

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 78 (1987)

Heft: 21

Artikel: Vom Draht zum Lichtleiter : Erinnerungen eines Fernmeldeingenieurs

Autor: Bauer, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-903934>

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: 22.12.2024

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

Vom Draht zum Lichtleiter: Erinnerungen eines Fernmeldeingenieurs

J. Bauer

In diesem Beitrag wird die Entwicklung der elektrischen Nachrichtentechnik in der Schweiz geschildert. Dabei werden die Freileitungen, die Kabel und die Lichtleiter behandelt, die für die Übertragung von Telegraphie-, Telefonie- und Datensignalen geeignet sind. Berücksichtigt werden auch die entsprechenden Endgeräte und die Modulationsverfahren.

L'article décrit le développement de la télécommunication électrique en Suisse. Les lignes aériennes, les câbles et les fibres optiques aptes à la transmission des signaux télégraphiques, téléphoniques et de données ainsi que les équipements terminaux correspondants et les procédés de modulation y sont traités.

Etwas gekürzte Fassung des Festvortrages für die Generalversammlung des SEV am 5. September 1987. Nach dem unerwarteten Tod des Autors am Vortag der GV wurde der Vortrag in Gedenken des verdienten Mitgliedes von Herrn R. Brüderlin, Vizepräsident des SEV, vorgetragen.

Adresse des Autors

Dr. sc. techn. Jakob Bauer †,
Mettlenhölzliweg 11, 3074 Muri.

1. Einleitung

Die Geschichte der schweizerischen Fernmeldetechnik beginnt vor etwa 135 Jahren mit der eindrähtigen Freileitung (Fig. 1). Als nächstes folgte die Doppelleitung und dann kam als grosser Hit das Bleikabel, zunächst das paarsymmetrische und dann das koaxiale. Heute stehen wir am Anfang der Ära des Lichtleiters. Der Vollständigkeit halber sind auch die drahtlosen, die Radioverbindungen zu erwähnen, wobei die Richtstrahlanlagen von besonderem Interesse sind. Diese haben die spektakulärste Anwendung in der Satellitentechnik gefunden, einer Technik, die gerade vor 25 Jahren mit der Inbetriebnahme des amerikanischen Telstar begonnen hat.

2. Der Telegraph und die Eindraht-Freileitung

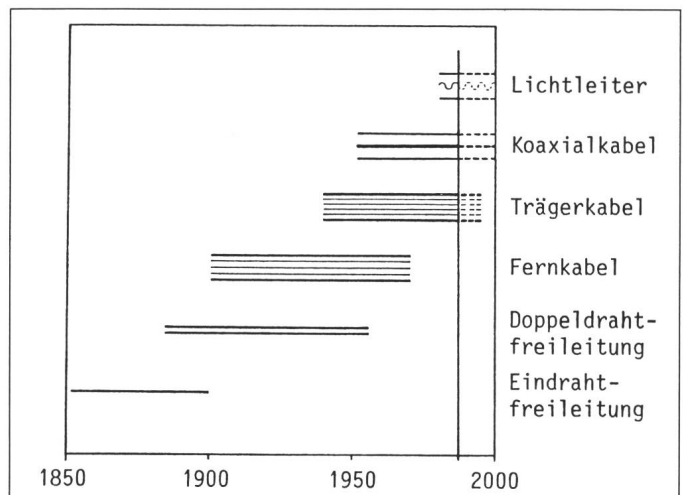
Das Zeitalter der elektrischen Nachrichtentechnik nahm seinen Anfang mit der Telegraphie. Die erste Anregung zu ihrer Einführung in der Schweiz ging von der Regierung des

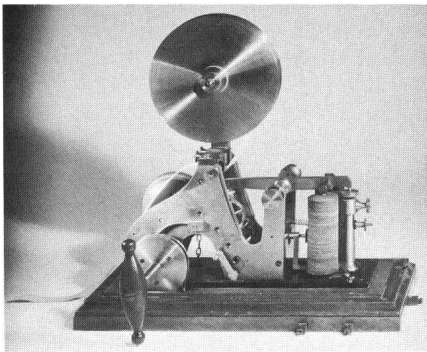
Kantons Bern aus. Sie richtete 1850 ein Schreiben an den Bundesrat, worin sie auf die neue Erfindung aufmerksam machte.

Die wichtige Frage, ob der Bau und der Betrieb des Telegraphen der Privatspekulation zu überlassen oder als Staatsregal vom Bund zu übernehmen sei, entschied der Bundesrat zugunsten des Regals. Er begründete diese Haltung mit dem Argument, dass das Telegraphennetz mit dem Postregal in enger Verbindung stehe und dass dieses die Befugnis in sich schliesse, auch das Telegraphenwesen unter eidgenössische Leitung zu stellen.

