Die erhaltene Zahl, dividiert durch 24, stellt den gesuchten Juliwert dar.

Für eine Mehrzahl von sich folgenden gleitenden Zwölfmonatsmitteln benützt man eine Rekursionsformel (H. Gebelein¹⁵). Für das Mittel des folgenden Monats gilt:

$$\bar{y}_{i+1} = \bar{y}_i + \frac{1}{24} [y_{i+7} + y_{i+6} - y_{i-6} - y_{i-5}] \quad (7)$$

Die Streuung ist beim arithmetischen Mittel nicht ganz einfach auszurechnen, da die Quadrate der Abweichungen vom Mittel zu summieren sind. Beim

Années	Beromunster	Sottens	Monte Ceneri
1936	14 (sur 252)		
1937	6		
1938	3		
1939	25		
1940	5	*	11 (sur 92)
1941	12		10
1942	86		73
1943	24		79
1944	36		63
1945	51	24 (sur 61)	128
1946	40	42	8
1947	32	69	25
1948	11	72	28
1949	16	162	104
1950	1 (sur 73)	6 (sur 73)	2 (sur 59)
Jours d'exploitation ..	5073	1595*	3438
Déchet	362	375	531
Jours utilisables ..	4711	1220	2907
Déchet relatif	7%	23,5%	15,5%

*) De 1940 à 1945, Sottens n'a pas été enregistré en permanence.

ches d'un mois) entre les personnes chargées de l'analyse.

Les lacunes pouvaient être dues non seulement aux défauts de l'installation réceptrice, mais aussi aux dérangements et interruptions provoqués du côté émetteur. Durant un certain temps, Monte Ceneri n'a commencé ses émissions du soir qu'à 18 heures. Le décalage des heures pendant la période d'application de l'heure d'été (du 5 mai au 5 octobre 1941 et du 4 mai au 4 octobre 1942) a fait perdre pour notre statistique tout un groupe de chiffres.

Il est possible que malgré le long chemin qu'elle parcourt dans l'ionosphère, l'onde spatiale soit moins absorbée que l'onde directe le long du sol, raison pour laquelle la valeur de *F'* monte au delà de 100%. Toutefois, pour simplifier la statistique, la limite supérieure de *F'* a été fixée en général à 100%.

Pendant la durée des enregistrements, les émetteurs nationaux ont travaillé à diverses reprises sur des puissances modifiées et leurs antennes ont été transformées. Un simple changement de puissance n'a aucune influence sur le diagramme de rayonnement vertical, et *F'*, grandeur relative, n'en est pas touché non plus. Il en va tout autrement lorsqu'on passe sur une antenne entièrement nouvelle ou qu'on utilise certains jours un pylône de remplacement. Pour Beromunster, on a pu tirer les facteurs de correction suivants des mesures d'évanouissements, facteurs qui ont été utilisés pour le calcul de la moyenne mensuelle:

Antenne T/pylône Blosenbergturm mit Transformator	= 3,0
Pyloéne Est/pylône Blosenbergturm mit Transformator	= 1,55
Pyloéne Blosenbergturm: câble/transformateur	= 1,1
Antenne T/pylône Blosenbergturm mit Transformator	= 3,3
Pyloéne Est/pylône Blosenbergturm mit Transformator	= 1,7

Medianwert sind die Verhältnisse günstiger, da sich die sogenannten *Quartile*, das heisst die Grenzen, die 25, 50 oder 75% aller Werte umfassen, leicht finden lassen. Durchgeführte Proben zeigen, dass die Streuung recht gross werden kann. Es ist deshalb zwecklos, kleine Unebenheiten in den Kurven der Monats- und Zwölfmonatsmittel deuten zu wollen, da sie völlig im Band der streuenden Werte untertauchen.

Wie Fig. 24 und 25 zeigen, ergeben die arithmetischen Mittelwerte und die Medianwerte für unsere Statistik praktisch dieselben Kurven.

