

FERNSEHEN UND TONFILM

ZEITSCHRIFT FÜR TECHNIK UND KULTUR DES FERNSEHENS UND TONFILMS

HERAUSGEGEBEN VON DR. F. BANNEITZ UND PROF. DR. G. LEITHÄUSER
SCHRIFTFÜHRUNG DR. F. BANNEITZ

APRIL 1937

HEFT 4

Die Entwicklung des Fernsehens

Von Postrat Dipl.-Ing. BEGRICH

Nachstehende Arbeit, die eine zusammenfassende Darstellung der Entwicklung des Fernsehens bringt, erschien in der September-Nummer 1936 des Archivs für Post und Telegraphie.

Es ist ein uralter Traum der Menschen, von den Grenzen in Raum und Zeit, die ihnen einmal durch ihre natürliche Beschaffenheit gezogen sind, losgelöst zu sein. Ihre von der Natur unmittelbar versagten Wünsche, blitzschnell in ferne Länder zu eilen, durch die Lüfte zu fliegen und mitzuhören oder gar zu sehen, was gerade in weiter Ferne vor sich geht, sahen sie lange Zeit nur im Märchenland erfüllt. Doch für den schöpferischen Menschen, der sich die Erde untertan machen will, gibt es kein Verweilen in dieser wirklichkeitsfremden Märchenwelt. Auf Grund seiner stetig fortschreitenden naturwissenschaftlichen Erkenntnis und mit den errungenen Erfolgen der Technik gelingt es ihm, Schritt für Schritt seine erträumten Wünsche zur Wirklichkeit werden zu lassen und das, was ihm die Natur nicht unmittelbar gab, mittelbar sich dienstbar zu machen.

Fast zu allen großen Aufgaben, die hierbei dem Erfindergeist des Menschen gestellt werden, dient als unterstützendes Vorbild der wunderbare Bau des menschlichen Körpers. Zwar hat die schöpferische Gestaltungskraft des Menschen nie mit einem Schlage etwas ganz unerwartet Neues, noch nie Dagewesenes hervorgebracht, sondern die großen Erfolge haben sich immer aus einer ständig vorwärts schreitenden Aufbauarbeit ergeben. Für den Laien gewinnt die schöpferische Tätigkeit des Erfinders allerdings erst dann an Bedeutung, wenn er sieht, wie sie sich nutzbringend in das Leben einfügt. Die geistige Vorarbeit bis zu diesem Entwicklungsstand wird vom Kreis der Unbeteiligten meist übersehen und daher leider oft genug zu gering eingeschätzt. Wenn auch das Ziel der Erfindung bekannt ist, so muß die Verwirklichung der entworfenen Pläne allmählich und mühsam erkämpft werden. Die Wege in der technischen Gestaltung sind oft verschiedenartig, häufig liegen zwischen den einzelnen Entwicklungsstufen jahrelange Pausen ohne fruchtbare Arbeit. Das Zeitmaß der Fortentwicklung hängt dabei in Einzelfragen einestils von den schicksalsgegebenen Umweltsbedingungen und andernteils von der Kraft des menschlichen Willens ab.

Auch in der Entwicklung des Fernsehens finden wir diese allgemeingültigen Betrachtungen bestätigt. Gibt man dem Begriff „Fern-Sehen“ nicht nur den Sinn der heute bekannten elektrischen Übertragungsart, sondern die allgemeine Bedeutung des Wortinhaltes, so dürfte der Wunschtraum, fernzusehen, schon in der Menschheit Urzeiten eine Triebfeder für technische Bauwerke gewesen sein, wenn es auch nur in der untersten Entwicklungsstufe

einfache Gerüste waren, um das Blickfeld zu vergrößern. Die optischen Erfindungen, wie z. B. das Fernrohr, stellen eine weitere Stufe in dem Plan dar, dem menschlichen Auge ferne Dinge näherzubringen. Mit der Vollendung der Optik hat aber auch die dem eigentlichen Sehen entsprechende Art des Fernsehens, die örtlich beschränkte Aufnahme entfernter Bilder nach dem Willen des Beschauers, ihre räumliche Grenze gefunden. Soweit der Lichtstrahl und die Linse tragen, vermag man alles ringsum „fern-zusehen“, wenn auch nur sehr begrenzt. Die elektrische Übertragungstechnik ist an Raum und Zeit so gut wie nicht gebunden, jedoch ist auch sie nicht die volle Erfüllung des menschlichen Wunsches, über den Horizont nach Belieben in die weite Ferne zu schauen. Denn der Mensch kann auf elektrischem Wege nur das sehen, was ihm durch das elektrische Auge des „Fernsehgebers“ in der Ferne übermittelt wird. Es ist aber dem Menschen nicht möglich, mit einem Gerät seinen Blick willkürlich über die Erde und in das Weltall schweifen oder gar durch Mauern dringen zu lassen. So hofften wohl jüngst noch nach Bekanntwerden der ersten Fernseherfolge viele, daß jetzt endlich der Zeitpunkt gekommen sei, ihre Verwandten in weiter Ferne jederzeit sehen, in der Welt Verschollene suchen oder auch auf Reisen befindliche Angehörige ständig beobachten zu können. Wenn auch der Phantasie und dem Begehren des Menschen durch die naturgegebene Art der heutigen Fernsehtechnik nicht vollauf Genüge geschieht, so ist die erreichte Leistung doch von ungeheurer kultureller Bedeutung. Dem Menschen, dessen Sinnesorganen sich früher nur ein kleiner Umweltkreis erschloß, wird durch die Technik des Fernsehens ein neuer großer Erlebnisbereich geschenkt. Die Fernsehtechnik ist ein Mittel im Kampf ums Dasein und ein Quell der Freude am Dasein.

Die Technik des Fernsehens nach ihrem heutigen Stande fußt auf den Errungenschaften der elektrischen Nachrichtentechnik, sowohl der Telegraphie als auch der Telephonie. Die geistig-schöpferische Arbeit auf diesen Gebieten war wegbereitend für das Fernsehen. Wollte man eine lückenlose Geschichte des Fernsehens schreiben, so müßte man von der Entwicklung der Elektrizität ausgehen. Bei der inneren Verbundenheit der Fernsehtechnik mit dem übrigen Nachrichtenwesen, das fachlich und geschichtlich in vielen Werken festgehalten ist, dürfte bei einem Rückblick auf die Entwicklung des Fernsehens eine Beschränkung dahingehend angebracht sein, daß nur die schöpferische Arbeit betrachtet wird, die mit dem Ziele auf die Verwirklichung des Fernsehens unternommen wurde. Ein solcher Rückblick gebietet nicht nur Achtung vor den großen Leistungen der Vergangenheit, sondern kann auch dem Forscher manche

Stütze für ein klares Erkennen des Zukunftszieles geben. Unter diesem Gesichtswinkel soll im nachfolgenden der Versuch unternommen werden, in großen Zügen einen Abriss über die Entwicklung des Fernsehens zu geben.

Unter den Nachrichtenarten ähnelt die Bildtelegraphie dem Wesen des Fernsehens am meisten. Trotz dieser Ähnlichkeit, die die Bildtelegraphie in vielem dem Fernsehen den Weg vorbereiten ließ, ist doch ein grundlegender Unterschied vorhanden. Nach der angewandten Technik der Bildtelegraphie braucht ein Bild bei der Übertragung nicht augenblicklich auf der Empfangsseite zu entstehen, so daß stets die Möglichkeit gegeben ist, von einem zu übertragenden Gegenstand vorher ein für die Übertragung geeignetes Bild herzustellen. Bei der Bildtelegraphie kann es sich daher nur um eine phototelegraphische Wiedergabe starrer Bildvorlagen handeln, wobei beliebig viele Bildpunkte mit einem entsprechenden Zeitaufwand übertragen werden. Das Fernsehen dagegen verlangt eine sofortige aktuelle Wiedergabe eines Bildes oder gar ruhender und bewegter Gegenstände. Diese grundverschiedene Bedingung für die Übertragungsdauer führte die Bildtelegraphie zur früheren Vollendung als das Fernsehen. Die im Verhältnis zum Fernsehen lange Übertragungszeit bei der Bildtelegraphie ermöglichte eine Fülle von technischen Lösungen, die für das Fernsehen allerdings nicht angewendet werden konnten. Bereits im Jahre 1911 konnten die Professoren Korn und Glatzel ein Handbuch der Phototelegraphie und Telautographie herausgeben, das Zeugnis von der Vielgestaltigkeit der bildtelegraphischen Methoden gibt. Diese Darstellung läßt in der Beschreibung der mannigfaltigen Konstruktionen am besten erkennen, wie verschiedenartig das Wesensgefüge von Bildtelegraphie und Fernsehen ist. Wie wenig das damalige technische Können und die Erfahrungen auf dem Gebiete der Bildtelegraphie ausreichten, um das Fernsehen zu verwirklichen, bekunden folgende Worte der Verfasser: „An eine Lösung des Fernsehproblems kann zur Zeit nur gedacht werden, wenn es ermöglicht wird, eine große Zahl von Leitungen zu benützen, und wenn die hierzu erforderlichen großen Geldmittel zur Verfügung stehen; alle bisherigen Ideen, welche das Ziel verfolgten, mit Hilfe einer Fernleitung oder einer Doppelleitung in die Ferne zu sehen, sind durchaus phantastischer Natur Wenn wir uns doch entschlossen haben, den Fernsehideen das letzte Kapitel dieses Buches zu widmen, so geschah dies deshalb, weil in einigen Phantasien immerhin eine große geistige und konstruktive Arbeit aufgestapelt ist, die vielleicht doch einmal, wenigstens teilweise, verwertet werden kann, wenn man — unter Anwendung einer großen Zahl von Fernleitungen — mit großen Geldmitteln an die konstruktive Lösung des Problems herantreten will.“ Wenn so durch berufenen Mund nach dem damaligen Stand der Technik die Kluft gezeigt wurde, die für die Verwirklichung des Fernsehens noch nicht überbrückt werden konnte, so entsteht die Frage, weshalb im letzten Jahrzehnt mit zielicherem Bemühen an dem Problem weitergearbeitet werden konnte. Für die Förderung der Fernsehtechnik war die Erfindung der Elektronenröhre, die das langgesuchte trägheits- und praktisch zeitlose Relais für den Bildempfang darstellte, von ausschlaggebender Bedeutung. Diese Auffassung erscheint deshalb berechtigt, weil bereits vor der Erfindung des ersten Elektronenrohrs, der „Liebenröhre“, alle grundlegenden technischen Komponenten der Fernsehübertragung nicht nur konstruiert, sondern auch meist erprobt waren. Davon geben die Aufzeichnungen des genannten Werkes und die Veröffentlichungen aus jener Zeit ein anschauliches Bild. Die Art der Bildgebung und -übertragung und des Bildempfangs war grundsätzlich schon durchdacht, technisch aber nur schlecht zu verwirklichen, weil für die Verstärkung der erzielten elektrischen Wirkungen bei höchster Geschwin-

digkeit der Umsetzung von Helligkeitswerten in elektrische Ströme das trägheitslose Werkzeug, die Verstärkeröhre, fehlte. Eine große Zahl von Patenten aus der Zeit vor mehr als 50 Jahren zeugt von der regen Geistesarbeit auf dem Gebiete des Fernsehens. Es ist im Rahmen eines Aufsatzes unmöglich, alle geistigen Bausteine der Reihenfolge nach aufzuzählen und dem Werte nach zu ordnen. Hierzu wäre eine jahrelange Forschungsarbeit nötig, die ein umfangreiches Geschichtswerk ergeben würde. Die große Entwicklungslinie des Fernsehens läßt sich aber auch, ohne daß alle Einzelheiten wiedergegeben werden, in einer großzügigen, das Wesentliche der Erfindungen erfassenden Darstellung erkennen.

Es ist natürlich, daß die Technik, aufbauend auf den Naturgesetzen, für das Fernsehen das menschliche Auge zum Ausgangspunkt aller Betrachtungen wählte. Die Wirkungsweise von Linse, Netzhaut, Sehnerven und ihre Zusammenarbeit mit dem Gehirn ist bekannt. Linse und Netzhaut kann man als Fernsehgeber, den Nervenstrang als Übertragungsleitung und das Gehirn als Empfangsapparat ansehen. Die Linse sammelt die einfallenden Lichtstrahlen auf eine kleine Fläche und wirft sie auf die Netzhaut. Die vielen Stäbchen und Zäpfchen der Netzhaut, zwischen denen sich der Sehpurpur, eine sich schnell erneuernde lichtempfindliche Schicht, befindet, sind die Elemente, die punktförmig die Lichteindrücke aufnehmen. Aus dieser Erkenntnis heraus wurde die Technik schon bei der Bildtelegraphie auf die von der Natur gegebene „Rasterung“, d. h. zur Auflösung eines Bildes in kleinste Flächenelemente, hingelenkt. Auch im Fernsehen wurde diese punktförmige Auflösung und Zusammensetzung von Bildern die grundlegende Voraussetzung für die Übertragung. Eine weitere günstige technische Vorbedingung ist die Eigenheit des menschlichen Auges, daß ein empfundener Lichteindruck erst nach ungefähr $\frac{1}{10}$ Sekunde verschwindet. Ähnlich wie beim Film braucht also auch beim Fernsehen kein kontinuierlicher Vorgang übertragen zu werden, sondern nur Ausschnitte aus ihm, die zeitlich um weniger als $\frac{1}{10}$ Sekunde aufeinanderfolgen. Umgekehrt ist für die Aufnahme eines Lichteindruckes eine gewisse Zeitdauer erforderlich. Diese ist um so geringer, je heller das einfallende Licht ist. Gerade hierin liegt für die technische Wiedergabe eine große Schwierigkeit. Da die Helligkeit einzelner Punkte im bewegten Bild sich rasch ändert, müssen im Wiedergabeapparat große Lichtstärkeschwankungen ausgelöst werden, damit das Auge die Helligkeitsunterschiede wahrnimmt. Die im Auge sich abspielenden Vorgänge legen somit die Grenzen fest, die dem Fernsehkonstrukteur gegeben sind.

Zum besseren Verständnis der folgenden geschichtlichen Entwicklung soll das Grundprinzip der Bildübertragung kurz vorweggenommen werden. Man hat zunächst versucht, den Bildgeber der Netzhaut des menschlichen Auges so vollkommen nachzubilden, daß die aufnehmende Fläche eine große Anzahl lichtempfindlicher Zellen enthält, die den Helligkeitswert des einzelnen durch die Zellengröße bestimmten Bildelements gleichzeitig in entsprechend starke oder schwache elektrische Ströme umsetzen; diese sollen durch eine gleich große Anzahl von Leitungen oder Leitungskanälen nach Art der Nervenfasern zum Empfänger übertragen werden. Die für eine hinreichend gute Bildauflösung erforderliche hohe Zahl von Bildelementen bedingt jedoch für eine gleichzeitige Übertragung eine solche Menge an Übertragungswegen, daß die Durchführung dieser Verbindungen praktisch und wirtschaftlich unmöglich ist. Aus diesem Grunde hat die Entwicklung frühzeitig den allein brauchbaren Weg der zeitlichen Zerlegung eingeschlagen. Das Bild wird durch besondere Zerlegungseinrichtungen in eine Bildpunktfolge verwandelt und Punkt für Punkt abgetastet. Die einzelnen Bildpunkte werden nacheinander übertragen und durch gleichartige, im Gleichlauf arbeitende Vorrichtungen auf

der Empfangsseite zu dem wiederzugebenden Bilde zusammengesetzt. Der Darstellung eines zeitlich beständigen Bildeindrucks kommt dabei die schon erwähnte Trägheit des Auges zugute, wenn alle Bildpunkte öfter als zehnmal in der Sekunde abgetastet sowie aufgebaut werden. Die Zerlegung eines Bildes in einzelne Bildelemente geht im Prinzip so vor sich, daß das Abtastorgan, dessen Spaltweite die Größe eines Rasterelements bestimmt, eine Zeile von Bildelementen nach der anderen überstreicht. Das Überfahren der Bildfläche besteht demnach aus zwei Teilbewegungen, und zwar einer in der Längsrichtung entsprechend der Bildbreite oder Zeilenlänge und einer in der Querrichtung entsprechend der Bildhöhe oder Zeilenzahl. Beide Bewegungen stehen in folgender Beziehung zueinander. Die Abtastgeschwindigkeit der Bildzeile muß zur Geschwindigkeit des Zeilenwechsels im Verhältnis von Zeilenlänge zur Zeilenbreite stehen, also um ein Vielfaches größer sein. Wie die Auflösung dieser beiden naturgemäß senkrecht zueinander verlaufenden Bewegungsrichtungen durchgeführt worden ist, werden die verschiedenen Lösungen der nachstehend geschilderten Probleme angeben. Bei der Bildzerlegung in eine zeitlich aufeinanderfolgende Bildpunktreihe ist man bis heute geblieben. Nach der Erkenntnis dieses Grundprinzips der Fernsehübertragung galt die weitere Entwicklung der Fernsichttechnik einer oft mühevollen Kleinarbeit in der Verbesserung von Einzelteilen, z. B. lichtempfindlichen Zellen, Glimmlampen, Gleichlaufeinrichtungen und zuletzt von Verstärkern.

