

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 30 (1939)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Fernmeldewesen  
**Autor:** Fischer, F. / Forrer, J. / Muri, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058404>

#### 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:** 14.01.2026

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

nämlich ca. 40 % Kalzium und dazu noch ca. 12 % Kohlenstoff enthält. Es ist der Kalkstein, der zurzeit fast ausschliesslich als Baumaterial, zur Kalkbrennerei und Zement-Fabrikation Verwendung findet. Es ist aber beim heutigen Stand der Technik kaum daran zu zweifeln, dass seine Ausnützbarkeit damit bei weitem noch nicht erschöpft ist. Man wird deshalb an eine Verhüttung des «zu Erz gewordenen» Kalksteines in Zukunft wenigstens denken dürfen.

*Benzin aus Wasser und Kalkstein* herzustellen ist jedenfalls heute schon nur noch zum kleineren Teil ein technisches, dagegen ein noch sehr schwerwiegendes, wirtschaftliches Problem, dessen Lösung wohl nur von neuen Gewinnungs- und Verwendungsmöglichkeiten des Kalziums, seiner Legierungen und Verbindungen erwartet werden darf. Denn zur Gewinnung von nur 12 % Kohlenstoff allein kann man nicht «Berge verhütteten».

Damit sind wenigstens einige der wichtigsten Aufgaben und Probleme der Erzverhüttung und Elektrolyse in Gegenwart und Zukunft ins Rampenlicht gestellt worden. Elektrische Energie spielt bei ihrer Lösung nicht nur eine grosse, sondern sogar eine ausschlaggebende Rolle, und da sie in jedem Fall möglichst billig sein muss, ist vorzugsweise die Verwertung von 24ständiger Jahreskonstantenergie oder Saisonüberschuss-Energie für solche Zwecke ins Auge zu fassen. Derzeit werden in der Schweiz für Elektrolysen verschiedenster Art bei normalem Beschäftigungsgrad gegen 1 000 000 000 kWh jährlich verbraucht. Erzverhüttung und Benzin-Synthese bescheidensten Ausmasses könnten leicht einen ähnlich hohen Energiebedarf aufweisen, für dessen Deckung allerdings nur Saison-Ueberschussergie billig genug zu haben sein dürfte. Die Schweiz wird aber auch künftig stets über grosse Mengen von Saison-Ueberschussergie während im Mittel etwa 8 Monaten des Jahres verfügen, denn es ist gar nicht daran zu denken, durch Wasser-Akkumulierung einen auch nur annähernd vollständigen Ausgleich

der Leistungsfähigkeit der Kraftwerke über das ganze Jahr herbeizuführen.

### Zusammenfassung.

Einleitend wurden die Begriffe «Erz», «Erz-Verhüttung» und «Elektrolyse» ihrem Wesen und ihren Zusammenhängen nach kurz erläutert. Es folgte eine knappe Darstellung des heutigen Standes und der Entwicklungsmöglichkeiten der Verhüttung einheimischer Eisenerze, gleichzeitig als Beispiel der bei der Gewinnung von unedlen Schwermetallen allgemein und fast ausschliesslich gebräuchlichen thermochemischen Verhüttung, bei welcher die elektrische Energie nur die Rolle des Wärmeenders spielt und Kohlenstoff als chemisches Agens dient. Die Verwendung elektrolytisch erzeugten Wasserstoffes als Reduktionsmittel für die Eisenerzverhüttung wurde als Zukunftsproblem aufgezeigt.

Uebergehend auf die Verhüttung der erdalkalischen und alkalischen Leichtmetall-Erze im Wege der Schmelz-Elektrolyse wurde auf die Verwendung der elektrischen Energie als Wärmespender und chemisches Agens hingewiesen.

Die Galvanotechnik und die elektrische Oxydation des Aluminiums leiteten über zur Elektrolyse, die unter Umständen sogar Metall wieder in Erz verwandelt und dann nicht mehr unter den Begriff «Erzverhüttung» fällt. Sie lässt die elektrische Energie bei Reduktions-, Oxydations- und Dissoziations-Vorgängen eine sehr vielgestaltige Rolle als chemisches Agens spielen.

Daraus ergab sich der Uebergang zur elektrolytischen Selbstauflösung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff, auf die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten dieser Gase und auf interessante Kombinationen derselben mit der Erzverhüttung und Benzin-Synthese bis zur Herstellung synthetischer Speisefette auf dem Wege der Fetthärtung.

Von der Erzverhüttung zur Elektrolyse und zurück zur Synthese bis zum Benzin aus Wasser und Kalkstein führte der Weg einem Zukunftsproblem entgegen, das schwer, aber nicht unlösbar erscheint.

## 4. Fernmeldewesen.

Von F. Fischer, Zürich, J. Forrer, Zürich, A. Muri, Bern, F. Tank, Zürich.

621.39

Die Grundlagen der neuesten Entwicklung der Schwachstrom- und Hochfrequenztechnik werden in knappen Zügen dargelegt: Elektronenröhre, Elektronenvervielfachung, Ikonoskop, Braunsche Röhren. Dann folgt eine Darstellung der modernen Fernsprechtechnik, der heute alle Mittel zur einwandfreien Ueberwindung jeder praktisch wünschbaren Entfernung zur Verfügung stehen; der Stand und die Entwicklungstendenzen dieser Mittel, nämlich pupinisierte Kabelleitungen und Hochfrequenzkabel für verschiedene Grenzfrequenzen, Verstärker und Trägerfrequenzsysteme, welche die Uebertragung mehrerer Gespräche auf zwei Drähten gestatten, werden besprochen. Zum Schlusse folgt ein Ueberblick über die drahtlose Nachrichtentechnik mit all ihren Problemen der Millionstelsekunde, die Radio- und Fernsehtechnik.

### I.

M. — Die Anwendung der Sprache zur Vermittlung von Gedanken unterscheidet den Men-

Cette étude donne un aperçu succinct des progrès récents de la technique des courants faibles et de la haute fréquence: tubes électroniques, multiplicateurs d'électrons, iconoscopes, tubes de Braun. Suit un exposé de la téléphonie moderne qui dispose aujourd'hui de tous les moyens nécessaires pour franchir toutes les distances pratiquement désirables, puis un aperçu du développement de ces moyens et de ses tendances: câbles pupinisés, câbles à haute fréquence pour différentes fréquences-limites, amplificateurs et systèmes à ondes porteuses qui permettent de faire passer simultanément plusieurs conversations par deux fils. L'étude passe finalement en revue l'état actuel de la radiotéléphonie et de la télévision avec leurs problèmes spéciaux de l'ordre du millionième de seconde.

schen von allen andern Wesen der Schöpfung. Aufgabe des Ingenieurs ist es, die Ausbreitung des gesprochenen Wortes mit Hilfe der elektrischen

Nachrichtenmittel zu entwickeln, um die Nervenstränge der gesellschaftlichen Einheiten untereinander zu verbinden. Auf diese Weise wird ein Bauelement für einen mächtigen Körper — den Nachrichtendienst — geschaffen, dessen Fortentwicklung wir noch nicht voraussehen können. Ist nun aber nicht der Mensch selbst ein Hemmnis, und zwar das einzige, das dieser Verwirklichung Widerstände entgegensezten? Es scheint dies kaum glaubwürdig zu sein; aber der Mensch ist doch die Zelle, aus dem der neue Körper sich entwickeln muss. Da aber der Körper aus Vielfachzellen besteht, stellt sich die Frage, ob diese sich zur friedlichen, aufbauenden Zusammenarbeit verständigen können oder ob nicht vielmehr schwere Zusammenstöße und Verwirrungen hervorgerufen werden, denn die Errungenschaften der Wissenschaft für den Menschen stehen nicht immer im Einklang mit dessen Fähigkeit, sie im guten Sinne zu verwenden. — Hat nicht die Wissenschaft für Friedenszeiten Mittel von unschätzbarem Wert geschaffen, die aber gleichzeitig Zerstörungsmittel von außerordentlicher Kraft darstellen, wenn sie in Kriegszeiten benutzt werden? Man darf sogar die Frage aufwerfen, ob unsere Kultur eine solche Belastung ertragen kann, oder ob all diese unschätzbar Werte letzten Endes nicht zur Weltkatastrophe führen werden? Sicher ist, dass, solange die schwere Aufgabe, die im Menschen selbst begründet ist, nicht gelöst ist, der Ausblick in die Zukunft eher düster bleibt. Das soll nun aber nicht Stillstand bedeuten, denn trotz allen Besorgnissen hofft die Menschheit auf eine bessere Zukunft und wir müssen unsere Gedanken, ohne Hemmungen, immer mehr auf die Zukunft richten. Als Individuen hören wir alle auf wie die ersten Pioniere der Telephonie, aber das grösste, was wir tun können, ist, die Ideale des Nachrichtendienstes zu verbreiten und der kommenden Generation die glänzenden Ueberlieferungen unserer Wissenschaft zu vermitteln. Die Menschheit steht vor zahlreichen praktischen Arbeiten, die bei dem jetzigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis von dem Manne der angewandten Wissenschaft allein nicht gelöst werden können. Er muss auf weitere grundsätzliche Entdeckungen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse warten, die dem Forscher der Wissenschaft vorbehalten sind. Wenn nicht die Arbeit des Wissenschaftlers fortgesetzt und mit immer steigender Energie vorwärts getrieben wird, werden die Arbeiten des industriellen Praktikers im Laufe der Zeit mehr und mehr zusammenschrumpfen. Es ist von der grössten praktischen Bedeutung, dass wir alles tun, was in unserer Kraft steht, die Arbeiten der Wissenschaft zu ermutigen und zu fördern. Wissenschaft, sagt Pasteur, ist die Seele des Glücks aller Völker und die lebendige Quelle allen Fortschritts.

