

Mechanisches Fernsehen

Fernsehempfang in der vorelektronischen Zeit

Franz Pichler

Einleitung

Elektronik ist als Begriff fest verbunden mit der Erzeugung (Emission) und Steuerung von freien Elektronen in Vakuum, in Gasen oder in Halbleiter. Als ein wichtiges physikalisches Werk der "ersten Stunde" kann dafür J.J. Thomson: *Conductions of Electricity through Gases* (Cambridge 1903), deutsche Ausgabe 1906, gesehen werden.

Der Einsatz der Elektronik im Gebiet der Informationstechnik hat große Fortschritte gebracht und deren Geräte- und Systemtechnik geradezu revolutioniert. Als erste Spezialdisziplin dafür steht die Telegraphie wo die drahtlose Telegraphie (Marconi 1897) wie sie mit der Funkenstrecke als Sender eingeführt wurde, durchaus einen elektronischen Charakter hat.

Die Erfindung der Elektronenröhre (Robert von Lieben 1906, 1910, Lee de Forest 1906, 1912) führte zum (elektronischen) Verstärker für Telefonleitungen und zum Röhrenoszillator (Strauss 1912, Meissner 1912) und damit auch zur (elektronischen) drahtlosen Telephonie und zum Radio. Der Einsatz der Elektronik in der Bildtelegraphie kann mit der Verwendung der Photozelle als lichtempfindlicher Sensor (Rosenthal 1907) sowie der Kerr-Zelle im Empfänger (Karolus 1924) gleichgesetzt werden.

Das Fernsehen, das wegen der erforderlichen Bandbreite für Übertragungskanäle und der Geschwindigkeit der Bildabtastung und Bildwiedergabe besonders hohe Anforderungen stellt, musste lange auf eine elektronische Realisierung warten. Erst die von Manfred von Ardenne (1931) durchgeführten Experimente zu einer vollelektronischen Abtastung und Wiedergabe mit Hilfe der bereits seit 1897 bekannten Braunschen Kathodenstrahlröhre und die Entwicklung des Ikonoskop (Zworykin 1932) und der Bildsondenröhre (Dieckmann und Hell 1925, Farnsworth 1932) führte zu einem Erfolg.

Noch länger musste aber die maschinelle Rechentechnik auf den Einsatz der Elektronik warten. Hier gilt die 1946 erfolgte Inbetriebnahme des ersten elektronischen Rechners, also des Computers, wie dieser in den USA durch den ENIAC mit ca. 18.000 Elektronenröhren realisiert wurde, als Meilenstein.

Welche elektrischen Technologien wurden in der "vorelektronischen Zeit" in diesen Gebieten der Informationstechnik eingesetzt? Es war vor allem die Elektromechanik wie diese mit Hilfe von Elektromagneten und mechanischen Systemen eingesetzt wurde, die hier zur Anwendung kam (Telegraph von Morse 1837, Telephon von Bell 1876, automatische Fernsprechvermittlung von Strowger 1889, Elektromechanischer Bildtelegraph von Bakewell 1848, Elektrisches Mechanisch/Optisches Fernsehen nach Nipkow 1884, Relaisrechner Z3 von Zuse 1941 u.a.)

In diesem Beitrag soll genauer auf die Entwicklung des elektrischen Fernsehens in der "vorelektronischen Zeit" eingegangen werden. Wir wollen dabei die Erfindung der mechanisch/elektrischen Abtastung und Wiedergabe mittels der von Paul Nipkow erfundenen Scheibe in den Beginn der Entwicklung setzen.

Abgesehen von der kulturgeschichtlichen wichtigen Bedeutung der Darstellung dieser technischgeschichtlich wichtigen Fakten für die damit geschaffene wirtschaftliche und gesellschaftliche Situation kann man daraus auch Hinweise für mögliche moderne Entwicklungen bekommen.

