

**Zeitschrift:** Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik  
**Band:** 4 (1949)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Der Aufbau der Ionosphäre  
**Autor:** Kroeber, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-653866>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

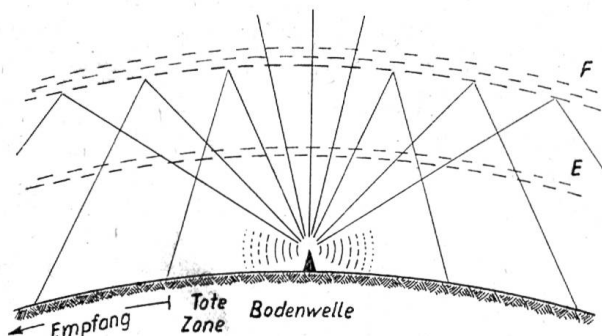
**Download PDF:** 31.01.2025

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

# Der Aufbau der Ionosphäre

Bei den Funkwellen, insbesondere im Mittelwellen-, Grenzwellen- und Kurzwellenbereich, werden zwei Ausbreitungsarten unterschieden, die „Bodenwelle“ und die „Raumwelle“. Bei den Langwellen ist praktisch nur die Bodenwelle von Bedeutung. Ihre Reichweite muß mit starker Senderleistung erkauft werden und man konzentriert vielfach die Senderenergie durch große Richtstrahlantennen in die gewünschte Richtung. Im Ultrakurzwellenbereich tritt dagegen ausschließlich die Raumwelle in Erscheinung. Ihre Reichweite geht nur wenig über diejenige des vom gleichen Standpunkt ausgesandten Lichtes hinaus (quasi-optische Sicht). In den eingangs erwähnten Bereichen kommen mehr oder weniger beide Ausbreitungsarten in Betracht, von denen besonders die Raumwelle verschiedenartigen und wechselnden Einflüssen unterliegt, an deren Klärung seit einer Reihe von Jahren gearbeitet wird.

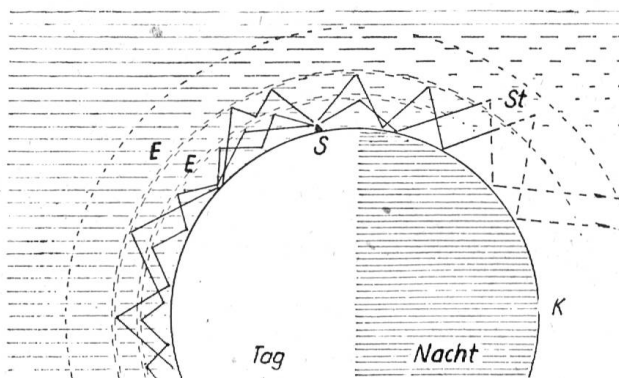
Die „Bodenwelle“, die ihren Namen erhielt, weil sie sich der Erdoberfläche anschmiegt, verliert mit zunehmender Entfernung ihre Energie und zwar um so eher, je höher ihre Frequenz, mit anderen Worten je kürzer die Welle ist. Die im Boden vorhandenen elektrischen Ladungen werden von den Funkwellen zum Mitschwingen gebracht. Diese Schwingungen finden jedoch in der Erde erheblichen Widerstand, so daß die Energie der Wellen um so rascher verzehrt wird, je schneller sie schwingen. Dieser Energieverbrauch wird als „Dämpfung“ bezeichnet. Die Dämpfung beschränkt die Reichweite der Bodenwelle im Kurzwellenbereich bestenfalls auf ein paar hundert Kilometer. Über See ist die Dämpfung weniger stark, daher werden hier größere Reichweiten erzielt als über Land.



Die Reflexionen an den Schichten der Ionosphäre. Direkt über dem Sender „durchgehende“ Raumwellen

Anders verhält es sich mit der „Raumwelle“, die in gewissen Schichten der oberen Atmosphäre unter allerlei Voraussetzungen reflektiert wird. Obwohl schon in den achtziger Jahren in Verbindung mit erdmagnetischen Beobachtungen die Existenz einer ionisierten, elektrisch leitfähigen Luftschicht angenommen wurde, konnte erst im Jahre 1902 der Physiker *Heaviside* den Nachweis einer derartigen nach ihm benannten Schicht erbringen. Sie wurde später als Ergänzung zur Troposphäre und Stratosphäre auch Ionosphäre genannt. Sie gliedert sich in der Hauptsache in zwei verschie-

dene Schichten. Die eine verläuft in etwa 100 Kilometer Höhe und wird als E-Schicht bezeichnet, die zweite, die F-Schicht, wechselt zwischen 250 und 400 Kilometer Höhe. Die ultraviolette Sonnenstrahlung spaltet in dieser Sphäre von den Luftmolekülen Elektronen ab und ruft so eine starke Ionisierung hervor. Beim Auftreffen der Funkwellen auf die freigesetzten Elektronen oder Ionen, werden diese zum Mitschwingen veranlaßt, wodurch sie



