

Radorörets 25 första år - och det fjärdedels årtusende som gått dessförinnan.

Vi återger här O. Norgaards kompendium från föreläsningen vid Radiomuseet den 8 september. Av utrymmes-skäl har vi nödgats utelämna några tabeller och illustrationer.

Historisk resumé

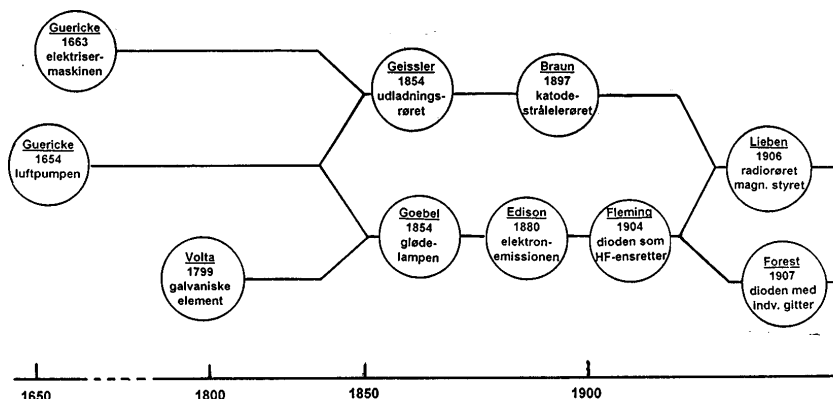
I den europeiska elektroteknikens historia finns två skilda vägar, som sammanlöper först vid sekelskiftet 1900.

Den **ena** vägen börjar med elektricitetsmaskinen, uppfunnen av Otto Guericke år 1663, och den karaktäriseras av små strömmar och höga spänningar. Typiskt är 0,1 mA och 10.000V. Försök att använda dessa höga spänningar till telegrafi misslyckades på grund av isolationsproblem. Vidare utveckling på denna väg skedde via urladdningsrör.

Den **andra** vägen började med den på kemisk väg, med användning av flera slags metaller, frambragd elektricitet, som karaktäriseras av låga spänningar på omkring 1 V, men med strömmar från mA-området upp till A-området. Här var i synnerhet **Galvani** år 1786 och **Volta** år 1799 aktiva. Denna väg förde senare fram till galvanisering, till telegrafi, telefoni och drift av små glödlampor. För forskningen betydde uppställningen av metallernas elektrokemiska spänningsserie ett stort steg framåt. Likaledes kunde nu sambandet mellan elektrisk ström och magnetism, med **Örsted**s och **Ampères** arbeten 1820 fastställas. Med spänningssälar till hands och möjligheten att mäta strömmar, kunde Georg Simon **Ohm** fastställa sin grundläggande lag år 1827.



Otto von Guericke (1602-86),
adlad 1666. Uppfann luftpumpen 1660
och elektricitetsmaskinen 1663.



Tidsmässig översikt över de uppfinningar och utvecklingar som var förutsättningen för radoröret. En högsäpningssmässig väg leder tillsammans med utvecklingen av luftpumpen till Geisslerörret. Voltas lågsäpningselement leder tillsammans med det lufttomma rummet fram till Goebels glödlampa. Geisslerörret och glödlampans utvecklas och leder samman till Liebens radorör.

Dessa två vägar ledde fram till utvecklingen av katodstråleröret, uppfunnet av Ferdinand Braun 1897, som arbetade med en med låg spänning uppvärmd katod och en anod, som påtryckes en hög spänning. Styrningen gjordes i början magnetiskt, senare också elektrostatiskt.



