

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 Aufklärungsergebnisse und anderer Nachrichten, die Lagedarstellung, Lagebeurteilung, Entschlussfassung und Auftragserteilung 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 Entscheidungsgrundlage 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 Auftragserteilung 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 Täuschungswirkung 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 vertragen sich nicht durch Beleuchtungsquellen.

Neben den aufgezählten Geräten gehören Empfänger und Peilgeräte für Abhock und Standortbestimmung feindlicher Fernmelde- und Radargeräte zu den wertvollen Aufklärungsmitteln. Die grosse Zahl von Funk-, Richtstrahl- und Radaranlagen 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



zum Beispiel die Führung von Flugzeugen und Boden-Luftlenk-
waffen 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 Lenk Waffen. Aber auch bei der Feldarmee
lässt sich die Nachrichtenverarbeitung, die Lagedarstellung
und die Schaffung der Entschlussgrundlage mit Hilfe der elek-
tronischen Datenverarbeitung beschleunigen und rationalisie-
ren.

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 Ge-
heimnisses zu befördern.

Sehr häufig müssen dabei nicht nur Kommandoposten, Ge-
fechtsstände, 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 Armeekom-
mando 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 ausschlag-
gebender Bedeutung.

Unser Fernmeldesystem ist heute teilweise mit sehr leistungs-
fähigen Geräten zur Funkübermittlung ausgerüstet. Die Draht-
übermittlung 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 Kampf-
verbände und den Möglichkeiten zu deren Führung wieder-
herzustellen.

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 Ver-
bindung und Uebermittlung. Daraus ergibt sich die gebiete-
rische Forderung, dass der Ausbau und die Ausnutzungsmög-
lichkeit des feldmässigen Drahtnetzes in jeder Beziehung den
neuesten Erkenntnissen der militärischen Nachrichtentechnik
entsprechen. Diese Folgerung war richtungsweisend bei der
Projektierung und Entwicklung der Einheits-Feldtelephonzen-
trale. Auf Grund eingehender Studien, gepaart mit grosser
Erfahrung auf dem Gebiete der Nachrichtentechnik, entwik-
kelte die Hasler AG ein Feld-Nachrichtengerät, welches so-
wohl den technischen wie auch den feldmässigen Anforder-
ungen 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):

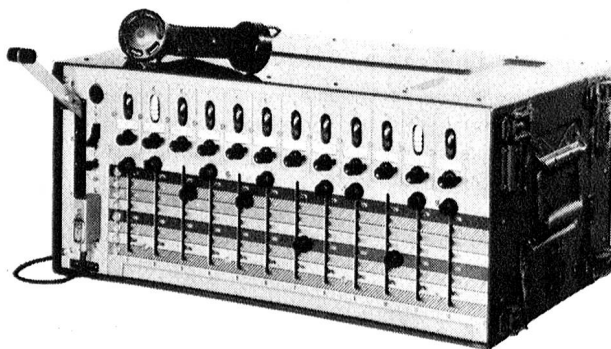


Abb. 1.
Feldtelephonzentrale 57 (F Tf. Zen. 57) der Hasler AG Bern

- Manuelles Koordinaten-System
- Übersichtliche und klare Darstellung der Verbindungs-
wege 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 be-
schriebene konstruktive Aufbau gewählt.

Allgemeines

Die Feldtelephonzentrale mit 12 Teilnehmeranschlüssen und 8 Verbindungswegen 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 Bedienungs-komfort, unter Berücksichtigung der Rechts- und Linkshänder.

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

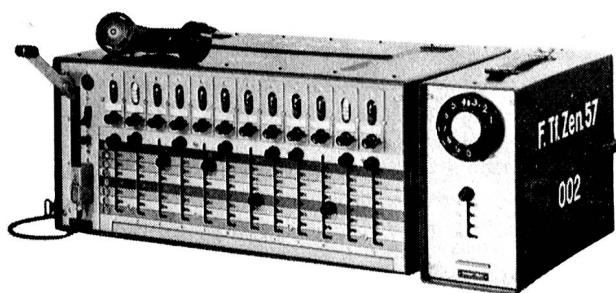


Abb. 2. F Tf. Zen. 57 mit Amtsanschlusskasten

- a) mit dem Amtsanschlusskasten (Abb. 2) für den Anschluss der Zentrale an das automatische Telephonnetz (max. 4 Anschlüsse)
- b) 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 tropfwasserdicht 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 Verbindungsdurchschaltung, die im Prinzip einem manuellen Koordinatenwahlsystem entspricht.

