Zur Ausbreitung von kurzen Radiowellen

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **34 (1961)**

Heft 11

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-563988

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Wir setzten ein: 1 SE-222, 1 Stg., 1 ETK, 1 Tf. Auch die Brieftauben durften ihre Körbe verlassen. Die Funkbereitschaft wurde innert einer kurzen Zeit auf sämtlichen Netzen pünktlich erstellt. Total konnten wir 122 Telegramme übermitteln und 134 empfangen. Sektionsintern wurde ein SE-207 und ein ETK-Netz aufgebaut, wo jung und alt die Gelegenheit hatten, sich zu trainieren und weiter auszubilden. Für die Verpflegung sorgten unsere treuen Küchenchefs. Wir hatten die Ehre, folgende Herren zu begrüssen: Herr Ing. Küpfer, Telephondirektion, Thun; Herr Oberst Weber, Kreiskommandant, Thun, Herr Hptm. Schneiter, TD Thun.

Wir danken bestens für das Interesse an unserer Arbeit, das uns mit dem freundlichen Besuch bekundet wurde. Oblt. Thoma inspizierte unsere Arbeit, auch ihm danken wir bestens für die ausführliche Übungsbesprechung und für seine Mühe, sowie für die wohlwollende Bewertung unserer Arbeit. Die Vorbereitungen für diese Übung waren gross, aber der Erfolg rechtfertigte unsern Eifer. Der Präsident und der Übungsleiter danken allen Kameraden nochmals herzlich für den guten Einsatz. DS

621.391.812 6

Zur Ausbreitung von kurzen Radiowellen

von ***

Mit dieser Nummer des «Pionier» beginnen wir mit dem regelmässigen Abdruck der MUF-Kurve. Zur Einleitung dieses neuen Beitrages haben wir einen Fachmann gebeten, einige Erläuterungen über den Sinn, die Entstehung und die Verwendung der MUF-Kurven zu schreiben. Wir hoffen gerne, dass diese Bereicherung unserer Zeitschrift das Interesse aller derjenigen finden werde, die sich besonders mit der Ausbreitung der Kurzwellen befassen. öi.

Es ist meistens üblich, die Gesamtheit der Radiowellen in die folgenden Bereiche aufzuteilen: Langwellen, Mittelwellen, Kurzwellen, Ultrakurzwellen, Mikrowellen, da für jeden dieser Bereiche nicht die gleichen Ausbreitungsgesetze gelten. Die Kurzwellen sind wohl am stärksten vom Zustand der Ionosphäre abhängig, wobei wir unter Kurzwellen jene elektromagnetischen Wellen verstehen, deren Wellenlänge zwischen etwa 100 m und 10 m fällt oder, anders ausgedrückt, deren Schwingungszahl oder Frequenz zwischen etwa 3 Megahertz (= 3 Millionen Schwingungen pro Sekunde) und 30 Megahertz (abgekürzt MHz) liegt. Mit Ionosphäre bezeichnet man jene Region der höheren Erdatmosphäre, welche zwischen etwa 80 km und 450 km Höhe liegt und welche durch die ultravioletten Sonnenstrahlen ionisiert, d. h. elektrisch leitend gemacht wird. Die Ionosphäre enthält also frei bewegliche Ladungsträger, Elektronen und Ionen und wirkt deshalb für Radiowellen wie eine Art Spiegel. Die Reflexion ist jedoch lange nicht so gut wie bei einem Glas- oder Metallspiegel. Da die Sonnenstrahlung die Hauptursache der Ionosphäre ist, ist es naheliegend, dass sich diese elektrisch leitenden Schichten mit dem Sonnenstand in Höhe und Konzentration der Ladungsträger verändern, und dass nachts, bei fehlender Sonnenstrahlung, die Ionisierung stark zurückgeht. Die Ausbreitung der Kurzwellen geschieht nun weitgehend «mit Hilfe» der ionosphärischen Spiegelung, und Erscheinungen wie Sonnenaufgang, Sonnenuntergang, jahreszeitliche Wechsel zwischen Sommer und Winter usw. haben einen deutlichen Einfluss.