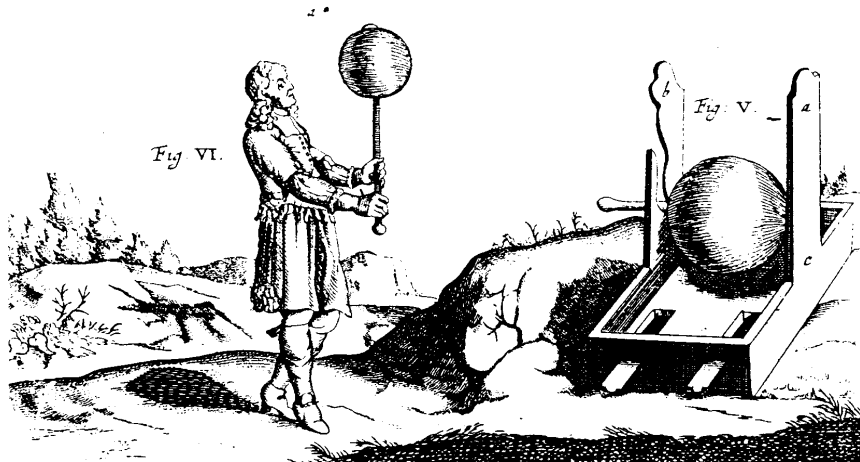
Otto von Guericke's magdeburgska halvklot. Foto: Deutsches Museum

En förutsättning för att elektronrör skall fungera, är att de är lufttomma. Den första luftpumpen framställdes på 1650-talet av Guericke. Parallellt med de två nämnda vägarna - den högspänningsmässiga och den lågspänningsmässiga - förbättrades luftpumpen, vilket fick betydelse för båda dessa utvecklingslinjer.

I nästan lufttomma glasrör med ingjutna elektroder, som påläggdes höga spänningar, kunde man iakttaga ljusfenomen. Geissler var särskilt verksam på detta område. Hans så kallade urladdningsrör (1854) fick en mycket stor betydelse för vidare forskning inom elektronik, kemi och speciellt fysik med den spektralanalys som blev resultatet av dessa experiment. Man fann att den ledning som uppträdde inne i urladdningsröret kunde härledas till laddade partiklar. Dessa kunde tilldragas eller fränstötas av en uppladdad elektrod. Då partiklarna var i rörelse kunde man dessutom påverka dess rörelseriktning på magnetisk väg.

Också vid drift av glödlampor, uppfunna 1854 av Heinrich Goebel, var det från början - 1850-talet - nödvändigt att ha glödråden i ett lufttomt rum, då den annars skulle brinna upp i luftens syre.

Under **Edisons** fortsatta experiment med glödlampor 1883, fann han, att det kunde gå en elektrisk ström i den lufttomma glaskolven från den varma glödråden till en metallplatta, som han (för ett annat ändamål) hade gjutit in i glaskolven. Strömmen kunde bara gå som en elektronström från glödråden mot plattan, då den hade en positiv spänning i förhållande till glödråden - och endast då glödråden var varm. Elektronström kunde inte gå i motsatt riktning.

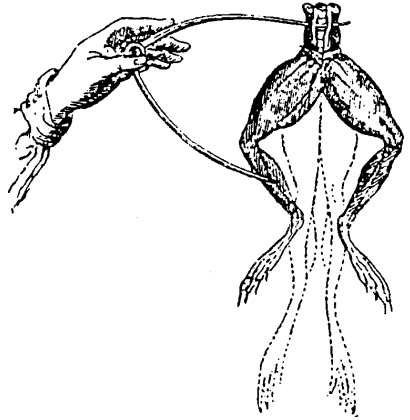


Teckning av Otto von Guericke's elektricitetsmaskin från 1663: en svavelkula, som hastigt vrides runt. I uppladdat tillstånd kan den hålla en fjäder svävande över sig.

De första elektronrören var alltså enbart dioder med glödtråd och anod. De användes till en början för likriktning till ackumulatorladdning, men efterhand utnyttjades de att likrikta högfrekventa signaler från radiosändare. Den användningen tillskrives engelsmannen **John Fleming**. Det var då inte tal om någon förstärkning.

