

Die EF50-Story, Teil 1

Der lange Weg zur Allglasröhre

Autor:
 Ronald Dekker
 NL-5553BC Valkenswaard
 Ronald@dos4ever.com

Die Einführung der Allglastechnik war ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Entwicklung von preisgünstigen Röhren, die für höhere Frequenzen geeignet sind. Der Autor hat im Philips-Archiv recherchiert und interessante Dokumente aus den 1930er- und 1940er-Jahren auswerten können. Insbesondere die Röhre EF50 (die „Großmutter“ der EF80) spielte in dem Zusammenhang eine wichtige Rolle.

Die erste dem Autor vorliegende Philips-Veröffentlichung zum Thema Allglasröhren ist ein Beitrag von MAX J. O. STRUTT, der bei der Röhren-Entwicklungsgruppe bei Philips Research arbeitete, in einem Tagungsband [1]. Seine Präsentation fand auf der ersten „Internationalen Fernsehkonferenz, Zürich“ vom 19. bis 21. September 1938 statt. Der Beitrag diskutiert verschiedene Aspekte der Geradeaus-TV-Empfänger. Um den neuesten Entwicklungsstand in der Konstruktion und Produktion von Hochleistungs-Radoröhren zu veranschaulichen, veröffentlichte STRUTT in seiner Präsentation ein paar Fotos der seinerzeit neuen Allglasröhren von Philips, hier der Typ EE50, eine Sekundäremissionsröhre, (Bild 7 A1 und A2) und zum Vergleich ein Foto einer Telefonen-Stahlröhre. In der Danksagung am Ende seines Beitrages (Bild 1) erwähnt STRUTT ausdrücklich die Personen, die an der Entwicklung dieser neuen Röhren beteiligt waren, nämlich G. ALMA, JOHANNES L. H. JONKER und FRITS PRAKKE.

Zuleitungen zu den Elektroden verkürzen

Ein paar Monate später veröffentlichte JONKER einen internen technischen Bericht („Philips Research Technical

Johannes L. H. Jonker, Mitte der 1930er-Jahre Leiter des Röhren-Entwicklungslabors bei Philips.



Note“) mit dem Titel „Die neuen Radoröhren-Konstruktionen“ [2]. JONKERS Rolle bei der Entwicklung der Allglasröhren wurde außerdem von THEODOOR PHILIBERT (THEO) TROMP bestätigt, zu diesem Zeitpunkt Leiter der Röhren-Produktion und -Entwicklung bei Philips. In einem Brief vom 16. Januar 1979 schreibt TROMP [3]:

„Die Fakten sind folgende: Prof. Dr. Jonker (Mitte der dreißiger Jahre Leiter des Röhren-Entwicklungslabors) ist der Urheber der EF50, und die Arbeiten daran begannen bereits etwa 1934/1935. Dieser Typ wurde tatsächlich im Hinblick auf mögliche Anwendung für das Fernsehen entwickelt.“

Im Mai 1939 erschien in der Zeitschrift „Wireless-Engineer“ ein Artikel mit dem Titel „A New All-Glass Valve Construction“ (Eine neue Allglasröhrenkonstruktion) [4]. Autoren des Artikels sind PRAKKE, JONKER und STRUTT. Aus der Tatsache, dass FRITS PRAKKE, der die Musterabteilung des Röhrenlabors leitete, als erster Autor genannt wurde, lässt sich vielleicht ableiten, dass in erster Linie bei ihm die Verantwortung für die Entwicklung des Glaskolbens lag. Aber auch TROMP, Leiter der Radoröhren-Produktion,

* Dieser Beitrag basiert auf den Informationen und Bildern von der Webseite des Autors <http://www.dos4ever.com/index.html>. Nachdruck in der

„Funkgeschichte“ erfolgt mit seiner freundlichen Genehmigung. Übersetzung und redaktionelle Bearbeitung: PETER VON BECHEN.

Bild 1. Erste Veröffentlichung mit einem Verweis auf die neuen Allglasröhren in der Entwicklung bei Philips [1]. In der Danksagung werden die an der Entwicklung beteiligten Personen genannt.

