Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 28 (1937)

Heft: 13

Artikel: Grundzüge der Bildübertragung und des Fernsehens

Autor: Howald, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059853

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: 07.08.2025

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

Grundzüge der Bildübertragung und des Fernsehens.

Von *W. Howald*, Winterthur [1]).

621.397

Fernmessung und Fernsteuerung haben für den Elektrizitätswerksbetrieb eine grosse Bedeutung gewonnen. Ihre Methoden der Impulsbildung und deren Zusammensetzung zu Messwerten und Schaltbefehlen sind heute jedem Betriebsleiter einigermassen geläufig. Im nachfolgenden wird versucht, über deren Weiterentwicklung zur Bildübertragung und zum Fernsehen in ganz einfacher und allgemeinverständlicher Weise zu berichten.

La télémesure et la télécommande ont acquis une grande importance dans l'exploitation des centrales d'électricité. Chaque chef d'exploitation est maintenant familiarisé avec les méthodes d'impulsion et leur combinaison en valeurs de mesure et en commandes de manœuvre. Dans cet article, l'auteur tente d'expliquer d'une façon aussi simple et compréhensible que possible le développement de ces méthodes et leur application à la transmission des images et à la télévision.

1. Allgemeines.

Nachdem hier vor 1½ Jahren ein Vortrag über die Grundlagen der Fernüberwachung elektrischer Betriebe [2]) veröffentlicht wurde, scheint es gegeben, die Weiterentwicklung dieser speziellen Fernmeldetechnik in grundsätzlicher Weise zu betrachten. Es kann sich dabei natürlich nicht darum handeln, eine vollständige technische und physikalische Beschreibung der benutzten Apparate und Verfahren zu geben, sondern es soll versucht werden, einige Grundzüge zu erläutern, die alles für das Verständnis von Bildfunk und Fernsehen Wesentliche enthalten.

Wenn bei Fernmessung und Fernbetätigung gezeigt wurde, wie der Messwert oder das Steuerkommando in Impulse, die sich entweder in der Dauer (Impulszeitverfahren) oder der Anzahl pro Sekunde (Impulsfrequenzverfahren) für die Messwertübertragung und in Impulse, die sich in ihrem zeitlichen Auftreten (Selektorverfahren) oder der Zusammensetzung ganzer Gruppen (Impulsgruppenverfahren) für die Steuerung unterscheiden, umgeformt wurde, so handelt es sich auch für Bildfunk und Fernsehen um eine Anwendung von elektrischen Impulsen. Der grosse Unterschied gegenüber den Aufgaben der Messtechnik und der Steuerung besteht darin, dass es sich nicht mehr um die Abtastung einer mechanischen Grösse handelt (Zeigerausschlag, Drehzahl eines Zählers, Schalterstellung usw.), sondern dass Lichtwerte (Hell- und Dunkelunterschiede) erfasst und in Impulse umgeformt werden müssen. Ferner verlaufen die Vorgänge bedeutend rascher; handelte es sich früher um 5 ... 10 Impulse pro Sekunde, so benützt der Bildfunk Frequenzen von ca. 2000 bis 50 000 Hertz, je nachdem die Uebertragung über Draht oder drahtlos erfolgt. Das Fernsehen dagegen erfolgt mit weit höherer Schwingungszahl, die je nach der Zeilenzahl zwischen 50 000 und 3 000 000 Hertz liegt. Diese Unterschiede bedingen die Verwendung von Apparaturen, welche gegenüber den für Fernmessung und Fernsteuerung benützten für rasch verlaufende Vorgänge geeigneter, dadurch aber auch komplizierter sind.

Immerhin zerfällt auch hier die Uebertragung in die 4 gleichen Arbeitsvorgänge, die bei jeder Fernwirkanlage vorkommen, nämlich in:

1. Abtastung. Es muss ein elektrisches Organ vorhanden sein, das auf Helligkeitsunterschiede anspricht, und deren Werte momentan (d. h. ohne Zeitverzögerung) in entsprechende Stromwerte umsetzt. Hierzu muss das Bild in einzelne Punkte zerlegt werden.

2. Uebertragung. Durch geeignete Mittel müssen die so erhaltenen Stromwerte (Impulse) übertragen werden.

3. Bildaufbau. Am Empfangsort werden die den einzelnen Bildpunkten entsprechenden Impulse wieder zusammengesetzt und in Helligkeitswerte zurückverwandelt.

4. Synchronismus. Geber und Empfänger müssen zu jeder Zeit im gleichen Augenblick den gleichen Bildpunkt betrachten; d. h. Zerlegung und Aufbau des Bildes haben synchron und phasengleich zu erfolgen.

2. Die Bildübertragung.

Die Physik besitzt in der Photozelle, einer Art Elektronenröhre, deren Schirm mit einem Kaliumpräparat bestrichen ist, ein Instrument, das je nach der Helligkeit mehr oder weniger Strom abgibt.

Klebt man nun das zu übertragende Bild auf einen rotierenden Zylinder und führt die Photozelle längs einer Mantellinie, so tastet dieses elektrische Auge das Bild auf einer Spirale ab und nimmt so die von jedem einzelnen Punkt ausgestrahlte Helligkeit, oder, besser gesagt, deren Reflexion wahr. Damit ist auch die erste Bedingung erfüllt.