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

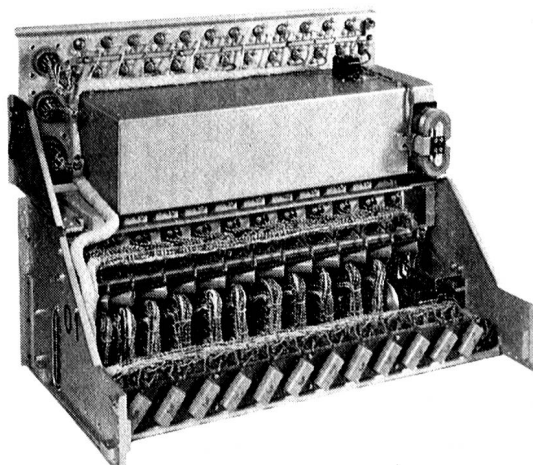


Abb. 3. Chassisrahmen aufgeklappt

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

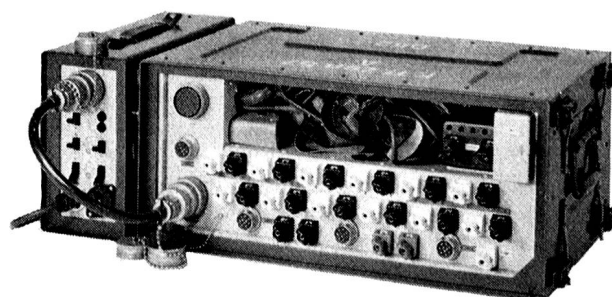


Abb. 4. Rückseite der F Tf. Zen. 57 mit Amtszusatz. Materialfach mit 2 Sprechgarnituren und Zusatzwecker.

lung der Schiebeknöpfe markiert gleichzeitig den freien Anschluss. Die 8 Verbindungskontrolllampen auf der linken Frontseite ermöglichen durch Betätigung der Kontrolltaste BK (Besetztkontrolle) 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 ent-störtes Anruforgan erschütterungssicherer Konstruktion mit eingebauter Vierfunktionen-Taste. Ihre Funktionen sind:

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

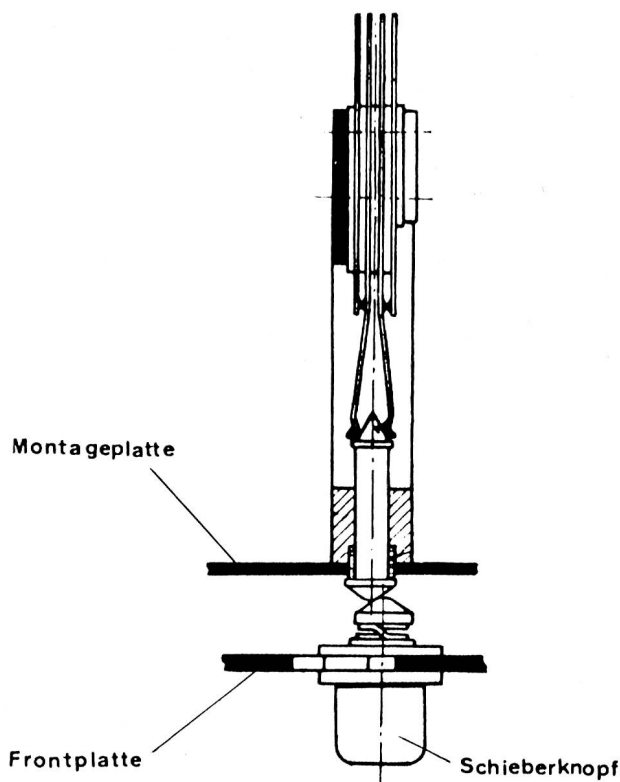


Abb. 5. Durchschaltung mittels Schieberknopf

- 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 Einheitsschaltzeichen 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 Rotorzahl 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 tropfwasserdichte Transportkiste aus Anticorodal, verstärkt mit Rippenprofilen, ist für die Aufnahme des Einführungsmaterials in Fächer unterteilt (Abb. 6).

