

RÖHREN ALS BASIS

Etwa 50 Jahre lang dient die **Vakuümrohre** (**Lampe, Rohr**; engl. **vakuümtube, tube, valve**; fr. **lampe**) als Basis für jeden Empfänger. Obwohl 1948 das Team **Bardeen, Brattain** und **Shockley** den Transistor erfindet, gibt es noch Mitte der 60er Jahre Neuentwicklungen von **Empfängerröhren** für UKW und TV. Das Wort Empfängerrohre steht übrigens für alle Röhren im Empfänger und mit **Empfangsröhren** sind diese ohne Gleichrichterröhren und Spannungsregelröhren etc. gemeint. Der kleine Unterschied spielt bei der Beschreibung von Empfängern (frühere Reklame) eine Rolle. Die Ablösung der Röhre durch den Transistor ist Anfang der 60er Jahre bei den Radios vollendet. Bevor die einzelnen Marken und Typen bestimmter Hersteller und Länder zur Sprache kommen, hier die wichtigsten, die Röhren betreffenden Erfindungen zur Erinnerung:

ERSTE ENTDECKUNGEN

Für Röhren sind gute Vakuumpumpen nötig. Die Grundlage dazu schafft **Swedenborg** 1722, und eine ganze Reihe von Erfindern verbessern seine Quecksilbervakuumpumpe in der Folgezeit. Im ersten Kapitel finden sich unter 1905 die wichtigsten Stufen dieser Verbesserungen. 1733 schreibt **Du Fay** eine Arbeit über das Phänomen von Flamme und elektrischer Ladung. 1739 findet **Nollet** heraus, dass glühendes Metall seine Ladung sofort verliert. 1777 bemerkt Tiberio **Cavallo** (1749-1809), dass alle Leiter so reagieren. 1774 benutzt **Henly** Vakuümrohre und Flamme als **Indikator der elektrischen Stromrichtung** und 1802 bestätigt P. **Erman** (1764-1851) diese Beobachtungen und entdeckt vier Jahre später die **«unipolaren Leiter»**, wobei **Ohm** 1826 zeigt, dass die Übergänge zwischen den Leitern das Phänomen hervorrufen. **Ohm** entdeckt dabei die **Strom-Ventilwirkung** flüssiger Leiter und der Metalloxyde [233]. Im Zusammenhang mit Elektrolysen prägt **Faraday** die Begriffe **Anode, Kathode, Ion** und **Elektrode** und 1886 schlägt **Fleming** die offizielle Einführung dieser Terminologie vor und führt selbst das Wort **Vakuümrohre** (engl. **vacuum tube**) ein [237]. 1838 beobachtet **Faraday**, dass Gase, in einer Röhre unter Vakuum und Strom gesetzt, zu Leuchten beginnen. Bei ausreichendem Vakuum erscheint ein Leuchten bei der negativen Kathode, gefolgt von einem dunklen Feld und dem leuchtenden Teil bei der Anode. 1849 beeinflusst Augustus **de la Rive** Leuchterscheinungen mit einem Magneten. 1851 entdeckt Heinrich **Buff** weitere Phänomene im Zusammenhang mit der Erhöhung der Temperatur. 1853 beginnt Edmond **Becquerel** (1820-1891) eine Serie von Experimenten, stellt Glühemissionen fest und leitet Gesetze daraus ab. Er kommt zu dem Schluss, dass sich «Materienteile» von der Kathode ablösen, kann das physikalisch aber nicht absichern. Mit einem komplizierten Aufbau erhitzt er Platinelektroden von aussen. 1858 veröffentlicht Julius **Plücker** (Eberfeld 1801-1868 Bonn), Mathematiker und Physiker, eine Arbeit **«Über die Einwirkung des Magneten auf die elektrischen Entladungen in verdünnten Gasen»**. Der Brockhaus [133] leitet daraus ab, dass er die Kathodenstrahlen entdeckt habe. **Plücker** ist Lehrer von **Hittorf** und **Geissler**. Glasbläser **Geissler** unternimmt ab ca. 1855 Versuche mit **Leuchterscheinungen** bei gasgefüllten Röhren (Geisslersche Röhren), die einen grossen Bekanntheitsgrad erreichen.

