

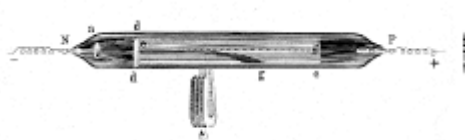
# 100 Jahre Braunsche Röhre

## Ein Jubiläum für einen Interfacebaustein

Franz Pichler

### Einleitung

Im Jahre 1897 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 Verlaufes variabler Ströme" veröffentlicht, in der die Kathodenstrahlröhre erstmalig zur Aufzeichnung elektrischer Signale an einem fluoreszierenden Bildschirm demonstriert wird. Die Kathodenstrahlröhre hat in der Zwischenzeit die verschiedensten Entwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten erfahren. 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, ihre Erfindungs- und Entwicklungsgeschichte zu betrachten und damit ihr 100-jähriges Jubiläum zu begehen.



Ablenkung der Kathodenstrahlen durch einen Magneten

### Kathodenstrahlen

Die Kathodenstrahlen wurden 1859 von Plücker 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 elektrischer Natur. Hittorf, Goldstein und besonders Crookes untersuchten die Kathodenstrahlen weiter und studierten die Leuchterscheinungen, die sie beim Auftreffen auf bestimmte Mineralien erzeugen. Im besonderen wurde auch experimentell erwiesen, daß die Strahlen eine negative Ladung haben, senkrecht zur Kathodenfläche austreten und sich geradlinig ausbreiten. Bereits Goldstein hatte 1876 die Beobachtung gemacht, daß Kathodenstrahlen beim Vorbeigang an einer zweiten Kathode eine Ablenkung erfahren; er nannte dies die "Deflexion der Kathodenstrahlen". Erst 1897 stellten J. J. Thomson und W. Kaufmann und Aschinnä die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen experimentell fest und erforschten sie theoretisch. Im selben Jahr gab Thomson unter der Annahme, daß die Kathodenstrahlen aus Partikeln bestehen, das Verhältnis von Ladung  $e$  und Masse  $m$  der Partikel mit  $e/m = 0,77 \cdot 10^7$  an und erkannte schließlich die Kathodenstrahlen als Elektronenstrom. 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

#### 12. Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme; von Ferdinand Braun.

1. Die im Folgenden beschriebene Methode benutzt die Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen durch magnetische Kräfte. Diese Strahlen wurden in Röhren erzeugt, von deren einer ich die Maasse angebe, da mir diese die im allgemeinen günstigsten zu sein scheinen (Fig. 1).  $K$  ist die Kathode aus Aluminiumblech,  $A$  Anode,  $C$  ein Aluminiumdiaphragma; Oeffnung des Loches = 2 mm.  $D$  ein mit phosphorescirender Farbe überzogener Glimmerschirm. Die Glaswand  $E$  muss möglichst gleichmässig und ohne Knoten, der phosphorescirende Schirm

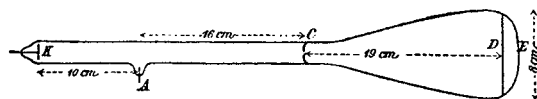


Fig. 1.

Ausschnitt aus der Publikation von F. Braun aus dem Jahre 1897

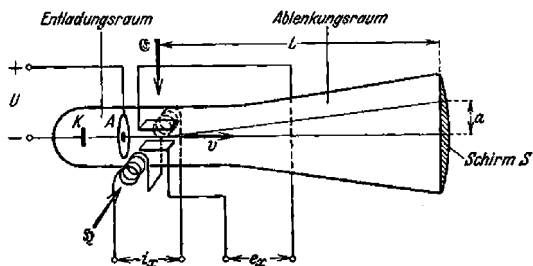
Im Winter 1896/97 kam im Physikalischen Institut der Universität Straßburg eine große Holzkiste mit der Aufschrift "Vor-sicht Glas" und dem Absender "Franz Müller, vorher H. Geisler, Bonn" an. Sie enthielt neben anderen Instrumenten eine etwa 50 cm lange Glasröhre mit einem bauchigen Ende, in dem im 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 Brauns 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 wichtigsten 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 amplituden-abhängigen Ablenkung und ein rotierender Spiegel zur

o. Univ.-Prof. Dr. Franz Pichler, Institut für Systemwissenschaften, Abteilung für Systemtheorie und Informationstechnik, Universität Linz

Sichtbarmachung der Zeitachse benutzt. Für Phasenmessungen mit Lissajousfiguren 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.