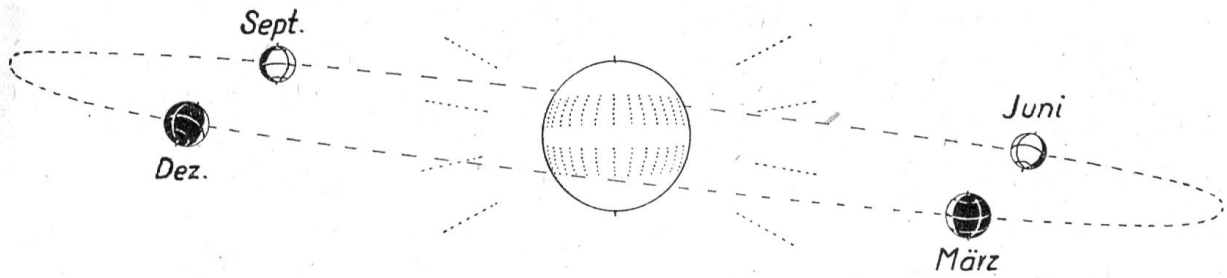
Ionisierung der hohen Atmosphäre durch Sonnenstrahlung und verschiedene Reflexionsmöglichkeiten der Funkwellen an den Schichten der Ionosphäre. S Sender, E E-Schicht, St Streuung, K Kein Empfang

wie zahllose kleine Sender wirken, die ihre Energie weitergeben und so zur Erde zurückstrahlen. Diese Eigenschaft der Ionosphäre ist es, die durch eine oder mehrfache Reflexion die Überbrückung größerer Entfernungen durch die Hochfrequenzwellen im Mittel- bis Kurzwellenbereich überhaupt erst ermöglicht. Leider ist nun die Ionosphäre keine gleichförmige, ideale Erscheinung, sondern infolge der unterschiedlichen Intensität und Zusammensetzung der Sonnenstrahlung verschiedenen regelmäßigen und unregelmäßigen Veränderungen unterworfen, die sich durch lange oder kurzzeitige Unterbrechungen, Schwächung des Empfangs oder Verzerrungen im Funkverkehr bemerkbar machen. Derartige Störungen fallen schon bei den Darbietungen des Unterhaltungsrundfunkes unangenehm auf; im Nachrichtenverkehr, zumal bei der Maschinentelegraphie zwischen ortsfesten Stationen können sie sehr lästig sein. Im Seeverkehr, ganz besonders jedoch im Luftverkehr und in der militärischen Luftfahrt können sie sich ausgesprochen verhängnisvoll auswirken. Die Störungen, die im Zusammenhang mit Gewittern regional in der Troposphäre auftreten, sind hier nicht gemeint.

Weil die Reflexionsfähigkeit der Ionosphäre von der Sonnenstrahlung abhängig ist, tritt sie am Tag anders als bei Nacht auf und wechselt mit den Jahreszeiten und mit der geographischen Lage. Überdies weist die Sonne selbst eine durchschnittlich elfjährige unterschiedliche Aktivitätsperiode auf, die ihrerseits wiederum gewissen Veränderungen unterliegt. Dahin gehören die wechselnde Fleckenhäufigkeit auf der nördlichen und südlichen Sonnenhemisphäre, die wechselnde Neigung der Sonnenachse im Jahreslauf und die siebenundzwanzigtägige Ro-

tationsperiode der Sonne. Dazu kommen noch die verschiedenartigen Auswirkungen der einzelnen Entwicklungsstufen der Sonnenflecken, der Protuberanzen und der Korona; also eine große Anzahl von Variationsmöglich-

signale von etwa ein Zehntausendstel Sekunde Dauer. Die ausgestrahlten Signale werden von einem dicht benachbart aufgestellten Empfangsgerät aufgenommen und zwar kommt die Bodenwelle, die unmittelbar vom Sen-