Allgemeine Charakterisierung der Anforderungen

Als erstes gilt es "Fernsehen" zu definieren. Zur Abgrenzung gegenüber der Bildtelegraphie, der elektrischen Übertragung eines (stehenden) Bildes über einen Draht- oder Funkkanal, kann die von bekannten amerikanischen Radio-Journalisten und Vorreiter von Science Fiction Hugo Gernsback gegebene Erklärung

"Television means instantaneous sight at a distance" genommen werden. Dabei tritt gegenüber der "Bildtelegraphie" als Erschwernis dass man dabei von bewegten Bildern ausgehen muss, also von Bildern, die sich mit der Zeit verändern.

Im Prinzip sind folgende Punkte für ein Fernsehsystem zu erfüllen:

1. Die Realisierung eines Sensorsystems zur schnellen Aufnahme optischer Bilder und deren Wandlung in elektrische Signale ("Fernsehkamera")
2. Die Realisierung eines Übertragungssystems ("Fernsehübertragungskanal")
3. Die Realisierung eines Gerätes zur raschen Wandlung der vom Übertragungssystem kommenden elektrischen Signale in optische Bilder ("Fernsehapparat")

Entscheidend für die Qualität einer Fernseh-Bildübertragung ist vor allem die Empfindlichkeit und die Güte der Auflösung eines optischen Bildes mittels der "Videokamera", die Güte des Übertragungssystems (gegeben durch die Art der "Kanal-codierung", "Synchronisation" und dessen "Übertragungskapazität") und die Güte des "Fernsehapparates" (charakterisiert durch "Bildschärfe", "Bildhelligkeit" u.a.).

Realisierungstechnologien der vorelektronischen Zeit

Fernsehen nach Nipkow

Als "Fernsehkamera" für die Wandlung eines optischen Bildes wurde im Jahre 1884 durch ein Patent des jungen Berliner Studenten Paul Nipkow eine Lochscheibe ("Nipkowscheibe")

vorgeschlagen deren in einer Spirale angeordnete Löcher durch die Drehung der Scheibe ein optisches Bild in einzelne Zeilen zerlegen. Die einzelnen Bildzeilen werden mittels einer Selenzelle (später mit einer Photozelle) in elektrische Signale gewandelt.

Nach deren Übertragung über eine Drahtleitung oder (ab etwa 1920) durch einen Funkkanal wird im Empfänger über einen Verstärker eine Glühlampe der Amplitude des Signals entsprechend zum Leuchten gebracht. Eine mit der Nipkow-Scheibe der sendeseitigen Kamera synchron umlaufende (Empfangs) Nipkow-Scheibe nimmt punktweise das Lichtsignal auf (durch die Drehung entsteht dabei eine Zeile) und erzeugt damit für das menschliche Auge (eventuell nach Vergrößerung mittels eines optischen Systems) ein Bild. Die Zahl der Bildpunkte der Nipkow-Scheibe bestimmt dabei die Zeilenzahl pro Bild. Der Abstand der Bildpunkte voneinander gibt die Bildbreite an, die Tiefe der Punktspirale auf der Nipkow-Scheibe bestimmt die Bildhöhe. Da pro Drehung der Nipkow-Scheibe ein Bild gezeichnet wird, ist die Bilderzahl pro Sekunde mit der Umdrehungszahl der Scheibe pro Sekunde identisch.