Lässt man nun noch im Empfänger einen gleichen Zylinder genau gleich schnell rotieren und verschiebt man das Empfangsmittel ebenfalls genau gleich rasch auf der Mantellinie, so müssen Photozelle und Empfänger jederzeit die gleiche Bildstelle überfahren, also synchron laufen. Diese Synchronhaltung wird auf sehr einfache Weise mit genau abgestimmten Stimmgabeln ermöglicht. An dem einen Gabelzinken wird ein kleiner Spiegel befestigt, auf den der scharf umrissene Strahl einer Glimmlampe fällt. Dessen Reflexion wird auf den Rand einer rotierenden Scheibe, welche Schlitze besitzt, geworfen. Stimmen Drehzahl der Scheibe und Schwingungszahl der Stimmgabel überein, so bleibt der Lichtstrahl stehen. Eilt die Drehzahl nach oder vor, so wandert der Lichtfleck auf dem innern Rand der Scheibe und der Motor muss entsprechend reguliert werden, bis der Fleck stillsteht. Dieser sog. stroboskopische Effekt ist eine in der Physik sehr bekannte und viel verwendete Erscheinung. Die Stimmgabel wird zur genauen Abgleichung in einen Thermostaten eingebaut, damit deren Temperatur sehr genau konstant gehalten werden kann. Hierdurch sind die unter 3 und 4 genannten Bedingungen erfüllt.

Führt man den von der Sendphotozelle erzeugten Strom im Empfänger an einen Stift, der über ein mit Jodstärketinktur präpariertes Papier fährt, so hat man auch schon den Empfänger in einfach-

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten im Technischen Verein Winterthur am 27. November 1936.

[2]) W. Howald, Bull. SEV 1935, Nr. 17, S. 477.

ster Form, nämlich den elektrolytischen Bildschreiber. Die erhaltenen Bilder zeigen bereits Tiefentöne, sind aber für den allgemeinen Bedarf noch zu roh. Immerhin dürfte für spezielle technische Zwecke (z. B. Uebermittlung von schriftlichen Schaltbefehlen oder von Planskizzen) eine Benützung möglich sein.

Gleichstrom eignet sich aus bekannten Gründen nicht für Fernübertragung auf weite Strecken. Fer-

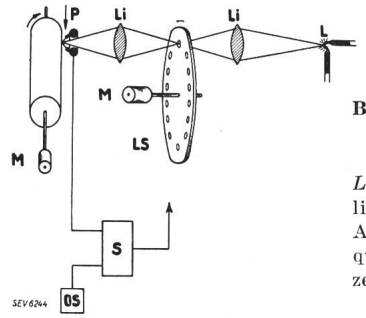


Fig. 1.
Bildsender mit Lochscheibe für Hochfrequenz-Uebertragung.
L Lichtquelle. *Li* Sammellinsen. *Ls* Lochscheibe. *M* Antriebsmotor. *OS* Hochfrequenz-Oszillator. *P* Photozelle. *S* Sender.

ner soll auch die Farbe weiss einem gewissen Stromwert entsprechen. Es wird also eine sog. Nipkowsche Lochscheibe vorgesetzt. Das ist eine rotierende Scheibe, die eine Lochreihe enthält, welche den Lichtstrahl abhackt und in gleichmässige Lichtimpulse unterteilt. Das Licht als solches entspricht somit einer bestimmten Frequenz, welche als Modulationsfrequenz einer Trägerwelle benützt werden kann. Setzt man also noch eine Modulations- und eine Senderöhre vor die Photozelle, so hat man die vollständige Einrichtung zum Bildfunk, wobei das Bild mit der Lochscheibenfrequenz der Trägerwelle aufmoduliert ist, wie die Musik bei der normalen Rundfunksendung. Fig. 1 zeigt das Prinzipschema eines solchen Gebers sowie eine Photozelle.

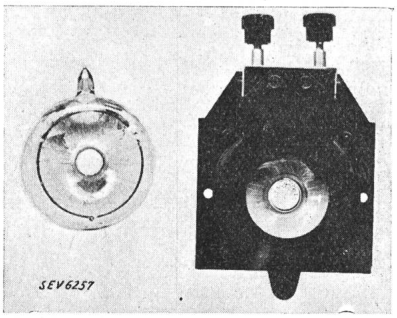


Fig. 1a.
Photozellen.

Im Empfangsteil wird für das photographische Verfahren der sog. *Kerreffekt* (die Doppelbrechung von polarisiertem Licht in Nitro-Benzol) verwendet. Die Kerrzelle ist als Kondensator aufzufassen, dessen Feld durch die vom Sender ausgestrahlten Schwingungen erregt wird. Sie hat ferner die optische Eigenschaft, die lineare Schwingung von polarisiertem Licht in zwei zueinander senkrecht stehende Komponenten zu zerlegen; davon ist die eine parallel, die andere vertikal zum Feld. Aendert sich die Feldstärke, so erhalten diese beiden Komponenten eine Phasendifferenz, die mit der Feldstärkeänderung ändert.

Auf der Rückseite der Kerrzelle wird ein zweites Nicol aufgestellt, das das polarisierte Licht analysiert und in normales Licht zurückverwandelt. Infolge der ändernden Phasenverschiebung, die die eine der Komponenten gegenüber der anderen in der Kerrzelle erhält, interferiert das aus dem zweiten Nicol austretende Licht zwischen Null und maximaler Helligkeit. Diese Veränderung der Helligkeitswerte entspricht genau der vom Sender ausgestrahlten Modulation. Wird also hinter dem Analysator ein Film synchron zum Geber am Lichtstrahl

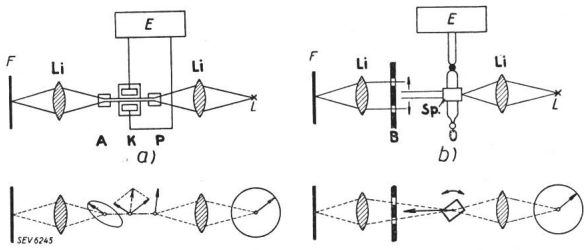


Fig. 2.
Bildempfänger. Prinzip der Kerrzellen- (*a*) und der Schleifenoptik (*b*).
P Polarisator (Nicolsches Prisma). *K* Kerrzelle. *A* Analysator (Nicolsches Prisma). *Li* Sammellinsen. *F* Film. *E* Empfänger. *L* Lichtquelle. *O* Oszillographenschleife. *Sp* Spiegel. *B* Stegblende.

vorbeigeführt, so entsteht auf ihm das gleiche Bild, welches von der Photozelle im Geber erblickt wird.