Schon mit relativ einfachen Mitteln kann man die wichtigsten Gesetze der Kurzwellenausbreitung herausfinden. Nehmen wir an, es befinde sich eine Gruppe Funker mit einem Sendegerät mittlerer Leistung (einige hundert Watt) und einem Frequenzbereich von 3 MHz bis 18 MHz irgendwo in der Nähe von Zürich. In einer Entfernung von etwa 100 km, zum Beispiel in der Nähe Berns, befinde sich eine zweite Gruppe Funker mit einem passenden Empfangsgerät. Die beiden Gruppen haben die Aufgabe, festzustellen, mit welchen Frequenzen eine drahtlose Verbindung hergestellt werden kann und wie sich die «brauchbaren» Frequenzen im Laufe der Zeit ändern. Die beiden Gruppen stehen zur Befehlsdurchgabe in telephonischer Verbindung, am besten durch Draht. Um ein wirkliches Beispiel besprechen zu können, welches aus Beobachtungen abgeleitet worden ist, nehmen wir an, wir seien im November 1960 und wir greifen den 3. November heraus, und zwar die Zeit kurz nach Mitternacht. Die Gruppe am Sender stellt das Gerät auf eine befohlene Frequenz ein und sendet während einiger Sekunden ein abgemachtes Morsezeichen. Die Gruppe am Empfänger trägt die Stärke des ankommenden Signals (QSA), den Tag, die Zeit und die Frequenz auf Messblättern ein.

Beginnt man den Versuch auf etwa 3 MHz, so ist es praktisch sicher, dass die Morsezeichen in Bern gut zu empfangen sind. Die Empfänger-Gruppe befiehlt sofort eine Frequenzerhöhung um rund 0,5 MHz, und der Versuch wird wiederholt. Anschliessend werden schrittweise weitere Frequenzerhöhungen um je 0,5 MHz vorgenommen, Morsezeichen ausgesendet und der Empfang genau notiert. Unsere beiden Gruppen werden feststellen, dass das Signal auf 4,0 MHz zwar noch gut ankommt, dass die Zeichen auf 4,5 MHz jedoch vollständig fehlen. Das Ergebnis ist für 5,0 MHz und höhere Frequenzen ebenfalls negativ. Untersucht man den Bereich, in welchem die Verbindung abzureissen beginnt, in kleineren Schritten, beispielsweise in Sprüngen von 0,1 MHz, so kommt man zum Schluss, dass auch auf 4,1 MHz nichts mehr zu hören ist. Unsere beiden Funker-Gruppen haben also herausgefunden, dass am 3. November 1960, 0 Uhr, die Frequenz 4,0 MHz die «höchste brauchbare Frequenz» ist, die meistens mit der englischen Abkürzung MUF = maximum usable frequency bezeichnet wird. Nun werden die Geräte bis 1 Uhr abgeschaltet. Um diese Zeit wird der ganze Versuch, durch schrittweises Erhöhen der Frequenz die MUF «abzutasten», mit Beginn bei 3 MHz, wiederholt. Für 1 Uhr reisst die Funkverbindung schon zwischen 3,9 MHz und 4,0 MHz ab. In der Folge wird das Ganze zu jeder vollen Stunde wiederholt. Um 2 Uhr liegt die MUF wieder etwas