E. **Goldstein** (1850-1930) erwähnt in einer Arbeit von 1876 erstmals die **Kanalstrahlen** (Strahlen positiver Ionen, die in einer Gasentladung bei niedrigem Druck durch eine Bohrung in der Kathode in den Raum hinter der Kathode eintreten und dort Gasreste zum Leuchten anregen können); Sir William **Crookes** (1832-1919) schreibt 1880 über «strahlende Materie». **Crookes** zeigt 1879 zudem, dass **Kathodenstrahlen** auch mechanische Wirkung ausüben, indem er in einem luftleeren Glasrohr ein geflügeltes Rad drehen lässt (Crookesche Röhre).



Bild 534 [Sammlung Erb, Luzern]
Crookesche Röhren: Mit klappbarem Kreuz (stehende Röhre). Die liegende Röhre beinhaltet ein Flügelrad, das sich auf der Achse und Glasschienen im Kolben von einer zur anderen Seite bewegen kann



Bild 535 [Sammlung Erb, Luzern]
Geisslersche Röhre, gefüllt mit roter Flüssigkeit. Solche Röhren sind mit den verschiedensten Materialien versehen, die bei Inbetriebnahme farbige Leuchtwirkungen bewirken

Hittorf beginnt 1869 mit kalten und etwa zehn Jahre später mit erhitzten Gasen zu experimentieren. 1884 entdeckt er - wahrscheinlich unabhängig von **Edison** (1883) - das Fliessen und Nichtfliessen eines Stromes, je nachdem er die heisse Kathode und die Anode mit einer Batterie verbindet.

Arthur **Schuster** (1851-1934) verbreitet 1884 seine Erkenntnis, dass Kathodenstrahlen aus negativ geladenen Partikeln bestehen, nachdem W. **Weber** 1871 eine entsprechende Hypothese ausspricht (R. **Laming** bereits 1845). 1895 kann

Jean P. **Perrin** (1870-1942) beweisen, dass sich die Kathodenstrahlen wie ein Strom von negativer Elektrizität verhalten. Sir Joseph John **Thomson**, Physiker, (bei Manchester 1856-1940 Cambridge, 1906 Nobelpreis), bestätigt diese Erkenntnis 1897 mit anderen Versuchen. Er beschreibt am 29.4.1897 vor der **Royal-Institution**, dass die Atome nicht unteilbar sind, sondern kleine Teilchen mit negativer Ladung enthalten, die er «Corpuscule» nennt, obwohl 1881 G. Johnston **Stoney** die vermuteten Teile «E1» und ab 1891 «Elektronen» nennt. Für die ganze Fachwelt und für den Experimentator selbst bildet der Beweis, dass die Kathodenstrahlen aus reinen Elektrizitätsteilchen bestehen, eine grosse Überraschung [233].^LDer Sohn von J.J. Thomson, Sir George Paget Thomson (Cambridge 1892-1975 Cambridge) erhält 1937 ebenfalls den Nobelpreis - zusammen mit C.J. Davisson - für den «Wellen-Teilchen-Dualismus» von Elektronen bzw. Arbeiten über Interferenzen bei Elektronenstrahlen.^L **Thomson** konstruiert unabhängig von **Braun** eine Kathodenstrahlröhre mit zwei Ablenkplatten. Seine Erfindung patentiert er nicht. Zu diesem Zeitpunkt trägt die Braunsche Röhre keine Ablenkplatten. Erst **Zenneck** verbessert sie 1899 und fotografiert das Oszillogramm einer Schwingung. Noch weist diese Röhre keine Glühkathode auf. **Wehnelt** führt diese 1903-05 ein. Gemäss [118] baut **Wehnelt** 1903 die Ablenkplatten ein bzw. verwendet eine statische Ablenkung [241]. Die Beeinflussung von Kathodenstrahlen durch elektrisch geladene Hilfselektroden führt Ph.E.A. **Lenard** 1898 ein, wobei er 1903 ein Maschengitter zur elektrostatischen Geschwindigkeitssteuerung verwendet [241]. 1902 weist G. **Leithäuser** nach, dass Kathodenstrahlen durch eine Metallfolie dringen und dabei an Geschwindigkeit verlieren [241]. **Edison** will den schwarzen Niederschlag an seinen Glühlampen vermeiden. Bei zahlreichen Versuchen - ab 1880 mit zusätzlichen Elektroden - erkennt er, dass er einen Strom fließen lassen kann, wenn er die «Anode» (engl. plate) an das positive Ende der Stromquelle legt, umgekehrt jedoch nicht. John Ambrose **Fleming**, sein Mitarbeiter - seit 1882 in der 1881 gegründeten **Edison Electric Light Company of London** -, beschreibt am 26.5.1883 vor der **Physical Society of London** den Effekt einer Verfärbung des Glases auf der einen Seite der Lampen. **Edison** meldet am 15.11.1883 ein Patent für den **Polaritätsindikator** an. Anlässlich der **American International Electric Exhibition (AIEE)** in Philadelphia im Herbst 1884 wird der Edison-Effekt eingehend beschrieben. Auch W.H. **Preece**, der Cheffingenieur der britischen Post, ist in Philadelphia anwesend. **Preece** wiederholt die Experimente von **Edison** und unternimmt quantitative Messungen, die er 1885 in der **Royal Society** veröffentlicht. Er verwendet erstmals den Ausdruck «blue effect» (später **blue glow**) für das Phänomen der Ionisation des Restgases unter bestimmten Bedingungen, bei denen Stromfluss in beide Richtungen eintritt. 1889 lässt **Fleming** bei der 1883 durch Fusion der britischen Gesellschaft von Edison (**Edison Electric Light Co.**) und der **Swan Electric Lighting Co.** entstandenen **Edison & Swan United Electric Co. London (Ediswan)** weitere Lampen bauen, um den Gleichrichtereffekt zu studieren. **Fleming** veröffentlicht seine Arbeiten darüber 1890 und 1896. Er stellt im **Philosophical Magazine** von 1896 fest, dass seine Anordnung als **Gleichrichter** funktioniert. Gemäss [241] soll **Tesla** 1892 eine von ihm 1890 entwickelte Elektronenröhre als Detektor vorgeführt haben. 1898 erscheint in den **Annalen der Physik** eine Mitteilung von W.C. **Röntgen Über eine neue Art von Strahlen**, in der er über eine drei Jahre alte Entdeckung berichtet: **«Lässt man durch eine Hittorfsche Vakuumröhre eine Entladung gehen und bedeckt die Röhre mit einem Mantel aus schwarzem Karton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen mit Baryumplatinocynür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entla-**