Neuere Anordnungen verzichten auf die Kerrzelle und benützen die für die Untersuchung rasch verlaufender Vorgänge anderweitig viel benützte Oszillographen-Schleife. Wird der vom Oszillographenspiegel reflektierte Lichtstrahl auf eine Blende gerichtet, welche in der Mitte einen Steg hat, so fällt in der Nullage der Schleife kein Licht auf den dahinterliegenden Film. Je nach der Ablenkung ist die nun durch die Blende fallende Lichtmenge grösser oder kleiner, daher auch die Filmschwärzung verschieden. Es ist also leicht, auf diese Art die Stromwerte wieder in Lichtwerte umzusetzen. Fig. 2 zeigt schematisch diese Anordnung, während Fig. 3 eine komplette Bildtelegraphieanlage für die Uebertragung über Telephonleitungen darstellt. Auf der linken Seite ist die Sendetrommel mit ihrer Apparatur zu erkennen. Ueber die Prismenoptik wird der Lichtstrahl auf die Trommel geworfen. Im Verstärkergestell befinden sich die nötigen Verstärker und Uebertrager zur Anschaltung an die Telephonverbindungsleitungen. Rechts ist der Empfangsteil, welcher ähnlich aufgebaut ist. Neben dem Antrieb der Bildtrommel ist das Okular für die Kontrolle der Stroboskopscheibe für den Gleichlauf ersichtlich.

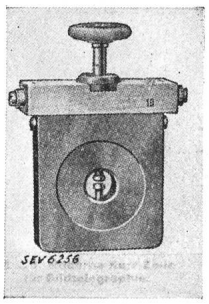


Fig. 2a.
Moderne Kerrzelle für Bildtelegraphie.

Der abtastende Lichtstrahl hat eine Fläche von ca. $^1/_{25}$ mm². Somit geht auf 1 mm Bildbreite ein Raster von 5 Linien. Die ganze Bildfläche von 18×26 cm wird in ca. 3 Minuten abgetastet und übertragen.

Der Vorgang ist dabei folgender: Erst wird nach der beidseitigen Inbetriebsetzung die Stimmgabelabstimmung geprüft, um eine exakte Synchronisierung zu haben. Dann wird durch Sendung von Weiss die Kerrzelle, bzw. die Schleifenoptik eingestellt, wonach ohne weiteres die Bildtrommeln eingeschoben werden können und die Uebertragung beginnt.

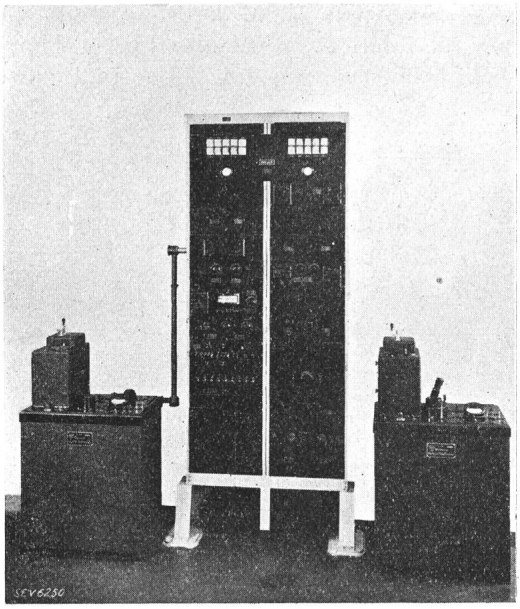


Fig. 3.
Bildtelegraphieeinrichtung für Uebertragung auf Telephonleitungen. Sende- und Empfangseinrichtung.

Ueber die Qualität solcher telegraphierter Bilder kann sich jedermann täglich Rechenschaft geben, sind doch die meisten Bilder in den illustrierten Zeitungen «gefunkt»; auch das Bildübertragungsnetz ist schon jetzt sehr weitgespannt und reicht über die ganze Erde. In Fig. 4 sind solche Bildproben dargestellt, welche erst bei genauer Betrachtung einen Unterschied zwischen Original und Uebertragung erkennen lassen (in dieser Reproduktion ist überhaupt kein Unterschied ersichtlich; in den Klischeeunterlagen war im Bild rechts der Zeilenraster zu sehen).

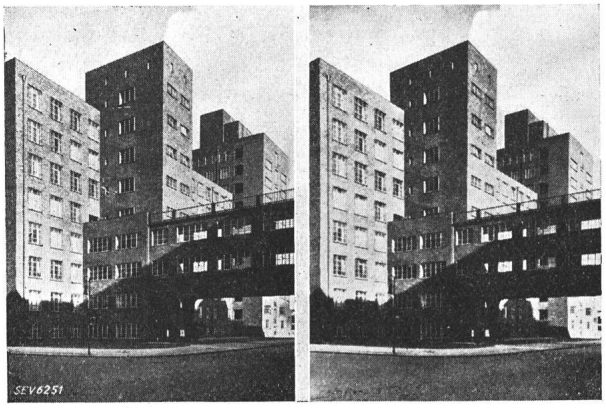


Fig. 4.
Bildproben: links Original, rechts Uebertragung.

3. Das Fernsehen.

Bei der Besprechung des Bildfunks wurde erläutert, wie ein Bild zur Uebertragung ähnlich einem Mosaik in kleine Einzelpünktchen zerlegt wird, wie diese nacheinander über die Leitung gesandt, um am Empfangsort wieder in der gleichen Reihenfolge und am gleichen Platz aneinandergereiht zu werden.