Hochfrequenz-, Misch- und Gleichrichterstufen von Fernsehempfängern

Von M. J. O. Strutt, Naturkundig Laboratorium der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven.

I. Aeusserer und innerer Störpegel, Eingangssignale, notwendige Verstärkungszahlen. R der Widerstand in Ohm und Bandbreite (bei Annahme einer r

Ich möchte an dieser Stelle den Herren Dr. K. S. Knol und Dr. A. van der Ziel herzlich für ihre wertvolle Mitarbeit bei den Messungen danken. Die Kurven der Abb. 18 hat Herr Ir. A. J. Heins van der Ven in dankenswerter Weise gemessen. Die Rauschersatzwiderstandszahlen der behandelten Röhren verdanken wir Messungen von Herrn Dr. C. J. Bakker. Bei der Entwicklung der erwähnten neuen Röhren waren die Herren Ir. G. Alma, Ir. J. L. H. Jonker und Dr. Ir. F. Prakke beteiligt.

neuen Röhren waren die Herren Ir. G. Alma, Ir. J. L. H. Jonker und Dr. Ir. F. Prakke beteiligt.



Maximilian Julius Otto Strutt (*1903, † 1992).



Bild 4. An diesen beiden Standorten fand die Entwicklung der Allglasröhre statt: Das Röhren- Entwicklungslabor auf dem Emmasingel (links) und die Glasfabrik auf der „Glaslaan“ (rechts), beide Standorte befinden sich in Eindhoven.

muss ebenfalls aktiv beteiligt gewesen sein, so jedenfalls schrieb er in einem Übersichtsartikel in der „Philips Technisch Tijdschrift“ vom November 1941 [5]. Schließlich gab es noch eine weitere Person, von der man sich nicht vorstellen kann, dass sie nicht auch beteiligt war, nämlich PIERRE LEMMENS. Er war als Experte für Glastechnologie verantwortlich für die Glas- und Röhren-Werkstatt bei Philips Research.

JONKERS technischer Bericht gibt eine gute Zusammenfassung der damals aktuellen Entwicklungen bei Röhren [2]. Der zweite Abschnitt des Dokuments zeigt kurz die ersten Schritte bei Philips in Richtung der Allglasröhre:

„Die Einführung der bekannten ‚Eichel-‘ oder ‚Knopf-‘ Röhren war für uns damals der Grund, eine alte Idee wiederzubeleben, nämlich zu versuchen, die Zuleitungslängen unserer alten Röhrenkonstruktionen (red.: Röhren in Quetschfußtechnik) zu verkürzen, denn sie erstreckten sich über mehr als die Hälfte der Gesamtlänge der Röhre.

Da wir ein normales System in dieser neuen Röhre unterbringen wollten, haben wir eine große Knopfröhre gebaut, die auf einen P-Sockel (CT8) passt. Der Gitteranschluss wurde durch den Pumpstutzen auf der Oberseite der Röhre geführt, auf den eine Metallkappe zementiert wurde.“

Die Eichel-Röhren (Acorn) wurden von RCA gegen Ende des Jahres 1934 [6] eingeführt. Sie besitzen kurze radiale Anschlussstifte und sind viel kleiner als die entsprechenden Octal-Typen. Aufgrund ihrer geringen parasitären Induktivitäten und Kapazitäten eignen sie sich für wesentlich höhere Frequenzen und erweiterten den Frequenzbereich der damit konstruierten hochempfindlichen Empfänger auf rund 500 MHz. Die Röhren wurden in zwei Teilen hergestellt und jeweils mit einem Flansch, auf dem die radialen Zuleitungen liegen, hermetisch dicht zusammengefügt. Für die Herstellung der Acorn-Röhren war hochqualifiziertes Personal erforderlich, um die Komponenten zu fertigen und jede Teileinheit einzeln vor dem