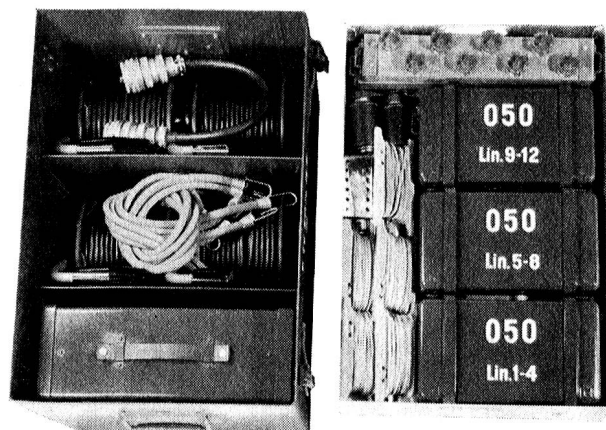


Abb. 6. Einführungsmaterial

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 Einführungskasten) und das Konzentrationskabel Platz.

Dann ein weiteres Fach für Amtsanschlusskasten. Das Einsatzfach zur Transportkiste enthält die Einführungskasten, Isolatorenleisten, Kabelkupplungen, Erdbride, Erdpfähle und Erdbolzen.

Merkmale für den Einsatz und Betrieb

Erfahrungsgemäss können die drahtgebundenen Nachrichten-geräte 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 Einführungskasten.
- 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 tropfwasserdichte 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 andererseits 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 rauen 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.

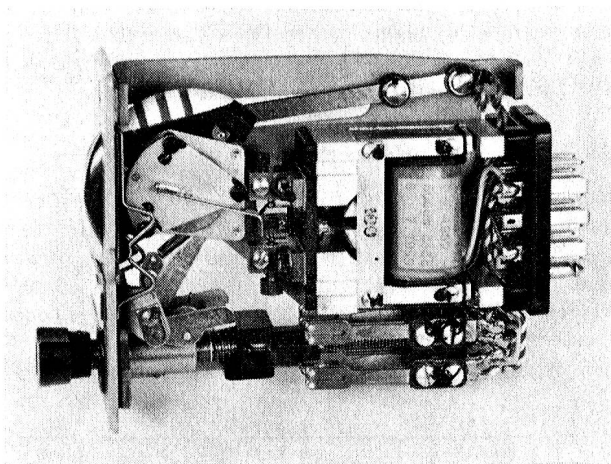


Abb. 7. Wechselstrom-Schauzeichen

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 Anzeige-

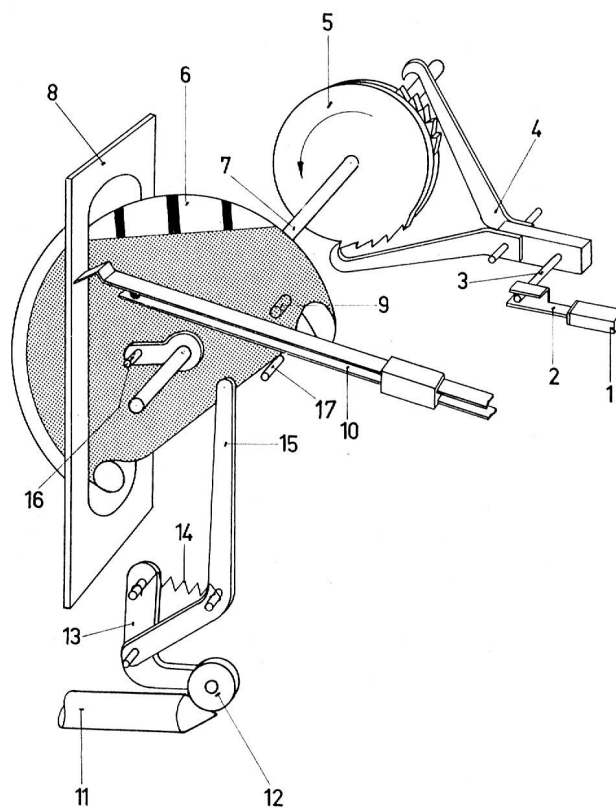


Abb. 8. Prinzipskizze des Schauzeichens

organ nach einer vorbestimmten Anzahl von Signalimpulsen auslösen kann.

