

Zeitschrift:	Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen
Herausgeber:	Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere
Band:	38 (1965)
Heft:	9
Rubrik:	Funk und 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: 25.01.2026

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

Je zahlreicher, beweglicher und feuerkräftiger die Truppenverbände werden, desto anspruchsvoller wird ihre Führung. Waren die langsamen und wenig feuerkräftigen, zu Fuß kämpfenden oder hippomobilen Verbände von gestern noch mit einfachen Mitteln, das heißt mit wenig Stabspersonal und anspruchslosen Verbindungsmitteln, wie Verbindungsoffizieren und Kurieren zu führen, so stellen die fliegenden, mechanisierten und motorisierten, sehr feuerkräftigen Verbände von heute viel höhere und anders geartete Führungsansprüche.

Die Führungsansprüche berühren die Notwendigkeit zur Aufklärung, zur Auswertung der Aufklärungsresultate und anderer Nachrichten, die Lagedarstellung, Lagebeurteilung, Entschlussfassung und Auftragerteilung und — eine sehr wesentliche Funktion — die Uebermittlung von Meldungen und Befehlen. Je rascher und folgerichtiger diese Funktionen durchgeführt werden können, desto grösser ist die Erfolgsaussicht jeder Aktion.

Eine objektive Analyse der heutigen Lage zeigt eine gewisse Neigung zur Disharmonie zwischen den Möglichkeiten der Truppenverbände und denjenigen der Führung, indem diese nicht in genügendem Ausmass in der Lage ist, eine grosse Anzahl von Aufklärungsergebnissen zeitgerecht zu einer Entschlussgrundlage zu verarbeiten und im Rahmen eigener und gegnerischer Aktionen zeitgemäß Aufträge zu erteilen.

Die Anpassung und Modernisierung der Möglichkeiten und Mittel der Führung ist daher vor allem bei den beweglichsten und feuerkräftigsten Verbänden, der Flugwaffe und den mechanisierten Truppen zu einer zwingenden Notwendigkeit geworden. Ohne eine adäquate Führung kann die Feuerkraft der einzelnen Waffenträger nicht koordiniert werden, womit der Wert des ganzen Verbandes den getriebenen Aufwand nicht rechtfertigt.

Es genügt nicht, Panzer und Flugzeuge zu besitzen, welche durch ihre Grösse, Geschwindigkeit und vor allem durch ihre Lärmentwicklung Zuschauermassen zu beeindrucken vermögen. Es muss dafür gesorgt sein, dass sie einzeln oder im Verband tatsächlich und erfolgreich eingesetzt werden können. Dies heißt, dass die Aufnahme und die Verarbeitungskapazität der Führungsstätte verbessert und die Zeit zwischen Nachrichtenerfassung und Auftragerteilung verkürzt werden muss und sichere, verzugslose Verbindungen zwischen und innerhalb von Verbänden und Stäben bestehen müssen.

Neben einer zweckmässigen Führungsorganisation sind auch die entsprechenden Mittel zu beschaffen. Zu den Mitteln zur Verbesserung der eigenen Führung müssen auch die Detektions- und Ortungsmittel, welche auf elektromagnetischer Strahlung basieren, gezählt werden. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Radargeräte, welche die Überwachung des Luftraumes und des Gefechtsfeldes in der Tiefe ermöglichen und in zweiter Linie um moderne Beobachtungsgeräte, wie Infrarotbeobachtungsgeräte und Fernsehkameras. Da insbesondere Radargeräte den Massnahmen der elektronischen Kriegsführung, vor allem der elektronischen Aufklärung, Störung und Täuschung leicht zugänglich sind, muss für Radargeräte heute ein beträchtlicher Aufwand an besonderen technischen Massnahmen geleistet werden, um sie feindlicher Stör- und Täuscheinwirkung zu entziehen. Ohne solche besondere Einrichtungen sind Radaranlagen heute nur von geringem Wert, da es als sicher gelten muss, dass ein präsumti-

Führung und Technik

Von Oberstdivisionär Ernst Honegger
Waffenchef der Uebermittlungstruppen

ver Gegner elektronische Störung in beträchtlichem Umfang zur Anwendung bringen wird.

Infrarotaufklärungsgeräte, welche die Beobachtung des Gefechtsfeldes bei Dunkelheit ermöglichen, sind heute meistens auf besondere Infrarot-Beleuchtungsquellen angewiesen, welche leicht festgestellt werden können.

Bei der Beschaffung solcher Geräte muss daher ein besonderes Augenmerk auf die sogenannten passiven, im langwelligen Infrarotbereich arbeitenden, Beobachtungsgeräte gerichtet werden, welche die von jedem Objekt ausgehende Temperatur-Strahlung aufzunehmen imstande sind. Solche Geräte verarbeiten sich nicht durch Beleuchtungsquellen.

Neben den aufgezählten Geräten gehören Empfänger und Peilgeräte für Abhöch und Standortbestimmung feindlicher Fernmelde- und Radargeräte zu den wertvollen Aufklärungsmitteln. Die grosse Zahl von Funk-, Richtstrahl- und Radar-anlagen einer modernen Armee verbessert die Aussichten der elektronischen Aufklärung als Nachrichtenlieferant ganz bedeutend.

Aber auch die Verarbeitung der mit solchen Mitteln erzielten Aufklärungsergebnisse muss rasch und zweckmässig erfolgen können. Hierzu stehen heute leistungsfähige elektronische Datenverarbeitungsmaschinen zur Verfügung, ohne welche

Jahresrapport 1966

Der Waffenchef der Uebermittlungstruppen teilt mit:

Mit ihrem starken Aufmarsch im vergangenen Januar 1965 zum ersten Jahresrapport in Bern haben die Offiziere der Uebermittlungstruppen die Durchführung solcher Treffen eindeutig begrüßt.

Es dürfte deshalb dienen, heute schon zu wissen, dass der nächste dieser freiwilligen Rapporte als

Jahresrapport 1966

**Ausserdienstlicher Rapport aller Offiziere der
Uebermittlungstruppen
am 16. Januar 1966 im Kursaal Bern**

stattfinden wird. Entsprechende Einzelheiten werden den bei den Uebermittlungstruppen eingeteilten Offizieren und Chef-Funktionären des Hilfsdienstes vor Ende November dieses Jahres zugehen.

Der Waffenchef der Uebermittlungstruppen

Honegger

zum Beispiel die Führung von Flugzeugen und Boden-Luftlenkwaffen gar nicht denkbar ist. Eine praktisch zeitverzugslose Darstellung der Luftlage durch automatische Auswertung der Radaraufklärung ist absolute Voraussetzung für Warnung, Auswahl der Abwehrmittel, Zielzuweisung und Einsatzleitung von Flugzeugen und Lenkwaffen. Aber auch bei der Feldarmee lässt sich die Nachrichtenverarbeitung, die Lagedarstellung und die Schaffung der Entschlussgrundlage mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung beschleunigen und rationalisieren.

Die Verbindungen, in erster Linie die Fernmeldeverbindungen, Draht, Funk und Richtstrahl müssen in der Lage sein, die mit der Ausübung der Führungsfunktion anfallenden Meldungen und Befehle in kurzer Zeit, ungeachtet gegnerischer Waffen- und elektronischer Störeinwirkung, unter Wahrung des Geheimnisses zu befördern.

Sehr häufig müssen dabei nicht nur Kommandoposten, Gefechtsstände, Feuerleitstellen und Truppenführer verbunden werden, sondern auch jedes einzelne Flugzeug, jeder Panzer und sehr viele Motorfahrzeuge.

Das Fernmeldesystem reicht über die verschiedensten Mittel vom Fernmeldenetz der PTT angefangen, über militärische Kabel-, Richtstrahl- und Funkverbindungen vom Armeekommando hinunter bis zum Piloten, Fahrer und Gruppenführer. Die ständige Anpassung dieses Fernmeldesystems an die fortschreitende Verbesserung der Organisation, der Waffen, der Mechanisierung und Motorisierung unserer Armee ist für die Führung und damit für die Gesamtwirkung von ausschlaggebender Bedeutung.

Unser Fernmeldesystem ist heute teilweise mit sehr leistungsfähigen Geräten zur Funkübermittlung ausgerüstet. Die Drahtübermittlung stützt sich vorwiegend auf das postalische Netz, ist aber in einem zu hohen Mass von der Funktionstüchtigkeit dieses Netzes abhängig. Die Verlagerung des drahtgebundenen Fernmeldeverkehrs auf mobile, leistungsfähige Funk- und Richtstrahlmittel ist vor allem auf der Führungsstufe Armeekorps, Division und Brigade ein Anliegen erster Dringlichkeit. Die in der Vergangenheit zu wenig beachtete Forderung zur Vereinheitlichung des Fernmeldematerials durch Beschränkung auf wenige, zweckmässige Gerätetypen muss heute erneut vorgebracht werden.

So ist der Ersatz der bisherigen, veralteten Grossfunkstationen durch neue Einseitenbandgeräte hoher Übertragungskapazität vorgesehen. Veraltete Richtstrahlgeräte, Kleinfunkgeräte und Zentralen müssen durch neue, leistungsfähige Geräte ersetzt werden.

Im Rahmen eines Rüstungsprogrammes sind zur Verbesserung der technischen Führungsmittel der Feldarmee die finanziellen Mittel beantragt, welche notwendig sind, um in unserer Armee das natürliche Verhältnis zwischen Ausstattung der Kampfverbände und den Möglichkeiten zu deren Führung wiederherzustellen.

Die Einführung der elektronischen Datenverarbeitung bei der Feldarmee, die Vermehrung der elektronischen Spür- und Ortungsgeräte, die Einführung neuer Geräte zur Tarnung des Uebermittlungsinhalts, der Ersatz veralteter Sprechfunkgeräte und die Erweiterung eigener Massnahmen im Rahmen der elektronischen Kriegsführung sind weitere Anliegen, mit deren Lösung wir uns in der Zukunft zu beschäftigen haben.

