

**Zeitschrift:** Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen  
**Herausgeber:** Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere  
**Band:** 39 (1966)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Praktische Erprobung von Pulsmodulations-Fernmeldeausrüstungen  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-562961>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

# Praktische Erprobung von Pulsmodulations-Fernmelde-ausrüstungen

Die englische Postverwaltung hat mit der praktischen Erprobung neuer Fernmeldegeräte begonnen, die die Pulsmodulation (PCM) benutzen. Die PCM ist ein ständig an Bedeutung gewinnendes Übertragungsverfahren. Bei der Übertragung von Nachrichten über grosse Entfernungen sind die Fremdstörungen, die im Verlauf des Übertragungsweges entstehen, massgebend für die Bemessung der Verstärkerabstände, Sendepiegel u. a. m. Daher bemühen sich die Wissenschaftler seit langem um Modulationsverfahren, die den Einfluss von Störungen besonders wirksam vermindern. Die Pulsmodulation hat sich unter den Verfahren zur Übertragung von Nachrichten als die wirksamste geräuschmindernde Methode erwiesen. Da jeder Teilabschnitt einer langen Leitung Störgeräuschen unterworfen ist und diese sich auf das Ende einer Fernleitung übertragen, so dass dort die Geräuschleistung linear mit der Zahl der Abschnitte anwächst, müssen die Anforderungen an die einzelnen Teilstücke um so schärfer werden, je länger eine Fernleitung ist. In Fig. 1 ist eine prinzipielle

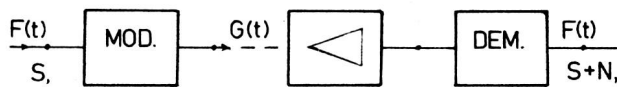


Fig. 1. Prinzipskizze für einen Nachrichten-Übertragungsweg.

Darstellung der Nachrichtenübertragung gegeben.  $F(t)$  ist die die Nachricht enthaltende Signalfunktion, die den Frequenzbereich  $B$  umfasst. Der Nachrichtengehalt liegt in der zeitlichen Änderung der Amplitude der Funktion  $F(t)$ . Gibt man auf den Eingang des Übertragungsweges die Leistung  $S$ , so erhält man am Ausgang der Leitung unter Zwischenschaltung von Verstärkern zur Erreichung eines konstanten Pegels, die Leistung  $S+N$ .  $N$  ist die Leistung, die dem störenden Geräusch entspricht. Um die Nachricht möglichst störungsfrei am Leitungsende zu erhalten, wird bei den meisten Übertragungsverfahren die Signalfunktion  $F(t)$  in eine sekundäre Signalfunktion  $G(t)$  umgesetzt. Die Umsetzung muss dabei so erfolgen, dass die für die Nachricht charakteristischen Änderungen nicht in der Amplitude, sondern in der Zeit erfolgen. Dadurch können die durch Amplitudenverzerrungen hervorgerufenen Störungen eliminiert werden. Das Sekundärsignal bei der PCM ist daher lediglich eine Folge von Ein- und Ausschaltimpulsen (Zeichen und Pausen), wobei weder die Impulsamplitude oder die Impulsbreite, noch die Impulslage sich zeitlich ändern. Die Nachricht liegt in der zeitlichen Folge von Zeichen und Pausen, und das einzige Kriterium am Empfänger ist, ob zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Impuls auftritt oder nicht. Das macht es möglich, sowohl Amplituden als auch Zeitfilter zu verwenden und den Empfänger an bestimmten Zeitpunkten zu öffnen, wodurch die PCM allen anderen Verfahren überlegen wird.

Bei der PCM besteht der Übergang von der primären Signalfunktion  $F(t)$  in die sekundäre Signalfunktion aus 3 Schritten: der Abtastung, der Quantisierung und der Codierung.

## a) Das Abtast-Theorem

Das Abtast-Prinzip kann durch eine Anordnung, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, anschaulich gemacht werden. Auf die Übertragungseinrichtung wird ein kontinuierliches Signal  $F(t)$  gegeben, dessen höchste Frequenz  $f_s$  ist. Der Schalter rotiert

mit der Frequenz  $f_0$  — wobei  $f_0 > f_s$  vorausgesetzt ist — und verbindet die Stromquelle mit einem Tiefpassfilter, von der Bandbreite  $B$ , während sehr kurzer Zeitabschnitte. Am Schal-

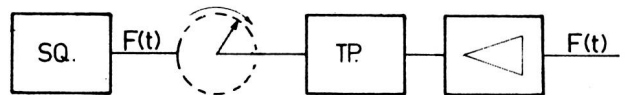


Fig. 2. Abtastvorrichtung.

terausgang erhält man so eine Reihe kurzer Impulse mit der Frequenz  $f_0$ , deren Amplitude den momentanen Werten des Signales entspricht. Schliesst man an den Tiefpass einen Verstärker an, so kann man an dessen Ausgangsklemmen eine Signalfunktion erhalten, die mit der von der Stromquelle abgegebenen Funktion  $F(t)$  identisch ist. Die diskreten Impulse bestimmen also vollständig die Signalfunktion  $F(t)$ .