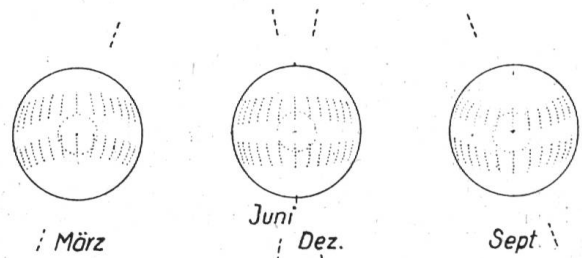


*Erdbahn und Neigung der Erdachse. Die Erde ist abwechselnd der Strahlung aus der nördlichen und der südlichen Sonnenhemisphäre ausgesetzt, die ihrerseits unterschiedliche Störungshäufigkeit aufweist. Der Abstand Sonne—Erde ist etwa einhundert Sonnendurchmesser. Die Erde müsste hier in etwa drei Meter Entfernung und in Staubkorngröße dargestellt werden*

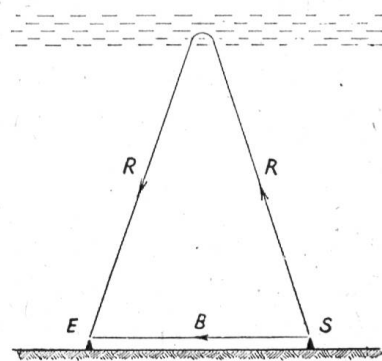
keiten (s. Abb.). Derartig mannigfache Vorgänge und Erscheinungen, ihre Einflüsse und Zusammenhänge konnten nur durch enge Zusammenarbeit aller in Betracht kommenden Forschungsinstitute und weiträumige spezielle Dauerbeobachtungen ermittelt werden. Insbesondere konnten die astrophysikalischen Observatorien mit zunehmender Verbesserung ihrer Instrumente und Beobachtungsmethoden viele wertvolle Beiträge zur Klärung der Beziehungen zwischen Sonne und Erde liefern: So begann schon vor hundert Jahren, zu einer Zeit also, in der an drahtlosen Funkverkehr noch nicht gedacht werden konnte, die Eidgenössische Sternwarte Zürich mit der systematischen Registrierung und Auswertung der Sonnenflecken. Im Laufe der vergangenen Jahrzehnte spezialisierten sich manche Forscher oder Institute fast ausschließlich auf die Sonnenforschung. Da die Spektralbeobachtungen, die eine sehr wichtige Rolle spielen, durch die Trübung der unteren Troposphäre sehr beeinträchtigt werden, entstanden in den letzten Jahren eine Anzahl neuer Höhenobservatorien in der reinen Luft der Berge. Man ist neuerdings mit großen unbemannten Raketen sonden bis in die Ionosphäre vorgedrungen, um von dort aus die von der Atmosphäre unbeeinflusste Sonnenstrahlung zu spektroskopieren und zu photographieren.

Die nünmehr allmählich wieder einsetzende geringere Sonnenaktivität erleichtert der Forschung, die sich mit der Klärung der verschiedenen unmittelbaren und mittelbaren solar-terrestrischen Zusammenhänge befaßt, die Zuordnung bestimmter Vorgänge auf der Sonne zu solchen im Bereich der Erde, beispielsweise auch, inwiefern die Energien, die in der Ionosphäre auftreten, die Strahlungsbilanz der Stratosphäre und Troposphäre und die damit zusammenhängenden Faktoren beeinflussen. Die veränderlichen molekularen und atomaren Kräfte lassen sich auch in Temperaturwerten ausdrücken. Man wählte dafür die Bezeichnung in Kelvin-Grad, die in Celsius-Grad vom absoluten Nullpunkt (minus 273,2° C) ab rechnet. Die für die ionisierten Schichten der hohen Atmosphäre ermittelten Temperaturen können bis auf über 1200° K steigen. Allerdings läßt der in jenen Höhen herrschende außerordentlich geringe Luftdruck keinen direkten Vergleich mit dem an das Thermometer gebundenen üblichen Temperaturbegriff zu. Die Ionosphärenforschung konnte erst vor etwa 25 Jahren richtig einsetzen, als es gelang, mit einer von Breit und Tuve entwickelten Impulsmethode den jeweiligen Zustand und die Höhe der Ionosphärenschichten festzustellen. Bei diesem Verfahren gibt ein Sender in ganz kurzen Abständen Impuls-