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 vereinzelt 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 Zahnrad 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

Signaltrummel 6 wird durch das Signalfenster 8 sichtbar. Gleichzeitig wird der Alarmfedersatz 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 Rückstellarm 15 zum Rückstellstift 16 bewegt, der bewirkt, dass die Signaltrommel im Uhrzeigersinn in ihre Ausgangslage gedreht wird, wobei sich gleichzeitig der Alarmfedersatz 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 Sperrklinke 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.

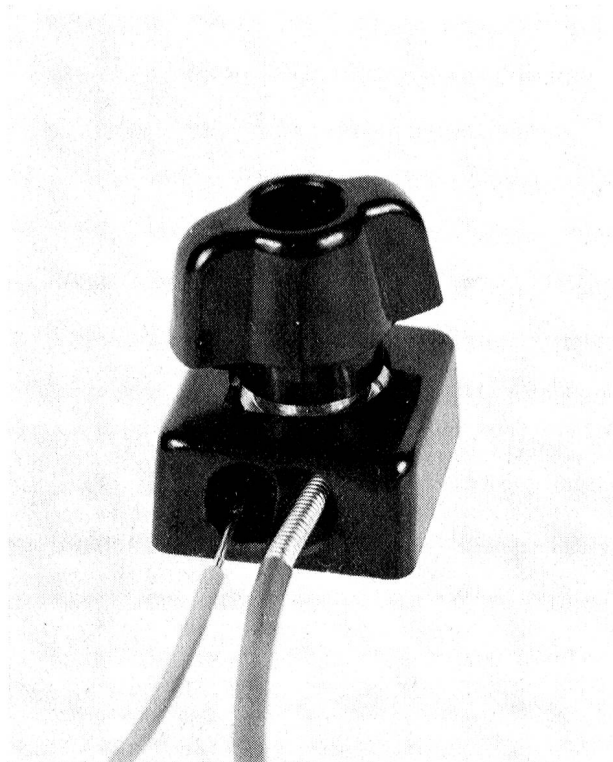


Abb. 9. Universal-Anschlussklemme

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 Schlusszeichengebe ge-

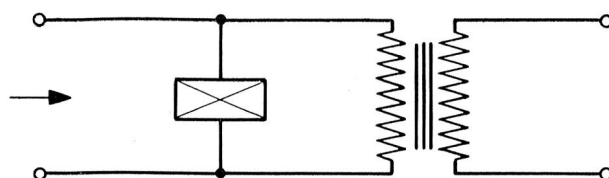
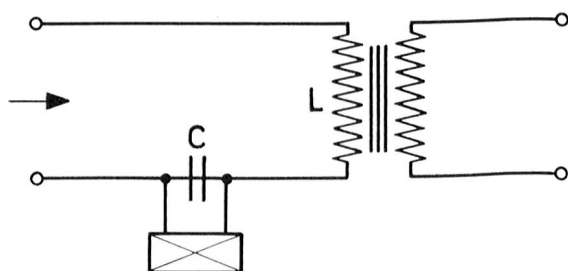


Abb. 10. a) Übliche Schaltung von Schauzeichen und Übertrager

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 ($\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ der Schauzeicheninduktivität) und somit der Übertrager klein und mit wenig Wicklungswiderstand ausgeführt werden kann.