Herr Prof. Dr. F. Fischer hatte die Freundlichkeit, zu dem Kapitel der wissenschaftlichen Forschung folgenden Beitrag zu liefern:

*Fi.* — Der Aufschwung der Nachrichtentechnik in den letzten zwei Jahrzehnten ist der Erfundung

und der Entwicklung der Elektronenröhre zu verdanken. Die Elektronenröhre hat erstens die Telephonie auf grosse Distanzen, zweitens die Sprach- und Musikübertragung auf drahtlosem Wege und drittens die einwandfreie akustische Registrierung, den Tonfilm und die Grammophonplatte möglich gemacht. Ganz abgesehen davon erlaubt die Elektronenröhre die Messung und die Aufzeichnung von

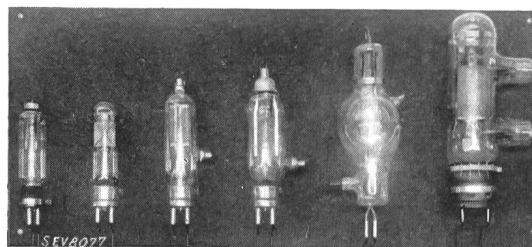


Fig. 1.  
Senderöhren, hergestellt von der Signum A.-G., Wallisellen.

Vorgängen, deren Verlauf mit andern Mitteln nicht beurteilt werden könnte. Erwähnt seien hier die Kathodenstrahlzosillographen, die bekanntlich in der Schweiz vom Schweiz. Elektrotechnischen Verein, später zusammen mit der Firma Trüb, Täuber & Co. in Zürich für sehr kurzzeitige Vorgänge ausgebaut und entwickelt worden sind. Mit dem Bau der Glühelektronenröhren hat sich in der Schweiz seit

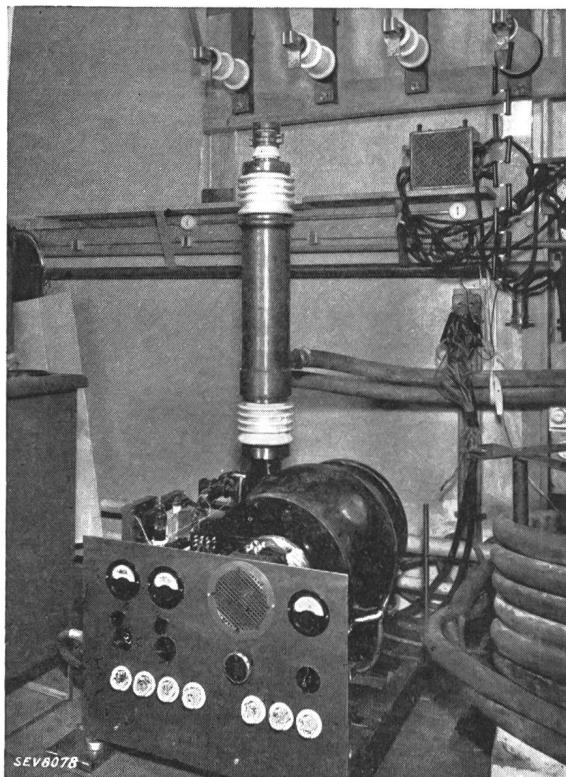


Fig. 2.  
Gross-Senderöhre auf der Molekularpumpe,  
hergestellt von Brown, Boveri, Baden.

längerer Zeit die Signum A.-G. in Wallisellen befasst. Fig. 1 zeigt verschiedene Röhrentypen, die bei der Signum A.-G. hergestellt werden. In neuerer Zeit hat die A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden

die Entwicklung von Grossleistungsrohren aufgenommen, deren Kathoden auswechselbar sind. Fig. 2 zeigt eine Senderöhre aus den Laboratorien der A.G. Brown, Boveri & Cie. mit zugehöriger Pumpe.

Die Fernsehtechnik wäre ohne Elektronenröhre nicht denkbar. Dort handelt es sich zunächst um die Aufgabe der sogenannten Bildabtastung, bei der kleinste Lichtströme in der Größenordnung von  $10^{-5}$  Lumen einer Photozelle zugeführt werden. Das Problem besteht in der Verstärkung der winzigen elektrischen Ströme, die durch den Lichteinfall in die Photozelle hervorgebracht werden. Besonders erschwerend ist dabei die grosse Frequenzbandbreite, die beim Fernsehen erforderlich ist, sowie der natürliche, statistisch begründete Rauschpegel von Schaltelementen und Glühelektronenröhren. Die Schwierigkeiten werden durch die Anwendung der sogenannten Elektronenvervielfachung umgangen. Elektronen, die mit einer gewissen Geschwindigkeit auf Metalle auftreffen, lösen je nach Art und Beschaffenheit des Metalles mehr oder weniger Sekundärelektronen aus. Bei Cäsium, das in atomarer Schicht auf Silber- bzw. Cäsium-Oxyd aufgebracht wird, entstehen pro primär auffallendes Elektron je nach der Formierung etwa 4 bis 8 Sekundärelektronen. Diese können beschleunigt werden und abermals bei einem Aufprall die 4- bis 8-fache Zahl von Elektronen auslösen. Fig. 3 zeigt einen zehnstufigen Elektronenvervielfacher nach

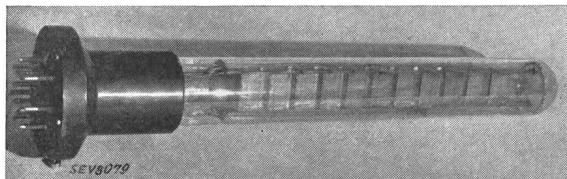


Fig. 3.  
10stufiger Elektronenvervielfacher nach Slepian-Zworykin,  
hergestellt im Institut für technische Physik der ETH.

Slepian-Zworykin, der im Institut für technische Physik der ETH hergestellt worden ist. Die Platten, die im Bild zu sehen sind, sind die sogenannten Prallflächen des Vervielfachers, die auf die soeben beschriebene Weise für besonders hohe Sekundäremission präpariert sind. Das Prinzip wird in Fig. 4 zur Darstellung gebracht. Die Elektronen, die aus der Photozelle austreten, werden mit Hilfe eines elektrischen Feldes beschleunigt und durch ein Magnetfeld, dessen Kraftlinien senkrecht auf der Bildebene stehen, derart abgelenkt, dass sie auf die erste Prallfläche fliegen. Dort entstehen Sekundärelektronen, die wiederum in einem elektrischen Felde beschleunigt und durch das Magnetfeld auf die zweite Prallfläche abgelenkt werden. Es lassen sich mit einem derartigen Vervielfacher, d. h. also in einem Rohr ohne äussere Schaltelemente, die an der Verstärkung mitbeteiligt sind, Verstärkungen bis zu einer Million erzielen.