Um das Jahr 1875 schlug der Amerikaner Carey eine Konstruktion vor, die heute von vornherein für undurchführbar gehalten werden muß, den Zeitgenossen von damals aber, wie z. B. Du Moncel, für die Verwirklichung verwendbar erschien. Eine Platte aus isolierendem Stoff, die mit einer lichtempfindlichen photographischen Schicht überzogen war, war als Bildträger gedacht. Zu den einzelnen Flächenelementen, deren Helligkeitsunterschiede zu übertragen waren, sollten je zwei voneinander isolierte Platindrähte geführt werden, die mit ihren Enden in die photographische Schicht reichten. Je zwei Drähte waren über eine Batterie zu einem Stromkreis geschaltet, der durch die photographische Schicht unterbrochen war. Das bei Belichtung der Platte chemisch austretende Silber wurde somit zur Brücke für die zu steuernden Stromkreise. Da die Stärke des Silberniederschlags und damit die Größe des überbrückenden Widerstandes sich nach der Lichthelligkeit richtete, so erwartete man verschieden starke Ströme als Mittel für die Übertragung der Bildhelligkeit. Die in den einzelnen Stromkreisen fließenden Ströme sollten in der Wiedergabestation über zugeordnete Relais dicht aneinander gereihete Glühlampen zum Leuchten bringen oder bestimmte chemische Prozesse auslösen. Aus den so punktweise wiedergegebenen Helligkeitswerten sollte das Auge das übertragene Bild erkennen. Dieser Vorschlag, wie so viele andere der damaligen Zeit, blieb eine Konstruktion auf dem Papier. Denn da zur Erzielung einer Bildwirkung eine sehr hohe Zahl von Bildelementen nötig ist — z. B. bei einer noch ziemlich groben Unterteilung in Bildelemente von 1 mm^2 Größe ergeben sich bei einer Bildfläche von $5 \times 5 \text{ cm}$ schon 2500 Bildpunkte —, ist diese Lösung von vornherein wegen des großen Leitungsbündels für den Übertragungsweg mit Draht vom Bildgeber zum Empfänger oder bei der Übertragung ohne Draht vom Bildgeber zum Sender (in dem angeführten Beispiel 2500 Doppelleitungen) aus schaltungstechnischen und wirtschaftlichen Gründen unbrauchbar.

Trotzdem kann man aus dieser Lösung erkennen, daß das technisch-physikalische Denken des Menschen so weit fortgeschritten war, daß das Fernsehproblem in Angriff genommen werden konnte. Als nächste Verbesserung in der Übertragung der Helligkeitswerte trat an die Stelle der photographischen Schicht, die nach einer Bildübertragung nicht mehr brauchbar war, das lichtempfindliche Selen, dessen Eigenschaften, seinen elektrischen Wider-

stand im umgekehrten Verhältnis zur Stärke der Belichtung zu ändern, von den englischen Ingenieuren Smith und May schon vor dem Vorschlag von Carey entdeckt waren. Die Verwendung des Selens wurde von dem Professor der Physik an der Polytechnischen Schule in Oporto, De Paiva, am 20. Februar 1878 in einem Aufsatz an das Instituto de Coimbra bekanntgegeben. Im Streit um den Erfinderruhm führte Senlecq, ein Advokat in Ardres, gegen De Paiva ins Feld, daß er bereits 1877 sein Telekroskop erfunden hätte, bei dem ebenfalls das Selen zur Anwendung kam. Senlecq verwies darauf, daß die Arbeiten von Siemens zur Konstruktion eines Selenphotometers ihm die Anregung für den Einsatz des Selens im Fernsehen gegeben hätten. Aus diesem Hinweis erhellt einmal die Verbundenheit der Fortentwicklung des Fernsehens mit den Fortschritten der Elektrotechnik und vor allem die deutsche Urhebererschaft in bezug auf die praktische Anwendung des Selens. Auch der Italiener Dr. Carlo Mario Perosino suchte für seine Landsleute im März 1879 den Ruhm der Erfindung des Fernsehens einzustreichen, indem er gleichfalls eine Konstruktion unter Verwendung von Selen entwickelte. Ähnliche Vorschläge wurden in Amerika von Bell sowie von den Konstrukteuren Shaw und Baldwin gemacht, die sich hauptsächlich auf die Verwendung des Selens im Bildgeber bezogen. Dem Deutschen Siemens blieb es zunächst vorbehalten, praktischen Nutzen aus den Eigenschaften des Selens für die Lichtmeßtechnik zu ziehen. Die der Welt bekanntgegebenen Fernsehpläne waren schöne Träume, die sich nicht verwirklichen ließen und bei sachlicher Beurteilung keinen Anspruch auf die Lösung des Fernsehproblems rechtfertigten.

Das Wesentliche in der Fortentwicklung des Fernsehens geben hauptsächlich die Vorschläge von De Paiva und Senlecq wieder, während über die Arbeiten von Shaw, Baldwin und Bell keine näheren Mitteilungen mehr bekannt sind. Neben der Verwendung des Selens ist als weiterer Fortschritt in dem Vorschlag von De Paiva die Übertragung mit nur einer Leitungsschleife zu verzeichnen. Diese Lösung verlangt aber schon eine Bildzerlegung in eine zeitliche Bildpunktfolge. Das Bild wird durch ein Objektiv auf eine mit Selen überzogene Metallschicht geworfen. Über diese Fläche wird durch einen besonderen Mechanismus eine Metallspitze so schnell geführt, daß das Bild in einer Sekunde zehnmal abgetastet ist. Durch die verschiedenen Widerstandswerte des Selens an den einzelnen Bildpunkten von bestimmter Helligkeit werden entsprechende Stromstöße in einem Stromkreise, der an der Metallplatte und dem Abtaststift durch die Überbrückung des Selens geschlossen wird, erzeugt. Auf der Empfangsseite soll ein im gleichen Takt mit der Abtastspitze sich bewegendes Glühlämpchen verschieden stark aufleuchten und in Abständen von $\frac{1}{10}$ Sekunden in derselben Bildlage und mit entsprechender Helligkeit den zugeordneten Bildpunkt des abgetasteten Bildes wiedergeben, so daß sich dem Auge die Wirkung eines kontinuierlichen Bildes bietet.

Durch diesen Vorschlag, die Bildelemente der Reihe nach zu übertragen, wurde ein wichtiges theoretisches Hindernis aus dem Wege der Fernsichtforschung geräumt, wenn auch für seine Verwirklichung noch die geeigneten technischen Mittel fehlten.

Senlecq vertrat gleichfalls den Gedanken der punktweise aufeinanderfolgenden Bildzerlegung unter Ausnutzung der Trägheit des menschlichen Auges. Ein Fortschritt in der theoretischen Entwicklung des Fernsehens ist bei seiner Konstruktion darin zu erblicken, daß eine wirklichkeitstreuere Wiedergabe des zu übertragenden Bildes auf folgende Weise angestrebt wird. Eine Selenplatte, die in den Stromkreis einer Batterie eingeschaltet ist, läuft über die Mattscheibe einer Camera obscura. Die verschiedene Helligkeit der abgetasteten Bildpunkte wirkt auf die Selenplatte und somit auf die Stromstärke des angeschalteten Stromkreises. Empfangsseitig liegt in

dem Stromkreis ein elektromagnetisches Relais, das einen Anker mit einem Bleistift auf ein Blatt Papier niederdrückt. Nach den Helligkeitswerten der Bildpunkte und der entsprechenden Stärke des Magnetisierungsstromes soll das Empfangsbild mehr oder weniger geschwärzt werden.

Der Vorschlag von Perosino unterschied sich dadurch, daß eine mit Selen überzogene Metallplatte an Stelle der Mattscheibe verwandt und ein metallischer Stift über die einzelnen Punkte des Bildes hinweggeführt wurde. Im Empfänger sollten die Schwärzungen auf chemischem Wege hervorgerufen werden und so das Bild erzeugen.

Würden die Urheber dieser Pläne ihre Vorschläge nicht selbst als Wege zum Fernsehen bezeichnen, so würde man geneigt sein, die beschriebenen Konstruktionen eher als Bildtelegraphen anzusprechen. Die starke Anlehnung an die Bildtelegraphie hat ihren Grund hauptsächlich darin, daß zunächst nur an die Übertragung ruhender Bilder gedacht wurde. Das Bedürfnis, bewegte Bilder zu übertragen, bestand im allgemeinen noch nicht, weil das Wesen der Kinematographie noch nicht bekannt war.

Weitere Veröffentlichungen aus der folgenden Zeit lassen erkennen, daß man sich an vielen Orten wohl mit dem Fernsehproblem beschäftigt hat und daß auch verschiedene Pläne, vor allem unter Verwendung des Selen, ausgearbeitet worden sind, aber ohne praktischen Erfolg. Außer den vorgenannten Forschern und Erfindern treten Namen auf wie Conelly, MacTighe und Dr. Hicks. Sawyer hat 1880 in der Zeitschrift „Scientific American“ in klarer Erkenntnis der bestehenden Schwierigkeiten die technischen Forderungen herausgestellt, die nach den vorgegangenen Konstruktionen an das Fernsehen zu stellen sind. Wenn er auch seinem eigenen System für die Bildübertragung in nüchterner Beurteilung nicht den Namen eines Fernsehapparates gibt, sondern nur von einem theoretischen Entwurf spricht, so sind doch seine Erwägungen in einem Punkt besonders erwähnenswert. Nach seinem System soll der Sender aus einer spiralförmig auf einer Platte angebrachten Selenschicht bestehen, auf die das Bild durch ein Objektiv geworfen wird. In den Gang der auffallenden Lichtstrahlen wird eine kleine Röhre eingeschaltet, welche sich mit großer Geschwindigkeit längs der Selenspirale von dem äußeren Rand bis nach dem Mittelpunkt hin bewegt. Das auffallende Licht wird gleichzeitig so abgeblendet, daß es durch die kleine Röhre hindurch auf das Selen gelangt, so daß der Reihe nach die Helligkeiten der verschiedenen Bildpunkte auf die Selenspirale fallen und dadurch in entsprechende Stromänderungen umgesetzt werden. Es ist unschwer zu erkennen, daß hier hinsichtlich der Lösung der Bildabtastung eine geistige Verwandtschaft mit dem Nipkowschen Verfahren besteht, durch das das Bild mittels einer drehenden Bewegung abgetastet wird. Die Nipkowsche Lösung, auf die später noch näher eingegangen wird, ist aber in ihrer praktischen Ausführung wesentlich besser und kann auch unabhängig von den Gedankengängen Sawyers entstanden sein. Auf der Empfangsseite läuft gleichfalls eine Röhre, in der zwei Platindrähte sich mit einem kleinen Abstand gegeneinander befinden, mit der gleichen Geschwindigkeit wie auf der Gebeseite in einer Dunkelkammer um. Diese Platindrähte sind mit der Sekundärwicklung eines Induktionsapparates verbunden, durch dessen Primärwicklung die ankommenden elektrischen Bildströme geführt werden. Je nach der Stärke der Stromschwankungen sollen dann zwischen den als Elektroden wirkenden Platindrähten veränderliche elektrische Entladungen entstehen, aus deren Helligkeitswerten sich beim Umlauf der umhüllenden Röhre das wiederzugebende Bild in der Dunkelkammer Punkt für Punkt zusammensetzt.

Dieser theoretische Vorschlag ist wieder ein Fortschritt in der Erforschung des Weges nach dem noch in weiter Ferne liegenden Ziel. Zum ersten Male wird eine Lösung

für die Durchführung der punktförmigen Bildabtastung angegeben, und vor allem bricht sich die Erkenntnis Bahn, daß magnetische Relais für die Umsetzung der Bildströme in Helligkeitswerte zu träge sind und daß auf Methoden gesonnen werden muß, die unverzögert und mit geringem Leistungsaufwand dem Takt der Bildstromschwankungen folgen können.

Im gleichen Jahre gab Le Blanc seine praktischen und theoretischen Untersuchungen über die Übertragung von Lichteindrücken bekannt. Als besonderes Ergebnis seiner Forschungstätigkeit ist der Plan einer Bildzerlegung und -zusammensetzung durch schwingende Spiegel zu nennen. Jeder Spiegel sollte um zwei senkrecht zueinander stehende Achsen drehbar sein. Er war an zwei Federn aufgehängt, welche in zwei zueinander senkrechten Richtungen schwingen sollten. Ein auffallender Lichtstrahl wird sich dann in einer Zickzacklinie derart bewegen, daß bei Drehung des Spiegels um eine Lichtstrahlbreite in seitlicher Richtung der Lichtstrahl die Bildfläche abläuft. Das Verhältnis der Schwingungszahlen der Federn muß dem Verhältnis von Zeilenbreite zu Zeilenlänge entsprechen. Wie allerdings die mechanische Bewegung des Spiegels durchgeführt werden sollte, ist von Le Blanc nicht angegeben. Die Umsetzung der ankommenden Bildströme in wechselnde Lichtwirkungen glaubte er dadurch erzielen zu können, daß er die Ströme durch eine Magnetspule leitete, die auf eine Blende wirken sollte. Die Blende hatte den Zweck, mehr oder weniger Licht von einer Lichtquelle, die von dem schwingenden Spiegel für die Bildzusammensetzung zurückgeworfen wurde, unter dem Einfluß der Bildströme abzublenden.

Einen tatsächlich ausführbaren Apparat — allerdings noch mit den Mängeln der träge arbeitenden Bildzerlegung- und -wiedergabeeinrichtungen behaftet — gab ein zweiter Vorschlag von Senlecq im Jahre 1881 an. In einer Abhandlung über „Le Télectroscope“ ist eine Gebeseinrichtung beschrieben, die aus folgenden zwei Hauptteilen besteht. Zur Bildaufnahme dient eine kupferne Platte, die eine große Anzahl von Löchern enthält, die mit lichtempfindlichem Selen ausgefüllt sind. Zu jeder Selenfüllung führt ein Draht. Die Enden all dieser Drähte sind auf einer Kontaktschiene vereinigt. Die Kupferplatte ist mit dem einen Pol einer Batterie verbunden, während der andere geerdet ist. Ein Läufer auf der Kontaktschiene steht in Verbindung mit der an ihrem Ende über eine Verteiler- und Wiedergabeeinrichtung an Erde gelegten Übertragungsleitung. Die Bildpunkte werden durch den Läufer nacheinander gewissermaßen „abgetastet“. Empfangsseitig gibt die Übertragungsleitung die elektrischen Abtastungen über einen Verteiler an Einzeldrähte weiter, die nach der gleichen Art wie auf der Gebeseite in einer Hartgummiplatte münden. Diese Drähte sind an ihren Enden mit Platinspitzen versehen, die auf chemisch präpariertem Papier aufliegen. Der elektrolytischen Wirkung des Stromes fällt die Wiedergabe hellerer oder dunklerer Bildpunkte zu. Die Kontaktgabe zwischen Läufer und Kontaktschiene wird nach Art eines Kommutators durchgeführt. Für den Gleichlauf der Gebe- und Empfangsapparate hat Senlecq eine Anordnung entwickelt, die wie der gesamte Entwurf technisch brauchbar ist. Trotzdem ist diese Fernsehapparatur in bezug auf Bildpunktzahl und Übertragungsgeschwindigkeit der mechanischen Einrichtung noch weit von der Lösung des Fernsehproblems entfernt, zumal die Belichtung der einzelnen kleinen Selenzellen in der sehr geringen Zeitspanne ihrer Abtastung keine merklichen Widerstandsänderungen und Stromschwankungen hervorrufen kann.

Dieser Unzulänglichkeiten war sich Senlecq wohl auch bewußt, und daher kam ihm auch der Gedanke, auf der Empfangsseite das chemisch präparierte Papier allein durch ein Aufleuchten der von den ankommenden lichtgesteuerten Elektrizitätsmengen beeinflussten Platin-

drähte ersetzen zu können. Dieser Gedanke war aber eben nur aus dem Wunsch nach einer wirksamen trägheitslosen Umsetzung der elektrischen Energie in Lichtwirkung heraus geboren und mußte wegen seiner physikalischen Unmöglichkeit undurchführbar bleiben.

Während Senlecq eine vollständige Anordnung für Geber und Empfänger durcharbeitete, handelt es sich bei den Arbeiten von Ayrton und Perry im gleichen Jahr mehr um Versuche, die das Prinzip selbst erläutern und im einzelnen beweisen sollen, daß der Bau von Fernsehapparaten nicht zu den Unmöglichkeiten gehört. Zu ihren Arbeiten waren sie durch ein Bild in einem Witzblatt angeregt worden, das ein Ehepaar darstellt, wie es seine in Indien lebenden Kinder auf einem an die Zimmerwand projizierten Bild Ball spielen sieht und sich gleichzeitig über einen Fernsprecher mit ihnen unterhält. Da die ausgelösten Ströme für eine Aussteuerung auf der Empfangsseite nicht wirksam genug waren, versuchten die beiden Gelehrten, die Intensitätsschwankungen auf jede erdenkliche Art zu steigern. So verfielen sie nach dem Vorbild der „Japanischen Zauberspiegel“ auch auf den Bau einer spiegelnden Telephonmembran zur Wiedergabe von Lichtschwankungen, die je nach den veränderten Krümmungen der Membran die wechselnde Konvergenz oder Divergenz eines reflektierten Lichtbündels hervorruft. Aber diesem Wege war ein Erfolg versagt, da die ankommenden Bildströme zu schwach waren und die nötigen trägheitslosen Verstärkeranordnungen erst noch gefunden werden mußten.

Nach diesem Fehlschlag suchten sie aus dem „Kerrschen Phänomen“, das 1877 bekannt geworden war und darauf beruhte, daß sich die Polarisationssebene eines Lichtstrahls unter Einwirkung eines magnetischen Feldes dreht, folgende Nutzenwendung zu ziehen. Auf der Empfangsseite sollte ein Bildschirm aus den versilberten Polflächen kleiner Elektromagnete in der Weise gebildet werden, daß die einzelnen Endflächen der Pole den auf der Geberseite angeordneten Selenzellen der Zahl und Lage nach entsprachen. Die so entstandene Bildfläche wird mit polarisiertem Licht beleuchtet. Wenn durch die einzelnen Elektromagnete verschiedene starke Ströme fließen, wird die Polarisationssebene des zu reflektierenden Lichtes mehr oder weniger stark gedreht und damit eine den Stromstärken entsprechende Änderung der von den einzelnen Polflächen zurückgeworfenen Lichtmenge hervorgerufen. Ein Erfolg konnte auch dieser Lösung nicht beschieden sein, da außer acht gelassen wurde, daß das „Kerrsche Phänomen“ nur richtig wirksam sein kann, wenn es stärkeren Beeinflussungen ausgesetzt ist, als es selbst wiederzugeben vermag.