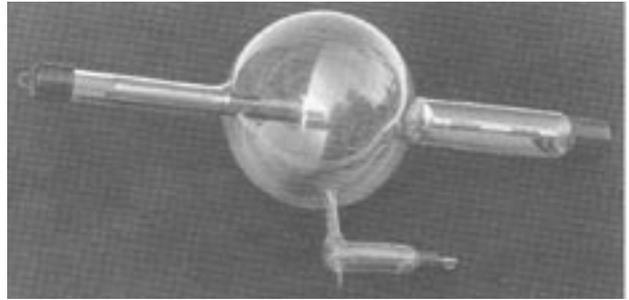


Bild 536 [Sammlung Erb, Luzern]
Röntgenröhre der ersten Generation: Ohne Heizung, für den Betrieb mit Induktor. Länge 55 cm. Moderne Röntgenröhren weisen ganz andere Leistungen bei gleicher Grösse auf. (Siehe Bild einige Seiten weiter)

ung hell aufleuchten. Man findet, dass alle Körper durchlässig sind...». Die X-Strahlen (Röntgenstrahlen) unterscheiden sich nur durch die Entstehung von Gammastrahlen.

ENTWICKLUNG DER RÖHRE

Aus der normalen Glühlampe entsteht die Röhre, zuerst als Gleichrichterröhre für Starkstrom, dann als Röhren-Detektor (Diode), später als Detektor mit gleichzeitiger Verstärkung (Audion). Erst in letzter Stufe entwickelt man daraus eine funktionierende Verstärkerröhre für NF und HF. Die meisten Röhren dieser Anfangszeit dienen darauf für alle diese Zwecke (Universal-Triode). Die Braunsche bzw. die Röhre von J.J. **Thomson** (1897) weist während einiger Jahre keine Heizung auf. Sie kommt nach wesentlichen Verbesserungen durch einige Erfinder zum breiten Einsatz für Oszilloskope und als Fernsehröhre. Nicht einmal die Röntgenröhre besitzt anfänglich eine Heizung; sie wird mit einem Induktor betrieben. Auch sie gehört zu den diversen, für Spezialzwecke entwickelten und hier nicht behandelten Röhren. Bezüglich Spezialröhren ist zu erwähnen, dass am 16.5.02 Peter **Cooper-Hewitt** in Newark (NJ, USA) die Quecksilberdampf-Gleichrichterröhre zum Patent anmeldet. Sie spielt in der Starkstromtechnik eine grosse Rolle und findet später in Rundfunkempfängern eine begrenzte Verwendung. Die Röhre gehört in das Gebiet der **Gas-Elektronik** (Gas-Entladung, an der sich auch die positiven Ionen des Quecksilberdampfes beteiligen), währenddem die Radoröhren der **Vakuum-Elektronik** innerhalb der Vakuum-Technologie angehören. Die **Leistungsröhren** der Gas-Elektronik baut man in der Folge immer grösser, die der **Signaltechnik** immer kleiner. Allerdings besteht der erste elektronisch-automatische Hochgeschwindigkeitszähler (**Computer**), 1931 von **Wynn-Williman** in England in Betrieb gesetzt, aus lauter **Thyratrons**, also Elementen der Leistungselektronik [233]. Der englische Computer bildet den Vorgänger des ersten elektronischen Grossrechners mit Programmsteuerung **ENIAC** von 1946 (USA). Die Vakuum-Technik beherrscht das Feld ca. fünfzig Jahre, bis die **Halbleitertechnik** sie nach und nach ablöst - zuerst mit diskreten und später mit integrierten Bauteilen. Auch die theoretischen Forschungen stellen einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von leistungsfähigen Röhren dar: Sir O.W. **Richardson** (z.T. zusammen mit F.C. **Brown**) veröffentlicht von 1901-09 verschiedene, die Röhre betreffende theoretische Arbeiten [138], darunter 1901 die Theorie der Glühemission [241]. J.E. **Lilienfeld** (1910), C.D. **Child** (1911), I. **Langmuir** und W. **Schottky** (1913-15) publizieren ihre Arbeiten über die praktischen und theoretischen Verhältnisse von Emissionen im reinen Vakuum (3/2 power law). Heinrich **Barkhausen** (Bremen 1881-1956 Dresden) stellt ab 1918 die Vorgänge in Elektronenröhren umfassend dar [150], wobei er die Röhrenkennwerte in der 1914