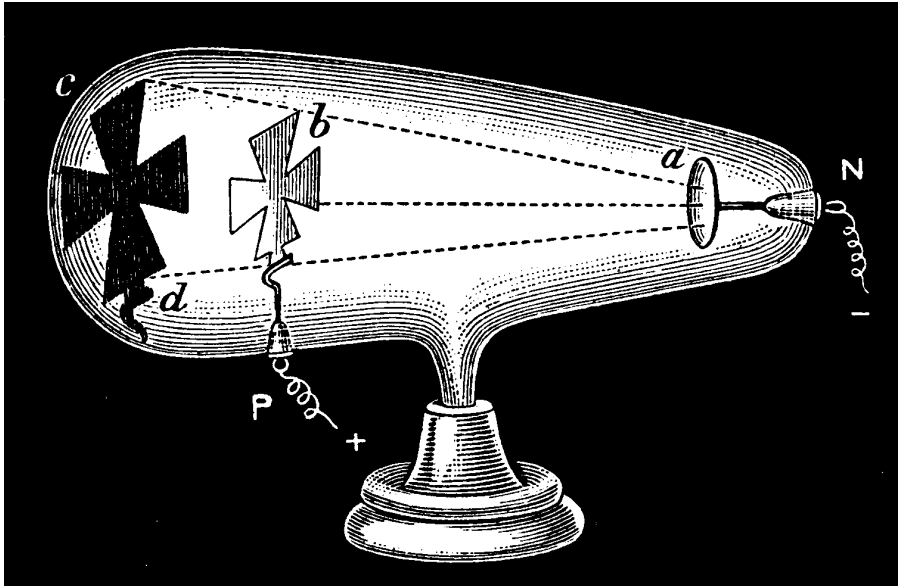
Genombrottet skedde med **von Liebens** konstruktion från 1906, som var baserat på en magnetiskt avböjd katodstråle från en glödkatod. Den konstanta elektronströmmen blev proportionellt med den magnetiska intensiteten fördelad mellan två anoder, som pålagts hög spänning. Härmed kunde man för första gången frambringe en förstärkt, oförvrängd signal. Dessa rör användes i början i telefonförstärkare.

I USA förbättrade **de Forest** konstruktionen till att omfatta ett galler mellan katod och anod i mening att förbättra rörets användning som detektor för högfrekventa signaler. Lieben utnyttjade galleret till att **styra** elektronströmmens **styrka**. Denna princip är i allt väsentligt bibehållen i senare konstruktioner. År 1913 fann **Meissner** på att återkoppla signalen från anoden till galleret och hade därmed konstruerat oscillatören, som kunde framställa högfrekventa signaler.



Luigi Galvanis (1737-98) försök med ett grodlår, som reagerade på beröring av två förbundna, olika metaller. Försöket blev riktigt tolkat av Volta.

William Crookes (1832-1919) experimenterade med geisslerör och fann 1879 katodstrålarna, som löpte linjärt i det utpumpade röret, då mycket höga spänningar lades mellan elektroderna. Karl Ferdinand Braun (1850-1918) försåg glasrörets ändyta med ett fosforiserande ämne och avböjde strålen. Därmed var katodstråleröret skapat.