(«Vaterland» Nr. 64/1965)

Einführung

Die rasch fortschreitende Technik, die Motorisierung und Mechanisierung der Armee steigern in zunehmendem Masse die Geschwindigkeit von militärischen Operationen und damit die grosse Bedeutung einer raschen und zuverlässigen Verbindung und Uebermittlung. Daraus ergibt sich die gebietserische Forderung, dass der Ausbau und die Ausnutzungsmöglichkeit des feldmässigen Drahtnetzes in jeder Beziehung den neuesten Erkenntnissen der militärischen Nachrichtentechnik entsprechen. Diese Folgerung war richtungsweisend bei der Projektierung und Entwicklung der Einheits-Feldtelephonzentrale. Auf Grund eingehender Studien, gepaart mit grosser Erfahrung auf dem Gebiete der Nachrichtentechnik, entwickelte die Hasler AG ein Feld-Nachrichtengerät, welches sowohl den technischen wie auch den feldmässigen Anforderungen genügt.

Die schnurlose Einheits-Feldtelephonzentrale (F Tf. Zen. 57) ist eine Weiterentwicklung der manuellen Verbindungstechnik und zeichnet sich durch die nachstehenden Merkmale aus (Abb. 1):

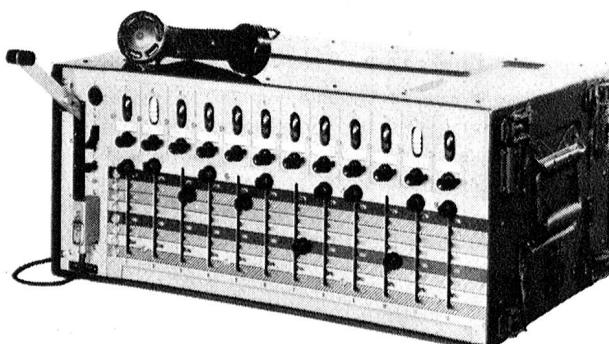


Abb. 1.
Feldtelephonzentrale 57 (F Tf. Zen. 57) der Hasler AG Bern

- Manuelles Koordinaten-System
- Übersichtliche und klare Darstellung der Verbindungswege durch eine übersichtliche Farbcode-Markierung
- Hochempfindliche, steckbare Einheits-Schauzeichen
- Erleichterter Bedienung durch 4-Funktionstaste
- Neuartige Bedienung des Rufgenerators
- Kleinster Batterieaufwand
- Kleinübertrager mit minimalem Dämpfungswert

Konstruktive Grundkonzeption

Es wurden die folgenden wichtigsten Konstruktionsrichtlinien eingehalten:

- Kleine Abmessungen
- Äusserste Gewichtseinschränkung
- Robuste Ausführung
- Korrosionsfestigkeit
- Höchste Leistungsfähigkeit
- Einfachste Bedienung

Auf Grund dieser Gesichtspunkte und unter Berücksichtigung der gestellten Anforderungen wurde der nachstehend beschriebene konstruktive Aufbau gewählt.

Allgemeines

Die Feldtelephonzentrale mit 12 Teilnehmeranschlüssen und 8 Verbindungswege stellt eine in sich abgeschlossene unabhängige Einheit dar, deren Anschlussmöglichkeit entweder direkt oder über 3 Einführungskabel von je 20 m Länge ergänzt werden kann. Sie ist eine reine LB-Zentrale mit minimalem Batterieaufwand. Die elektrischen Bedingungen entsprechen den höchsten Anforderungen, die an eine Feldzentrale dieser Art gestellt werden können. Die übersichtliche Bedienung ist nach den modernsten Gesichtspunkten der Bewegungsrationalisierung gestaltet und ermöglicht mit minimalem Bewegungsaufwand den grösstmöglichen Bedienungskomfort, unter Berücksichtigung der Rechts- und Linkshänder.

Die Betriebs- und Einsatzmöglichkeit kann durch Zusatzapparate wie folgt erweitert werden:

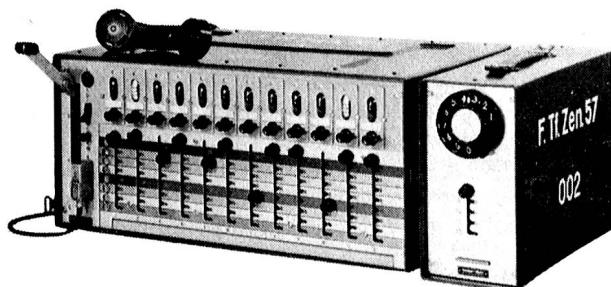


Abb. 2. F Tf. Zen. 57 mit Amtsanschlusskasten

- mit dem Amtsanschlusskasten (Abb. 2) für den Anschluss der Zentrale an das automatische Telephonnetz (max. 4 Anschlüsse)
- mit dem Feuerleitzusatz für den zweckmässigen Einsatz der Zentrale auf der Feuerleitstelle der Artillerie.

Mechanischer und konstruktiver Aufbau der Zentrale

Die Zentrale ist konstruktiv in ein Leichtmetallgehäuse mit eingedrücktem Verstärkungsprofilen, einen herausnehmbaren Chassisrahmen und 2 tropfwaserdicht schliessbare Front- und Rückendeckel gegliedert.

Der Chassisrahmen besteht aus vernieteten Leichtmetallprofilen. Er dient zur Befestigung aller Aggregate und zusätzlicher Bestandteile sowie sämtlicher Anschlüsse und Stecker. Diese konstruktive Zusammenfassung gestattet nach dem Herausnehmen des Chassisrahmens, der in 2 Teile aufklappbar ist (Abb. 3), eine äusserst bequeme Montagemöglichkeit und gute Zugänglichkeit.

Das vorgesehene Materialfach im Chassisrahmen (Abb. 4) dient zur Versorgung des Mikrotelephons zweier Sprechgarnituren und eines zusätzlichen Weckers.

Eines der wichtigsten konstruktiven Merkmale der Zentrale ist die schnurlose Verbindungs durchschaltung, die im Prinzip einem manuellen Koordinatenwahl system entspricht.

Die Frontplatte mit den 12 Schiebknöpfen, die in den kammartigen Führungen verschiebbar sind, ist abnehmbar und er-

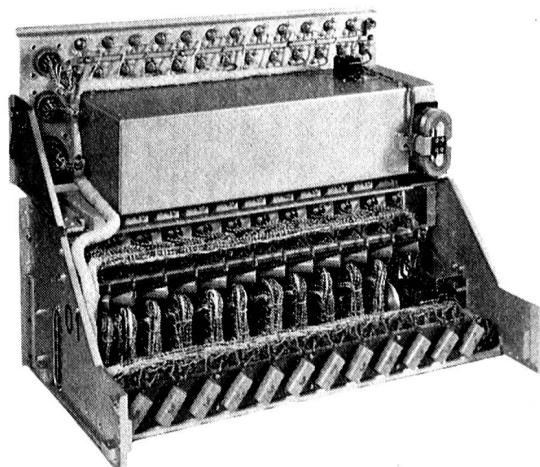


Abb. 3. Chassisrahmen aufgeklappt

möglich so eine gute Wartung der dahinterliegenden Montageplatte, auf der pro Linie 8 Durchschalteorgane montiert sind, die unter der Einwirkung des Schiebknopfes den Teilnehmer auf einen der 8 Verbindungswege schalten. Die Durchschaltung erfolgt erst, wenn der Schiebknopf nahezu die Endstellung einer Abzweigung erreicht hat (Abb. 5). Die 12 unverlierbaren Schiebknöpfe sind mit selbstschmierenden Gleitscheiben versehen, die auf beiden Seiten der Führungsfrontplatte mit leichtem Druck anliegen. Die Ruhestel-

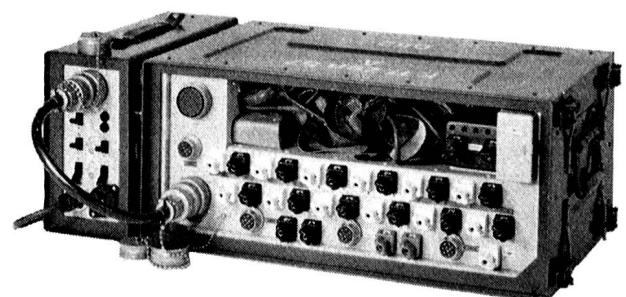


Abb. 4. Rückseite der F Tf. Zen. 57 mit Amts zusatz. Materialfach mit 2 Sprechgarnituren und Zusatzwecker.

lung der Schiebknöpfe markiert gleichzeitig den freien Anschluss. Die 8 Verbindungskontrolllampen auf der linken Frontseite ermöglichen durch Betätigung der Kontrolltaste BK (Besetzkontrolle) die Signalisierung der benützten Verbindungswege. Ein weiteres konstruktives Merkmal sind die steckbaren Schauzeichen-Einheiten, die durch Drehen der rot bezeichneten Haltebolzen ausgewechselt werden können. Die Einheit umfasst ein hochentwickeltes, empfindliches und entstörtes Anruforgan erschütterungssicherer Konstruktion mit eingebauter Vierfunktionen-Taste. Ihre Funktionen sind:

- Mithören: Taste halb hineingedrückt (1. Stellung)
- Fallklappe zurückstellen: Taste ganz hineingedrückt (2. Stellung)

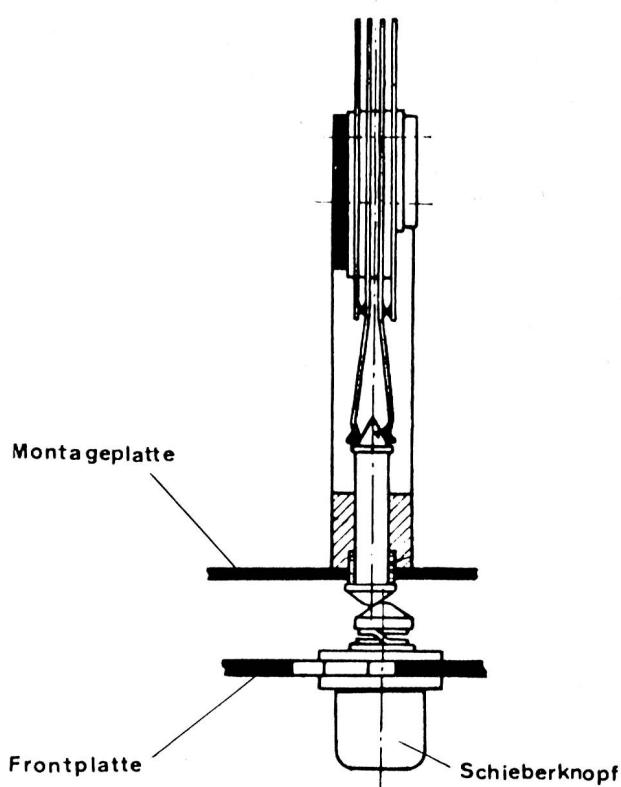


Abb. 5. Durchschaltung mittels Schieberknopf

- Mitsprechen und Mithören: Taste ganz hineingedrückt (2. Stellung)
- Rufen: Taste nach rechts gedreht (gleichzeitig Rufgeneratorhebel betätigen). In dieser Position dient die Vierfunktionstaste bei Betrieb mit Netzwechselstrom (Amtszusatzkasten) als Ruftaste.