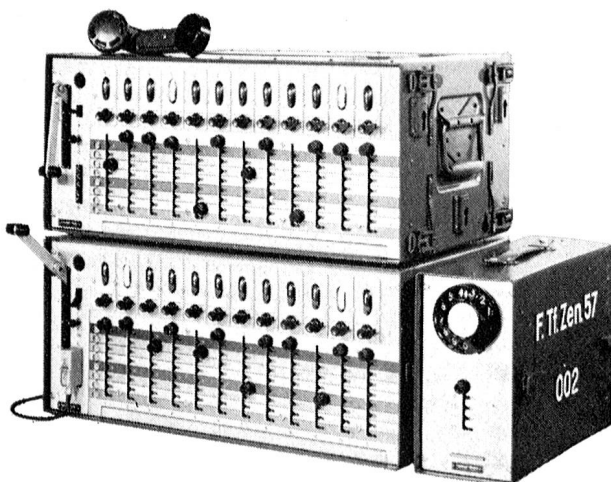
Der Spannungsabfall an L bei den Signalfrequenzen kann weitgehend kompensiert werden, indem C so gewählt wird, dass das Schauzeichen auf der höchsten Signalfrequenz in Resonanznähe arbeitet.

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

Konzentration

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

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



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

können. Ist zum Beispiel der blaue Verbindungsweg auf der untern 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 untern, angeschlossen.

Zusammenfassung der technischen Daten

Elektrische Daten

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

Mechanische Daten

a) Zentrale	
Dimensionen:	Breite 540 mm 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

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 Übertragungsweg, 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 Mikrophon 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-

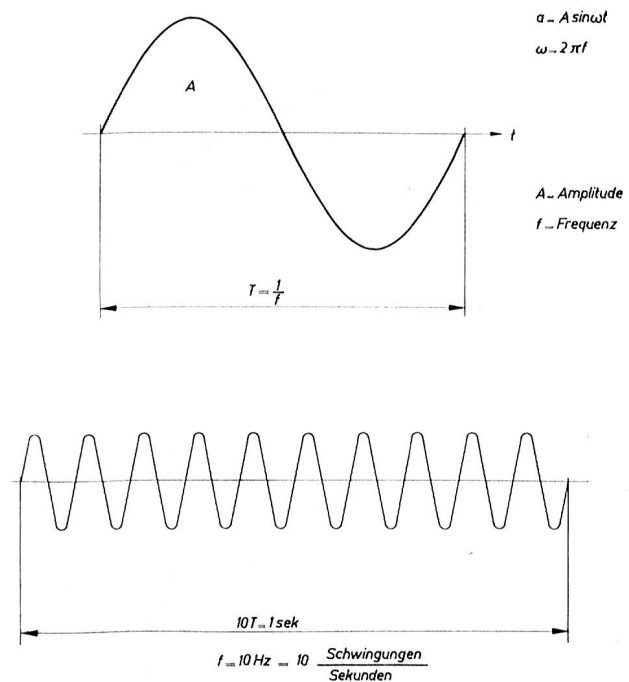


Bild 2: Sinusschwingung

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

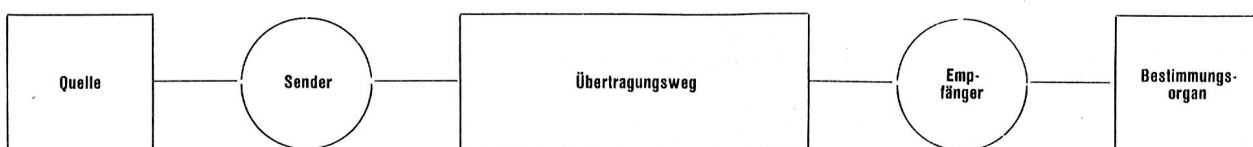


Bild 1: Schema einer Nachrichtenübertragung

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 Zweckmässigkeitserwägungen 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.