$$v = \frac{i}{\frac{1}{r} + \alpha x} \quad \text{mult. med } r$$

$$i \cdot v = i^2 r = \frac{i^2}{1 + \alpha i x} \quad \text{v. 1}$$

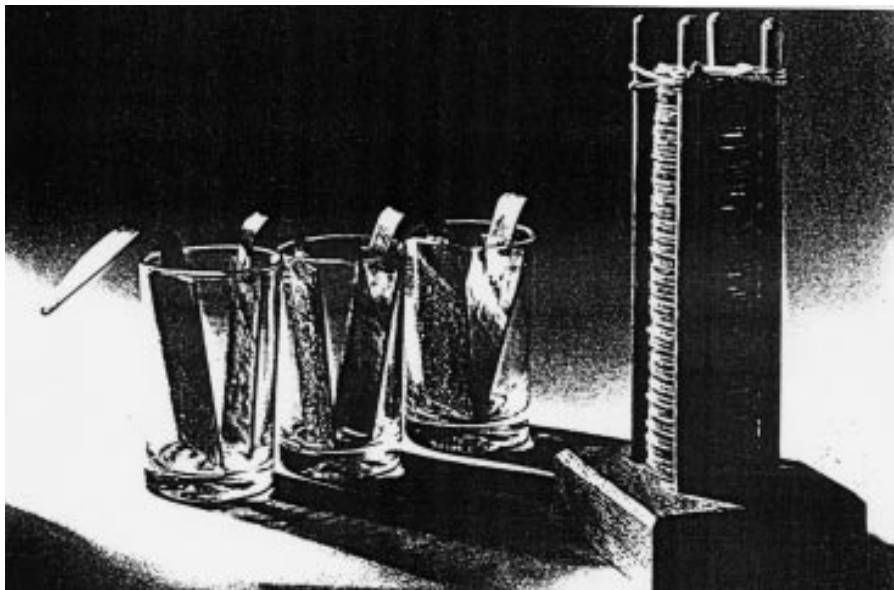
$$x = \frac{a}{b + \alpha x} \quad x^0 = \frac{a}{b}$$

*noten auf die Ohm'sche Formel keine Rücksicht genommen
sondern in
(b+x) x mit Hilfe einer kleinen Größe p. (p. 10)
und mit der unten angegebenen Methode gemacht
ist.*

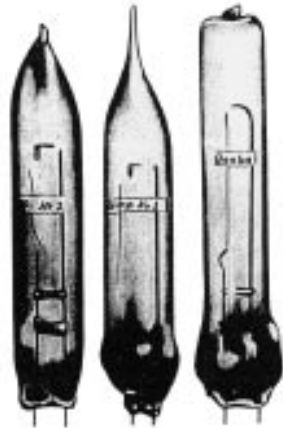
Georg Simon Ohm (1787-1854) fann genom experiment med olika ledare sammanhangen mellan ström, spänning och motstånd och uttryckte dem i sin berömda, grundläggande lag. Ovanstående är ett avsnitt ur hans protokoll. Foto: Deutsches Museum.

Första världskriget gav radiorörens utveckling ett väldigt kliv framåt. Naturligt nog skedde utvecklingen företrädesvis i England, Frankrike, Tyskland och USA. I forskningslaboratorier blev den nya komponent som förstärkarröret var, noggrant studerad och egenskaperna och deras sammanhang undersökta och beskrivna. En utvecklad förstärkarterori skapades och den var klar att tillämpas i halvledartekniken, då transistorerna kom i marknaden på 1950-talet.