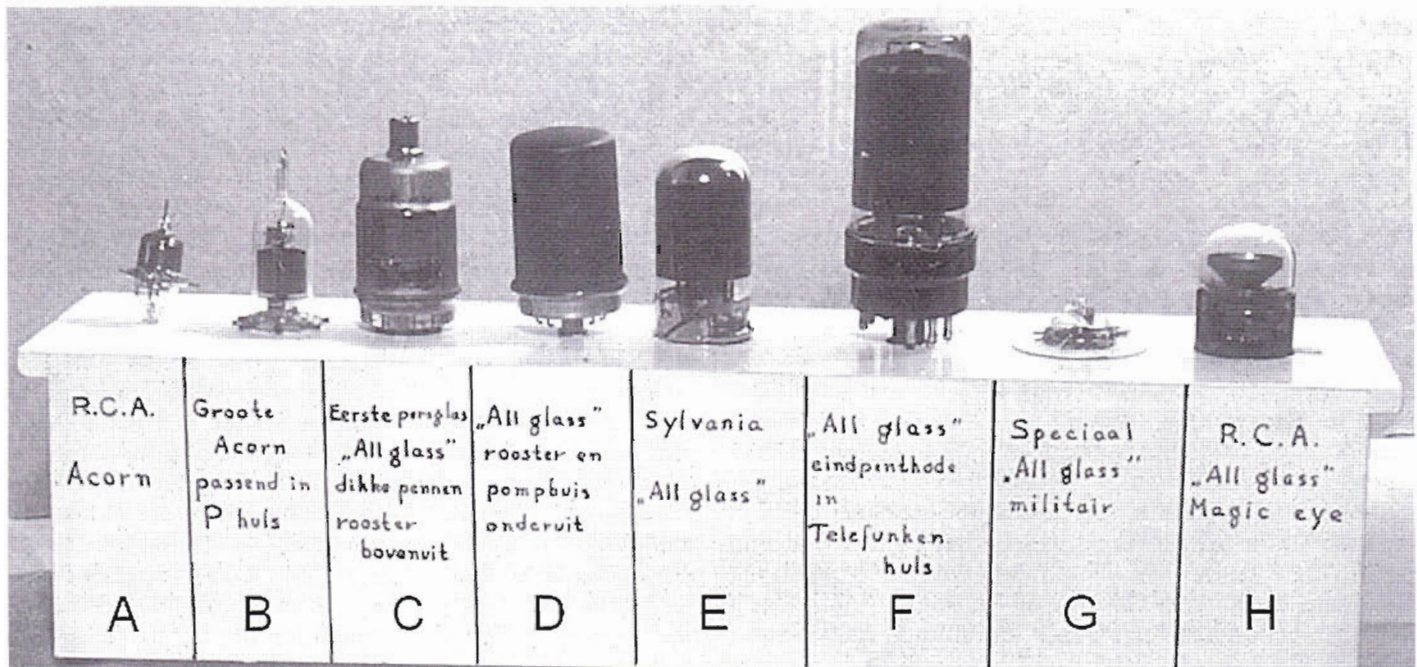


Bild 5. Ausschnitt aus einem Foto in der Technical Note von Jonker. Übersetzung des Textes: B. Große Eichel in P-Fassung, C. Erste Allglasröhre mit dicken Stiften und Gitteranschluss oben, D. Allglas, Gitteranschluss und Pumpstutzen auf der Unterseite, E. Sylvania Allglas, F. Allglas-Leistungstetrode auf Telefunken-Sockel, G. Spezial-Allglasausführung für das Militär. Das Original-Foto wird im Philips-Unternehmensarchiv aufbewahrt.