Eine mechanische Verriegelung bewirkt, dass die Taste bei gedrückter Stellung nicht gedreht werden kann.

Die elektrischen Verbindungen zu den Einheitsschauzeichen münden auf der Rückseite in Stecker aus, für die an der Montageschiene entsprechende Gegenstücke vorgesehen und begrenzt beweglich gelagert sind.

Eine wesentliche Bedienungserleichterung wurde mit dem zusammenlegbaren Rufgenerator-Hebel erreicht. Ein einmaliges Hinunterdrücken dieses Hebels bewirkt die gleiche Rotor-drehzahl wie 5 Kurbelumgänge eines normalen Induktors. Mit dieser Ausführung ist es möglich, auch in liegender Stellung bequem einen Ruf auszulösen.

Die Abmessungen der Zentrale halten sich im Rahmen einer guten bedienungsmässigen Zugänglichkeit. Die äusserst leichte, aber stabile Konstruktion aus Anticorodal ermöglicht, das Gewicht der Apparatur auf ein Minimum zu beschränken.

Das Einführungsmaterial

Die tropfwaserdichte Transportkiste aus Anticorodal, verstärkt mit Rippenprofilen, ist für die Aufnahme des Einführungsmaterials in Fächer unterteilt (Abb. 6).

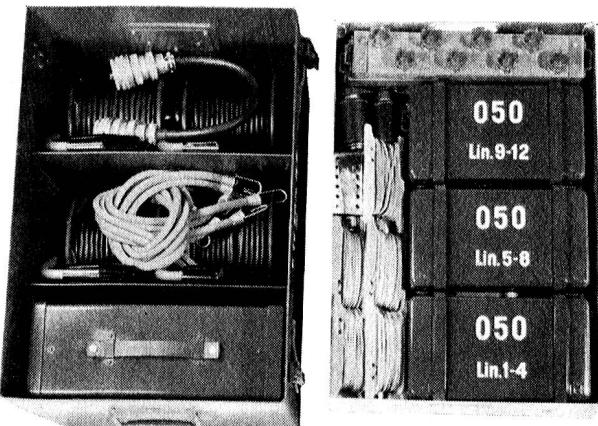


Abb. 6. Einführungsmaterial

2 Fächer für die 4 Leichtmetallkabelrollen. Diese sind drehbar, an einer Achse aufgehängt und erlauben ein praktisches Auf- und Abrollen der 20 m Gummikabel. Darüber haben die Gummiseile mit Haken (zum Anhängen der Einführungskästen) und das Konzentrationskabel Platz. Dann ein weiteres Fach für Amtsanschlusskasten. Das Einsatzfach zur Transportkiste enthält die Einführungskästen, Isolatorenleisten, Kabelkupplungen, Erdbride, Erdpfähle und Erdbolzen.

Merkmale für den Einsatz und Betrieb

Erfahrungsgemäss können die drahtgebundenen Nachrichtengeräte wegen der Feuereinwirkung der Flieger und Artillerie nur in Ausnahmefällen in Wohnhäusern untergebracht werden. Vorwiegend dienen Keller, Unterstände oder getarnte Löcher im freien Felde als Standorte. Diese Umstände haben zwangsläufig zu einer Lösung geführt, die folgende Merkmale aufweist:

- Die gesamte Zentralenausrüstung ist in 2 handliche, logisch getrennte Lasten aufgeteilt.
- Die Einrichtung der Zentrale kann im Freien rasch und übersichtlich erfolgen und bedarf keiner Ergänzung oder Improvisation.
- Der Materialkasten ist im Feldeinsatz als Tisch für die Zentrale verwendbar.
- Beim Standortbezug in geschlossenen Räumen (Keller, Unterstände usw.) ermöglicht das Einführungskabel eine saubere Trennung der Zentrale von den Feldleitungen.
- Grob- und Feinsicherungen schützen die Zentrale gegen Überspannungen in den Einführungskästen.
- Ohne Einführungsmaterial entspricht die Zentrale einem voll einsatzfähigen Einmann-Nachrichtengerät.
- Die wasserdichten, hochqualitativen Steckeranschlüsse an Zentrale und Anschlusskästen garantieren einwandfreie Kontaktgabe und schnellste Betriebsbereitschaft.
- Das tropfwaserdichte Gehäuse ist speziell für den feldmässigen Einsatz konstruiert.
- Die universelle Linienklemme auf der Rückseite der Zentrale ermöglicht das Einführen diverser Feldkabeltypen verschiedener Querschnitte.

- Die äusserst empfindlichen Schauzeichen sind bestmöglich entstört und benötigen deshalb eine bestimmte Folge von Wechselstromimpulsen.
- Für einen Anruf von der Zentrale aus genügt jeweils ein einmaliges Hinunterdrücken des Generatorhebels.

Bauelemente

Das Schauzeichen

In Feld-Telephonanlagen werden vorwiegend elektromagnetische Schauzeichen zur Anzeige von An- und Schlussrufen verwendet. Solche Vorrichtungen müssen sehr empfindlich sein, d. h. bei möglichst kleiner Leistung ansprechen, damit einerseits bei gegebener Leistung des Signalgebers (Induktor) eine möglichst grosse Übertragungsdämpfung überbrückt werden kann, oder anderseits bei gegebener Übertragungsdämpfung die Leistung des Induktors möglichst klein gehalten werden kann, um den störenden Einfluss auf die benachbarten Übertragungskanäle nach Möglichkeit auszuschliessen.

Sind aber die Signalenergien so niedrig, dass sie den auftretenden Störenergien entsprechen und ist die Ansprechempfindlichkeit des Signalempfängers so hoch, dass dieser auf die unvermeidliche Störenergie anspricht, so verursachen diese Störimpulse eine Fehlauslösung des Schauzeichens. Aus der Forderung, Fehlanrufe nach Möglichkeit zu eliminieren, sind verschiedene elektrische und mechanische Einrichtungen entstanden, die aber den Nachteil aufweisen, dass sie einem anspruchlosen elektrischen und rauhen mechanischen Betrieb nicht genügen (störanfällig, hilfsspannungsabhängig, erschütterungsempfindlich).

Das verwendete Hasler-Schauzeichen ist eine elektromagnetische Signalanzeigevorrichtung, welche eine hohe Empfindlichkeit, Erschütterungssicherheit und eine einfache mechanische Übertragungseinrichtung aufweist.

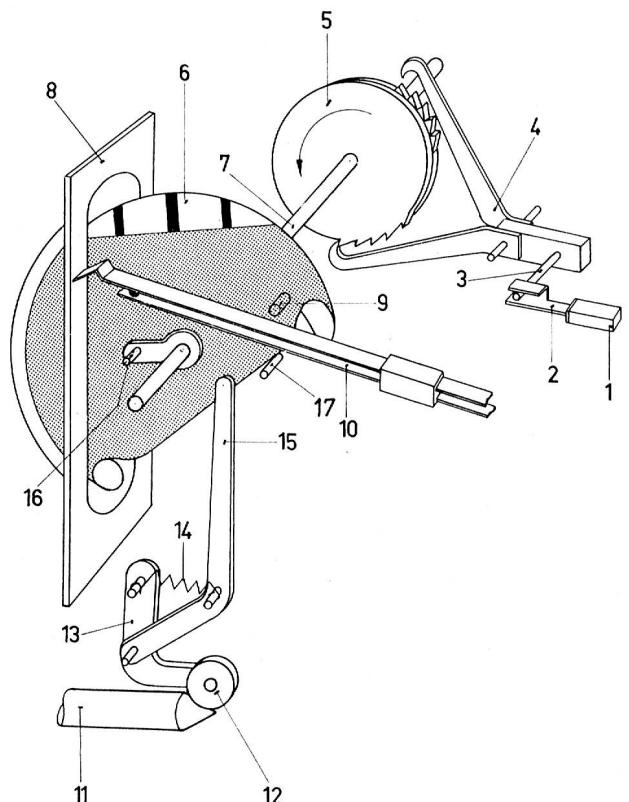


Abb. 8. Prinzipskizze des Schauzeichens

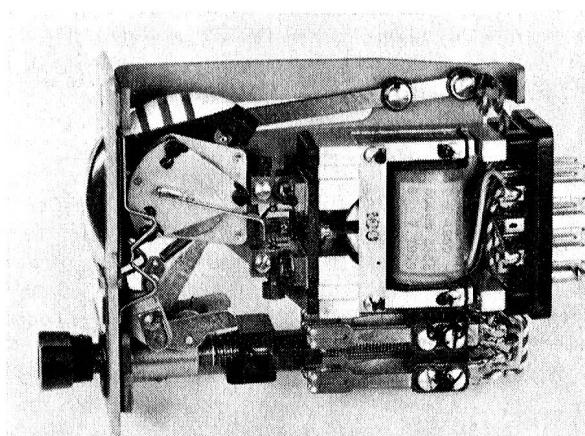


Abb. 7. Wechselstrom-Schauzeichen

Dieses Wechselstrom-Schauzeichen (Abb. 7) hat ein polarisiertes Magnetsystem, dessen Anker auf die lokale mechanische Energiequelle wirkt und deren Energie schrittweise bei jeder Halbwelle des Signalstromes auslöst, bis das Anzeigegerät

organ nach einer vorbestimmten Anzahl von Signalimpulsen auslöst.