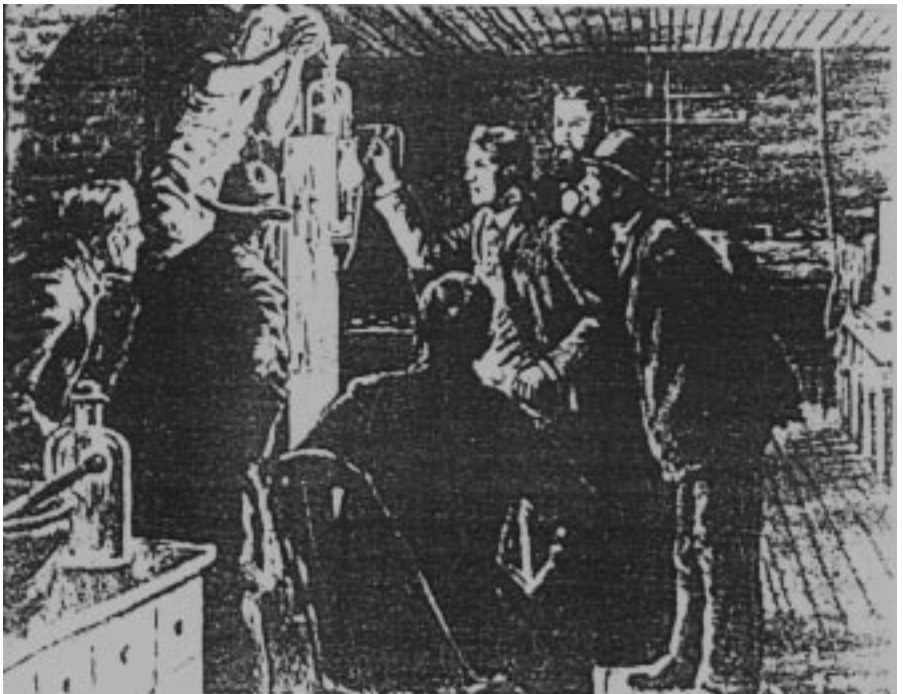
En väsentlig forskningsinsats ägnades åt konstruktionen av katoden, varifrån elektronerna utgår. Den ursprungliga glödråden, så som vi känner den från glödlampan, blev ersatt av en tråd med ett påfört lager av vissa metalloxider, som uppvisade särskilt stor emissionsförmåga. Därmed kunde glödrådens temperatur sänkas, varvid rörens funktionstid blev väsentligt längre. Dessutom skildes den elektriska krets som höll katoden varm, från elektronströmskretsen inne i röret. Glödråden omgavs av ett isolerande material och en metalcylander utanpå denna försågs med en metalloxidbeläggning.



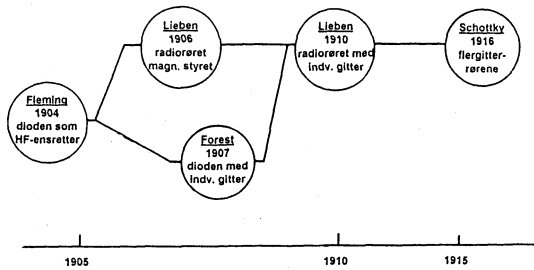
Tre seriekopplade våta element och en voltastapel - Växelvisa lager av två metaller och ett stycke saltmättat paper eller tyg. Varje element eller lager gav omkring en volt.



Heinrich Goebel (1818-93) uppfann 1854 glödlampa. Ursprungligen använde han utpumpade parfymflaskor, senare specialframställda glaströr. Han konstruerade en 75 W lampa med glödråd av bambustavar och med en ljusstyrka av 70 lumen och en livslängd av 400 timmar. Han blev senare assistent hos Edison, som tog patent på glödlampa 1879.



En scen från Edisons laboratorium. Man experimenterar med en glödlampa. Den starkt belysta personen är antagligen i färd med att hålla kvicksilver i en kvicksilverpump.



Tidslinjen efter det att radioreör uppfunnits 1906. Fleming använde Edisons upptäckt av likriktningsverkan till att likrikta högfrekvenssignaler. von Lieben använde en yttre magnetisk styrning av elektronströmmen och uppfann därigenom radioreör med förstärkande egenskaper. de Forest satte ett galler i Flemings diod och förbättrade diodverkan med hjälp av en gas i glaskolven. Senare införde von Lieben galleret inne i kolven och därmed uppstod den slutliga utformningen av röret. Walter Schottky införde flera galler mellan styrgalleret och anoden och förbättrade därmed rörets egenskaper och ökade därmed dess användningsområde kraftigt.

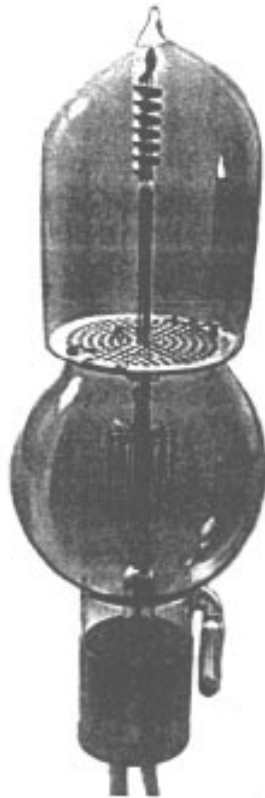
Då elektroindustrin fick stora order, blev det nödvändigt att systematisera data, normera driftbetingelser och ge beskrivande namn på dessa nya produkter. På detta område blev Centraleuropa klart ledande. Särskilt rörens glödspänning eller glödström blev standardiserad.