Braunsche Röhre zur Oszillographie

Die erste Braunsche Röhre, die zu größerem technischen Einsatz führte wurde von Johnson um 1924 für Western Electric entwickelt. 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.

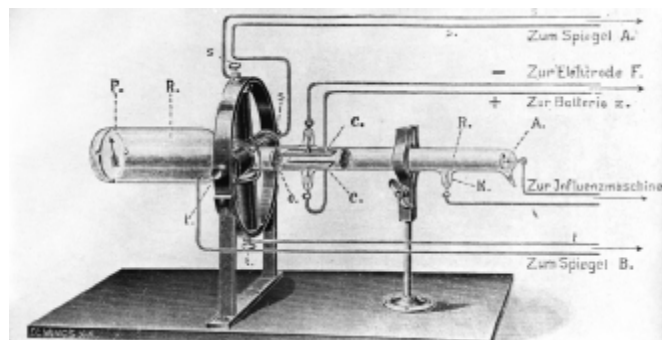
Weitere Röhrenaufbauten, denen eine ähnliche Konstruktion wie die Western Electric Röhre zugrunde gelegt wurde, stammen von AEG und der englischen Firma Cossor. Manfred von Ardenne ordnete den Wehneltzylinder um die Kathode an, wodurch das Ionenbombardement auf sie verringert wird und dadurch höhere Anodenspannungen (bis 2000 Volt) ermöglicht werden. Bei diesen "Hochvoltröhren" konnte die Lichtausbeute gegenüber Niedervoltröhren auf das 50-fache gesteigert werden. Die Firma Leybolds Nachf. AG übernahm die Produktion und den Vertrieb dieser verbesserten Braunschen Röhren. Im wesentlichen werden 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.

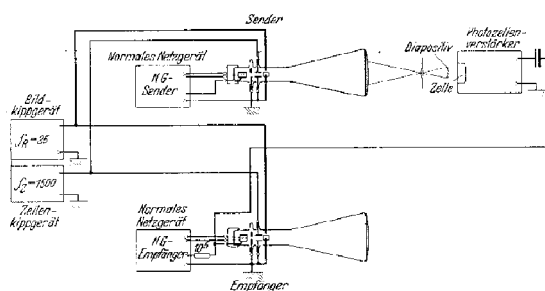
Vom Russen Boris Ivovitch Rosing (1869-1933), Professor in St. Petersburg, stammt das Deutsche Reichspatent "Elektrisches Teleskop" aus 1907, in dem auch die Braunsche Röhre als Bildschreiber auf der Empfangsseite eingesetzt wird. Im Mai 1911 führte Rosing vor einer Reihe namhafter Gelehrter sein System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



Empfänger mittels Braunscher Röhre im "Elektrischen Teleskop" von Rosing (1907)

Die weitere Entwicklung der Fernsehtechnik zeigte den Vorteil der elektronischen Systeme für Bildaufnahme und Bildwiedergabe gegenüber den elektromechanischen, wie sie z. B. 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 voll-elektronische Bildübertragung, wobei eine Braunsche Röhre im Sendeteil zur Bildabtastung eingesetzt wurde, vorführen.



Anwendung der Braunschen Röhre zur Bildabtastung nach M. v. Ardenne (1930)

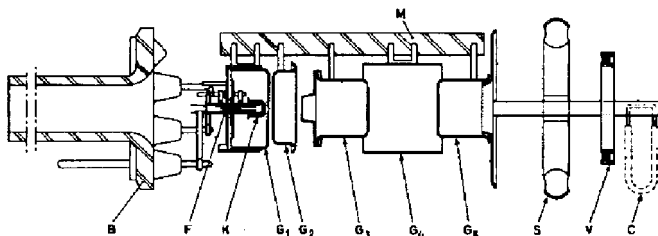
Die von Zworykin erfundene Ladungsspeicher-Bildabtast-röhre, das Ikonoskop (1933, US-Patent von 1925), setzte sich aber später als elektronische Lösung für den Sendeteil durch. Ab 1931 gibt es in Deutschland eine Produktion von Fernsehapparaten und die Bildröhre in Form der Braunschen Röhre wird von 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.



