Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 57 (1966)

Heft: 3

Artikel: Anwendungsmöglichkeiten der Pulscodemodulation

Autor: Bauer, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916566

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: 15.07.2025

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

[3] *R. L. Durant:* Radiography of thick Sections of Materials. Proceedings of the 4th International Conference on Non-Destructive Testing held in London 9th to 13th September 1963. Butterworth London 1964, S. 84...87.

[4] *A. Nemet, W. F. Cox* and *W. G. Hill:* Improvements in Xeroradiographic Technique Proceedings of the 4th International Conference on Non-Destructive Testing held in London 9th to 13th September 1963. Butterworth London 1964, S. 65...74.

[5] *W. Lückerath, K. Fink* und *B. R. Flossmann:* Durchstrahlen von heissen Vorblöcken aus Stahl mit einem Betatron und Sichtbarmachen des Durchstrahlungsbildes mit einem Röntgenbildverstärker und einer Fernseheinrichtung. Stahl und Eisen 79(1959)22, S. 1637...1646.

[6] *K. Nishibori, S. Makino, K. Hashimoto* and *M. Kobayashi:* Non-Destructive-Testing of thick Steel Plate by Means of a Betatron X-Ray Image Intensifier and Television System. Proceedings of the 4th International Conference on Non-Destructive Testing held in London 9th to 13th September 1963. Butterworth London 1964, S. 88...91.

[7] *H. Möller* und *H. Weeber:* Die innere Unschärfe von Durchstrahlungsaufnahmen im Energiebereich von 0,1 bis 31 MeV. Archiv für das Eisenhüttenwesen 35(1964)9, S. 891...901.

[8] *A. Zuppinger, A. Poretti* und *B. Zimmerli:* Elektronentherapie. in: Ergebnisse der medizinischen Strahlenforschung. Neue Folge, Bd. 1, Thieme Stuttgart 1964, S. 347...404.

[9] *R. Wideröe:* Physik und Technik der Megavoltbestrahlung. in: Strahlenbiologie, Strahlentherapie, Nuklearmedizin und Krebsforschung. Hg. von H. R. Schinz et al. Ergebnisse 1952...1958. Thieme Stuttgart 1959, S. 289...360.

[10] *H. Kamagawa* et al.: The 31-MeV-Betatron for Medical Use. Toshiba Review, International Edition —(1963)14, S. 21...25.

[11] *M. Sempert:* Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit dem 31-MeV-Brown-Boveri-Betatron. Atomwirtschaft 4(1959)5, S. 201...210.

[12] *K. Fink* und *J. Woitschach:* Aufnahmetechnik bei der Schweissnahtprüfung mit Betatron-Röntgenstrahlen. Schweissen und Schneider 14(1962)4, S. 137...149.

[13] *M. Sempert:* New Developments in High Energy Electron Beam Therapy with the 35 MeV Brown Boveri Betatron. Radiology 74(1960)1, S. 105...107.

[14] *N. A. Austin:* Electronic Weapon against Cancer. Electronics 37(1964)13, S. 88...92.

[15] *T. R. Chippendale:* Eine 4-MeV-Röntgenanlage für die Materialprüfung. Philips techn. Rundsch. 23(1961/62)10, S. 325...345.

[16] *H. Möller* und *H. Weeber:* Versuche über die Leistung eines 5-MeV-Linearbeschleunigers bei der Durchstrahlung von Stahl. Archiv für das Eisenhüttenwesen 32(1961)2, S. 107...112.

[17] *R. Beadle* und *M. G. Kelliher:* Recent Developments in Linear Accelerators at X-Band for Radiotherapy. British J. Radiology 35(1962)411, S. 188...196.

[18] *G. K. McGinty:* Modern Trends in Accelerator Design for Therapy. British J. Radiology 35(1962)411, S. 196...199.

[19] *C. W. Miller:* Recent Developments in Linear Accelerators for Therapy. The Continuing Evolution of Linear Accelerators. British J. Radiology 35(1962)411, S. 182...187.

[20] *A. L. Bradshaw* and *A. M. Maysent:* Physical Aspects of Electron Therapy using 15 MeV Linear Accelerators. British J. Radiology 37(1964)435, S. 219...224.

[21] *H. W. C. Ward:* Electron Therapy at 15 MeV. British J. Radiology 37(1964)435, S. 225...230.

Adresse des Autors:
Dr. rer. nat. *K. Kuphal,* AG Brown, Boveri & Cie., 5400 Baden.

Anwendungsmöglichkeiten der Pulscodemodulation

Vortrag, gehalten an der 24. Schweizerischen Tagung für elektrische Nachrichtentechnik vom 30. September 1965,

von *J. Bauer,* Bern

621.376.56

Dank der Entwicklung der Halbleitertechnik lassen sich in naher Zukunft Übertragungssysteme mittels Pulscodemodulation wirtschaftlich mehrfach ausnützen. Untersuchungen zeigen aber, dass das neue Verfahren nicht nur auf die eigentliche Übertragungstechnik angewendet werden kann, sondern dass sich damit auch interessante Vermittlungseinrichtungen aufbauen lassen. Die konsequente Anwendung der Pulscodemodulationstechnik führt zu «integrierten» Nachrichten-Systemen.

Grâce au développement de la technique des semiconducteurs, les systèmes de transmission par impulsions codées pourront, dans un proche avenir, être utilisés toujours plus économiquement. Des recherches montrent en outre que ce nouveau procédé pourra non seulement être appliqué à la technique des transmissions proprement dite, mais permettra également d'aménager d'intéressants équipements de transmission. L'application conséquente de la technique des impulsions codées conduit à des systèmes de télécommunications intégrés.