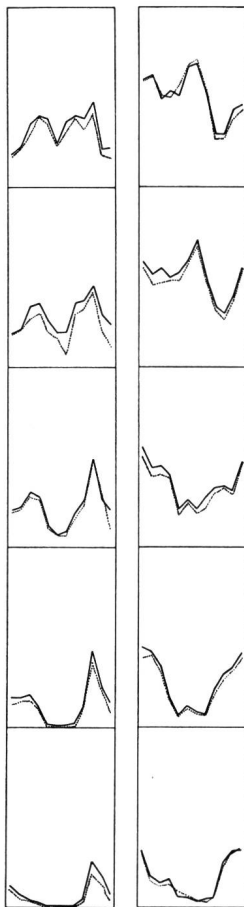


Fig. 24
Beromünster
1944

Fig. 25
Monte Ceneri
1941

Vergleich des arithmetischen Mittelwertes und des Medianwertes von F

Comparaison de la valeur arithmétique moyenne et de la valeur médiane de F

— arithmetischer Mittelwert — Valeur arithmétique moyenne
- - - - - Medianwert — Valeur médiane

Nach einer anderen statistischen Methode trägt man zunächst den Medianwert von 31 Tageszahlen auf der Monatsmitte ein. Dann werden die 15 Zahlen der zweiten Monatshälfte mit den Zahlen der ersten Hälfte des folgenden Monats vereinigt und der Medianwert auf Monatsende eingezeichnet. Dadurch entsteht eine feinere Einteilung, die Kurven verlau-

Pour calculer la moyenne mensuelle, on peut donner la préférence à la *valeur moyenne arithmétique* ou à la *valeur médiane*. La valeur médiane a l'avantage d'être peu influencée par les rares chiffres extrêmes. Ces valeurs extrêmes peuvent se présenter lorsque les conditions de propagation changent exceptionnellement ou lorsqu'un dérangement du récepteur ou une pointe d'orage a été considérée comme évanouissement. Les nombres relatifs des taches solaires sont calculés arithmétiquement. Pour cette raison et par voie de conséquence, on a aussi préféré pour ce travail la moyenne arithmétique afin d'arriver à une certaine concordance dans l'emploi des méthodes.

La moyenne des chiffres journaliers est chaque fois reportée au milieu du mois. Si l'on tire de douze moyennes mensuelles consécutives, par exemple de janvier à décembre, la moyenne annuelle, ce chiffre, pour être exact, devrait être reporté entre la fin de juin et le commencement de juillet. Pour décaler également la valeur sur le milieu du mois, on procède de la manière suivante. La moyenne (glissante) de douze mois du prochain groupe de février à janvier tombe entre juillet et août. Si l'on tire une nouvelle moyenne des deux moyennes consécutives de douze mois, on trouve un chiffre pour le milieu des treize mois réunis, soit le 15 juillet. Les deux groupes de douze sont représentés à la figure 23.

En d'autres termes, si, pour le mois de juillet, on cherche la moyenne de douze mois qui doit être inscrite sous le 15 juillet, on compte à partir de juillet six mois en arrière et six mois en avant et l'on additionne les valeurs des treize mois en comptant à double les valeurs des onze mois compris entre les mois limites. Le chiffre obtenu divisé par 24 représente la valeur de juillet cherchée.

Pour plusieurs moyennes glissantes consécutives de douze mois, on utilise une formule de récursion (*H. Gebelein*¹⁵) qui donne pour la moyenne du mois suivant:

$$\bar{y}_{i+1} = \bar{y}_i + \frac{1}{24} \left[y_{i+7} + y_{i+6} - y_{i-6} - y_{i-5} \right] \quad (7)$$

Avec la moyenne arithmétique, la *dispersion* n'est pas très facile à calculer, car les carrés des écarts de la moyenne doivent être additionnés. Avec la valeur médiane, les conditions sont plus favorables, car il est facile de trouver les *quartiles*, c'est-à-dire les limites englobant le 25, le 50 ou le 75 % de toutes les valeurs. Des essais prouvent que la dispersion peut devenir très grande. C'est pourquoi cela n'a aucun sens de vouloir interpréter les petites irrégularités des courbes des moyennes mensuelles et des moyennes de douze mois qui disparaissent complètement dans la bande des valeurs dispersées.

Comme le montrent les figures 24 et 25, les valeurs moyennes et médianes donnent pour notre statistique pratiquement les mêmes courbes.

Une autre méthode statistique consiste à porter tout d'abord la valeur médiane des 31 chiffres jour-

fen stetiger als die im Abschnitt 2 dargestellten und man erreicht ein gewisses «Gleiten». Nachteilig ist aber, dass neue kleine Buckel auftauchen können, die die Deutung erschweren. Um den Gleichlauf mit der Sonnenfleckenstatistik einzuhalten, die auch nur 30-Tage-Perioden kennt, wurde diese 15tägige Verschiebung nicht angewendet.