Manfred v. Ardenne († 1997) mit Fernsehbildröhre

## 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 Bildarstellung mit Analogwerten den Vorzug hat, ist bei Computern die digitale Darstellung gegeben. Jeder Bildpunkt wird dabei durch ein binäres Codewort in Helligkeit und Farbkomponenten dargestellt.



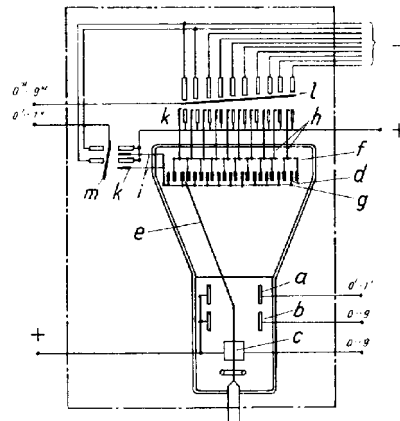
Gun of a television picture tube: R = tube base, F = heater, K = cathode, G1 = control grid, G2 = screen grid, G3 G4 G5 = anode plus electron lens, M = multiform connecting piece, S = supporting spring, V = getter, C = contact spring against the envelope wall.

Elektronenkanone einer Fernsehbildröhre

Während es bis in 70-iger Jahre hauptsächlich Zentralrechner gab und die Braunsche Röhre vor allem in den daran angeschlossenen Terminals eingesetzt wurde, gibt es heute bei jedem PC einen Monitor mit Braunscher Röhre. Sie ist somit an jedem Computerarbeitsplatz aber auch z.B. bei Bankomaten das "Interface" zwischen Mensch und Maschine.

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 Dt. Reichspatent von 1938, in dem die Braunsche Röhre als Dezimalzähler eingesetzt wird. Walter Hündorf reichte 1939 ein Patent mit dem Titel "Elektrische Rechenzelle" ein, in dem die Braunsche Röhre zur Realisierung verschiedener Rechenschaltungen und somit zum Aufbau einer elektronischen Rechanlage vorgeschlagen wird.

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).



Braunsche Röhre als Dezimalzähler nach Hündorf (1939)

## 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 Elektronenstrahl durch magnetische oder elektrostatische Ablenkung ein Bild auf einem fluoreszierenden Schirm zu schreiben, hat sich bis heute erhalten. Natürlich ist die Entwicklung 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) bildet die Braunsche Röhre die wichtigste Schnittstelle für den Empfang von Information mittels elektrischer Signale.

## Ferdinand Braun - Kurzbiographie

Geboren am 6. Juni 1850 in Fulda, Deutschland

Studium der Physik in Marburg und Berlin

1874-1877 Gymnasiallehrer in Leipzig, anschließend Professor für Physik in Marburg, Straßburg und Tübingen.

Ab 1895 Direktor des Physikalischen Instituts in Straßburg (Nachfolger von Kohlrausch)

Ende 1914 Reise nach USA im Auftrag von Telefunken zur Klärung von Patentstreitigkeiten

Wegen 1. Weltkrieg keine Rückkehrmöglichkeit nach Deutschland, gestorben in New York (Brooklyn) am 20. April 1918.

Wichtige Forschungsergebnisse für die Funktechnik:

Braunsche Röhre (1897)

Abstimmung von Sender und Empfänger in der drahtlosen Telegraphie (1901)

Kristalldetektor (1901)

Rahmenantenne (1902)

Nobelpreis für Physik 1909 (zusammen mit G. Marconi)



Ferdinand Braun (1850-1918)

## Literatur

### Kathodenstrahlen

- J. Plücker: "Über die Einwirkung des Magneten auf die elektrische Entladung in verdünnten Gasen", *Annalen der Physik und Chemie* Bd. 103 (1857), S. 88-106
- G.C. Schmidt: *Die Kathodenstrahlen*, Vieweg, Braunschweig 1904
- J.J. Thomson: *Elektrizitäts-Durchgang in Gasen* (dt. Ausgabe), Teubner, Leipzig 1906

