

Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen
Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere
Band: 30 (1957)
Heft: 11

Rubrik: Funk + Draht

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: 10.01.2026

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

Funk

Einseitenbandmodulation und Frequenzschubtastung

Vor und während des zweiten Weltkrieges benützte die schweizerische Armee für ihre Funkverbindungen ausschliesslich die bekannte normale Amplitudenmodulation mit zwei Seitenbändern für Telefonieverkehr und amplitudengetastete Signale für Telegraphieverkehr.

Nach dem Krieg kamen zunächst aus Amerika, etwas später auch von der einheimischen Industrie Funkgeräte mit Frequenzmodulation zum Einsatz. Die Frequenzmodulation brachte zwar bedeutende Vorteile und Verbesserungen, aber nur bei Apparaten die im Ultrakurzwellengebiet arbeiten. Im Mittel- und Langwellengebiet konnte die Frequenzmodulation aus prinzipiellen Gründen nicht angewendet werden, weil die Vorteile, die sie bietet, durch ein viel zu grosses Frequenzband pro Kanal erkauft werden müssen. Diese breiten Frequenzbänder — man rechnet pro Telephonie-Kanal im Minimum mit 25 kHz — konnten und können in den schon überlasteten Kurz-, Mittel- und Langwellengebieten zum Vornherein nicht verantwortet werden.

Man sucht deshalb seit langem nach anderen Modulationsarten, die geeignet sind, den Funkverkehr zu verbessern. Theoretisch war es auch nicht schwer, solche besseren Modulationsarten — zum Beispiel eben die Einseitenbandmodulation — zu finden. Grosse Schwierigkeiten bereiteten hingegen die Konstruktion und der Bau der Apparaturen, die geeignet sind, die Einseitenbandmodulation in der Praxis zu verwirklichen.

Um dies klarzulegen, gestatte ich mir zunächst einige Erläuterungen über die Modulation im allgemeinen und das Wesen der Einseitenbandmodulation im besonderen:

Zur elektrischen Uebertragung der menschlichen Sprache wird bekanntlich durch ein Mikrophon vorerst ein elektrisches Abbild der Sprache hergestellt.

Ein solches brauchbares Abbild enthält elektrische Wechselströme im Tonfrequenzband von mindestens 300 bis 3000 und mehr Hertz.

Sofern nun als Uebertragungskanal ein Draht oder Kabel zur Verfügung steht, können diese tonfrequenten Wechsel-

ströme direkt vom Sendeort zum Empfangsort geleitet werden.

Benützt man hingegen den Aether als Uebertragungsmittel, so ist diese einfachste und rationellste Methode der direkten Uebertragung leider nicht möglich. Das tonfrequente Abbild der Sprache muss vielmehr vorerst in ein hochfrequentes Abbild umgewandelt werden, da nur mit Hochfrequenz eine Uebertragung durch den Aether möglich ist. Diese Umwandlung ist uns allen unter dem Namen Modulation bekannt.

Dabei hat man sich sehr lange fast ausschliesslich einer einzigen Modulationsart, der sogenannten

Amplitudenmodulation

mit zwei Seitenbändern bedient.

Bei dieser Modulationsart muss ständig ein sogenannter hochfrequenter Träger — wie er in Figur 1 dargestellt ist — vom Sendeort zum Empfangsort geschickt werden.

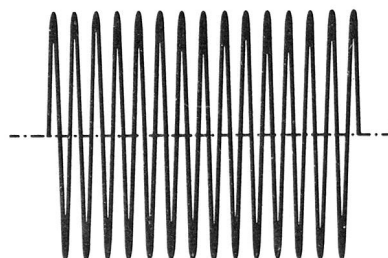


Fig. 1. Unmodulierter hochfrequenter Träger.

Diesem hochfrequenten Träger wird dann das tonfrequente Abbild der Sprache gemäss Figur 2 amplitudenmässig aufmoduliert, so dass sich schliesslich ein modulierter hochfrequenter Träger ergibt, wie er in Figur 3 abgebildet ist.

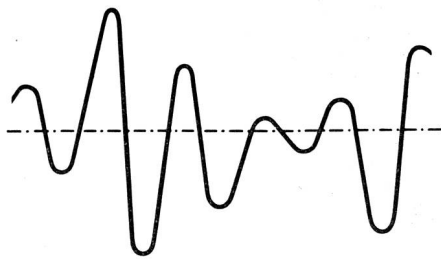


Fig. 2. Tonfrequentes elektrisches Abbild der Sprache.

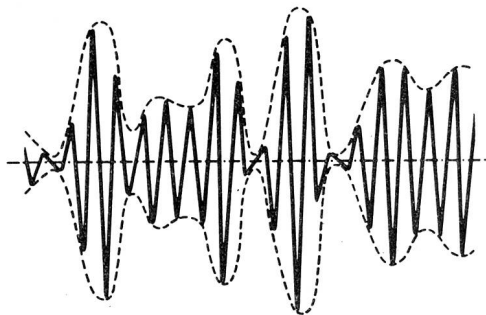


Fig. 3. Hochfrequenter Träger mit Amplituden-Modulation.

Die Amplitudenmodulation ist in bezug auf die notwendigen Apparaturen zur Modulation und zur Demodulation verhältnismässig einfach und allgemein bekannt.

Die Frequenzmodulation braucht ebenfalls einen hochfrequenten Träger, der nun aber vom tonfrequenten Abbild der Sprache nicht in seiner Amplitude, sondern in seiner Frequenz moduliert wird. Dies veranschaulichen die beiden folgenden Figuren 4 und 5.

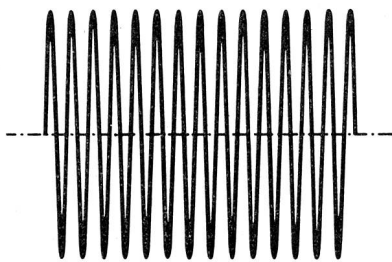


Fig. 4. Unmodulierter hochfrequenter Träger.

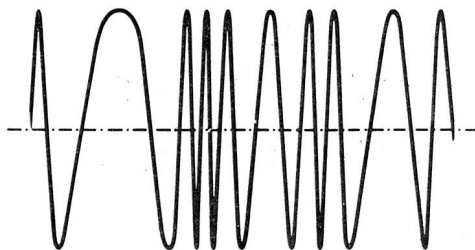


Fig. 5. Hochfrequenter Träger mit Frequenz-Modulation.