1. Einleitung

In seinen Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Industrie und PTT auf dem Gebiete des Fernmeldewesens anlässlich der vergangenen Generalversammlung der «Pro Telephon» befasste sich *Ch. Lancoud,* Direktor der Fernmeldedienste der schweizerischen PTT, auch mit dem Problem der Entwicklung unseres ausgedehnten Nachrichtensystems. Unter anderem führte er aus:

«Der Fernmeldeverkehr aller Arten wird weiterhin im gleichen stürmischen Rhythmus zunehmen. Um ihn zu meistern, sind sehr grosse Anstrengungen auf allen Gebieten unseres Netzes notwendig. Neue Übertragungsarten und Übertragungsmittel, besondere Modulations- und Codierungssysteme müssen geschaffen und die Bautechnik muss überholt werden.

In nächster Zeit ist die Kapazität unserer Koaxialkabelanlagen durch Erweitern des Frequenzbandes zu erhöhen. Für die Orts- und Teilnehmerleitungen wird man ebenfalls neue, wirtschaftlich tragbare Übertragungssysteme finden müssen, mit denen sich diese Leitungen mehrfach ausnützen lassen. Man denkt dabei vorwiegend an ein Pulscodemodulationssystem, doch könnte auch ein billigeres Trägersystem in Frage kommen.»

Eines der Probleme, vor das sich die schweizerische PTT nach diesen Ausführungen gestellt sieht, besteht in der wirtschaftlichen Mehrfachausnützung der Orts- und Teilnehmerleitungen. Wenn man sich die Tatsache vor Augen hält, dass ein sehr grosser Teil des Kapitals, welches in das schweizerische Leitungsnetz investiert ist, auf die Teilnehmeranlagen fällt, kann man erkennen, von welcher Bedeutung Einsparungen in diesem Bereiche sein müssen.

Nach dem heutigen Stand der Technik lassen sich metallische Leitungen nach zwei verschiedenen Verfahren mehrfach ausnützen, nämlich:

a) nach dem Frequenzmultiplexverfahren, und
b) nach dem Zeitmultiplexverfahren.

Nach dem Frequenzmultiplexverfahren arbeiten die Trägerfrequenzsysteme, die allgemein bekannt sein dürften. Trägerfrequenzsysteme für verschiedenste Kanalzahlen in einer ganzen Reihe von Bauarten bilden heute das Rückgrat des nationalen und internationalen Telephonverkehrs. Über die ganze Welt verteilt, dürften viele Millionen Kanalkilometer im Betriebe stehen. Dabei ist diese Technik nicht wesentlich älter als 30 Jahre. Die meisten dieser Frequenzmultiplexanlagen sind auf der Grundlage der Einseitenbandmodulation (ESM) realisiert.

2. Pulscodemodulationsverfahren und Zeitmultiplexprinzip

Nach dem Zeitmultiplexprinzip wird ein Übertragungsmedium dadurch mehrfach ausgenützt, dass die einzelnen Nachrichten zunächst nach dem Abtasttheorem in periodische Folgen sehr kurzer Impulse aufgeteilt und diese Impulse dann zeitlich ineinander verschachtelt übertragen werden.

Wenn dieses Prinzip in der kommerziellen Übertragungstechnik bis heute keine grössere Rolle gespielt hat, so liegt

34'645-653

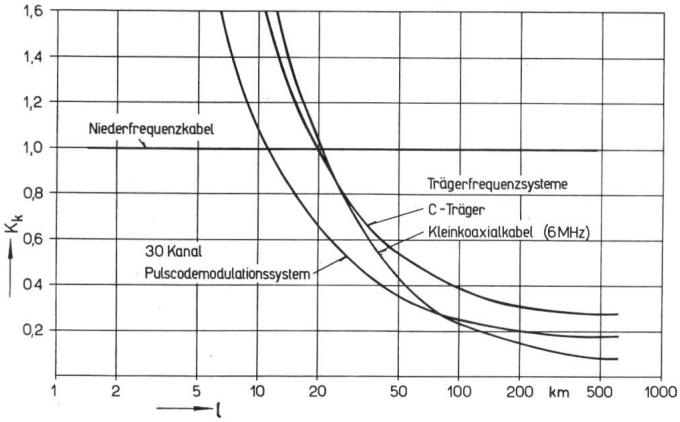

Fig. 1
Kostenvergleich verschiedener Übertragungs-Systeme
Kapitalisierte Kosten pro Kanalkilometer und Jahr
K_k Kostenfaktor; l Übertragungsdistanz

das an der schwierigen Handhabung der kurzen, breitbandigen Impulse. Von allen Impulsübertragungsarten [Pulsamplitudenmodulation (PAM), Pulsphasenmodulation (PPM) usw.] ist nur das Pulscodemodulationsverfahren (PCM) geeignet, mit Frequenzmultiplet in Konkurrenz zu treten.

Zu der folgenden Ausführung sei vorausgeschickt, dass diese Technik noch neu und für die öffentlichen Fernsprechnetze, abgesehen von den USA, praktisch noch nicht eingeführt ist.

Wenn man nach Anwendungsmöglichkeiten für ein neues Verfahren sucht, muss man sich zunächst über seine Eigenschaften Rechenschaft ablegen. Man muss seine Vor- und Nachteile gegenüber andern, ähnlichen Verfahren untersuchen. Tabelle I stellt einen Versuch dar, die charakteristischen Grössen von PCM- und Trägerfrequenzsystemen einander gegenüber zu stellen. Aus dem Vergleich PCM—ESM resultiert die Tatsache, dass bei sonst ähnlichen Eigenschaften die Pulscodemodulation wesentlich breitere Frequenzbänder beansprucht als die Einseitenbandmodulation, wie sie für Trägerfrequenzsysteme üblich ist. Theoretisch verhalten sich die Übertragungsbandbreiten von Pulscode- zu Einseitenbandmodulation wie $n : 1$, wobei