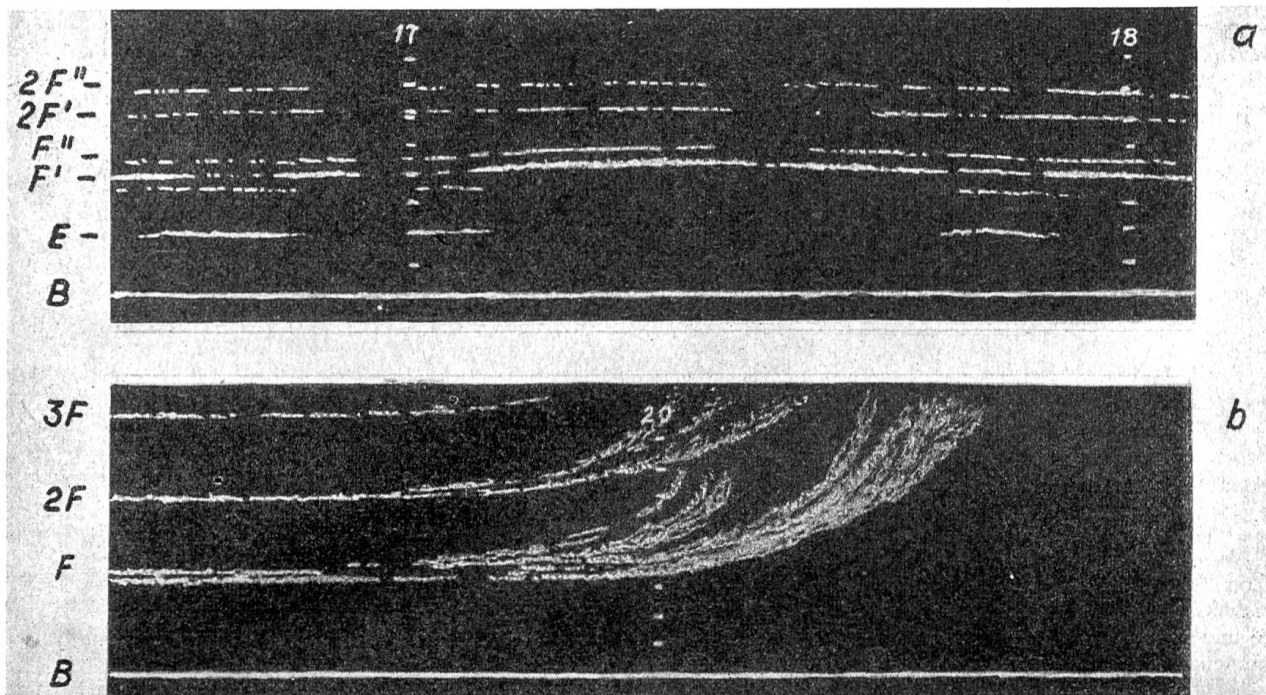
der zum Empfänger eilt, fast gleichzeitig an, während die Raumwelle, die auf dem Umweg über die Ionosphäre zurückkehrt, verspätet eintrifft. Die Laufzeitdifferenz ergibt dann nach Art der Echolotung die Höhe der Ionosphäre. Die ankommenden Zeichen werden auf dem Leuchtschirm eines Braun'schen Rohres sichtbar gemacht und auf einem langen, langsam wandernden Registrierstreifen laufend photographiert. Die Registrierun-



*Lage der Fleckenzonen der Sonne im Verlauf eines Jahres. Die seitlichen Neigungen der Sonnenachse sind der Vereinfachung wegen nur angedeutet. Der schwache Kreis im Zentrum zeigt das Gebiet an, aus welchem im allgemeinen die Störungen auf der Erde wirksam werden. Zu Beginn des Sonnenfleckenminimums setzen die Störungen in hohen heliographischen Breiten ein. Im Verlauf des elfjährigen Zyklus verschieben sich die Störungsherde allmählich gegen den Sonnenäquator*



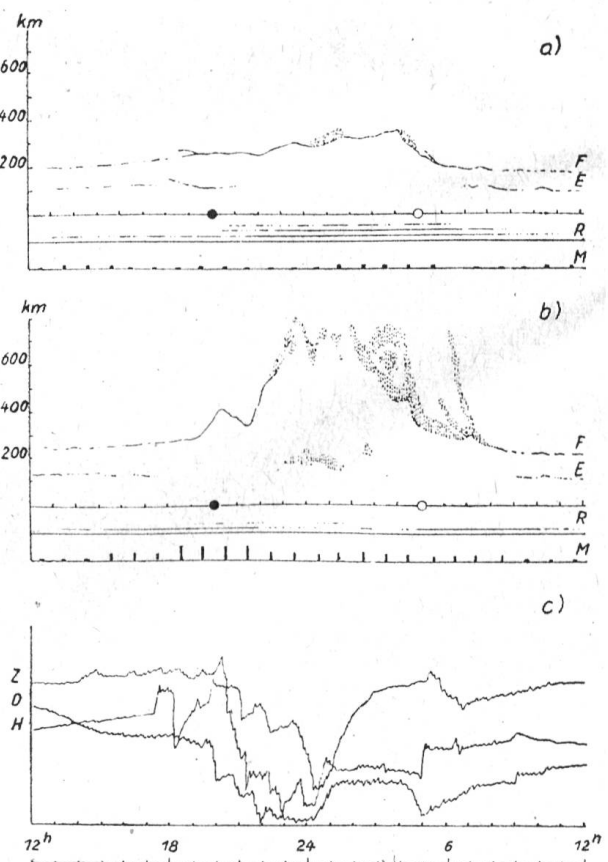
*Zenitlotung der Ionosphäre. S Sender, E Empfänger, B Bodenwelle, R Raumwelle*