Bei einer kritischen Betrachtung der bisher erörterten Vorschläge erkennt man, daß die größte Schwierigkeit in der Durchbildung der Empfangseinrichtungen lag, die sich noch zu stark an die der Bildtelegraphie anlehnten. Hier mußte erst eine grundlegende Lösung gefunden werden. Die Richtung der Weiterentwicklung konnte daher nur in der Forschung nach einem empfindlichen trägheitslosen Lichtrelais liegen, das die aufgenommenen schwachen Stromschwankungen in eine ausreichende verstärkte Wirksamkeit umsetzte.

Einen großen Schritt der Verwirklichung näher wurde das Fernsehproblem im Jahre 1884 durch die Erfindung Nipkows gebracht, der die erste ausführbare Bildzerlegung und -zusammensetzung mit der heute noch verwandten „Nipkowschen Lochscheibe“ angab. Zur Abtastung der einzelnen Bildpunkte dient eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe, in die kleine Öffnungen in der Größe eines Rasterelements vom Rand nach der Mitte zu eingebohrt sind. Die einzelnen Löcher sind jedesmal um die Zeilenlänge des abzutastenden Bildes voneinander entfernt auf einer Spirale angeordnet, deren Ganghöhe so bemessen ist, daß jede der hintereinander befindlichen, als Licht-

blenden wirkenden Öffnungen sich um die Breite der abzutastenden Zeile dem Scheibenmittelpunkt nähert. Der so gemessene Abstand der ersten von der letzten Öffnung ergibt somit die Höhe des Bildes. Bei Drehung der Scheibe werden die sich zwischen Lichtquelle und Bild bewegenden Öffnungen in aneinandergereihten Zeilen über das abzutastende Bild hinweggeführt, und zwar so, daß durch die getroffene Anordnung sich immer nur eine Öffnung innerhalb der abzutastenden Fläche befindet. Wegen der Krümmung der Spirale wird das Bild nicht in gerade Bildpunktzellen, sondern in bogenförmige Zeilen aufgelöst, die sich aber praktisch bei großem Durchmesser der Scheibe der Form einer geraden Linie nähern.

Diese Zerlegungsmethode ist nach langem Suchen nach einer geeigneten mechanischen Abtasteinrichtung die erste ebenso einfache wie brauchbare Lösung der Bildzerlegung, die ja durch das Abtasten der Zeilen in einer Längsrichtung und durch den Übergang von einer Zeile zur anderen in einer Querrichtung mit verschiedenen Geschwindigkeiten vor sich gehen muß. Denn diese beiden Bewegungen werden durch die umlaufende Nipkowsche Scheibe zwangsläufig zusammen ohne besondere Mechanismen ausgeführt. Mit jedem Umlauf der Scheibe wird die abzutastende Bildfläche einmal überstrichen, so daß zur Erzielung eines ständigen Bildeindrucks mehr als zehn Umdrehungen in der Sekunde erforderlich sind. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß der Gedanke dieser Bildzerlegung bei seiner Einfachheit ohne Schwierigkeiten an und für sich praktisch ausführbar ist. Die Bedeutung dieses Fortschrittes für die weitere Verwirklichung des Fernsehproblems kann man allein daran ermesen, daß die Nipkowsche Erfindung heute noch in der Fernsehtechnik Anwendung findet.

Bei der Nipkowschen Sendeeinrichtung wird das zu übertragende Bild durch ein Okular auf die spiralförmig durchlochte Scheibe und auf eine dahinter befindliche Selenzelle geworfen. Die beim Drehen der Scheibe nacheinander auf die Selenzelle auffallenden Helligkeiten der ausgeblendeten Bildpunkte erzeugen entsprechende Stromschwankungen, die über einen Übertrager in die zur Empfangsstelle führende Leitung geschickt werden. Auf der Empfangsseite soll von den Stromschwankungen eine spiegelnde Telephonmembran nach der von Ayrton und Perry angegebenen Art beeinflusst werden und den von einer Lichtquelle auffallenden Lichtstrahl je nach den auftretenden Krümmungen mit einer stärkeren oder schwächeren Konvergenz auf eine zweite umlaufende Lochscheibe reflektieren. Die auf die Scheibe auffallende Lichthelligkeit ändert sich in der Stärke und im Takt der ankommenden Bildströme. Wenn die Lochscheiben in der Sendeeinrichtung und Empfangsstelle bei derselben Anfangslage mit gleicher Geschwindigkeit umlaufen, wird das Auge durch die Öffnungen der Empfangsscheibe die übertragenen Bildpunkte in der Reihenfolge der Bildabtastung wahrnehmen. Aus dem Mosaik aller in der Bildfläche nacheinander — an der gleichen Stelle wie auf dem Urbild — sichtbar werdenden Bildpunkte, deren Helligkeit der der Bildelemente des Urbildes gleichkommt, ergibt sich bei genügend rascher Wiederholung der gewünschte Bildeindruck.

Für die Wiedergabe der Stromwirkungen gab Nipkow noch zwei weitere Lösungen an. Bei der ersten verwandte er wieder den schon bekannten Kerr-Effekt, und zwar in folgender Weise. Das Licht einer Lichtquelle wird durch ein Nicolsches Prisma polarisiert, dann durch ein mit Schwefelkohlenstoff gefülltes Rohr und weiter durch ein zweites Nicolsches Prisma geleitet, das mit dem ersten so gekreuzt ist, daß es das einfallende Licht vollkommen löscht. Das mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Rohr umhüllt eine Spule, die von den ankommenden Bildströmen durchflossen wird. Je nach den von diesen Strömen erzeugten Feldstärken wird, wie Faraday zum erstenmal feststellte, die Polarisationssebene verschieden gedreht, so

daß eine den Bildströmen entsprechende Lichtmenge durch das zweite Prisma hindurchtreten kann. Die zweite Lösung bestand darin, daß eine „Königsche“ Gasmembran durch einen Elektromagneten, dessen Windungen von den Bildströmen durchflossen werden, verschieden stark angezogen wird. Die Gasmembran bildet den Abschluß einer Kapsel, auf der ein Gasbrenner angebracht ist. Das Gas wird dem Brenner durch die Kapsel aus einem eingelassenen Zuleitungsrohr zugeführt. Je nach den Schwankungen der Membran vibriert die Flamme unter dem Einfluß des sich ändernden Kapselinhalts.

Die Verwirklichung der Fernsehempfangseinrichtungen Nipkows, die starke Stromwirkungen benötigten, scheidete wiederum an der schwachen Wirksamkeit der Selenzelle. Es fehlte immer noch an einer Verstärkung der Ströme durch ein trägheitsloses Relais. Auch wäre es nach dem Stande der damaligen Technik wohl kaum gelungen, Scheiben herzustellen, die bei ihrer wegen der Lichtausnutzung sehr gering zu haltenden Dicke unter dem Einfluß hoher Umfangsgeschwindigkeiten eine möglichst vollkommene Zerlegungsebene bildeten. Trotzdem war mit der Nipkowschen Scheibe der Weg für eine geeignete Bildzerlegung und -zusammensetzung freigemacht, der im Verlauf der weiteren Entwicklung nicht mehr verlassen wurde. Durch die Bildwiedergabe mit der Lochscheibe wurde gleichzeitig der Übergang vom projizierten Bild zur subjektiv durch das Auge wahrgenommenen Empfindung des Bildes vollzogen, was für die Lichtausnutzung von großer Bedeutung wurde. Denn zur Erzeugung eines Projektionsbildes würde viel mehr Licht aufgewendet werden müssen.

Ein im Jahre 1890 von Sutton veröffentlichter Vorschlag für eine Fernsehanlage baut auf dem Nipkowschen Prinzip weiter auf. Als wesentliche Neuerung seiner Einrichtung ist zu nennen, daß er zur Erhöhung der Lichtwirkung hinter der Abtastscheibe eine zweite Linse anordnet, in deren Brennpunkt sich die Selenzelle befindet.

Ein weiteres eigenartiges Verfahren der Bildzerlegung, das gleichfalls neuerdings große praktische Bedeutung gewonnen hat, wurde ungefähr zur gleichen Zeit (1889) von Weiller angegeben. Weiller verwendet eine Scheibe, an deren Umfang 300 Spiegelchen angebracht sind, von denen jedes zur Scheibenachse eine etwas andere Neigung besitzt. Ein leuchtender lichtförmiger Punkt, der auf das Spiegelrad fällt, wandert reflektiert beim Umlauf der Scheibe auf einer Geraden über eine Projektionsebene. Durch die Neigung der einzelnen Spiegel wird erreicht, daß die leuchtenden Geraden, die von jedem der sich an dem Lichtpunkt vorbeidrehenden Spiegel erzeugt werden, nicht zusammenfallen, sondern sich bei einer Umdrehung Zeile für Zeile zu einer Fläche zusammensetzen. Diese Anordnung kann sowohl zur Bildzerlegung als auch zur Bildzusammensetzung verwendet werden. Die zum Überfahren einer Bildfläche nötigen Längs- und Querbewegungen werden hier wieder durch eine einzige drehende Bewegung ersetzt. Gegenüber der Nipkowschen Scheibe ist der optische Wirkungsgrad durch die Spiegelwirkung erhöht. Zur Wiedergabe der Lichthelligkeit wird auf der Empfangsseite die schon von Nipkow angegebene „Königsche“ Gasmembran verwendet.

Die in den nächsten Jahren angegebenen Fernseheinrichtungen bringen nicht mehr viel Neues, nachdem die Grundgedanken für das Fernsehen schon durch die Arbeiten der bisher genannten Forscher und Erfinder gefunden sind und damit die Marschrichtung auf das zwar noch weit entfernte Ziel festgelegt ist. Die weiteren Vorschläge stellen vielmehr eine mannigfaltige Verbindung der schon bekannten Einzelteile zu den verschiedensten Geräten dar, die aber keine wesentlichen Fortschritte in der Erkenntnis und Technik des Fernsehens bringen. Zum Teil sind Abirrungen von dem einmal als richtig anerkannten Wege zu verzeichnen. Im folgenden soll daher

von Einzelheiten in der Apparatsbeschreibung, die bei den bisher aufgeführten Fernsehrichtungen als ein anschauliches Mittel zur Einführung in das Wesen des Fernsehens und zum besseren Verständnis des Aufbaus späterer Fernsehapparate dienen sollte, abgesehen werden.

Die Veröffentlichungen über die verschiedenen Möglichkeiten des Fernsehens veranlaßten um das Jahr 1889 Liesegang zu größeren Ausführungen, „Beiträgen zum elektrischen Fernsehen“, die die technischen Bedingungen des Fernsehens behandelten. In diesen gab er auch einige Fernseh-Gebeeinrichtungen an, über deren Ausführbarkeit aber nichts mitgeteilt worden ist. Liesegang wollte die Bildelemente durch eine kleine Öffnung in einem lichtgeschlossenen Kasten auf eine Platin- oder Ebonitmembran wirken lassen, die unter dem Einfluß der Helligkeitswechsel zu Schwingungen angeregt werden sollte. Diese Schwingungen sollten wiederum über die Membran auf einen Mikrophonkontakt einen entsprechenden Druck ausüben und so verschieden starke Bildströme auslösen. Auf der Empfangsseite war eine elektrolytische Anwendung zur Bildwiedergabe vorgesehen.

Im Jahre 1891 gab der französische Physiker Brillouin eine neue Art der Bildzerlegung an. Er geht bei seinen Untersuchungen davon aus, daß die Bildübertragung nur dann genügend klar würde, wenn die Bildelemente so klein als möglich wären. Zur Zerlegung werden zwei getrennt angeordnete, entgegengesetzt umlaufende Scheiben benutzt, die an ihrem Umfange Linsen tragen, die sich überdecken. Beide Scheiben drehen sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten, die den Bildabtastrichtungen in der Längs- und Querbewegung entsprechen. In der Kreuzungsfläche beider Scheiben erzeugt die schneller umlaufende Scheibe die Wanderung des Vereinigungspunktes der Brennebenen der sich überdeckenden Linsen auf dem Bogen einer Spirale, während durch den langsameren Umlauf der anderen Scheibe das Fortschreiten der spiralförmigen Zeile über die Kreuzungsfläche bewirkt wird. Diese Anordnung hatte aber keine Aussicht auf einen praktischen Erfolg, da sie eine sehr genaue Relativbewegung beider Scheiben verlangt, die durch eine entsprechend feine Geschwindigkeitsübertragung nur schwer erreicht werden kann. Weitere Nachteile bestehen in der mechanisch undurchführbaren hohen Drehzahl der schneller umlaufenden Scheibe und vor allem in den Lichtverlusten, die in der Störung des gradlinigen Strahlenganges ihre Ursache haben. Zur Bildwiedergabe wird die Anordnung eines Spiegelgalvanometers benutzt.

Statt der Linsen auf den Zerlegerscheiben verwendete im Jahre 1894 Majorana radiale Schlitze. Das von einer Lichtquelle ausgestrahlte Licht kann nur durch den jeweiligen Kreuzungspunkt hindurchtreten, der durch das Überschneiden der Schlitze beider Scheiben gebildet wird und infolge der verschiedenen schnellen Umdrehungen in aneinander schließenden Linien über die Kreuzungsfläche wandert. Auch dieser Anordnung war aus den schon genannten Gründen kein Erfolg beschieden.

Pontois versuchte ungefähr zur gleichen Zeit (1893) die Wirkung der Selenzelle zu verstärken in der Annahme, daß die Widerstandsänderungen des Selens nicht allein durch die Lichtstrahlen, sondern hauptsächlich durch die in ihnen enthaltenen Wärmestrahlen hervorgerufen werden. Um die Empfindlichkeit des Selens zu steigern, sah er daher als stark wärmehaltige Lichtquelle eine Kalklichtlampe vor.

In den folgenden Jahren nennen Veröffentlichungen in Zeitschriften wie „Kosmos“ und „The Iron“ noch einige Namen von Erfindern und Erbauern von Fernsehrichtungen, u. a. auch Edison, Courtonne und Rabourdien. Von ihren Fernsehapparaten ist aber nichts weiter bekannt geworden.

Fortsetzung folgt!

FERNSEHEN UND TONFILM

ZEITSCHRIFT FÜR TECHNIK UND KULTUR DES FERNSEHENS UND TONFILMS

HERAUSGEGEBEN VON DR. F. BANNEITZ UND PROF. DR. G. LEITHÄUSER
SCHRIFTFÜHRUNG DR. F. BANNEITZ

MAI 1937

HEFT 5

Die Entwicklung des Fernsehens

Von Postrat Dipl.-Ing. BEGRICH

Fortsetzung!

Im Jahre 1895 trat *Carey* mit einer neuen Art der Bildzerlegung an die Öffentlichkeit. Durch einen besonderen Mechanismus, der durch ein Uhrwerk angetrieben werden soll, wird eine Selenzelle über eine Mattscheibe, auf die das zu übertragende Bild geworfen wird, in einer engen Spirallinie geführt. Diese wird dadurch erzeugt, daß die Selenzelle sich mittels einer geeigneten Anordnung auf einer umlaufenden Schraubenspindel bewegt, die wiederum auf einer Scheibe angebracht ist, deren Drehachse senkrecht zur Spindel verläuft. Beim Suchen nach weiteren Arten der Bildzerlegung verfiel 1897 *Szczepanik* auf eine ähnliche Anordnung, wie sie bereits von *Le Blanc* angegeben war. Das Bild wird durch zwei Spiegel, von denen der eine um eine vertikale Achse, der andere um eine horizontale Achse schwingt, zerlegt. Die Durchführung dieses Vorschlages mußte aber daran scheitern, daß die hohen Schwingungen für die Längszerlegung nicht von dem magnetisch bewegten Spiegel aufgebracht werden konnten.

Auch für die Empfangstechnik wurden weitere Vorschläge gemacht. So wollte *Dussaud* im Jahre 1898 auf der Empfangsseite ein Reliefbild erzeugen, dessen Erhöhungen und Vertiefungen den Helligkeitswerten eines zu übertragenden Bildes entsprechen sollten. Diese Bedingung sollte durch eine Telephonmembran erfüllt werden, die ein Bündel Stäbe mehr oder weniger anhebt, deren Enden die Punkte des zu bildenden Reliefbildes darstellen und über eine Nipkowsche Scheibe belichtet werden. *Dussaud* nahm an, daß die Belichtung um so stärker sei, je mehr die Stäbe durch die Membran angehoben wären. Zu einer praktischen Ausführung ist dieser Vorschlag aber nicht gekommen. Auch eine zweite Lösung für ein Lichtrelais hatte keinen Erfolg. Das durch eine Linse parallel gerichtete Licht einer Bogenlampe fällt auf zwei gitterartige Platten, von denen die eine durch einen von den Bildströmen gesteuerten Elektromagneten gegen die andere verschoben wird. Im stromlosen Zustand stehen die Platten so einander gegenüber, daß kein Licht durch sie hindurchtreten kann, während sie unter dem Einfluß der Bildströme um so mehr Licht durchlassen, je mehr sie sich gegeneinander verschieben.

Nach einer zweijährigen Pause machte *von Bronk* auf Grund der Erfindung des „Poulsenchen“ Telephons einen neuen Vorschlag für die Bildübertragung. Das zu gebende Bild soll erst als magnetisches Bild auf ein Stahlband aufgezeichnet und dann auf eine trägheitslose Empfangseinrichtung übertragen werden. Auch dieser Gedanke ist nicht verwirklicht worden.