Geht man zur Darstellung des lebenden Bildes im Kino über, so werden hier bekanntlich Einzelbilder in so rascher Folge auf den Schirm geworfen, dass das Auge die Einzelbilder nicht mehr erfassen kann, sondern nur den Bewegungslauf sieht. Hierzu genügen 25 Bilder in der Sekunde, da das Auge ca. $^1/_7$ s braucht, um den Einzeleindruck aufzunehmen. Immerhin wird der Bewegungsablauf noch natürlicher, wenn die doppelte Bildzahl projiziert wird.

Damit ist nun gleich der grundlegende Unterschied zwischen Normalkino und Fernkino oder Fernsehen klargelegt. Beim Normalkino wird jedes Bild als Ganzes während der Bilddauer auf die Wand projiziert, beim Fernkino muss jedes Bild in Einzelpünktchen zerlegt werden. Alle diese Einzelpünktchen müssen aber in der gleichen Zeit von $^1/_{25}$ s übertragen werden. Dabei sind für eine Bildgrösse von etwa 20×20 cm, wenn das Bild in 180 Zeilen zu 220 Pünktchen zerlegt wird, ca. 40 000 Bildpunkte zu übertragen. Das gibt somit die Zeitspanne von $1 : 40\,000 \times 25 = {}^1/_{1\,000\,000}$ s für die Uebertragung eines einzelnen Punktes.

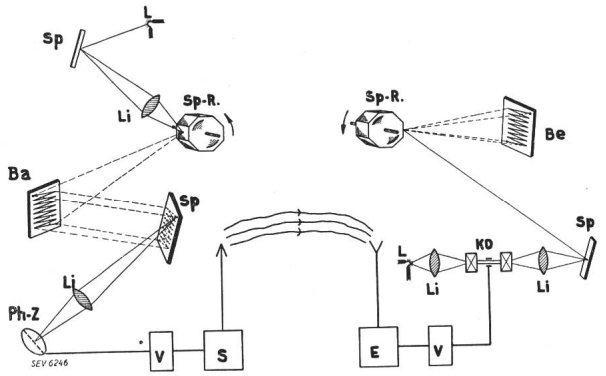


Fig. 5.
Prinzip der Fernsehübertragung mit Spiegelrad.
L Lichtquelle. *Sp* Spiegel. *Li* Sammellinse. *Ba* Aufzunehmender Gegenstand. *Be* Empfangsbild. *Ph-Z* Photozelle. *V* Bildverstärker. *S* Hochfrequenz-Sender. *E* Hochfrequenz-Empfänger. *KO* Kerr-Optik. *Sp-R* Spiegelrad.

Betrachtet man den Vorgang in seiner technischen Ausführung, so kommt man wieder auf die Verwendung der schon bekannten Nipkowschen Lochscheibe. Werden die Löcher als Spirale angebracht und so distanziert, dass jeweils nur ein Loch zur gleichen Zeit das Bild überstreicht, so ist ersichtlich, dass bei Rotation der Scheibe der durch die Löcher fallende Lichtstrahl jeden Punkt des Bildes nacheinander abtastet. Da die Löcher ausserordentlich klein sind (0,1 mm Durchmesser) und jeder Punkt nur während $^1/_{1\,000\,000}$ s vom Lichtstrahl getroffen wird, sind die durchgehenden Lichtmengen ausserordentlich gering. Die Lichtstärke der Uebertragung war daher unbefriedigend.

Die Laboratorien gingen aus diesem Grund zum sog. Spiegelrad über. Dieses ist in seiner Wirkung ähnlich der Lochscheibe. Auf einem Rad sind Spiegelstückchen so angebracht, dass sie nach zwei Seiten geneigt sind. Diese Neigung ändert sich mit jedem Spiegelelement so, dass ein Lichtstrahl bei einmaliger Rotation das ganze Bild oder Blickfeld in Zickzacklinie abtastet und die aufgenommenen Helligkeitswerte der Photozelle zuleitet.

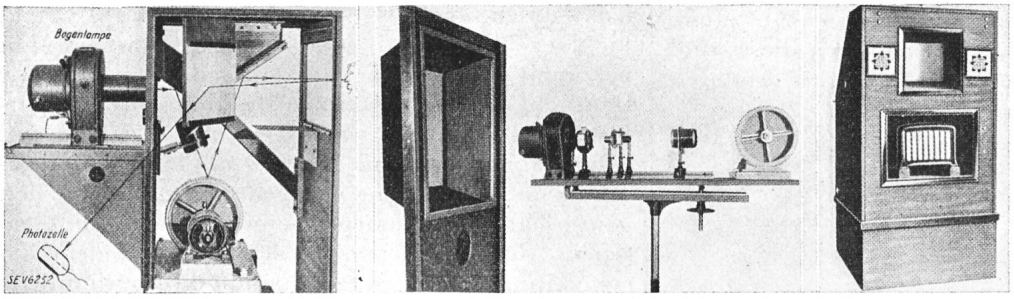


Fig. 6.
Fernsehapparatur mit Spiegelrad (Ausführung 1930).

Auf der Empfängerseite befindet sich eine Kerroptik, welche ihr Licht auf ein zweites mit dem Spiegelrad des Gebers synchron und phasengleich laufendes Spiegelrad wirft. Auf der Mattscheibe des Empfängers muss daher das vom Sender aufgenommene Bild erscheinen. In Fig. 5 ist die schematische Anordnung dieses Verfahrens dargestellt, während Fig. 6 die von Telefunken im Jahr 1930 ausgestellte Apparatur zeigt.

Dieser Uebertragungsmechanismus ist ganz augenscheinlich schwerfällig und langsam. Der abzutastende Gegenstand muss im Halbdunkel stehen und scharf beleuchtet werden. Eine wirklich befriedigende Lösung des Fernsehproblems lässt sich daraus kaum erwarten.

Nun hat aber die Technik zur Erforschung rasch verlaufender Erscheinungen seit einigen Jahren ein Instrument im Gebrauch, das trägheitslos allen erteilten Befehlen nachkommt. Es ist dies die Kathodenstrahlröhre [3]), die in der Form der Röntgenröhre und in der Abart der Radioröhre allgemein bekannt ist. Sie besitzt eine Glühkathode mit einem separaten Heizfaden, welche die Elektronen, also kleinste Elektrizitätsteilchen negativer Ladung aussendet. Die Geschwindigkeit, mit welcher sie ausstrahlen, liegt infolge künstlicher Beschleunigung durch die angelegten Anodenspannungen in der Grössenordnung von 40 000 km/s. Vor der Kathode liegt das von der Radioröhre her bekannte Gitter. Es wird hier Wehnelt-Zylinder genannt und ist zylindrisch um die Kathode gelegt. Je nachdem dieser Zylinder mehr oder weniger negative Vorspannung gegenüber der Kathode hat, wird der Elektronenaustritt aus der Kathode verringert oder vermehrt. Diese letzte Eigenschaft ist für den Fernsehempfang sehr wichtig und wird noch besprochen werden. Die Röhre ist ferner mit verschiedenen Anodensystemen ausgerüstet, welche mit Hilfe ihres positiven Potentials den Elektronenstrom beschleunigen und ihn zugleich sammeln und richten, ganz ähnlich wie eine Linse die Lichtstrahlen sammelt.

Wird nun vor der Röhre ein Film vorübergezogen, durch welchen der Elektronenstrahl durchdringt und auf der Rückseite auf eine Photozelle auftritt, so gibt die Photozelle Ströme ab, die der Filmhelligkeit entsprechen. Ueber Verstärker und Sender können so die Helligkeitswerte des Filmbildes in den Raum gefunkt werden (Fig. 7).

Es ist nun nur noch nötig, den Elektronenstrahl sehr rasch, d. h. in $^1/_{25}$ s über alle Punkte des Filmbildes zu führen, d. h. dieses abzutasten. Dazu dienen zwei Plattenpaare. Je nachdem diese Platten elektrisch aufgeladen werden, werden die Elektronen verschieden abgelenkt; da die Plattenpaare senkrecht zueinander stehen, ist z. B. die Ausführung einer Zickzacklinie möglich. Dadurch kann also das ganze Bild abgetastet werden, sofern die Zeilen eng genug gewählt werden.

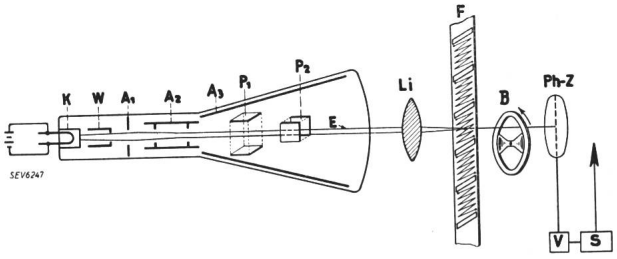


Fig. 7.
Das Prinzip des Zwischenfilmverfahrens mit Kathodenstrahlröhre.
K Kathode. *W* Wehnelt-Zylinder. $A_1A_2A_3$ Anoden. P_1P_2 Ablenkplatten. *E* Elektronenstrahl. *Li* Linse. *F* Film. *B* Vorschub-Blende. *Ph-Z* Photozelle. *V* Bildverstärker. *S* Hochfrequenz-Sender.

Es wurde vorhin ausgerechnet, dass ein Bildpunkt bei 180 Zeilen nur $^1/_{1\,000\,000}$ s belichtet wird; die Lichtwerte sind daher ausserordentlich gering. Deshalb muss der Umweg über den Film erfolgen. Die Apparate sind aber bereits so entwickelt, dass zwischen Filmaufnahme und Uebertragung im Sender für das Entwickeln und Abtasten nur ca. eine halbe bis höchstens zwei Minuten gebraucht werden. Nach diesem sog. Zwischenfilmverfahren arbeitet z. B. das Baird-System [4]) mit dem in England gegenwärtig ausgedehnte Versuche gemacht werden.

Eine ganz neue Weiterentwicklung stammt von Zworykin, einem amerikanischen Professor. Es ist das das sog. *Ikonoskop*. Dieses besteht wieder aus einer Kathodenstrahlröhre mit Kathode, Wehnelt-Zylinder, Anoden und Ablenkplatten. Weiter ist

[3]) A. v. Sluiters, Die Kathodenstrahlröhre, Publ. d. Philips-Radio.

[4]) Bull. SEV 1936, Nr. 23, S. 670 und 673.

darin aber eine photoelektrische Schicht auf einer Platte eingebaut. Hierauf sind einzelne Photoelemente in mikroskopischer Grösse aufgebracht, die nun, genau wie die Netzhaut im menschlichen Auge, das durch die Linse aufgeworfene Bild in sich aufnehmen und die Helligkeitswerte als elektrische Ladungen aufspeichern.

Trifft der Elektronenstrahl bei seiner Abtastung auf ein solches Element, so entlädt sich dieses und gibt einen Strom an den Verstärker ab, wodurch

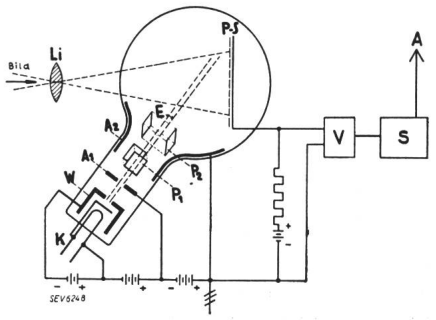


Fig. 8.
Das Ikonoskop als Fernsehsender.
K Kathode. *W* Wehnelt-Zylinder. A_1A_2 Anoden. P_1P_2 Ablenkplatten. *E* Elektronenstrahl. *Li* Sammellinse. *P-S* Photoelektrische Schicht. *V* Verstärker. *A* Antenne. *S* Hochfrequenz-Sender.

der Sendevorgang in üblicher Weise eingeleitet wird. Es ist nun leicht ersichtlich, dass diese Art der Bildaufnahme viel lichtstärker sein muss, denn das Photozellenelement kann ja nun alle Lichtenergie zwischen zwei Abtastungen speichern, d. h. während $^1/_{25}$ s. Die Energie muss also 40 000mal grösser sein. Es ist daher möglich, mit dem Ikonoskop direkt zu sehen, d. h. auch Freilichtaufnahmen zu machen. In Fig. 8 ist seine prinzipielle Schaltung dargestellt.

Auf der Empfängerseite wird die gleiche Kathodenstrahlröhre, wie sie vorher erläutert wurde, verwendet. An Stelle der Photozelle tritt lediglich eine fluoreszierende Fläche, der sog. Schirm, welcher aufleuchtet, wenn der Elektronenstrahl darauf auftritt. Werden die ankommenden Bildsignale dem Wehnelt-Zylinder zugeleitet, so tritt die den wechselnden Amplituden entsprechende stärkere oder schwächere Elektronenemission ein, und auf dem Schirm erscheint das aus den verschiedenen Helligkeitswerten zusammengesetzte Bild. Fig. 9 zeigt eine solche Kathodenstrahlröhre, die von Philips für Fernsehzwecke gebaut wird.

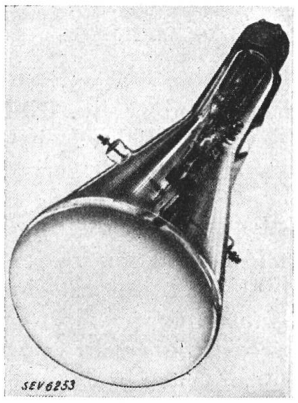


Fig. 9.
Fernsehröhre.

Bevor die gesamte Fernsehapparatur und die damit erreichten Resultate weiter besprochen werden, soll kurz noch die Elektronenstrahl-Ablenkung betrachtet werden. Die Ablenkplatten in der Kathodenstrahlröhre wurden bereits erwähnt. Wenn es gelingt, diese Platten in regelmässigem Takt langsam aufzuladen und momentan zu entladen, so bewegt sich der Strahl z. B. langsam von links nach rechts und sehr rasch wieder zurück. Macht man das $180 \times 25 = 4500$mal in der Sekunde von links nach rechts und zur gleichen Zeit 25mal von oben nach unten, so muss der Elektronenstrahl 25mal die ganze Fläche mit je 180 Zeilen abtasten. Man bekommt dadurch ein ganz gutes Bild mit schöner Deutlichkeit. Der Elektronenstrahl beschreitet hierbei pro Sekunde auf dem Schirm der Röhre den respektablen Weg von ca. 2000 m. Die Radiotechnik kennt nun solche Einrichtungen, welche den gewünschten langsamen Spannungsanstieg mit raschem Abfall erzeugen, seit langem unter dem Namen Kippspannungsgeräte. Es sind dies gewöhnliche Röhrenschaltungen, die hier weiter nicht interessieren. Es ist lediglich wichtig, dass die Kippspannungen in Sender und Empfänger absolut synchron laufen müssen. Hierzu wird im Sender ein Schwingungsgenerator für die Zeilenfrequenz von 4500 Hz erregt. Diese wird einerseits über das Zeilen-Kippspannungsgerät dem ersten Plattenpaar im Ikonoskop zugeführt. Anderseits wird sie über ein Modulationsrohr der Trägerwelle aufgedrückt und gibt die Synchronisierimpulse für die Zeilen-Kippspannung im Empfänger ab. Aus der Zeilenfrequenz

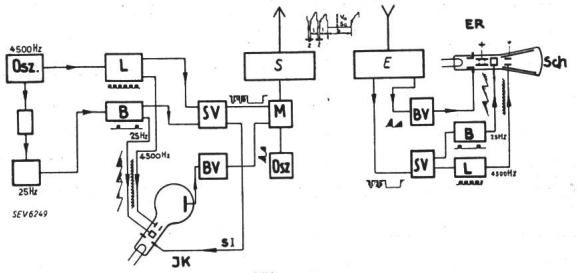


Fig. 10.
Fernseheinrichtung (Prinzip-Schaltung).
S Sender. *E* Empfänger. *OSZ* Oszillator. *L* Linien-Kippspannungsgerät. *SV* Synchronisier-Verstärker. *BV* Bild-Verstärker. *l* Zeilenbildimpuls. *z* Zeilensynchronisierimpuls. *b* Bildsynchronisierimpuls. *M* Modulator. *IK* Ikonoskop. *ER* Empfangsröhre. *Sch* Empfangs-Schirm. *SI* Synchronisier-Impuls. *Va* Bildamplitude. *Sa* Synchr.-Amplitude.

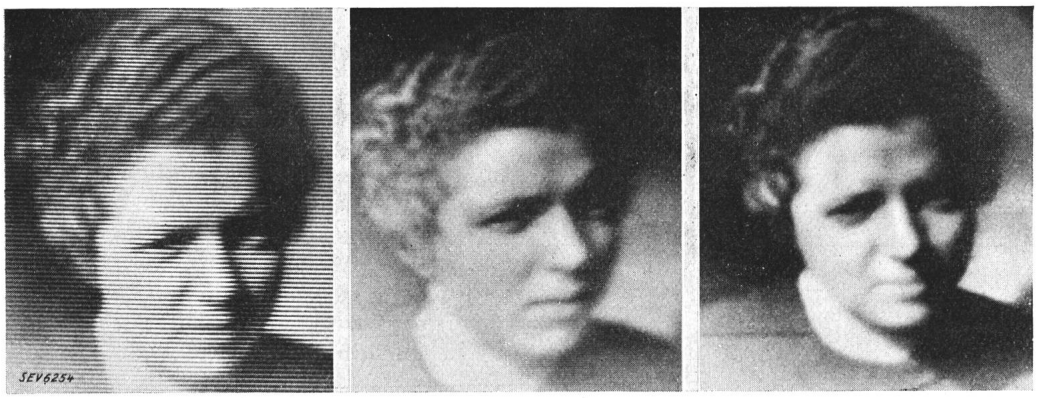
von 4500 Hz wird durch elektrische Teilung die Bildfrequenz von 25 Hz erzeugt und über das Bildkippspannungsgerät dem zweiten Plattenpaar sowie dem Modulator zur Synchronisierung der Bildfrequenz im Empfänger zugeführt. Die vom Ikonoskop kommenden Spannungsschwankungen der Bildfrequenz werden nach Verstärkung im gleichen Modulator der Trägerwelle aufgedrückt.

Im Empfänger ist am Eingang der Hochfrequenzempfangsteil vorgeschaltet. Dieser trennt die Bildfrequenz von den Synchronisierimpulsen für die Kippspannungsgeräte, welche über einen separaten Verstärker diesen für Zeilen- und Bildbewegung getrennt zugeleitet werden. Die Bildfrequenz selbst gelangt auf den Wehnelt-Zylinder, womit der Elektronenstrom gesteuert wird, der das Bild auf den Empfangsschirm entwirft. In Fig. 10 ist die vereinfachte Schaltung einer vollständigen Fernsehanlage nach diesem Prinzip dargestellt. Nach diesem Ver-

fahren arbeitet z. B. neben Philips [5]) auch die Marconi-Gesellschaft [6]) in England.

Durch Farnsworth wurde ein etwas vom Ikonoskop abweichender Apparat entwickelt; er beruht auf der photoelektrischen Wirkung eines Elektronenstrahles, der durch Sekundäremission verstärkt wird [7]). Seine Besprechung dürfte sich hier erübrigen, da er keine prinzipielle Aenderung im Verfahren ergibt. Die Versuche gehen nun in Richtung der Zeilen- und Bildvermehrung weiter, um möglichst flimmerfreie Bilder zu erhalten. Hierfür hat sich speziell die Methode des Zeilensprungs [8]) als vorteilhaft erwiesen. Hierbei werden für jedes Bild z. B. zuerst die geraden, dann die ungeraden Zeilen abgetastet. Man gelangt damit zu einer rascheren Bildfolge, ohne die Frequenzen erhöhen zu müssen.

Ueber die Qualität der erreichten Bilder orientiert Fig. 11, welche Bilder verschiedener Zeilenzahl zeigt.



120 Bildzeilen. 180 Bildzeilen. 405 Bildzeilen.

180 Bildzeilen. 405 Bildzeilen.

Fig. 11.
Fernsehbilder verschiedener Zeilenzahlen.

4. Entwicklungsaussichten.

Nachdem die physikalischen Methoden des Bildfunks und des Fernsehens erläutert worden sind, sollen auch noch kurz die Entwicklungsaussichten gestreift werden. Da steht es nun bedeutend weniger gut als mit dem Rundfunk. Es dürfte bekannt sein, dass im menschlichen Ohr Schwingungszahlen von ca. 50 bis 9000 pro Sekunde als mehr oder weniger angenehme Töne und nicht nur als Geräusche wahrgenommen werden. Diese ca. 9000 Hz nennt man die Bandbreite, die bei der Zuteilung der Rundfunkwellen insofern eine Rolle spielt, als die einzelnen Sender mit ihrer Wellenlänge um eben diese 9000 Hz auseinanderliegen müssen, damit sie sich nicht gegenseitig stören.

Für die Bildübertragung und das Fernsehen ist als Bandbreite die Zahl der pro Sekunde zu übertragenden Bildelemente massgebend. Benutzt man beim Bildfunk einen Strahl von ca. $^1/_{25}$ mm², so ergeben sich pro cm² 2500 Punkte. Das Bild von ca. 18×26 cm = 468 cm² enthält somit 1 170 000 Punkte. Wenn man bedenkt, dass eine Wechselstromperiode einem zweimaligen Wechsel von Hell-Dunkel entspricht, so erhält man bei einer Abtastung in 12 Sekunden eine Modulationsfrequenz von ca. 50 000 Hz. Geht man mit der Frequenz auf z. B. 10 000 Hz herunter, so wächst die Uebertragungszeit auf eine Minute. Für die Uebertragung über Telephonkabel, welche nur für bedeutend geringere Frequenzen gebaut sind, wächst somit die Uebertragungszeit entsprechend.

Für hochfrequente Uebertragung soll die Trägerwelle ein Vielfaches der höchsten Modulationsfrequenz sein; dadurch wird man beim Bildfunk sofort in das Gebiet der Kurzwellen verwiesen, wenn eine einigermassen grössere Sendgeschwindigkeit eingehalten werden soll.

Kurzwellen, d. h. Wellen von 20 . . . 60 m Länge, haben den Vorteil, dass sie gerichtet werden können, z. B. Berlin—Rio de Janeiro usw., und gegenüber Langwellen-Sendern nur geringe Sendeleistung verlangen. Anderseits muss, mit Rücksicht auf die die Uebertragung beeinflussende reflektierende Heaviside-Schicht, die Wellenlänge je nach der Tageszeit gewechselt werden. Es treten somit für diese Uebertragungsart allerlei unangenehme Nebenerscheinungen auf, welche, ganz abgesehen von den

[5]) Philips Techn. Rundschau 1936, Heft 1, S. 16.
[6]) Bull. SEV 1936, Nr. 23, S. 670 und 673.
[7]) Bull. SEV 1936, Nr. 4, S. 109.
[8]) Philips Techn. Rundschau 1936, Heft 11, S. 325.

Echoeinflüssen durch verschiedene Reflexion der Wellen, kostspielige Ergänzungen an den Apparaturen verlangen.

Beim Fernsehen kommt man nach gleicher Berechnung bei 180 Zeilen auf ca. 500 kHz, bei 450 Zeilen sogar auf 3000 kHz, wird also ganz automatisch in das Gebiet der Ultrakurzwellen gewiesen, d. h. Wellen zwischen 3 und 7 m. Diese haben nun den Nachteil, dass sie in ihrem Verhalten schon stark den Licht- und Wärmestrahlen ähneln. Sie schmiegen sich nicht mehr der Erdoberfläche an und werden von im Weg stehenden Hindernissen, wie z. B. Hügeln und Bergen, absorbiert [9]). Ein Fernsehsender kann also nur aufgefangen werden, soweit seine Antenne vom Empfänger sichtbar ist, d. h. bestenfalls auf 40 ... 50 km. Ganz abgesehen von den Modulationsschwierigkeiten würde die Verwendung längerer Wellen, z. B. einer 500 m-Welle für Bildfunk mit 50 kHz den Bereich zwischen 480 m und 520 m, für Fernsehen mit 500 kHz sogar zwischen 350 m und 850 m belegen. Es hätten also auf dem für Rundfunk bestimmten Wellenband nur sehr wenig Fernsehsender Platz, ohne sich gegenseitig zu stören.

Ein weiterer Nachteil ist der grosse Aufwand, den ein Empfänger beansprucht. So enthält ein neueres Modell ca. 20 Röhren. Die Geräte sind entsprechend teuer und dürften um ca. Fr. 2000.— kosten.

Die Erfahrung hat ferner gezeigt, dass Radio ohne grosse Ermüdung während Stunden angehört werden kann; es ist auch möglich, dabei andere Arbeit zu verrichten. Beim Fernsehen ist das nicht möglich; es absorbiert vollständig und ermüdet dadurch. Es wird sich ähnlich dem Kino eher für Gemeinschaftsempfang eignen. So wurden z. B. die Vorgänge der Olympischen Spiele in Berlin über den Fernsehversuchssender Witzleben in etwa 30 «Fernsehstuben» auch denen zugänglich gemacht, die nicht im Stadion Platz fanden [10]).

Wenn auch eine allgemeine Verbreitung ähnlich dem Radio für Bildfunk und Fernsehen bezweifelt werden muss und die zu überwindenden Schwierigkeiten [11]) noch gross sind, so werden Technik und Wissenschaft sie doch in absehbarer Zeit bemeistern.

[9]) Neuere Untersuchungen scheinen auf etwas günstigere Eigenschaften der Ultrakurzwellen hinzudeuten. (*Red.*).

[10]) Bull. SEV 1936, Nr. 23, S. 675.

[11]) F. Schröter, Der heutige Stand der Fernsehübertragung, Telefunken-Zeitung Nr. 66/67.

Les pertes supplémentaires par aimantation dans les lignes triphasées à haute tension.

Par *Ch. Jean-Richard*, Berne.

621.3.017.39 : 621.315.531

L'auteur, ingénieur aux Forces Motrices Bernoises S. A. à Berne, rend compte de quatre séries de mesures faites sur différents types de câbles en aluminium-acier, utilisés pour le réseau à 150 kV des FMB.

Der Autor, Ingenieur der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern, berichtet über vier Versuchsreihen, welche an verschiedenen Typen von Aluminium-Stahlseilen aufgenommen wurden, die im 150-kV-Netz der BKW verwendet werden.

Nous avons fait pendant les années 1927 à 1930 quelques essais sur des câbles en aluminium-acier pour savoir quelles sont les pertes ohmiques de ces câbles. La disposition de ces essais est représentée par la fig. 1.

Le *premier essai* se rapporte à une ligne triphasée dont les trois conducteurs en aluminium-acier sont exécutés sur toute leur longueur selon le même mode qui consiste à croiser les fils d'aluminium des différentes couches. Les conducteurs de cette ligne sont placés de part et d'autre d'une rangée de pylônes entièrement métalliques.

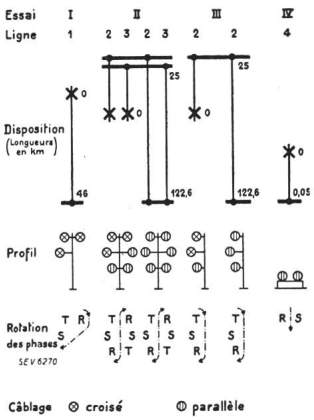


Fig. 1.
Tableau synoptique des lignes essayées.

Le *deuxième essai* se rapporte à une ligne double dont les six conducteurs en aluminium-acier sont exécutés sur la plus grande partie de leur longueur selon le même mode qui consiste à ne pas croiser les fils d'aluminium des différentes couches. Sur le reste du parcours qui comprend environ 10 % de la longueur totale, la ligne se compose d'une partie des câbles essayés précédemment.

Le *troisième essai* se rapporte à la même ligne que le deuxième essai, à ceci près, que seulement trois des six conducteurs ont été examinés.

Le *quatrième essai* a été fait sur un petit bout de câble formant boucle et étendu à proximité du sol. Les fils d'aluminium de ce câble étaient tous enroulés dans le même sens.

Le tableau I donne des renseignements détaillés sur les deux types de câbles examinés au cours des quatre essais.

Tableau I.

Matériel	Acier		Aluminium	
Diamètre des fils, mm . .	2,69	2,69	2,69	2,69
Nombre de fils par couche	1	6	12	18
Câblage croisé				
Enroulement à	—	gauche	droite	gauche
Déplacement par tour, mm	—	160	137	250
Câblage parallèle				
Enroulement à	—	gauche	droite	droite
Déplacement par tour, mm	—	166,6	125	125

A chacun des essais I à IV nous avons déterminé la température des câbles, soit aux essais I et IV par thermomètres et aux essais II et III par couples thermo-électriques. Pour les quatre essais nous avons rapporté les pertes mesurées à la tempéra-