### 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, S. 552-559
- F. Kuylo und Ch. Susskind: *Ferdinand Braun*, The MIT Press, 1981, S. 89-100

### Entwicklung der Braunschen Röhre

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

### Die Braunsche Röhre für den Fernsehempfang

- F. Schröter: *Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens*, Springer, Verlin 1932, S. 63-79
- M. Knoll: "Die Kathodenstrahlröhre in der Fernsehtechnik", in: F. Schröter (Hrsg.), *Fernsehen*, Springer, Berlin 1937, S. 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, S. 111-147
- H.A.G. Hazeu: *Fifty Years of Electronic Components 1921-1971*, N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven 1971, Section C. Cathode Ray Tubes

### Die Braunsche Röhre für Computer

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

## Naturwissenschaftliche Sommerwoche am Deutschen Museum in München

*Am besten werden die bescheidenen Anfänge der Wissenschaft uns deren einfaches ... Wesen enthüllen.* (E. Mach)

Vom 14. bis 18. Juli 1997 trafen sich in München am Kerschensteiner Kolleg im Deutschen Museum 26 Physikerinnen und Physiker zu einer naturwissenschaftlichen Sommerwoche. Das Seminar wurde vom PI Oberösterreich als Bundesseminar angeboten (Seminarorganisation: Mag. Engelbert Stütz). Wegen des großen Interesses soll es von 13. bis 17. Juli 1998 (erste Ferienwoche Westösterreich) wiederholt werden. **Die Ausschreibung der "Naturwissenschaftlichen Sommerwoche am Deutschen Museum 1998" wird gemeinsam mit den übrigen Sommerseminaren voraussichtlich zu Jahresende 1997 erfolgen.**

Das Seminarprogramm zielt auf die Umsetzbarkeit im Unterricht. Den Seminarteilnehmern wird fundierte Information geboten, sie sollen auch in einem der bedeutendsten naturwissenschaftlich-technischen Museen der Welt frei arbeiten können.

Programmschwerpunkte waren:

"Geschichtliche Entwicklung der Elektrizitätslehre von 1700 - 1831 als Beispiel für historisch-genetisches Lernen" (Prof. Dr. Teichmann), "Physik an Fahrzeugen" (Dipl. Ing. Straßl), "Einfache physikalische Versuche zu Geschichte und Gegenwart -

Eigenexperimente der Teilnehmer nach Anleitung" (Prof. Dr. Teichmann), "Energietechnik" (Dr. Hlatky)

Einige Rückmeldungen von Seminarteilnehmern machen deutlich, was für sie wichtig war: "Die dargebotenen Inhalte können leicht im Unterricht umgesetzt werden. Die Organisation des Seminars erlaubte Niveau, Tiefe und Inhalt der Studien selbst zu wählen.", "... Der geschichtliche Aspekt in der Elektrizitätslehre hat viele Zusammenhänge klarer gemacht.", "... vielfältige und ausgezeichnete Führungen, viel Zeit für Eigenstudien, ... sehr gute Vorbereitung durch den Seminarleiter", "... vielfältige Gestaltung und abwechslungsreiche Folge von vorgegebenen Veranstaltungen und freier Betätigung".

Die Seminare des Kerschensteiner-Kollegs kurz charakterisiert:

- Durch Fachkräfte des Hauses werden die historischen und modernen Objekte und Experimente der Ausstellungsabteilungen vorgeführt. Die Teilnehmer überprüfen sie einzeln oder gemeinsam mit differenzierter Aufgabenstellung auf ihre didaktische Verwendbarkeit im Unterricht...
- Die Erfahrungen aus Sammlung und Bibliothek können durch historische und moderne Eigenexperimente in einem Mehrzweckstudienlabor ergänzt werden. Damit wird die Ausstellungsmethode, durch die sich das Deutsche Museum einen Namen erworben hat, auch in die Kursarbeit eingebracht: Jeder Teilnehmer soll durch seine Eigenaktivität Zusammenhänge im ursprünglichen Sinn des Wortes 'begreifen'...

Mag. Engelbert Stütz, BRG Linz Hamerlingstr. 18