Am 23. Dezember 1851 verabschiedeten die eidgenössischen Räte das «Gesetz über die Errichtung elektromagnetischer Telegraphen». Darin wird festgelegt, dass dem Bund das ausschliessliche Recht zusteht, elektrische Telegraphen in der Schweiz zu errichten oder die Bewilligung zum Erstellen derselben zu erteilen. Aufgrund dieses Gesetzes wurde bereits im Januar 1852 mit dem Bau des Telegraphennetzes begonnen. Die Telegraphenapparate stellte man mangels anderer Be-

Figur 1 Leitergebundene Übertragungsmedien





Figur 2 Morseapparat

zugsquellen in der Eidgenössischen Telegraphenwerkstätte in Bern selbst her. Als Leiter wurde *M. Hipp* angestellt, der später durch *G. A. Hasler* abgelöst wurde. Die Figur 2 zeigt den von Hasler gebauten Morseapparat.

Das Übertragungsmedium bestand aus mindestens 2 mm dicken Eisendrähten (Eindrahtleitung). Batterien und Relais waren nötig. Der Schutz der Leitungen vor Blitzschlag war ein Problem.

Da sich die Eidgenössische Telegraphenwerkstätte nicht so entwickelte, wie die Gründerväter sich das vorgestellt hatten, wurde beschlossen, diese Domäne der Privatindustrie zu überlassen. So ging das Unternehmen am 1. Januar 1865 in den Besitz von *G. A. Hasler* und *H. A. Escher* über.

3. Das Telefon und die Doppeldrahtleitung

Ab 1880 fasste das Telefon in der Schweiz Fuss. Es wurde zunächst als glückliche Ergänzung des Telegraphen angesehen, der noch immer den Fernverkehr beherrschte. Mit der Zeit änderten sich aber die Verhältnisse. Das Maximum an ausgetauschten Telegrammen wurde 1920 erreicht (8 000 000). Dann ging ihre Zahl laufend zurück. Der Telegraphendienst wurde in Frage gestellt. Er arbeitete zu langsam und brauchte Telegraphisten, welche mit dem Morsealphabet umgehen konnten. Es wundert deshalb nicht, dass findige Köpfe nicht ruhten, bis ein brauchbarer Fernschreiber, ein Ticker, auf den Markt kam und Übertragungsverfahren geschaffen wurden, welche den verzugslosen Austausch geschriebener Nachrichten erlaubte.

Als Erfinder des Telefons gilt *A. J. Bell*. Erste Sprechversuche in der Schweiz wurden über eine Telegra-

phenleitung zwischen Bern und Thun vorgenommen. Zunächst war die Übertragungsgüte allerdings schlecht. Erst mit der Einführung des Kohlemikrophons verbesserten sich die Verhältnisse.

Die Telegraphenleute fingen an, die Tragweite der Übertragung des gesprochenen Wortes zu erfassen. Sie witterten Konkurrenz. Sie schlugen deshalb dem Bundesrat vor, auch das Telefonwesen als Bundessache zu erklären. Trotz Stimmen aus der Privatwirtschaft, die das Staatsmonopol als Hemmschuh des wirtschaftlichen Fortschrittes brandmarkten und es deshalb ablehnten, obsiegte der Standpunkt der Telegraphendirektion. Der Bundesrat erliess 1880 die Verordnung über die Errichtung öffentlicher Sprechstationen. Im Prinzip ging es zuerst nur um das Netz Basel, aber schon bald wurde das Regal vertieft und bereits 1891 entstanden die Lokalnetze Basel, Bern, Genf und Lausanne.

Die private Initiative war indessen etwas schneller als die staatliche und der Bundesrat seiner Sache offenbar nicht allzu sicher. Entgegen dem Regal erteilte er bereits 1880 der Zürcher Telegraphengesellschaft, hinter der die International Bell Telephon Company stand, eine auf 20 Jahre befristete Konzession für den Betrieb einer Telefonzentrale in Zürich. Sie wurde in der Folge allerdings verstaatlicht.

Heute sind wiederum Bestrebungen im Gange, dieses Monopol, wenn nicht aufzuheben, so doch zu lockern. Der Bundesrat hat den Eidgenössischen Räten einen Vorentwurf für ein neues Fernmeldegesetz unterbreitet. Im Vernehmlassungsverfahren hat es bisher mehrheitlich Zustimmung gefunden. Es soll das Gesetz aus dem Jahre 1922 ersetzen, dessen Wurzeln zurückgehen auf das berühmte Gesetz aus dem Jahr 1851. Das neue Gesetz bringt eine Liberalisierung des Endgerätemarktes, sorgt aber dafür, dass das ausgedehnte Nachrichtennetz mit wenigen Ausnahmen (Armee, SBB, Kraftwerke usw.) ausschliesslich von der PTT gebaut, betrieben und unterhalten wird. Von einer Privatisierung der PTT, wie das in England geschehen ist, wird abgesehen.