Ueber die Vor- und Nachteile der Frequenzmodulation, verglichen mit der Amplitudenmodulation ist bekanntlich viel ge-

stritten worden. Ohne Zweifel ergibt die Frequenzmodulation bei grossem Hub unter sonst gleichen Verhältnissen wesentlich bessere Uebertragungsqualitäten als die Amplitudenmodulation. Die Frage ist nur die, ob der hierfür bezahlte Preis in allen Fällen gerechtfertigt ist.

Dabei verstehe ich unter dem für Frequenzmodulation zu bezahlenden Preis nicht etwa den in Franken und Rappen zu begleichenden Mehrpreis für die komplizierteren Apparaturen zur Modulation und Demodulation, sondern die von der Frequenzmodulation namentlich bei grossem Hub beanspruchte, unverhältnismässig grosse Bandbreite.

Die heutige Ueberlastung der für militärische Zwecke geeigneten Wellenbänder ist allgemein bekannt. Es ist auch sicher, dass diese Ueberlastung in Zukunft nicht etwa ab-, sondern zunehmen wird. Dies verpflichtet, mit den vorhandenen Wellenbändern so sparsam als möglich umzugehen und nicht mehr zu beanspruchen, als zur Erreichung eines bestimmten Zieles unbedingt notwendig ist.

Deshalb seien die verschiedenen Modulationsarten vorerst in bezug auf die von ihnen beanspruchte Bandbreite untersucht:

Dabei möchte ich nochmals wiederholen, dass zur elektrischen Abbildung der menschlichen Sprache mindestens das Frequenzband von 300—3000 Perioden pro Sekunde benötigt wird. Das heisst, wir brauchen zur direkten tonfrequenten Uebertragung der Sprache auf einem Draht oder Kabel ein Frequenzband von mindestens 3000 Per/Sek.

Demgegenüber beansprucht leider ein hochfrequentes Abbild der Sprache bei Amplitudenmodulation bereits ein Frequenzband von 2×3000 Per/Sek.

Beim amplitudenmodulierten Träger bilden sich nämlich unter- und oberhalb des Trägers ein sogenanntes unteres und oberes Seitenband, gemäss Figur 6.

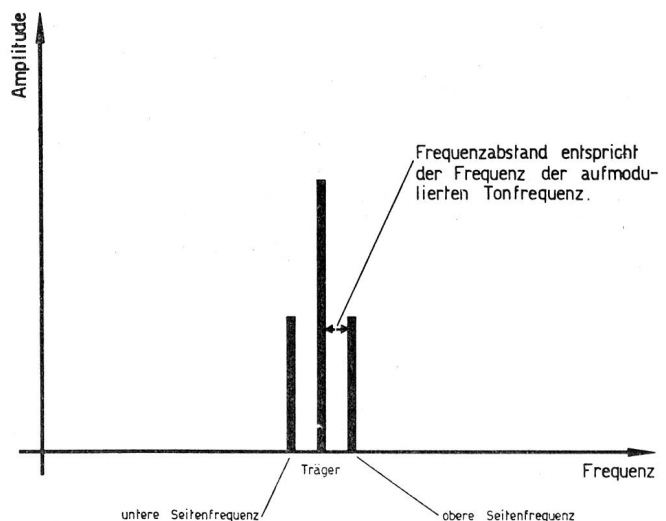


Fig. 6. Frequenz-Spektrum bei Amplituden-Modulation.

Noch schlimmer verhält sich diesbezüglich — wie bereits erwähnt — die Frequenzmodulation. Wählt man bei Anwendung derselben beispielsweise als maximalen Frequenzhub das Fünffache der höchsten zu übertragenden Tonfrequenz, so beansprucht die modulierte Trägerfrequenz ein Frequenzband, dessen Breite gleich dem **vierzehnfachen** des zu übertragenden Tonfrequenzbandes ist. Dies ist in Figur 7 veranschaulicht.

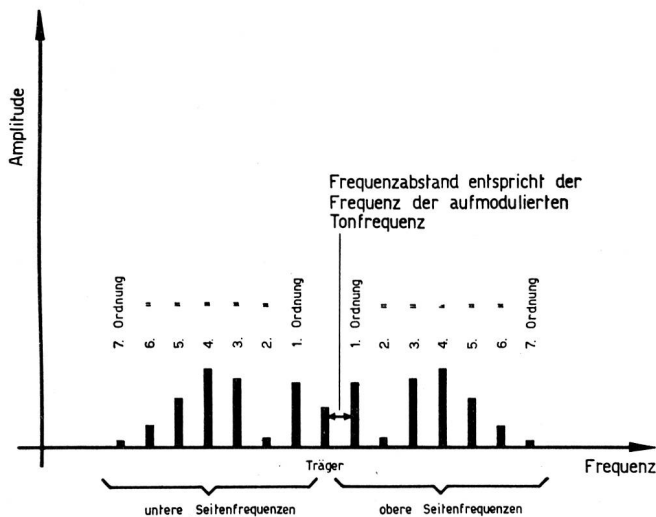


Fig. 7. Frequenz-Spektrum bei Frequenz-Modulation.

Im Gegensatz hierzu kommt die

Einseitenbandmodulation

mit der theoretischen minimal notwendigen Bandbreite, d. h. im vorliegenden Falle mit 3 KHz aus.

Betrachten wir vorerst noch einmal kritisch Figur 6, welche das Frequenzspektrum eines amplitudenmodulierten hochfrequenten Signals mit zwei Seitenbändern darstellt. In diesem Frequenzspektrum bleibt der Träger, ganz unabhängig von der Art des zu übermittelnden elektrischen Abbildes der Sprache konstant. Das heisst, er ist blosser Ballast, sagen wir ganz unnötiges «Verpackungsgewicht», das selbst nichts zur Uebertragung einer Meldung beiträgt.