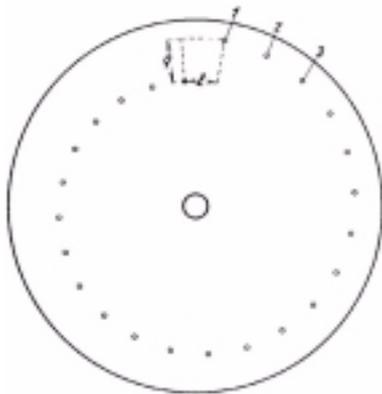


Bild 1: Nipkow-Scheibe

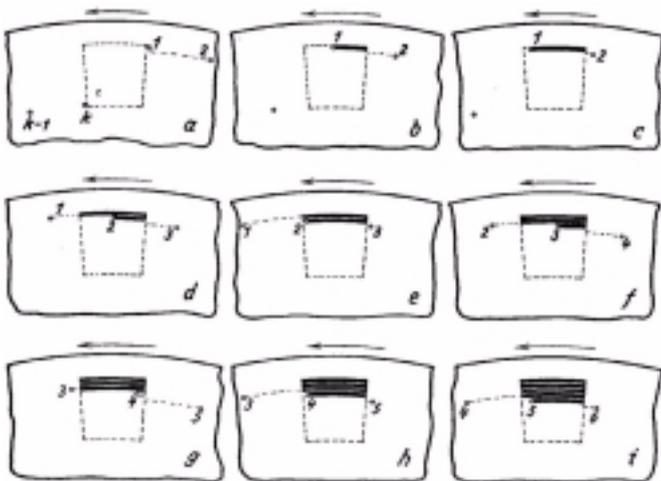


Bild 2: Funktion der Nipkow-Scheibe

Weitere Prinzipien der Bildfeldzerlegung

Neben der Abtastung eines optischen Bildes durch eine Nipkow-Scheibe wurden auch Anordnungen mit bewegten Spiegeln zur Zerlegung eines Bildfeldes in einzelne Zeilen verwendet. Besonders bekannt geworden ist dabei das Spiegelrad von

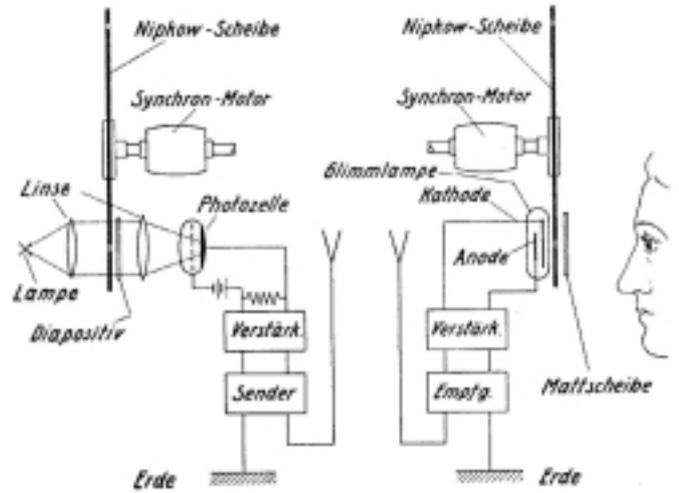


Bild 3: Einfaches Schema einer Fernseh-Systems mit Nipkow-Scheiben

Weiller (1889), die Spiegelschraube von F.v. Okolicsanyi (1927) sowie der Spiegelkranz von Mihaly (1933):

Das Spiegelrad von Weiller

Das Weiller'sche Spiegelrad besteht aus einem radförmigen Vielkantspiegel. Jede Spiegelkante realisiert bei der Drehung eine Zeile von Lichtpunkten. Die Spiegel der einzelnen Kanten sind gegeneinander um einen gewissen Winkel geneigt, so dass von einzelnen Spiegelkanten aufeinanderfolgende Zeilen geschrieben werden. Mit einer Umdrehung wird daher von einem Weiller'schen Spiegelrad mit k-Spiegelkanten ein gesamtes Bild mit k-Zeilen erzeugt.