An Hand der Prinzipskizze (Abb. 8) wird die Arbeitsweise des Schauzeichens beschrieben.

Jeder ankommende Signalimpuls geeigneter Polarität bewirkt ein Umkippen des Ankers 1 des polarisierten Systems. Dabei wird über die Ankerverlängerung 2 der Bolzen 3 und damit der Hemmanker 4 bewegt. Das Hemmwerk gibt das Zahnrad 5 solange frei, dass es sich unter dem Eigengewicht der Signaltrommel 6 um eine Zahnstellung drehen kann. Hat der nächste Impuls entgegengesetzte Polarität, so kann sich das Zahnrad und damit die Nockenscheibe wiederum um eine Zahnteilung weiterdrehen. Da der Anker des polarisierten Systems in seiner jeweiligen Lage bleibt, bis ein Impuls entgegengesetzter Polarität eintrifft, so besitzt er weder eine ausgesprochene Ruhelage, noch benötigt er eine Rückstellkraft. Besteht nun das eintreffende Signal aus vereinzelten Störimpulsen gleicher Polarität, so bleibt die Einrichtung in der eingenommenen Lage. Die Signaltrommel wird nicht bewegt und eine Anzeige findet somit nicht statt.

Dauert das eintreffende Signal aus Impulsen wechselnder Polarität einige Zeit an, so bewirkt jeder Impuls eine Hin- oder Herbewegung des Bolzens 3, was eine Verdrehung des Zahnrades 5 bzw. der Signaltrommel 6 zur Folge hat.

Nach einer vorbestimmten Anzahl von Impulsen fällt die mechanische Hemmung am Zahnrad weg und die Signaltrommel dreht sich im Gegenuhrzeigersinn, bis der Rückstellstift 16 am Rückstellarm 15 anschlägt. Das rotweiss gefärbte Feld der

Signaltrommel 6 wird durch das Signalfenster 8 sichtbar. Gleichzeitig wird der Alarmfegersatz 10 durch die Schalt-nocke 9 geschlossen.

Zur Rückstellung wird die Abfragetaste 11 gedrückt und dadurch die Rolle 12 gehoben. Da sie über ihre Achse auf den Winkelhebel 13 wirkt, führt dieser um seinen Drehpunkt eine Drehbewegung aus. Mittels der Feder 14 wird der Rückstell-arm 15 zum Rückstellstift 16 bewegt, der bewirkt, dass die Signaltrommel im Uhrzeigersinn in ihre Ausgangslage gedreht wird, wobei sich gleichzeitig der Alarmfegersatz wieder öffnet. Die Rückstellung des Zahnrades 5 in seine Ruhelage ist nur dank dem elastischen Zwischenglied 2 möglich, weil es in seiner jeweiligen Stellung nicht starr blockiert ist. Es eignet sich also sowohl für einen schrittweisen Ablauf in einer Richtung wie für eine sofortige Rückstellung um den gesamten, mehrere Zahnteilungen betragenden Verdrehungswinkel in der entgegengesetzten Richtung. Die eine Sperrlinke 4 greift nun wieder in das entsprechende Sperrrad 5 ein, wodurch die Signaltrommel 6 in ihrer Ruhelage gegen jegliche Erschütterung verriegelt ist. Damit ist die Anzeige gelöscht, und die daran beteiligten Einzelteile der Vorrichtung sind wieder in ihrer Ruhelage.

Technische Daten:

Ansprechempfindlichkeit: 1,2 mW bei 18—50 Hz

Mechanische Ansprechverzögerung bei 0—4 N Leitungsdämpfung: 80 ms bei 50 Hz, 220 ms bei 18 Hz

Der Kleinübertrager

Durch das gewählte Prinzip des manuellen Koordinatenwählers ergibt sich zwangsläufig, dass pro Verbindung 5 Übertrager in Serie geschaltet werden müssen. Aus diesem Grunde wurde ein hochqualitativer Kleinübertrager entwickelt, der elektrisch wie gewichtsmässig den modernen Gesichtspunkten der Miniaturisierung von Schaltelementen entspricht. Er ist eingegossen und dadurch gegen jegliche mechanische und thermische Einwirkung unempfindlich.

Technische Daten:

Gewicht 70 g

Dämpfungswert bei 800 Hz 40 mN

Schnurdämpfung (2 Übertrager) 80 mN

Die Anschlussklemme

Die universelle Anschlussklemme (Abb. 9), die speziell für den Feldeinsatz entwickelt wurde, ist äusserst robust und unabhängig von Schlüssel- oder Spezialwerkzeugen. Sie ermöglicht den Anschluss von 2 abgebundenen oder 6 unabgebundenen Feldkabeln vom Typ E sowie gleichzeitig den Anschluss einer Prüfstation mit Bananenstecker.

Der Anschluss eines unabgebundenen Feldkabels, bei dem die verschiedenen Drahtseelen gespreizt sind, bietet keine Schwierigkeit, da durch die konische Einmündung die einzelnen Drähte zusammengeschoben werden. Durch Drehen der Klemmenmutter wird die eingeführte Leitung gegen einen Anschlag geschoben und gut festgeklemmt. Es ist möglich, 2 Drähte mit verschiedenen Durchmessern bis zum Verhältnis 1 : 3 (zum Beispiel 0,8 und 2,4 mm) einwandfrei mit gleichem Druck festzuklemmen.

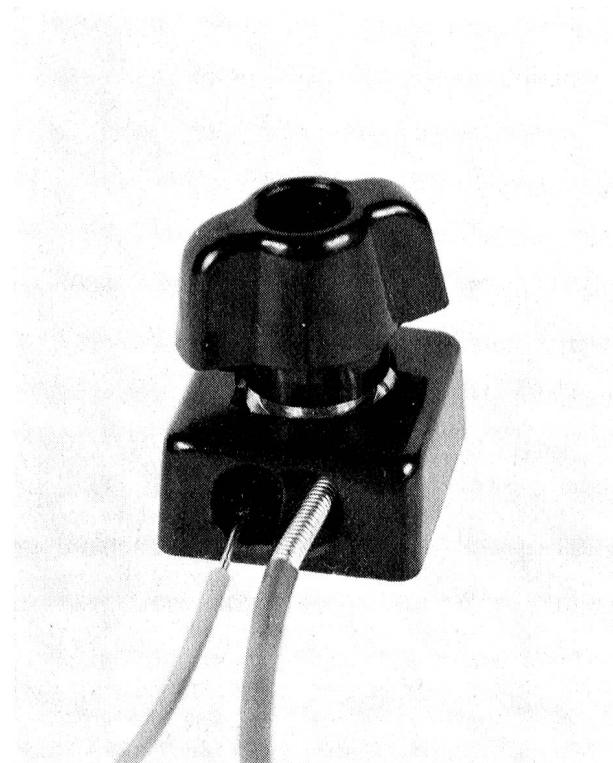


Abb. 9. Universal-Anschlussklemme

Der Anrufmechanismus

Diese Einrichtung verkörpert eine wesentliche Vereinfachung der Anrufmanipulation für den Operateur in jeder Lage. Sie entlastet die rechte Hand und ermöglicht, trotz Haltens des Mikrotelephons mit der linken Hand, eine einwandfreie Rufauslösung. Der zusammenlegbare Rufhebel ist unverlierbar. Er überträgt die Kraft auf ein Zahnsegment, das seinerseits über ein robustes Freilaufgetriebe eine Zahnradübersetzung treibt, die auf den Anker des Rufgenerators wirkt und von einer genau dosierten Schwungmasse unterstützt wird.

Die Schaltung des Schauzeichens

Allgemein war es üblich, das Schauzeichen und den Übertrager parallel auf die Sprechleiter zu schalten (Abb. 10a). Dabei musste die Leerlaufinduktivität des Übertragers mindestens 4—5mal grösser als die des Schauzeichens gewählt werden. Die Folge waren grosse Übertragerabmessungen oder grosse Dämpfung. Zudem wurde das Schauzeichen durch den gerufenen Teilnehmer bei der Schlusszeichengabe ge-

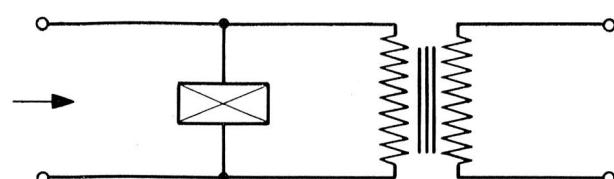
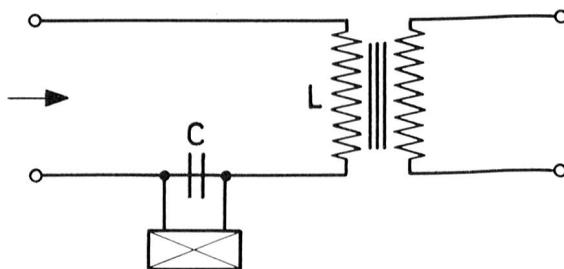


Abb. 10. a) Übliche Schaltung von Schauzeichen und Übertrager

shuntet. Man musste sich deshalb mit einer um ein Neper reduzierten Empfindlichkeit zufrieden geben.

Beim Serieschalten von Übertrager und Schauzeichen ist es möglich, die Schaltung als Frequenzweiche auszubilden



b) Schaltung in der F Tf. Zen. 57: Übertrager und Schauzeichen bilden eine Frequenzweiche

(Abb. 10b). Die Signalfrequenz von 18—50 Hz wird im Schauzeichen ausgewertet, und die Sprechfrequenzen werden von dem durch C und L gebildeten Hochpass durchgelassen. Daraus resultiert der grosse Vorteil, dass L klein sein muss ($1/6$ bis $1/8$ der Schauzeicheninduktivität) und somit der Übertrager klein und mit wenig Wicklungswiderstand ausgeführt werden kann.