Es zeigt sich ferner, dass die beiden Seitenbänder, die sowohl in ihrer Amplitude, als auch in ihrer Frequenz, entsprechend dem zu übermittelnden Abbild der Sprache variieren, absolut **symmetrisch** in bezug auf den Träger sind. Das heisst, ein Seitenband allein enthält sozusagen als «Stenogramm» alles Notwendige zur Uebertragung des elektrischen Abbildes der Sprache. Der Träger und das zweite Seitenband sind blosser Ballast. Dabei ist es bei 100prozentiger Modulationstiefe so, dass $\frac{2}{3}$ der ausgesendeten totalen Hochfrequenzleistung auf den eigentlich unnötigen Träger fallen und nur $2 \times \frac{1}{6}$ der Gesamt-Leistung auf die beiden Seitenbänder. Es ist deshalb sehr naheliegend, vor der hochfrequenten Uebertragung des elektrischen Abbildes der Sprache, allen Ballast, d. h. den Träger und eines der beiden Seitenbänder wegzuschneiden und nur noch das verbleibende Seitenband zu übertragen. Auf der Empfängerseite kann dann der Träger vor der Demodulation wieder künstlich zugesetzt werden. Die Zusetzung des zweiten Seitenbandes erweist sich sogar als unnötig.

Mit dieser Methode sind wir bereits bei der gewünschten **Einseitenbandmodulation**. Ihre prinzipiellen Vorteile, verglichen mit der normalen Amplitudenmodulation mit zwei Seitenbändern, seien im Folgenden einzeln aufgezählt:

1. Die zur Uebertragung beanspruchte Bandbreite ist nur halb so gross wie bei Amplitudenmodulation und nur ca. $\frac{1}{14}$ so gross wie bei normaler Frequenzmodulation.

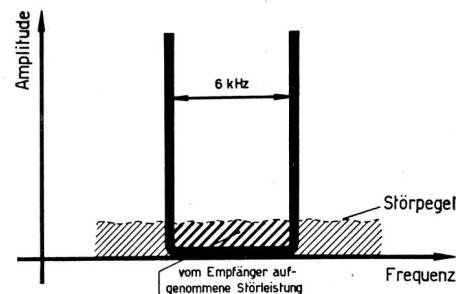
Das heisst, es können unter sonst gleichen Voraussetzungen in einem bestimmten Wellenbereich doppelt so viele HF-Verbindungen störungsfrei nebeneinander arbeiten, wie bei Amplitudenmodulation.

2. Die durch den abgeschnittenen Träger eingesparte HF-Leistung kann man dem noch zu übertragenden Seitenband zukommen lassen. Da dieser Träger bei AM volle $\frac{2}{3}$ Gesamtlei-

stung beanspruchte, ergibt sich allein dadurch ein leistungsmässiger Gewinn von einem Faktor 3.

3. Da bei Empfang eines Einseitenbandsenders auch die Bandbreite des Empfängers auf die Hälfte reduziert werden kann, nimmt der Einseitenbandempfänger leistungsmässig nur noch die Hälfte der normalen atmosphärischen Störungen auf (vgl. Figur 8).

Amplituden-Modulation



Einseitenband-Modulation

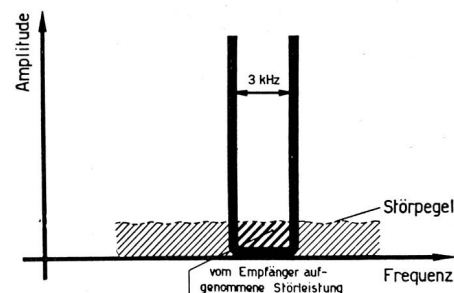
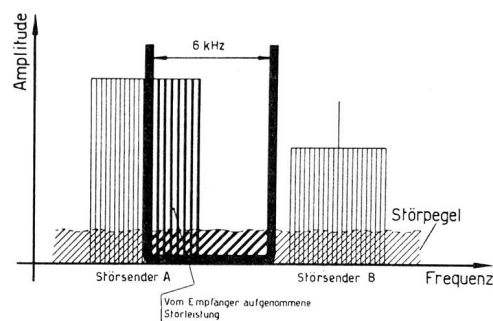


Fig. 8. Empfänger-Selektivität.

Dementsprechend verbessert sich das Verhältnis Nutzsignal zu Störpegel und damit die Uebertragungsqualität leistungsmässig um mindestens einen weiteren Faktor 2.

Sofern fremde Sender oder Störsender das benützte Frequenzband bereits stark belegen, kann dieser Gewinn wie dies Figur 9 zeigt, noch wesentlich grösser werden und in vielen Fällen sogar einen Faktor 10 erreichen.

Amplituden-Modulation



Einseitenband-Modulation

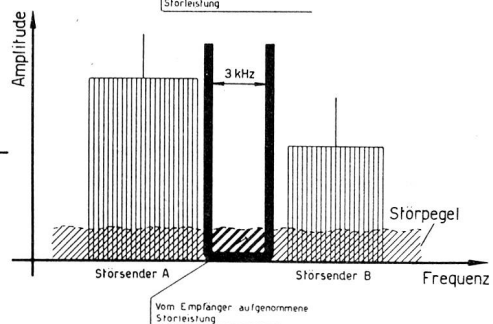


Fig. 9. Empfänger-Selektivität mit zwei Störsendern.

4. Die Einseitenbandmodulation ist in sehr vielen Fällen der Amplitudenmodulation auch deshalb überlegen, weil Verzerrungen und Lautstärkeänderungen durch verschiedene Änderungen der Phasenlagen der Trägerfrequenz und der Seitenfrequenzen unmöglich sind und deshalb wegfallen. Ziffernmässig ist dieser Vorgang schwer zu fassen. Er wird in der Literatur mit 3 Dezibel angegeben, was leistungsmässig ungefähr einen Faktor 2 ausmacht.

5. Im weiteren fallen bei Einseitenbandmodulationen die uns allen bekannten, sehr unangenehmen Verzerrungen bei selektivem Schwund des Trägers weg. Ziffernmässig ergibt sich hier durchschnittlich ein weiteres Plus von ca. 3 Dezibel (leistungsmässiger Faktor 2) zugunsten der Einseitenbandmodulation.

Zusammenfassend darf gesagt werden, dass die unter 2 und 3 aufgeführten prinzipiellen Vorteile der Einseitenbandmodulation eine sichere Überlegenheit bringen, die sich leistungsmässig durch einen Faktor $2 \times 3 = 6$ ausdrücken lässt. Das heisst ein einseitenbandmodulierter Sender von 200 Watt Sendeleistung ergibt mindestens die gleiche Übertragungsqualität, wie ein normaler amplitudenmodulierter Sender von 1 200 Watt Sendeleistung. In besonderen Fällen, z. B. beim Auftreten von selektivem Schwund, oder beim Vorhandensein von Störsendern, kann die Überlegenheit der Einseitenbandmodulation noch bedeutend grösser werden und verhältnismässig oft gesamthaft betrachtet und auf die Sendeleistung bezogen, Faktoren von 10 bis 20 erreichen. Das heisst, dass in diesen für die Einseitenbandmodulation günstigen Fällen ein 200 Watt Einseitenbandsender sogar gleiche Übertragungsqualität, wie ein normaler 2-kW-Sender ergibt.