von H.J. **van der Bijl** in den USA für Trioden aufgestellten, wichtigen Formel « $S \times D \times R_i = 1$ » (Steilheit x Durchgriff x Innenwiderstand in Kiloohm = 1) festhält. Wegen seiner Veröffentlichung schreibt man die Formel von **Bijl**, Mitarbeiter der **Western Electric (WECO)** [138], oft irrtümlich **Barkhausen** zu.

Röhrendiode als Detektor

1899 erhält **Fleming** den Posten als technischer Berater bei **Marconi's Wireless Company Ltd.**, nachdem er vorher bei Edison in London arbeitet. Zunächst forscht er bei **Marconi** bezüglich Sender. Später - mit der Konstruktion von Empfängern beauftragt - erinnert er sich an seine Versuche mit Glühlampen. Er prüft, ob der Gleichrichtereffekt auch bei Hochfrequenz eintritt und holt dazu im Oktober 1904 seine alten Versuchslampen hervor. In einer Nacht bauen sein Assistent und er einen Oszillator mit zwei Leidenerflaschen und einem Empfangskreis auf - die Nadel des Galvanometers zeigt tatsächlich Strom an - die erste Röhrendiode ist geboren! **Fleming** nennt seinen Gleichrichter-Aufbau **oscillation valve**. Das englische Wort **valve** bedeutet «Ventil, Schieber, Klappe». Das Wort **tube** kommt später für Röhre in Gebrauch. Die Versuchsanordnung von **Fleming** kann man im **Science Museum** in London sehen. Sofort nach dem positiven Ergebnis seines Versuchs bestellt **Fleming** bei **Ediswan** weitere Glühlampen mit einem Platinyzylinder um einen Kohlefaden für 4-Volt-Heizung. Am 16.11.04 meldet er ein Patent an; am 15.8.05 reicht er Material für weitere Ansprüche nach. Er erhält das britische Patent Nr. 24850 auf seine Röhrendiode am 21.9.05 sowie im gleichen Jahr das DRP 186084 und das US-Patent 803648. **Fleming** beschreibt, dass er die Röhre beim Auspumpen auf höchstes Vakuum gleichzeitig so stark wie möglich erhitzt, damit auch die durch Adsorption gebundenen «Restgase» zu absorbieren sind. **Adsorption** bedeutet übrigens die molekulare Bindung von Stoffen an der Oberfläche eines Gegenstandes, **Absorption** hingegen das Absaugen. Am 8.2.05 stellt er seine Arbeit an der **Royal Society** in London vor. Dort verwendet er eine zusätzliche Anodenbatterie. Am 15.6.05 sendet er eine Anzahl Röhren an **Marconi** in Poldhu, der daraufhin den **Marconi-Fleming valve receiver** baut. Später verwendet Sir **Fleming** Wolfram als Kathode. Einige seiner Röhren gelangen in die USA.