Charakteristische Grössen von PCM- und ESM-Systemen
Tabelle I

Charakteristische Grösse		PCM	ESM
Allgemein	Übertragungsverfahren	digital	analog
	typische Kanalzahl	24	300
Bau- und Unterhalt	Materialaufwand	klein	gross
	Schwierigkeitsgrad der Herstellung	mittel	gross
	Unterhalt	klein	mittel
Forderungen an Übertragung bezüglich	Frequenzband	gross	klein
	Frequenzstabilität	mittel	gross
	Linearität	klein	gross
	zeitliche Stabilität	klein	gross
	Störabstand	klein	gross
	Übersprechen zwischen benachbarten Systemen	klein	gross
Eigenschaften der Kanäle	Amplitudengang	sehr gut	gut
	Laufzeitverzerrung	klein	mittel
	Geräuschabstand	sehr gut	gut
	Quantisierungsgeräusch	vorhanden	—
	Übersprechen	klein	klein
	Abhängigkeit von der Übertragungsdistanz	mittel	gross

$$n = \mathrm{ld}\, A$$

wenn A die Anzahl der gewählten Amplitudenstufen des PCM-Systems darstellt. Im Falle des Systems, das später beschrieben wird, ist $n = 7$. Daraus folgt, dass überall dort, wo Frequenzbänder nicht in beliebigem Ausmass zur Verfügung stehen, die wirtschaftliche Reichweite beschränkt bleibt. Dies gilt besonders für drahtgebundene Anlagen, im Gegensatz etwa zu Mikrowellen- und Lasersystemen.

Wie steht es nun mit der Wirtschaftlichkeit der PCM-Systeme? Fig. 1 zeigt einen Kostenvergleich zwischen Tonfrequenz-Kabelleitungen, PCM- und Trägersystemen, wobei man sich aber vor Augen halten muss, dass für Trägersysteme gut fundierte Unterlagen existieren, während für PCM-Systeme nur Richtpreise vorliegen. Die Kurven geben die kapitalisierten Kosten ganzer Systeme pro Kanalkilometer an. Aus dem Diagramm folgt, dass Trägersysteme bei Distanzen über etwa 20 km wirtschaftlicher sind als niederfrequente Kabelleitungen, PCM-Systeme dagegen schon bei Distanzen von etwas mehr als 10 km. Erst bei rund 100 km werden Trägerfrequenzsysteme wirtschaftlicher als PCM.

Dieses Resultat ist weiter nicht erstaunlich, wird doch der Preis von Trägermaterial im wesentlichen durch die benötigten Filter bestimmt. Verschiedene Filtertypen sind notwendig, und ihre Herstellung wird wohl noch während längerer Zeit von Hand erfolgen müssen. PCM-Systeme sind dagegen aufgebaut aus digitalen Bauelementen, die sich in naher Zukunft mittels integrierter Schaltungen realisieren lassen, welche eher eine automatische Fertigung erlauben werden.

Der Preisvergleich zeigt, dass sich PCM-Systeme, als reine Übertragungseinrichtungen betrachtet, heute noch nicht in allen Fällen für den von *Lancoud* gewünschten Einsatzbereich eignen. Ihre Wirtschaftlichkeit liegt zur Zeit noch an der obern Grenze für den Einsatz in der Orts- und Teilnehmerebene, für den Ausbau des Bezirksnetzes dagegen scheinen sie wie geschaffen zu sein.

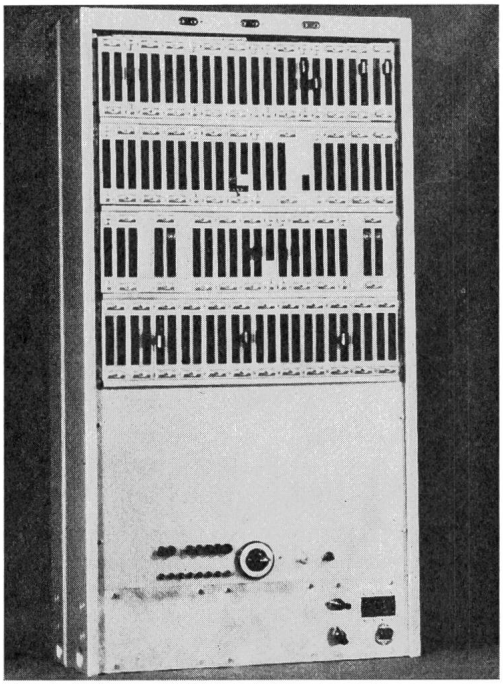

Fig. 2
Versuchsausführung einer PCM-Endausrüstung für 24 Kanäle
Das Gestell enthält ganz unten die Energieversorgung, darüber eine Einschubreihe mit den Kanaleinschüben, darüber drei Einschubreihen mit Coder, Decoder und digitalen Elementen

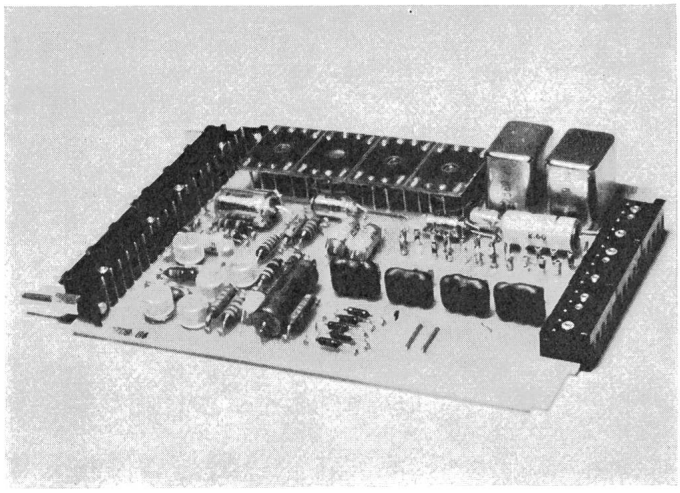

Fig. 3
Kanaleinheit
Je 2 solcher Einheiten bilden einen Kanaleinschub. Die Einheit enthält die NF-Übertrager, Tiefpassfilter, Verstärker und Impulsschaltungen für den Übergang NF ⟷ PAM. In der definitiven Ausführung sind ferner alle Elemente zur Übertragung der Wahlinformation eingebaut. Die Kanaleinheit beansprucht nur 20 mm Gestellbreite und 135 mm Gestellhöhe