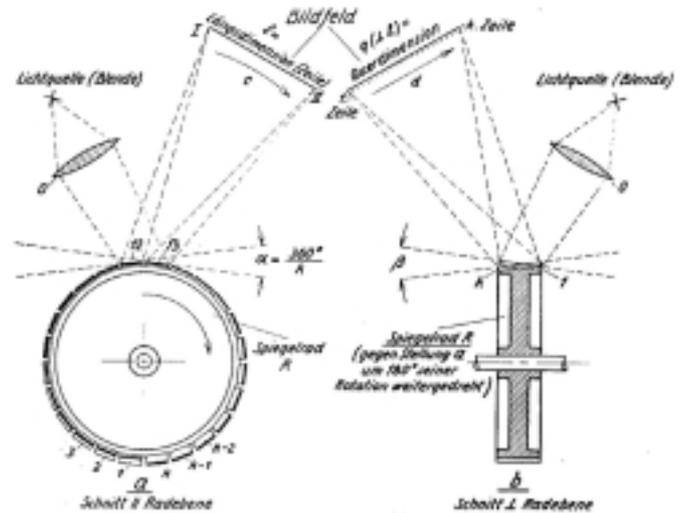


Bild 4: Wirkungsweise des Weiller'schen Spiegelrades

Die Spiegelschraube von Okolicsanyi

Von F. v. Okolicsanyi wurde 1927 eine weitere Konstruktion zur Zerlegung eines Bildrahmens in Form einer Spiegelschraube angegeben. Dabei werden auf einer Achse aufeinander geschichtete Planspiegel um einen konstanten Winkel achsial zueinander verschoben. Bei Drehung realisiert jeder dieser Spiegel jeweils eine Lichtzeile. Gegenüber dem Weiller'schen Rad kann die Spiegelschraube mit größerer Präzision erzeugt werden und die genaue Justierung der einzelnen Spiegelflächen ist einfacher zu realisieren.



Bild 5: Spiegelschraube

Der Spiegelkranz von Mihaly

Eine Verbesserung der beiden vorher behandelten mechanischen Verfahren zur Bildzerlegung stellt der Spiegelkranz von Mihaly dar. Dies betrifft vor allem die Synchronisation. Sowohl das Weiller'sche Rad aber auch die Spiegelschraube haben ein großes Trägheitsmoment, so dass die Synchronisation erschwert ist. Beim Spiegelkranz von Mihaly besteht die zu drehende Masse aber nur aus einem einzigen Spiegel. Um diesen herum sind kreisförmig der gewünschten Zeilenzahl entsprechend viele Spiegel in einem stillstehenden Kranz angeordnet. Ein auf den Drehspiegel auftreffender Lichtstrahl wird vom jeweiligen gegenüberliegenden Spiegel des Kranzes reflektiert und geht über den Drehspiegel zur Bildfläche und beschreibt so bei Drehung eine Zeile. Die einzelnen Zeilen werden durch die verschiedene achsiale Schräglage der Spiegel des Kranzes erzeugt.

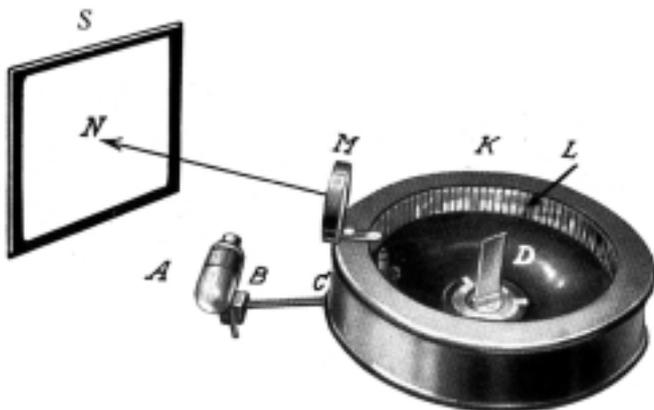


Bild 6: Prinzip des Spiegelkranzes

Praktische Ausführung von mechanischen Fernsehapparaten

Im folgenden sollen einige Beispiele für praktische Ausführungen von Fernseh-Empfangsapparaten die aus dem über den Übertragungskanal empfangenen Signal mit Hilfe einer der besprochenen mechanischen Mittel, der Nipkow-Scheibe, dem Weiller'schen Spiegelrad, der Spiegelschraube und dem Spiegelkranz dieses in ein (zweidimensionales) Bild wandeln, besprochen werden. Dabei soll es sich nicht nur um Labor-Prototypen handeln sondern wenn möglich um Geräte, die bereits für den praktischen Einsatz gedacht waren.