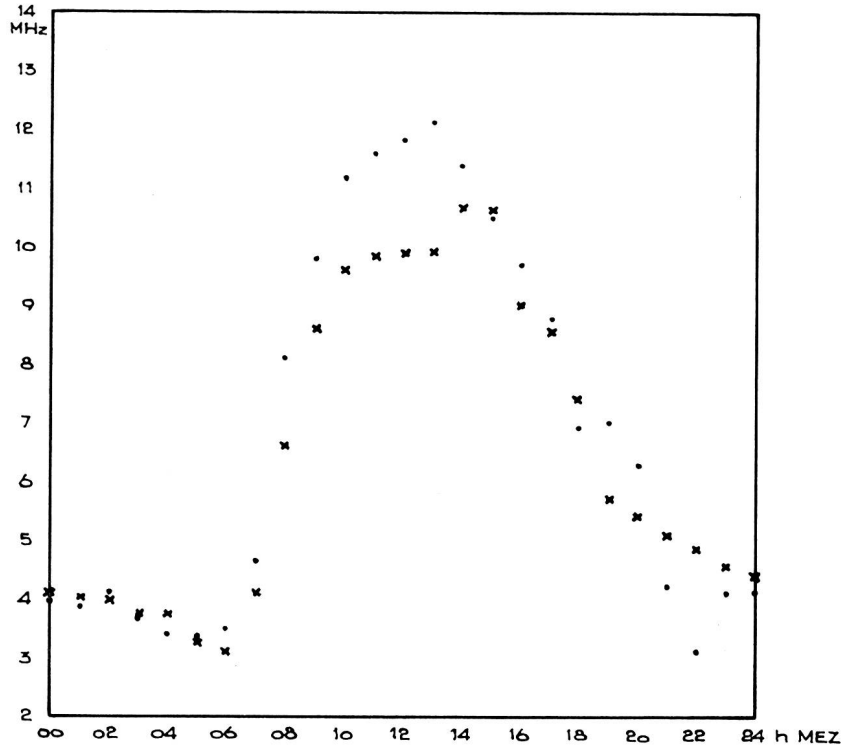


Fig. 1: MUF-Beobachtungen am 3. 11. 1961 und 4. 11. 1961

höher, nämlich bei 4,1 MHz. Um 3 Uhr sinkt sie auf 3,7 MHz und erreicht ihren Tiefstwert von 3,4 MHz für 4 Uhr und für 5 Uhr. Um 6 Uhr kommt das Zeichen bis höchstens 3,5 MHz wieder durch. Von 7 Uhr an beobachten unsere Gruppen plötzlich ein kräftiges Ansteigen der brauchbaren Frequenzen, da es inzwischen Tag geworden ist. So reisst um 8 Uhr die Verbindung erst zwischen 8,1 und 8,2 MHz ab; alle niedrigeren Frequenzen sind jetzt für unsere Strecke brauchbar. Bis zur Mittagszeit steigt die MUF bis gegen 12 MHz und erreicht ihren Tages-Höchstwert von 12,1 MHz um 13 Uhr. Da die MUF während des Tages hoch liegt, können die einzelnen Frequenzerhöhungen von 0,5 MHz auf 1 MHz vergrössert werden. Im Lauf des Nachmittags sinkt die MUF wieder deutlich und erreicht nach Einbruch der Nacht wieder die Gegend zwischen 3,1 MHz und 4,2 MHz. Die Punkte in Fig. 1 zeigen die Beobachtungen für den 3. 11. 60.

Für den 4. November 1960 ist die Änderung der MUF mit der Tageszeit durch Kreuze in Fig. 1 dargestellt. Auch hier finden wir niedrige Nacht- und hohe Tageswerte, jedoch finden wir in den wenigsten Stunden die gleichen Werte wie am Vortag. Ähnliche *Schwankungen* lassen sich an allen folgenden Tagen beobachten.

Setzen unsere beiden Funker-Gruppen ihre Versuche während des ganzen Monats November fort, so erhalten sie am Schluss eine Tabelle mit je 30 MUF-Beobachtungen für jede der 24 Stunden des Tages. Stellt man diese