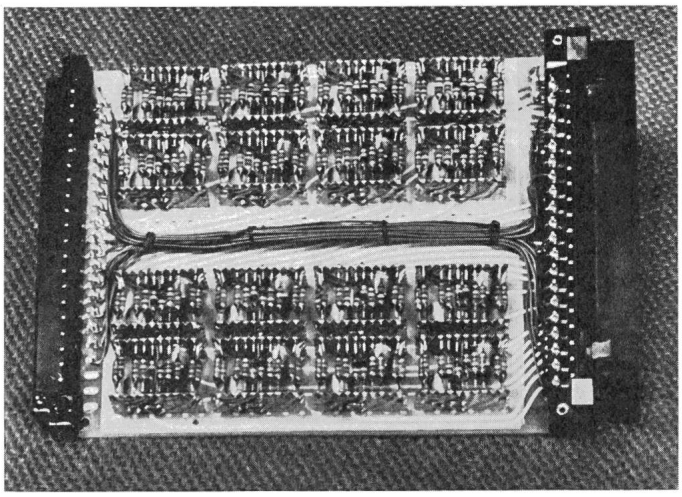

Fig. 4
Beispiel einer digitalen Baugruppe, die in der Modultechnik EST 64 realisiert ist
Die Moduln sind aus diskreten Komponenten aufgebaut und untereinander durch eine mehrschichtige gedruckte Schaltung verbunden

3. Versuchssysteme

Die Hasler AG beschäftigt sich seit einiger Zeit, wie die meisten an der Übertragungstechnik interessierten Unternehmungen der ganzen Welt, mit der Entwicklung von PCM-Systemen. Die Grundidee ist dabei, ein Übertragungsmittel zu schaffen, dessen Kanalpreis wesentlich tiefer liegt als bei Trägersystemen.

Die Entwicklung ist heute so weit fortgeschritten, dass damit seit einiger Zeit praktische Versuche durchgeführt werden können. Die wesentlichen Daten des Versuchssystems sind in Tabelle II zusammengestellt.

Charakteristische Daten eines 24- und eines 30-Kanal-PCM-Systems

Tabelle II

Kanalzahl	24	30
Abtastfrequenz	8 kHz	8 kHz
Zahl der Amplitudenstufen A	$128 = 2^7$	$243 = 3^5$
Codierung	8stellig, binär	5stellig, ternär
Bitfolgefrequenz, inkl. Synchronisierung und Signalisierung	1,664 MHz	2,56 MHz
minimale theoretische Bandbreite	832 kHz	1,28 MHz
Übertragungsart	bipolar (quasi ternär)	binär verschlüsseltes Ternärsignal, 10stellig
Compandercharakteristik	je 3 lineare Teilstücke im 1. und 3. Quadrant	je 4 lineare Teilstücke im 1. und 3. Quadrant
Quantisierungsgeräusch	— 43 dB	— 51 dB

Vom übertragenen codierten Signal werden 7 bit für die Sprachübertragung und das 8. bit für die Signalisierung, die Übermittlung der Wahlinformation, verwendet. Neben diesem System entwickelt die Hasler AG im Auftrag der schweizerischen PTT ein System, dessen charakteristische Daten vom beschriebenen etwas verschieden sind, und das sich speziell für die Übertragung längs Kabelleitungen eignet. Die dabei verwirklichten Ideen stammen von *W. Neu*. Die charakteristischen Daten dieses Systemes sind ebenfalls in Tabelle II zusammengestellt.

Der Nachteil eines gewöhnlichen Binär-Codes wie er zunächst von der üblichen Digitaltechnik geliefert wird, liegt in der entstehenden Gleichstromkomponente, welche im allgemeinen nicht übertragen werden kann. Der «Neu»-Code zeichnet sich durch das Fehlen einer solchen Komponente aus, was die Übertragung erleichtert.

Die Fig. 2 bis 5 zeigen dem Aufbau des Versuchssystems und einiger typischer Einschübe. Die ganze Konstruktion basiert auf der Einheitsbauweise 62 der schweizerischen PTT. Die Kanaleinschübe (Fig. 3) enthalten alle tonfrequenten Elemente (PAM-Modulator und -Demodulator mit zugehörigen Filtern, Verstärkern und Übertragern), sowie die Organe für die Wahlimpulsübertragung (Signalisierung). Eine Endausrüstung enthält 24 derartige Einschübe. Der

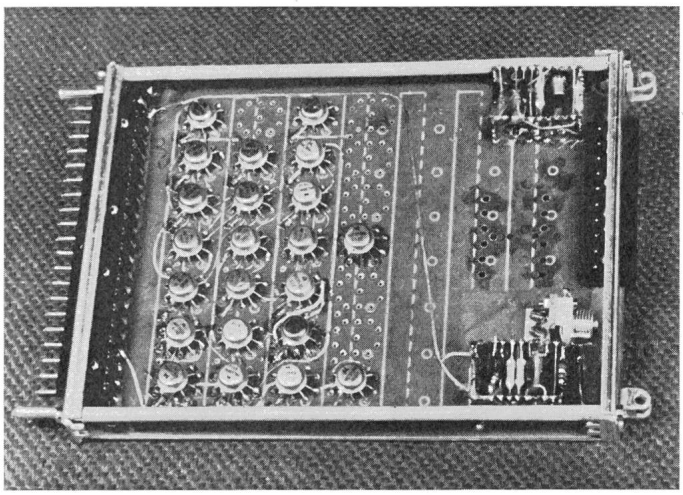

Fig. 5
Beispiel einer digitalen Baugruppe, die mittels integrierter Schaltungen realisiert ist
Solche Baugruppen werden dort verwendet, wo die Schaltzeit der Moduln (Fig. 4) zu lang ist. Die verwendeten integrierten Schaltungen arbeiten bei den höchsten zur Anwendung kommenden Taktfrequenzen (rund 10 MHz) noch einwandfrei