Dabei ist es von entscheidender Bedeutung, dass bei der Einseitenbandmodulation die Verbesserung der Übertragungsqualität (verglichen mit normaler Amplitudenmodulation) nicht etwa wie bei der Frequenzmodulation durch ein unvernünftig breites Frequenzband erkauft werden muss. Die Einseitenbandmodulation bringt vielmehr gleichzeitig mit der Verbesserung der Übertragungsqualität noch eine 50prozentige Einsparung an Frequenzbandbreite.

Nachdem all diese theoretischen Vorteile dargelegt worden sind, fragt man sich wieder mit Recht, warum nützt man denn bei dieser Sachlage die Vorteile der Einseitenbandmodulation in der Praxis noch so wenig aus. Der Grund hierzu ist folgender:

Dass man für Einseitenbandmodulation auf der Sendeseite vom Frequenzspektrum der normalen Amplitudenmodulation einfach den Träger und das eine Seitenband wegschneiden und den amputierten Träger auf der Empfangsseite wieder künstlich zusetzen muss, das geht sehr leicht in der Theorie, aber leider nur mit grossen Schwierigkeiten in der Praxis. Einmal erfordert das korrekte Wegschneiden des Trägers und des unerwünschten Seitenbandes frequenzabhängige Filter mit äusserst scharfen Flanken und mit hervorragender Frequenzkonstanz. Zum zweiten muss der auf der Empfangsseite künstlich zugesetzte Träger in seiner Frequenz bis auf ± 10 Perioden/Sekunde genau mit dem ursprünglich weggeschnittenen Träger übereinstimmen. Dies bedeutet beispielsweise bei einer Wellenlänge von 30 m entsprechend 10 Millionen Per/sec. eine relative Genauigkeit von einem Millionstel.

Diesen Anforderungen an die Apparatur kann zwar die Industrie seit etwa zwei Jahrzehnten Genüge leisten. Der hierzu notwendige materielle Aufwand war aber bis vor kurzem derart, dass sich die Sache wohl für den kommerziellen Ueberseeverkehr, nicht aber für kleinere und mittlere Militärfunkgeräte gelohnt hat.

Nun sind glücklicherweise weder die Filtertechnik, noch die Technik der Erzeugung konstanter Frequenzen stehen geblieben. Die Fortschritte auf diesen beiden Gebieten sind sogar

derart, dass es heute wohl möglich und vorteilhaft ist, auch Militärfunkstationen mit Einseitenbandmodulation zu bauen.

Die folgende Figur 10 möge Ihnen veranschaulichen, wie im Laufe der letzten 20 Jahre gerade die für die Einseitenbandmodulation lebenswichtigen Filter enorm verbessert und gleichzeitig verkleinert worden sind.

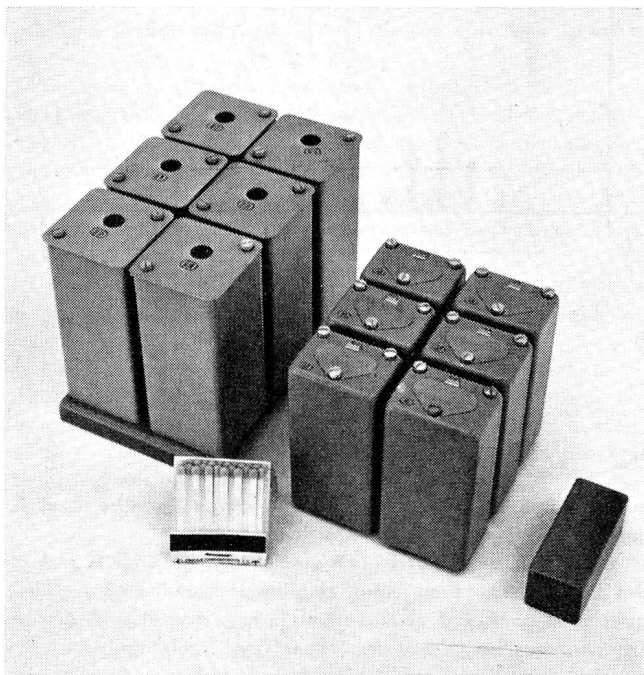


Fig. 10.

Die mit der Einseitenbandmodulation erzielbaren Vorteile werden naturgemäss um so grösser sein, je grösser die Sendeleistung der betreffenden Funkstation. Dies, weil einerseits die materiellen Aufwendungen für die Filter und den künstlichen Trägerzusatz konstant, das heisst, von der Sendeleistung unabhängig sind und weil andererseits der materielle Gewinn direkt proportional mit der Sendeleistung zunimmt. (Bei einer 100-Watt-Station wird Material für 500 Watt, bei einer 1-kW-Station bereits Material für 5 kW eingespart.)

Als kleinste militärische Funkstation, bei der die Einseitenbandmodulation erfolgreich angewendet werden kann, kommt zur Zeit eine Station mit etwa 200 Watt HF Spitzenleistung in Frage.

Eine solche Station soll demnächst unter der Kurzbezeichnung SE 222 bei den schweizerischen Uebermittlungsgruppen eingesetzt werden.

Sie ist nicht nur für Einseitenbandmodulation bei Telephoniebetrieb, sondern auch für echte Frequenzschubtastung bei Telegraphiebetrieb eingerichtet und gewährleistet so auch einen einwandfreien Betrieb mit Fernschreibapparaten.

Die Frequenzschubtastung F_1 bringt nämlich bei der Übertragung und beim Empfang von Fernschreibsignalen entscheidende Vorteile. Dies besonders deshalb, weil bei der Frequenzschubtastung gar keine Empfangslücken auftreten, in denen Störimpulse die Empfangsrelais zu Fehlschaltungen veranlassen könnten.