Ein im Jahre 1902 von *Coblyn* veröffentlichter Plan kommt der Lösung des Fernsehproblems schon wieder etwas näher. Zur Erhöhung der Bildhelligkeit benutzt er eine besondere Linsenanordnung, die das Bild zu sehr kleinen Ausmaßen zusammenzieht und die Lichtstrahlen,

parallel zueinander gerichtet, auf eine umlaufende Trommel wirft. In den Trommelmantel sind in gleichen Abständen schräge Schlitze eingeschnitten, in der Anordnung, daß der eine Schlitze an der Stelle endet, wo der andere beginnt. Dadurch wird erreicht, daß zwei sich diametral gegenüberliegende Schlitze beim Drehen der Trommel sich in entgegengesetzter Richtung kreuzen. Die Wirkung ist die gleiche, die man durch zwei sich gegeneinander bewegende Scheiben nach dem Prinzip von *Billouin* und *Majorana* erhält. Ein Lichtstreifen wird in Quadrate zerlegt. Die Auflösung des Bildes in einzelne Bildstreifen übernimmt ein Spiegelchen, das auf einer elektrisch betriebenen Stimmgabel angebracht ist. Zur Bildzusammensetzung wird die gleiche Anordnung benutzt. Der Lichtstrahl einer Lichtquelle wird durch ein Röhrchen auf die Empfangseinrichtung geleitet. Dieses ist drehbar zwischen den Polen eines Magneten befestigt und blendet so, von den Bildströmen mehr oder weniger abgelenkt, den Lichtstrahl verschieden stark ab. Diese Anordnung hat wegen der Verwendung zahlreicher Linsen an und für sich einen so hohen Lichtverlust, daß eine Bildwirkung von vornherein gänzlich ausgeschlossen wäre.

Nach einem Vorschlag von *Nisko* aus dem Jahre 1903 wird wieder ein altes Verfahren aus der ersten Erfinderezeit angewandt, das darin bestand, den Bildaufnehmer auf der Gebeseite aus zahlreichen kleinen Selenzellen zusammenzusetzen. Die Rückkehr zu der mehrzelligen Anordnung entsprang wohl dem Wunsche, eine stärkere Stromwirkung zu erzielen, als sie bei Anwendung einer einzelnen Zelle erreicht werden konnte. Zur Verstärkung der Bildströme wurden außerdem Mikrophonrelais eingeschaltet, die ihre Steuerstromkreise über einen Kommutator nacheinander an die Fernleitung legen. Auf der Empfangsseite wird gleichfalls die Wirkung von Mikrophonrelais benutzt, um die Bildströme in Helligkeitswerte umzusetzen.

In den folgenden Jahren sind noch Veröffentlichungen von *Schneider*, *Re*, *Jaworski*, *Frankenstein* und *Fowler* zu nennen, in denen aber keine neuen Gedanken entwickelt sind. Es wird nur auf bekannten Voraussetzungen aufgebaut, ohne daß man der Lösung des Fernsehproblems irgendwie näher kommt.

Mit Rücksicht auf das schwache Reaktionsvermögen der einzelnen Selenzelle entwickelte *Lux* im Jahre 1906 nach ähnlichen Gedankengängen, wie sie von *Nisko* ausgeführt waren, wiederum eine aus vielen Einzelzellen zusammengesetzte Bildtafel. Mit seinem Vorschlage kam er im Prinzip sogar ganz auf den ersten Plan von *Carey* als den Ausgangspunkt des Fernsehens zurück, indem er die *Niskosche* Lösung, die zahlreichen Einzelzellen nacheinander an eine Übertragungsleitung zu schalten, wegen der dadurch bedingten Schwächung der geschalteten geringen Bildströme bewußt verwarf und wieder für die

gleichzeitige Übertragung aller Bildelemente eintrat. Die vor allem aus wirtschaftlichen Gründen unmögliche Verwendung von einer der Menge der Bildelemente entsprechenden Zahl von Leitungen suchte er durch Frequenzkanäle auf einer gemeinsamen Leitung zu ersetzen, wobei er jede Selenzelle in einen Wechselstromkreis von anderer Schwingungsdauer einschaltete, dessen Strom er induktiv auf die Übertragungsleitung wirken ließ. Auf der Empfangsseite sind auf einer Bildtafel zu den Bildelementen lagengleiche Resonatoren angeordnet; diese bestehen aus Stahlfedern — nach Art der heutigen Zungenfrequenzmesser —, die elektromagnetisch zum Schwingen gebracht werden. Das über die Leitung ankommende Gemisch gegenseitig überlagerter Schwingungen wirkt auf die einzelnen Resonatoren so ein, daß jede Feder nur auf die ihrem Bildelement zugeordnete Schwingung anspricht und je nach der Größe der Stromschwankungen verschieden stark schwingt. Hinter jeder Feder befindet sich ein durch ein Glühlämpchen oder einen weißen Hintergrund erhelltes Feld, das durch die Schwingungen der Feder mehr oder weniger stark abgeblendet wird und so die gewünschten Helligkeitswerte für das Bildmosaik ergibt. Die Durchführbarkeit dieses Gedankens stößt, wie leicht einzusehen ist, bei der großen Zahl der erforderlichen Frequenzkanäle auf so große schalttechnische und mechanische Schwierigkeiten, daß ein brauchbarer Fernsehapparat niemals hätte hergestellt werden können.

Man war nach vielen vergeblichen Versuchen mit den mannigfaltigsten Vorschlägen wieder auf Umwegen zum Ausgangspunkt zurückgekommen und hatte sich, obwohl schon die Durchbildung von Einzelteilen der Fernsehapparate näher an die endgültige Lösung herangeführt hatte, im allmählichen Kreislauf wieder vom Ziel weiter entfernt.

Trotz dieser rückwärtigen Entwicklung kam es im selben Jahre (1906) nach allen vergeblichen Versuchen auf dem Papier zu einem wirklich durchgeführten Versuch von *Rignoux* und *Fournier*. Wenn auch der von ihnen durchgebildete Apparat nicht als eine vollkommene Fernseheinrichtung angesehen werden kann, so war damit doch der erste praktische Schritt in der Fernsehtechnik getan. Auf einer mosaikartig zusammengesetzten Selenzellentafel werden geometrische Figuren oder Buchstaben aufgelegt. Jeder Zelle ist auf der Empfangsseite eine Kammer zugeordnet, in der ein Spiegel durch das bewegliche System eines Galvanometers vor dem einfallenden Lichtstrahl abgedeckt wird. Alle Kammern bilden zusammen die Bildempfangsfläche. Je nachdem, wie die Galvanometer die Spiegel freigeben, hellen sich die einzelnen Kammern durch die beleuchteten Spiegel auf. Die einzelnen Helligkeitswerte verteilen sich so über die Wiedergabefläche, daß die Stellen hell erscheinen, welche den hellen Stellen der Geberzellenflächen entsprechen. Durch diese Nachbildung von Schatten und Licht gelang zum ersten Male die praktische sofortige Sichtbarmachung des Empfangsbildes. Allerdings besaß diese Versuchsapparatur den Mangel, daß zur Bildübertragung sehr viel Leitungen benötigt wurden. Diese Schwierigkeit sollte später durch Anwendung eines umlaufenden Schalters behoben werden, der die einzelnen Selenzellenstromkreise rasch nacheinander unter Zwischenschaltung von Relais an eine Übertragungsleitung legte. Auf der Empfangsseite war eine Umwandlungseinrichtung nach Art der Nipkowschen Angaben geplant, die auf der elektromagnetischen Drehung der Polarisationssebene des Lichtes beruhte. Die Bildzusammensetzung sollte über ein Weillersches Spiegelrad stattfinden. Eine nach diesem Prinzip arbeitende Fernseheinrichtung hat aber keinen Erfolg gehabt und konnte auch keinen Erfolg haben, da man immer noch kein trägheitsloses Verstärker- und Lichtrelais gefunden hatte.

Eine dem ersten Apparat von *Rignoux* und *Fournier* ähnelnde Fernseheinrichtung wurde von *Ruhmer* auf der Brüsseler Weltausstellung im Jahre 1910 vorgeführt, mit

der aber auch nur einfache Figuren übertragen werden konnten.

Nach diesen ersten in die praktische Fernsehtechnik gewagten Schritten tritt wieder ein Stillstand in der Fortentwicklung ein. Zwar fehlt es in der nächsten Zeit nicht an Vorschlägen, die allerdings wegen ihrer Unausführbarkeit wieder nur Konstruktionen auf dem Papier darstellen und nicht geeignet sind, weitere Hindernisse theoretischer Art in der physikalischen Erkenntnis des Fernsehproblems aus dem Wege zu räumen. Hierzu gehören die Vorschläge von *Armangaud* aus dem Jahre 1908, von *Saint Renée* und den Gebrütern *Andersen*.

Armangaud glaubte eine neue Art der Bildzerlegung gefunden zu haben. Er verwandte zwei endlose Bänder, die mit verschiedenen Geschwindigkeiten sich senkrecht zueinander bewegten und mit Schlitzen versehen waren, das eine mit Längs-, das andere mit Querschlitzen. Der Kreuzungspunkt von je zwei nach Bildbreite und -höhe zugeordneten Schlitzen sollte in aneinander schließenden Zeilen über die Bildfläche wandern. Dieses Verfahren hat aber die gleichen optischen Nachteile wie die gekreuzten Lichtblenden von *Brillouin* und *Majorana*.

Neben diesen in den Gedankengängen früherer Forscher sich bewegenden Plänen wurde von *Dieckmann* und *Glage* im Jahre 1906 und von *Rosing* im Jahre 1907 für den Fernsehempfang die Verwendung von Braunschen Kathodenstrahlröhren angegeben. Der Kathodenstrahl tritt durch eine kanalartige Anode eng gebündelt in das hinter der Anode liegende Ablenkfeld, an dessen Ende er auf eine Fluoreszenzschicht auftrifft und dort durch Umstoß der abgebremsten Bewegungsenergie in Strahlung einen Lichtfleck erzeugt. Da ein Kathodenstrahlbündel durch magnetische oder elektrische Felder aus seiner Richtung abgelenkt werden kann, waren bei den Einrichtungen der genannten Forscher Ablenkspulen vorgesehen, die den Strahl in Längs- und Querrichtung auf fortschreitenden Zeilen über den Bildschirm lenken sollten. Während so die Einrichtung für ein trägheitsloses Lichtrelais im Prinzip gefunden zu sein schien, fehlte es noch an geeigneten Maßnahmen, den Lichtstrahl im Gleichlauf mit den Bewegungen der mechanischen Zerleger auf der Geberseite — bei *Rosing* zwei mit verschiedenen Geschwindigkeiten sich um senkrecht zueinander stehende Achsen drehende Spiegelräder — über die Bildwand zu führen. Die verschiedene Helligkeit der einzelnen Bildelemente sollte dadurch herbeigeführt werden, daß in dem Strahlengang vor dem eigentlichen Ablenkfeld für die Längs- und Querablenkung eine Blende angeordnet war, vor der der Kathodenstrahl durch ein von den Bildströmen hervorgerufenen magnetisches Feld mehr oder weniger abgelenkt wurde. Durch diese Anordnung wird ein großer oder geringer Teil des in das Ablenkfeld tretenden Kathodenstrahls abgeblendet. Der mit schwankender Intensität der Bildströme verschieden stark abgeblendete Strahl wird dann für die Bildzusammensetzung in der schon geschilderten Weise benutzt.

Einzelne Teile dieser Fernsehempfangseinrichtung sind zwar in Versuchen in Betrieb genommen worden. Aber die zu einer Bildwiedergabe führende Gesamtwirkung der vollständigen Anordnung ist nicht erreicht worden, da die Bildströme zu einer wahrnehmbaren Bewegung des Kathodenstrahls vor der Blende nicht genügend stark waren. Wenn auch die praktische Anwendung dieses Planes noch nicht möglich war, so war doch wieder eine gute Wegstrecke durch das Auffinden und die Nutzbarmachung eines trägheitslosen Lichtrelais zurückgelegt; ja man war mit diesem Gedanken seiner Zeit weit vorausgeeilt, und erst der jüngsten Gegenwart war es vorbehalten, das vor mehr als 20 Jahren erworbene Gedankengut nutzbringend zu verwenden.

Nach einem mühsamen Entwicklungsgang von rund 30 Jahren, den zahlreiche Forscher und Erfinder der verschiedensten Länder vorwärtsschritten, waren endlich im Prinzip alle Bauteile für eine Fernseheinrichtung ge-

funden. Nur eine Schwierigkeit stellte sich dem Zusammenwirken aller dieser im Laufe der Jahre ständig verbesserten Einzelteile noch stark hindernd in den Weg. Sie bestand darin, daß die durch die Widerstandsänderung der belichteten Selenzelle hervorgerufenen Stromschwankungen nicht wirksam genug gemacht werden konnten. Wenn auch als Schlußstein in der ganzen Gedankenfolge des Aufbaus einer Fernseheinrichtung das trägheitslose Lichtrelais eingefügt zu sein schien, so fehlte es doch noch an einem ebenso wichtigen trägheitslosen Verstärkerrelais, das geeignet war, die Wirkung der Bildströme zu steigern.

An diesen Entwicklungsgang kann sich daher nur eine Fortentwicklung anschließen, die hauptsächlich auf die Suche nach diesem Relais oder, solange es noch nicht gefunden ist, zunächst auf eine Erhöhung der Empfindlichkeit der entsprechenden Einzelteile als Ersatzlösung gerichtet ist.

Während des Weltkrieges und in den ersten Nachkriegsjahren ruhte im allgemeinen die Erfindertätigkeit, und, wo noch an dem Fernsehproblem gearbeitet wurde, blieb es geheim.

Zunächst galt es, die Empfindlichkeit der Selenzelle zu steigern. Man untersuchte ihre Eigenschaften näher und stellte fest, daß sie der einwirkenden Belichtung nicht mit entsprechend großer Widerstandsänderung folgte, sondern daß zwischen Einwirkung und Reaktion eine gewisse Trägheit bemerkbar war. Besonders war um die Versuche mit der Selenzelle der Ungar *D. von Mihály* bemüht. Nach vielen Versuchen, die auf den Erfahrungen früherer Vorschläge aufgebaut waren, gelang es Mihály, die Wirksamkeit der Selenzelle zu erhöhen.

Während man sich noch mühte, zur wirksamen Ausnutzung der schwachen Bildströme die Empfindlichkeit fernsehtechnischer Einzelteile zu steigern, war schon seit einigen Jahren — unabhängig von den Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der Fernstechnik — das lang gesuchte Verstärkerrelais in Gestalt der Elektronenröhre, die für die Nachrichtentechnik so wichtigen Entdeckung Liebens, gefunden worden. Die mit den Fortschritten der Technik ständig verbesserte Verstärkeröhre wurde zuerst in der Fernsprechtechnik mit Erfolg verwendet und nach Aufkommen des Rundfunks auch für Zwecke der Rundfunktechnik, die für ihre Übertragung ein breiteres Frequenzband als die Fernsprechtechnik benötigt, dienstbar gemacht. Durch diese Entwicklungsarbeiten war die Einführung der Elektronenröhre in der Fernstechnik zur Verstärkung der hochfrequenten Bildströme vorbereitet. Ihre Verwendung sollte endlich zu dem ersehnten Ziele führen.

D. von Mihály versuchte daher bei weiteren Versuchen durch eine geeignete Konstruktion eines Oszillographen nach der Blondelschen Bauart ein Lichtrelais herzustellen, das in Zusammenarbeit mit der als trägheitslosem Verstärkerrelais angewandten Elektronenröhre von Lieben und Reiß den ersten brauchbaren Fernsehapparat ergeben sollte. Zwar gelang es nicht, die einzelnen Teile dieser Fernseheinrichtung, deren Wirkungsweise im einzelnen durch eingehende Versuche geprüft und erprobt wurde, zu einem gemeinsamen ineinandergreifenden Wirken zusammenzusetzen. An die Stelle des vervollkommenen Oszillographen mußte erst noch das schon einmal aufgefundene vollkommen trägheitslose Lichtrelais, dieses Mal in Gestalt einer Glimmlampe, treten, die die „klassische Lichtquelle für Fernsehempfänger“ genannt worden ist. Die negative Elektrode (Kathode) dieser Glimmlampe muß für die Bildzusammensetzung mit der Nipkowschen Scheibe die Größe des entsprechenden abgetasteten Bildfensters besitzen. Das an der Kathode je nach Wahl der Gaszusammensetzung und des Drucks in der Röhre sich ausbreitende Glimmlicht kann mit seinen Helligkeitswerten ohne jede Verzögerung den einwirkenden Spannungsschwankungen folgen, die durch die veränderlichen Bildströme erzeugt werden. Mit der Einführung dieses

Lichtrelais ging Hand in Hand die Verwendung von Photozellen, die noch lichtempfindlicher und trägheitsloser als die bisher benutzten Selenzellen arbeiten. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß im luftleeren Raum (Glaskolben) von Alkalimetallen unter dem Einfluß von Lichtstrahlen Elektronen ausgesandt werden, die von einer positiv aufgeladenen Elektrode (einer maschenartigen Anode) angesaugt werden. Die Stärke dieses Elektronenstromes hängt von der Höhe der angelegten Spannung ab. Da Elektronen sich masse- und trägheitslos bewegen, können alle nach diesem Prinzip arbeitenden Photozellen ohne jede Verzögerung schnell wechselnden Lichtschwankungen folgen. Die Wirkung der Photozellen wird noch vergrößert, wenn sie Edelgase (z. B. Neon) von hohem Unterdruck enthalten.

Mit der Nutzbarmachung dieser zwei wesentlichen Bausteine für das Bauen von Fernseheinrichtungen hatte das Fernsehproblem aufgehört, ein Problem zu sein.