Für die Mittelwerte wurden in der Mehrzahl drei, seltener vier bedeutsame Ziffern beachtet. Wie die Tabelle der ausgefallenen Messtage zeigt, ist bei manchen Monaten nicht die volle Tageszahl vorhanden. Mittelwerte aus mehr als zehn Tagen wurden voll angerechnet. Unter zehn Tagen sind die Mittelwerte unsicher und müssen einzeln geprüft werden. Im günstigen Falle wurden sie zugelassen. Im andern Falle wurde die Kurve mit den Werten des «Normaljahres» gestrichelt fortgesetzt. Es ist unvermeidlich, dass Mittelwerte aus wenigen Tageszahlen die Tendenz zu extremen Beträgen haben.

Neben dem im Abschnitt 5 beschriebenen Ansatz einer Deutung wurden auch andere Methoden probiert. Ein Versuch, eine reziproke Grösse als «Empfangsgüte» = $1/F$ einzuführen, ergab kein eindeutiges Bild. Auch logarithmische Kurven halfen nicht weiter. Ebensowenig Erfolg brachte eine Berechnung des Unterschiedes zwischen beobachteten Monatswerten und ausgeglichenen Zwölfmonatswerten.

Es ist unwahrscheinlich, dass die vegetabile Absorption in die Statistik der *relativen* Grösse F eingeht. Über den Einfluss von Winden und Gezeiten in der Ionosphäre kann nichts gesagt werden, da Messungen darüber fehlen.

Bei statistischen Arbeiten wird oft nicht genügend gewürdigt, welchen Umfang das zu behandelnde Zahlenmaterial annehmen kann. Im Ganzen wurden 88 380 einzelne Spannungswerte von den Registrierstreifen abgelesen und daraus 44 190 Prozentzahlen berechnet. Diese Zahlen wurden zusammengefasst in 2980 Medianwerten, 4700 Mittelwerten und 1500 anderen Grössen.

Die Empfangsstationen wurden betreut von den Herren *H. Diggelmann* in St. Gallen, *J. Perrenoud* in Fontenais, *S. Binzoni* und *M. Campi* in Chiasso. Die Auswertung besorgten Frau *E. Schaffhauser-Graf*, Frl. *M. Gertsch*, Frl. *H. Furter* und die Herren *W. Kuentz* und *K. Hostettler*. Die *Zeichnerei* und die *Plandruckerei* unserer Generaldirektion fertigten die zahlreichen Figuren an. Ihnen allen sei an dieser Stelle für ihre wertvolle Mitarbeit bestens gedankt.

Summary. From 1936 to 1950 each of the three Swiss Broadcasting stations on medium wavelengths was registered at receiving points in the first fading zone, beyond the proximity area. In an earlier paper written by W. Gerber and A. Werthmüller, the main discussion covered the fading of Beromünster measured in St. Gall. The present paper comprises the statistical results of each transmitter. The amplitudes of the field-strength fluctuations were evaluated between 5:00 and 10:00 p. m. Early

naliers sur le milieu du mois. Les quinze chiffres de la seconde quinzaine du mois sont alors réunis à ceux de la première du mois suivant et la valeur médiane dessinée sur la fin du mois. Il en résulte une subdivision plus précise, les courbes ont une allure plus régulière que celles décrites au chapitre 2, et on obtient un certain «glissement». L'inconvénient est que de nouvelles petites bosses peuvent apparaître qui compliquent l'interprétation. Pour conserver la concordance avec la statistique des taches solaires qui ne connaît aussi que des périodes de 30 jours, on a renoncé à appliquer ce décalage de 15 jours.

Pour la valeur moyenne, on a tenu compte généralement de trois, rarement de quatre chiffres significatifs. Comme le montre le tableau des jours de mesures inutilisables, pour beaucoup de mois, le nombre des jours est incomplet. Les moyennes résultant de plus de dix jours ont été entièrement prises en considération. Au-dessous de dix jours, les moyennes sont peu sûres et doivent être contrôlées chacune pour soi. Dans les cas favorables, elles ont été admises. Dans les autres cas, on a continué de tracer la courbe des valeurs de l'«année normale» en pointillé. Il est inévitable que les moyennes résultant d'un petit nombre de jours aient une tendance à donner des valeurs extrêmes.