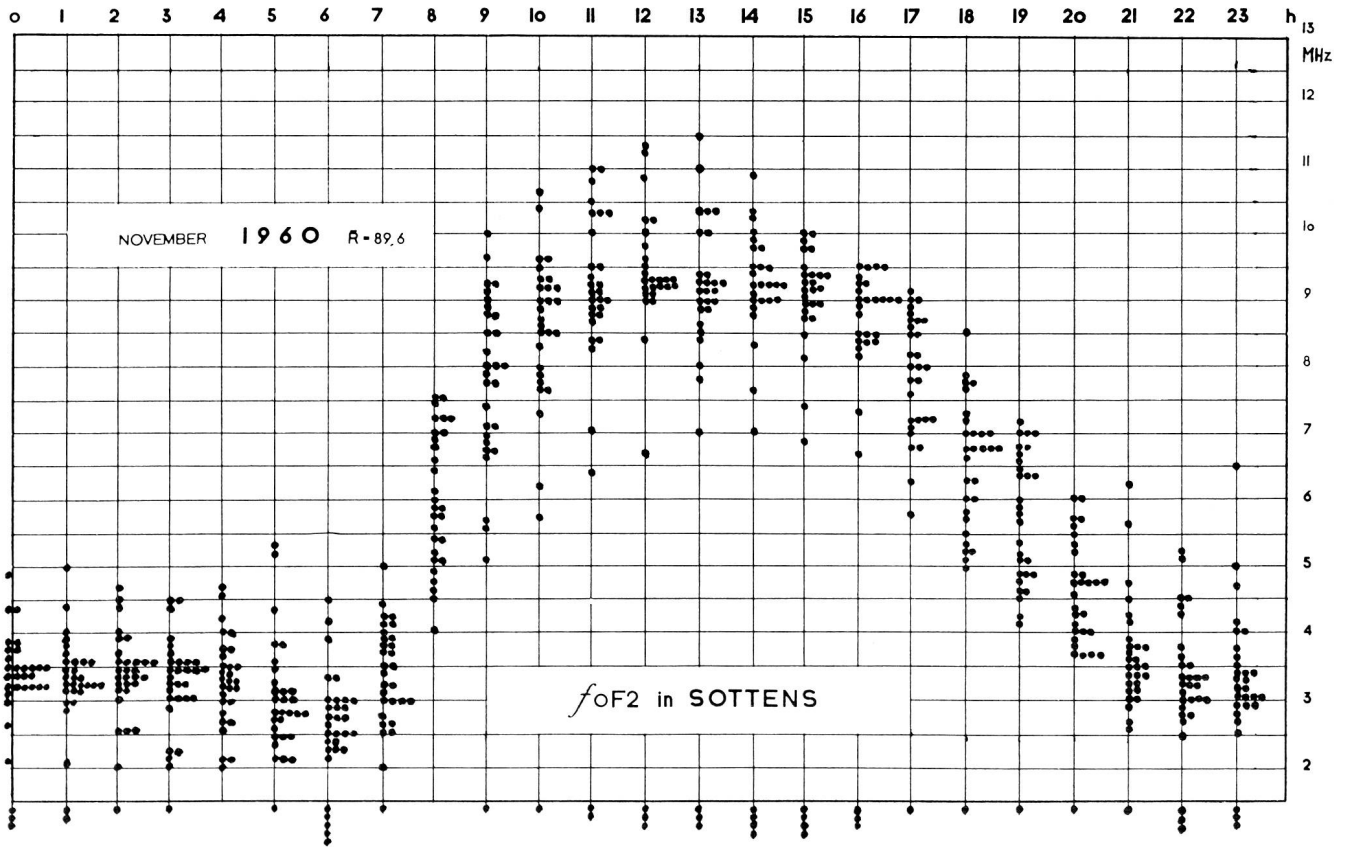
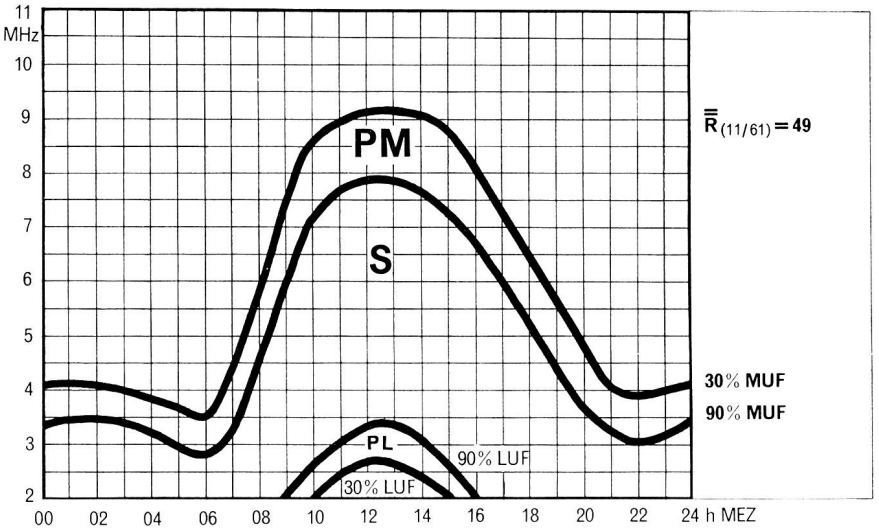