Die Frequenzschubtastung F_1 gibt eben im Gegensatz zur bisher gebräuchlichen tonlosen Telegraphietastung A_1 nicht mehr aktive Impulse, die von Impulslücken unterbrochen werden, sondern ein Dauersignal, das lediglich im Takte der Morsezeichen in seiner Frequenz variiert (geschoben) wird. Wir unterscheiden infolgedessen auf der Senderseite ein Arbeitssignal mit der Nennfrequenz, das dem eigentlichen Impuls

bei A_1 entspricht, und ein um 300 Hz tieferes Ruhesignal — wobei dieses Ruhesignal die Impulslücke bei A_1 ersetzt. Auf der Empfangsseite werden diese Signale nach der hochfrequenten und zwischenfrequenten Verstärkung und Filtrierung einem sogenannten Limiter zugeführt, der alle Amplitudenschwankungen zum Verschwinden bringt und auch Störimpulse weitgehend unschädlich macht. Nach der Amplitudenbegrenzung im Limiter werden die F_1 -Signale einem Diskriminator zugeführt, der seinerseits einen Tontaster elektronisch steuert. Der letztere gibt endlich glockenreine Signale konstanter Amplitude an den Fernschreiber oder an das menschliche Ohr ab.

Der Fernschreibbetrieb hat sich im praktischen Einsatz zusammen mit vollautomatischen Chiffriergeräten und der Funkstation SE 222 ausserordentlich bewährt, weil die Telegramme ohne jeglichen Zeitverlust durch Chiffrierung und Dechiffrierung übermittelt werden können. Zudem sind die eigentliche Uebermittlungsgeschwindigkeit und damit auch die Uebermittlungskapazität bei Fernschreibbetrieb durchschnittlich fünfmal grösser als bei der Morsetastung von Hand.

Die beiden letzten Figuren 11 und 12 zeigen die in ein Motorfahrzeug eingebaute betriebsbereite Station und den eigentlichen Sende-Empfangsapparat.

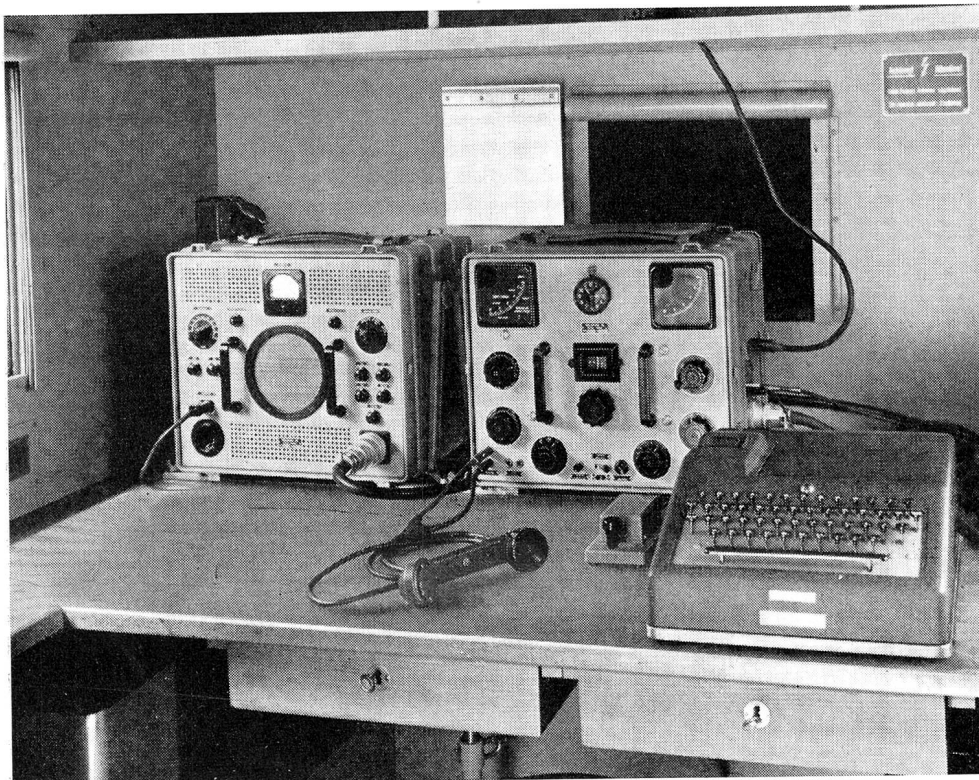


Fig. 11. Funkstation SE 222 mit ETK-Fernschreiber in Motorfahrzeug eingebaut.

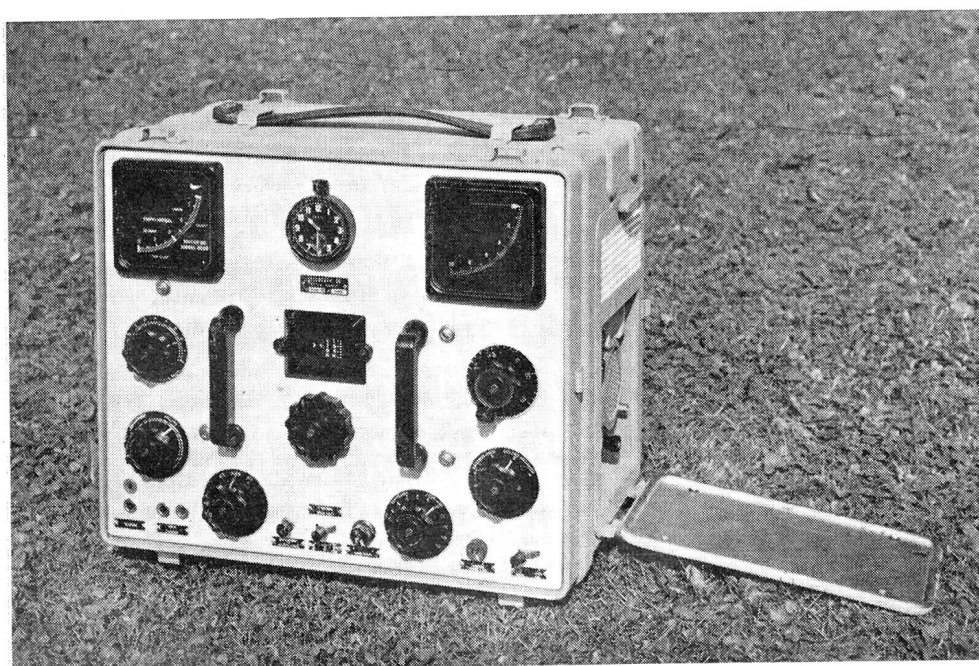


Fig. 12. Kombinierte Sende-/Empfangsapparatur der Einseitenbandfunkstation SE 222.