Nipkow-Scheiben-Fernsehapparate

Als wichtiger Pionier der "vorelektronischen" Fernsehtechnik muss der Schotte John Logie Baird genannt werden. Von 1924 an befasste er sich mit dem mechanischen Fernsehen auf der Basis von Nipkow Scheiben. 1926 wurde bereits der "Televisor" als erster Fernsehempfänger der Welt (ab 1930 in größerer Stückzahl) produziert. Ein 5 x 4 cm großes Bild mit 30 Zeilen konnte über eine Vergrößerungsoptik betrachtet werden. Als besondere Pionierarbeit muss hier die transatlantische Übertragung von bewegten Bildern am 9. Februar 1928 von London nach New York gelten.

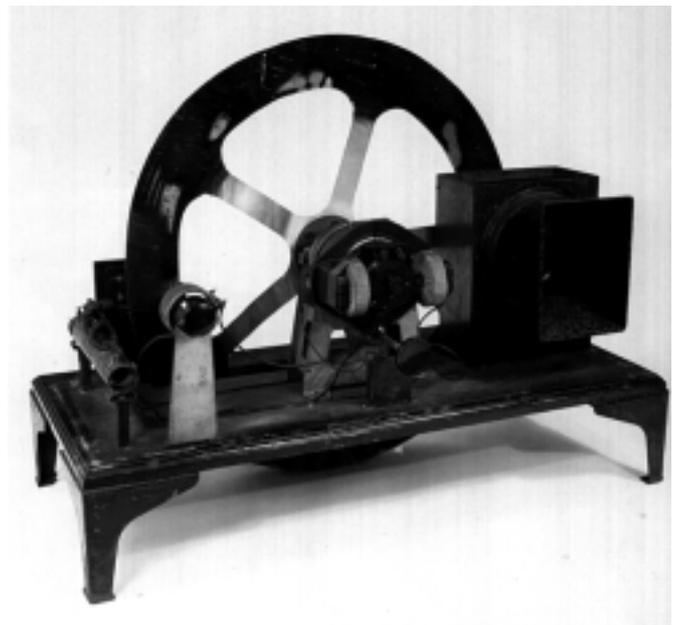


Bild 7: Baird 30-Zeilen Televisor aus dem Jahre 1930

Im Februar 1935 befasste sich in England eine Kommission mit der grundlegenden Frage, welchem der damals existierenden Verfahren, dem mechanischen Fernsehen oder dem gerade neu entwickelten elektronischen Fernsehen der Vorrang gegeben werden sollte. Die Entscheidung fiel knapp zu Gunsten des elektronischen Fernsehens aus.

In Deutschland wurde mechanisches Fernsehen auf den Basis der Nipkow-Scheiben vor allem vom ungarischen Erfinder Denes von Mihaly propagiert.

Auf der Funkausstellung vom Jahre 1928 präsentierte Mihaly einen Nipkow-Scheiben-Empfänger für 30 Zeilen und 10 Bildern pro Sekunde für Bild- und Tonempfang. Ziel sollte eine Art Volksfernsehapparat sein. Um 1930 wurden die Mihaly Patente von der Firma TeKaDe erworben. TeKaDe brachte in der Folge einen Baukasten zum Selbstbau des Fernsehappara-

tes "System TELEHOR" für Bastler auf den Markt. Der TeKaDe-Empfänger konnte wahlweise für den Empfang des Senders Berlin-Witzleben auf Welle 418 m (mit horizontalen Zeilen) und dem Sender der Baird Television Company in London auf Welle 356,3 m oder 261,3 m (mit vertikalen Zeilen) eingestellt werden. Neben dem Fernsehempfänger brauchte man extra dazu einen normalen Radioempfänger, wobei in der ersten Zeit der Versuchssendungen Bild und Ton einander abwechselnd gesendet wurden.