Fig. 2: *fo*F2 für November 1960, 4 Uhr

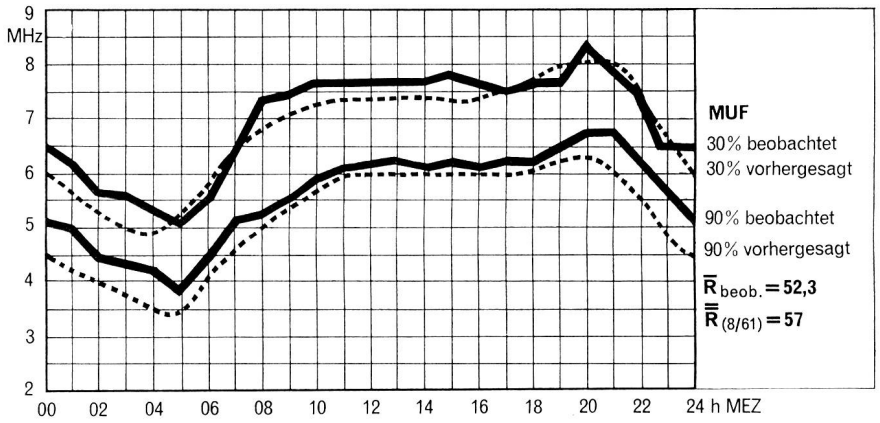
Tabelle graphisch dar, indem man nach rechts die Stunden und nach oben die MUF-Werte aufträgt, so entsteht ein Bild, welches abgesehen vom Nullpunkt der Frequenzachse genau wie Figur 2 aussieht. Figur 2 ist das Ergebnis der Ionosonde der Generaldirektion PTT in Sottens für November 1960. Dieses Gerät löst automatisch dieselbe Aufgabe wie unsere beiden Gruppen, nur stehen hier Sender und Empfänger am selben Ort. Fig. 2 stellt nicht die MUF, sondern die später genauer besprochene ordentliche Grenzfrequenz foF2 dar, welche um den konstanten Betrag von 0,6 MHz kleiner ist als die MUF. Durch Verschieben der Frequenzachse um 0,6 MHz können wir also ohne weiteres Fig. 2 auch als MUF-Streubild interpretieren. Falls zur selben Stunde mehrere genau gleich grosse MUF-Werte beobachtet worden sind, liegen die entsprechenden Punkte in Fig. 2 nebeneinander; sie beziehen sich aber dennoch alle auf die volle Stunde. Dieses Bild zeigt die *Streuung* der Beobachtungen innerhalb des Monats November 1960. Die Streuung ist ein sehr wichtiger Begriff aus der Wahrscheinlichkeitslehre und kommt in der praktischen Physik an vielen Orten vor. So spricht man auch bei der Schiesslehre der Artillerie von «kurzen» oder «langen» Schüssen, welche aus einem fest eingerichteten Geschütz abgefeuert worden sind.

Fig. 3 ist eine Vergrösserung einer einzelnen Stunde aus Fig. 2, in unserm Falle morgens 4 Uhr. Wir sehen die meisten Werte in der Mitte des Punkthaufens, in der Gegend zwischen 3,0 und 3,7 MHz. Oberhalb und unterhalb dieses mittleren Bereichs sind aber mehr oder weniger kräftige «Ausreisser» zu finden. Da in der Ionosphäre neben starken Luftströmungen und Wärmeeffekten auch Störungen im Schichtaufbau vorkommen können, gibt es in jedem Monat einzelne Tage, an denen die MUF besonders hoch oder besonders tief liegt. Solche Ausnahmezustände können ganz unregelmässig auftreten und auch sehr verschieden lange dauern. Im allgemeinen scheinen solche Störungen, d. h. niedrigere MUF-Werte als «normal» im März oder April und im September stärker aufzutreten als für andere Monate. Für diese beiden Monate sind die Streubereiche meistens viel grösser als für die übrige Zeit.

MUF-Vorhersage für November 1961



MUF-Beobachtungen, August 1961



Bedeutung der Symbole

Wählt man für eine drahtlose Verbindung auf Kurzwellen innerhalb der Schweiz die Arbeitsfrequenz so, dass sie in den Bereich «S» fällt, so ist die Verbindung als *sicher* zu beurteilen (unter Vorbehalt von 3 gestörten Tagen).