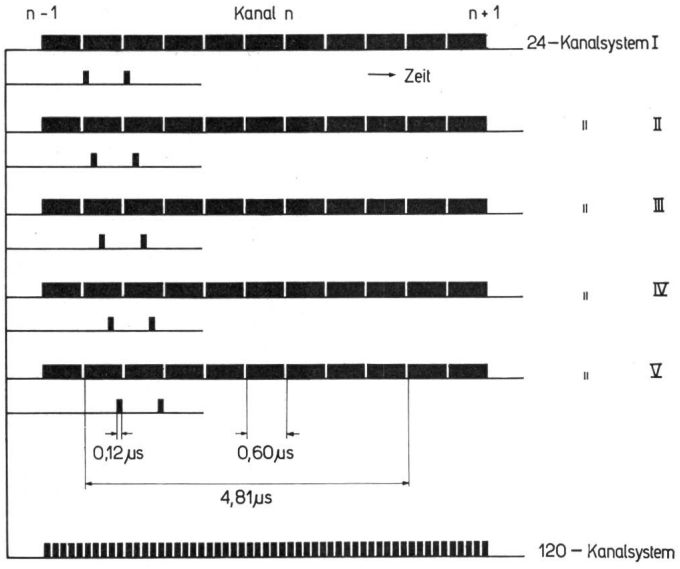

Fig. 6
Schematische Darstellung der zeitlichen Verschachtelung der Impulse von fünf 24-Kanal-PCM-Systemen zu einem 120-Kanalsystem

Grossteil der digitalen Schaltungen ist in Modultechnik realisiert (Fig. 4). Jeder Modul, aus diskreten Komponenten aufgebaut, erfüllt eine oder mehrere logische Elementarfunktionen. Diese Modulbauweise eignet sich nur für mittlere Arbeitsgeschwindigkeiten. Dort, wo sich Vorgänge in wenigen Nanosekunden abspielen müssen, kommen integrierte Schaltelemente zum Einsatz (Fig. 5).

4. Bildung grösserer Kanalgruppen

So gut, wie man in der Trägerfrequenztechnik, ausgehend von Basisgruppen, welche 12 Kanäle umfassen, Sekundärgruppen mit 60 Kanälen oder gar Tertiärgruppen mit 300 Kanälen bildet, liegt auch bei PCM-Systemen die Idee der weiteren «Multiplexierung» nahe. So ist es z. B. möglich, fünf 24-Kanalgruppen zu einem 120-Kanalsystem zusammenzufügen.

Das Verfahren ist in Fig. 6 angedeutet: Jedes bit eines jeden Kanals wird auf einen Fünftel seiner zeitlichen Dauer reduziert und die entstehenden Zeitelemente alsdann in der richtigen Reihenfolge zusammengefügt, so dass das kanalmässig höhere System entsteht. Das gilt natürlich nur bei völligem Synchronismus der Teilsysteme. Sind sie nicht synchronisiert, so muss mittels Pufferspeichern und anderen Massnahmen dieser Synchronismus vor der Zusammenschaltung erzwungen werden. Die benötigten Zusammenschaltungseinrichtungen sind dabei billiger als vergleichbare Elemente für Frequenzmultiplexanlagen.

Das Verfahren lässt sich gedanklich weitertreiben. Man kann sich 240- oder gar 480-Kanalsysteme vorstellen. Wegen der begrenzten Schaltgeschwindigkeit der Bauelemente, der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Impulse längs der Verdrahtung und einer untern Grenze der räumlichen Ausdehnung jeder Schaltanordnung wird aber rasch einmal der Zustand erreicht, wo solche Systeme nicht mehr einwandfrei synchronisiert werden können. Man bedenke, dass in einem 120-Kanalsystem die Elementarimpulse nur noch 120 ns dauern. 120 Kanäle dürften beim heutigen Stand der Technik eine optimale Kapazität darstellen. Als Übertragungsmedien für solche Mehrgruppensysteme eignen sich naturgemäss Richtstrahlverbindungen besser als etwa koaxiale Kabel.

Bei PCM-Systemen ist es relativ leicht, das übertragene niederfrequente Frequenzband der Kanäle zu verändern. Lediglich durch andere Zuordnung der einzelnen Impulse kann man aus zwei 4-kHz-Kanälen einen 8-kHz-Kanal oder aus drei 4-kHz-Kanälen einen 12-kHz-Kanal bilden. Dabei sind Kanäle verschiedener Bandbreite innerhalb des gleichen Systems denkbar. Wesentlich ist dabei, dass abgesehen von den Empfangstiefpässen keine komplizierten Filter ausgetauscht werden müssen. PCM-Systeme sind deshalb ausserordentlich flexibel und eignen sich gleichermassen für Fernsprech-, Rundspruch- und Datenübertragungszwecke.

Gerade für die Datenübertragung dürften PCM-Systeme besonders günstig liegen. Die zu übertragende Information fällt in digitaler Form an und wird im Falle von PCM unter Umgehung eines Modulators digital weitergeleitet. Die Einheitlichkeit der Verarbeitung der Information wird gewahrt, komplizierte «Modems» fallen weg. Ausserdem existiert das Problem der Überlastung, wie man es von ESM-Systemen kennt, die mit vielen Datenkanälen beaufschlagt sind, bei Verwendung von PCM nicht.

Es ist naheliegend, die PCM auch für Fernsehzwecke einzusetzen. Das normale 625-Zeilenbild benötigt für das Videosignal eine Bandbreite von 6 MHz. Begnügt man sich mit 128 Amplitudenstufen, entsprechend 7 bit, so müssen $7 \cdot 2 \cdot 6 = 84$ M bit/s übertragen werden. Das Elementarzeitelement weist dann nur noch eine Dauer von ca. 12 ns auf. Die minimal beanspruchte Bandbreite beträgt 42 MHz, praktisch wird man aber wohl mit ungefähr 100 MHz rechnen müssen, sofern man nicht spezielle bandbreitesparende Verfahren vorsieht. Diese Technik braucht natürlich nicht auf das öffentliche Fernsehen beschränkt zu bleiben, auch das industrielle und das private Fernsehen können davon profitieren.