Als ersten Schritt in dieser Liberalisierung hat der Bundesrat im vergangenen Juni beschlossen:

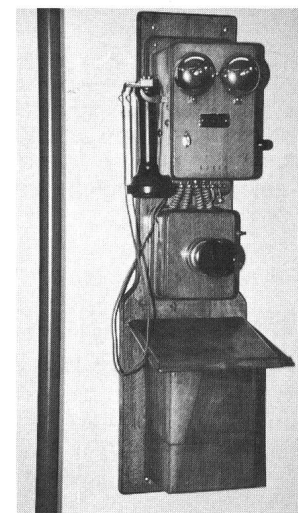
«Ab dem 1. Januar 1988 können Zweit- und Dritt-Telefonapparate frei gekauft werden. Das Ersttelefon pro Anschluss wird nach wie vor von den PTT vermietet.»

Damit aber Telefone von privaten Firmen frei verkauft werden können, müssen sie von den PTT technisch genehmigt werden, d. h., sie müssen pflichtenheftmässig festgelegte Bedingungen erfüllen. Damit soll die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Fernmeldesystems bewahrt werden.

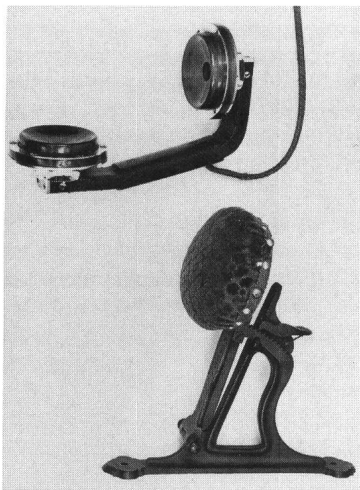
Wie die Telefonapparate anno 1886 etwa ausgesehen haben, zeigt die Figur 3. Diese Stationen hatten offensichtlich Nachteile. Man suchte nach bequemeren Lösungen. Es entstand das Sprech-Hör-Telefon in Kuhhornform. Die Figur 4 zeigt eine Ausführung aus dem Jahre 1898. Das Horn wog allerdings 1,4 kg. Damit einem der Arm beim Telefonieren nicht abfiel, wurde eine gepolsterte Konsole mitgeliefert.

Auf die Länge konnten die für die Übertragung der Telefonsignale zur Verfügung stehenden Telegraphenleitungen nicht befriedigen. Sie waren anfällig auf Störungen aller Art; elektrische und mechanische. Starke Geräusche und aufwendiger Unterhalt waren die Folge. Der Übergang auf kupferne Doppeldrahtleitungen ab 1890 brachte entscheidende Verbesserungen (Fig. 5). Es wurden Reichweiten von einigen hundert Kilometern bei ausreichender Übertragungsgüte erreicht.

Herr und Frau Schweizer nahmen das Telefon zunächst nur zögernd auf. Im Jahre 1890 betrug die Zahl der Abonnenten erst etwa 3800, 1900 waren es 9500. Und wie ist es heute? Nach den neuesten Zahlen der PTT standen Ende 1986 etwa 3,38 Mio Hauptanschlüsse in Betrieb mit insgesamt über 5,6 Mio Telefonstationen. Weltweit



Figur 3 Telefonapparat 1886



Figur 4 Telefon in Kuhhornform (1898)



Figur 5 Doppeldrahtleitung

gesehen ist die Zahl der Telefonabonnenten gewaltig; 1980 waren etwa 478 Mio Telefone installiert. Die jährliche Zuwachsrate beträgt 6%; das entspricht einer Verdoppelung im Zeitraum von 12 Jahren. Man rechnet, dass bis zum Jahr 2000 die Milliarden-grenze überschritten sein wird.

Nach der Jahrhundertwende verbreitete sich das Telefon immer rascher. Das führte zu baulichen Problemen, besonders in den Städten. Das Freileitungsgehänge war keine Zierde für die Strassen. Die Hauseigentümer fingen an, sich zu beklagen. Die Figur 6 zeigt einen Freileitungsverteiler aus dem Jahre 1901.

Auch die Starkstromleitungen vermehrten sich. Das führte zu neuen Problemen. Milliwatt auf der Seite des Schwachstroms und Kilowatt auf der Seite des Starkstromes vertrugen sich schlecht. Induktionsstörungen traten auf. Das Telefon summte. Es kam auch zu Kontakten zwischen Schwach- und Starkstrom. Das führte zu Bränden.

4. Das Fernkabel

Der Ruf nach unterirdisch verlegten Leitungen wurde hörbar. Aber wie konnten Leitungen aus dünnen Drähten und empfindlichen Papierisolationen gegen äussere Einflüsse geschützt werden? Da half das Blei und die Erfindung der Bleipresse, an deren Entwicklung der Schweizer *Borel* aus Cor-tailod massgeblich beteiligt war.

Die Übertragungseigenschaften einer Kabelleitung enttäuschten allerdings die damaligen Fernmeldetechniker. Sie mussten feststellen, dass ihre Reichweite nur etwa 50 km betrug, während man doch mit Freileitungen einige 100 km überbrücken konnte. In dieser unbefriedigenden Situation schaffte *M. Pupin* Abhilfe. Er konstruierte die berühmte Pupinspule. Man «belastet» damit die Aderpaare in bestimmten Abständen. Dadurch sinkt die Dämpfung im Frequenzbereich der Sprechströme, steigt aber für höhere Frequenzen. Das Aderpaar wird zum Filter.