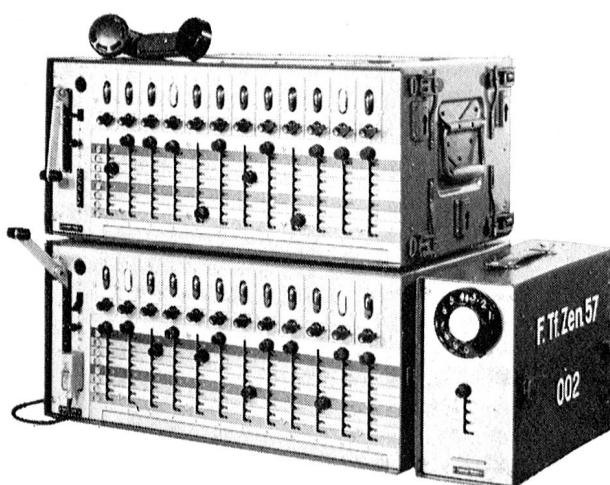
Der Spannungsabfall an L bei den Signalfrequenzen kann weitgehend kompensiert werden, indem C so gewählt wird, dass das Schauzeichen auf der höchsten Signalfrequenz in Resonanznähe arbeitet.

Das Schauzeichen arbeitet bei Anruf- und Schlusszeichen-gabe mit der gleichen Empfindlichkeit wie in der Normallösung als Anruforgan.

Konzentration

Bei der Konzentration von zwei Zentralen sind die beiden Zentralenkästen aufeinander zu stellen und mit dem mehrpoligen Verbindungskabel zu verbinden.

Es stehen dann 24 Abschlüsse zur Verfügung, die aber nur auf 8 Verbindungswege untereinander verbunden werden



295 Abb. 11. Konzentration von zwei F Tf. Zen. 57

können. Ist zum Beispiel der blaue Verbindungs weg auf der unteren Zentrale besetzt, so ist er auch für die obere Zentrale belegt. Durch Betätigung der Besetzt-Kontrolltaste wird der Zentralist über die belegten Verbindungswege orientiert, indem die entsprechenden Besetztlampen aufleuchten.

Die Bedienungsgarnitur wird bei einer der beiden Zentralen, vorteilhaft bei der unteren, angeschlossen.

Zusammenfassung der technischen Daten

Elektrische Daten

Teilnehmeranschlüsse:	12
Verbindungswege:	8
System (schnurlos):	manueller Koordinatenwähler
Betriebsart:	LB
Bedienung:	(mit Zusatz: 4 Amtsanschlüsse)
Konferenzschaltung:	pro Anschluss 1 Schiebeknopf
Konzentration:	beliebige Kombinationsmöglichkeit in beliebigen Gruppen
Sprachreichweite:	2 Zentralen (24 Anschlüsse)
Rufmöglichkeit:	4 N
Anrufstromüberwachung:	Induktor 70 V, 33 Hz
Anpassung der Sprechstromkreise:	(mit zusätzlichem Ruftrafo 70 V, 50 Hz)
Anpassung der Rufstromkreise:	optisch
Empfindlichkeit der Anrufschauzeichen:	600 Ohm bei 800 Hz
Empfindlichkeit der Schlußschauzeichen:	1400 Ohm bei 18—50 Hz
Entstörung der Anrufschauzeichen:	4 N
Entstörung der Schlußschauzeichen:	4 N } (1,2 mW)
Rufanzeige:	bei 0—4 N 80—220 ms
Schnurdämpfung:	optisch und akustisch
Übersprechdämpfung:	max. 0,08 N
Mikrophonspeisung:	min. 9 N bei 800 Hz
Signalbatterie:	1,5 V } (33×158 mm)

Mechanische Daten

a) Zentrale	Breite 540 mm
Dimensionen:	Höhe 235 mm
	Tiefe 370 mm

Gewicht der Zentrale (inkl. 3 Sprechgarnituren, 2 Batterien, 1 Glocke):

26 kg

b) Zubehörmaterial	
Dimensionen der Transportkiste:	540×370×380
Gewicht des Zusatzmaterials ohne Amtszusatz:	30 kg
Gewicht des Zusatzmaterials mit Amtszusatz:	35 kg

G. Fioroni

Bandbreitenbedarf bei der elektrischen Nachrichtenübertragung

Die an eine elektrische Übertragung von Nachrichten zu stellenden Anforderungen ergeben sich einmal durch die Eigenschaften der zu übertragenden Nachricht selbst, zum anderen durch die von den Bauelementen des Übertragungssystems verursachten Einflüsse. Betrachten wir das in Bild 1 dargestellte allgemeine Schema einer elektrischen Nachrichtenübertragung. Die als Sender und Empfänger bezeichneten Kreise wollen wir zunächst ausser acht lassen. Dann besteht diese Nachrichtenübertragung im Prinzip nur aus 3 Teilen: einer Quelle, von der die Nachricht ausgeht, einem Bestimmungsorgan, das die Nachricht erhalten soll und dem Übertragungswert, über den die Nachricht geleitet wird. Als Übertragungsweg kommen zwei grundsätzlich verschiedene Arten in Betracht, nämlich der drahtgebundene und der drahtlose Übertragungsweg. Den drahtgebundenen Übertragungsweg kennt man als Kabel oder Leitung. Von einem drahtlosen Übertragungsweg spricht man, wenn es sich um Funk- oder Richtverbindungen handelt. In beiden Fällen jedoch geschieht die Nachrichtenübertragung mit Hilfe elektromagnetischer Schwingungen. Als Nachrichtenquelle denken wir uns einen Menschen, der seine Gedanken in Worte fasst und in einer bestimmten Sprache schriftlich oder mündlich von sich gibt. Da der Übertragungsweg nicht fähig ist, diese Meldungen direkt zu übertragen, müssen sie vorher in ein für ihn geeignetes Signal umgeformt werden. Das geeignete Signal sind elektromagnetische Schwingungen. Die Umformung ist Aufgabe eines Senders. Beim Fernsprechen beispielsweise wird die Umformung durch das Mikrofon vorgenommen. Am Ende des Übertragungsweges müssen dann die elektromagnetischen Schwingungen durch einen Empfänger in eine Form gebracht werden, die für das Bestimmungsorgan passend ist. Ist das Bestimmungsorgan wie beim Fernsprechen ein menschliches Ohr, geschieht diese Umformung durch den Fernhörer. Zusammengefasst erkennen wir aus Bild 1: Bei einer elektrischen Nachrichtenübertragung wird eine von einer Quelle ausgehende Nachricht durch einen Sender in elektromagnetische Schwingungen umgeformt und auf einen Übertragungsweg gegeben. Am Ende des Übertragungsweges wird die Nachricht in einem Empfänger in eine dem Bestimmungsorgan angepasste Form umgewandelt und diesem zugeführt. Jede Fm-Verbindung dieser Art beruht also auf der Anwendung elektromagnetischer Schwingungen, die sich entweder auf Leitungen drahtgebunden oder im freien Raum drahtlos ausbreiten.

Die Grundbegriffe über elektromagnetische Schwingungen sollen hier nur soweit angedeutet werden, wie es für das Thema dieses Aufsatzes von Bedeutung ist. Bei der Behandlung von Schwingungsproblemen geht man immer von reinen Sinusformen aus, weil sich diese relativ leicht übersehen und berechnen lassen. Dennoch gelten die dabei gefundenen Gesetzmäßigkeiten für alle beliebigen Schwingungsformen. Man

kann nämlich aufgrund der von Fourier entwickelten mathematischen Theorie jeden irgendwie verlaufenden Schwingungsvorgang als Überlagerung von sinusförmigen Teilschwingungen betrachten. Die charakteristischen Merkmale einer Sinus-

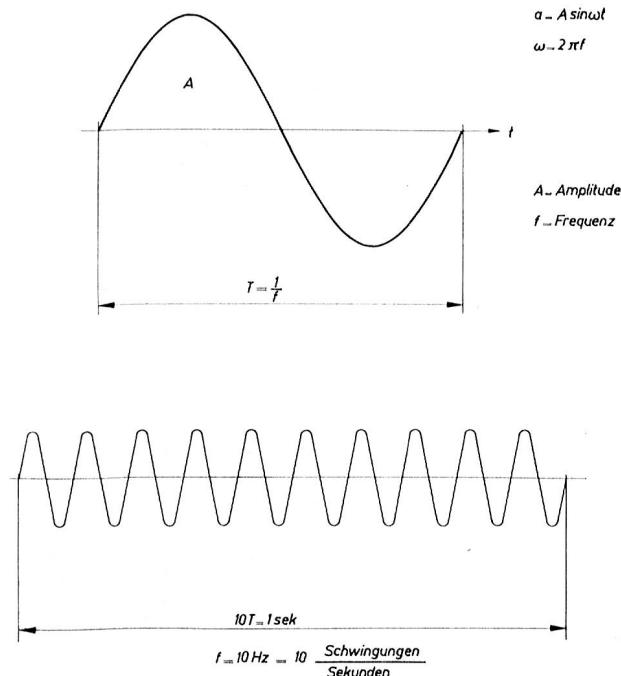


Bild 2: Sinusschwingung

schwingung sind ihre Amplitude — die maximale Schwingungsweite — und ihre Frequenz — die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Im Bild 2 sieht man den Verlauf einer Sinuskurve, wobei die Amplitude mit A bezeichnet ist. Der Augenblickswert ist dann bestimmt durch die Beziehung

$$a = A \sin \omega t;$$

$\omega = 2 \pi f$ ist die Kreisfrequenz und f ist die Frequenz. Werden z. B. in einem Zeitabschnitt von 1 sec 10 vollständige Schwingungen durchlaufen, so ist die Frequenz $f = 10$ Hz. Die Dauer einer vollständigen Schwingung wird auch eine Periode T genannt. In unserem Beispiel errechnet sich die Periode

$$T = \frac{1}{f} \text{ zu } \frac{1}{10} \text{ sec.}$$

Wie gesagt kann man jeden beliebigen Schwingungsverlauf als eine Überlagerung von sinusförmigen Teilschwingungen mit verschiedenen Amplituden und Frequenzen auffassen. Die Frequenzen dieser Teilschwingungen können grundsätzlich jeden Wert zwischen 0 und ∞ annehmen. Tatsächlich bilden