Bild 537 [Sammlung Radtke, Gütersloh]
Diode von Fleming, Baujahr 1904

Nach vielen Versuchen findet Fleming eine ideale Übereinstimmung von Vakuum, Heizstrom und Kathodenmaterial, die einen sensiblen Detektor ergibt. Am 25.1.08 meldet er - mit Vervollständigung am 15.4.09 - ein weiteres Patent an. Ein US-Patent beantragt er am 2.1.09 und erhält es am 12.4.10 mit der Nr. 954619.

1903 studiert **Wehnelt** die Wirkung von Barium- und Kalziumoxyd auf Platindraht zur Emission von Ionen und veröffentlicht darüber eine Arbeit.

Am 15.1.04 beantragt er für seine Anordnung zur Gleichrichtung von Ein- und Dreiphasenstrom ein Patent. **Cooper-Hewitt** hat - wie erwähnt - bereits 1902 einen Röhrengleichrichter patentieren lassen. 1906 publiziert **Wehnelt** in den **Annalen der Physik** Nr. 19 erstmals, dass seine Anordnung HF-tauglich sei, wobei er sich auf **Fleming** bezieht. **Wehnelt** meint, **Fleming** sei vielleicht durch seine Arbeiten auf den HF-Detektor gestossen - zudem sei es selbstverständlich, dass **Wehnelts** Modell von 1904 HF-tauglich sei. Weiss **Wehnelt** wirklich nicht, wie lange **Fleming** am Edison-Effekt gearbeitet und was er darüber veröffentlicht hat? Zu jener Zeit funktioniert kein thermischer Gleichrichter für HF und **Wehnelt** hat diesen Anspruch vorher nie erhoben. Es ergeht ihm also gleich wie 1883 **Edison**, der lediglich eine Stromrichtungsanzeige patentiert und die neue Anwendung nicht erkennt oder wie 1896 **Fleming**. Auch frühe Empfangsversuche mit (vorgespannten) Fotozellen als Detektor finden an verschiedenen Orten statt.

Audion und HF-Verstärkerröhre

Während der Arbeit an einem besseren Detektor (**responder**) - zusammen mit Edwin H. **Smythe** in der **WECO** - fällt Lee **de Forest** im Jahre 1900 auf, dass das Gaslicht schwächer wird, sobald er mit der Induktionsspule arbeitet. Er verlässt die **WECO** und beginnt 1903 die Zusammenhänge zwischen hochfrequenten Wechselströmen und Flammen zu studieren. Zudem arbeitet **de Forest** bei der Zeitschrift **Western Electrician** mit. Er erhält 1905 drei US-Patente (Nr. 867876, 867877 und 867878) über "**a self restoring constantly receptive oscillation responsive device comprising in its construction a sensitive gaseous medium.**" Er verwendet Bunsenbrenner und Glaskolben mit verschiedenen Kathoden und Elektroden. Es ist nicht bekannt, ob eine dieser Einrichtungen funktionierte.