Die Pupinspule leistete und leistet heute noch ausgezeichnete Dienste. Reichweiten von 200 km wurden möglich. Aber auch diese 200 km genügten nicht. Der Bedarf an noch längeren Verbindungen rief nach neuen Lösungen. Man brauchte Repeater. Die Physik und die fortschreitende Technik halfen. 1912 kam die Elektronenröhre und damit konnten Verstärker gebaut werden.

Doch die Sache hatte einen Haken. Verstärkerröhren können nur in einer Richtung verstärken. Es brauchte ausgeklügelte Kunstschaltungen, um die Sprechströme der beiden Übertragungsrichtungen zu trennen, zu verstärken und wieder zu vereinen. Es brauchte den Zweidrahtverstärker.

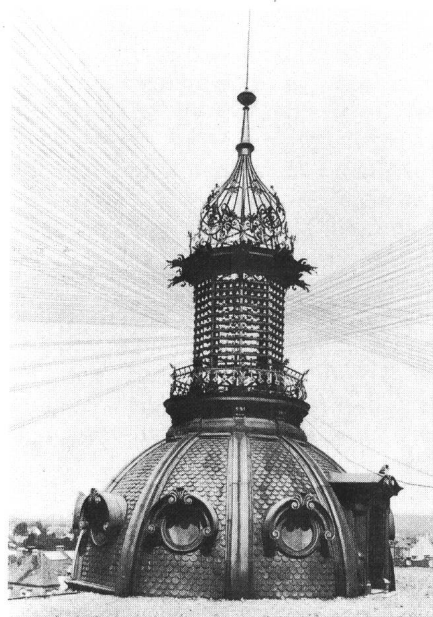
Verstärkte Zweidrahtleitungen sind nicht unbedingt stabil. Sie können leicht ins Schwingen geraten. Abhilfe brachte die Vierdrahtleitung, bei der jeder Gesprächsrichtung ein mit Verstärkern entdämpftes Aderpaar zugeordnet wird. Damit war das Problem der Übertragung auf grosse Distanzen

gelöst. Das Vierdrahtprinzip, auch wenn es die Leitungskosten vergrössert, hat sich bewährt. Alle modernen Übertragungsverfahren arbeiten heute auf diese Weise.

Im Jahre 1920 umfasste das schweizerische Telefonnetz etwa 115 000 Teilnehmer. Aber die Ober-telegraphendirektion hatte Sorgen. Während des 1. Weltkrieges war das Netz in Rückstand geraten. Das Unternehmen war verschuldet und arbeitete mit ungenügendem Erfolg. Es waren Zuschüsse aus der Bundeskasse notwendig. Kritik setzte ein. In dieser Situation übernahm *A. Muri* die Leitung der technischen Abteilung der Ober-telegraphendirektion. Unter seiner Leitung wurde das Fernkabelnetz zügig ausgebaut, sodass 1927 die wichtigsten Städte unseres Landes mittels leistungsfähiger Kabel miteinander verbunden waren. Das war aus zwei Gründen notwendig geworden; aus technischen, weil die Elektrifikation der Bahnen den Betrieb von Freileitungen weitgehend verunmöglichte, aus betrieblichen, weil die wachsenden Bedürfnisse mit Freileitungen ganz einfach nicht mehr gedeckt werden konnten.

5. Die Trägerfrequenz-technik und das Trägerkabel

Fernkabelanlagen sind kostspielig. Es wundert deshalb nicht, dass schon frühzeitig Mittel und Wege gesucht wurden, die einzelnen Aderpaare



Figur 6 Freileitungsverteiler 1901

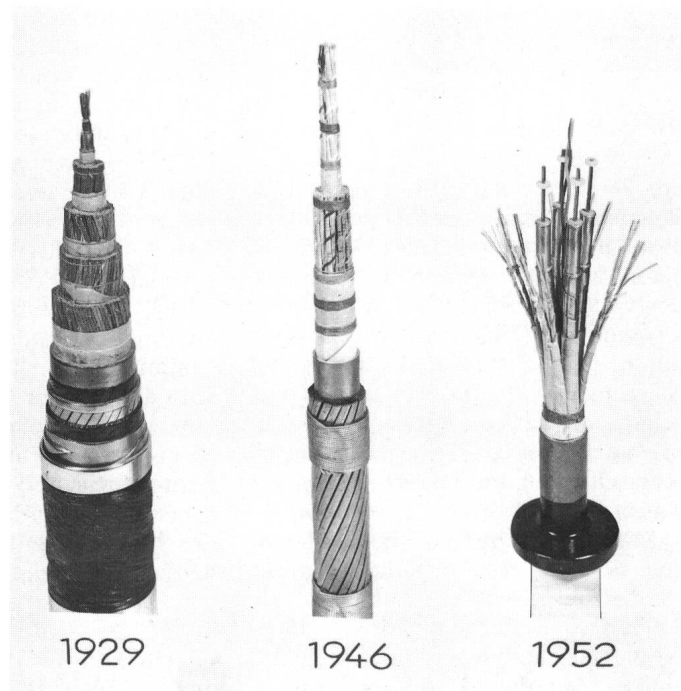
mehrfach auszunützen. Die Idee der Mehrfachausnutzung wurde geboren und mittels der Trägerfrequenztechnik, bei der die Spektren der einzelnen Gespräche auf den Frequenzskala aneinandergereiht werden, realisiert. Dabei bedient man sich des Einseitenbandverfahrens. Seine Elemente sind Modulatoren, Filter und Verstärker. Die Herstellung der entsprechenden Ausrüstungen ist aufwendig.