Auf der 5. Großen Deutschen Funkausstellung im Jahre 1928 zeigte *D. von Mihály* zum ersten Male seine Fernsehapparatur einer erstaunten Welt im Betriebe. Es konnten mit dieser Fernseheinrichtung Schattenbilder einfacher Gegenstände und Diapositive einzelner Köpfe einigermaßen erkennbar wiedergegeben werden. Sie arbeitete folgendermaßen: Auf der Geberseite wird das zu übertragende Bild (zunächst Diapositive oder Filme) durch eine Blende auf eine Nipkowscheibe geworfen, die bei ihrem Umlauf das durch die Blende begrenzte Bild in der bekannten Weise in einzelne aufeinanderfolgende Bildelemente zerlegt. Die durch die Löcher der Scheibe hindurchtretenden Lichtstrahlen fallen auf Photozellen. Diese verwandeln die mit den verschiedenen Helligkeiten der Bildelemente wechselnden Lichtstärken in elektrische Stromschwankungen, die durch Verstärkeröhren besonderer Bauart verstärkt werden. Der äußerst geringe Wert der in den Photozellen ausgelösten Ströme, der sich in einer Größenordnung von rund ein Millionstel Ampere bewegt, zeigt noch einmal deutlich, daß alle bisher ersonnenen Einrichtungen keinen Erfolg haben konnten, da die Bildströme sich zu einer wirksamen Tätigkeit so lange nicht ausnutzen ließen, als es das jetzt gefundene Verstärkerrelais noch nicht gab. Die aus den wechselnden Lichteindrücken gewonnenen Bildströme werden auf drahtlosem Wege oder über eine Leitung zum Empfänger übertragen, der aus der beschriebenen Glimmlampe und einer Nipkowscheibe besteht. Die Nipkowscheiben beim Geber und Empfänger drehen sich im Gleichlauf. Die den Bildelementen des Geberbildes entsprechenden Bildhelligkeiten werden von der Glimmlampe wieder ausgestrahlt und für das betrachtende Auge von der Nipkowscheibe punktförmig Reihe für Reihe wieder zusammengesetzt. Die Zusammensetzung eines Bildes wiederholte sich zehnmal in der Sekunde. Das vorgeführte Bild bestand aus 900 Rasterelementen von je 4 mm² Größe. Der Gleichlauf der Nipkowscheiben wurde durch ein von dem Gebiet der Telegraphie schon bekanntes „phonisches Rad“ innegehalten.

Auf dieser Arbeitsweise hat sich die weitere Fernstechnik aufgebaut, sie war der Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung des Fernsehens. Die zahlreichen Fernseheinrichtungen, die von dieser Grundlage aus entwickelt sind, stimmen in der Verwendung der einzelnen Bausteine und in ihrer grundsätzlichen Anordnung größtenteils überein. An Stelle der Nipkowscheiben treten zuweilen die Spiegelräder, mit denen statt der Flächenglimmlampen naturgemäß Punktglimmlampen zur Bildzusammensetzung auf der Empfängerseite arbeiten. Ein von Professor *Karolus* entwickeltes 100teiliges Weillersches Spiegelrad, mit dem Bilder auf eine Mattscheibe von 0,75 m × 0,75 m geworfen wurden, wurde ebenfalls auf der Funkausstellung 1928 als Bildempfänger vorgeführt. Professor *Karolus* hatte sich schon seit längerer Zeit um die Förderung der Fernstechnik, gestützt auf die Erfahrungen auf dem Gebiet der Bild-

telegraphie, bemüht. So verwendete er die von der Bildtelegraphie her bekannte Kerrzelle, die sich besonders zur Erzielung lichtstarker Bilder eignet, zur Lichtsteuerung auf der Empfangsseite. Das erste Fernsehmodell, das mit einer Kerrzelle arbeitete, wurde 1924 zum ersten Male in dem Laboratorium von Professor Karolus gezeigt. Zur Bildzusammensetzung und Bildzerlegung dienten zwei auf einer gemeinsamen Welle umlaufende Nipkowscheiben von ungefähr 1 m Durchmesser. Es konnten gegen 3000 Bildpunkte rund 12mal in der Sekunde übertragen werden. Die weiteren Arbeiten von Professor Karolus führten wegen der besseren Lichtausbeute zur Verwendung von Spiegelrädern auf der Empfangsseite.

Die Spiegelräder werden im Laufe der Zeit zu Spiegelschrauben mit Plattenglimmlampen, und schließlich löst die Braunsche Röhre die mechanischen Einrichtungen für die Bildzusammensetzung ab.

Inzwischen war man in anderen Ländern nicht müßig gewesen. Außer Deutschland waren es vor allem England und Amerika, wo die Fernstechnik weitgehendst gefördert wurde. Schon 1926 wurden von J. L. Baird in England Fernsehbilder einfacher Art vorgeführt. Er benutzte gleichfalls die Nipkowsche Scheibe zum Geben und Empfangen von Bildern und die Flächenglimmlampe als Lichtrelais. Das zu übertragende Bild wird in 30 Bildzeilen aufgelöst und besteht aus einem Mosaik von 2100 Rasterelementen.

In Amerika arbeitete die *Bell-Gesellschaft* an der Entwicklung des Fernsehens. Auch sie verwandte als Grundelement die Nipkowscheiben und die Glimmlampen mit Flächenkathode. Im Jahre 1927 fand die erste Fernsehübertragung zwischen New York und Washington über eine Freileitung statt. 2500 Bildpunkte wurden bei 17,7 Bildwechseln in der Sekunde übertragen, so daß sich im Höchsthalle eine Häufigkeit der Wechsel von schwarzen und weißen Bildpunkten von 22 125 Hz für die Bildströme ergab. Besonders bemerkenswert war hierbei die Steuerung des Gleichlaufs durch zwei verschiedene Frequenzen, von denen die eine der Zahl der Bilder in der Sekunde entsprach, während die andere 2125 Hz betrug.

Nach diesen ersten sichtbaren Erfolgen, die die Richtigkeit der letzten theoretischen Erörterungen für den Zusammenbau der in mühevoller Arbeit geschaffenen Einzelteile endlich bewiesen, begann zunächst eine emsige Arbeit, die in erster Linie der Vervollkommnung der Verstärker, der Photozellen und Glimmlampen sowie der Verbesserung des Gleichlaufs von Bildzerlege- und Bildwiedergabeeinrichtungen galt, ohne daß die einmal gegebene Grundlage wesentlich geändert wurde.

Um diese Zeit nimmt sich die *Deutsche Reichspost* in weitvorausschauender Erkenntnis der Bedeutung des Fernsehens der Fortentwicklung der Fernstechnik an. Um die Jahreswende 1926/27 beginnt das *Reichspostzentralamt* als diejenige Stelle der Deutschen Reichspost, die für die technische Entwicklung und Überwachung aller Nachrichtenmittel zu sorgen hat, auf dem Stand der damaligen Technik fußend, mit eigenen fernstechnischen Versuchen. Diese gelten einem doppelten Zweck, einmal, dauernd über den Entwicklungsstand der Fernstechnik auf dem laufenden zu bleiben und dann vor allem, durch Anregung der deutschen Industrie und durch regelmäßige Übertragungen den technischen Fortschritt des Fernsehens in Deutschland zu fördern. Während die nähere Umwelt das Fernsehen — auch vom technischen Standpunkt — als ein unlösbares Problem ansah, wurde in unermüdlicher zäher Arbeit vom Reichspostzentralamt mit einigen deutschen Firmen und Einzelerfindern die technische Entwicklung Schritt für Schritt vorwärts getrieben. In der besonderen Abteilung für Fernsehen des Reichspostzentralamts wurden *Fernkinoabtastrgeräte* gebaut, mit denen Versuchssendungen über Rundfunksender durchgeführt werden sollten. Durch den Einsatz der technischen Organisation und der technischen Hilfsmittel der

Deutschen Reichspost für die Entwicklung der Fernstechnik und durch die befruchtende Zusammenarbeit mit der sich bildenden deutschen Fernsehindustrie war die Gewähr für Erfolg in der nächsten Zeit gegeben. Aus den rein laboratorienmäßigen Entwicklungsarbeiten des Reichspostzentralamts wurden wichtige Fortschritte im Fernsehen dadurch erzielt, daß einheitliche gemeinsame Richtlinien für die weitere Entwicklung aufgestellt wurden. Unter Führung der Deutschen Reichspost wurden zur Förderung der Fernstechnik mit den beteiligten Fernsehfirmen besondere Patentabkommen getroffen, die einer einheitlichen und schnellen Entwicklung der Technik dienen sollten.

Nachdem 1928, wie schon erwähnt, zum ersten Male in Deutschland auf der 5. Großen Deutschen Funkausstellung in Berlin eine vollkommene Fernsehleinrichtung von dem Erbauer D. von Mihály zusammen mit der Deutschen Reichspost ausgestellt worden war, begannen nach gründlichen Vorarbeiten des Reichspostzentralamts die *planmäßigen drahtlosen Fernsehsendungen* über die Rundfunksender der Deutschen Reichspost, der als erster Behörde das Verdienst gebührt, der Entwicklung der Fernstechnik durch diese Versuchssendungen den Weg bereitet zu haben. Was hier eine Verwaltung von sich aus in klarer Erkenntnis der Verhältnisse tat, mußte in England, wo das Fernsehen bereits durch die Baird Company gut fortentwickelt war, nach langen Verhandlungen von dieser Gesellschaft gegen die englische Rundfunkbehörde, die British Broadcasting Company, durchgesetzt werden. Die Vorarbeiten des Reichspostzentralamts hatten sich vor allem auf eine *Normung der Bildabtastung* erstreckt, um in der Industrie eine einheitliche Entwicklung zu erreichen. Dabei hatten sich folgende Hauptwerte ergeben: Das zu übertragende Bild sollte aus 30 Bildzeilen zu je 40 Bildpunkten, somit aus 1200 Rasterelementen von 1,2 mm² Größe bestehen. Das Verhältnis von Bildhöhe zu Bildbreite betrug 3 : 4, die Abtastbewegung war von links oben nach rechts unten gerichtet. Die Bildwechsel in der Sekunde fanden 12,5mal statt. Die übertragende Bildpunktzahl betrug somit 15 000 je Sekunde und die höchste Bildstromfrequenz für den größten Helligkeitssprung von Schwarz auf Weiß und umgekehrt 7500 Hz.

Am 8. März 1929 wurde der Rundfunksender Witten, der damals mit einer Sendeleistung von 1,7 kW auf der Welle 468 m (641 kHz), später 419 m (716 kHz) arbeitete, zum erstenmal für *Versuchssendungen* in der Zeit von 23.10 Uhr bis 0.30 Uhr eingesetzt. Zur Sendung kamen zunächst nur Filmbilder. Die Übertragungen wurden zuerst von der Firma *Telehor-AG*, die die Fernsehleinrichtung von Mihály ausbaute, gemeinsam mit dem Reichspostzentralamt durchgeführt und fanden weiter mit einer gewissen Regelmäßigkeit täglich in der Zeit von 13 bis 14 Uhr statt. Am 14. März folgte das Reichspostzentralamt unter Anwendung seiner entwickelten Bildernormen mit eigenen Sendungen, die es mit seiner eigenen Fernkino-Abtastanlage ausführte. Die Versuche fielen zunächst in die Zeit von 13.45 bis 13.55 Uhr und wurden dann fast täglich von 9 bis 10 Uhr fortgesetzt. Um die bisher in der Fernstechnik gemachten Erfahrungen erschöpfend auszunutzen, wurden besondere Versuche mit dem Baird-System aufgenommen. Die Fernsehleinrichtung stand im Voxhaus und wurde von Angestellten der Baird Television Company bedient. Die letzte Fernsehsendung vom Voxhaus fand am 13. Juli 1929 statt. Von diesem Zeitpunkt an wurde die Apparatur in den Räumen des Reichspostzentralamtes aufgestellt, wo sie unter der vorläufigen Bedienung der Baird-Angestellten noch kurzzeitig zu weiteren Versuchen verwendet wurde. Ende September beendete die Telehor-AG ihre Sendungen, so daß nur noch das Reichspostzentralamt mit seinen Bildernormen die für die Industrie so wichtigen Versuchssendungen weiter fortsetzte, die vor allem den Zweck hatten, zu erproben, ob mit den vorhandenen technischen Mitteln und mit Empfängern, die in ihrem Aufbau nor-

malen Rundfunkgeräten entsprechen sollten, das Fernsehen ebenso wie der Rundfunk für die Allgemeinheit eingeführt werden könnte.

Auf der 6. Großen Deutschen Funkausstellung im Herbst 1929 wurden die ersten Erzeugnisse der unter Führung der Deutschen Reichspost ins Leben gerufenen *deutschen Fernsehindustrie* gemeinsam vom Reichspostzentralamt und den beteiligten Firmen *Telehor*, *Telefunken* und *Fernseh-AG* zur Schau gestellt und im Betriebe vorgeführt. Für die drahtlosen Filmübertragungen hatte das Reichspostzentralamt einen besonderen Röhrensender von kleiner Leistung aufstellen lassen, der auf einer Wellenlänge von 1800 m arbeitete. Die Zerlegung der Filmbilder wurde in der bekannten Weise über eine Nipkowscheibe mit 30 Löchern vorgenommen, die in Form einer Spirale angeordnet sind. Außer dem Filmbildgeber wurde ein „*Tageslicht-Fernsehsender*“ gezeigt, der vom Reichspostzentralamt entwickelt worden war. Mit diesem Bildgeber sollten bei reinem Tageslicht oder bei hellem künstlichen Licht, das durch besondere Tages- oder Jupiterlampen erzeugt wurde, Personen oder Gegenstände im Bild übertragen werden. Der Fernbildgeber arbeitete wie ein photographischer Apparat mit einer lichtstarken Optik, bei dem die Mattscheibe durch die bildzerlegende Nipkowscheibe selbst ersetzt ist. Da die durch die Löcher der Nipkowscheibe tretenden Lichtstrahlen im Vergleich zu der eine starke Durchleuchtung ohne Schwierigkeiten gestattenden Filmübertragung an und für sich eine sehr geringe Lichtintensität besitzen, war hinter die Photozelle ein besonders starker mehrstufiger Verstärker eingeschaltet. Durch die ersten Erfolge in der unmittelbaren Bildabtastung von Personen und Gegenständen angeregt, hatte das Reichspostzentralamt zum ersten Male eine brauchbare Einrichtung entwickelt, die den alten Wunsch, *bei einem Ferngespräch auch den Gesprächspartner sehen zu können*, ein gutes Stück der Verwirklichung näher brachte. Zwei räumlich voneinander getrennte Fernsprechzellen waren mit je einem Fernsprecher und mit je einer Bildgebe- und Empfangseinrichtung für das Fernsehen ausgerüstet. Die Bildgeber arbeiteten mit einer Lichtstrahlabtastung über eine Nipkowscheibe, die Empfänger mit Glühlampe und Nipkowscheibe. Die bei dem Bildgeber von den Bildobjekten während der Abtastung reflektierten Strahlen fallen auf mehrere zur Erhöhung der Lichtwirkung parallel geschaltete Photozellen, die um die fernzusehende Person kranzförmig angeordnet sind. Eine den Grundzügen dieser Gegenseinrichtung des Reichspostzentralamts ähnliche Anordnung wurde ein Jahr später bei einer Gegenseinrichtanlage zwischen der American Telephon and Telegraph Company und den Bell Laboratories verwandt. Die auf der Funkausstellung von 1929 gezeigte erste Gegenseinrichtanlage der Deutschen Reichspost ist später im Deutschen Museum in München aufgestellt worden.

Von der Firma *Telefunken* war nach Angaben von Professor Karolus ein Fernsehgeber entwickelt worden, bei dem zur Bildzerlegung das Weillersche Spiegelrad benutzt wurde. Die einzelnen Spiegel dieses Rades reflektieren den von einer punktförmigen Lichtquelle einfallenden Lichtstrahl auf das zu übertragende Bild und führen ihn beim Umlauf in fortschreitenden Zeilen darüber hinweg. Das von dem Bild zurückgeworfene Licht wirkt auf die Photozellen. Der weitere Vorgang der Bildübertragung ist der gleiche wie bei den schon geschilderten Verfahren.

Von der *Fernseh-AG* waren in Anlehnung an die von der Baird-Gesellschaft durchgeführten Verfahren Fernsehapparate unter Verwendung von Nipkowscheiben und eine Lichtstrahl-Abtasteinrichtung zur unmittelbaren Bildübertragung hergestellt worden. Mit einem solchen Lichtstrahl-Abtastgerät wurden im Laufe des Jahres 1930 Versuchssendungen des Reichspostzentralamts über den Sender Wigleben durchgeführt.

Da nach den zwischenstaatlichen Vereinbarungen der Abstand von Trägerwelle zu Trägerwelle im Rundfunkwellenbereich nur 9000 Hz betragen darf, bestand zunächst in der Fernsehübertragung eine Grenze für die Bildpunktzahl, die entsprechend einer Modulationsfrequenz von 4500 Hz nur die Sendung von 9000 Bildpunkten in der Sekunde zuließ. Aber selbst bei einer durch die Reichspostzentralamts-Norm bedingten Bildpunktzahl von 15 000 Bildpunkten je Sekunde mit einer Frequenz der Bildströme von 7500 Hz waren die empfangenen Fernschbilder noch nicht vollkommen genug. Es mußte also der Weg weiter in der Richtung beschritten werden, daß zur Erhöhung der Bilddeutlichkeit die Zeilenzahl und zur Verminderung des mit Steigerung der Zeilenzahl wachsenden Flimmerns die Zahl der sekundlichen Bildwechsel vermehrt werden. Man mußte daher von der Absicht, einen allgemeinen Bildempfang mit normalen Rundfunkempfangsgeräten durchzuführen wegen Schwierigkeiten, die sich bei dem engen Frequenzband ergeben, und wegen der Nachteile der bei Rundfunkwellen sehr langsam verlaufenden Schwunderscheinungen, Abstand nehmen, um neue Fortschritte zu erzielen.