Fällt die Arbeitsfrequenz in den Bereich PM, so ist die Wahrscheinlichkeit (probabilité) grösser, dass die Tages-MUF erreicht oder überschritten wird.

Fällt die Arbeitsfrequenz in den Bereich PL, so ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass die Tages-LUF erreicht oder unterschritten wird.

In den Bereichen PM und PL sind die Erfolgschancen für eine sichere Verbindung naturgemäss geringer.

$\overline{R}$ = monatliches Mittel der beobachteten Sonnenflecken-Relativzahl

$\overline{\overline{R}}$ = gleitendes Zwölfmonatsmittel der Sonnenflecken-Relativzahl.

$\overline{R}$ und $\overline{\overline{R}}$ werden in der Fortsetzung noch besprochen; sie sind aus den Veröffentlichungen der Eidg. Sternwarte Zürich (Prof. Dr. M. Waldmeier) übernommen worden.

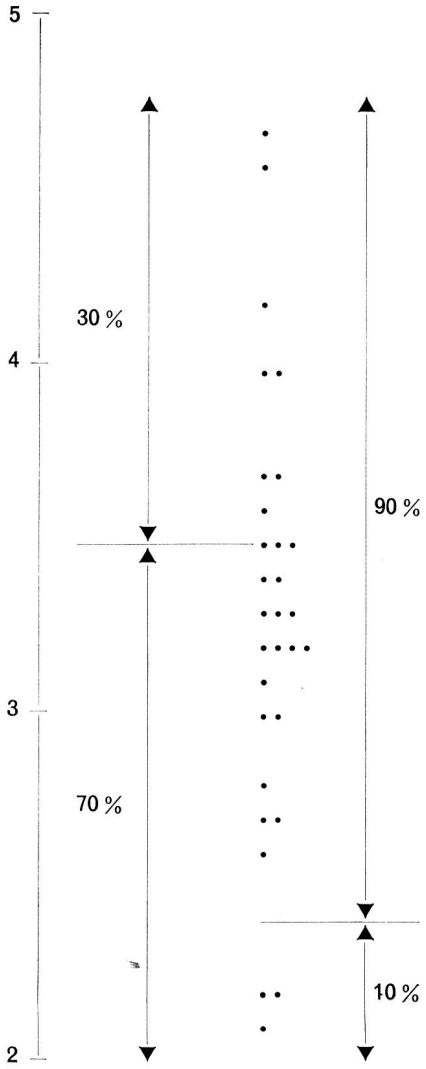


Fig. 3

Unsere beiden Gruppen hatten die Aufgabe, für November 1960 die brauchbaren Frequenzen für eine drahtlose Verbindung Zürich-Bern festzustellen. Neben dem Interesse, das wir für vergangene Monate zeigen, entsteht jedoch der Wunsch, eine *Vorhersage* der MUF für November 1961 aufstellen zu können, welche sich aus Messungen vom November 1960 sollte ableiten lassen. Auch in der Wetterkunde werden dauernd Beobachtungen der Vergangenheit in die Zukunft hinaus *extrapoliert*. Ist es «heute» schön und wolkenlos, so kann der Meteorologe anhand seiner Wetterkarten (für Druck, Windrichtung, Temperatur usw.) das Wetter für morgen mit guter Genauigkeit vorhersagen. Die Trefferwahrscheinlichkeit ist jedoch schon bedeutend geringer, wenn er heute die genaue Mittagstemperatur an Weihnachten 1961 vorhersagen sollte. Noch schwieriger ist es, ein Jahr zum voraus Prognosen aufzustellen. Für November 1962 könnte er höchstens einen ganz allgemeinen Verlauf des Wetters prophezeien und müsste mit einer erheblichen Toleranz, d. h. einer möglichen Abweichung der Beobachtung von der Vorhersage, rechnen.

Unsere derzeitige Kenntnis der Ionosphäre ist allerdings noch nicht so gross, dass sich vernünftige MUF-Werte von einem Tag auf den andern mit Sicherheit vorhersagen lassen. Man begnügt sich deshalb meistens mit einer Monats-Vorhersage und gibt den Prozentsatz der Wahrscheinlichkeit an.