Unter der Leitung von Prof. Dr. Forrer begann man sich Ende der 30er Jahre am Institut für Schwachstromtechnik der ETH Zürich mit dem Problem der Trägerfrequenztechnik zu befassen. (Dieser Gruppe gehörte auch der Autor dieses Beitrages an). Prof. Forrer war ein Praktiker. Er kannte die Kabel und ihre Eigenschaften wie kein zweiter, war er doch als Chef der Sektion T4 der Obertelegraphendirektion massgebend am Bau des Fernkabelnetzes beteiligt. Leider verstarb er ganz unerwartet anno 1940. Sein Nachfolger wurde unser, leider auch bereits verstorbener Ehrenmitglied, Prof. Dr. E. Baumann. Unter seiner Führung gelang es F. Locher, auch ein Ehrenmitglied des SEV, und dem Autor, ein Versuchs-Zwölfkanalsystem zwischen Zürich und Bern einzurichten.

Unter der Leitung des Autors wurde daraufhin bei der Firma Hasler die Weiterentwicklung und Fabrikation von Zwölfkanalsystemen vorgenommen, so dass dann ab 1944 die PTT – später auch unter Zuzug anderer Lieferanten – die Verbindungen zwischen den Fernmeldezentralen zunehmend mit diesen Systemen ausbauen konnte. Die PTT mussten aber bald feststellen, dass der nach dem 2. Weltkrieg rasch zunehmende Bedarf an Fernleitungen nicht allein durch 12-Kanalsysteme längs entpupinierter Aderpaare gedeckt werden konnte. Leistungsfähigere Mittel waren notwendig. Entsprechend dem damaligen Stand der Technik standen für den Bau grosser Trägernetze zwei Kabeltypen zur Verfügung, das paarsymmetrische Trägerkabel mit 24 Aderpaaren und das Koaxialkabel mit 4 Tuben.

In der Figur 7 erkennt man diese beiden Kabeltypen in der Mitte und rechts. Entgegen der internationalen Entwicklung entschlossen sich die PTT für den symmetrischen Typ und bauten in der Folge rasch ein ausgedehntes Netz von Trägerkabeln. Sie wurden zunächst belegt mit 24-, dann mit 36- und 48-Kanalsystemen. Ihre Endkapazität betrug somit etwas mehr als 1000 Kanäle.

Figur 7 Teilnehmerkabel (1929), Trägerfrequenzkabel (1946) und Koaxialkabel (1952)



Die Dämpfung symmetrischer Aderpaare nimmt mit steigender Frequenz stark zu. Zu ihrer Kompensation waren deshalb alle 25 bis 30 Kilometer Verstärker notwendig.

6. Das Koaxialkabel

Das paarsymmetrische Trägerkabel bewährte sich bestens. Es gewährleistete den für unser Land notwendigen, flexiblen Betrieb. Aber in den Nachbarländern wurde das Koaxialkabel vorgezogen. Für die Schweiz als Transitland war es notwendig, sich an die entsprechenden Systeme anzuschliessen. Schon 1953 führte eine erste Koaxialkabelanlage von Bern über Neuenburg nach Besançon und vermittelte dort den Anschluss an das ausgedehnte Netz Frankreichs. Weitere Anlagen folgten, auch innerhalb des Landes.

Das in der Schweiz zunächst verlegte Koaxialkabel bestand aus Tuben von 9,5 mm Durchmesser. Dabei ist der Innenleiter vom rohrförmigen Aussenleiter vollständig umschlossen und gegen äussere Störungen geschützt. Aus diesem Grunde ist es möglich, Kabel mit mehreren Tuben zu bauen und sie paarweise im Gegenrichtungsbetrieb zu betreiben. Es ist also im Gegensatz zu den symmetrischen Anlagen, wo zwei Kabel benötigt werden, nur ein Kabel notwendig. Koaxialkabel, versehen mit Zwischenverstärkern in Abständen von 9 km, erlaubten die Belegung mit 960 Kanälen. Nach diesem sogenannten

4-MHz-System folgten 6-, 12- und gar 60-MHz-Anlagen.