Um zunächst mit der bestehenden Normung möglichst viel Erfahrungen zu gewinnen, wurden am 17. Mai 1930 der Deutschlandsender in Königs Wusterhausen auf der Welle von 1635 m (183,5 kHz) für die Versuchssendungen des Reichspostzentralamts mit eingesetzt. Nach eingehender Erprobung der von der *Fernseh-AG* gebauten Lichtstrahl-Abtasteinrichtung konnten neben den reinen Film-sendungen auch unmittelbar abgetastete Bilder übertragen werden. Bei diesen Sendungen wurde neben der Bildgüte ein besonderes Augenmerk auf den Gleichlauf der Gebe- und Empfangs-Apparatur gerichtet.

Die nächste Zeit brachte nach den auf der 7. Großen Deutschen Rundfunkausstellung im Herbst 1930 vom Reichspostzentralamt und den Fernsehfirmen vorgeführten Geräten hauptsächlich eine Neuentwicklung der *Fernseh-Empfangseinrichtungen mit besonderen Gleichlaufsystemen*. Bemerkenswert war vor allem ein vom Reichspostzentralamt entwickelter Empfänger mit Weillerschem Spiegelrad, der als Lichtquelle eine Glühlampe mit punktförmiger Kathode hat, deren Helligkeit von den Bildströmen gesteuert wird. Die mit wechselnder Helligkeit auf die Einzelspiegel fallenden Lichtstrahlen werden auf einer Projektionsfläche in aneinander schließende Bildzeilen aufgelöst, so daß man bei dieser Anordnung die Möglichkeit hatte, ein größeres Bild, als es sonst die Ausmaße der Nipkowscheibe zulassen, zu erhalten. Das mit einer Nipkowscheibe wiedergegebene Bild hatte bei 1200 Bildpunkten von je 1,2 mm² Größe eine Fläche von ungefähr 36 × 48 mm.

Eine wichtige Erfindung zur Erhöhung der Bildhelligkeit und der Bildgröße brachte ein von der *TeKaDe* Nürnberg für die *Telehor-AG* gebauter Fernsehempfänger, dessen Nipkowscheibe mit einem Linsenkranz an Stelle der Löcher versehen war. Durch die Anwendung von Linsen sollte die Lichtstärke verbessert werden. Dieses Verfahren ist im Prinzip auch eine Erfindung von Nipkow, der die Leuchtdichte in den Löchern der Bildscheibe durch mitumlaufende Sammelobjekte erhöhen wollte.

Die Empfangstechnik hatte somit in verschiedenen Einzelheiten Fortschritte gemacht. Aber über eine wesentliche Verbesserung der Bildwiedergabe war man nicht hinausgekommen, was sich besonders bei den Bildvergrößerungen durch Projektionsempfänger mit Weillerschem Spiegelrad und Linsenkranz-Empfänger in einer zu groben Rasterung bemerkbar machte. Darum waren schon einzelne Fernsehapparate für eine höhere Bildpunktzahl gebaut worden, wobei Gebe- und Empfangsgeräte über Leitungen verbunden waren, also im sogenannten „*Kurzschlußbetrieb*“ arbeiteten. Die Bildpunktzahl war gegenüber der Reichspostzentralamts-Norm verdreifacht. Der Bildempfang brachte wesentlich bessere Ergebnisse.

Fortsetzung folgt!

Die Entwicklung des Fernsehens

Von Postrat Dipl.-Ing. BEGRICH

Fortsetzung

Die Entwicklung der Fernsehtechnik in England und Amerika hatte inzwischen folgenden Stand erreicht. Die Baird-Company verwandte für die unmittelbare Bildabtastung infrarote Strahlen, die auf hierfür besonders empfindliche Photozellen wirkten. Die sonst lästige Blendung der zu übertragenden Bildobjekte kann so vermieden werden. Mit dieser Erfindung war auch die Möglichkeit des Fernsehens im Dunkeln mit Strahlen, die das Auge selbst nicht wahrnimmt, gegeben. Zur Erzeugung eines Großempfangsbildes für eine größere Zahl von Zuschauern wurde ein „Demonstrations-Empfänger“ entwickelt, der aus einem Glühlampentableau von 2600 Glühlämpchen besteht, die durch einen umlaufenden Umschalter in rascher Folge mit dem Ausgang des Empfangsverstärkers verbunden sind. Der Umschalter dreht sich im Gleichlauf mit der Bildzerlegungseinrichtung, die Zahl der Glühlämpchen entspricht der Zahl der übertragenen Bildelemente. Zum Ausgleich harter Bildkonturen ist das Glühlampentableau mit einer Mattglasscheibe über-

deckt. Mit dieser Großprojektionsanlage konnten die ersten öffentlichen Vorführungen in dem größten Varieté-Theater Londons, dem Kolosseum, vorgeführt werden.

In Amerika hatte die Jenkins Television Corporation die Rasterzahl bei der Bildzerlegung durch Anwendung einer Mehrfachlochspirale auf der Nipkowscheibe erhöht. Bei dem Streben nach einer Steigerung der Bildpunktzahl und einer Vergrößerung der Bildfläche war die einfache Nipkowscheibe zu un bequem, weil sie mit wachsendem Durchmesser sehr viel Platz und für ihren Antrieb eine gesteigerte Leistung beanspruchte. Bei einer Anordnung von mehreren Spiralgängen können größere Bildflächen bei gleicher Rasterung oder feinere Zerlegungen bei gleichbleibender Bildgröße erreicht werden. Die Nipkowscheibe selbst war zu einer Trommel umgebildet. Da immer nur eine Lochspirale während einer Umdrehung freigegeben werden darf, mußte noch eine Grobblende vorgesehen werden, die entsprechend angeordnete spiralförmige Schlitze enthält.

Die amerikanische Bell Company entwickelte Fernseh-einrichtungen für gegenseitiges Fernsehen und Fern-sprechen und suchte diese Apparate, die in Arbeitsweise und Aufbau den Einrichtungen des Reichspostzentralamts sehr nahe kamen, durch Erhöhung der Bildpunktzahl zu vervollkommen. Es wurden Bilder mit 5000 Raster-elementen bei 18 Bildwechseln in der Sekunde, also mit 90 000 Bildpunkten je Sekunde, übertragen.

Von C. F. W. *Alexanderson* wurde in Amerika ein Großprojektionsempfänger konstruiert, der als gesteuerte Lichtquelle eine Kerrzelle nach dem System von Karolus und als Bilderlegungseinrichtung ein Linsenrad besaß. Damit wurde ein Bild von 2×3 m bei drahtloser Über-tragung erzeugt.

Um der Allgemeinheit die praktische Seite des Fern-sehens näherzubringen, veranstaltete die Jenkins Radio-television-Gesellschaft in der Wall Street in New York öffentliche Fernsehvorführungen, zu denen jedermann kostenlos Zutritt hatte.

Die Radio Corporation of America ging zu einer Bild-zerlegung mit 60 Zeilen und 20 Bildwechseln in der Sekunde über. Die dadurch bedingte hohe Bildpunktzahl veranlaßte sie zu eingehenden Versuchen über die für die drahtlose Sendung am besten geeigneten Wellenlängen. Zu diesem Zweck wurden in New York zwei Ultrakurz-wellensender für Filmübertragungen errichtet, von denen der eine zur Bildsendung, der andere zur begleitenden Tonsendung verwendet werden sollte.

Die allgemein festgestellte wesentliche Verbesserung der Bildwiedergabe bei hoher Zeilenzahl und häufigerem Bildwechsel veranlaßte die Deutsche Reichspost, zu Beginn des Jahres 1931 zu einer neuen Bildnorm überzu-gehen. Die Zeilenzahl wurde auf 48 Zeilen, die Bild-wechselzahl auf 25 Wechsel in der Sekunde erhöht. Die Zahl der Rasterelemente stieg — bei einer Verfeinerung der Fläche eines Rasterelements von $1,2 \text{ mm}^2$ auf $0,38 \text{ mm}^2$ — bei gleichem Bildfeld auf 3072, die Zahl der Bildpunkte je Sekunde auf 76 800, was einer Höchst-frequenz von 38 400 Hz entsprach. Die Aufstellung dieser neuen Norm wurde durch die Ergebnisse besonderer Funkversuche der Telefunken-AG zwischen Nauen und Geltow im Jahre 1930 gestützt, die den Nachweis erbracht hatten, daß bei einer Bildpunktzahl von rund 50 000 Bild-punkten je Sekunde schon gute Bildschärfen von un-mittelbar abgetasteten Bildern erhalten werden konnten. Die Übertragungen fanden auf einer Kurzwelle von 70 m (4286 kHz) statt, da wegen des erforderlichen breiten Frequenzbandes von 25 000 Hz die Wellen des Rundfunk-bereichs nicht mehr benutzt werden konnten.

Am 30. Januar 1931 wurde in Döberitz bei Berlin ein Kurzwellensender von 5 kW Leistung auf der Welle von 142,9 m (2100 kHz) vom Reichspostzentralamt in Betrieb genommen, über den die Bilder mit der neuen Zerlegungs-norm gesandt wurden. Zu diesem Sender kam bald noch ein zweiter Sender hinzu, der für Sprache und Ton als Begleitung zu den Bildübertragungen bestimmt war und auf einer Welle von 92,3 m (3260 kHz) mit einer Leistung von 2,5 kW arbeitete. Ab 15. Juni 1931 wurden Bild und Ton zum erstenmal für die Versuchszwecke des Reichs-postzentralamts gemeinsam übertragen. An Stelle des stummen Films trat der Tonfilm. Wenn auch ganz gute Ergebnisse mit der neuen Rasternorm erzielt wurden, so konnten die Kurzwellen auf die Dauer nicht die Über-mittlungsträger der Fernsehbilder sein; denn die weitere Entwicklung verlangte einmal eine noch größere Feinheit der Rasterung, die eine Frequenzbandbreite bedingen sollte, mit der eine Kurzwelle nicht mehr zu modulieren war. Außerdem bestanden bei Anwendung der Kurz-wellen technische Schwierigkeiten hinsichtlich der für diese Wellenart charakteristischen Echoerscheinungen, die sich auf einen klaren Bildempfang störend auswirkten.

Ein Versuch mit Fernsehübertragungen auf weite Ent-fernungen, der zwischen Amerika und Deutschland von *Alexanderson* in Schenectady und von dem Reichspost-zentralamt über die Empfangsstation Beelitz auf der Welle von 26 m (11 540 kHz) ausgeführt wurde, hatte wegen der auftretenden Echozeichen keinen Erfolg.

In der Empfangstechnik brachte eine besonders wichtige Neuerung die endgültige Verwirklichung des Gedankens von *Rosing* und *Dieckmann*, die Braunsche Röhre als trägheitslose Bildzusammensetzungsapparat nutzbar zu machen. Das erste zur Wiedergabe von Fernsehbildern konstruierte betriebsfähige Rohr wurde von *Dauvillier* im Jahre 1924 angegeben. Auf der Verkehrsausstellung in München führte *Dieckmann* im Jahre 1925 eine Braunsche Röhre vor, mit der der Empfang von un-bewegten Bildern, vor allem von einfachen geometrischen Figuren gelang. Dann hatte sich in den weiteren Jahren *Zworykin* in Amerika um die Fortentwicklung der Braunschen Röhre bemüht. Auf den bisher gemachten Er-fahrungen baute das Reichspostzentralamt auf. Unter Anwendung der Bildhelligkeitssteuerung von *Skaupy*, die auf der Einführung einer die Konzentration des Kathoden-strahls beeinflussenden Steuerelektrode zwischen Kathode und Anode beruht, wurde die Bildpunktverteilung be-sonders entwickelt. Die Bewegungsrichtung des Leucht-flecks auf dem Fluoreszenzschirm der Röhre muß nach der Normung in von links oben nach rechts unten fort-schreitenden Zeilen verlaufen, und zwar so, daß der Licht-fleck nach Überstreichen einer Zeile von der rechten Seite des Bildfeldes sofort nach der linken Seite zurückkehrt, um die nächst tiefere Zeile zu beginnen. Für das plötzliche Umkehren des Lichtflecks in die Anfangslage und die im Gleichlauf mit der Zerlegungseinrichtung fortschreitenden Bewegungsgeschwindigkeiten in waage- und senkrechter Richtung wurden zuerst vom Reichspostzentralamt be-sondere „Kippschaltungen“ gefunden. Der Name dieser Schaltungen rührt von dem plötzlichen Zurückkippen des Leuchtflecks auf Grund der einwirkenden Felder in seine Anfangslage her. Die gewünschte Form von Kipp-schwingungen der Spannungen der Ablenkkelder, die einen zeitlichen Anstieg mit der Zerlegungsgeschwindigkeit in waagerechter und senkrechter Richtung und einen plög-lichen Abfall nach Beendigung einer Zeile oder nach Ab-tastung der Bildfläche verlangen, wird durch die Ein-wirkung von Steuerspannungen bestimmter Frequenzen erzeugt. Die Kippvorrichtungen bestehen aus einer Zu-sammenschaltung von Elektronenröhren mit besonderer Charakteristik in Verbindung mit Kondensatoren. Im Takt mit der Gittersteuerung werden die Kondensatoren plöglich schnell entladen und sofort mit einer bestimmten Geschwindigkeit, die der Ablenkung in waagerechter und senkrechter Richtung entspricht, wieder aufgeladen. Die durch die Kondensatorentladungen und -ladungen her-vorgerufenen Spannungsänderungen werden zwei Platten-paaren im Ablenkkeld des Rohrs zugeführt, die senkrecht zueinander angeordnet sind und durch die zwischen ihnen gebildeten elektrischen Felder die Ablenkung des Kathodenstrahls bewirken. Die waagerechte Ablenkung über die Bildbreite erfolgt naturgemäß durch eine Kipp-spannung mit der Zeilenfrequenz, die senkrechte Ab-lenkung über die Bildhöhe durch eine solche mit der Bildfrequenz. Beide Spannungen werden durch das Ein-wirken der Steuerspannung, die zur Synchronisierung bei der Bildzerlegung als heller Lichtimpuls am Ende einer jeden Zeile gesandt wird, mit erzwungenen Kippschwin-gungen in den besonderen Schaltungsgebilden erzeugt. Der Gleichlauf und die gleiche Phasenlage der Bildpunkte bei den Gebe- und Empfangseinrichtungen ist durch das genannte Verfahren sichergestellt.

Die nach dieser Anordnung des Reichspostzentralamts erzeugten Bilder waren schon verhältnismäßig gut, sie zeigten nur eine gewisse Unregelmäßigkeit in der

Rasterung, die auf die ungenaue Lage der Ablenkplatten zurückzuführen war.

Die weiteren Entwicklungsarbeiten der Fernsehfirmen erstreckten sich zunächst hauptsächlich auf eine Anpassung der schon bekannten Apparatekonstruktionen an die neue Norm. Zum Teil suchte man, um die Abhängigkeit der Bildgüte von Zeilenzahl und Bildwechsel weitestgehend zu klären, noch besondere Fernsehleinrichtungen zu schaffen mit einer Zeilenzahl von 80 und 90 Zeilen, mit 4800 und 10 800 Bildpunkten bei 16% und 25 Bildwechseln in der Sekunde. Da bei diesen Verfahren die einfachen Nipkow-Scheiben, deren Abmessungen sich ja mit zunehmender Zeilen- und Bildpunktzahl rasch vergrößern, zu unhandlich geworden waren, wandte man die schon bekannte Anordnung der Mehrfach-Lochspiralen an.

Eine weitere Neuerung war die Einführung der Spiegelschraube durch die TeKaDe Nürnberg, die nach dem Prinzip des Weillerschen Spiegelrades arbeitet. Der Vorteil dieser Empfangseinrichtung, die aus einzelnen übereinandergeschichteten, um einen der Zeilenzahl entsprechenden Winkel gegeneinander versetzten Spiegel lamellen besteht, lag neben der bei einem Spiegelrad an und für sich höheren Bildhelligkeit hauptsächlich darin, daß der Beobachtungswinkel gegenüber dem Weillerschen Spiegelrad auf 120° (also ein Drittel Kreisumfang) vergrößert wurde, so daß gleichzeitig mehrere Personen, die in einem Drittelkreis um den Empfänger stehen, das wiedergegebene Bild sehen können.

Nachdem die Eignung der Braunschen Röhre als Bildempfänger erprobt worden war, lag der Gedanke nahe, dieses trägheitslos ohne bewegte Massen arbeitende Gerät bei den ständig wachsenden Bildpunktzahlen auch als Bildzerleger zu benutzen.

Diese Art der Verwendung der Braunschen Röhre wurde nach dem System von *Manfred von Ardenne* durch die Firma Radio A. G. Loewe unter Zugrundelegung von 6000 Bildpunkten, 100 Zeilen und 20 Bildwechseln in der Sekunde entwickelt. Der auf dem Fluoreszenzschirm der Senderöhre wandernde leuchtende Bildpunkt wird über eine lichtstarke Optik auf einem zu übertragenden Filmstreifen, hinter dem sich die Photozellenanordnung befindet, abgebildet. Die von den Photozellen in Stromschwankungen umgesetzten Bildhelligkeiten werden in der bekannten Weise zur Bildwiedergabe auf die Empfängeröhre übertragen. Die Abtastung des Bildes auf der Gebeseite geht in der gleichen Weise wie beim Empfang mittels Kippschwingungen vor sich.

All die genannten Neuerungen in der Fernsehtechnik wurden auf der 8. Großen Deutschen Funkausstellung im Herbst 1931 gezeigt und gaben ein sichtbares Zeugnis von dem emsigen Schaffen und Streben der Deutschen Reichspost und der deutschen Fernsehindustrie, die praktische Einführung des Fernsehens in immer greifbarere Nähe zu rücken.