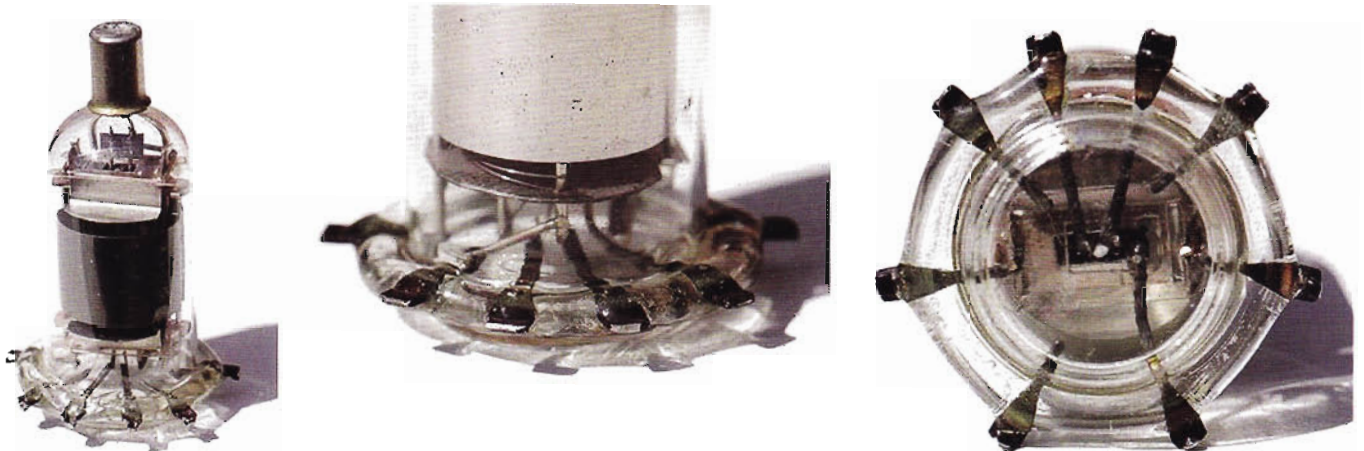


Bild 6. Entwicklungsmuster der Allglasröhre auf P-Basis. Die Bilder stammen von Adri de Keijzer, der die seltenen Prototypen besitzt.

Zusammenfügen zu montieren. Aus diesem Grund war das Acorn-Format für Massenproduktion von preisgünstigen Röhrentypen nicht geeignet.

Der Schritt zum Pressglas

Sehr interessant ist das Foto (Bild 5 B) in JONKERS Bericht, das die „großen Eichel“ mit P-Sockel (CT8) zeigt. Wegen Fertigungsschwierigkeiten kam diese Röhre allerdings nie in den Verkauf. Der Autor hatte bei der Suche nach mehr Informationen zu diesem Allglas-P-Sockel bereits die Hoffnung aufgegeben, als er nach der Veröffentlichung dieser Geschichte auf seiner Website eine E-Mail von ADRI DE KEIJZER erhielt. Auf einem Flohmarkt fand er vor etwa 15 Jahren tatsächlich in einer Kiste voller „normaler“ Philips-Röhren mehrere Prototypen der Allglasröhren mit P-Sockel (Bild 6). Da hatte er eine außerordentliche Rarität gefunden!

Der P-Sockel war eine typische Philips/Mullard-Konstruktion, aber obwohl mehr als zehn Jahre damit gearbeitet wurde, war sie technisch kein besonderer Erfolg. Die Kontakte der Röhre sowie die Fassungen funktionierten einfach nicht zuverlässig.

Das führte zur Entwicklung der Pressglastechnik. JONKER schrieb:

„Pressglas ist billig, und wenn wir das mechanische Einpressen der Zuleitungen in das Glas der Bodenplatte beherrschen, würde dies zu einer preisgünstigen Lösung führen. Nach vielen Experimenten in der Glasfabrik zeigte sich, dass dicke Chrom-Eisen-Stifte, die direkt in den Röhrensockel eingefügt werden, viele Probleme verursachen. Der Glasboden bricht oder wird undicht. Die Anschlussstifte mussten einfach dünner sein. Nach einigen Versuchen wurden biegsame Anschluss-Pins entwickelt. Diese Konstruktion wurde möglich, nachdem wir uns entschieden, einen Zapfen zur Führung vorzusehen, der sich bei den amerikanischen Octal-Röhrenfassungen bewährt hat. Auf diese Weise werden die Stifte gegen Verbiegen geschützt. Nachdem inzwischen Ganzmetall-Röhren auf dem Markt sind, bei denen alle Anschlüsse am unteren Ende liegen, untersuchten wir, ob etwas Ähnliches auch in Allglastechnik möglich wäre. Obwohl dies zunächst nicht wahrscheinlich schien, weil die dicke Bodenglasplatte großen Kapazitäten zwischen den Anschlüssen verursacht, war es mit wirksamen Abschirmmaßnahmen dann doch möglich.“