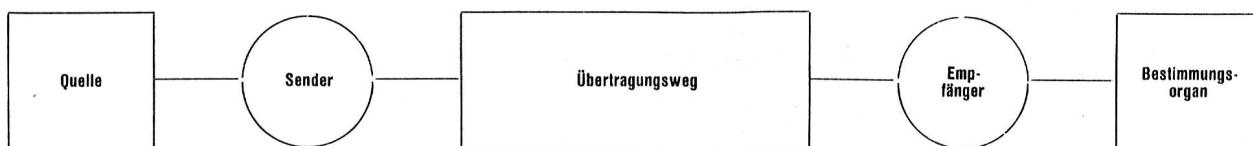


Bild 1: Schema einer Nachrichtenübertragung

sie aber immer einen ganz bestimmten, begrenzten Frequenzbereich, der für die betreffende Nachrichtenart charakteristisch ist. Unter dem Bandbreitenbedarf einer elektrischen Nachrichtenübertragung versteht man dann den Frequenzbereich, der notwendig ist, um den Nachrichteninhalt möglichst getreu zu übertragen. Nun ist der Bandbreitenbedarf, also der für die Übertragung von Nachrichten erforderliche Frequenzumfang von zwei entgegengesetzten Standpunkten aus zu beurteilen. Vom technischen Standpunkt zur Erzielung höchster Übertragungsgüte ist ein breites Frequenzband, eine grosse Bandbreite, anzustreben, während wirtschaftliche Gründe und Zweckmässigkeitsüberwägungen ein möglichst schmales Frequenzband, eine kleine Bandbreite, verlangen.

Sprachübertragung, Fernsprechen

Diese beiden einander entgegengerichteten Forderungen sollen am Beispiel der elektrischen Übertragung der menschlichen Sprache — des Fernsprechens — etwas näher erläutert werden.

Alle Sprachuntersuchungen erstrecken sich naturgemäß auf zwei Hauptgebiete, nämlich auf die Erzeugung und auf die Wahrnehmung der Sprache. Der Frequenzumfang der Sprache ist an die physiologischen Bedingungen der Sprachorgane gebunden. Man kann ihn etwa von 80 Hz bis 14 000 Hz angeben. Die stossartig einsetzenden Laute wie p, t, k erzeugen zwar ein Frequenzspektrum, das theoretisch von 0 bis 20 000 Hz reicht. Die Energieanteile der Frequenzen unterhalb 80 Hz und oberhalb 14 000 Hz sind jedoch so gering, dass sie praktisch nicht mehr wahrgenommen werden können. Die Wahrnehmungsfähigkeit des Ohres ist der menschlichen Sprache angepasst, übertrifft sie jedoch etwas im Umfang des hörbaren Frequenzbereiches. Der vom Ohr überbrückbare Frequenzbereich beträgt im günstigsten Fall 16 Hz bis 20 000 Hz, wobei die obere Grenze mit zunehmendem Alter stark herabsinkt. Verlangt man nun bei einer elektrischen Übertragung der Sprache, dass alle von der Quelle ausgehenden Frequenzen das Bestimmungsorgan erreichen, d. h. eine naturgetreue Wiedergabe, so muss man eine Bandbreite von 80 bis 14 000 Hz übertragen. Wirtschaftliche Überlegungen zwingen aber dazu, den Aufwand für den Übertragungsweg, worin jetzt alle erforderlichen Geräte eingeschlossen sein sollen, möglichst klein zu halten. Da dieser Aufwand aber um so grösser wird, je grösser die geforderte Bandbreite ist, muss versucht werden, mit einem möglichst schmalen Frequenzband, einer kleinen Bandbreite, auszukommen. Beim Fernsprechen, so hat man gesagt, kommt es doch gar nicht auf eine naturgetreue Wiedergabe an. Es ist nur von Bedeutung, dass das, was der Partner spricht, auch verstanden wird. Es kommt nicht auf die Natürlichkeit, sondern auf die Verständlichkeit der Sprache an.

Die Verständlichkeit der Sprache ist von mehreren Bedingungen abhängig, von denen hier nur die notwendige Bandbreite interessieren soll. In umfangreichen Versuchen wurde ermittelt, wie stark man die gegebene Bandbreite von 80 bis 14 000 Hz beschneiden kann, ohne dass die Verständlichkeit verringert wird. Dazu überträgt man einzelne, für sich sinnlose Silben — sogenannte Logatome — über ein Übertragungssystem, dessen Bandbreite genau definiert und veränderlich ist. Durch Vergleich der richtig verstandenen Silben mit dem

Original ergibt sich die Silbenverständlichkeit in Prozent. Die Silbenverständlichkeit steht in einem ganz bestimmten Verhältnis zur Satzverständlichkeit, die natürlich etwas grösser ist, weil bei vollständigen Sätzen nicht verstandene Silben leicht entsprechend dem Sinn des Satzes ergänzt werden. Wir entnehmen dem Bild 3, dass die Silbenverständlichkeit mit zunehmender Bandbreite zunächst stark ansteigt, sich dann aber schon bald ihrem Endwert nähert. Ebenso ist es bei der Satzverständlichkeit, die schon bei 3000 Hz fast die 100 % erreicht. Wird die Bandbreite weiter vergrössert, wird zwar die Natürlichkeit der Sprache — ihre Klangfarbe — nicht aber die Verständlichkeit verbessert. Da es aber wesentlich nur auf die Verständlichkeit ankommt, hat man die Bandbreite für das Fernsprechen international auf 300 bis 3400 Hz festgelegt.

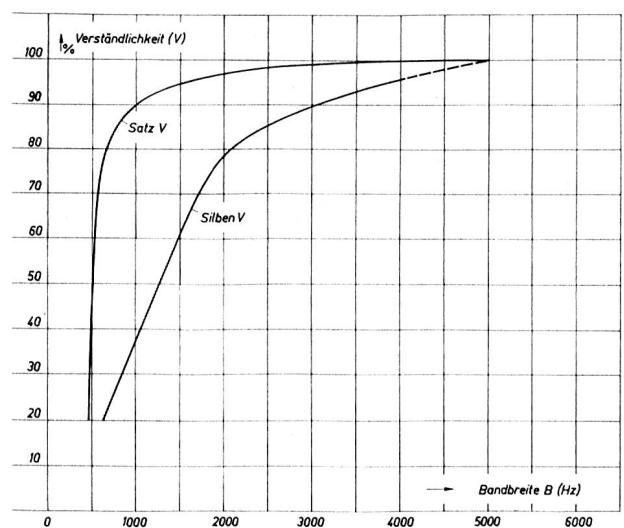
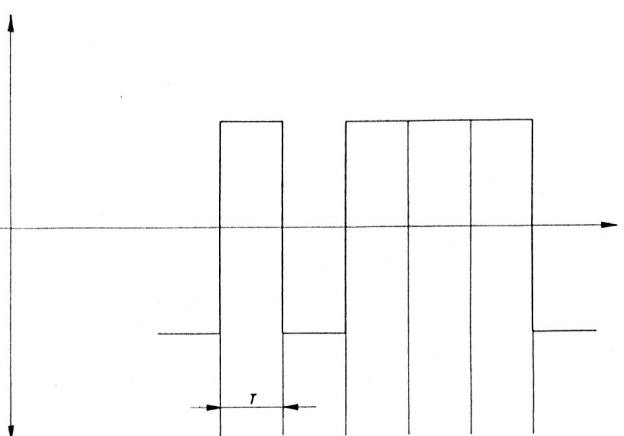


Bild 3: Satz- und Silbenverständlichkeit



$$\begin{aligned}
 T &= \text{Schrittdauer} \\
 v &= \frac{1}{T} \quad \text{... Telegrafiergeschwindigkeit} \\
 t &= \frac{1}{2}v - \frac{1}{2T} \quad \text{... Telegrafierfrequenz}
 \end{aligned}$$

Bild 4: Telegraphierzeichen

Diese Darstellung sollte zeigen, welcher Art Überlegungen notwendig sind, um die beiden gegensätzlichen Forderungen — naturgetreue Wiedergabe, grosse Bandbreite und wirtschaftliche Ausnutzung, kleine Bandbreite — zu einem befriedigenden Kompromiss zu bringen.