Nach der gleichen Technik ist es auch denkbar, frequenzmultiplexmässig aufgebaute Vielkanalgruppen mittels Pulscodemodulation zu übertragen. Eine solche Mischung von ESM und PCM kann vorteilhaft sein bei geräuschanfälligen oder wenig linearen Übertragungsmedien (z. B. Wellenleiter).

5. Vermittlungstechnik, «integrierte» Systeme

Die bisherigen Ausführungen beschränkten sich auf die kommerzielle Übertragungstechnik. Es ist aber ganz klar,

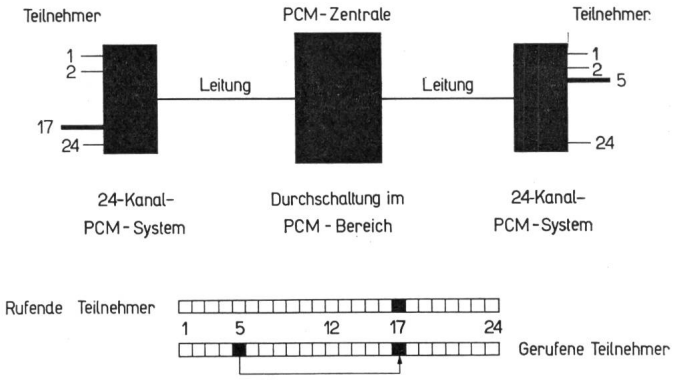

Fig. 7
Primitives integriertes Fernsprechnetz
Jedem Teilnehmer ist ein PCM-Kanal fest zugeordnet. Die Verbindung zweier Teilnehmer erfolgt durch zeitliche Verschiebung der entsprechenden Kanalimpulse in der PCM-Zentrale

dass die PCM auch für militärische Belange von grösster Bedeutung ist. Es hatte sicher seine Gründe, dass die ersten brauchbaren PCM-Systeme von der amerikanischen Armee eingesetzt worden sind. Interessant ist in diesem Zusammenhang vor allem das günstige Verhältnis Nutz- zu Störsignal, sowie die sich eröffnenden Chiffriermöglichkeiten. Nun ist es aber so, dass das Interesse, das die neue Technik weckt, nicht auf die Übertragung allein begrenzt bleibt. Die Ideen sind weitreichender; man möchte PCM auch in der Vermittlungstechnik einführen. Man denkt an kombinierte Anlagen, in denen mittels PCM sowohl übertragen als auch vermittelt wird und spricht von integrierten Fernsprechnetzen. Im Folgenden soll daher kurz auf die Anwendungsmöglichkeiten von PCM im Telephonzentralenbau eingegangen werden.

Ganz allgemein besteht eine Telephonzentrale aus einem Steuerteil und einem Durchschalteteil. Währenddem es relativ leicht möglich ist, den Steuerteil mit elektronischen Mitteln zu realisieren, bereitet der Entwurf eines elektronischen Durchschalteteiles aus wirtschaftlichen Gründen grössere Schwierigkeiten. Bei den klassischen elektromechanischen Zentralen ist der Durchschalteteil in Form eines Netzwerkes nach dem sog. Raummultiplexprinzip aufgebaut. Die einzelnen Gespräche werden mittels einer Anzahl im Raume aufgeteilter Durchschalte- oder Kreuzpunkte durchgeschaltet. Besonders anschaulich ist diese Methode bei Kreuzwählerzentralen.

Es liegt nahe, dieses Raummultiplexprinzip auch im Falle elektronischer Zentralen anzuwenden. Technisch ist eine solche Lösung möglich. Mit den heutigen Mitteln lassen sich elektronische Kreuzpunkte aufbauen, mit deren Hilfe koordinatenschalterähnliche Gebilde konstruiert werden können. Die praktische Ausführung scheitert aber am Preis dieser Punkte. Aus diesem Grunde werden heute halbelektronische Zentralen mit elektronischen Steuersystemen und elektromagnetischen Durchschaltenetzwerken entwickelt. Dabei seien auch alle Arten von Reedschaltern als elektromechanische Bauelemente bezeichnet.

Neben dem Raummultiplexprinzip gibt es aber noch ein anderes Prinzip, welches sich für die Durchschaltung eignet, nämlich das Zeitmultiplexprinzip. Anstatt die einzelnen Verbindungen gleichzeitig über getrennte Verbindungsstromkreise zu vermitteln, erfolgt die Durchschaltung über ein einziges Verbindungsorgan nach Art der Impulsmodulation (IM)

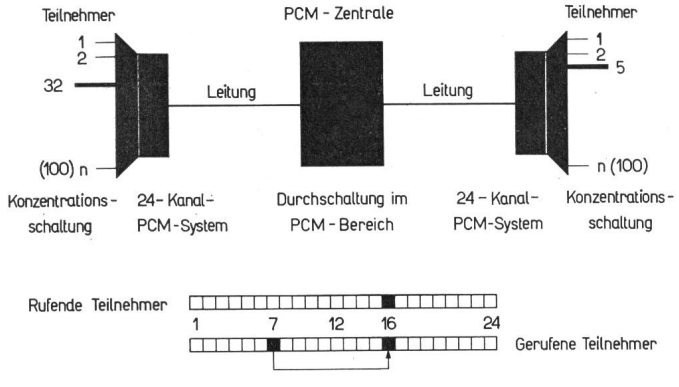

Fig. 8
Erweitertes integriertes Fernsprechnetz
Neu gegenüber Fig. 7 sind die Konzentrationsschaltungen. Es besteht kein fester Zusammenhang mehr zwischen Teilnehmernummer und PCM-Kanalnummer