Fachtechnischer Kurs des Eidg. Verbandes der Übermittlungstruppen

Dieser Kurs findet am 30. November und 1. Dezember 1957 in der **Kaserne Kloten** statt. Die Teilnahme ist offen für Mitglieder und Jungmitglieder des EVU und Angehörige der Übermittlungstruppen. Die Kosten für die Teilnahme betragen für Verbandsmitglieder **Fr. 3.—**, für Nichtverbandsmitglieder (Angehörige der Um. Trp.) **Fr. 5.—**. In diesen Kosten sind inbegriffen die Verpflegung, bestehend aus drei Mahlzeiten, Übernachten und Organisationskosten. Die Bahnspesen (halbe Taxe) gehen zu Lasten der Kursteilnehmer. Es steht den Sektionen frei, ihren Teilnehmern einen Beitrag auszurichten.

Tenue für den Kurs: Ausgangsuniform, Jungmitglieder zivil.

Anmeldungen: Diese sind mit untenstehendem Talon vorzunehmen. Letzter Anmeldetermin ist der **11. November 1957**.

Der Teilnehmerbeitrag wird während des Kurses erhoben.

Beteiligung: Falls die Beteiligung die aus räumlichen Gründen zulässige Höchstzahl überschreitet, wird der Kurs an einem späteren Termin wiederholt. Die betreffenden Teilnehmer werden frühzeitig orientiert.

Kursprogramm

Samstag, den 30. November 1957

17.00—19.00 Uhr:

MUF, Vermittlung der theoretischen und praktischen Grundlagen für die Anwendung der MUF in der Armee, Abgabe von diversen technischen Unterlagen, praktische Demonstration von Antennenarten. **Referent:** Herr Major Guisolan, Abt. für Um. Trp.

Sonntag, den 1. Dezember 1957

07.30—12.00 Uhr:

SE-222, Einführung über Einseitenbandmodulation, HF-Frequenzshift; Aufbau und Arbeitsweise der SE-222; Aufbau und Arbeitsweise der KFF.

14.00—16.00 Uhr:

Praktischer Einsatz verschiedener Stationen SE-222 auf dem Platz Kloten. Abgabe von Unterlagen. **Referenten:** Personal der Firmen Zellweger, Uster, und Dr. Gretener, Zürich.

16.10—17.00 Uhr:

Geheimhaltung — Spionage — Spionageabwehr, Referent Herr Dr. Vögeli, Bern.

Anmeldung für den Fachtechnischen Kurs des Eidg. Verbandes der Übermittlungstruppen

Name und Vorname:

Jahrgang: Sektion:

Milit. Einteilung:

Genaue Adresse:

Diese Anmeldung ist bis spätestens 11. November einzusenden an: Hptm. Walter Stricker, Zentralpräsident des EVU, Mattenstrasse, Riedholz SO.

Cours technique AFTT

Un cours technique aura lieu à Kloten les 30 novembre et 1^{er} décembre pour les membres de l'AFTT et des Tr. Trm.

Le samedi, le maj. Guisolan parlera de la propagation en tsf, de ses incidences sur les transmissions, des courbes MUF, etc.

Le dimanche, démonstration et introduction à l'emploi du SE 222 et de son chiffage automatique, le dernier-né de nos appareils.

Ce cours aura lieu en allemand. Si le succès de ce cours est suffisant, une reprise aura lieu en français en Suisse romande.

Die Richtwirkung der Rahmenantenne

Die Rahmenantenne stellt nichts anderes als eine grosse Spule dar. In einer Spule wird bekanntlich nur dann eine elektromotorische Kraft (EMK) induziert, wenn magnetische Kraftlinien durch sie hindurchgreifen, also Windungen schneiden. Die magnetischen Kraftlinien breiten sich konzentrisch um den Sender aus. Es kann also nur dann zum Schneiden zwischen Windungen und Kraftlinien kommen, wenn der Rahmen mit seiner Ebene nach dem Sender hinzeigt. Steht der Rahmen quer zu dieser Richtung, verlaufen seine Windungen also längs den magnetischen Kraftlinien, findet kein Schneiden statt: es wird also keine elektromotorische Kraft induziert. Diese beiden charakteristischen Stellungen bezeichnet man mit Maximum und Minimum des Rahmenempfanges.

Lässt man einen Sender im Kreis um einen feststehenden Rahmen herumwandern, so wechselt alle 90° ein Maximum mit einem Minimum ab. Trägt man die Grösse der sich jeweils unter dem betreffenden Winkel ergebenden elektromotorischen Kraft auf und verbindet die Enden miteinander, so ergibt sich eine Hüllkurve. Das Minimum liegt bei 0° und bei 180° und ist ganz scharf mit steilen Flanken ausgeprägt. Deshalb bedient man sich zur Richtungsbestimmung auch des Minimums, denn zufolge der logarithmischen Charakteristik unseres Ohres können kleine Lautstärken viel besser bewertet und Unterschiede festgestellt werden, als dies bei grosser Lautstärke der Fall ist.

Der Rahmen besitzt also eine ganz bestimmte Richtwirkung, wie alle Besitzer von Koffergeräten wissen. Man kann von dieser Eigenschaft Gebrauch machen, um einen auf der gleichen Welle oder dicht benachbart arbeitenden Störsender auszukoppeln. Allerdings geht dies nur dann, wenn sich der störende Sender um etwa 90° seitlich versetzt befindet. Zum Beispiel kann ein Rundfunkhörer in Köln, der den Sender Stuttgart hören will, mit Hilfe einer Rahmenantenne zu einem einwandfreien Empfang kommen, obwohl der Sender Riga auf der gleichen Welle arbeitet und namentlich in den Nachtstunden Stuttgart stark stört.

