

Braunsche Röhre

Televisuelle Bildaufnahme und -wiedergabe

Die Braunsche Röhre, auch Kathodenstrahlröhre genannt, wurde 1897 von Karl Ferdinand Braun (1850-1918) entwickelt. Die Erfindung war in den folgenden Jahrzehnten maßgeblich daran beteiligt, dass sich eine zuvor (teil)mechanische Fernsehtechnik schrittweise zu einer modernen vollelektronischen Kommunikationstechnik wandelte. Bis heute realisiert eine weiterentwickelte und zum Bildschirm geformte Braunsche Röhre die Bilddarstellung und -wiedergabe von Fernsehmonitoren. Gleichzeitig spielen Vakuumröhren und Kathodenstrahltechnik seit vielen Jahren bei der Konstruktion von Fernsehkameras eine zentrale Rolle. Wichtige Stationen in der Entwicklung der elektronischen Bildwandlung und -aufnahme waren u.a. das Ikonoskop von Zworykin (1923 als Konzept patentiert, um 1932 erstmals technisch realisiert), die Bildzerleger-Röhre von Farnsworth (um 1930), das Vidicon (1950er Jahre) und die von Philips entwickelte Plumbicon-Röhre (1960er Jahre).

Im Zuge der Digitalisierung der Medien hat die Analogtechnik „Braunsche Röhre“ rasch an Bedeutung verloren. Für die televisuelle Bildaufnahme und -wiedergabe werden heute vermehrt Digitaltechniken eingesetzt, wie CCD-Bildsensoren und LCD-Bildschirme.

Aufbau und Funktionsweise der Braunschen Röhre.

Siehe Landesbildungsserver Baden-Württemberg:

https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/e_lehre_2/teilchenfeld/braun_roehre.htm

Ein Jubiläum für einen Interface-Baustein – 100 Jahre Braunsche Röhre

Pichler, Franz 1997: Ein Jubiläum für einen Interface-Baustein. 100 Jahre Braunsche Röhre. In: PLUS LUCIS 2/97, S. 14-17. (leicht überarbeitete und erweiterte Version eines Artikels, der ursprünglich in PLUS LUCIS erschienen ist)

Einleitung

Im Jahre 1897, also genau vor hundert Jahren, wurde vom späteren Nobelpreisträger Ferdinand Braun in den Annalen der Physik und Chemie die grundlegende Arbeit „Über ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme“, in der die Kathodenstrahlröhre erstmalig zur Aufzeichnung elektrischer Signale an einem fluoreszierenden Bildschirm demonstriert wird, veröffentlicht. Die Kathodenstrahlröhre, oder wie wir heute sagen würden, die Elektronenröhre, hat in der Zwischenzeit die verschiedensten Entwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten erfahren. Als Bildröhre hat sie sich aber bis heute am längsten erfolgreich bewährt.

Während die Radoröhre, wie sie von Robert von Lieben und von Lee De Forest um 1906 erfunden wurde, schon weitgehend verschwunden und durch Transistoren ersetzt ist, hat sich die Bildröhre bis heute als Fernsehbildröhre und als Bildschirm für den Computer erhalten. Dies mag als Anlaß genommen werden, um ihre Erfindungs- und Entwicklungsgeschichte zu betrachten und damit ihr 100-jähriges Jubiläum zu begehen.

Kathodenstrahlen Die Kathodenstrahlen wurden von Plücker im Jahre 1859 entdeckt; er beobachtete in der Nachbarschaft der Kathode einer weitgehend ausgepumpten Röhre, eine grün-gelbe Fluoreszenz der Farbe des Glases. Er stellte fest, daß die leuchtende Stelle ihre Lage änderte, wenn ein Magnet in die Nähe gebracht wurde und er deutete die Strahlen als von elektrischer Natur. Von Hittorf, Goldstein und besonders von Crookes, wurden die Kathodenstrahlen weiter untersucht und die Leuchterscheinungen, die sie beim Auftreffen

auf bestimmte Mineralien erzeugen, studiert. Im besonderen wurde auch experimentell erwiesen, daß die Strahlen eine negative Ladung haben, daß sie senkrecht zur Kathodenfläche austreten und sich geradlinig ausbreiten. Bereits Goldstein hatte im Jahre 1876 die Beobachtung gemacht, daß Kathodenstrahlen beim Vorbeigang an einer zweiten Kathode eine Ablenkung erfuhren; er nannte dies die „Deflexion der Kathodenstrahlen“. Erst im Jahre 1897 wurde von J.J. Thomson und auch von W. Kaufmann und Aschinal die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen experimentell festgestellt und theoretisch erforscht. Von J. J. Thomson wurde im Jahr 1897 auch bei Annahme, daß die Kathodenstrahlen aus Partikeln bestehen, das Verhältnis von Ladung e und Masse m der Partikel mit $e/m = 0.77 \cdot 10^7$ angegeben und schließlich die Kathodenstrahlen als Elektronenstrom erkannt. Mit dem Jahre 1897 lagen daher die wesentlichen physikalischen Erkenntnisse über Kathodenstrahlen vor, die es Ferdinand Braun und seinen Mitarbeitern in seinem Labor an der Universität Straßburg erlaubten, ein darauf basierendes Meßverfahren zu entwickeln.