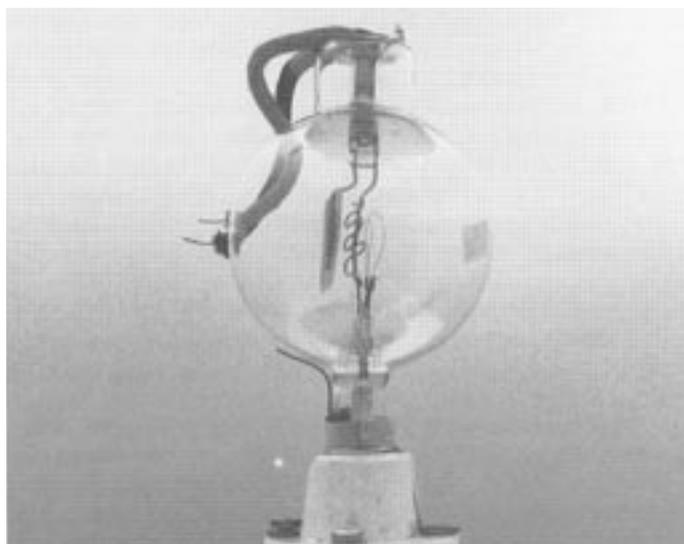


Bild 538 [Sammlung Radtke, Gütersloh]
Replica des «single wing audion» von de Forest

In der zweiten Hälfte des Jahres 1905 lässt er der Glasbläserei **H.W. McCandless & Company** ein Muster der Fleming-Diode übergeben, um Duplikate anzufertigen. Später lässt er weitere Elektroden anbringen. Am 9.12.05 meldet er seine **static valve** zum Patent an. Das Patent Nr. 823402 erteilt man ihm am 12.6.06. Es sieht sowohl Bunsenbrenner als auch die Diode von **Fleming** vor und erwähnt dessen Arbeit vom 16.3.05. Am

18.1.06 und 19.5.06 lässt er Dioden mit Heizungs- und Anodenbatterie (**B-battery**) patentieren und erhält am 13.11.06 das US-Patent Nr. 836070 für sein **Oscillation responsive device**. Am 26.10.06 stellt er seine Einrichtung unter dem Titel **«The Audion: A New Receiver for Wireless Telegraphy»** auf der Konferenz der **AIEE** vor. Es handelt sich um sein **Two electrode Audion**. Den Namen **Audion** erhält die Einrichtung durch seinen Assistenten C.D. **Babcock** [237]. Lateinisch heisst **audi(o)** Ton, hörbar etc. Als Kathode verwendet **de Forest** Platin, Tantal oder Kohle. Am 12.11.06 erwähnt er bei einer Diskussion in Philadelphia, dass Wolfram oder ein Oxyd bessere Resultate ergeben könnten. Auf die Frage nach der genauen physikalischen Funktion seiner Anordnungen weiss **de Forest** keine Antwort, doch meint er, dass die Funktion bei zu hohem Vakuum ausfällt. Er kann nur ein Gerät an die **US Naval Radio Station**, Key West, Florida, verkaufen. Heute weiss man, dass Flemings Diode am unteren Knick und die Schaltung von **de Forest** am linearen Teil der Kennlinie arbeitet (Erklärung siehe unter «Richtverstärker»). Am 25.10.06 meldet **de Forest** unter dem Titel **«Device for amplifying feeble electrical currents»** eine Röhre zum Patent an, in der er erstmals drei Elektroden mit den dazugehörigen Stromkreisen verwendet. Die Erteilung erfolgt am 15.1.07 unter Nr. 841387 und in Deutschland am 23.1.08. Bereits am 25.11.06 bestellt er bei **McCandless** Röhren, die ein Gitter zwischen Anode und Kathode aufweisen. Das Wort **Gitter** (engl. **grid**, franz. **grille**) verwendet er wegen der Form des «Steuerdrahtes». «SSNO» **De Forest** steckt in tiefen finanziellen Problemen. Als Vizepräsident der **American De Forest Wireless Telegraph Company** muss er zurücktreten. Erst am 31.12.06 kann er zusammen mit einem jungen Mitarbeiter (John V.L. **Hogan**, Student) sein neues Audion testen. Die Resultate sind so überzeugend, dass er am 29.1.07 ein neues Patent anmeldet. Er erhält es am 18.2.08 mit der Nr. 879532. Am 14.3.07 stellt **de Forest** seine neue Erfindung am **Brooklyn Institute of Arts and Sciences** vor und gründet daraufhin die **De Forest Radio Telephone Company** mit der Tochterfirma **The Radio Telephone Company** in New York. Anlässlich der Kreuzfahrt der US-Flotte von 1907-08 um die Welt befinden sich bereits mehr als 20 «Audion-Detektoren» im Einsatz! Die Audione ab 1908 weisen z.T. doppelte Heizfäden auf. Die Fäden sind alternativ nutzbar. Gleichzeitig geht **de Forest** von der länglichen Röhrenform zur einfacher herzustellenden runden über. Zur Leistungssteigerung kommen im Jahr darauf in einem **Audion-Typ** je zwei Gitter und Anoden zum Einsatz, die auf beiden Seiten der Heizung liegen. Die besonders gut funktionierenden Röhren erhalten ein «X» als Kennzeichen, die übrigen ein «S». Im September 1909 bietet **de Forest** den ersten Röhrenempfänger für den Privatgebrauch im **Modern Electrics** unter der Bezeichnung **RJ4** (RJ-4) an. Die Einstellung des Anodenstroms auf besonders sensitive Werte bereitet Schwierigkeiten, da die Gittervorspannung nicht zu verändern ist. Am 3.9.11 meldet der Mitarbeiter von **Telefunken**, Otto **von Bronk**, die Triode als **HF-Verstärker** zum Patent an, das er als DRP 271059 erhält. **De Forest** hat diesen Anspruch nicht erkannt und nutzt seine Röhre erst 1912 für reine Verstärkungszwecke. Nachdem **Lenard** 1898/99 eine Anordnung mit drei Gittern zur Messung der Elektronenlaufzeit verwendet [Annalen der Physik], baut 1908 Otto **von Bayer** an der **Universität Berlin** eine Einrichtung, um die Ionisation von Kathodenstrahlen zu messen. Sie besteht aus einem Glasrohr mit geheizter Kathode, die ein gitterartiger und wiederum von einem Metallzylinder umschlossener Zylinder umfasst. Am «Gitter» liegt eine positive Spannung. Um die positiven Ionen zu sammeln, die der Elektronenstrahl von Kathode zu Gitter produziert, legt **von Bayer** eine negative Spannung an den äusseren Zylinder. Mit einer umgekehrten Anordnung hätte er