En av de nyupptäckta triodernas mindre goda egenskaper var avhängigheten av anodspänningen, som vid kraftig utstyrning varierar mycket. Detta var anledningen till införandet av ytterligare ett galler, mellan det egentliga styrgalleret och anoden - av Walter **Schottky** år 1915. Härvid uppstod tetroden, som hade bättre egenskaper, i synnerhet som slutrör. Genom att införa ännu ett galler mellan skärmgalleret och anoden, uppstod pentoden, som hade ännu bättre egenskaper. Härigenom fick man möjlighet att använda radioreör som blandarrör, vilket ledde vidare till rör med upp till sex galler (oktoder). Med en speciell placering av skärmgalleret i förhållande till styrgalleret kunde man uppnå egenskaper hos tetroden, som påminde om pentodens.

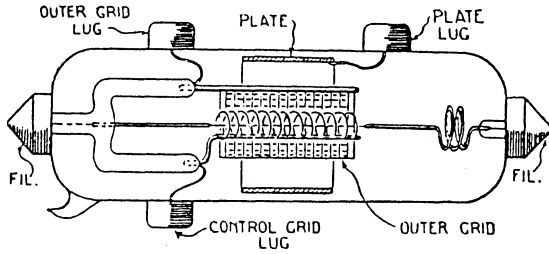
År 1926 togs metoden att bygga in flera rörsystem i samma glaskolv i bruk (Loewe-rör) - ett tidigt exempel på en integrerad krets, i och med att även motstånd och kondensatorer (ingjutna i glaströr) byggdes in i den gemensamma glaskolven. Senare kom rör med stålcolv. Rör med flera elektrodsystem, utan andra inbyggda komponenter förekom normalt.

Till andra elektroniska uppgifter i mottagare, sändare och förstärkare utvecklades andra rörliknande komponenter såsom stabiliseringsrör för konstanthållning av spänningar och järn-vättemotstånd för konstanthållning av strömmar.

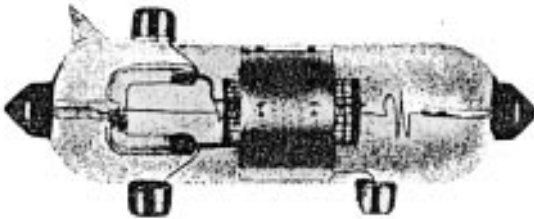
Katodstråleröret glömdes inte. Det kom till användning i stort utförande i televisionsmottagare, oscilloscope och radaranläggningar - och i miniformat som avstämningsindikator.



Ett Liebenrör från 1912. Foto: AEG



F.E.1 är en engelsk tetrod från 1920, framställd av Marconi Company. Den har glödtråden uppspänd såsom i en spollampa och elektroderna uttagna till metallknappar. Glödspänningen är 4,5 V och glödströmmen 1,5 A. Anodspänningen är 24-100 V.



Till rörfamiljen kan man också räkna glimrör i olika utföranden, exempelvis i form av räknarrör, som har många elektroder, överspänningsskyddsror, Geiger-Müller-rör, röntgenrör, magnetroner, bildförstärkarrör, klystroner och glimlampor.

ECC85 är ett radiorör från 1955. Som framgår av beteckningen, har det 6,3 V glödspänning och två trioder. Av övriga data kan nämnas: Glödström 435 mA, anodspänning 250 V, anodström 10 mA, branthet 5,9 mA/V, förstärkningsfaktor 57.