Eine besonders interessante Möglichkeit zur Bildabtastung ist das Ikonoskop von Zworykin, das im Superikonoskop die letzte Vollendung erfahren hat. Im letztgenannten Apparat wird das Bild des

Gegenstandes auf einer lichtempfindlichen Schicht entworfen und diese lichtempfindliche Schicht elektronenoptisch auf einer Speicherwand abgebildet. Die Speicherwand selbst besteht entweder aus einem Isolator mit grosser Sekundäremissions-

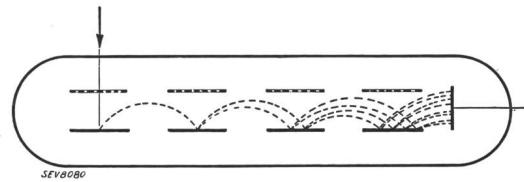


Fig. 4.  
Schematische Darstellung der Elektronenbahnen einer Elektronen-Vervielfacher-Photozelle nach Slepian-Zworykin.

ziffer, oder aus einem Mosaik mikroskopisch kleiner metallischer Prallflächen, die auf einer Glimmerplatte aufgebracht sind. Die Speicherwand wird Punkt für Punkt, bzw. Zeile für Zeile, mit einem Elektronenstrahl abgetastet, wodurch in einem äusseren Stromkreise elektrische Schwan-

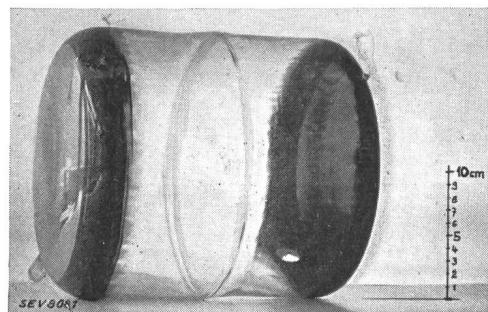
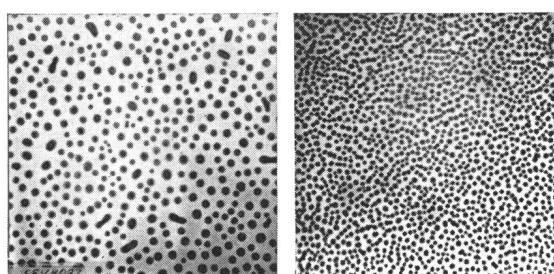


Fig. 5.  
Elektronenoptischer Bildwandler,  
hergestellt im Institut für technische Physik der ETH.

kungen hervorgerufen werden, die den Helligkeitsabstufungen in dem auf der Photozelle entworfenen Bilde des abzutastenden Gegenstandes entsprechen. Fig. 5 zeigt einen sogenannten elektronenoptischen Bildwandler, bei dem ebenfalls ein auf einer lichtempfindlichen Schicht entwertenes optisches Bild eines Gegenstandes elektronenoptisch weiter abgebildet wird. Die Elektronen erzeugen auf der der



Mikroskopische Aufnahmen von Mosaikschriften für Ikonoskope. Vergrösserung 650mal.

a) Schichtdicke  $10,8 \cdot 10^{-4}$  cm, Durchmesser der Tropfen  $1,7 \mu$       b) Schichtdicke  $7,8 \cdot 10^{-4}$  cm, Durchmesser der Tropfen  $0,9 \mu$

lichtempfindlichen Schicht gegenüberliegenden Fluoreszenzschicht ein sichtbares Bild, das in den Helligkeitsabstufungen dem optischen Bild auf der

lichtempfindlichen Schicht gleich ist. Interessant ist dabei, dass mit einem derartigen Apparat ein unsichtbares, z. B. infrarotes Bild sichtbar gemacht werden kann. Fig. 6 zeigt zwei verschiedene mikro-

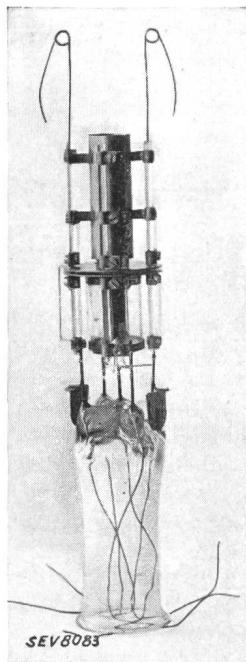


Fig. 7.

System einer Braunschen Röhre für magnetische Strahlkonzentration u. magnetische Strahlablenkung f. Fernsehempfang.

skopische Aufnahmen von Mosaikzellen. Die Grösse der Zellen lässt sich, wie aus dem Bild zu ersehen ist, je nach der Behandlung in weiten Grenzen variieren.

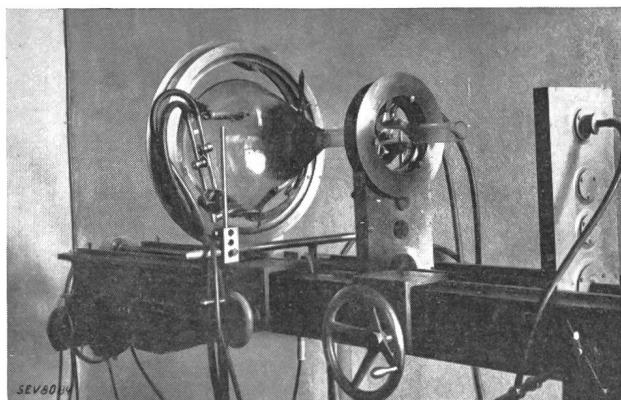


Fig. 8.  
Glaskolben für Fernsehempfangsröhren auf der Verschmelzmaschine.

Eine weitere Anwendung der Elektronenröhre in der Fernsehtechnik ist das Braunsche Rohr, das sowohl für die Bildzerlegung als auch für die Bildzusammensetzung dienen kann. Die Braunsche Röhre selbst ist schon seit langem bekannt, aber erst in der letzten Zeit für Fernsehzwecke elektronenoptisch weitgehend vervollkommen worden. Fig. 7 zeigt das System einer Braunschen Röhre mit magnetischer Strahlkonzentration und Strahlablenkung für Fernsehempfangszwecke. Fig. 8 zeigt den Glaskolben für eine grosse Empfangsröhre auf der Verschmelzmaschine. Fig. 9 zeigt eine Braunsche Röhre auf dem Pumpstand.

Die Entwicklung der Elektronentechnik ist noch keineswegs als abgeschlossen zu betrachten. Sie bildet im Gegenteil einen wichtigen Aufgabenkreis der Forschung.

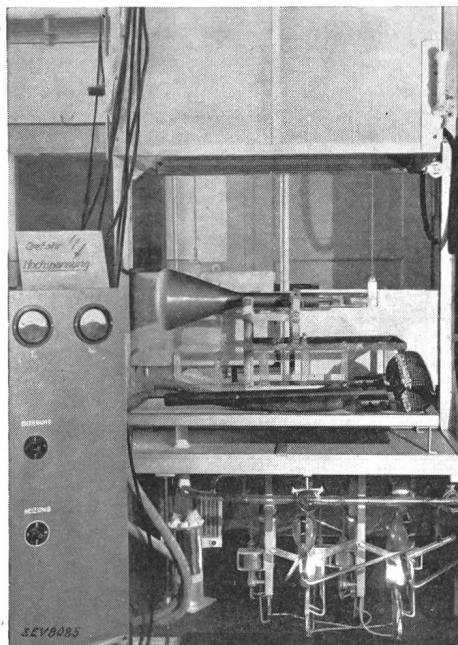


Fig. 9.

Braunsche Röhre für Fernsehempfang auf dem Pumpstand. Links: Hochfrequenz-Röhrensender zum Ausheizen der Metallteile. Rechts: Ausheizspule.

## II.

*M.* — Bei der Fernübertragung elektrischer Energie sind zwei von einander sehr verschiedene Systeme zu unterscheiden:

1. *Das Starkstromsystem:* Die Energieübertragung bei hohen Spannungen und einer *einzig* Frequenz.
2. *Das Schwachstromsystem:* Die Energieübertragung bei ganz geringen Spannungen und einem Frequenzbereich von weniger als 100 bis weit über 10 000 Hz, je nach der Betriebsart.