Wenn der obere Anschluss entfällt, ist es nicht mehr möglich, den Evakuierungsstutzen unter einer Metallkappe zu verbergen. Wir suchten deshalb nach einer Konstruktion, bei der der Pumpstutzen an der Unterseite angeordnet ist. Wir haben ein Loch in die Bodenglasplatte gemacht, auf das eine Absaugröhre aus Glas aufgeschmolzen wird. Mit einer Metallummantelung, die wir ‚Metal Trouser‘ (Metallhose) nennen, wird der untere Teil des Röhrensockels und damit der Evakuierungsstutzen ordentlich abgedeckt. Für die Stifte sind entsprechende Öffnungen vorgesehen.“

Die Entwicklungsstufen der Allglasröhre

Die Entwicklung der Röhre mit Allglaskolben erfolgte in mehreren Stufen. Die Ergebnisse der Recherchen in den frühen Veröffentlichungen und Berichten machten möglich, die einzelnen Entwicklungsstufen der Allglastechnik im Pressverfahren bei Philips zu rekonstruieren:

Stufe 1: Die ursprüngliche Idee war offenbar, den erfolgreichen amerikanischen Octalsockel in einer Pressglas-Version nachzubauen. Logischerweise wurden dabei die Abmessungen des Sockels und der Durchmesser der Stifte direkt übernommen. Gitteranschluss und Evakuierungsstutzen befinden sich am oberen Ende der Röhre (Bild 5 C).

Stufe 2: Dicke Stifte verursachen zu große mechanische Spannungen im Glas. Deshalb ist es naheliegend, den Durchmesser der Metallstifte zu reduzieren. Die dicken Stifte wurden durch relativ dünne Metallstifte ersetzt. Die wurden abgewinkelt, um die Röhre fest in der Fassung zu halten, wenn das Gerät transportiert wird oder mechanischen Erschütterungen ausgesetzt ist. Die Röhre wird nach dem Einsetzen in die Fassung um ein paar Grad gedreht und ist dann arretiert. Der Führungszapfen auf der Pumpstutzenabdeckung stellt sicher, dass die Röhre immer korrekt und ohne zu viel Druck auf die dünnen Stifte eingesetzt wird. Das Aussehen des Zapfens mit der Führungsnase ähnelte in der Form einem Schlüssel, und daher wurden diese Röhren „Sleutelbuizen“ (Schlüsselröhren) genannt. Noch ist der Gitteranschluss auf der Oberseite (Bild 7 A2).

Stufe 3: In der Zwischenzeit hatten Konkurrenzfirmen begonnen, Röhren vorzustellen, bei denen sich alle Anschlüsse an der Unterseite befinden („Single-ended“-Röh-