## b) die Quantisierung

Ein kontinuierliches Signal (Sprache, Musik) hat einen kontinuierlichen Amplitudenbereich. Wenn man eine solche Signalfunktion abtastet, so findet man eine unendlich grosse Anzahl möglicher Amplitudenwerte für die Abtastimpulse. Die menschlichen Sinnesorgane können nur endliche Intensitätsunterschiede wahrnehmen, so dass das Ohr 2 Tonimpulse, die über einen Tiefpass mit folgendem Verstärker zugeführt

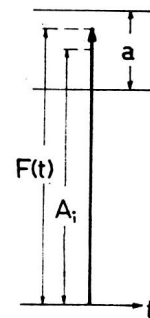


Fig. 3. Abgetastete Signalfunktion ( $F(t)$ ), zugehöriger quantisierter Impuls  $A_i$  und Quantisierungsbereich  $a$ .

werden und innerhalb eines bestimmten Amplitudenbereiches  $a$  liegen, als gleich empfunden (Fig. 3). Es ist daher zulässig, alle Amplitudenwerte dieses Bereiches durch einen diskreten Amplitudenwert  $A_i$  darzustellen.

## c) Codierung

Will man die Signalfunktion  $F(t)$  während eines bestimmten Zeitintervalles  $T$  beobachten, so muss man alle Punkte innerhalb des Bereiches ( $A_0, T$ ) beobachten, da nicht bekannt ist, welche Punkte das Signal durchlaufen wird. Wenn man dagegen abtastet und quantisiert, so muss nur in bestimmten Augenblicken und auch nur eine beschränkte Zahl bestimmter diskreter Werte der Amplitudenskala erfasst werden. Somit ist es möglich, die abgetastete und quantisierte Funktion  $F(t)$ , mit den diskreten Amplitudenwerten  $A_i$ , in eine sekundäre Signalfunktion  $G(t)$  zu verschlüsseln (durch Verschlüsselung der Ordinaten der diskreten Beobachtungspunkte). Für diese Zwecke des Verschlüsseln kennzeichnet man die  $s$  diskreten

Amplitudenwerte durch ganze Zahlen, die sog. Zustandszahlen, 0, 1, 2, ... (s-1); die Zustandszahlen kann man als einstellige Ziffern eines Zahlensystemes von der Basis s betrachten. Das Verfahren der Codierung besteht nun darin, diese Ziffern in ein Zahlensystem mit einer anderen Basis b umzusetzen. Entsprechend der Wahl von b, kann man  $F(t)$  in eine grosse Zahl verschiedener sekundärer Signalfunktionen  $G(t)$  umwandeln. Der Minimalwert ( $b = 2$ ), das binäre Zahlensystem, bietet die grössten Vorteile bei der Geräuschverminderung. Die Sekundärsignalfunktion besteht dann nur aus 2 diskreten Amplitudenwerten  $+A/2$  und  $-A/2$ , die im binären Zahlensystem durch die Symbole 0 und 1 ausgedrückt werden.

Tabelle für die Verschlüsselung in binäre Zahlen:

Zustandszahl	0	1	2	3	4	5	6	7
Binärzahl	000	L00	0L0	LL0	00L	L0L	0LL	LLL

(Es ist zu beachten, dass hier die binären Zahlen von rückwärts geschrieben werden und auch so gelesen werden sollen.)

In diesem Falle,  $s = 8$ , ist eine Gruppe 3 binärer Symbole für jede Zustandszahl notwendig. Fig. 4 gibt einen Überblick über die Codierung eines quantisierten Signales  $F(t)$  und die zugehörige Quantisierung. Die Übertragungsleitungen müssen für