Während mit dem ersten System, bei dem es sich um beträchtliche Energien handelt, eine möglichst grosse Leistung angestrebt wird, geht beim zweiten die getreue Uebertragung sämtlicher Frequenzen als Hauptzweck allen andern voran. — Es ist demnach begreiflich, dass sich die Uebertragung von Telefon- oder Telegraphiestromen auf ganz andere Voraussetzungen gründet als diejenige von höher gespannten Strömen und dass man im Schwachstromgebiet vielfach auf Schwierigkeiten stösst, die der Starkstrom kaum oder nur in geringem Masse kennt. Diese kurze Gegenüberstellung lässt erkennen, dass zwischen den beiden Uebertragungsarten auch wissenschaftlich stark hervortretende Unterschiedsmerkmale bestehen und man kann sich der Tatsache nicht verschliessen, dass die Erforschung der Schwachstromtechnik, die früher als Waisenkind kaum Beachtung fand und dementsprechend vernachlässigt wurde, sich heute als ungleich wichtiger Faktor direkt aufdrängt. Das in den letzten zwei Dezennien rasch und weitausgreifende Bedürfnis

eines raschen und guten Nachrichtendienstes, auch auf grosse Entfernung, hat die Schwachstromtechnik vor neue und grosse Aufgaben gesetzt, deren Besprechung hier nicht in vollem Umfange möglich ist, die aber im Nachstehenden durch die experte Feder des Herrn Prof. Dr. J. Forrer in ihren Umrissen in knapper Form erörtert werden soll:

*Fo.* — Die gesamte Nachrichtentechnik der Gegenwart bedeutet ohne Zweifel einen der grössten Erfolge der schöpferischen Tätigkeit der Ingenieure und Physiker.

Der elektrischen Nachrichtenübermittlung stehen grundsätzlich zwei Wege zur Verfügung, der drahtlose und der drahtgebundene, von denen jeweilen, den praktischen Verhältnissen entsprechend, der wirtschaftlich-technisch vorteilhaftere bevorzugt wird. Die Fernsprechtechnik hat, den Forderungen der Wirtschaft folgend, in jahrelanger Entwicklungsarbeiten die Grundlagen geschaffen, die den Bau eines ausgedehnten Leitungsnetzes erlaubten. Es bestehen heute keine physikalisch-technischen Schwierigkeiten mehr zur Entwicklung von geeigneten Leitungen zur Übertragung der Sprache über jede praktisch wünschbare Entfernung. Die von Pupin erstmals festgehaltene Tatsache, dass durch das Einschalten zusätzlicher Induktivitäten (Pupinspulen) in eine homogene Übertragungsleitung deren Dämpfung wesentlich herabgemindert werden kann einerseits, und der Elektronenrohrverstärker anderseits, erlauben die Verwendung von Kabelleitungen überall da, wo die wirtschaftlichen Verhältnisse zahlreiche und störungsfreie Verbindungsmöglichkeiten verlangen; denn das Kabel bietet das einzige Mittel, eine grosse Zahl von Fernmeldeleitungen auf kleinstem Raum unterzubringen, weitgehend geschützt gegen mechanische Beschädigungen und die Einflüsse benachbarter Starkstromanlagen. Ohne diese Vorteile wäre der einwandfreie Betrieb der bestehenden Fernsprechnetze in unmittelbarer Nähe fast ebenso ausgedehnter Starkstromverteilungsanlagen kaum denkbar.

Die Pupinleitung stellt grundsätzlich eine Reihenschaltung von mit Verlusten behafteten Tiefpassfiltern (Leitungselementen) dar, umfassend jeweilen die Induktivität einer Spule und die zu beiden Seiten angeschlossene Kapazität eines halben Spu-

sikalisch betrachtet, dass im Durchlassbereich des Kabels ( $f=0$  bis  $f_0$ ) die Amplituden der oberen Frequenzen bei der Übertragung relativ mehr herabgesetzt werden als diejenigen der unteren (Amplitudenverzerrung, Dämpfungsverzerrung) und zudem noch mit kleinerer Geschwindigkeit übertragen werden (Phasenverzerrung). Die Folge dieser Erscheinungen ist eine Verzerrung der Sprache durch die Übertragung, die sich unter Umständen bei mehr oder weniger grosser Entfernung störend auf den Sprechverkehr auswirkt.

Zur einwandfreien Wiedergabe der Sprache im öffentlichen Fernsprechverkehr ist die einigermaßen unverzerrte Übertragung des Frequenzbandes 200 bis 2600 Hz nötig. Die Unvollkommenheiten des menschlichen Ohrs erlauben verhältnismässig grosse Abweichungen von dieser Forderung. Es ist zulässig, dass der Unterschied zwischen der Übertragungszeit der untersten (200) und obersten Frequenz (2600), d. h. die Einschwingzeit, bis zu ca. 30 Millisekunden (ms) ausmacht. Auch zu grosse Übertragungszeit überhaupt, d. h. die Laufzeit der obersten Frequenz im zu übertragenden Frequenzband ist der Sprechverständigung hinderlich, weil dann der Zeitunterschied zwischen Sprechen und Antwort für die Teilnehmer zu gross ausfällt. Erfahrungsgemäss sind 300 ms für diese sog. Gruppenlaufzeit zulässig.

In den modernen Fernkabelnetzen sind nun ganz bestimmte Pupinleitungstypen vorbereitet, die den jeweiligen Bedürfnissen und Forderungen entsprechend eingesetzt werden können.

Durch Verändern der Spuleninduktivität kann die Grenzfrequenz bei sonst gleich bleibenden Verhältnissen (Kabelkapazität, Spulendistanz, Leiterdurchmesser usw.) verschoben werden. Grosse Induktivität bedingt relativ niedrige Grenzfrequenz, kleine Dämpfung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Wird die Spuleninduktivität herabgesetzt, so steigen Dämpfung, Grenzfrequenz und Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Um eine solche Leitung zur Übertragung der Sprache überhaupt geeignet zu machen, wird ihre Grenzfrequenz nicht unterhalb ca. 2900 Hz liegen dürfen. Leitungen dieser Art sind in den heutigen Fernsprechnetzen für den Verkehr über kürzere Entferungen vorgesehen. Im schweizerischen Fernkabelnetz findet sich z. B. eine Anordnung mit einer Spuleninduktivität  $L_0 = 0,177$  H, einem Spulenabstand  $s = 1830$  m und einer kilometrischen Kabelkapazität  $C = 0,038 \mu\text{F}$ . Für 1000 km dieser Leitung ergibt sich:

$$\begin{aligned} v_{200} &= 17000 \text{ km/s und } t_{200} = 60 \text{ ms} \\ v_{2600} &= 7500 \text{ km/s und } t_{2600} = 133 \text{ ms} \\ \Delta t &= 73 \text{ ms} \end{aligned}$$

wo  $v_f$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit,  $t_f$  die Laufzeit für die Frequenz  $f$  und  $\Delta t$  die Einschwingzeit ist. Der gesamte Fernverkehr in der Schweiz, mit Entfernungen bis max. 500 km wird über Leitungen dieser oder ähnlicher Art abgewickelt. Ein Vergleich mit dem Gesagten zeigt, dass die an sie zu stellenden Forderungen als einwandfreie Übertragungssysteme erfüllt werden. Es stehen technische Hilfsmittel zur Verfügung in der Form elekt-

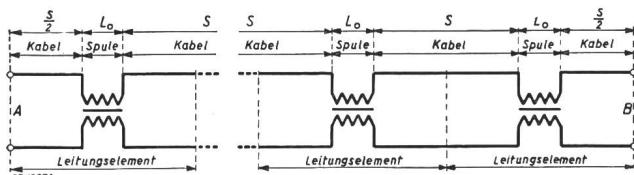


Fig. 10.  
Schematische Darstellung des Aufbaus einer Pupinleitung.

lenfeldes (Fig. 10). Entsprechend diesem Aufbau steigt die Dämpfung der Pupinleitung mit der Frequenz, um bei der Grenzfrequenz ( $f_0$ ) unendlich gross zu werden, d. h. sie ist nur durchlässig für ein beschränktes Frequenzband 0 bis  $f_0$  Hz. Die Phasenkonstante ändert sich dabei von 0 bis  $\pi$  pro Leitungselement oder Spulenfeld. Dies bedeutet, phy-

trischer Netzwerke (Vierpole), die keine Dämpfung haben und die Eigenschaft besitzen, die tiefen Frequenzen langsamer als die höheren zu übertragen. Werden sie in geeigneter Form in Reihe mit einer Pupinleitung gelegt (Phasenkorrektur), so ergibt sich ein Uebertragungssystem, in dem alle Frequenzen des Sprachbandes mit nahezu gleicher Geschwindigkeit übertragen werden. Die Grenze für seine praktische Verwendbarkeit liegt dann lediglich bei der Laufzeit der obersten Frequenz, in dem angeführten Beispiel also bei etwa 2500 km. Bei den Erweiterungen der Fernkabelnetze herrscht heute die Tendenz vor, die Grenzfrequenz eher etwas höher zu setzen; neben einer beabsichtigten Erweiterung des zu übertragenden Frequenzbandes spielt dabei auch die mögliche Nachbildung der Verstärker eine Rolle.