wohl eine Verstärkerröhre erhalten. Seine Arbeit «Über langsame Kathodenstrahlen» veröffentlicht er in den **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft**, Berlin und 1909 gekürzt in der **Physikalischen Zeitschrift** (Nr. 5).

NF-Verstärkerröhre

Von Lieben eröffnet 1903 - nach praktischer Arbeit in den **Siemens-Schuckert-Werken**, Nürnberg, und physikalischen und chemischen Versuchen an der **Universität Göttingen** unter Walter H. **Nernst** - ein eigenes Laboratorium im Hause seiner Eltern in Wien. Sein Vater kauft für ihn eine Telefonfabrik in Olmütz (heute Tschechoslowakei). Dort lernt **von Lieben** Eugen **Reisz** und Siegmund **Strauss** kennen. Er verkauft später seine Firma an die **Telefonfabrik J. Berliner**, aber **Reisz/Strauss** bleiben als Mitarbeiter im Laboratorium. 1905 vollzieht **von Lieben** die Versuche Wehnelts mit oxydbestrichenen Kathoden nach. Er möchte mit der Braun-Wehnelt-Röhre einen Telefonverstärker bauen. Am 4.3.06 meldet er ein Patent an, das er als DRP 179807 am 19.11.06 erhält: Er lenkt (theoretisch) einen mittels konkav geformter Kathode erzeugten Elektronenstrahl magnetisch auf zwei verschiedene Anoden ab.