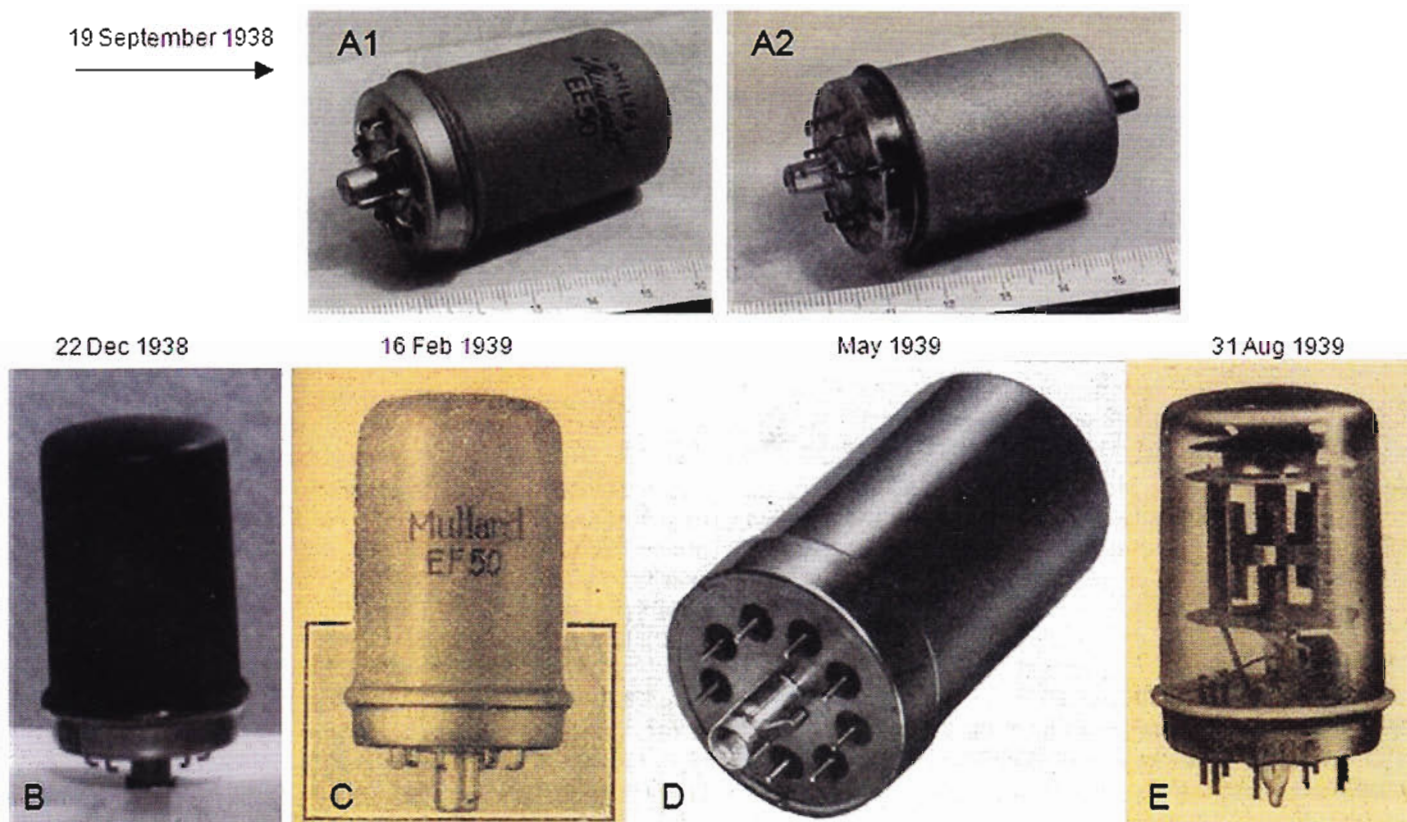


Bild 7. Die frühesten bekannten Fotos der Röhren EF50/EE50 mit einem Allgaskolben. A aus [1], B aus [2], C aus [11], D aus [4], E aus [12].

ren). Der relativ große Abstand zwischen den Stiften bei der Pressglastechnik in Verbindung mit einer sorgfältig ausgeführten Abschirmung machte es möglich, den Gitteranschluss an die Unterseite zu verlegen, ohne dass dabei zu große Rückkopplungskapazität entsteht. Weil der obere Anschluss auch dazu benutzt wird, den Pumpstutzen abzudecken, wurde das Absaugrohr an den Boden der Röhre verlagert, wo es von der „Metallhose“ geschützt wird. Die Röhren haben dünne gebogene Stifte, sowohl Gitteranschluss als auch Evakuierstutzen liegen jetzt an der Unterseite. Die Röhre hat weiterhin eine „Metallhose“ und ist mit einer leitenden Metallbeschichtung lackiert (Bild 7 A1, B, C).