Da wir uns zunächst für die höchste Frequenz interessieren, die an *allen* Tagen des Novembers 1960 die Radioverbindung Zürich-Bern gestattet, wäre es naheliegend, für jede Stunde den tiefsten beobachteten MUF-Wert als obere Grenze der Betriebsfrequenz anzugeben. Dann sind wir sicher, dass *alle* Werte, d. h. 100 % der Beobachtungen, *oberhalb* dieser Grenze liegen (siehe Fig. 4). Wir müssen jedoch berücksichtigen, dass sich diese Kurve der «100% MUF» auf vergangene Beobachtungen stützt, von denen wir doch nicht sicher sind, ob darin viel oder wenige gestörte Tage enthalten waren. Es ist deshalb praktischer, zum vornherein eine Toleranz von 10 % der Beobachtungen zu akzeptieren und eine neue Kurve zu suchen, welche so verläuft, dass 10 % = 3 Tage des Novembers eine noch tiefere MUF haben, und 90 % = 27 Tage eine höhere MUF. Bei dieser neuen «90% MUF»-Kurve können wir die Betriebsfrequenz um ein beträchtliches Stück erhöhen. Nur müssen wir uns bewusst sein, dass wir 3 Tage mit möglicherweise sehr schlechten Bedingungen ausgeschlossen haben. Diese 90%-MUF-Kurve sollte uns jedoch in allen normalen Zeiten die obere Grenze bilden. Selbstverständlich gibt es noch viele Tage im Monat, wo man auf höheren Freqenzen auch Verbindung gehabt hätte. Es ist deshalb angezeigt, noch eine zweite, höhere Kurve der «30 % MUF» anzugeben, d. h. eine Kurve, welche so verläuft, dass 30 % = 9 Tage eine noch höhere MUF haben und 70% = 21 Tage eine niedrigere.

Bis jetzt haben wir immer nur von der *oberen* Grenze des Bereichs der brauchbaren Frequenzen gesprochen, welche entsprechend der Wahrscheinlichkeit durch die beiden Kurven der 30 % MUF und der 90 % MUF gebildet wird. Es gibt aber auch eine *untere* Grenze der brauchbaren Freqenzen, welche mit der englischen Abkürzung LUF = lowest useful frequency bezeichnet wird. Neben dem ionosphärischen Einfluss auf die LUF werden wir später die Senderleistung, die Antenne und den natürlichen Störpegel zu besprechen haben. In den MUF-Prognosen sind ebenfalls zwei Kurven, die 30 % LUF und die 90 % LUF angegeben.

(Fortsetzung folgt)

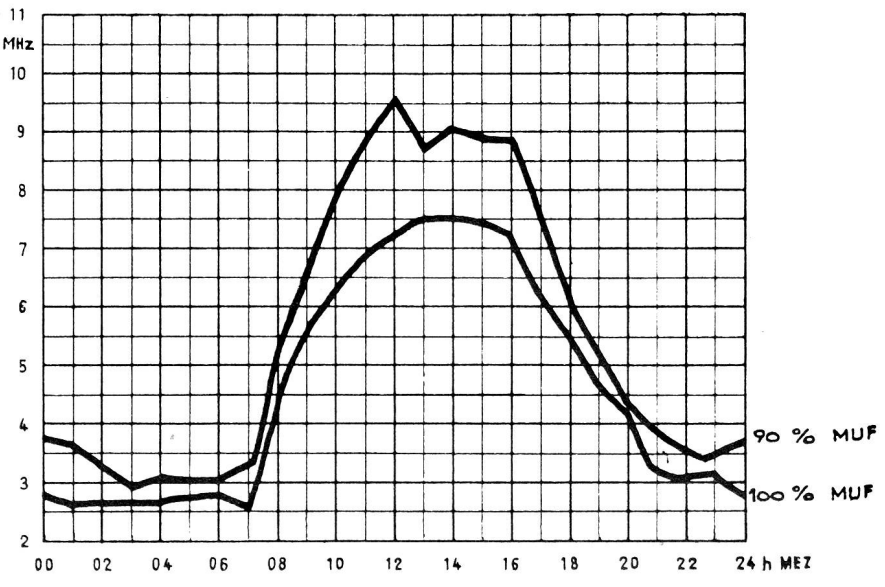


Fig. 4