Nachdem bei der Fernsehindustrie in der Verwendung der Einzelteile für Gebe- und Empfangseinrichtungen ein verhältnismäßig guter Entwicklungsstand durch die Senderversuche der Deutschen Reichspost erreicht worden war, hielt das Reichspostzentralamt die Zeit für gekommen, die Forderung an die Bildgüte durch eine weitere Vermehrung der Zeilen- und Bildpunktzahl zu steigern. Im Jahre 1932 wurde als neue Rasternorm ein 90zeiliges Bild mit 10 000 Bildpunkten eingeführt. Das mit dieser Steigerung der Bildgenauigkeit und Bildhelligkeit vermehrte Flimmern mußte durch einen häufigeren Bildwechsel wieder aufgehoben werden. Es wurden 25 Bildwechsel je Sekunde gewählt. Durch diese Festsetzung wurde für die Übertragung eine Bildpunktzahl von 250 000 Bildpunkten mit einer Frequenz von rund 125 000 Hz benötigt. Da sich die Kurzwellen nach dem Ergebnis langer vielseitiger Versuche als Trägerwellen für

die Bildsendung nicht verwenden ließen, ging man auch mit Rücksicht auf die mit der Erhöhung der Bildpunktzahl stark vergrößerte Frequenzbandbreite zur Verwendung von Ultrakurzwellen (Wellenlänge unter 10 m) über, zumal die Modulationsfrequenz nur einen geringen Prozentsatz der Trägerwelle betragen darf. Damit gab man allerdings die drahtlose Übertragung von Fernsehbildern auf weite Entfernungen auf, da die Reichweite der Ultrakurzwellen im allgemeinen nicht größer als die optische Sichtweite ist. Aus diesem Grunde werden die Antennen der Ultrakurzwellensender möglichst hoch angebracht, um ein möglichst großes Gebiet bestrahlen zu können.

Für die neuen Fernsehübertragungsversuche wurde ein von der Firma Telefunken erbauter Ultrakurzwellensender vor der Rundfunkausstellung 1932 in Witleben auf der Welle 6,985 m mit einer Leistung von 6 kW von der Deutschen Reichspost in Betrieb genommen. Dieser Sender war der stärkste der zur damaligen Zeit bestehenden Ultrakurzwellensender.

Die Firmen der deutschen Fernsehindustrie konnten auf Grund der neuen Sendernorm ihre Fernsehleinrichtungen weitgehend verbessern. Den dadurch erreichten Fortschritt in der Fernsehtechnik bewies wiederum die 9. Große Deutsche Funkausstellung im Jahre 1932. Die Bildgüte war gegenüber den nach den alten Normen übertragenen Bildern wesentlich erhöht, was durch die gute Erkennbarkeit auf Filmbildern mit vielen Einzelheiten, z. B. Straßenszenen, besonders deutlich wurde.

Eine wichtige Neuerung in der Entwicklung der Gebeleinrichtungen war die Abtastung von Filmen bei kontinuierlichem Filmtransport statt des bisher nach dem Verfahren der Kinematographie angewandten ruckweise erfolgenden Filmtransportes. An Stelle der Nipkow-Scheibe trat eine Kreislochscheibe mit 90 Löchern in gleicher Entfernung von der Scheibenmitte, die die Auflösung des Bildes in 90 Zeilen übernahm, während das Aneinanderreihen der Bildzeilen, der Zeilenvorschub, durch den kontinuierlichen Filmtransport selbst ausgeführt wurde.

Dieses neue Verfahren förderte die Konstruktion eines Fernseh-Zwischenfilmsenders, der von der Fernseh-AG. gebaut wurde. Er hatte den Zweck der Übertragung aktueller Ereignisse im Fernsehbild, da es nach dem Stand der Fernsehtechnik noch nicht möglich war, besondere Tageslichtsender (die bei normalem Tageslicht als Lichtquelle Szenen aus dem Freien unmittelbar übertragen) herzustellen. Von dem im Fernsehbild wiederzugehenden Ereignissen wurde zunächst ein Film aufgenommen, der sogleich entwickelt, fixiert und gewässert wurde. Nach einem besonderen photochemischen Verfahren ließen sich die Zeiten für diese Arbeiten auf wenige Sekunden (15 Sekunden) herabsetzen, so daß der entwickelte Film im unmittelbaren Anschluß an die photographischen Prozesse durch den Bildgeber laufen konnte. Durch den kontinuierlichen Bildtransport wurde eine wesentliche Schonung des noch nassen Filmmaterials bewirkt.

Auf dem Gebiete der Großprojektion von empfangenen Fernsehbildern wurden von der Firma Telefunken nach dem Verfahren von Professor *Karolus* unter Verwendung des Spiegelrades Apparaturen zum Entwerfen von Bildern mit einer Größe von 40×50 cm entwickelt, bei denen als Lichtrelais eine Kerr-Optik in Verbindung mit einer Bogenlampe benutzt wurde.

Nachdem mit der Erhöhung der Bildpunktzahl gute Erfolge erzielt worden waren, wurde als nächste Norm unter Verdopplung der bisherigen Zeilenzahl von 90 Zeilen eine Zahl von 40 000 Bildpunkten festgesetzt. Die Zahl der in der Sekunde zu übertragenden Bildpunkte betrug somit bei 25fachem Bildwechsel 1 000 000,

das zu übertragende Frequenzband wurde auf 500 000 Hz erweitert.

Die Übertragung der 180zeiligen Bilder mit dieser außergewöhnlich großen Frequenzbandbreite erforderte eine besondere Entwicklung auf der Sendeseite. Es mußten neue Verstärker entwickelt werden. Außerdem war es nötig, ein für den weiten Übertragungsbereich geeignetes Modulationskabel herzustellen, um den Sender von dem rund 730 m entfernten Fernschlaboratorium aus über die Geböe Einrichtung modulieren zu können.

Die Entwicklung der Fernsehempfänger hielt mit der neuen Norm der Bildsendung Schritt, und die Funkausstellungen der nächsten Jahre zeigten hauptsächlich Empfangsapparate für 180zeilige Bilder mit einem 25fachen Bildwechsel in der Sekunde. Bei den hohen Geschwindigkeiten in der Bildzusammensetzung wurde immer mehr von der Braunschen Röhre Gebrauch gemacht, während die mit bewegten Massen arbeitenden Bildzusammensetzer in den Hintergrund traten.

Besondere Neuerungen in der Empfangstechnik im Jahre 1933 waren vor allem eine Großprojektions-Empfangsanlage der Fernseh-AG, die nach dem Prinzip des Zwischenfilmverfahrens arbeitete, und ein Projektionsempfänger mit Spiegelrad und Kerr-Optik nach dem System Telefunken-Karolus.

Bei der Großprojektionsanlage der Fernseh-AG läuft im Empfänger ein Film mit der gleichen Geschwindigkeit wie auf der Gebeseite durch ein Bildfenster, in dem die Aufzeichnung des empfangenen Fernsehbildes als Negativ über eine entsprechende Optik mit einer konzentrischen Lochscheibe und einer Kerr-Zelle vor sich geht. Der belichtete Film wird unmittelbar im Anschluß an die Bildaufnahme entwickelt, fixiert und gewässert und in einem Kinoprojektor als positives Bild auf die Wandfläche geworfen. Als besondere technische Verbesserung wurde ein Film benutzt, dessen Bildschicht nach Durchlaufen der Abtasteinrichtung sowie des Projektors entfernt werden konnte. Der Blankfilm wurde neu emulsiert, worauf der Kreislauf wieder von neuem beginnen konnte. Das Großprojektionsverfahren war jedoch nur als Zwischenlösung auf dem Wege nach einer unmittelbaren Großprojektion anzusehen.

Zur Lösung dieses Problems wurde von Telefunken-Karolus eine Apparatur entwickelt, die wieder mit einem Spiegelrad arbeitete. Das wiedergegebene Bild hatte eine Größe von 1 m² und war für den damaligen Stand der Fernsehtechnik von hinreichender Güte.

Alle übrigen Arten von Fernsehempfängern wurden ständig vervollkommenet.

Im Jahre 1934 wurde der Ultrakurzwellensender verbessert und gleichzeitig ein neuer Ultrakurzwellensender von der Firma Telefunken erbaut, der eine stärkere Leistung besaß und auf der Welle von 6,7 m betrieben wurde. Von dem neuen Sender wurden die regelmäßigen Bildsendungen übernommen, während der alte Sender, um die Bildsendungen mit entsprechenden Tonsendungen zu begleiten, weiter zur Tonübertragung verwendet wurde. Die Ringantennen beider Sender waren auf der Spitze des 135 m hohen Funkturms angebracht. Der Tonfernkinogeber stand in dem Raum des Fernschlaboratoriums des Reichspostzentramts in der Rognitzstraße (am Ausstellungsgelände), die beiden Ultrakurzwellensender waren in der Ausstellungshalle IV am Fuße des Funkturms aufgestellt.

Ein weiterer Fortschritt in der Empfangstechnik bestand in einer Vergrößerung der Braunschen Röhre mit erweitertem Schirmdurchmesser, so daß schon ein Bild von 24 × 30 cm Fläche wiedergegeben werden konnte. In der Konstruktion der Braunschen Röhre war der Übergang von der Edelgaskonzentration zum Hochvakuum besonders bemerkenswert. Die anfangs benutzte gas-

gefüllte Braunsche Röhre hatte infolge der Eigenschaften der verhältnismäßig schweren Gasionen zu häufigen Störungen, die mit der zunehmenden Feinheit der Bildauflösung immer größer wurden, Anlaß gegeben und wurde nach zahlreichen Zwischenlösungen endgültig durch die Hochvakuumröhre ersetzt. Es bestand dabei die Aufgabe, die Konzentration der Elektronen zu einem feinen Lichtstrahl, der bisher durch die positiven Gasionen bewirkt wurde, durch elektrostatische oder elektromagnetische „Elektronenlinsen“ zu erreichen. An der Umstellung auf die neue Hochvakuumröhre war das Reichspostzentramt, das über alle für den Bau von Braunschen Röhren erforderlichen technischen Einrichtungen, wie Glasbläserei, Hochvakuum- und Pumpanlagen usw. verfügt, auf Grund seiner eingehenden Forschungsarbeiten führend beteiligt.

Weiterhin wurde das unmittelbare Abtasten von Personen und Gegenständen vervollkommenet. Mit der Erhöhung der Bildpunktzahl und der ständigen Verbesserung der Photozellen hatte man das Verfahren wieder neu aufgenommen, und es war gelungen, diese Art der Bildabtastung erfolgreich zu gestalten. Ein von der Fernseh-AG gebauter Lichtstrahl-Abtastsender wurde in dem Fernschlaboratorium des Reichspostzentramts weiter durchgebildet mit dem Ziel, bei den Versuchssendungen auch das Fernsehen von Personen und Gegenständen einzuführen. Dieses neue Fernsehgerät konnte bereits im Frühjahr 1935 dem Betrieb übergeben werden. Nachdem die Fernsehtechnik unter Führung des Reichspostzentramts von der deutschen Fernsehindustrie auf einen solchen Stand gebracht war, daß einwandfreie Bilder übertragen werden konnten, hielt die Deutsche Reichspost den Zeitpunkt für gekommen, die Sender für Programm sendungen der Reichsrundfunkgesellschaft zur Werbung für das Fernsehen mit zur Verfügung zu stellen. Da die Fernsehempfänger jedoch noch sehr teuer waren und von der Allgemeinheit noch nicht gekauft werden konnten, richtete die Deutsche Reichspost, damit die Öffentlichkeit an den Errungenschaften der Fernsehtechnik teilhaben konnte, am 22. März 1935 die erste öffentliche Fernsehstelle im Reichspostmuseum (6 km vom Standort des Senders entfernt) ein, zu der jeder Volksgenosse während der Sendezeiten unentgeltlich Zutritt hatte. Mit diesem Schritt in die Öffentlichkeit war Deutschland das erste Land, das einen Fernsehprogrammbetrieb mit feiner gerasterten, gut erkennbaren Bildern einführte. Dieser ersten Fernsehstelle, die sich eines regen Zuspruchs erfreute und zu Anfang bis zu 3000 Besucher täglich aufzuweisen hatte, folgten bald weitere Fernsehstellen. Zur Zeit bestehen öffentliche Fernsehstellen der Deutschen Reichspost in Groß-Berlin beim Postfuhramt, bei den Postämtern Neukölln, Lichtenberg, Schöneberg, Steglitz, Charlottenburg, beim Postamt W 39 und in Potsdam bei der Reichspostdirektion. Die Potsdamer Stelle liegt 20 km vom Sender entfernt.

Die Programmsendungen erstreckten sich zunächst auf Vorführungen von Tonfilmen und Ausschnitten aus Wochenschauen. Einen bedeutsamen Schritt in der Entwicklung des Fernsehens stellte die am 9. April 1935 durchgeführte Aufnahme des Fernsehbetriebs mit dem im Fernschlaboratorium des Reichspostzentramts erprobten Lichtstrahlabtaster dar. Seitdem wurden abwechselnd Filme und Vorträge von Personen in Bild und Ton übertragen. Der Schritt aus dem Laboratorium in die breite Öffentlichkeit war getan. Das Fernsehen hatte sein erstes Anwendungsgebiet erhalten. Mit der Einrichtung der öffentlichen Fernsehstellen hatte die Deutsche Reichspost zuerst das Fernsehen zu einem Allgemeinut des Volkes gemacht, und diesem einzigartigen Beispiel folgten später die Verwaltungen anderer Länder, wie Frankreich, als dort der Fernsehbetrieb eingeführt wurde.

(Schluß folgt.)

Die Entwicklung des Fernsehens

Von Postrat Dipl.-Ing. BEGRICH

Schluß

Nachdem die ersten Fernsehvorführungen gelungen waren, ging man an die Klärung des im Zuge der weiteren Entwicklung liegenden Problems, der späteren Versorgung Deutschlands mit Fernsehempfang. Zur Untersuchung der Reichweite von Ultrakurzwellen hatte die Deutsche Reichspost schon im Sommer 1934 in der Umgebung Berlins Versuche anstellen lassen, die bis auf eine Entfernung von rund 200 km nach dem Brocken zu ausgedehnt wurden. Diese Untersuchungen bestätigten die schon bekannte Tatsache, daß die ultrakurzen Wellen wegen ihrer lichtähnlichen Eigenschaften im allgemeinen eine durch die optische Sicht begrenzte Reichweite besitzen. Allerdings wollte man gelegentlich auch einen Empfang auf weite Entfernungen, in England und sogar in Amerika, bemerkt haben. Je höher der Standort der Antenne gewählt wird, um so größer ist die Reichweite. Aus diesem Grunde muß man zur Versorgung eines großen Gebietes die Antennen der Fernsehsender auf möglichst hohen Punkten, Berggipfeln oder hohen Türmen, anordnen. Die weiteren Versuche des Reichspostzentralamts fanden daher auf dem Brocken statt. Von zwei fahrbaren Ultrakurzwellensendern, an deren Bau vor allem die Firmen Telefunken, AEG und Daimler-Benz beteiligt waren, wurden Bild und Ton gesandt, während mit einem Fernsehversuchswagen die Empfangsgüte in der Umgebung des Brockens geprüft wurde. Die Versuche bestätigten das Ergebnis der Vorversuche, daß die Reichweite der Ultrakurzwellen im großen und ganzen mit der Sichtweite übereinstimmt. Freilich sollen auch

diese Sendungen in weiten Entfernungen, auch über See, wieder aufgenommen worden sein. Wichtig ist die Tatsache, daß mit Erhöhung der Sendeleistung nur eine geringe Steigerung der Reichweite stattfindet, die wieder abnimmt, wenn ein breiteres Frequenzband als das durch die letzte Norm bestimmte Band von 500 000 Hz übertragen wird. Die Versuche des Reichspostzentralamts werden auf anderen Berggipfeln fortgesetzt.

Auch über den Fernsehempfang auf fahrenden Schiffen wurden Versuche angestellt. Zu diesem Zweck wurden bei der Tagung des Vereins Deutscher Elektrotechniker in Hamburg im Juni 1935, in deren Verlauf über einen fahrbaren Sender der Deutschen Reichspost Fernsehvorführungen in behelfsmäßig eingerichteten Fernsehstellen gezeigt wurden, Fernsehübertragungen nach dem Hapag-Motorschiff „Caribia“ mit gutem Erfolg durchgeführt.

Für die Versorgung Deutschlands mit Bildrundfunk könnten auf hohen Bergen oder in ebenen Gebieten auf hohen Türmen Sendantennen errichtet werden. Nach einer überschläglichen Berechnung kämen 25 bis 30 Ultrakurzwellensender in Betracht, die zum Teil auf der gleichen Welle ohne gegenseitige Störung betrieben werden könnten. Zum Programmaustausch derartiger Sender, vor allem bei Gemeinschaftsempfang, braucht man aber wie beim Rundfunk ein besonderes Kabelnetz, das auch die am weitesten entfernten Sender miteinander verbindet, um Fernsehaufnahmen von einem beliebigen Ausgangspunkt einheitlich über ganz Deutschland zu

übertragen. Für diesen Zweck sind aber die Fernkabel der normalen Bauart mit ihrem im Verhältnis zum Fernseh-Frequenzband sehr geringen Durchlaßbereich für die Sprach- und Tonfrequenzen (höchstens 10 000 Hz gegen 500 000 Hz) nicht geeignet. Es mußten daher neue Kabel entwickelt werden, die die gewünschten Eigenschaften besitzen. Ein Fernkabel besteht in seinem grundsätzlichen Aufbau aus einem röhrenförmigen abschirmenden Kupfermantel mit einem konzentrischen Innenleiter. Dieser stellt die Hinleitung, der Kupfermantel die Rückleitung dar. Wegen der bei so hohen Frequenzen besonders stark dielektrischen Verluste werden zum Abstüßen des Innenleiters besondere Isolatoren aus hochwertigem verlustarmen Stoff angeordnet. Das erste Fernkabel von 11,5 km Länge wurde im Frühjahr 1935 in Berlin zwischen dem Reichspostzentralamt und dem Fernsehhaus in der Rognitzstraße ausgelegt und durch besondere Versuche erprobt.