Zeichenübertragung, Fernschreiben

Ähnliche Gedanken hat man sich auch über die zweite hier interessierende Nachrichtenart, das Fernschreiben, gemacht. Während es beim Fernsprechen auf die Verständlichkeit ankommt, geht es beim Fernschreiben vor allem um die Lesbarkeit der übertragenen Nachricht. Dementsprechend sind auch die Anforderungen, die an die zu übertragende Bandbreite zu stellen sind, beim Fernschreiben anders als beim Fernsprechen. Das Fernschreiben oder allgemeiner ausgedrückt die Telegraphie übersetzt die geschriebene Nachricht (Buchstaben oder Ziffern) mittels eines Codes in bestimmte Telegraphierzeichen, die dann wieder in eine Folge elektromagnetischer Schwingungen verwandelt und übertragen werden. Auf der Empfangsseite werden die elektrischen Signale wieder in Codezeichen und dann in lesbare Schrift zurückverwandelt. Das Bild 4 zeigt uns ein solches Telegraphierzeichen. Grundelemente der telegraphischen Übertragung sind die Telegraphierschritte, eine Zeitteilung, die in Beziehung zum Nachrichteninhalt steht. Beim sogenannten Fünferalphabet besteht jedes Zeichen aus einer Gruppe von fünf gleichlangen Schritten. Die Schrittdauer bezeichnet man mit T . Unter der Telegraphier- oder Schrittgeschwindigkeit versteht man die Anzahl der Schritte in einer Sekunde, also den Kehrwert der Schrittdauer T . Gemessen wird die Telegraphiergeschwindigkeit in Baud, genannt nach dem französischen Ingenieur Baudot. 1 Baud bedeutet 1 Schritt pro Sekunde. Bei unserem Fünferalphabet beträgt die Schrittdauer 20 m/sec. Dem entspricht eine Telegraphiergeschwindigkeit von 50 Baud. Vielfach wird jedoch nicht die Telegraphiergeschwindigkeit, sondern die Telegraphierfrequenz angegeben. Die Telegraphierfrequenz ergibt sich aus der einfachen Beziehung

$$f = \frac{1}{2} v,$$

ist also immer halb so gross wie die Telegraphiergeschwindigkeit. Diese Telegraphierfrequenz ist für die Übertragungstechnik sehr wichtig. Ihr Verhältnis zur Bandbreite des Übertragungsweges ist massgebend für die sogenannte Einschwingverzerrung und damit für die Qualität der Übertragung. Die wichtigsten Zeitpunkte in der Telegraphie sind die, zu denen das Empfangsrelais arbeiten muss. Diese sprunghafte Änderung von Zeichenstrom auf Trennstrom bzw. von Strom auf kein Strom wird durch Einschwingvorgänge — sie entsprechen etwa der Trägheit in der Mechanik — verzögert. Je länger die Einschwingzeit ist, desto mehr werden die Telegraphierzeichen verzerrt. Diese Einschwingzeit hängt aber wesentlich von der übertragenen Bandbreite ab. Wir sehen in Bild 5 den Einfluss der Frequenzbandbegrenzung auf den Verlauf eines Telegraphierzeichens. Ist die übertragene Bandbreite (in Bild 5 mit f_g = Grenzfrequenz bezeichnet) unendlich gross, dann wird das Telegraphierzeichen am Ende des Übertragungsweges unverändert empfangen. Es tritt lediglich eine zeitliche Verschiebung auf. Macht man die Bandbreite nur doppelt so gross wie die Telegraphierfrequenz, so ist das Zeichen auf der Empfangsseite zwar noch gut in seiner ursprünglichen Form

erkennbar, die Flankensteilheit der Impulse ist aber schon merklich verringert. Bei weiterer Verkleinerung der Bandbreite wird das Zeichen mehr und mehr verändert bis es schliesslich überhaupt nicht mehr zu erkennen ist. Theoretische Betrachtungen und praktische Versuche haben ergeben, dass die Bandbreite eines Fernschreibübertragungssystems mindestens gleich dem 1,6fachen Betrage der Telegraphierfrequenz zu wählen ist. Nur dann ist eine einwandfreie Übertragung noch gewährleistet. Für das bei uns gebräuchliche Fünferalphabet mit der Telegraphierfrequenz 25 Hz entspricht einer Telegraphiergeschwindigkeit 50 Baud ergibt sich die erforderliche Bandbreite zu $25 \text{ Hz} \cdot 1,6 = 40 \text{ Hz}$, und zwar bei Gleichstromsystemen. Bei Wechselstromsystemen beträgt die notwendige Bandbreite $2 \cdot 40 \text{ Hz} = 80 \text{ Hz}$, da die durch die Frequenzumsetzung entstehenden Seitenbänder beide übertragen werden müssen.

Bildübertragung

Wieder ganz andere Gesichtspunkte hinsichtlich des Bandbreitenbedarfs verlangt die Bildübertragungstechnik. Die Bildübertragungstechnik hat die Aufgabe, Bilder, Wetterkarten, Zeichnungen, Dokumente usw. zwischen entfernten Orten elektrisch zu übertragen. Es wird dabei unterschieden zwischen der tonwertrichtigen Übertragung von Photographien, der Bildtelegraphie, und der reinen Schwarzweisswiedergabe, der Faksimiletelegraphie. Prinzipiell geschieht die elektrische Bildübertragung in der Weise, dass man die zu übermittelnde Bildvorlage auf eine zylindrische Trommel spannt und hier in

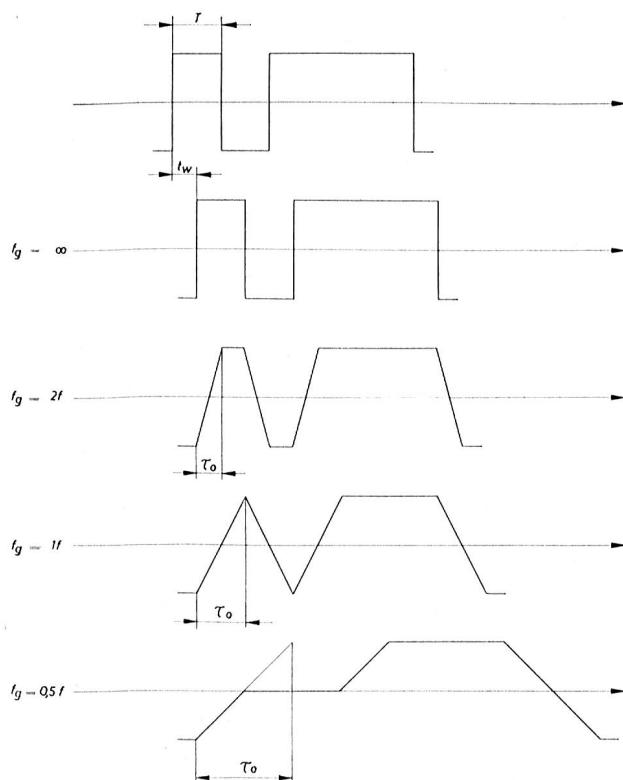


Bild 5: Einfluss der Frequenzbandbegrenzung auf den Verlauf eines Telegraphierzeichens

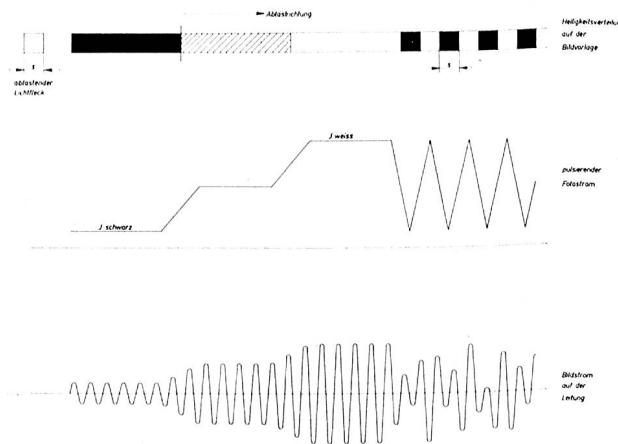


Bild 6: Modulationsvorgang bei der Bildübertragung

einer engen Spirale Zeile für Zeile abtastet. Eine Lichtquelle erzeugt auf der Bildvorlage einen Lichtpunkt, von dem aus je nach Helligkeit der Vorlage mehr oder weniger Licht auf eine Photozelle reflektiert wird. Die Photozelle löst einen Gleichstrom aus, dessen Amplitude sich mit der Helligkeitsverteilung der Vorlage ändert. Diese Vorgänge sind im Bild 6 schematisch dargestellt. Durch die wechselnde Helligkeit der Bildvorlage entsteht ein pulsierender Gleichstrom. Solange der Lichtstrahl eine Fläche mit gleichbleibender Helligkeit überstreicht, ergibt sich ein reiner Gleichstrom. Die Bildfrequenz ist dann gleich Null. Die maximale Bildfrequenz entsteht, wenn in rascher Folge helle und dunkle Lichteindrücke miteinander abwechseln. Je nach der Helligkeitsverteilung auf der Bildvorlage wird sich also der durch die Photozelle hervorgerufene Bildstrom im Frequenzbereich 0 bis f_{\max} (maximale Bildfrequenz) und Amplitudenbereich J_{schwarz} bis J_{weiss} bewegen. Die erforderliche Bandbreite entspricht der maximalen Bildfrequenz. Sie hängt ab von der raschesten Folge, in der Helligkeitswechsel noch verarbeitet werden können, dem sogenannten Auflösungsvermögen. Das Auflösungsvermögen ist ein Mass dafür, wie schmal ein Zeichen äußerstens sein darf, wenn es noch mit hinreichender Genauigkeit übertragen werden soll. Der Reziprokwert des Auflösungsvermögens ergibt die auswertbare Lichtschrittbreite s . Bei durch die Konstruktion des Gerätes gegebenen Werten für Durchmesser und Drehzahl der Trommel besteht zwischen Lichtschrittbreite und maximaler Bildfrequenz eine feste Beziehung. Für die gebräuchlichen Bildtelegraphiegeräte ist danach eine Bandbreite von 0 bis 550 Hz erforderlich. Aus wirtschaftlichen Gründen kommt für die Bildtelegraphie nur die Mitbenutzung vorhandener Fernsprechkanäle in Frage. Diese können aus filtertechnischen Erwägungen nur Frequenzen ab 300 Hz aufwärts über-

tragen. Die Bildfrequenzen müssen also zunächst mit Hilfe einer geeigneten Trägerfrequenz in den Übertragungsbereich 300 bis 3400 Hz eines Fernsprechkanals umgesetzt werden. Dabei entsteht, wie Bild 7 zeigt, infolge der Modulationsvorgänge neben dem ursprünglichen Frequenzband 0 bis f_{\max} das nun zu übertragende Frequenzband $f_T - f_{\max}$ bis $f_T + f_{\max}$, das jetzt doppelt so breit ist, in unserem Fall also 1100 Hz beansprucht. Am Beispiel der elektrischen Bildübertragung wird deutlich, dass es bei der Beurteilung des Bandbreitenbedarfs nicht allein auf die Eigenheiten der betreffenden Nachrichtenart ankommt, sondern auch auf das verwendete Modulationsverfahren.