Ferdinand Braun und seine Röhre

Im Winter 1896/97 kam im Physikalischen Institut der Universität Straßburg eine große Holzkiste mit der Aufschrift „Vorsicht Glas“ und dem Absender „Franz Müller, vorher H. Geissler, Bonn“, an. Sie enthielt neben anderen Instrumenten eine etwa 50 cm lange Glasröhre mit einem bauchigen Ende, in dem im Inneren ein mit phosphoreszierender Farbe überzogener Schirm aus Glimmer zu sehen war. Sie war eine auf Bestellung angefertigte Sonderausführung einer Kathodenstrahlröhre und für Professor Braun und seine Mitarbeiter bestimmt. Sie diente zum Aufbau einer Meßanordnung zur Sichtbarmachung der Kurvenform von sinusförmigen Wechselströmen. Die Erfolge waren beeindruckend und Braun's damaliger Assistent Jonathan Zenneck (später einer der bekanntesten Pioniere der Funktechnik) berichtet, daß gleichsam als „Sport“ die verschiedensten Messungen und Anwendungsmöglichkeiten damit durchgeführt bzw. ins Auge gefaßt wurden. Die Publikation der Resultate erfolgte am 15. Februar 1897 in den Annalen der Physik und Chemie, damals wohl eine der hochwertigsten naturwissenschaftlichen Zeitschriften. Natürlich gab es Streitigkeiten bezüglich der Priorität des Konzeptes, sie wurden jedoch alle zugunsten von Braun beigelegt.

Entwicklung der Braunschen Röhre

Die ursprüngliche Kathodenstrahlröhre von Braun hatte eine kalte Kathode und eine Lochblende zur Fokussierung des Strahles. Ihre Steuerung erfolgte mit magnetischen Ablenkspulen. Im einfachsten Fall wurde ein Spulenpaar zur amplitudenabhängigen Ablenkung und ein rotierender Spiegel zur Sichtbarmachung der Zeitachse benutzt. Für Phasenmessungen mit Lissajous Figuren wurden zwei orthogonal angeordnete Spulenpaare verwendet. Eine wesentliche Verbesserung brachte die Entwicklung der geheizten Kathode durch Wehnelt. Damit konnte mit wesentlich geringeren Anodenspannungen der Betrieb durchgeführt werden. Der von Wehnelt zugleich vorgeschlagene, negativ vorgespannte, die Kathode umschließende Zylinder, bewirkte zusätzlich eine Konzentration des Strahles. Weiters kann mittels dieses „Wehnelt-Zylinders“ eine Helligkeitssteuerung erreicht werden. Während für Hochspannungsmessungen die magnetische Ablenkung angezeigt ist, wird für Niederspannungsmessungen die leistungslose elektrostatische Steuerung mittels Ablenkplatten bevorzugt.

Die erste Braunsche Röhre, die zu größerem technischen Einsatz führte, war die von Johnson um 1924 entwickelte Röhre der Western Electric. Es handelte sich um eine Niedervoltröhre mit zwei Paaren von Ablenkplatten und einem Fluoreszenzschirm, der bereits direkt auf den gewölbten Glaskolben aufgebracht ist. Alle Elektroden haben bereits eine Drahtzuführung über einen Glasquetschfuß und einen Stecksockel. Diese Konstruktion wurde im wesentlichen bei den Oszillographenröhren bis zum heutigen Tag beibehalten.

Weitere Röhrenaufbauten, denen eine ähnliche Konstruktion wie die Western Electric

Röhre zugrundegelegt wurde, stammen von AEG und der englischen Firma Cossor. Von Manfred von Ardenne wurde eine Verbesserung durch die Anordnung des Wehneltzylinders um die Kathode erreicht, wodurch das Ionenbombardement auf diese verringert wird und damit die Anwendung höherer Anodenspannungen (bis 2000 Volt) ermöglicht ist. Bei diesen „Hochvoltröhren“ konnte die Lichtausbeute gegenüber Niedervoltröhren auf das 50-fache gesteigert werden. Die Firma Leybolds Nachf. A.G. übernahm die Produktion und den Vertrieb dieser verbesserten Braunschen Röhren. Im wesentlichen sind sie in dieser Form bis heute in Kathodenstrahl-Oszillographen verwendet.