Ein spezielles Problem bot die Speisung der Röhrenverstärker mit Heiz- und Anodenstrom. Diese muss in jedem Augenblick gewährleistet sein. Es wäre unwirtschaftlich gewesen, die Zwischenverstärkerstationen durch das nächste Ortsnetz zu speisen und für den Fall von Netzunterbrüchen eine Menge komplizierter Notstromversorgungen vorzusehen. Viel zweckmässiger war, die Verstärker fernzuspeisen und zwar über die koaxialen Röhren selbst. Diese trugen demnach nicht nur die Trägerströme, sondern auch die Speiseströme in Form von 50-Hz-Wechselstrom, also eine Mischung von Schwach- und Starkstrom. Die gesicherte Speisung erfolgte in den Hauptverstärkerämtern. Dabei waren Spannungen zwischen den Leitern bis zu 750 V notwendig. Neben diesem Normalkabel wird auch das Kleinkoaxialkabel, vornehmlich in der Bezirksebene, eingesetzt.

7. Das Quasivierdrahtsystem

Auch die SBB mussten ihr Telefonnetz ausbauen, und auch sie entschlossen sich für die Trägertechnik. Sie verfügten aber über keine parallelen Kabelanlagen, die den Einsatz normierter 12-Kanalsysteme erlaubt hätten. Ein anderes Übertragungsverfahren war notwendig, das Quasivierdrahtsystem. Es wird dadurch charakterisiert, dass für die beiden Übertragungsrichtun-

gen ein und dasselbe Aderpaar, aber getrennte Frequenzbänder verwendet werden, nämlich 12 bis 60 kHz für die eine und 72 bis 120 kHz für die andere Richtung. Komplizierte Frequenzweichen waren notwendig für den Einbau der Zwischenverstärker. Grosse Diskussionen wurden darüber geführt, ob es möglich sei, ein solches System auf einem Kabel zu betreiben, das durch den Gotthardtunnel führt. Man fürchtete eine Beeinflussung der Gespräche durch den Bahnstrom. Versuche und Messungen waren notwendig. Aber es zeigte sich, dass die verwendete Technik auch den grössten produzierten Kurzschlüssen im Tunnel gewachsen war.

Mit dem Bau der Koaxialkabelanlagen, bei dem sich *Ch. Lancoud* grosse Verdienste erworben hat, hat die Trägerfrequenztechnik ihren Höhepunkt erreicht. Sie wird noch während einiger Zeit die Masse des Fernverkehrs tragen, aber neue Anlagen werden kaum mehr gebaut werden. Die Zeit der analogen Systeme ist vorbei. Und damit hat auch der Draht im Weitverkehr seine Rolle ausgespielt. Das Zeitalter der Digitaltechnik und der Lichtleiter ist angebrochen. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten einer weltweiten Übertragung von Sprache, Text, Bild und Daten. Um dies zu ermöglichen, bedarf es einer Reihe von Normen oder Empfehlungen, die der Fernmeldetechniker zu beachten hat. Aber wer erarbeitet diese Empfehlungen?

8. Die Organisationen

An erster Stelle muss hier das CCITT genannt werden, das Comité consultatif internationale télégraphique et téléphonique. Dieses Comité ist Teil der UIT, der Union internationale des télécommunications, einer Organisation der UNO. Das CCITT behandelt auf internationaler Ebene

- die drahtgebundene Übertragungstechnik,
- die Modulations- und Multiplexierungsmittel und
- die Vermittlungseinrichtungen für Telefonie, Telegraphie und Daten.

Die von seinen Kommissionen ausgearbeiteten «Avis», Empfehlungen, bilden die Grundlagen für den Bau, den Betrieb und den Unterhalt des universellen Nachrichtensystems. Die nationalen Fernmeldeorganisationen erarbeiten entsprechende Pflichtenhefte für die Beschaffung ihres Materials.

Damit wird sichergestellt, dass Ausrüstungen verschiedenster Lieferanten einträglich zusammengeschaltet werden können. Es ist immer wieder beeindruckend zu sehen, wie man sich im CCITT, unter dem Zwang des Erfolgs, über komplizierte technische Dinge einigen kann, eine Tatsache, die nicht für alle Teile der UNO gilt. Spezifisch europäische Belange behandelt die CEPT (Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications).

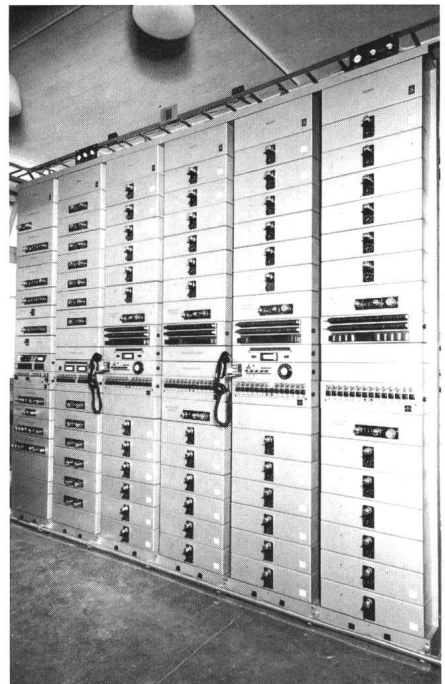
In der Schweiz ist es der Schweizerische Elektrotechnische Verein, der SEV, der sich um die Belange der Fernmeldetechnik kümmert. Er tat dies nicht immer in der Masse, wie es die Nachrichtentechniker gewünscht hätten. Lange galt der SEV als Verein der «Starkströmler». Mit der Gründung der Informationstechnischen Gesellschaft (ITG) hat sich aber die Situation wesentlich gebessert. Gute Dienste leistet auch das CES, das Schweizerische Elektrotechnische Komitee mit verschiedenen Fachkollegen.