Bild 8: Fernsehempfänger der Telehor A.G. mit zusätzlichem Rundfunkgerät

Spiegelrad-Empfänger

Das Weiller'sche Spiegelrad wurde in Deutschland vor allem von der Firma Telefunken in den Empfängern nach dem "System Karolus" eingesetzt. Der Leipziger Physiker und Elektrotechniker August Karolus (1893-1972) gilt als Erfinder der "Karolus-Zelle", einem trägheitslosen Lichtmodulator auf der Basis des Kerr-Effektes (1875). Unter Verwendung des Spiegelrades wurde von Telefunken damit ein Fernseher gebaut, der das Bild auf eine Mattscheibe projiziert.

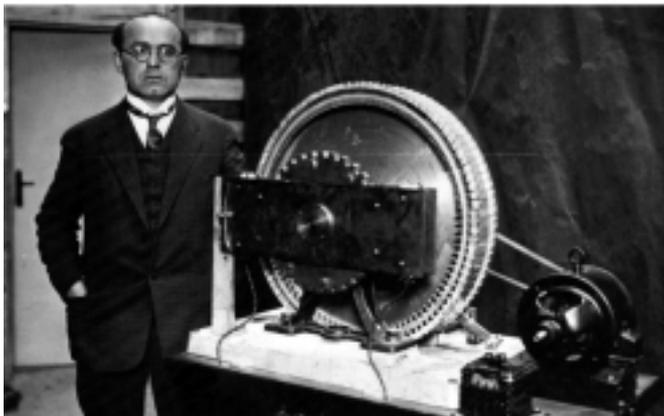


Bild 9: Prof. Karolus mit Weiller'schem Spiegelrad

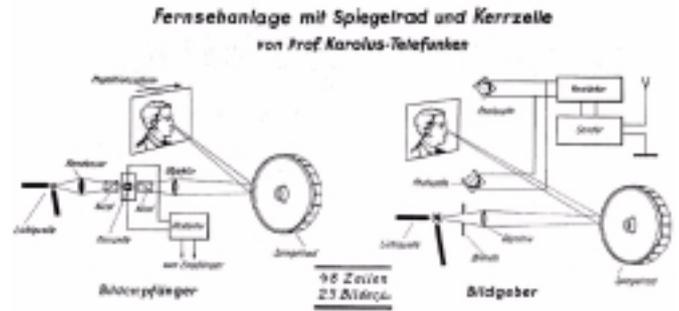


Bild 10: Prinzip Schema einer Fernsehanlage mit Spiegelrad und Kerrzelle

Spiegelschrauben-Empfänger

Alle in den 30iger Jahren mit der Entwicklung von Fernseh-Apparaten in Deutschland befassten Firmen (Loewe AG, Fernseh AG, Telefunken, TeKaDe) untersuchten auch die Spiegelschraube von Okolicsanyi auf ihre praktische Einsatzfähigkeit. Sie konnte mit größerer Präzision hergestellt werden und erlaubte wegen ihres geringeren Trägheitsmomentes eine bessere Synchronisierung.