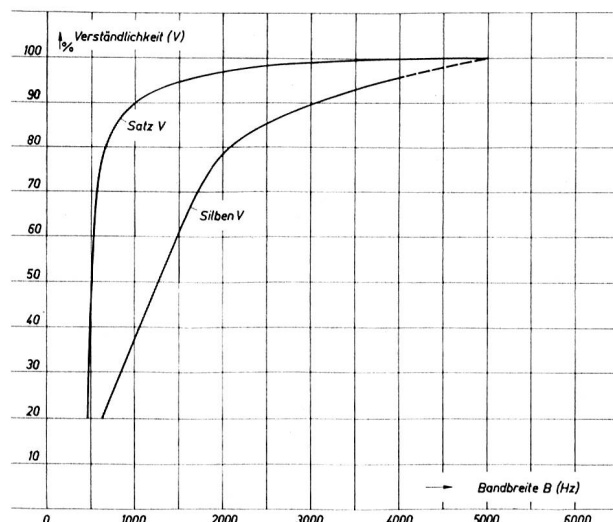
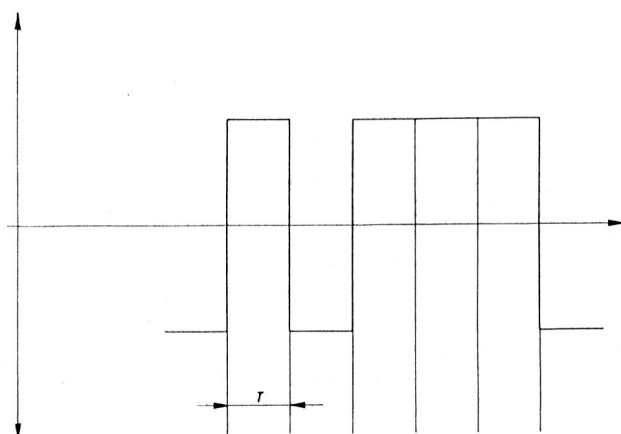


Bild 3: Satz- und Silbenverständlichkeit



$$T \quad \text{Schrittdauer}$$

$$v = \frac{1}{T} \quad \text{Telegrafiergeschwindigkeit}$$

$$f = \frac{1}{2}v = \frac{1}{2T} \quad \text{Telegrafierfrequenz}$$

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 entsprechend 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

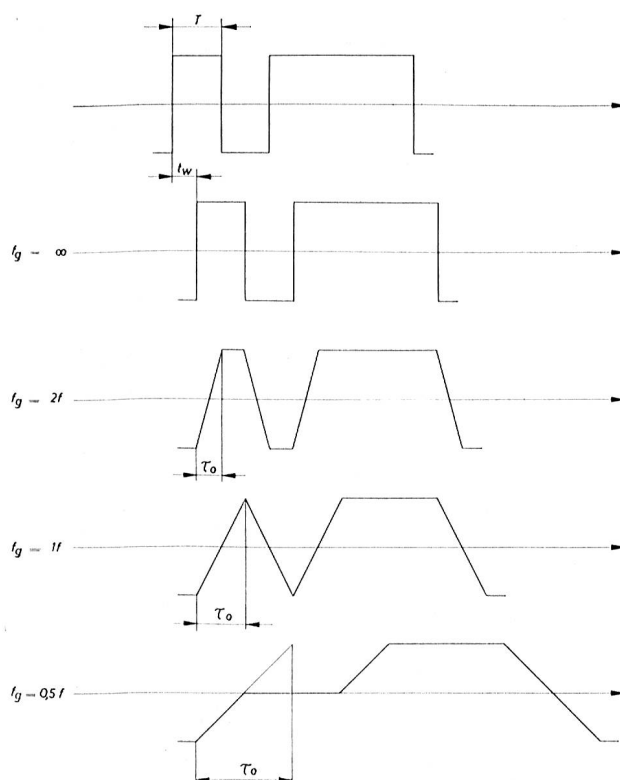


Bild 5: Einfluss der Frequenzbandbegrenzung auf den Verlauf eines Telegraphierzeichens

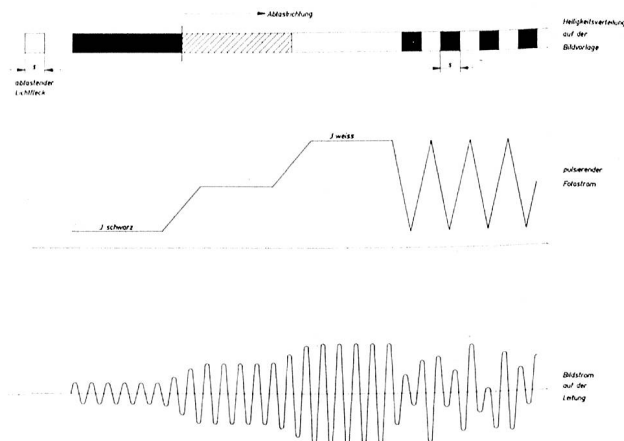


Bild 6: Modulationsvorgang bei der Bildübertragung

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 pulssierender 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 I_{schwarz} bis I_{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 äusserstenfalls 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 Fernsprechkanaäle 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 Fernsprechkanaals 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:

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

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

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

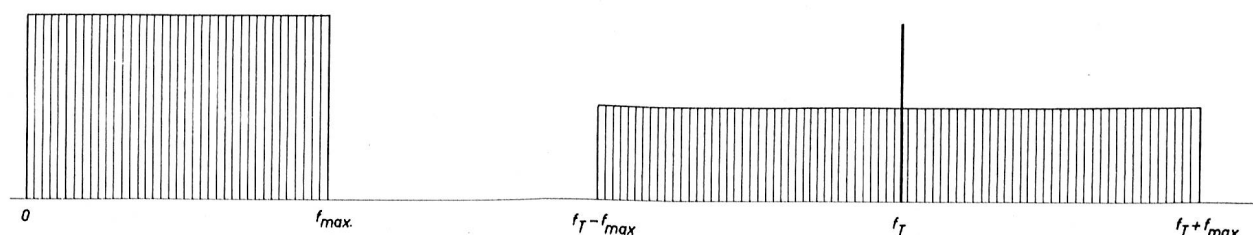
Für Einseitenband-Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger beträgt sie nur

$$B_{EAM} = B'_{NF} = 1,25 B_{NF}$$

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



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 ΔH . 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:

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

Da der Frequenzhub ΔH 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 rührt 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 Zeitpunkt 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 μs 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 Pulsphasenmodulation in Frage. Ähnlich wie die Nachricht bei der Frequenzmodulation in den Verschiebungen der Nulldurchgangsstellen liegt, so liegt sie bei der Pulsphasenmodulation 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 Pulsphasenmodulation untereinandergestellt. Man beachte, dass die Maßstäbe der Frequenzachse sehr unterschiedlich sind. Aber es wird doch sehr deutlich, dass der Bandbreitenbedarf bei Pulsphasenmodulation 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 Pulsphasenmodulation. Die Geräuschminderung wird allerdings durch einen grösseren Bandbreitenbedarf erkauft.

Zusammenfassung

Jede Nachrichtenart, z. B. Fernsprechen, Fernschreiben, Bildübertragung, beansprucht eine ihr gemässe 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.

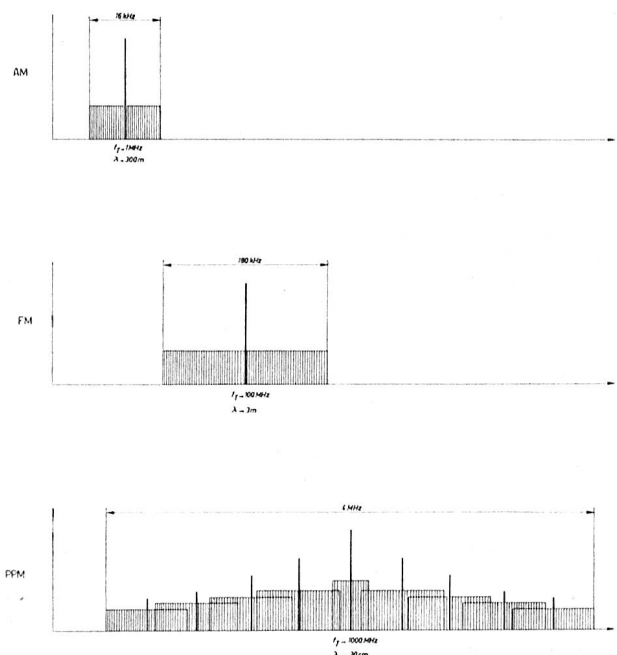


Bild 9: Bandbreitenbedarf der wichtigsten Modulationsverfahren