das Signal  $G(t)$  ausgelegt werden und dementsprechend eine grössere Bandbreite haben, da die zu übertragenden Impulse eine Frequenz  $nf_0$  haben.  $n$  ist die Zahl der Stellen im Binärsystem. Der Gewinn an Geräuschminderung muss also durch ein wesentlich breiteres Frequenzband wettgemacht werden. Bei der englischen Postverwaltung werden derzeit 3 verschiedene praktische Versuche mit Ausrüstungen, die 3 bedeutende Unternehmungen auf dem Gebiete der Fernmeldetechnik entwickelt haben, über Verbindungsleitungen von 16 bis 40 km Länge durchgeführt. Jedes System bietet durch Einsatz des Zeitmultiplexverfahrens unter Verwendung eines separaten Paares von gewöhnlichen Leitungsdrähten für die Send- und die Empfangsrichtung 23 oder 24 Kreise. Die Endamtsausrüstung ist in Telephonzentralen untergebracht, während auf den Leitungen in Kabelschächten, die in Abständen von rund 1800 m angeordnet sind, entzerrnde Zwischenverstärker eingebaut sind. Der Strom für den Betrieb der Zwischenverstärker wird von den Endstationen über die gleichen Drähte, die für die Übertragung des PCM-Signales dienen, mitgeliefert. Wenn diese Versuche sowohl hinsichtlich Leistung als auch Wirtschaftlichkeit befriedigende Resultate zeitigen, ist anzunehmen, dass die englische Postverwaltung im Jahre 1967 mit der Verwendung von PCM-Ausrüstung in grossem Maassstab beginnen wird.

Bei dieser Form der PCM wird die Sprachinformation in jedem der 23—24 Kanäle 8000mal pro sec getastet und deren Amplitude im Moment der Tastung in einen Binärcode umgewandelt, der das nächste von 128 «Niveaux» darstellt, denen jedem eine Binärcodegruppe zugeteilt ist. Diese Codegruppen werden zusammen mit Signalisierungs- und Synchronisierungssignalen mit einer Geschwindigkeit von einigen 1,5 Mio Impulsen pro sec über die Telephonkabel übertragen. In der Empfangsstation wird aus den eintreffenden Impulsen ein Signal rekonstruiert, das eine grosse Ähnlichkeit mit der ursprünglichen Sprechwellenform aufweist.

Es liegt auf der Hand, dass die Übertragung einer jeden Tastung der Sprechwellenform eine Anzahl von Impulsen in Anspruch nimmt, und eine derartige Impulsübermittlung erfordert eine grosse Bandbreite. Bei vielen Anwendungen ist dies jedoch im Vergleich zur ausnehmend geringen Empfindlichkeit eines PCM-Systems gegenüber Rauschen, Störung und Deformation der Signale während der Übertragung nur ein kleiner Nachteil. Dieses Charakteristikum der PCM hat seinen Grund darin, dass die Signale bei jedem Zwischenverstärker entzerrt werden.

Die Verwendung der PCM gestattet also die Führung einer grösseren Anzahl von Sprechkreisen über die bestehenden Niederfrequenzkabel, bei denen infolge starken Rauschens die Verwendung der gewöhnlichen Frequenzmultiplex-Trägersysteme ausgeschlossen ist. Ein PCM-System kann auf Kabeln verwendet werden, bei welchen mit EDM-Trägersystemen Nebensprechen in einem unerträglichen Ausmass auftreten würde.

Deshalb glaubt man, dass die Impulsmodulation für Amtsleitungen in städtischen Bezirken grosse Vorteile bietet und auch interessante Zukunftsperspektiven eröffnet, weil sie für die Verwendung mit elektronischen Telephonzentralen und für Fern-Wellenleiterübermittlungssysteme besonders geeignet zu sein scheint.

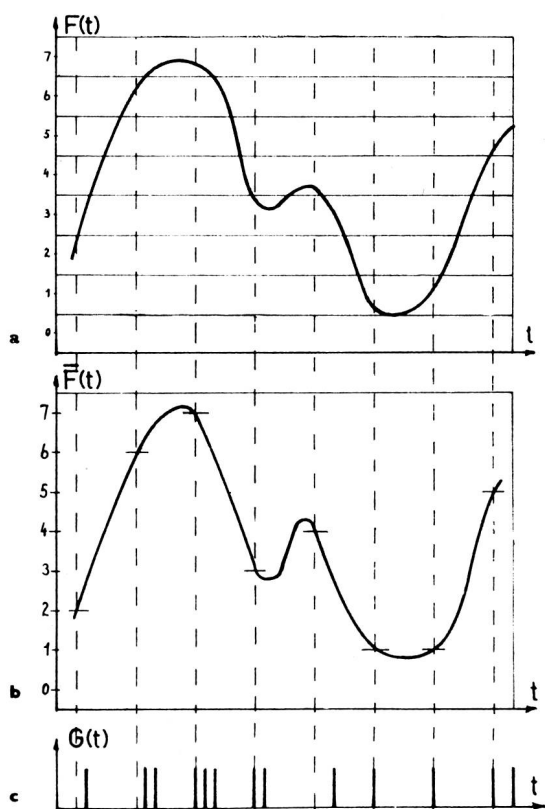


Fig. 4. Pulsecodemodulation eines Signales.  
a Signalfunktion  $F(t)$  mit den 8 Quantisierungsbereichen, die mit den Zustandsziffern von 0 bis 7 bezeichnet sind;  
b Quantisiertes Signal  $F(t)$ ;  
c Codierte Signalfunktion  $G(t)$ .