Die Braunsche Röhre für den Fernsehempfang

Schon sehr früh kam der Gedanke auf, die Braunsche Röhre nicht nur zur Anzeige von zeitveränderlichen Signalen sondern auch als Bildschreiber zu verwenden. Von Dieckmann und Glage, beide im Straßburger Labor von Professor Braun beschäftigt, stammt das Patent „Verfahren zur Übertragung von Schriftzeichen und Strichzeichnungen unter Benutzung der Kathodenstrahlröhre“ vom 12. September 1906. In ihrer im März 1909 erfolgten Publikation „Fernübertragung hoher Mannigfaltigkeit“ wurde erstmalig ein Verfahren zur Bildübertragung unter Verwendung einer Braunschen Röhre im Empfänger (die Bildzerlegung im Sendeteil war durch eine Art Nipkowscheibe elektromechanisch realisiert) beschreiben. Im Deutschen Museum in München ist ein dazugehöriges Modell ausgestellt.

Vom Russen Boris Ivovitch Rosing (1869-1933), Professor in St. Petersburg, stammt das Deutsche Reichspatent „Elektrisches Teleskop“ aus dem Jahre 1907, in dem auch die Braunsche Röhre als Bildschreiber auf der Empfangsseite eingesetzt wird. Im Mai 1911 hat Rosing vor einer Reihe namhafter Gelehrter sein System vorgeführt und ein klares Bild (weiße Streifen auf schwarzem Hintergrund) mittels der Braunschen Röhre erhalten.

Die weitere Entwicklung der Fernsehtechnik zeigte den Vorteil der elektronischen Systeme für Bildaufnahme und Bildwiedergabe gegenüber den elektromechanischen Systemen, wie sie z. B. mit den Systemen von Baird oder Karolus vorlagen. Für die Wiedergabe von bewegten Bildern bot dafür die Braunsche Röhre, wie sie z.B. in den Ausführungsformen von Zworykin und Manfred von Ardenne vorlagen, die beste Technologie.

Aber auch bei Telefunken (Karolus) und beim Reichspostzentralamt wurde in den Jahren 1926-1931 die Verwendbarkeit der Braunschen Röhre für den Fernsehempfang erforscht. Manfred von Ardenne konnte im Dezember 1930 eine vollelektronische Bildübertragung, wobei eine Braunsche Röhre im Sendeteil zur Bildabtastung eingesetzt wurde, vorführen. Die von Zworykin erfundene Ladungsspeicher-Bildabtaströhre, das Ikonoskop (1933, US-Patent von 1925), setzte sich aber später als elektronische Lösung für den Sendeteil durch.

Ab 1931 gibt es in Deutschland eine Produktion von Fernsehapparaten und die Bildröhre in Form der Braunschen Röhre wird von verschiedenen Firmen serienmäßig hergestellt. Die weitere Entwicklung führte von den Allglas-Rundröhren zu den Bildröhren mit rechteckigem Kolben (1939) und schließlich zu den heutigen Bildröhren für schwarz/weiß und für Farben mit großer Bildfläche und kurzer Tiefe.

Die Braunsche Röhre für Computer

Die Braunsche Röhre hat neben ihrer Anwendung in jedem Fernseher auch im Computer bis heute gewissermaßen ein Monopol zur Bildwiedergabe. Während beim Fernsehen bis heute eine Bilddarstellung mit Analogwerten den Vorzug hat, ist bei Computern die digitale Darstellung eines Bildes gegeben. Jeder Bildpunkt (pixel = picture element) wird dabei durch ein binäres Codewort in seiner Helligkeit und in seinen Farbkomponenten dargestellt.

Während bis in die Zeit der 70-iger Jahre Zentralrechner (main frames) hauptsächlich eingesetzt wurden und die Braunsche Röhre somit vor allem in den daran angeschlossenen

Terminals eingesetzt wurde, haben wir heute mit jedem Personalcomputer (PC) einen Computer mit Braunscher Röhre vor uns. Die Braunsche Röhre ist somit heute das „Interface“ an jedem Computerarbeitsplatz zwischen Mensch und Maschine. Aber auch für Personen, die mit keinem Computer arbeiten, ist sie bei Bankterminals (Bankomaten) allgegenwärtig.