Den im Sommer 1935 erreichten Stand der Fernseh-technik zeigte die 12. Große Deutsche Rundfunkausstellung in Berlin. Bei der immer mehr zunehmenden Güte im Bildempfang strebte man nach einer weiteren Flimmerfreiheit der an Deutlichkeit und Helligkeit gewinnenden Bilder. Da die Deutsche Reichspost bei ihrer Übertragungsnorm geblieben war, konnte die Fernseh-industrie ihr ganzes Augenmerk auf eine ständige Verbesserung ihrer Fernsehapparate bis in alle Einzelheiten richten, ohne durch eine sprunghafte vorwärts getriebene Entwicklung zu ständigen Neukonstruktionen gezwungen zu werden. Dieser Vorteil eines einheitlichen Systems wird um so deutlicher, wenn man sieht, wie schwer andernorts die gleichzeitige Einführung von verschiedenen Fernsehsystemen, z. B. in England des Baird-Systems mit 240 Zeilen und 25 Bildwechslern und des Marconi-EMJ-Systems mit 405 Zeilen und 25 Bildwechslern nach dem Zeilensprungverfahren, von den Kreisen der Fernseh-industrie empfunden wird.

Die Fernseh-Empfangeeinrichtungen, die zur Schau gestellt waren, waren erheblich verbessert und in ihrem Aufbau und der Bedienungsweise wesentlich vereinfacht worden. Eine Neuerung bedeutete das zur Minderung des Flimmerns erstmalig vorgeführte „Zeilensprungverfahren“, das darauf beruht, daß bei der Übertragung eines Bildes zunächst alle ungradzahligen und dann alle gradzahligen Bildzeilen abgetastet werden. Der abtastende Lichtstrahl springt von einer Zeile zur übernächsten und so fort. An der Bildwechselzahl wird demnach nichts geändert. Jedes Bild wird nur mit zwei ineinander passenden Rastern abgetastet, so daß 50 Halbbilder statt 25 ganzer Bilder in der Sekunde entstehen. Das Flimmern wird stark herabgesetzt, da das Auge gewissermaßen einen doppelten Bildeindruck erhält. Für die Bildabtastung wurde von Telefunken ein Linsenkranzabtaster konstruiert, der auch als Abtastergerät für unmittelbares Fernsehen verwendet werden kann.

Zur Großprojektion von Fernsehbildern wurde ein Empfänger von Telefunken nach dem alten Zellenverfahren der Fernsehtechnik nach Angaben von Karolus entwickelt, der aus einer Glühlampentafel besteht, deren Fläche von 4 m² Größe in 100 Zeilen mit je 100 Lämpchen aufgeteilt ist. Auf der gesamten Fläche befinden sich somit 10 000 Lämpchen, zu denen je eine besondere Leitung über besondere Schaltelemente von der Bildaufnahmeeinrichtung herangeführt ist. Die Glühlämpchen geben die von einem üblichen Personenabtaster übermittelten Helligkeitseindrücke wieder und erzeugen in ihrer Gesamtheit das gewünschte Bild, dessen an und für sich grobe Rasterung mit zunehmendem Betrachtungsabstand verschwindet. Diese Großflächenprojektion dient vor allem dem Zweck, das Bild von Rednern bei großen Kundgebungen zu übertragen.

Am Abend des 4. Ausstellungstages wurde die Ausstellung von einem großen Brande heimgesucht, dem die

Halle IV mit den beiden Ultrakurzwellensendern zum Opfer fiel. Die für die Fernsehvorführungen während der Ausstellung so wichtigen Sendungen der Deutschen Reichspost konnten aber durch Einsatz eines kleinen Hilfssenders von 20 W Leistung fortgesetzt werden, der in 24stündiger ununterbrochener Arbeit von dem Reichspostzentralamt und der Firma Telefunken fertiggestellt und aufgebaut wurde. Dieser Hilfssender übernahm nach der Ausstellung bis zu der Errichtung zweier neuer, sofort der Firma Telefunken in Auftrag gegebener Sender die regelmäßigen Fernsehsendungen, damit die Entwicklungsarbeiten der Fernsehindustrie weiter fortgeführt werden konnten.

Am 23. Dezember 1935 stellte die Deutsche Reichspost als Weihnachtsgeschenk besonderer Art zwei neue, nach den neuesten Erfahrungen verbesserte Ultrakurzwellensender in Witleben für den Fernsehprogrammbetrieb zur Verfügung. Die deutsche Industrie hatte mit diesem Meisterwerk der Technik, dessen Fertigstellung in knapp fünf Monaten — einer für die Größe der Arbeit kurzen Zeit — gelungen war, ihre Leistungsfähigkeit bewiesen. Der Betrieb dieser Sender wurde vom Reichspostministerium feierlich eröffnet. Die Eröffnungsfeier wurde über die neuen Sender übertragen, und die Zuschauer in den Fernsehstellen konnten so an ihr teilnehmen. Der endgültige Programmbetrieb mit Tonfilm und Spielhandlungen wurde am 15. Januar 1936 durch die Reichsrundfunkgesellschaft wieder aufgenommen. Der Personenlichtstrahlabtaster nach dem Nipkow-Verfahren wurde im Juni durch einen Linsenkranzabtaster der Firma Telefunken ersetzt, mit dem eine größere Bildgüte erzielt wurde.

Zu diesem ersten Anwendungsgebiet des Fernsehens sollte bald ein zweites hinzukommen. Die guten Ergebnisse mit dem Betrieb des ersten Fernkabels hatten die Deutsche Reichspost veranlaßt, ein Fernkabel auf weite Entfernungen auszulegen. Als erste Fernkabelverbindung zwischen zwei großen Städten wurde die Linie Berlin—Leipzig in Angriff genommen, nach deren Fertigstellung am 12. Februar über eine zusammengeschaltete Länge von rund 395 km hochwertige Fernsehbilder übertragen werden konnten. Es ist das erstmalig in der Welt, daß auf dem Kabelwege Fernsehbilder auf derartige Entfernungen gesandt worden sind. Mit dem Gelingen dieser Versuche war die Möglichkeit gegeben, Fernsehgespräche einzuführen, nachdem die unmittelbare Abtastung von Personen bereits in den drahtlosen Versuchssendungen des Reichspostzentralamtes seit längerer Zeit erprobt worden war. Diese neue Verkehrsart wurde auf der Leipziger Messe als der Schau auch der neuesten technischen Errungenschaften zum ersten Male im Betriebe vorgeführt und der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt, so daß sich jedermann von der Güte der neuen Verkehrseinrichtung überzeugen konnte. In Berlin und Leipzig waren je zwei Fernsehsprechzellen für den Fernsehsprechverkehr errichtet. Der Fernsehsprechdienst wurde durch den Reichspostminister eröffnet, der von Berlin aus das erste Fernsehgespräch der Welt mit dem Oberbürgermeister der Messestadt Leipzig führte. Für den Publikumsverkehr war aus Gründen der Werbung die Gebühr für ein Fernsehgespräch nur auf die doppelte Höhe eines gewöhnlichen Ferngesprächs festgesetzt. Die neue Verkehrsart im Fernmeldewesen fand rasch viel Anklang, so daß ihrer endgültigen Einführung sogleich näher getreten werden konnte.

Mit dieser in der ganzen Welt einzigartigen Leistung der deutschen Fernseh- und Fernkabelindustrie wurde unter Führung der Deutschen Reichspost ein zweites wichtiges Anwendungsgebiet für das Fernsehen erschlossen und damit vor allen Ländern ein großer Vorsprung erreicht. Nachdem die Erfahrungen des Versuchsbetriebes im Fernsehsprechverkehr während der Leipziger Messe ausgewertet worden waren, wurde der Fern-

sprechdienst Berlin—Leipzig am 25. Mai 1936 endgültig aufgenommen und damit der neueste Betriebszweig des Fernmeldewesens der Öffentlichkeit übergeben. Zur Einführung dieses neuartigen Verkehrs wurde die Gebühr für ein Fernsehgespräch gegenüber den Gebühren während des Probedienstes nicht geändert.

Für die weitere Entwicklung des Fernsehens können noch folgende Erfindungen Bedeutung erlangen. Der Gedanke, daß mit der ständig fortschreitenden Verfeinerung der Bildzerlegung, abgesehen von Schwierigkeiten in mechanischer Hinsicht, das Verhältnis der endlichen Bildpunktfäche zur gesamten Bildfläche sinkt, damit bei den mechanischen Bilderlegern der auf den abgetasteten Bildpunkt entfallende Lichtstrom abnimmt und so eine einwandfreie Bildübertragung über die Photozellen nicht mehr möglich ist, hat zur Durchbildung der Kathodenröhre als Bildabtastgerät geführt. Nach den Angaben von Zworykin soll das zu übertragende Bild als Ganzes auf eine lichtelektrische Fläche, die aus lauter kleinen Photozellen besteht, auffallen. Die so entstandene Mosaikfläche mit bestimmter verteilter elektrischer Ladung wird von einem Elektronenstrahl abgetastet, der die Ladung eines jeden Bildteilchens, die der aufgenommenen Bildhelligkeit entspricht, abführt. Die so entstehenden Stromimpulse werden in bekannter Weise zur Bildwiedergabe benutzt. Die errechnete Lichtausbeute ist wegen der Speicherung der lichtelektrischen Wirkung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abtastungen ein hohes Vielfaches gegenüber der bei der mechanischen Abtastung.

Im Wettbewerb mit dem Speicherprinzip steht das von Farnsworth entwickelte Abtastverfahren durch gerichtete Elektronenstrahlung, das in Verbindung mit der Elektronenvervielfachung durch Sekundäremission das unmittelbare Fernsehen ermöglicht.

In einem Elektronenrohr nach Art der Braunschen Röhre wird auf die Kathode, die mit einer lichtempfindlichen Schicht aus Cäsium-Silberoxyd bedeckt ist, das zu übertragende Bild entworfen. Durch die Lichteinwirkungen des aufgenommenen Bildes werden Elektronen ausgelöst, deren Dichte von der Beleuchtungsstärke auf den einzelnen Bildteilchen abhängt. Diese Elektronenstrahlung wird durch ein parallel zur Röhrenachse gerichtetes magnetisches Feld gebündelt und zur Anode geführt, auf deren Fläche ein „Elektronenbild“ entsteht, in dem die Dichte der Elektronen genau der Helligkeit des Bildes auf der Kathode an jeder Stelle, von der sie ausgingen, entspricht. Die Abtastung wird durch Einwirkung zweier senkrecht zueinander stehender elektrischer Felder durchgeführt, durch die der gesamte Elektronenstrom mit der Zeilenfrequenz von links nach rechts und mit der Bildfrequenz von oben nach unten und dann wieder zurückbewegt wird. Auf diese Weise werden alle Teile des Elektronenbildes über eine Blende in der Anode hinweggeführt und erzeugen in dem hinter der Anode liegenden Teil der Röhre den gewünschten Bildstrom, der dem Photozellenstrom einer mechanischen Bildabtastung entspricht. Dieser an und für sich noch schwache Elektronenstrom prallt mit einer bestimmten Geschwindigkeit auf eine geeignete Oberfläche auf, von der wiederum Sekundärelektronen ausgelöst werden, die die ursprünglichen Elektronen an Zahl weit übertreffen. Durch Wiederholung dieses Vorganges erreicht man eine erhebliche Verstärkung des anfänglich schwachen Elektronenstroms, der mit seinem geringen Wert durch normale Verstärkeröhren nicht ebenso stark gesteigert werden kann, da im Sekundärelektronenvervielfacher das durch die Wärmebewegung der Elektronen verursachte Röhrenrauschen nicht in dem gleichen Maße verstärkt wird wie der Elektronenstrom selbst.

Mit der Kathodenstrahlabtastung wäre auch die Anwendung der von Thun angegebenen Liniensteuerung durchführbar, die die Helligkeitsmodulation eines Lichtflecks bei konstanter Geschwindigkeit durch eine Ge-

schwindigkeitsmodulation bei gleichbleibender Helligkeit des Lichtflecks ersetzen soll.

Die beiden neuen Bildgeberverfahren wurden vom Reichspostzentralamt und der Fernseh-Industrie (das Zworykin-Verfahren in den Werkstätten des Reichspostzentralamts und von Telefunken, das Farnsworth-System von der Fernseh-AG) in zügelvoller Arbeit so durchgebildet, daß sie für Übertragungen von Freilichtaufnahmen bei den XI. Olympischen Spielen in Berlin im August 1936 zum erstenmal mit Erfolg vorgeführt werden konnten. Zu einem Zeitpunkt, da Abordnungen aus allen Teilen der Welt von mehr als 50 Nationen zu sportlichen Höchstleistungen nach Berlin entsandt wurden, konnte die Deutsche Reichspost als höchste technische Leistung der jüngsten Entwicklung der deutschen Fernseh-Technik diese neuartigen Fernsehbildfänger einsetzen, um der Reichsrundfunk-Gesellschaft für ihren Fernsehprogrammbetrieb einen „aktuellen Bildbericht“ über die sportlichen Kämpfe zu ermöglichen. Mit der Verwendung der Bildfänger, die als „elektrische Augen“ das sich ihnen durch ein Objektiv darbietende Bild aufnehmen und übertragen, war eigentlich das Fernsehen erst zu dem geworden, was der Begriff des Wortes „Fernsehen“ in sich schließt, nämlich zu einem unmittelbaren Mitschauen und Miterleben von in der Ferne sich abspielenden Vorgängen. In bezug auf die Bildgüte ist zwar das Zwischenfilmverfahren, das auch während der Olympischen Spiele für das Fernsehprogramm eingesetzt wurde, noch nicht zu übertreffen. Trotzdem liegt die Zukunft für die Fernsehaufnahmetechnik ohne Zweifel bei dem Bildfänger.

Eine weitere Höchstleistung der deutschen Fernseh-technik wurde auch empfangsseitig durch die Herstellung eines Großbildempfängers, der von der Firma Telefunken entwickelt wurde, erreicht. Dieser Großbildempfänger arbeitet nach dem Prinzip der Braunschen Fernsehrohr, deren Bilder, durch ein entsprechendes Linsensystem vergrößert, auf eine Fläche von 1 m zu 1,20 m geworfen werden. Um die für diese Bildfläche nötige Bildhelligkeit aufzubringen, arbeitet die Röhre zur Erhöhung der Lichtintensität des Kathodenstrahls mit einer Spannung von rund 20 000 Volt. Damit das stark vergrößerte Bild nicht verzerrt erscheint, darf der Boden der Röhre nicht wie bei den bisherigen Bildempfängern gewölbt sein, sondern muß zur Aufzeichnung des Bildes eine vollkommen ebene Form haben. Diese hohen Anforderungen, die an die Großbildröhre bei ihren an und für sich nicht großen Ausmaßen durch die beträchtliche Höhe der angelegten elektrischen Spannung und die besonders schwierige Formgebung gestellt wurden, sind trotzdem erfüllt worden und haben zu einem Bilderfolg geführt, der für die weitere Entwicklung des Fernsehens von richtunggebender Bedeutung sein wird. Ein Großbildempfänger dieser Art wurde zu Beginn der Olympiade von der Deutschen Reichspost in den Räumen des Reichspostministeriums, Leipziger Straße 13, in Betrieb genommen, um diese neueste Entwicklung der Fernsehempfangstechnik sogleich in den Dienst der Allgemeinheit zu stellen. Der Vorführraum faßt gegen 100 Personen. Noch größere Fernsehbilder, allerdings nach dem Zwischenfilmverfahren, wurden in der Fernsehstelle des Postamts NW 21 am Lehrter Bahnhof gezeigt, die mit 300 Sitzplätzen die zur Zeit größte Fernsehstelle Berlins ist. Die Besucherzahl aller Fernsehstellen, die von der Deutschen Reichspost zusammen mit der Gaufunkstelle Berlin wegen der Übertragung der Wettkämpfe auf 25 vermehrt wurden, betrug während der Olympischen Spiele über 130 000 Zuschauer.

Mit den wichtigen Errungenschaften im Fernsehen „den elektrischen Bildfängern und dem Großbildempfänger“, deren Entwicklung zur Betriebsbrauchbarkeit der zähen Zusammenarbeit von Fernsehindustrie und Deutscher Reichspost zu danken ist, hat die Deutsche Reichspost den Olympiagästen aus aller Welt zeigen können, daß Deutschland in der praktischen Anwendung

des Fernsehens, sowohl des Fernseh-Rundfunks als auch des Fernseh-Sprechverkehrs, führend ist und somit einen Stand im Fernsehen erreicht hat, der gegenüber der Entwicklung in anderen Ländern schon einen gewissen Abschluß darstellt.

Benutztes Schrifttum:

K o r n und G l a t z e l : Handbuch der Phototelegraphie und Telautographie. 1911.

S c h r ö t e r : Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens. 1932.

D. v o n M i h á l y : Das elektrische Fernsehen und das Telehor. 1923.

Dr. W. F r i e d e l : Die geschichtliche Entwicklung des Fernsehens, Fernsehen, Zeitschrift für Technik und Kultur des gesamten elektrischen Fernsehens, Jahrgang 1930, Nr. 1.

Sonstiges Schrifttum: Fernsehen, Zeitschrift für Technik und Kultur des gesamten elektrischen Fernsehens (einschließlich der darin enthaltenen Rundschau und Patentschau) — später: „Fernsehen und Tonfilm“, Beilage der „Funktechnischen Monatshefte“ — Jahrgang 1930/35.

Telegraphen- und Fernsprech-Technik, Jahrgang 1928/35.