Eine zweite Gruppe von Pupinleitungen ist in den modernen Kabelnetzen vorgesehen. Ihre Grenzfrequenz liegt bei 6500 bis 10 000 Hz, je nach dem Aufbau. Im schweizerischen Fernkabelnetz finden sich z. B. Leitungen, wo  $L_0 = 0,044 \text{ H}$ ,  $s = 1830 \text{ m}$  und  $C = 0,036 \mu\text{F}$ . Die Grenzfrequenz ist 6500 Hz und es ergibt sich dann:

$$\begin{aligned}v_{200} &= 33\,000 \text{ km/s } t_{200} = 30 \text{ ms} \\v_{2600} &= 28\,000 \text{ km/s } t_{2600} = 36 \text{ ms} \\ \Delta t &= 6 \text{ ms}\end{aligned}$$

Eine solche Leitung wäre den zu stellenden Forderungen entsprechend verwendbar zur einwandfreien Uebertragung der Sprache über 5000 km ( $\Delta t = 30 \text{ ms}$ ), die durch eine geeignete Phasenkorrektur auf 8500 km ( $t_{2600} = 307 \text{ ms}$ ) ausgedehnt werden könnten. Das europäische internationale Fernkabelnetz enthält Leitungen dieser Art und ist damit imstande, den Fernsprechverkehr über den ganzen Erdteil hinweg zu übernehmen. Ueber eine Pupinleitung mit der Grenzfrequenz 20 000 Hz wäre eine einwandfreie Sprechverbindung rund um den Erdball ohne weiteres möglich.

Eine dritte Gruppe von Pupinleitungen findet sich in dem internationalen Fernkabelnetz mit einer Grenzfrequenz von ca. 10 000 bis 12 000 Hz. Es sind dies die Leitungen, die der Uebertragung von Rundfunkdarbietungen von den Aufnahmestellen zu den Sendeeinrichtungen dienen. Die Erweiterung des Durchlassbereiches ist hier in erster Linie erfolgt, um das zu übertragende Frequenzband erweitern zu können auf ca. 30 bis 8000 Hz für hochwertige Uebertragungen und ca. 50 bis 6500 Hz für normale Verhältnisse.

Ueber die im vorstehenden kurz beschriebenen Kabelleitungen für sich allein wäre eine den modernen Anforderungen entsprechende Fernsprechverbindung, je nach der Drahtdicke und dem Aufbau, über ca. 40 bis 200 km möglich. Die Ausdehnung auf grössere Entfernung ist nur mit dem Elektronenrohrverstärker zuverlässigster Bauart möglich. Es ist tatsächlich die Fernsprechtechnik, die sich zuerst die Vorteile der Elektronenröhre nutzbar gemacht hat. Die strengen Forderungen, die von Anfang an an die Konstanz und Lebensdauer dieser Röhren gestellt werden mussten, haben vermutlich einen beschleunigenden Einfluss auf die

Entwicklung der Röhrentechnik ausgeübt. Heute sind zwei grundsätzlich von einander verschiedene Typen von Fernsprechverstärkern entwickelt, deren Anwendungsgebiet zur Hauptsache abhängt von der zu überbrückenden Entfernung.

Dem Fernsprechverstärker, auf einer Doppelleitung (zwei Drähte) zwischengeschaltet (Zweidrahtverstärker), sind zwei Verstärkerelemente  $V_{E1}$  und  $V_{E2}$  (je eine Röhre), entsprechend den beiden

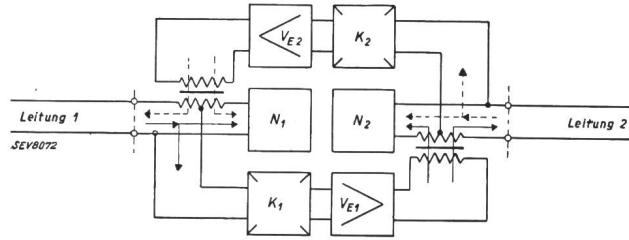


Fig. 11.  
Darstellung des grundsätzlichen Aufbaus eines Zweidrahtverstärkers.

Sprechrichtungen, zugeteilt (Fig. 11). Sie sind über einfache Koppelungselemente (Differentialtransformatoren) am Ein- und Ausgang so zusammengeschaltet, dass sie sich nicht gegenseitig erregen. Bedingung für diese Forderung ist, dass die Scheinwiderstände der angeschlossenen Leitungen 1 und 2 durch die Netzwerke  $N_1$  und  $N_2$  im ganzen zu verstarkenden Frequenzband ausreichend sorgfältig nachgebildet werden. Die Pfeile zeigen den Verlauf der Ströme bei abgeglichenem Zustand. Die nötigen Vorkehren zur Regulierung des Verstärkungsgrades sind vorgesehen. Durch geeignete Netzwerke  $K_1$  und  $K_2$ , die an passender Stelle mit den Verstärkerelementen zusammengeschaltet werden, kann erreicht werden, dass die höheren Frequenzen in der Ausgangsspannung relativ mehr verstärkt erscheinen als die unteren. Damit wird die eingangs erwähnte Dämpfungs- oder Amplitudenverzerrung der Leitungen wieder kompensiert. Die Netzwerke werden leicht auswechselbar oder veränderbar gemacht und können den jeweiligen Leitungseigenschaften angepasst werden. Verstärker der genannten Art werden vorwiegend auf Pupinleitungen niedriger Grenzfrequenz und relativ geringer Dämp-

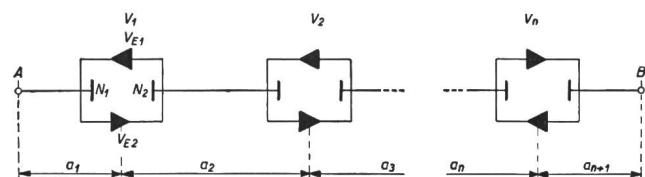


Fig. 12.  
Grundsätzlicher Aufbau einer mit Verstärkern ausgerüsteten Zweidrahtleitung.

fung angewendet. Je nach den Drahtdicken (0,9 bis 1,0 mm oder 1,3 bis 1,5 mm) werden sie in Abständen von ca. 60 bis 150 km in die Leitungen eingebaut (Fig. 12). Mit der Automatisierung auch des Fernverkehrs, die heute in vollem Gange sich befindet, werden diese Verstärker nicht mehr fest in die Leitungen eingebaut werden, sondern je nach den Bedürfnissen selbsttätig zugeschaltet. Selbst-

tätig erfolgt dann auch die Einstellung des nötigen Verstärkungsgrades.

Trotzdem die modernen Pupinleitungen in ihrem Aufbau ausserordentlich homogen gehalten werden können, ist es mit einem tragbaren Aufwand nicht immer möglich, die Leitungsnachbildungen vollkommen zu gestalten. Es treten Rückkopplungen auf, die die Zahl der in Serie zu schaltenden Verstärker auf einer Leitung beschränken. Unter praktischen Verhältnissen werden kaum mehr als 8 bis 10 auf einer Leitung betrieben werden können, sofern nicht besondere, verhältnismässig kostspielige Vorkehrungen getroffen werden. Die Reichweite der Pupinkabelleitungen der erstgenannten Gruppe bleibt aus diesem Grunde beschränkt auf ca. 500 bis 1000 km. Wollte man die Leitungen der zweiten Gruppe unter Verwendung von Zweidrahtverstärkern heranziehen, so ergäben sich infolge der relativ hohen Dämpfung, trotz der besseren Nachbildungsmöglichkeit, noch kleinere Entfernung.

Zum Ueberbrücken grösserer Entfernung als die genannten werden vier Drähte, für jede Sprechrichtung zwei, nötig (Fig. 13). Leitungsnachbildungen werden nur noch an den beiden Enden erforderlich und die Verstärkung der einzelnen, lediglich in einer Richtung wirkenden, Verstärker kann ganz wesentlich erhöht werden. Die Verstärker mit zwei Verstärkungsstufen werden wieder je nach der Drahdicke ca. 60 bis 150 km auseinandergesetzt; mit ihnen zusammengebaut werden

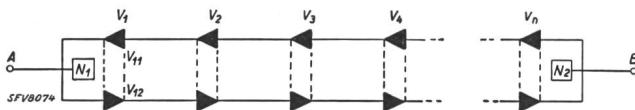


Fig. 13.  
Grundsätzlicher Aufbau einer Vierdrahtleitung.

die Korrektoren für die Dämpfungs-, eventuell auch die Phasenverzerrung. Mit Hilfe dieser Vierdrahtverstärker können die einzelnen Pupinleitungstypen ohne weitere technische Schwierigkeiten über die eingangs erwähnten grössten Reichweiten hinweg ausgenutzt werden. Es bleibt dabei die Tatsache bestehen, dass gerade die längsten Leitungen die weitaus kostspieligsten und, trotz der scheinbar hohen internationalen Taxen, auch die unwirtschaftlichsten sind. In diesem Umstand liegt auch ein Grund, dass in letzter Zeit sehr interessante und vielversprechende Anstrengungen zur Weiterentwicklung unternommen wurden.

Seit vielen Jahren wurden Fernsprechfreileitungen zum Uebertragen zusätzlicher Meldungen herangezogen. Eine oder mehrere Trägerfrequenzen (bis zu ca. 100 000 Hz) werden mit der Meldung moduliert (Sprache, Fernmessen usw.), das eine oder andere Seitenband, oder beide, über die Leitung übertragen am fernen Ende demoduliert, verstärkt und dem Empfangsapparat zugeführt. Auf dieser Basis sind eine Reihe von Mehrfachübertragungssystemen, auch für Pupinleitungen hoher Grenzfrequenz, entstanden. Die Hauptschwierigkeit lag ursprünglich bei der Trennung der einzelnen Frequenzbänder am Empfangsende. In den letzten

Jahren wurde mit teilweise sehr grossem Erfolg an der Entwicklung von Bandfiltern gearbeitet, so dass es heute gelingt, mit erträglichem Aufwand eine scharfe Trennung von Frequenzgemischen zu erreichen. Auf zwei besonders interessante Trägerfrequenzsysteme, die für die Zukunft von grosser Tragweite sein werden, sei kurz hingewiesen.

Das eine der erwähnten Trägerfrequenzsysteme verwendet als Uebertragungsmittel homogene Kabelleitungen (ohne Spulen), die in ihrem Aufbau grundsätzlich nicht wesentlich verschieden sind von denjenigen, die zum Aufbau von Pupinleitungen dienen. Im Frequenzbereich ca. 10 000 bis 60 000 Hz werden 12 bis 16 Trägerfrequenzen im Abstand von 4000 bzw. 3000 Hz mit je einem Gespräch moduliert und z. B. die entsprechenden oberen Seitenbänder gemeinsam über eine Doppelleitung übertragen. Am fernen Ende werden die einzelnen Kanäle durch Filter mit ausreichend grosser Flankensteilheit der Dämpfung wieder getrennt. Die Uebertragungsleitung wird so gewählt, dass ca. alle 30 km ein Verstärker ausreicht, der das ganze Frequenzband 10 000 bis 60 000 Hz zu verstärken vermag, ausreichend grosse Ausgangsleistung ergibt und auch die Dämpfungsverzerrung übernimmt. Für jede Sprechrichtung wird eine besondere Frequenz vorgesehen, so dass dann ähnliche Uebertragungssysteme entstehen wie die genannten Vierdrahtschaltungen. Auf einer metallischen Doppelleitung werden dann 6 bis 8 Fernverbindungen gleichzeitig möglich, d. h. auf einem System von zwei Doppelleitungen deren

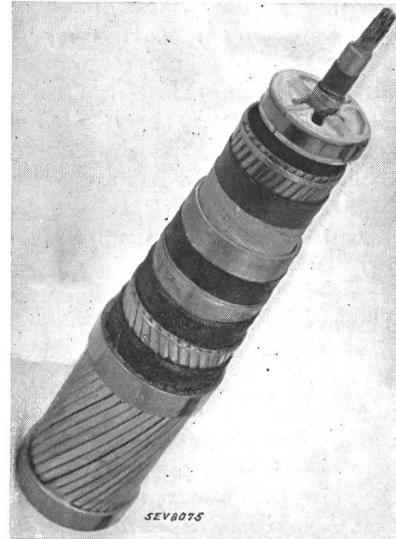


Fig. 14.  
Abschnitt des Antennenkabels für den Landessender Beromünster, hergestellt von den Kabelwerken Brugg.

12 bis 16. Dabei wird die eine Leitung für alle Hinleitungen, die andere für die Herleitungen der Trägersysteme benutzt. Trägerfrequenzen wesentlich oberhalb 60 000 Hz erweisen sich vorläufig infolge der zu hohen Kabeldämpfung als unwirtschaftlich. Es ist vorauszusehen, dass derartige Trägerfrequenzsysteme bei Entfernungen von über ca. 200 km auf Verbindungswegen, die viele Kanäle verlangen, sich als wirtschaftlich erweisen.

Als Antennenspeisekabel in Rundfunksendeanlagen oder zum Uebertragen von Fernsehdarbietungen werden koaxiale Kabel verwendet. Sie stellen grundsätzlich nur einen Doppelleiter dar, bestehend aus einem rohrförmigen äusseren und einem in der Rohraxe festgehaltenen zylindrischen inneren Leiter (Fig. 14 und 15). Im Ausland wurden solche koaxiale Leiter mit ca. 10 mm Aussendurchmesser

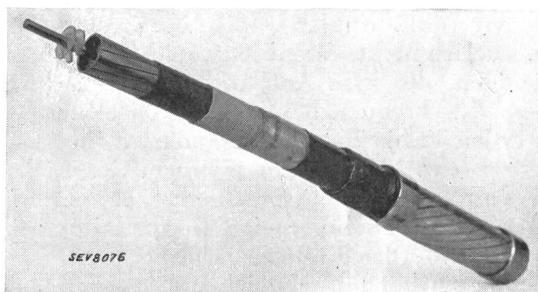


Fig. 15.

Abschnitt eines koaxialen Kabels, hergestellt von den Kabelwerken Brugg. Es ist gebaut worden als Antennenkabel, könnte aber ebensogut zum Aufbau eines Vielfachträgerfrequenzsystems benutzt werden. Äusserer Durchmesser des rohrförmigen Aussenleiters 18 mm.

entwickelt, die das Uebertragen von Frequenzen bis zu 6 MHz auf grosse Entfernnungen gestatten, indem dann etwa alle 15 km ein Verstärker eingesetzt wird. Es ist vorgesehen, diese Verstärker zum Teil hermetisch verschlossen in Schächten u. dgl. unterzubringen. Die Ueberwachung erfolgt automatisch von bedienten Aemtern aus; die nötige Leistung für die Speisung der Verstärker und der Zusatzschaltungen wird mit 50 Hz über die Leitung selbst zugeführt. Mittels Trägerfrequenzen, die mindestens 4000 Hz auseinanderliegen, müsste es grundsätzlich möglich sein, auf einer solchen Leitung eine sehr grosse Zahl von Sprechkanälen zu schaffen. Eine Schwierigkeit liegt nun darin, dass es bei höheren Frequenzen ( $10^5$  Hz und höher) nur mit sehr kostspieligen Hilfsmitteln (Kristallfilter) möglich wird, die verhältnismässig sehr engen Frequenzbänder zu trennen. Es wurden nun Modulationssysteme entwickelt, die diesen Nachteil umgehen. Die einzelnen tonfrequenten Kanäle (Gespräche) werden in  $n$  gleiche Gruppen eingeteilt. Trägerfrequenzen, die z. B. 5000 Hz von einander entfernt und im Bereich 50 bis  $10 \cdot 10^3$  Hz liegen, werden mit je einer dieser Gruppen moduliert. Damit entsteht ein Frequenzband von der Breite  $5000 \cdot n$  Hz. Aus den  $n$  Gruppen der ersten Modulationsstufe werden  $m$  neue gebildet und damit  $m$  Träger moduliert, die im Bereich 3 bis  $5 \cdot 10^5$  Hz und mindestens  $5000 \cdot n$  Hz auseinander liegen. Damit entsteht ein Frequenzband von der Breite  $5000 \cdot n \cdot m$  Hz. Aus den  $m$  Gruppen der zweiten Modulationsstufe werden nochmals  $n$  Gruppen gebildet, die Trägern zugeteilt werden, welche zwischen 1 bis  $2,5 \cdot 10^6$  Hz und mindestens  $5000 \cdot n \cdot m$  Hz auseinander liegen. Auf diese Weise entsteht ein Frequenzband von der Breite  $5000 \cdot n \cdot m \cdot n$  Hz im Bereich 1 bis  $2,5 \cdot 10^6$  Hz, das dann über die Leitung übertragen wird. Damit wird einerseits der zu übertragende Frequenzbereich eingeengt, ein Vorteil,

der sich bei den Verstärkern auswirkt. Andererseits sind nun bei der Demodulation nur verhältnismässig breite Frequenzbänder von einander zu trennen. Von der englischen Postverwaltung wurde zwischen London und Birmingham (200 km) ein Kabel verlegt, das koaxiale Leiter der genannten Art enthält. Mit dem übertragenen Frequenzband 5 bis  $2,1 \cdot 10^5$  Hz werden 400 einfachgerichtete Sprechkanäle geschaffen, d. h. mit zwei gleichartigen Leitern, von denen der eine der Hin-, der andere der Herleitung dient, könnten 400 Ferngespräche zu gleicher Zeit vermittelt werden. Der Aufwand an den Leitungsenden ist derart umfangreich, dass Schaltungen der genannten Art nur da in Frage kommen können, wo Entfernnungen von einigen hundert km zu überbrücken sind. Ueber die rein betrieblichen Erfahrungen wurde bis jetzt wenig bekannt.

### III.

*M.* — Niederfrequenz und Hochfrequenz, beides Schwestern der Schwachstromtechnik, verfolgen teilweise gleiche Ziele und können sich gegenseitig ergänzen. In diesem Kapitel soll, nachdem wir mit der älteren Schwester «Draht» bereits unter II Bekanntheit gemacht haben, die jüngere Schwester «Radio» ebenfalls zum Worte kommen:

— Radio, physikalisch gesprochen, bedeutet Energieübertragung in Form von unsichtbaren Wellen oder Schwingungen. Der Schwingungsvorgang ist in der Natur ausserordentlich weit verbreitet und tritt zuweilen so sinnfällig zutage, dass er sich wohl schon der Beobachtung des primitiven Menschen aufgedrängt hat. Man braucht ja nur an den abgebrochenen Ast zu erinnern, der im Baume hängen geblieben ist und im Winde hin- und herschwingt, oder an das auf den Wellen schaukelnde Boot und endlich an den regelmässigen Schlag des eigenen Herzens. Der erste tiefe Eindruck dieser Erscheinungen auf den Urmenschen war sicherlich ihr schöner, gleichmässiger Takt; in spielerischer Freude hat er den Takt mit Kehllauten und Körperbewegungen begleitet und auf diesem Wege wohl Musik und Tanz erfunden, die beide zu allen Zeiten das beliebteste Unterhaltungsmittel froher Menschen waren. Das Wohlgefallen an rhythmischer Bewegung führte dazu, diese auch bei der Arbeit auszuführen, anfangs sicher nur als Spiel. Es erwies sich aber bald, dass sich auf diesem Wege Mehrleistungen erzielen liessen, namentlich beim Zusammenarbeiten von mehreren durch die Anwendung des Gleichtaktes oder des Wechseltaktes. Alte Dokumente menschlicher Kultur geben hiervon Zeugnis. Im Gleichtakt liessen Aegypter durch ihre Sklaven die Kolosse ihrer Denkmäler fortbewegen. Auch die Ruderer der alten griechischen Triären arbeiteten im Gleichtakt nach Gongschlägen. Schmiede arbeiten heute noch im Dreitakt, ebenso die Pflasterer. Gedroschen wurde früher — vor noch nicht sehr langer Zeit — im Dreitakt, Vierakt, Sechstakt und zuweilen sogar im Achttakt.

Hat so der Mensch frühzeitig der Natur den Rhythmus abgelauscht und zu seinem Vorteil angewendet, so hat er sich erst nach Jahrhunderten mühsamer Forschungsarbeit allmählich ein Bild

davon machen können, welche überragende Rolle der Rhythmus im gesamten Naturgeschehen spielt. Am frühesten kam die Erkenntnis, dass der Schall durch Schwingungen materieller Körper zustande kommt. Die schwingende Natur des Lichtes hatte man auch schon lange aus seinem Verhalten erkannt, aber da der Träger der Schwingung unsichtbar war, versagte das nötige Verständnis hierfür. Erst mit der Auffassung des Lichtes als elektromagnetisches Feld verflog diese Schwierigkeit, zugleich offenbarte diese Betrachtungsweise auch die schwingende Natur der strahlenden Wärme und führte zur Entdeckung der elektrischen Wellen; als solche fanden sich dann später die Röntgenstrahlen und anschliessend die grossartige Entwicklung der Hochfrequenz, welche in der folgenden Abhandlung, die wir Herrn Prof. Dr. F. Tank bestens verdanken, näher umschrieben ist:

T. — Selbst für den Fachmann ist es immer wieder von neuem erstaunlich, welch eine ausserordentliche Fülle von Anwendungsmöglichkeiten die Technik der Wechselströme der verschiedensten Frequenzen in sich birgt. Während in mancher Hinsicht die Technik der niederfrequenten Wechselströme mit ihren Problemen der Energieversorgung, der elektrischen Traktion, des Elektromaschinen- und Motoren-Baues als klassisch bezeichnet werden kann, hat sich in den vergangenen Dezennien die Technik der mittelfrequenten Wechselströme, die namentlich für die Zwecke der Telephonie und Fernsteuerung von Bedeutung ist, stark entwickelt, und die Hochfrequenztechnik vollends hat in diesem Zeitraume einen ungeahnten Aufstieg erlebt. Für die Schweiz notieren wir die folgenden Daten, welche bemerkenswerte Marksteine der Einführung und der beginnenden eigenen Entwicklung der Hochfrequenztechnik in unserem Lande bedeuten: 1922 Eröffnung der Radio-Sendestation Münchenbuchsee der Gesellschaft «Radio-Schweiz», 1924 erste Schweizerische Radioausstellung in Genf, 1925 Eröffnung der Rundspruch-Sendestation «Höngg» bei Zürich, 1931 Eröffnung der Rundspruch-Sendestationen «Beromünster» und «Sottens», 1933 «Monte Ceneri» und 1939 Eröffnung des Kurzwellen-Rundspruchsenders «Schwarzenburg», der nun leider kurz vor Abschluss der Versuchsperiode ein Raub der Flammen geworden ist, aber wieder aufgebaut wird.

In der Zeitspanne von nicht einmal zwei Jahrzehnten haben sich das «kommerzielle» Radiowesen, als das Nachrichtenmittel des Verkehrs und des Handels, und das «kulturelle» Radiowesen, als Nachrichtenmittel des Rundspruchs zu blühenden Unternehmungen und zu unentbehrlichen Faktoren unserer Wirtschaft und Kulturgemeinschaft entwickelt. Eine solche steigende Bedeutung des Radiowesens musste auch ihre Rückwirkungen auf die Industrie, das Versuchswesen und die Forschung in unserem Lande ausüben.

Die Telegraphen- und Telephonverwaltung besitzt seit längerer Zeit nicht nur eine besondere Radiosektion, in welcher die Fragen nationalen und internationalen Interesses des Radiowesens bearbeitet werden, sondern sie lässt durch ihre Ver-

suchssektion dem hochfrequenten Prüf- und Messwesen alle Aufmerksamkeit schenken. So wurden genaue Pläne der Empfangsfeldstärken der verschiedenen Landes- und Regionalsender in der Schweiz erstellt. Diese erlauben nicht nur eine

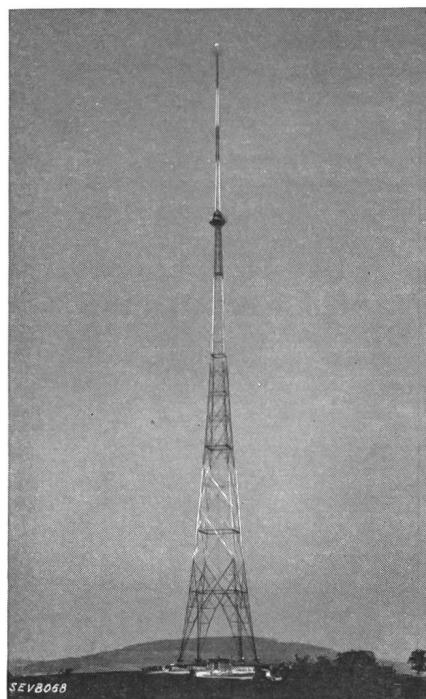


Fig. 16.  
Antennenturm Beromünster auf dem Blosenberg.

einwandfreie Beurteilung der praktischen Empfangsmöglichkeiten, sondern liefern darüber hinaus wertvolle Einblicke in die Eigentümlichkeiten der Wellenausbreitung in unserem an Bergen und Tälern so reichen Lande. Die Erstellung eines über 200 Meter hohen, freitragenden Antennenturmes in Beromünster mit einer Speisung durch ein Hochfrequenzkabel schweizerischer Herkunft und mit schwundvermindernden Strahlungseigenschaften hat weithin Beachtung gefunden.

Ein zweiter grosser Aufgabenkreis erwuchs der Telegraphen- und Telephonverwaltung durch die Notwendigkeiten der Radio-Störbekämpfung und das Studium der Natur dieser Störungen, ein Aufgabenkreis, an dessen Bearbeitung auch der Schweizerische Elektrotechnische Verein, sei es durch die Tätigkeit seiner verschiedenen Kommissionen, sei es durch Arbeiten seiner Materialprüfanstalt, in massgebender und sehr verdienstlicher Weise mitwirkte. Dass unser Jubilar, der Schweizerische Elektrotechnische Verein, auch allgemein die Förderung der Hochfrequenztechnik sich angelegen sein liess, indem er seit einer Reihe von Jahren in seinem Bulletin regelmässig eine Rubrik der Hochfrequenztechnik und dem Radiowesen widmet und jährliche Hochfrequenztagungen abhält, möge in diesem Zusammenhange nicht unerwähnt bleiben.

Mit dem Wachsen der Hörergemeinde des Radiorundspruches entwickelte sich in zunehmendem Masse eine einheimische Fabrikation von Empfangsgeräten, der sich später auch eine Fabrikation von

Sendern und speziellen Hochfrequenzapparaten anschloss. Eine wertvolle Uebersicht über den gegenwärtigen Stand der Radiotechnik in der Schweiz wird durch die Schweizerische Landesausstellung vermittelt, wo in der Abteilung «Elektrizität» Erzeugnisse unserer Industrie und Forschung zu sehen sind, während im PTT-Pavillon die betriebsmässigen Anwendungen und damit zusammenhängende Fragen zur Darstellung gelangen. Auf dem Gebiete des Senderbaues für die mannigfachen Bedürfnisse des Rundspruches, des Polizeiwesens, der Heilkunde usw. hat unsere Industrie Bemerkenswertes geschaffen. Sie stellt ausserdem nicht nur Senderöhren und Gleichrichterröhren der verschiedensten Typen für kleinere und mittlere Leistungen her, sondern sie befasst sich auch mit dem Bau grösster Röhren, die für die Endstufen von Gross-Sendern Verwendung finden und von Spezialröhren für Frequenzgebiete bis herauf zu mehreren Milliarden Perioden pro Sekunde.

Grosses Interesse bietet auch die hochfrequente Messtechnik. Feldstärke-Messgeräte, Mess-Empfänger, Hochfrequenz-Oszillographen, Frequenzstandards, Wellenmesser, Dämpfungsmesser, Röhrenvoltmeter, Hochfrequenz-Ampèremeter, Geräte zur Dickenbestimmung von Metallfolien, Geräte zur Messung von Dielektrizitätskonstanten usw. werden in der Schweiz in beachtenswerter Qualität hergestellt. Man darf wohl sagen, dass ein Gebiet von dem physikalischen Reichtum, wie es die Hochfrequenztechnik darstellt, immer zahlreiche Anwendungs- und Entwicklungsmöglichkeiten in sich enthalten wird. Immerhin darf nicht vergessen werden, dass hier der Fortschritt auf das engste mit der Entwicklung von Physik und Technik der Elektronenröhre verknüpft ist.

Den technisch unerschlossenen höchsten Frequenzgebieten wird in Zukunft Beachtung zu schenken sein. Die internationalen Wellenkonferenzen — wir erinnern an die letzte in Montreux 1939 — haben mit grösster Deutlichkeit die Wellenknappheit auf dem Gebiete der drahtlosen Nachrichtenübermittlung erkennen lassen. Wenn es nicht gelingt, durch Zusammenlegung und Mehrfachausnutzung der Wellen Fortschritte zu erzielen, wird die Einbeziehung immer kürzerer und kürzester Radiowellen unvermeidlich sein. Die Ultrakurzwellen und Dezimeterwellen besitzen zwei bemerkenswerte Eigenschaften. Einmal erlaubt ihre ausserordentlich hohe Frequenz die Uebertragung breitestter Frequenzbänder, und anderseits liegt ihr Störpegel viel niedriger als derjenige der Wellen im normalen Rundspruchbereiche. Die erste der beiden Eigenschaften ist wichtig für die Zwecke des Fernsehens und der Vielfachtelephonie, die zweite wird vielleicht gewisse Möglichkeiten bieten, Fragen der störfreien Uebertragung von Rundspruch zu lösen. Das Wellengebiet zeichnet sich aber durch beschränkte Reichweite aus und wird dem Nahverkehr dienen müssen.

Zwecks Gewinnung der Grundlagen für die Beurteilung der Uebertragungsmöglichkeiten durch

Ultrakurzwellen werden von der Telegraphen- und Telephonverwaltung gemeinsam mit dem Institut für Hochfrequenztechnik an der ETH Untersuchungen über die Ausbreitung von Ultrakurzwellen durchgeführt. Innerhalb optischer Sicht, namentlich von Bergspitze zu Bergspitze, ist die Ausbreitung sehr günstig. Innerhalb von Ortschaften und in deren Nähe, an den sendeseitigen Hängen von Bergen usw. treten starke Interferenzwirkungen auf, so dass ein deutliches stehendes Wellenfeld sich ausbildet. Im Bereich des optischen Schattens ist das Wellenfeld erheblich geschwächt und kommt im wesentlichen zustande durch die an den Bergkämmen bzw. an der Berandung des Horizontes erzeugte Streustrahlung.

Mit Unterstützung durch die Telegraphen- und Telephonverwaltung und andere Donatoren baute das Institut für Hochfrequenztechnik der ETH einen Fernseh-Sender für Film- und Personenübertragung, nebst einigen Fernseh-Empfängern, die seit dem 6. Mai an der Schweizerischen Landesausstellung im Betriebe gezeigt werden. Der Sender arbeitet nach der Methode der Bildabtastung durch einen Leuchtschirmraster, welche wohl zuerst von Ardenne (1931) angegeben wurde unter Zugrundelegung der englischen Normungen für Zeilen- und Bildzahl. Die gute Bildqualität wurde erreicht durch sorgfältigste Durchbildung aller schaltungstechnischen Einzelheiten, wie Verstärker, Kippenschwingungsgeneratoren, Frequenz - Vervielfacher und -Unterteiler, Synchronisiervorrichtungen usw., ferner durch Wahl eines geeigneten Kathodenstrahl-Senderohres nach dem durch die Forschungskommission für Hochspannungsfragen des SEV und VSE entwickelten Typus, durch zweckmässige Massnahmen am Leuchtschirme, durch die schaltungstechnische Kompensationen des Nachleuchtens des letzteren usw. Welches die künftige Entwicklung des Fernsehens, dieser Präzisionstechnik der Millionstel Sekunde, in der Schweiz sein wird, muss erst noch die Zukunft erweisen.

*M.* — Die frühere Schwachstromtechnik und speziell der Nachrichtendienst des abgelaufenen Jahrhunderts gehören bereits dem goldenen Zeitalter an, das die Ausbreitung des gesprochenen Wortes über Raum und Zeit verwirklicht hat. Aber dieses goldene Zeitalter ist noch nicht zu Ende, und wenn wir die Zukunftsmöglichkeiten betrachten, so müssen wir feststellen, dass es sogar erst begonnen hat. Wir müssen unsere Gedanken und unsere Bemühungen noch mehr auf die Zukunft richten. Die Gefühle, die Hauptquellen unseres Schaffens, dürfen nicht lediglich fromme Wünsche oder ein Idealismus sein, die keine Beziehungen zur Wirklichkeit haben. Sie müssen auf einer festen Grundlage stehen und sollen das praktische Ziel der weiteren Entwicklung sein. Menschlicher Fortschritt darf nicht dem Zufall überlassen werden. Mit Hilfe der Wissenschaft kann er und soll er von uns geleitet werden.