A côté de la méthode décrite au chapitre 5, on en a essayé d'autres. Une tentative d'appliquer une grandeur réciproque pour la «qualité de la réception» = $1/F$ n'a pas donné une image claire. De même les courbes logarithmiques n'ont pas permis d'aller plus loin. Un essai de calculer la différence entre les valeurs mensuelles observées et les valeurs de douze mois adoucies n'a pas eu plus de succès.

Il est peu probable que l'absorption due à la végétation joue un rôle dans la statistique de la grandeur F relative. D'autre part, on ne peut rien dire de l'influence des vents et des marées dans l'ionosphère, des mesures à ce sujet faisant défaut.

Lors des travaux statistiques, on n'estime souvent pas assez l'ampleur que peut prendre la matière à traiter. En tout, 88 380 valeurs de tension ont été relevées des bandes d'enregistrement et on en a tiré 44 190 valeurs en pour-cent qui ont permis d'établir 2980 valeurs médianes, 4700 valeurs moyennes et 1500 autres valeurs.

Les stations réceptrices étaient desservies par MM. *H. Diggelmann* à St-Gall, *J. Perrenoud* à Fontenais, *S. Binzoni* et *M. Campi* à Chiasso. Mme *E. Schaffhauser-Graf*, Mlles *M. Gertsch* et *H. Furter* ainsi que MM. *W. Kuentz* et *K. Hostettler* se sont chargés de l'appréciation des résultats. Les dessinateurs et le service d'autocopie de notre direction générale ont exécuté les nombreuses figures illustrant cet article. A tous nous exprimons ici notre vive reconnaissance.

Sommario. Dal 1936 al 1950 le intensità di campo dei tre radiotrasmittitori nazionali svizzeri su onde medie furono registrate in un luogo situato per ciascuno nella prima zona di evanescenze.

in the evening, fading was found still to depend on the absorption in the ionospheric D-layer. Between 9:00 and 10:00 p. m. there is practically only reflection.

In the first fading zone of Beromünster (wavelength 540 m) fluctuation maxima occur in spring and autumn, corresponding minima in summer and winter. For Sottens (443 m) the configuration is quite similar, but the summer minimum during the evening is raised to such a degree that the curve of the last hour of observation shows a single periodicity of twelve months. For Monte Ceneri (257 m) the seasonal behaviour is reversed; fading maxima occur in summer and winter, corresponding minima in spring and autumn. The eleven-year cycle of sunspot activity bears to a lesser extent on the amount of fading. For each station the amount of fluctuation varies inversely with the sunspot numbers: fading shows a maximum for a year of minimum sunspot activity and vice versa.

Referring to the literature, the absorption in the ionospheric D-layer has been evaluated and is shown by the accompanying curves. Some papers dealing with splitting of the E-region into several layers are quoted. An attempt is made to apply to our results an example established on short waves demonstrating the way in which the attenuation curve moves along the frequency axis with increased sunspot numbers. However, as long as the night-time critical frequencies of the lowest ionospheric layers are unknown, it is impossible to come to a satisfying interpretation of these phenomena. Since March 15th, 1950, following the Plan of Copenhagen, Monte Ceneri works on a new wavelength of 539 metres. According to preliminary observations, the fading behaviour of this station has been completely reversed and shows now a similar tendency as has been found for Beromünster.

In una pubblicazione anteriore, W. Gerber ed A. Werthmüller avevano parlato in modo speciale delle fluttuazioni dell'impianto di Beromünster osservate a San Gallo. Nell'articolo presente sono riunite le conclusioni statistiche dei tre trasmettitori. Le fluttuazioni di campo nell'intervallo dalle ore 17 alle 22 furono analizzate secondo la loro ampiezza. Nelle prime ore della serata le evanescenze dipendono ancora dalle variazioni nello strato ionosferico assorbente D. Dalle ore 21 alle ore 22 esistono condizioni di riflessione praticamente pure.