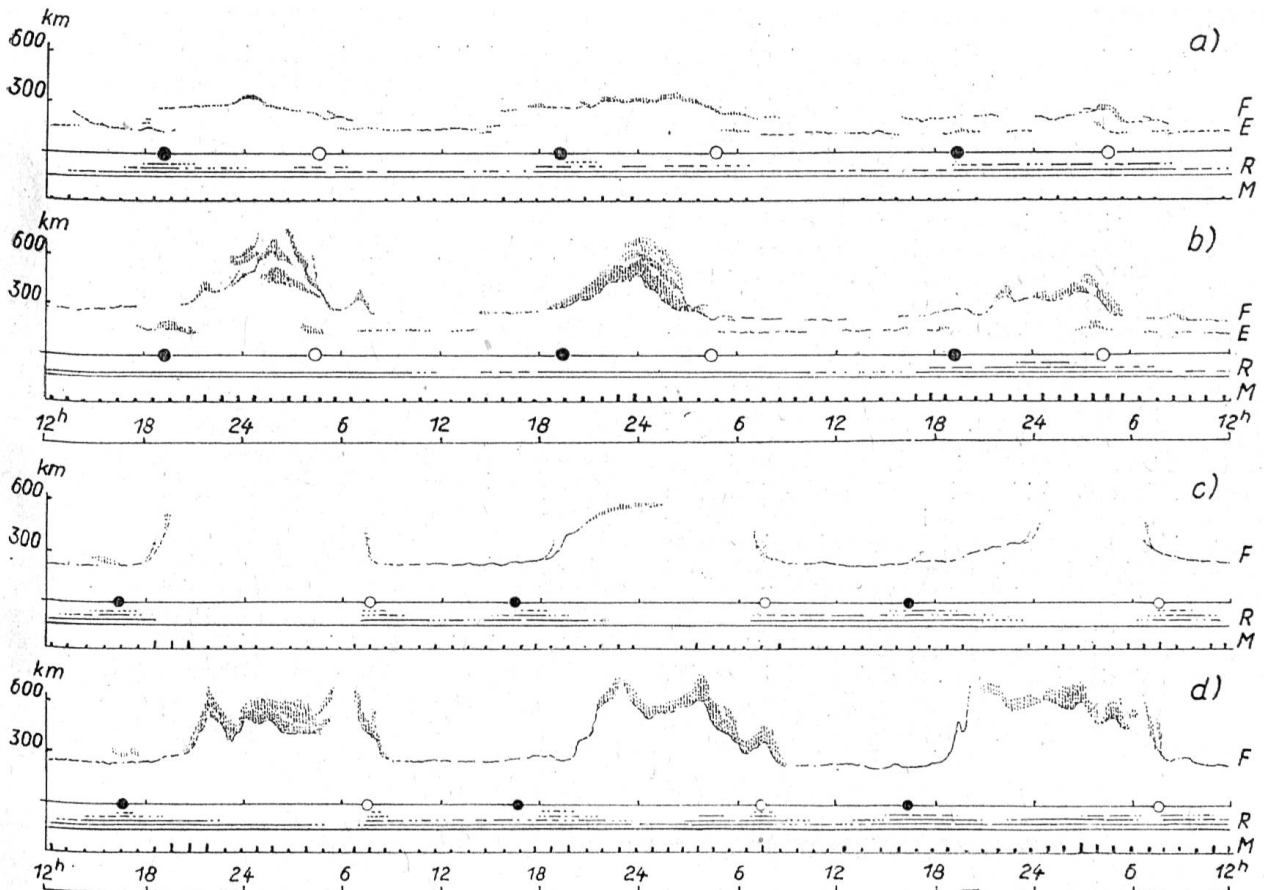
Ausschnitte aus Registrierstreifen. B Bodenwelle, E E-Schicht, F' Reflexion an der F-Schicht, F'' Reflexion an einer darüberliegenden Schicht, 2F zweifache Reflexion an der F-Schicht. — Die untere Abbildung b zeigt die Streuung vor dem abendlichen Aussetzen oder dem morgendlichen Einsetzen der Reflexion

gen können für eine bestimmte Wellenlänge oder auf mehreren Frequenzen mit einem sogenannten Durchdrehender erfolgen, weil die verschiedenen Frequenzen in verschiedenen Höhen reflektiert werden. Diese Feststellungen sind für den Funkverkehr sehr wichtig, da hiervon die richtige Auswahl der günstigsten Frequenzen für bestimmte Entfernungen zu bestimmten Zeiten abhängt. Es gibt für die einzelnen Schichten der Ionosphäre zu gewissen Zeiten bestimmte obere Grenzwellen, die gerade noch reflektiert werden. Wellen, die kürzer sind als die Grenzwellen, durchdringen die Ionosphäre, sind also für den Empfang verloren, alle längeren werden gespiegelt. Allerdings gibt es auch noch eine untere Brauchbarkeitsgrenze, die sich durch mehr oder minder starke Dämpfung der Raumwelle in einer Zone unterhalb der E-Schicht ergibt. In dieser Zone werden abgespaltete freie Elektronen durch die Raumwelle auf ihrem Weg zur und von der Ionosphäre in Schwingung versetzt, sie werden jedoch durch benachbarte Luftmoleküle abgebremst, wodurch die übertragene Energie verlorengeht. Die Dämpfung weist jedoch keinen scharfen Übergang auf und kann daher nicht eindeutig bestimmt werden.

Die E-Schicht tritt, dem Sonnenstand entsprechend, im allgemeinen nur bei Tage auf. Nach Eintritt der Dämmerung läßt die Ionisierung nach, die Schicht verschwindet, die freien Elektronen verbinden sich wieder mit den Gasmolekülen, die Raumwelle wird infolgedessen dort nicht mehr reflektiert und scheidet bei Entfernungen, die für E-Übertragung in Frage kommen, für den Empfang aus. Die viel höher liegende F-Schicht unterliegt länger der Sonneneinwirkung, außerdem kann dort die Wiedervereinigung der Elektronen mit den Molekülen wegen der geringeren Luftdichte nur langsamer erfolgen. Die F-Schicht bleibt daher, zumal im Sommer, auch bei Nacht bestehen. Diesen einigermaßen regelmäßigen Veränderungen kann im Funkbetrieb durch die Wahl einer passenden Frequenz begegnet werden. Man wählt am



Reflexion an der Ionosphäre. a) ungestört, b) starke Störung, c) gleichzeitige erdmagnetische Komponenten während der Störung



Charakteristische Zustände der Ionosphäre. Die viele Meter langen Registrierstreifen werden der besseren Übersicht wegen durch Zeichnung auf einen wesentlich kürzeren Zeitmaßstab zusammengedrängt. a) und b) im Sommer, c) und d) im Winter, a) und c) normal, b) und d) gestört. ● Sonnenuntergang, ○ Sonnenaufgang, R Zahl der Mehrfach-Reflexionen als Maß für die Stärke der Reflexion, M Stärke der erdmagnetischen Tätigkeit, E E-Schicht, F F-Schicht

Tage höhere Frequenzen, also kürzere Wellen als bei Nacht und setzt im Sommer oder in südlichen Breiten ebenfalls höhere Frequenzen ein als im Winter oder in nördlichen Gegenden. Ebenso verlangen zunehmende Entfernungen entsprechend kürzere Wellen. Für den Kurzwellen-Nahverkehr bis zu 1000 Kilometer eignen sich Wellenlängen zwischen 50 und 100 Meter, für den Fernverkehr auf Kurzwelle solche von 10 bis 50 Meter.

Die Nahverkehrskurzwellen sind im Sommer bei Tage einer starken Dämpfung ausgesetzt. Die Fernverkehrswellen überbrücken größte Entfernungen, doch treten dabei häufig sogenannte tote Zonen auf, in denen infolge ungünstiger Abstrahl- oder Reflexionswinkel kein Empfang möglich ist.

Die üblichen Rundfunkwellen im Mittelwellenbereich stützen sich in der Regel auf den Empfang der Bodenwelle. Die Raumwelle kann hier nur nachts empfangen werden, wenn keine Dämpfung mehr in der Zone unterhalb der E-Schicht wirksam ist. Das gleichzeitige Auftreten von Boden- und Raumwelle in der Dämmerung und bei Nacht führt zu den bekannten Schwunderscheinungen.