(Illustrationer utan källangivelse är hämtade ur kataloger, firmabroschyrer etc.)

Personregister

Ampère, André-Marie (1775-1836), fransk fysiker. Utvecklade teorin för magnetism och grundlade elektrodynamiken.

Braun, Karl Ferdinand (1850-1918), tysk fysiker. Sysslade med elektrisk energi i galvaniska element. Uppfann katodstråleröret 1897. Införde kristalldetektorn och ramantennen. Fick Nobelpriset 1909.

Edison, Thomas Alva (1847-1931), amerikansk tekniker och uppfinnare. Uppfann bl.a. kolkorns-mikrofonen och fonografen 1877. Förbättrade glödlampan 1897 (uppfunnen 1854 av Goebel). Upptäckte 1880 emissionen från den varma glödtråden i en glödlampa och uppfann därmed dioden.

Fleming, John Ambrose (1850-1945), engelsk ingenjör. Använde dioden 1904 till likriktning av högfrekventa signaler.

Forest, Lee de (1873-1961), amerikansk uppfinnare. Ersatte 1907 Liebens yttre magnetiska styrgaller i trioden med ett elektroniskt invändigt galler för att förbättra Flemings diod. Uppnådde inte förstärkning.

Galvani, Luigi (1737-98), italiensk läkare. Upptäckte galvaniskt bildad elektricitet, då två olika, förbundna metalltrådar rörde vid friska urtagna grodmuskler. Hans förklaring till fenomenet var dock felaktig.

Geissler, Heinrich (1814-79), tysk instrumentmakare. Skapade tillsammans med Julius Plücker det elektriska urladdningsröret, geissler-röret. Med detta studerade han och andra elektriska strömmar i gaser under lågt tryck, vilket ledde fram till spektralanalysen.

Goebel, Heinrich (1818-93), tysk urmakare och optiker. Uppfann 1854 glödlampan och använde den i sitt företag i New York. Anställdes som assistent hos Edison, som 1879 vidareutvecklade lampan.

Guericke, Otto von (1602-86), tysk ingenjör, fysiker, officer och borgmästare i Magdeburg. Demonstrerade 1654 sin luftpump för riksdagen i Regensburg och 1657 de magdeburgska halvkloten, som lufttomma inte kunde slitas isär av många hästar då de var lufttomma, men lätt delades då luft släpptes in i dem. Uppfann 1663 elektricitetsmaskinen.

Lieben, Robert von (1878-1913), österrikisk kemist och fysiker. Inrättade efter sina studier i Göttingen ett laboratorium i Wien. Han konstruerade år 1906 ett gasfyllt katodstrålerör med två anoder, mellan vilka han lät anodströmmen fördelas genom att styra den med ett magnetiskt fält. Därmed hade man världens första analoga elektroniska förstärkare av växelström. Den fick först användning till talsignalerna i telefon-system. Hans patent gällde från 4 mars 1906. Han konstruerade senare ett förstärkarrör med elektronisk styrning via ett galler inne i röret i likhet med de Forests audion.

Meissner, Alexander (1883-1958), österrikisk fysiker, uppfann återkopplingen, där en del av rörets utgångssignal fasrätt tillföres ingången och därmed genererades en kontinuerlig svängning.

Ohm, Georg Simon (1789-1854), tysk fysiker. Upptäckte sammanhangen mellan elektrisk spänning, ström och motstånd - Ohms lag.

Schottky, Walter (1886-1976), tysk fysiker, införde 1916 skärmgallret mellan styrgallret och anoden, varvid tetroden skapades.

Volta, Alessandro (1745-1827), italiensk fysiker. Bekräftade grundlagen för Galvanis iakttagelser och konstruerade 1799 det första galvaniska elementet. År 1801 demonstrerade han seriekopplade element.

Ørsted, Hans Christian (1777-1836), dansk fysiker, upptäckte år 1820 sambandet mellan elektricitet och magnetism.



RV12P2000