Modulationsverfahren

Als wesentliches Merkmal gilt bei allen Modulationsarten die Bandbreite, die von den modulierten Schwingungen beansprucht wird. Wie wir gesehen haben, benötigt jede Nachrichtenart eine bestimmte Bandbreite B_{NF} . Um dieses Frequenzband linear, d. h. verzerrungsfrei übertragen zu können, muss der Durchlassbereich nachfolgender Vierpole, z. B. eines Verstärkers, aus filtertechnischen Gründen etwa 25 % breiter sein:

$$B'_{\text{NF}} = 1,25 B_{\text{NF}} \quad (\text{Bild 8})$$

Die erforderliche Breite des hochfrequenten Bandes ist nun je nach Modulationsart verschieden. Sie beträgt für die Zweiseitenband-Amplitudenmodulation

$$B_{\text{AM}} = 2 B'_{\text{NF}} = 2,5 B_{\text{NF}}$$

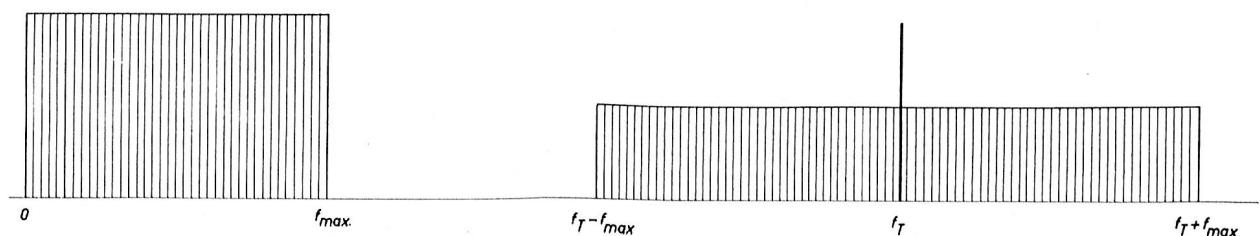
Für Einseitenband-Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger beträgt sie nur

$$B_{\text{AM}} = B'_{\text{NF}} = 1,25 B_{\text{NF}}$$

Bei der Frequenzmodulation liegen die Dinge etwas komplizierter. Während bei der Amplitudenmodulation das Frequenzspektrum nur aus dem Träger und je einem oberen und unteren Seitenband besteht, enthält das Spektrum der Frequenzmodulation eine grosse Zahl, theoretisch sogar eine unendlich

Bild 8

Nachrichtenfrequenz	B_{NF}
Durchlassbereich	$B'_{\text{NF}} = 1,25 B_{\text{NF}}$
Amplitudenmodulation	$B_{\text{AM}} = 2 B'_{\text{NF}} = 2,5 B_{\text{NF}}$
Einseitenbandmodulation	$B_{\text{AM}} = B_{\text{NF}} = 1,25 B_{\text{NF}}$
Frequenzmodulation	$B_{\text{FM}} = 2 (\Delta H + B_{\text{NF}})$



299 Bild 7: Frequenzspektrum bei der Bildmodulation

grosse Zahl von Seitenbändern. Die tatsächlich notwendige Bandbreite ist um so grösser, je grösser die Amplitude der Nachrichtenfrequenz ist, also der in Hertz ausgedrückte Frequenzhub Δf . Sie hängt also nicht nur von der NF-Bandbreite B_{NF} , sondern auch noch von den Amplituden der Nachricht ab. In der Praxis rechnet man, dass das gesamte Band etwa gleich dem doppelten Wert der Summe aus Frequenzhub und höchster Nachrichtenfrequenz ist:

$$B_{FM} = 2 (\Delta f + B_{NF}).$$

Da der Frequenzhub Δf im allgemeinen beträchtlich grösser ist als die niederfrequente Bandbreite B_{NF} , ist auch der Frequenzbedarf der Frequenzmodulation wesentlich grösser als der der Amplitudenmodulation. Für den Nachteil der grösseren Bandbreite, die die Frequenzmodulation gegenüber der Amplitudenmodulation benötigt, bringt sie aber auch einige Vorteile. Die Hauptvorteile der Frequenzmodulation liegen in der guten Energieausnutzung des Senders und dem niedrigen Störgeräusch. Die niederfrequente Unterdrückung hochfrequent aufgenommener Störungen ist um so besser, je grösser der Frequenzhub gegenüber der höchsten Nachrichtenfrequenz ist. Der gute Senderwirkungsgrad röhrt daher, dass die Amplitude der frequenzmodulierten Schwingung konstant ist und der Sender dauernd mit voller Leistung betrieben werden kann. Während bei der Amplituden- und Frequenzmodulation eine kontinuierliche Schwingung als Träger der Nachricht dient, wird bei der Pulsmodulation eine Folge periodischer, sehr kurzzeitiger Impulse als Träger eingesetzt. Die Grundlage für die Einsatzfähigkeit des Impulsverfahrens bildet die Tatsache, dass es nicht nötig ist, den zeitlichen Ablauf einer Nachricht kontinuierlich zu übermitteln. Es braucht nicht lückenlos jeder Zeitmoment des Zeichens übertragen zu werden. Es genügt, wenn man der Nachricht mit genügender Häufigkeit kurzzeitige «Amplitudenproben» entnimmt und diese überträgt. Überle-

gungen und Versuche zeigen, dass eine Sinusschwingung während einer Periode etwa 3mal abgetastet werden muss, wenn sie richtig wiedergegeben werden soll. Daraus folgt, dass die Tast- oder Pulsfrequenz mindestens doppelt so gross wie die höchste Nachrichtenfrequenz sein muss. Auf die Übertragung der Sprache angewendet ergibt sich, dass bei einer höchsten zu übertragenden Frequenz von 3400 Hz die Pulsfrequenz etwa 8000 Hz betragen muss. Der unmodulierte 8-kHz-Impuls hat ein Spektrum, das theoretisch aus unendlich vielen Frequenzen besteht, die alle Vielfache von 8 kHz sind. In der Praxis begnügt man sich bei einer Impulsdauer von 0,5 μ s mit einer Bandbreite von 2 MHz. Mehr darf man allerdings das Frequenzband nicht beschränken, weil sonst eine zu starke Verformung der Impulse eintritt und eine einwandfreie Übertragung nicht mehr sichergestellt ist. Wird jetzt die Amplitude des Impulses von einer Nachricht moduliert, so bekommt jede Teilfrequenz noch ein oberes und ein unteres Seitenband. Für den praktischen Einsatz kommt aber nicht die Pulsamplitudenmodulation, sondern z. B. die Pulphasenmodulation in Frage. Ähnlich wie die Nachricht bei der Frequenzmodulation in den Verschiebungen der Nulldurchgangsstellen liegt, so liegt sie bei der Pulphasenmodulation in den Verschiebungen des Einsatzmomentes der Impulse. Im Spektrum wirkt sich das dahingehend aus, dass die Seitenbänder immer breiter werden und ineinander übergreifen. Zum Vergleich sind im Bild 9 die Frequenzspektren der Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation und Pulphasenmodulation untereinander gestellt. Man beachte, dass die Maßstäbe der Frequenzachse sehr unterschiedlich sind. Aber es wird doch sehr deutlich, dass der Bandbreitenbedarf bei Pulphasenmodulation wesentlich grösser ist als bei Frequenzmodulation und dort wieder grösser als bei Amplitudenmodulation. Die notwendige Bandbreite verweist die Modulationsarten in die entsprechenden Frequenzbereiche, wie den Angaben für die Trägerfrequenz entnommen werden kann. Man braucht diese Modulationsverfahren sowohl zur Nachrichtenübertragung auf Drahtwegen als auch auf Funk- und Richtfunkwegen. Bei Kabeln liegt der Störpegel der Geräusche so niedrig, dass es keine Schwierigkeiten macht, den Störabstand ausreichend gross zu halten. Bei Funkwegen aber unterschreitet der Störabstand infolge starker Schwunderscheinungen häufig das zulässige Mass. Hierfür braucht man die geräuschmindernden Verfahren, wie z. B. Frequenzmodulation und Pulphasenmodulation. Die Geräuschminderung wird allerdings durch einen grösseren Bandbreitenbedarf erkauft.

Zusammenfassung

Jede Nachrichtenart, z. B. Fernsprechen, Fernschreiben, Bildübertragung, beansprucht eine ihr gemäss Bandbreite. Unter Bandbreite ist dabei der Frequenzumfang zu verstehen, der eine ausreichende Übertragungsgüte gewährleistet. Vielfach muss die niederfrequente Nachricht einem hochfrequenten Träger aufmoduliert werden. Die erforderliche hochfrequente Bandbreite richtet sich nach dem angewendeten Modulationsverfahren. Dieses wird wesentlich bestimmt durch das Problem der Geräuschminderung.

Alle Forderungen nach besserer Übertragungsqualität, nach höherer Kanalzahl, nach grösserer Übertragungsgeschwindigkeit können also nur durch ein breiteres Frequenzband, d. h. mit erheblich grösserem Aufwand erfüllt werden.

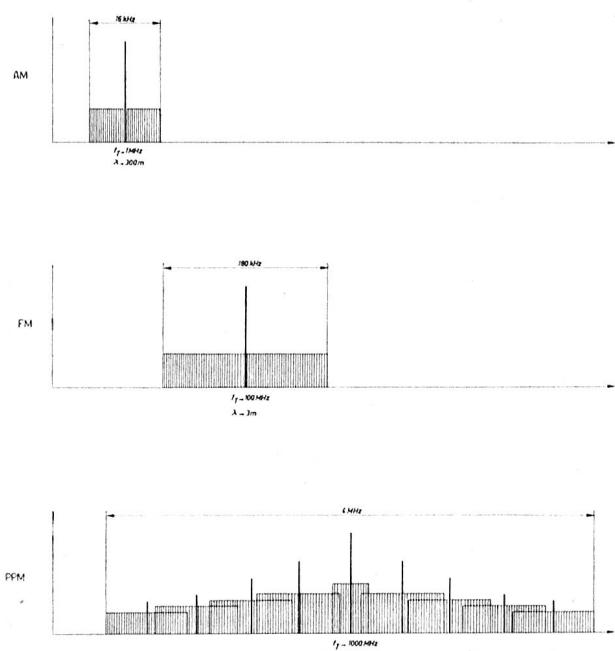


Bild 9: Bandbreitenbedarf der wichtigsten Modulationsverfahren