Eine ähnliche Vorrichtung melden Max **Dieckmann** und Gustav **Glage**, Strassburg, am 10.10.06 an, wobei sie sich auf die Arbeit von Liebens beziehen. Die beiden verwenden eine gerade Kathode und eine Lochmaske, um einen möglichst scharfen Kathodenstrahl zu erhalten. Diesen beeinflussen sie (theoretisch) mit im rechten Winkel liegenden Magneten so, dass sich eine kontinuierliche Änderung des Stromes erzielen lässt. Ob eine der beiden Anordnungen funktionierte, ist nicht bekannt, doch weist letztere grundsätzlich bereits alle Elemente einer **Fernsehröhre** auf. Die weiteren Erkenntnisse der Experimentatoren **Lieben-Reisz-Strauss** führen zur Patentanmeldung vom 4.9.10 und Erteilung des DRP 236716 für eine elektrostatische Ablenkung des Elektronenstrahls. Wegen der Schwierigkeiten, eine konkav geformte Kathode zu konstruieren, und wegen des unregelmässigen Glühens des Oxyds funktioniert die 1906 patentierte Konstruktion nicht. Auch ionisiert das Restgas, so dass «das blaue Leuchten» eintritt. Die Versuchsanordnung zum DRP 236716 lehnt sich an die von **Dieckmann** und **Glage** an, doch **Reisz** schlägt vor, ein Drahtgitter über der Lochscheibe anzubringen. **Strauss** erkennt, dass er die besten Resultate erhält, wenn er das Gitter über einen hohen Widerstand mit der Anode verbindet. Beides führt zur Patentanmeldung vom 20.12.10. Aus dieser Anmeldung - unter Erwähnung der Arbeit von **de Forest** - resultiert am 12.7.12 das DRP 249142. **Goebel** schreibt 1950 in [290] dazu: **«1910 führten auch v. Lieben und Mitarbeiter eine siebartige Steuerelektrode zwischen Kathode und Anode ein, und zwar ohne Kenntnis der sehr ähnlichen Anordnung beim Audion, das erst 1912 in Europa bekannt wurde!»** In der Patenturkunde steht jedoch wörtlich zu lesen:

«Eine weitere Methode wurde von de Forest vorgeschlagen, welcher in der Entladungsröhre eine von der Gleichstromquelle durch einen Kondensator isolierte Hilfselektrode anordnete, die gitter- oder siebförmig ausgebildet war. Die zu verstärkenden Ströme wurden dabei über die Kathode und die erwähnte Elektrode geleitet; die diesen Strömen annähernd proportionale Ionisierung im Entladungsrohr bewirkte entsprechende Stromschwankungen in den von der Anode zur Kathode gehenden Strömen.

Eine derartige Anordnung hat den offenbaren Nachteil, dass infolge der Ventilwirkung der glühenden Kathode nur Halbwellen zwischen der Kathode und den andern Elektroden übergehen können, weshalb es unmöglich ist, Wechselströme gleicher Frequenz und Kurvenform wie die zu

verstärkenden Ströme zu entnehmen...»! Das Team arbeitet von nun an mit dem Gitter von **de Forest** statt mit der Beugung eines Elektronenstrahls. De Forest's Prinzip wird als Verstärker eingesetzt, denn er hat diesen Anspruch im Patent nicht erhoben. Zudem kann **de Forest** gemäss [290] 1908 die Gebühren für seine deutschen Patente nicht bezahlen und schreibt ironisch an seinen Patentanwalt: **«Hier ist ein grosses Geschenk eines Erfinders an das deutsche Reich»**. Mit der Patentanmeldung vom 13.7.11 (später als DRP 254588 erteilt) als Zusatzpatent zum DRP 236716 kommt die Füllung mit Quecksilberdampf zur Anwendung. 1911 erhält das Team ein französisches Patent für die Benutzung der Triode in transformatorischer Kopplung [241]. Gemäss [149] hat **Gaede** bereits 1906 mit einer Quecksilberdampfampe und eingebautem Steuergitter mittels Rückkopplung selbsterregte Schwingungen erhalten.

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»
(Ernst Erb)

Wir haben die Seitennummerierung so eingesetzt, dass sie dem Buch entspricht. Damit können sich Leerstellen (zu Beginn oder am Ende) ergeben.

Sie sind eingeladen, Fehler in diesem Buch zu melden oder den fachartikeln Zusätze in Ihrem Namen anzufügen. Dazu können wir Ihnen die Schreibrechte einstellen. Fehlerkorrekturen möchten wir in einem günstigen Arbeitsbuch mit einfliessen lassen, sobald die jetzige Form (3.Auflage) ausverkauft ist. Zusatzartikel verbleiben aber hier, da wir die Seiteneinteilung grundsätzlich auch im neuen Buch einhalten wollen.

Benutzen Sie das Feldstecher-Symbol, um Suchbegriffe sofort zu finden.

Kritiken über das Buch finden Sie über www.amazon.de. Bestellen können Sie es direkt bei der Verlagsauslieferung, die täglich per Post gegen Rechnung Bücher ausliefert: HEROLD-Oberhaching@t-online.de oder HEROLD@heroldva.de. Da ist auch der Radiokatalog Band 1 zu haben.

Copyright Ernst Erb

www.radiomuseum.org