In der Frühzeit der Entwicklung des (elektronischen) Computers wurde jedoch die Braunsche Röhre verschiedentlich auch zur Konstruktion von Rechenschaltungen vorgeschlagen. Von Maximilian Mathias stammt das Deutsche Reichspatent DRP 708.797 aus dem Jahre 1938, in dem die Braunsche Röhre als Dezimalzähler eingesetzt wird.

Von Walter Hündorf wurde 1939 das Patent DRP 900.281 mit dem Titel „Elektrische Rechenzelle“, in der die Braunsche Röhre zur Realisierung der verschiedensten Rechenschaltungen und somit zum Aufbau einer elektronischen Rechenanlage vorgeschlagen wird, eingereicht.

Die Entwicklung spezieller, mit gewöhnlichen Elektronenröhren realisierbarer, digitaler Rechenwerke hat schließlich die Umsetzung solcher Patente verhindert und die ersten elektronischen Rechner (Computer) wurden mit Elektronenröhren als Schaltelemente gebaut (ENIAC, USA 1946).

Schluß

Es ist in der Technik – und besonders in der Informationstechnik – nicht selbstverständlich, daß ein Baustein über den Zeitraum von 100 Jahren sich in seiner prinzipiellen physikalischen Funktionsweise erhält. Für die Braunsche Röhre trifft dies zu. Die grundsätzliche Idee von Ferdinand Braun mittels eines Elektronenstrahles durch magnetische oder elektrostatische Ablenkung ein Bild auf einem fluoreszierenden Schirm zu schreiben, hat sich bis heute erhalten. Natürlich ist die Entwicklung, wie wir gesehen haben, bei der Anordnung von Braun nicht stehengeblieben und die „Braunsche Röhre“ hat sich bis zu den heutigen Formen von Bildröhren, wie sie in Fernsehapparaten oder bei Computern Verwendung finden, entwickelt. Neben dem Telefon (Bell 1876), das sich bis zu den heutigen Lautsprechern entwickelt hat, bildet die Braunsche Röhre die wichtigste Schnittstelle für den Empfang von Information mittels elektrischer Signale.

Schrifttum

Zu „Kathodenstrahlen“

J. Plücker: Über die Einwirkung des Magneten auf die elektrische Entladung in verdünnten Gasen. Annalen der Physik und Chemie Bd. 103 (1857), Seite 88-106

G.C. Schmidt: Die Kathodenstrahlen. Vieweg, Braunschweig 1904

J.J. Thomson: Elektrizitäts-Durchgang in Gasen (deutsche Ausgabe). Teubner, Leipzig 1906

Zu „Ferdinand Braun und seine Röhre“

F. Braun: Über ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme. Annalen der Physik und Chemie (3) 60, Seite 552-559

F. Kuylo und Ch. Susskind: Ferdinand Braun. The MIT Press, 1981, Seite 89-100

Zu „Entwicklung der Braunschen Röhre“

M. v. Ardenne: Die Kathodenstrahlröhre und ihre Anwendung in der Schwachstromtechnik. Springer, Berlin 1933

Zu „Die Braunsche Röhre für den Fernsehempfang“

Herausgeber:

F. Schröter: Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens. Springer, Berlin 1932, Seite 63-79

M. Knoll: Die Kathodenstrahlröhre in der Fernsehtechnik. in: F. Schröter (Hrsg.), „Fernsehen“, Springer, Berlin 1937, Seite 113-140

W. Bruch: Die Fernseh-Story. Telekosmos Verlag, Stuttgart 1969

E. Kriz: Das Fernsehen – Entwicklung und derzeitiger Stand. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, 1960/61, Seite 111-147

H.A.G. Hazeu: Fifty Years of Electronic Components 1921-1971. N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven 1971, Section C. Cathode Ray Tubes

Zu „Die Braunsche Röhre für Computer“

W. de Beauclair: Rechnen mit Maschinen. Eine Bildgeschichte der Rechentechnik. Vieweg, Braunschweig 1968.

Quellen

Landesbildungsserver Baden-Württemberg/Grüninger 2002: Braunsche Röhre.

https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/e_lehre_2/teilchenfeld/braun_roehre.htm

Pichler, Franz 1997: Ein Jubiläum für einen Interface-Baustein. 100 Jahre Braunsche Röhre. In: PLUS LUCIS 2/97, S. 14-17. (Der Text ist eine vom Autor leicht überarbeitete und erweiterte Version eines Artikels, der ursprünglich in PLUS LUCIS erschienen ist.) Die Veröffentlichung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Autors.

weitere Informationen

Pichler, Franz 2010: Elektrische Bilder aus der Ferne. Technische Entwicklung von Bildtelegraphie und Fernsehen bis zum Jahre 1939. Von den mechanisch-optischen Anfängen zu den elektronischen Systemen. Linz.