Stufe 4: Nachdem sich bald herausstellte, dass die gebogenen Stifte Spannungen und Risse im Glas verursachen, wurden sie durch gerade Stifte ersetzt. Die Röhre wurde nun mittels einer Einkerbung am Ende des Zapfens arretiert (Bild 7 D), die in einen Federring in der Fassung einrastet. Fast zur gleichen Zeit wurde die leitende Spritzbeschichtung durch eine komplette äußere Metallumhüllung ersetzt. Angeblich wurde diese Metallverkapselung von einem Ingenieur bei Pye Electronics [7] „erfunden“. Sie ist deshalb auch unter der Bezeichnung „Jackson Cap“ bekannt. Bild 7 D, das aus einer Veröffentlichung von Mai 1939 stammt, zeigt jedoch, dass es die Metallkapselung bereits in den ersten Monaten des Jahres 1939 gab. Das scheint im Kontext der Firmengeschichte von Pye ziemlich frühzeitig zu sein, kann aber nicht ausgeschlossen werden.

Zu lange Entwicklungszeit

Die Entwicklung der Allglasröhre dauerte relativ lange. Wie bereits erwähnt, war laut JONKERS die Einführung der

Acorn-Röhre der Grund, nach neuen Möglichkeiten zu suchen, die Zuführungen innerhalb der Röhren zu verkürzen. Da diese von RCA gegen Ende des Jahres 1934 [6] eingeführt wurden, bedeutet das, dass die ersten Ideen für Allglasröhren auf die Zeit vor 1935 zurückgehen. Die Serienproduktion wurden aber erst im Jahr 1939 aufgenommen. Die lange Entwicklungszeit blieb beim Philips-Management nicht unbemerkt. In einem internen Memorandum [8] vom 9. Februar 1944 mit dem Titel „Einige Überlegungen zur Entwicklung von Radio-Röhren“ machte VAN SLUITERS die Organisationsstruktur der Röhren-Entwicklungsabteilung für die langen Entwicklungszeiten verantwortlich:

„Bei einem Treffen mit dem Vorstand Mitte 1937 habe ich darauf hingewiesen, dass bei der Entwicklung von Radioröhren etwas grundlegend falsch laufe. Insbesondere sei das Entwicklungstempo zu langsam, und es gäbe zu wenig innovative Ideen, was dazu führen würde, dass wir unsere führende Position unweigerlich verlieren würden. Gegen Ende 1939, also zweieinhalb Jahre später, erinnerte ich bei einem ähnlichen Meeting das Board an die frühere Sitzung, und ich habe darauf hingewiesen, dass sich die Organisation in der Zwischenzeit nicht verändert hätte. Die Situation wäre genau die gleiche wie 1937, nur mit dem Unterschied, dass wir jetzt tatsächlich unsere führende Position verloren hätten. Tatsache sei, dass seit der Erfindung der Penthode nicht eine einzige neue Idee von Bedeutung in die Produktion übernommen worden wäre. Jede neue Idee verliere an Bedeutung und werde wertlos wegen des lähmend langsamen Tempos in der Entwicklung. Das bekannteste Beispiel sei die Entwicklung der Allglasröhre, die, obwohl sie zweifellos bei Philips stattfand, nicht weniger als fünf Jahre gedauert hat. Bis zu diesem Zeitpunkt hatten andere Firmen uns technologisch überholt. Die Situation war sehr