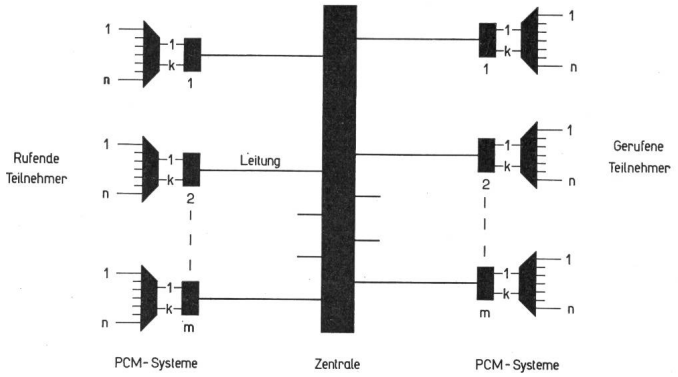

Fig. 9
Beispiel eines umfangreicheren PCM-Netzes
Eine grössere Anzahl von PCM-Zubringersystemen wird ohne Decodierung in der PCM-Zentrale vermittelt

in zeitlich gestaffelter Form. Dieses Verbindungsorgan wird demnach jedem Gespräch während sehr kurzen Zeiten periodisch zur Verfügung gestellt. Dieses Prinzip ist den Eigenschaften moderner Halbleiterelemente bestens angepasst. Es lassen sich damit wirtschaftliche Lösungen finden.

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, dass sich einerseits mit PCM-Methoden interessante Nachrichtenübertragungssysteme entwerfen lassen, und dass anderseits mit IM-Methoden interessante Vermittlungseinrichtungen geschaffen werden können. Da aber die PCM eine besondere Art der IM darstellt, liegt der Schluss nahe, Übertragungssysteme und Vermittlungseinrichtungen auf der PCM-Ebene zusammenzuschalten und zu einem integrierten Fernsprechnetz zu vereinen.

In einem solchen integrierten Fernsprechnetz würde digital übertragen, digital ausgewertet und digital durchgeschaltet. Dabei befänden sich die PCM-Endausrüstungen (d. h. die Modulatoren und Demodulatoren) im allgemeinen nicht etwa in der Zentrale, sondern möglichst nahe bei den Teilnehmern. Dank der zweifachen Ausnützung der PCM-Ausrüstungen dürften integrierte Systeme vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet interessant sein.

Fig. 7 soll prinzipiell diese Konzeption erläutern:

Es ist eine Zentrale mit 48 Teilnehmern angedeutet, die an zwei PCM-24-Kanal-Ausrüstungen angeschlossen sind. Die PCM-Ausrüstungen sind mit der PCM-Zentrale über je eine 4-Drahtleitung verbunden. Wesentlich ist bei der Anordnung, dass die Gesprächsvermittlung zwischen den einzelnen Teilnehmern im PCM-Bereich erfolgt. Die Gespräche werden in der PCM-Zentrale also nicht etwa demoduliert. Die Durchschaltung erfolgt so, dass die dem gerufenen Teilnehmer zugeordneten Zeitelemente in Laufzeitspeichern so verzögert werden, dass sie sich zeitlich mit denen des rufenden Teilnehmers decken.

Betrachtet man dieses einfache Diagramm etwas eingehender, so fällt auf, dass die PCM-Kanäle nur schlecht ausgenutzt werden, weil sie den einzelnen Teilnehmern fest zugeordnet sind. Es liegt nahe, der PCM-Ausrüstung ein einem Leitungsdurchschalter ähnliches Gebilde vorzuschalten. Damit erhält man eine Anordnung gemäss Fig. 8. Sie entspricht im Prinzip derjenigen in Fig.7, ist aber durch die Einfügung der Konzentrationsschaltungen wesentlich leistungsfähiger geworden. Ob diese Konzentratoren mit elektronischen oder elektromechanischen Bauelementen aufgebaut werden, ist

eine Angelegenheit der Wirtschaftlichkeit. Wenn man sich aber vergegenwärtigt, dass die PCM im allgemeinen über eine vorgängige PAM gewonnen wird, kann man sich vorstellen, dass der elektronische Leitungsdurchschalter bereits teilweise in der PCM-Endausrüstung enthalten ist. Es handelt sich nur darum, die einzelnen eine Verbindung wünschenden Teilnehmer zeitlich richtig an die Codierungseinrichtung anzuschalten. Wieviele Teilnehmer angeschlossen werden können, hängt vom Verkehrswert und dem in Kauf genommenen Verlust ab. Hundert dürfte in vielen Fällen eine vernünftige Zahl sein.

In Fig. 9 ist schliesslich angedeutet, wie eine grössere Zentrale realisiert werden könnte, indem man die Zahl der PCM-Systeme anwachsen lässt. Natürlich wird in diesem Falle die reine Zeitmultiplex-Vermittlung in der Zentrale wesentlich schwieriger, da mit zunehmendem Verkehr die pro Kanal zur Verfügung stehende Zeit kleiner wird. Unter Umständen wird man bei sehr grossen Zentralen wieder teilweise auf das Raummultiplexprinzip zurückgreifen, allerdings ohne dabei die Einzelkanäle zu decodieren und neu zu codieren.

Es würde den Rahmen dieser Ausführungen sprengen, wollte man auf die vielfältigen Probleme näher eingehen, die sich bei der Realisierung solcher integrierter Systeme stellen. Auch fehlt ja im heutigen Zeitpunkt die praktische Erfahrung, denn es ist nicht anzunehmen, dass sich irgendwo auf der Welt derartige Systeme bereits im praktischen kommerziellen Einsatz bewährt haben. Aber die Möglichkeiten, die sich eröffnen, rechtfertigen einen intensiven Forschungs- und Entwicklungsaufwand. PCM ist sicher eines der Mittel, um die eingangs erwähnten Ziele zu verwirklichen.

Literatur

[1] *W. Neu:* Some Techniques of Pulse Code Modulation. Bull. SEV 51(1960)20, S. 978...987.