Nella prima zona di evanescenze di Beromünster (lunghezza d'onda 540 m) si trova rispettivamente un massimo di fluttuazioni in primavera e nell'autunno e un minimo corrispondente nell'estate e nell'inverno. Per l'impianto di Sottens (443 m) le figure sono simili; ma nel corso della sera, il minimo estivo aumenta in una tale proporzione che la curva dell'ultima ora d'osservazione risulta in un periodo semplice di dodici mesi. Per Monte Ceneri (257 m) le variazioni nelle diverse stagioni sono rovesciate: il massimo delle fluttuazioni occorre nell'estate e nell'inverno, il minimo appare in primavera e nell'autunno. L'azione del ciclo undecennale dei numeri relativi delle macchie solari si manifesta in un modo meno pronunciato. Per ognuno dei trasmettitori le fluttuazioni si sviluppano in modo opposto all'attività solare: evanescenze massime occorrono nell'anno dove c'è il minimo delle macchie solari, e viceversa.

Secondo la letteratura esistente, l'assorbimento nello strato ionosferico D è stato calcolato e presentato in forma di diagrammi. Segue l'elenco d'alcuni lavori sulla suddivisione della regione E in diversi strati. Inoltre si tenta di stabilire un confronto tra i risultati di questa statistica e quelli osservati in onde corte riguardo il modo nel quale la curva d'attenuazione viene spostata lungo l'asse delle frequenze quando il numero delle macchie solari aumenta. Ma finché le frequenze critiche notturne degli strati ionosferici più bassi rimangono sconosciute, non sarà possibile giungere ad un'interpretazione soddisfacente di questi fenomeni. Dal 15 marzo 1950 Monte Ceneri diffonde su metri 539 (Piano di Copenhagen). Osservazioni preliminari affermano un cambio nel carattere delle evanescenze che somigliano adesso a quelle già note di Beromünster.

Bibliographie

1. W. Gerber und A. Werthmüller. Nahschwundtätigkeit der Rundspruchsender. Techn. Mitt. PTT 1947, Nr. 1, S. 1...12.
2. D. Stranz. Die D-Schicht. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone. Nr. 14. Bad Kissingen 1950.
3. *Ionospheric Radio Propagation*. US-Department of Commerce. National Bureau of Standards. Circular 462. Washington 1948.
4. E. V. Appleton and W. R. Piggott. Ionospheric absorption measurements throughout a sunspot cycle. Union Radio-Scientifique Internationale (URSI). Recueil des travaux de l'assemblée générale à Stockholm 1948. 7, p. 320...322. Doc. 171.
5. J. R. Ashworth. Solar radiation. Variation in intensity of daylight and ultra-violet rays over the solar cycle. *Wireless World* 51 (1945), p. 268.
6. L. Bergmann und H. Lassen. Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik II. Ausstrahlung, Ausbreitung und Aufnahme elektromagnetischer Wellen. Berlin 1940. S. 266...270.
7. M. Waldmeier. Sonne und Erde. Zürich 1945. S. 187 und Tabelle 17, S. 215.
8. H. L. Lung. The existence of E₂-layer in the ionosphere near sunrise. URSI. Recueil des travaux de l'assemblée générale à Stockholm 1948. 7, p. 250...251. Doc. 131.
9. W. Dieminger. Monatliche Tabellen des Instituts für Ionosphärenforschung in der Max-Planck-Gesellschaft. Lindau/Harz. Juni 1950 ff.
10. J. Gauzit. Sur la formation d'une ride de la couche E au lever et au coucher du soleil et son rôle dans la propagation des atmosphériques. URSI. Recueil des travaux de l'assemblée générale à Stockholm 1948. 7, p. 356...357. Doc. 146.
11. R. A. Hellwells, A. J. Mallinckrodt, F. W. Kruse, B. A. Wambsganss. URSI. Gen. Ass. Zürich 1950. Doc. 25: On the nature of the lower ionosphere. Doc. 61: Pulse studies of the ionosphere at low frequencies.
12. H. W. Wells. Sporadic E-Region ionization at Watheroo magnetic observatory 1938...1944. *Proc. Inst. Radio Eng.* 34 (1946), p. 950...955.
13. Supplement to the Post Office Electrical Engineer's Journal. 41 (1948), p. 51.
14. H. T. Stetson. Changes in radio reception during sunspot period '45...47. *Tele-Tech.* 7 (1948), Dec., p. 29, 71, 73.
15. H. Gebelein. Zahl und Wirklichkeit. Leipzig 1943, S. 87.