Erwähnenswert ist auch das Expertenkomitee für die Begutachtung von Konzessionsgesuchen für Trägerfrequenzverbindungen längs Hochspannungsleitungen. Solche Trägerfrequenzverbindungen, heute ergänzt durch Richtstrahlkanäle, sichern unabhängig vom öffentlichen Netz den Betrieb unserer Kraftwerke.

Die wirtschaftlichen Belange der Nachrichtentechnik werden von der Pro Telecom vertreten. Sie ist die Nachfolgeorganisation der Pro Telefon, welche vor 60 Jahren als «Vereinigung zur Förderung des Fernmeldewesens in der Schweiz» von der interessierten Industrie und der PTT gegründet worden ist.

9. Die aktiven Elemente

Die Realisierung der heutigen Kommunikationsnetze war nur möglich dank zweier amerikanischer Erfindungen, der Elektronenröhre durch *Forest* um 1912 sowie des Transistors durch *Shockley* um 1948. Dank der Entwicklung der Halbleitertechnik hat sich der Platzbedarf für Fernmeldeeinrichtungen drastisch reduziert. Das Erstaunliche dabei ist, dass der Preis pro Volumeneinheit über die Jahre praktisch konstant geblieben ist, die Ausrüstungen also laufend billiger geworden sind. Die Figuren 8 und 9 zeigen die Veränderung in der Bauweise. Die ersten Transistoren wurden übrigens in



Figur 8 Trägerfrequenzanlage Lausanne, Baujahr 1952
6 Gestelle mit total 48 Kanälen



Figur 9 PCM-Ausrüstung für 16x30 Kanäle, Baujahr 1984

der Schweiz in den 50er Jahren an der ETH Zürich durch die AFIF unter Prof. *Baumann* gebaut. Dafür war allerdings eine Lizenz der Western Electric Comp. notwendig.

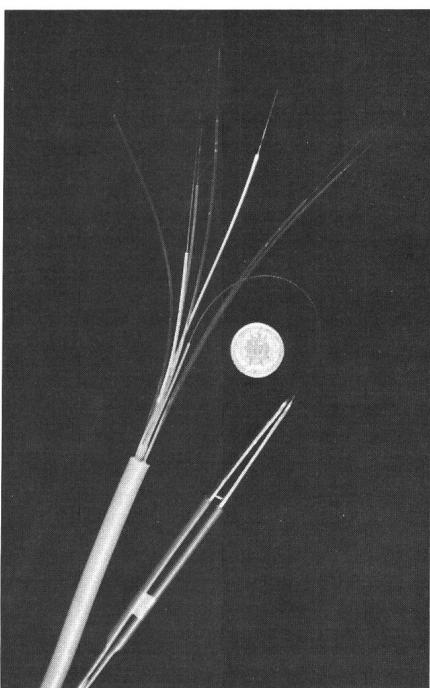
10. Die digitale Modulation

Das Einseitenbandverfahren ist der letzte Entwicklungsschritt in der analogen Modulationstechnik. Sie wurde

abgelöst durch die digitale oder numerische Modulation. Von den verschiedenen technischen Möglichkeiten hat sich, normiert durch das CCITT, die Pulsmodulation durchgesetzt. Sie eignet sich in gleicher Weise für Übertragungs- als auch für Vermittlungszwecke. Das führt zu den integrierten Systemen. Die scharfe Trennung zwischen Übertragung und Vermittlung gehört der Vergangenheit an.

Die Grundlage für die PCM-Technik bildet das Abtasttheorem von Shannon. Bei einem normalen Telefonsignal muss dieses 8000mal pro Sekunde abgetastet werden. Die Abtastwerte werden quantisiert und durch Telegramme von 8 bit dargestellt. Für ihre Übertragung ist ein Kanal mit einer Kapazität von $8 \times 8000 = 64\,000$ bit/s nötig. Diese 64 kbit entsprechen der Bitrate, die im zukünftigen ISDN, dem Integrated Services Digital Network an der Fernmeldesteckdose zur Verfügung stehen wird. Dort kann man direkt Telefon, Teletex, Telefax, Daten usw. anschliessen, also Endgeräte aller Art. Man braucht sich nur an die wohldefinierten Schnittstellen zu halten, wobei die Zweidraht-Teilnehmerleitung allerdings durch komplexe digitale Verfahren zur Quasivierdrahtleitung ausgebaut werden muss.