Es erschien naheliegend, die durch die Minima gegebene Richtwirkung zu Navigationszwecken zu benutzen, und man hat dies schon bald nach der Patentanmeldung des Rahmens durch seinen Erfinder Prof. Braun, dem auch das Braunsche Rohr zu verdanken ist, verwirklicht. Man muss dabei aber feststellen, dass die Minimumachse keineswegs immer auf den betreffenden Sender eingestellt ist, sondern eine mehr oder weniger grosse Fehlweisung aufzeigt. Man konnte derartige Fehlpeilungen auf Wegablenkungen und auf Rückstrahler zurückführen. Die Wegablenkungen werden bedingt durch die Besonderheit des vom Sender aus zu überbrückenden Geländes. Sie werden namentlich beobachtet, wenn grössere Flussläufe zwischen Sender und Empfänger liegen oder wenn die Funkwelle zum Teil über das Meer, zum Teil über das Land hinweggeht und die Küste schräg zu dieser Richtung verläuft. Grösseren Einfluss können die Rückstrahler auf das Peilergesult haben. Man versteht hierunter metallische Gebilde, wie Drahtzäune, Regentinnen, Lichtleitungen, Eisenteile an Gebäuden usw., die sich unter Umständen noch in einer Entfernung von einigen hundert Metern vom Rahmen unangenehm bemerkbar machen, wenn ihre elektrische Eigenschwingung in unmittelbarer Nähe der zu empfangenden Frequenz liegt. In diesem Falle werden solche Gebilde nämlich durch die Senderwelle angestossen, sie schwingen mit und geben diese Schwingung wieder weiter, was sich als Rückstrahlung äussert. Der Rahmen nimmt dann nicht nur die Welle des eingestellten Senders auf, sondern gleichzeitig auch den oder die Rückstrahler, und es wird deshalb verständlich, dass es zu einer Fehlpeilung kommen muss, wenn überhaupt noch ein Minimum feststellbar ist. Das tritt vor allem ein, wenn

ein Kofferempfänger in Wohnräumen betrieben wird. Es lässt sich dann beobachten, dass das Minimum bei manchen Sendern ganz deutlich wahrnehmbar ist, während man auf anderen Frequenzen umsonst nach einem Minimum sucht. Hier handelt es sich um den Einfluss von Rückstrahlern, deren Eigenschwingung auf diesen Frequenzen liegt. Bei Peilrahmen auf Schiffen, die enorme Metallteile, Stahltrossen usw. in nächster Nähe vom Rahmen enthalten, müssen besondere Massnahmen getroffen werden, um zu einem einwandfreien Arbeiten der Peilanlage zu gelangen.

Der Rahmen besitzt zwei um 180° versetzte Minima. Man kann zu einem einzigen Minimum gelangen, also genau angeben, auf welcher Seite der angepeilte Sender tatsächlich liegt, wenn man sich eines Kunstgriffes bedient. Man arbeitet dabei mit einer Hilfsantenne, die wie alle üblichen Antennen Rundempfang liefert (also von allen beliebigen Richtungen her). Die von ihr abgegebene elektromotorische Kraft kann man entsprechend dem Schaltschema je nach der Schalterstellung zu der rahmen-elektromotorischen Kraft hinzufügen bzw. mit entgegengesetzter Phase aufschalten. Macht man durch entsprechende Ankopplung die von der Rundantenne gelieferte elektromotorische Kraft genau so gross wie das Rahmenmaximum, erhält man eine Kurve. Setzt man Rahmen- und Rundcharakteristik unter Berücksichtigung ihrer Vorzeichen geometrisch zusammen, so gelangt man zu einer dritten Kurve, die wegen ihrer Herzform auch Kardioiden genannt wird. Je nach der Ankopplung der Hilfsantenne liegt diese Kardioiden nach rechts oder nach links. Die Kardioiden besitzt nur ein einziges Minimum. Zum Peilen selbst ist die Kardioiden nicht geeignet, weil ihre Flanken zu flach verlaufen, und die Minimumbestimmung nicht so scharf möglich ist wie bei der Achtercharakteristik. Nach der Festlegung der Minima dreht man den Rahmen um 90° nach rechts oder links und koppelt die Hilfsantenne plus oder minus an. Um die Seitenbestimmung einfach durchführen zu können, hat man die Drehrichtung nach rechts oder links durch Farben gekennzeichnet, desgleichen die Zu- bzw. Gegenkopplung der Hilfsantenne. Fehler in der Bestimmung der richtigen Seite dürfen unter keinen Umständen vorkommen, weil dies eventuell zu einer Katastrophe führt.

Alle Peilungen werden auf rechtweisend Nord, also nicht auf Kompass-Nord bezogen. Soll beispielsweise der Standort eines Schiffes bestimmt werden, so wendet sich dieses an zwei Küstenpeiler und sendet anschliessend Peilzeichen aus. Die Peilstationen ermitteln die Peilrichtung. Stelle B übermittelt ihr Ergebnis sofort der Stelle A und diese wertet die Peilungen auf einer Spezialkarte aus: der Schnittpunkt der beiden Peilstrahlen ist der Standort des Schiffes, der diesem durch Funk mitgeteilt wird. Man nennt dieses Verfahren Fremdpeilung, im Gegensatz zur Eigenpeilung, bei welcher das Schiff oder Flugzeug zwei oder drei ihrem Standort nach bekannte Sender nacheinander durch die Bordpeilanlage ansteuert. Die Eigenpeilung besitzt den Vorteil, dass die Besatzung selbst für ihre Navigationen verantwortlich ist, also Fehler durch andere ausgeschlossen werden.

Eine Weiterentwicklung des normalen Rahmenpeilers, der sogenannte Zielflugpeiler, arbeitet mit einem kleinen Rahmen von etwa 40 cm Durchmesser. Er lässt sich als Rundempfänger und als normaler Peilempfänger im Mittel- und Langwellenbereich benutzen. In der Stellung «Zielflug» stellt man die Rahmenantenne quer zur Flugzeuglängsachse und eine interessante Automatik beginnt zu arbeiten: ein im Peilgerät eingebauter Elektromotor, der aus der Bordbatterie gespeist wird, läuft dann an und schaltet etwa 12mal in der Sekunde die Hilfsantenne zu