Die tages- und jahreszeitlich bedingten Veränderungen der Ionosphäre werden nun zeitweise, je nach Art und Anzahl der Sonnenflecken und den mit ihnen verbundenen Erscheinungen, durch unregelmäßige Störungen und Einflüsse überlagert. Es gibt Zeiten, in denen die Grenzfrequenz der F-Schicht ungewöhnlich absinkt, wodurch die Zahl der brauchbaren Frequenzen sehr verringert wird.

Besonders in der Nacht, während der die Grenzfrequenz ohnedies schon niedrig ist, kann bei schweren Störungen der größte Teil des Kurzwellenbetriebes unterbrochen werden. Solche Tage, denen meist eine starke Sonneneruption vorausgeht, sind auch von erdmagnetischen Störungen begleitet, die sich zu magnetischen Stürmen steigern können, wobei auch der Telephon- und Telegraphieverkehr mit Draht unterbrochen und die Kompaßnadel um einige Grad abgelenkt wird. Die Ionosphäre reagiert, soweit sie mit der ultravioletten Strahlung zusammenhängt, sofort auf die Vorgänge auf der Sonne, während die erdmagnetischen Unruhen etwa einen Tag später einsetzen. Um diese Zeit erscheinen dann auch die Polarlichter und es folgen weitere Störungen der Ionosphäre. Die erdmagnetischen Stürme und das Polarlicht stellen sich beim Eintreffen der bei den Sonneneruptionen ausgestoßenen korpuskularen „Wolken“ ein. Die Verzögerung zwischen Eruption und erdmagnetischer Unruhe und dem Polarlicht entsteht dadurch, daß die Korpuskularteilchen den Weg Sonne-Erde langsamer zurücklegen, als die Lichtemission. Derartige Störungen dauern meist mehrere Stunden, mitunter auch Tage und treten besonders in höheren Breiten auf.

Überraschend, aber wesentlich kurzzeitiger und seltener tritt eine Störung auf, die den Namen „Ionosphären-Einbruch“ erhielt und auf eine eigenartige, kurzdauernde, von starker ultravioletter Strahlung begleitete Eruption auf der Sonne zurückzuführen ist. Diese heftige Strahlung durchdringt die Ionosphäre und ionisiert die

Atmosphäre bis in etwa 60 Kilometer Höhe kräftig, wodurch die Raumwelle stark gedämpft wird.

Schließlich sei noch eine unregelmäßige Erscheinung erwähnt, die als abnormale E-Schicht bezeichnet wird und die vor allem in höheren Breiten auftritt. Es tritt dabei Reflexion der Raumwelle an der E-Schicht auf zu einer Zeit, in der üblicherweise die Ionisierung der E-Schicht zur Reflexion bestimmter Frequenzen nicht mehr ausreicht. Sie wirkt sich zwar nicht als Verschlechterung des Empfanges aus, aber sie kann unter Umständen namentlich in der Luftfahrt, zu Irrtümern Anlaß geben.

Die Abhängigkeit des Zustandes der Ionosphäre von der geographischen Lage machte die Errichtung eines weiträumigen Beobachtungsnetzes nötig. Eine Anzahl Ionosphärenstationen waren beispielsweise in Europa auf zwei großen Linien angeordnet; eine reichte vom nördlichen Norwegen bis nach Sizilien, eine andere vom Schwarzen Meer bis zum Atlantik. Im Schnittpunkt dieser Beobachtungsstrecken befand sich südlich von Wien eine große Zentralstelle, jetzt in verkleinerter Form in Lindau bei Göttingen, in der, ähnlich wie beim Wetterdienst, die Resultate der Außenstellen zusammenliefen, und von wo aus alle für die Frequenzberatung in Betracht kommenden Stellen verständigt wurden. Auf diese Weise erhielt man zwei große Querschnitte durch die Ionosphäre in Nord-Süd- und Ost-Westrichtung und war über die Aus-

breitungsverhältnisse auf kurze, mittlere und große Entfernungen laufend orientiert. Man war dadurch auch imstande, durch Extrapolation von dem erhaltenen Bild mit ziemlicher Sicherheit Schlüsse auf den Zustand der Ionosphäre in den angrenzenden Gebieten zu ziehen und konnte diese unter Umständen sogar auf die südliche Erdhälfte ausdehnen. Es wurden von der Zentralstelle, mitunter auch von der einen oder anderen Außenstelle, langfristige und kurzfristige Übersichten, ferner auf Anforderung Einzelberatungen für bestimmte Strecken und Zeiten ausgegeben, und wenn besondere Störungen auf Grund der Sonnenüberwachung zu erwarten waren, entsprechende Warnmeldungen.