[2] *C. G. Davis:* An Experimental Pulse Code Modulation System for Short-Haul Trunks. Bell Syst. techn. J. 41(1962)1, S. 1...24.

[3] *W. Bleickardt:* Der Einfluss der Quantisierung in PCM-Systemen. Dissertation ETH 3425, Zürich 1963.

[4] *P. Mornet, A. Chatelon* und *J. Le Corre:* Anwendung der Pulscodemodulation in einem integrierten Fernsprechnetz. 1. Teil: Vorteile der Pulscodemodulation. 2. Teil: Übertragungstechnik — Codierung. 3. Teil: Vermittlungstechnik. Elektr. Nachr.wesen 38(1963)1, S. 5...37.

[5] *E. M. Deloraine* and *A. H. Reeves:* The 25th anniversary of pulse code modulation. Part 1: Historical Background. Part 2: The Past, Present and Future of PCM. IEEE Spectrum 2(1965)5, S. 56...63.

Adresse des Autors:
Dr. sc. techn. *J. Bauer,* Direktor der Hasler AG, Belpstrasse 23, 3000 Bern 14.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Gewässerschutz und Abwasserreinigung

[Nach *W. von der Emde:* Gewässerschutz und Abwasserreinigung, Österr. Wasserwirtschaft 17(1965)7/8, S. 165...170]

628.3

Zwischen Abwasserreinigung und Gewässerschutz bestehen enge Beziehungen, da durch die Reinigung der Abwässer ein wesentlicher Beitrag zum Schutz der Gewässer geleistet wird. In fliessenden Gewässern, in welchen genügend gelöster Sauerstoff zur Verfügung steht, erfolgt eine natürliche Selbstreinigung in Form eines aeroben biologischen Umbaues. Dabei wird der vorhandene organische Kohlenstoff der Schmutzstoffe von Bakterien unter Verwendung von Sauerstoff zum Zellaufbau verwendet. Die Verbrennung eines Teiles des Kohlenstoffes liefert gleichzeitig die für diese Arbeit nötige Energie. Sobald die verwertbaren organischen Abwasserbestandteile in lebende Bakterienmasse übergeführt sind, beginnt der Zellabbau. Jetzt wird die körpereigene Zellsubstanz oxydiert und Kohlendioxyd ausgeschieden, bis die nicht abbaubaren Reste übrigbleiben, welche nur noch etwa ein Fünftel des ursprünglichen Kohlenstoffes enthalten. Trotzdem von den gewöhnlichen Bakterien nur der Kohlenstoff umgebaut wird, welcher für den Zellaufbau verwendet werden kann, so werden manche Industrieabwässer auch von speziellen Mikroorganismen abgebaut unter der Voraussetzung, dass die Umweltbedingungen stabil sind und die Fliesszeit genügend gross.

Wenn es bei sehr langsam fliessenden Gewässern zum eigentlichen Absetzen von Schmutzstoffen kommt, tritt in der Schlammschicht am Boden sehr rasch der Fall ein, dass kein gelöster Sauerstoff mehr zum Umbau zur Verfügung steht. Dieser kann daher nur unter anaeroben Verhältnissen erfolgen. Dabei werden die organischen Bestandteile des Schlammes durch Bakterien verflüssigt und in organische Säuren übergeführt. Dann werden die organischen Säuren abgebaut und es entstehen die Gase Methan und Kohlendioxyd. Der anaerobe biologische Umbau dauert länger als der aerobe und ist wie dieser stark temperaturabhängig.

Beide Verfahren der Natur werden bei den künstlichen Abwasserreinigungsanlagen angewendet. Nach einer mechanischen Reinigung in Absetzbecken wird der aerobe biologische Umbau vor allem in Belebungsbecken und Tropfkörperanlagen vorgenommen. Auf den Steinen des Tropfkörpers siedeln sich Mikroorganismen an, welche einen biologischen Rasen bilden. In diesem findet auch ein weitgehender Zellabbau statt. Die entstandenen Schlammstoffe werden dann in beheizte Faulbehälter gepumpt, wo die anaeroben Prozesse stattfinden. Eine hohe Schlammkonzentration im Wasser ist erwünscht, denn sie fördert den Umbau und verkürzt die Aufenthaltszeit in den verschiedenen Stufen. Die Schlammineralisation benötigt mit einer Faulzeit von etwa 10 Tagen am längsten und erfordert entsprechend grosse und teure Anlagen. Durch verschiedene Verfahren wie Schlammtrocknung im Vakuum oder Nassverbrennung wurde versucht, die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Durch geschickte Aufeinanderfolge der verschiedenen Reinigungsstufen gelingt es heute Anlagen zu bauen, deren Kosten bei weitem nicht proportional mit dem erzielten Reinigungsgrad steigen. Das grösste Problem bilden immer noch die Industrieabwässer, welche am besten direkt an der Anfallstelle gereinigt werden. *A. Baumgartner*

—

Kernkraftwerk MZFR mit Mehrzweckforschungsreaktor in Karlsruhe

621.039.577 : 621.311.25

[Nach einer Presseorientierung der Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen]

1. Einleitung

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe-Leopoldshafen ist am 29. September 1965 der Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) zum ersten Male kritisch geworden. Dieser Forschungsreaktor, der für eine elektrische Nennleistung von 50 MW ausgelegt wurde, ist der z. Z. weltgrösste, betriebsbereite Natururan-Druckkesselreaktor mit Schwerwassermoderierung und -Kühlung. Der MZFR soll primär als Forschungswerkzeug für die Wissenschaft dienen, was durch die Wahl seines Standortes auf dem Areal des Kernforschungszentrums Karlsruhe klar dokumentiert ist. Er soll aber auch als Produzent elektrischer Energie einsetzbar sein, die – soweit sie nicht für das Forschungszentrum verwendet wird – an die staatliche Badenwerk AG geliefert und in deren Verbundnetz gehen wird.