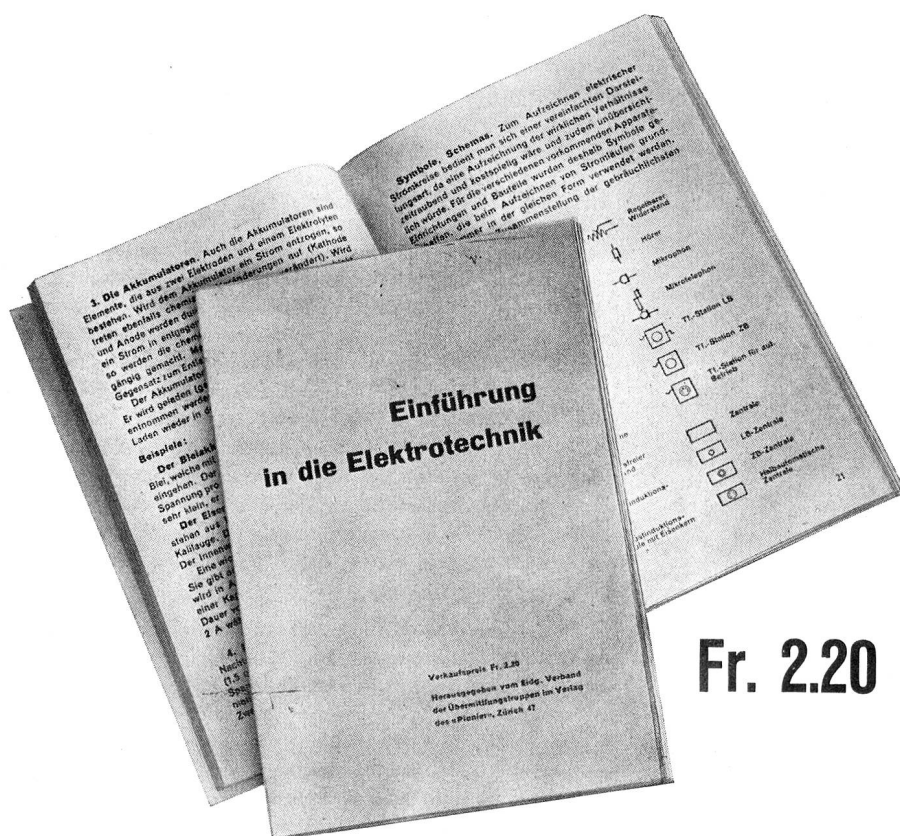
oder gegen die Rahmenantenne, so dass dauernd das Vorzeichen und damit die Lage der Kardioide wechselt. Gleichzeitig gibt der Elektromotor durch entsprechende Schaltkontakte in den Empfang der von dem anzusteuernenden Rundfunksender oder Funkfeuer ausgestrahlten Trägerwelle eine Kennung in Gestalt der Morsebuchstaben A und N, bei denen es sich um sogenannte korrespondierende Zeichen handelt. Diese Kennung erfolgt zeitlich derart, dass sich die beiden Zeichen decken. Es entsteht dadurch ein Dauerton, der deshalb besonders markant und gut hörbar ist, weil er die Frequenz 1000 Hz besitzt. Dieser Ton entsteht durch automatische Einschaltung eines ebenfalls im Peilgerät eingebauten Oszillators, der zusammen mit der Frequenz des eingestellten Senders die Frequenz 1000 ergibt.

Liegt der anzufliegende Sender gerade voraus, so ist der zugehörige Anteil in der linken Kardioide genau so gross wie bei der rechten Kardioide, und damit sind auch die beiden Zeichen A und N gleich gross: der Dauerton von 1000 Hz wird hörbar. Fährt oder fliegt man dagegen so, dass der Sender halbrechts vom Kurs liegt, dann überwiegt der Anteil der rechten Kardioide, und man hört an Stelle des Dauertones nun deutlich den Morsebuchstaben A ($\cdot \rightarrow$). Andererseits ändert sich der Dauerton in den Morsebuchstaben N, wenn der Sender links vom Kurs liegt. Die ständig wechselnde Umschaltung zweier Kardioden und die sich durch die Zusammensetzung der betreffenden Anteile ergebende Anzeige bildet die Grundlage vielfältiger Navigationsverfahren.

Ausser der Höranzeige im Kopfhörer kann der Zielflugpeiler auch mit Sichtanzeige an einem Instrument arbeiten. Dazu hat der erwähnte Elektromotor noch eine weitere Funktion zu erfüllen. Er muss nämlich im gleichen Takt wie die Umschaltung der Hilfsantenne und die Lieferung der Kennung den Schalter zum Instrument ebenfalls 12mal in der Sekunde umlegen. Die jeweilige Niederfrequenz wird durch den Gleichrichter in Graetzschaltung gleichgerichtet und in Verbindung mit der Gegentakentwicklung des Transformators durch den vom Elektromotor gesteuerten Umschalter so auf das Anzeigeinstrument gegeben, dass es zu dem richtigen Zeigerausschlag kommt. Das Instrument gibt durch seinen Ausschlag an, ob man direkt auf den Sender zusteuert oder ob der Kurs rechts bzw. links am Sender vorbeiführt. Wie bei allen in der Navigation benutzten Instrumenten sagt die Anzeige immer etwas über den Zustand des betreffenden Verkehrsmittels aus (also auf Kurs bzw. links oder rechts vom richtigen Kurs), niemals aber gibt die Anzeige des Instrumentes den Befehl: Du musst nach rechts bzw. links steuern!

Während bei dem Auswerten der A-N-Kennung im Kopfhörer immer noch eine gewisse Überlegung anzustellen ist, gestaltet sich die Navigation bei Benutzung der Sichtanzeige derart einfach und vor allem durchaus identisch mit den anderen gewohnten Anzeigeinstrumenten, beispielsweise dem Kompass, dass dieser Peiler auch wenig geschultem Personal in die Hand gegeben werden kann, wie es teilweise auf kleineren Schiffen der Fall ist.

Einführung in die Elektrotechnik – die Grundlage für den Fachtechnischen Kurs



Der in der fachtechnischen Beilage des «Pioniers» erschienene elektrotechnische Kurs – ohne den Teil «Apparatekenntnis» – ist soeben als Separatdruck erschienen. Diese Broschüre im Format 12 x 17 cm umfasst 144 Seiten und enthält 157 Abbildungen. Diese Publikation, die im Buchhandel nicht erhältlich ist, wird bei **Voreinzahlung auf unser Postcheckkonto zum Preis von Fr. 2.20** (inkl. Porto und Versand) abgegeben. Mengenrabatte für Sektionen und Vorunterrichtskurse können infolge dieses niederen Preises keine gewährt werden. **Gegen Nachnahme ist die Broschüre nicht erhältlich.** Bestellungen können mit einem Einzahlungsschein an die Redaktion des «Pioniers», Postcheckkonto VIII 15666, gerichtet werden.

Fr. 2.20