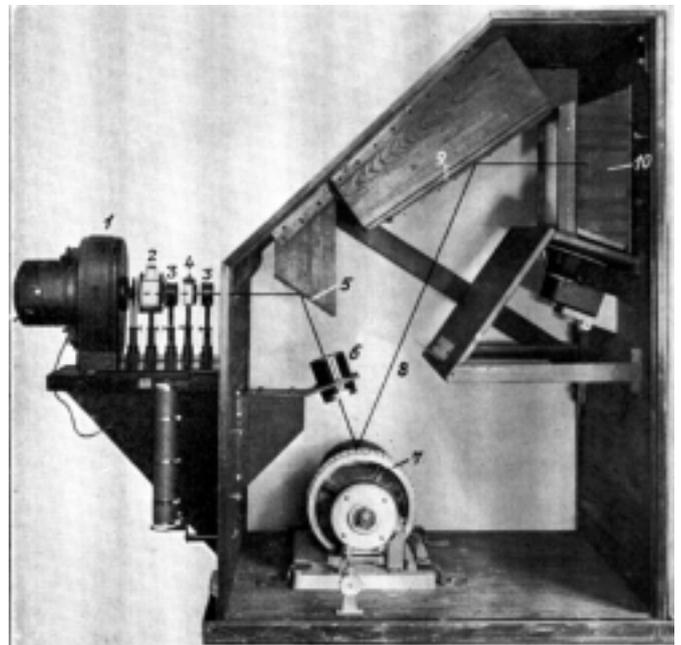


Bild 11: Telefunken-Projektions-Fernseher System Karolus mit Spiegelrad und Kerrzelle: 1: Lichtquelle, 2: Kühlkivette, 3: Nikolsche Prismen, 4: Kerrzelle, 5: Spiegel, 6: Objektiv, 7: Spiegelrad, 8: Weg des abtastenden Lichtstrahls, 9: Spiegel, 10: Mattscheibe

Spiegelkranz-Empfänger

Von TeKaDe wurde nach Erwerb der Mihaly-Patente dessen Prinzip der Bildzusammensetzung mit dem Spiegelkranz noch intensiv für eine praktische Anwendung untersucht. Ziel war die Entwicklung eines Volks-Fernsehers (in Analogie zu dem 1933 entwickelten Volksempfänger Dyn 301 für Radioempfang).

Die vorangegangene Darstellung versuchte einige praktisch Ausführungen von mechanischen Fernseh-Apparaten zu behandeln und durch Bilder zu belegen. Von allen Typen haben wohl nur die von John Logie Baird auf dem Prinzip der Nipkow-Scheibe geschaffenen Fernseher praktische Bedeutung erhalten. Besonders erfolgreich war in dieser Hinsicht seine

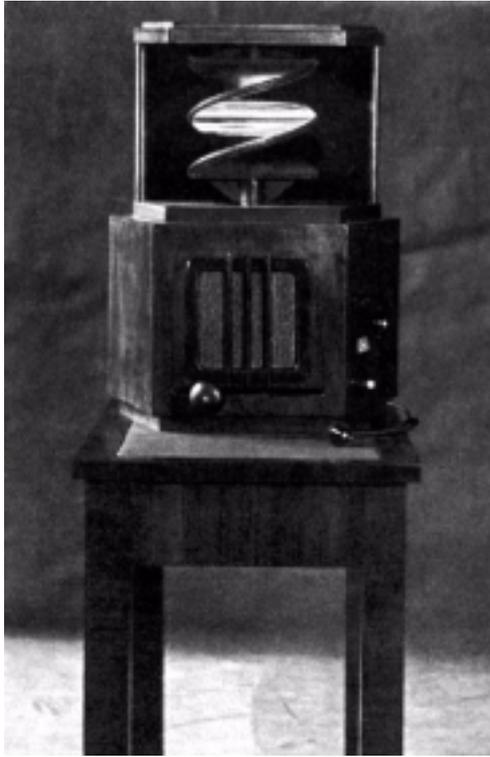


Bild 12: Heimempfänger mit Spiegelschraube (TeKaDe)