Die bekannten Übertragungsmedien wie symmetrische Aderpaare, Koaxialleiter, Richtstrahlanlagen und Lichtleiter können natürlich mehr als nur 64 kbit/s verarbeiten. Man



Figur 10 Glasfaserkabel

braucht nur die Telegramme verschiedener Gespräche in geeigneter Weise zu verschachteln und erhält Mehrkanalsysteme in Zeitmultiplextechnik. Durchgesetzt hat sich das 30-Kanal-PCM-System. In der Schweiz wurden bereits 1965 die ersten Versuche über symmetrische Aderpaare durchgeführt und 1970 das erste System zwischen Luzern und Sarnen in Betrieb genommen. Heute sind etwa 3400 Systeme eingesetzt. Der Hauptvorteil der PCM-Systeme in übertragungstechnischer Hinsicht ist, verglichen mit den Trägersystemen, die Möglichkeit der Regenerierung der digitalen Signale. Dieser Vorteil muss allerdings durch grosse Bandbreiten erkauft werden. Ein Sprachkanal benötigt in PCM-Technik eine ungefähr 18 mal grössere Bandbreite als in analoger Technik. Aber die Bereitstellung grosser Bandbreiten ist heute dank der Lichtleiter kein Problem mehr.

11. Der Lichtleiter

In den 60er Jahren tauchte der Laser auf (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), eine Entwicklung der Bell Laboratories. Die Nachrichtentechniker witterten neue Übertragungsmöglichkeiten, die optische Übertragung. Bereits im Jahre 1967 baute die Firma Hasler zwischen Wabern und Allmendingen eine kleine Versuchsanlage von 4 km Länge. Ein He-Ne-Laser wurde mit einem 30-Kanal-PCM-System moduliert. Die Verbindung funktionierte, – aber wie zu erwarten war, schlecht. Es zeigte sich, dass optische Verbindungen in der freien Atmosphäre nur über ganz kurze Strecken möglich sind. Für grössere Distanzen braucht es den Lichtleiter (Fig. 10). Die Eigenschaften eines Lichtleitersystems sind hervorragend. Sie erlauben die Übertragung sehr breiter Frequenzbänder. Heute sind Bitraten bis etwa ein Gbit/s möglich. Glasfasern sind immun gegen elektromagnetische Störungen, ihre Dämpfung ist sehr klein und die Verstärkerfeldlänge entsprechend gross. Das Kabel selbst hat sehr kleine Abmessungen.

Als Sendeelement werden Laser oder Licht emittierende Dioden (LED) eingesetzt, als Empfänger Photodioden. Nach dem heutigen Stand der Technik eignen sich vor allem digitale Signale für die Übertragung längs Glasfasern. Vielkanal-PCM-Systeme werden eingesetzt, so dass die gleich-

zeitige Übertragung von bis zu 7680 Kanälen möglich ist. Es ist aber nur eine Frage der Zeit bis neue Modulationsarten noch höhere Kanalzahlen erlauben werden.

Die PTT hat ihr erstes Lichtleitersystem im Jahre 1978 in Bern zwischen Mattenhof und Bollwerk eingesetzt. Heute sind bereits mehr als 10 000 km Glasfasern verlegt, und viele weitere werden folgen. Damit wird in Verbindung mit den digitalen Zentralen das rein digitale *Swissnet* aufgebaut, aus dem das ISDN hervorgehen wird.

12. Blick in die Zukunft

Dank der Mikroelektronik, der Digitaltechnik und der optischen Systeme wird sich die Telekommunikations- und die Informationstechnik rasant weiterentwickeln. Die optische wird die elektrische Übertragung wegen ihrer technischen und wirtschaftlichen Vorteile mehr und mehr verdrängen. Neue Anwendungen, wie vermittelte Breitbandkommunikation für Bild- und Datenaustausch zeichnen sich ab. Das Bildtelefon wird möglich.

Mit dieser technischen Entwicklung sind gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Veränderungen verbunden. Es bleibt zu hoffen, dass die gesamte Menschheit davon profitieren wird.

Abbildungen

Die Abbildungen wurden in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt von der Generaldirektion PTT und der Hasler AG.

Literatur

- [1] L. Bellmont: Das Buch vom Telephon. Bern. Francke-Verlag, 1943.
- [2] Hasler AG 1852...1952. Hundert Jahre Fernmeldetechnik und Präzisionsmechanik. Bern, Hasler AG, 1952.
- [3] Ein grosser Förderer der Nachrichtentechnik. Zum 75. Geburtstag von Dr. h.c. A. Muri. Zürich, Guggenbühl & Huber, 1945.
- [4] Fernmeldetechnik im Umbruch. Festschrift Fritz Locher, dipl. Ing. ETH, Generaldirektor der Schweizerischen PTT-Betriebe, 31. März 1981. Bern, Generaldirektion der PTT, 1981.
- [5] P.G. Fontollet: Systèmes de télécommunications. Traité d'électricité de l'EPFL. Vol. XVIII. St. Saphorin, Editions Georgi, 1983.
- [6] R. Trachsel: Zielsetzungen, Absichten und Konzepte. Techn. Mitt. PTT 63(1985)6, S. 215...222.