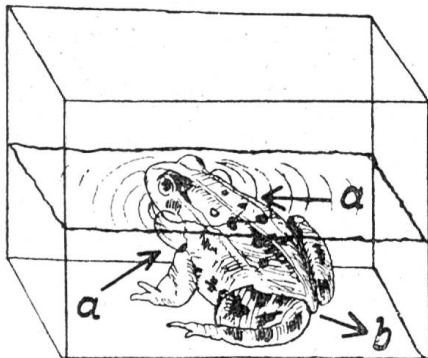
Zu bemerken ist noch, daß parallel zu den Registrierungen der Sonne und der Ionosphäre der Verlauf der erdmagnetischen Komponenten aufgezeichnet wird. Daraus ergibt sich eine gegenseitige Zusammenarbeit mit den erdmagnetischen Observatorien und mit den Polarlichtbeobachtungsstellen.

Der Zweck der Funk- oder Frequenzberatung liegt neben der laufenden Forschungsarbeit vor allem darin, den zahlreichen Sende- und Empfangsstationen bei der Auswahl der richtigen Frequenz behilflich zu sein, damit sonst unvermeidliche Empfangsstörungen und Irrtümer weitgehend vermieden werden.

Ing. Rudolf Kroeber, Eichenau

## Warum trinken Heringe, Frösche aber nicht?

Wenn wir uns nach einem ausgiebigen Bade wiegen, werden wir kaum eine merkliche Veränderung unseres Gewichtes feststellen. Denn unsere Haut ist völlig wasserdicht, und alle Flüssigkeit, die sich in unserem Körper befindet, entstammt dem Wasser, das wir zu uns nehmen. Wenn wir hingegen einen Frosch mit verschlossenem Maul und mit verschlossener Kloake ins Wasser setzen, können wir nach kurzer Zeit eine starke Zunahme seines Körpergewichtes feststellen: Er hat also durch seine Haut Wasser aufgenommen. Übrigens brau-



Ein im Wasser sitzender Frosch nimmt durch die Haut Salz und Wasser auf (a). Durch die Nieren scheidet er dann das überflüssige Wasser wieder aus (b)

chen wir dem Frosch das Maul gar nicht zu verschließen, denn er pflegt normalerweise niemals Wasser zu trinken.

Noch drastischer kann man die Fähigkeit der lebenden Froschhaut, Wasser aktiv aufzunehmen, im Experiment zeigen: Ein kleines Säckchen aus der Haut eines eben getöteten Frosches wird mit einer Salzlösung ge-

füllt, die in ihrer Konzentration dem Froschblut gleicht — das ist eine 0,7prozentige Kochsalzlösung. Das Säckchen wird fest zugebunden und gewogen. Dann legt man es in die gleiche Salzlösung. Wenn man es nach dreißig Minuten herausnimmt, abtrocknet und wieder wiegt, wird man ebenfalls eine bemerkenswerte Gewichtszunahme feststellen.

Physikalisch betrachtet ist dies gar nicht so einfach zu verstehen; denn innerhalb wie außerhalb des Bläschens befindet sich die gleiche Salzlösung. Osmotische Kräfte können also unmittelbar nicht die Ursache der Wasseraufnahme der Haut sein, denn unter Osmose verstehen wir die Tendenz stärkerer Salzlösungen, durch Membranen hindurch Wasser aus schwachen Lösungen „anzusaugen“. Hätte also das Froschhautsäckchen etwa in gewöhnlichem Leitungswasser gelegen, so wäre seine Gewichtszunahme sehr einfach zu verstehen. So aber hat es ja einer gleich starken Lösung Wasser entzogen, also den rein physikalischen Kräften entgegengearbeitet.

Noch wunderbarer erscheint die ganze Geschichte, wenn man den Salzgehalt des Bläschen-Inhalts mißt. Es zeigt sich nämlich, daß auch dieser zugenommen hat. Die Froschhaut hat also nicht bloß Wasser, sondern zudem Salz aufgenommen. Dieser Befund ergibt aber auch die recht einfache Lösung des ganzen Problems: Wir brauchen nämlich nur anzunehmen, daß die Froschhaut aktiv Salz aufnimmt; dann wird das Wasser einfach osmotisch nachgesogen.

Diese aktive Salzaufnahme der Froschhaut ist nichts Außerordentliches. Man weiß schon seit längerer Zeit, daß alle Süßwassertiere in der Lage sind, durch die Haut oder wenigstens durch bestimmte Hautabschnitte Salze — und natürlich auch Wasser — aus dem Wasser aufzunehmen. Das gilt etwa für unsere Flußfische, Flußkrebse und Muscheln wie für alle anderen Süßwasser-