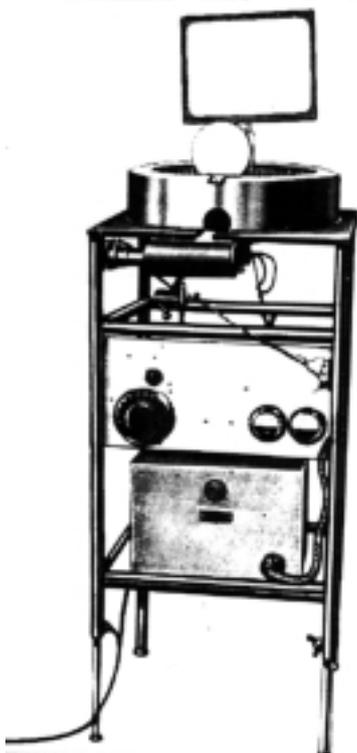


Bild 13: Spiegelkranz-Empfänger nach Mihaly der TeKaDe

Installation von Großprojektionen in Londoner Kaufhäusern. Mit der Entwicklung der Braunschen Röhre zur elektronischen Bildsynthese (ab etwa 1930 durch Manfred von Ardenne in Deutschland und durch V. Zworykin in den USA) ist aber den mechanischen Prinzipien zur Realisierung von Fernseh-Empfängergeräten schließlich eine übermächtige Konkurrenz erwachsen, so dass ab dem Jahre 1935 die Zeit der mechani-

schen Fernseher vorbei war und das elektronische Fernsehen im Empfängerbau Einzug erhielt.

Bild-Aufnahmeverfahren

Wir haben versucht, beginnend mit der Erfindung von Paul Nipkow einzelne Konstruktionen zur Realisierung von Fernseh-Systemen die ohne den Einsatz von Elektronik Bildwandler in Form der "Bildkamera" als Geber und "Bildwerfer" als Empfänger realisieren, dazustellen. Dabei wurde die Betonung auf den Empfang gelegt. Zur Ergänzung soll noch zur Bild-Aufnahme ein kurzer Überblick gegeben werden.

Von der Bildtelegraphie stand auch für das Fernsehen die Selenzelle als lichtelektrischer Wandler zur Verfügung. Die Trägheit von Selen stand aber einem praktischen Einsatz im Wege. Erst die Photozelle und die durch die Elektronenröhre geschaffene Möglichkeit die davon erzeugten elektrischen Signale elektronisch zu verstärken (ab etwa 1912) schaffte den nötigen lichtelektrischen Sensor. Für die punktweise Abtastung eines Bildes bot sich als erstes Prinzip die Nipkow-Scheibe an. In verbesserter Form wurden Nipkow-Scheiben zur elektrischen Aufnahme von Filmen (jedes einzelne Bild eines Filmes wird bekanntlich eine kurze Zeit projiziert und kann in dieser Zeit abgetastet werden) bis zur Ablöse durch das Ikonoskop und durch die Bildsondenröhre, die eine elektronische Abtastung realisieren, eingesetzt. Eine hoch einzustufende Leistung der Ingenieurkunst stellte der bei Telefunken entwickelte Linsenkranzabtaster nach Emil Machau (AEG) für 180 Zeilen und 25 Bildwechsel dar. Ein großes Problem in der "vorelektronischen Zeit" der Bildzerlegung stellte aber die relativ geringe Lichtempfindlichkeit der mechanischen Verfahren dar. Obwohl diese für die Filmabtastung und für die Bildaufnahme in einer Kabine geeignet waren, konnten sie im Freien bei normalen Lichtverhältnissen nicht eingesetzt werden. Ein Ausweg, der hier besprochen wurde, stellte das Zwischenfilmverfahren der Reichsrundfunk-Gesellschaft (ab 1935) dar. Das Bild wurde bei diesen Verfahren zuerst mit einer normalen Filmkamera aufgenommen, der Film sofort entwickelt und anschließend noch im nassen Zustande mechanisch abgetastet und somit das Fernseh-Sendesignal mit einigen Minuten Verzögerung erzeugt.



Bild 14: Zwischenfilmübertragungswagen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft