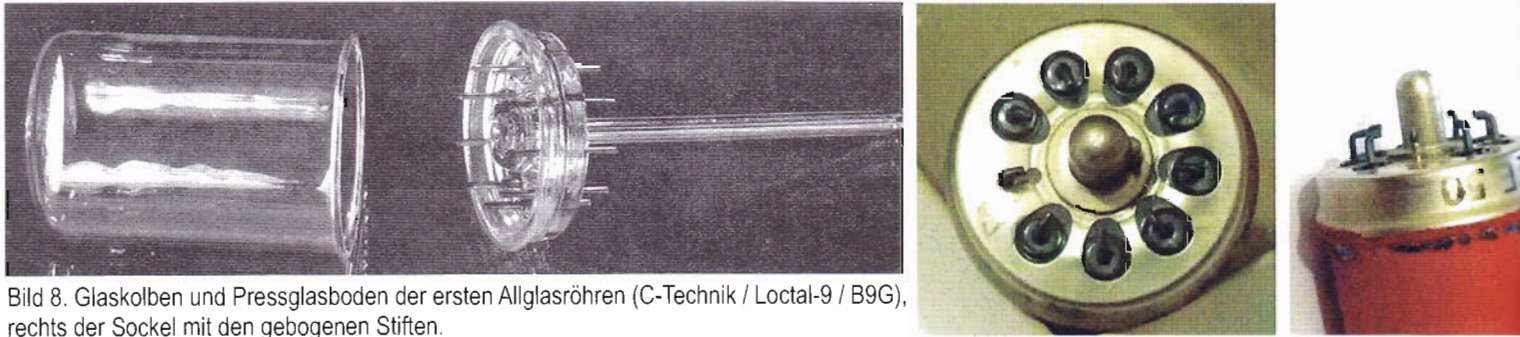


Bild 8. Glaskolben und Pressglasboden der ersten Allglasröhren (C-Technik / Loctal-9 / B9G), rechts der Sockel mit den gebogenen Stiften.

problematisch. Im Nachhinein kann gesagt werden, dass nur der Ausbruch des Krieges uns vor einer sehr schmerzlichen Situation gerettet hat. Telefunken hatte inzwischen die hochqualitativen Stahlröhren in Single-Ended-Version entwickelt und produktionsreif gemacht, während unsere Allglasröhren unter normalen Umständen noch nicht für die Massenproduktion bereit gewesen wären.“

Als Spezialröhren für TV-Geräte geplant

So oder so – nun gab es endlich den Allglaskolben für Röhren, und er war für die Produktion geeignet. Als erster Röhrentyp wurde die EF50 in die Produktion überführt. Obwohl ursprünglich für TV-Anwendungen entwickelt, war das spätere Hauptanwendungsgebiet dieser Röhren in Radargeräten [13], wofür sie in England in großen Stückzahlen von Mullard und Zweitlieferanten hergestellt wurden.

Wie in JONKERS Bericht vom Dezember 1938 [2] nachzulesen ist, war die Anwendung dieser Typen in Radios bereits für das Jahr 1939 geplant:

„Die Entwicklung der Allglasröhren war nun so weit fortgeschritten, dass mehrere Spezialtypen für das Fernsehen

konzipiert wurden, während die Einführung der normalen Röhrenserie (red: für Radios) in diesem Kolben ernsthaft für das nächste Jahr in Erwägung gezogen werden konnte. Um erste Erfahrungen damit machen zu können, soll ein Empfängertyp in Holland mit einer einzigen Allglasröhre ausgestattet werden. Um Telefunken von den Möglichkeiten der Röhrenkolben aus Pressglas zu überzeugen, wurden Verstärker- und Gleichrichterröhren mit einem Pressglassockel hergestellt, unter dem immer ein normaler Stahlröhrensockel montiert ist. Es wird erwartet, dass die Allglasröhren erheblich billiger als die traditionellen Glas- und Stahlröhren sein werden. Außerdem haben sie bessere Eigenschaften bei hohen Frequenzen.“

Die Allglasröhre auf Telefunken-Stahlröhrensockel ist in Bild 5 F zu sehen. Weitere Einzelheiten zu dieser Versuchsröhre sind nicht bekannt. Die in Bild 5 C dargestellte ursprüngliche Allglasröhre hat Stifte mit 1,27 mm Durchmesser, die auf einem Stiftdurchmesser von 21 mm positioniert sind (Loctal-9 / B9G Sockel). In späteren Publikationen bezeichnete Philips diese Ausführung als C-Typ. Soweit der Autor feststellen konnte, wurde dieser Sockel zunächst für die Typen EF50, EE50, EFF50 [9], EF54 [10]

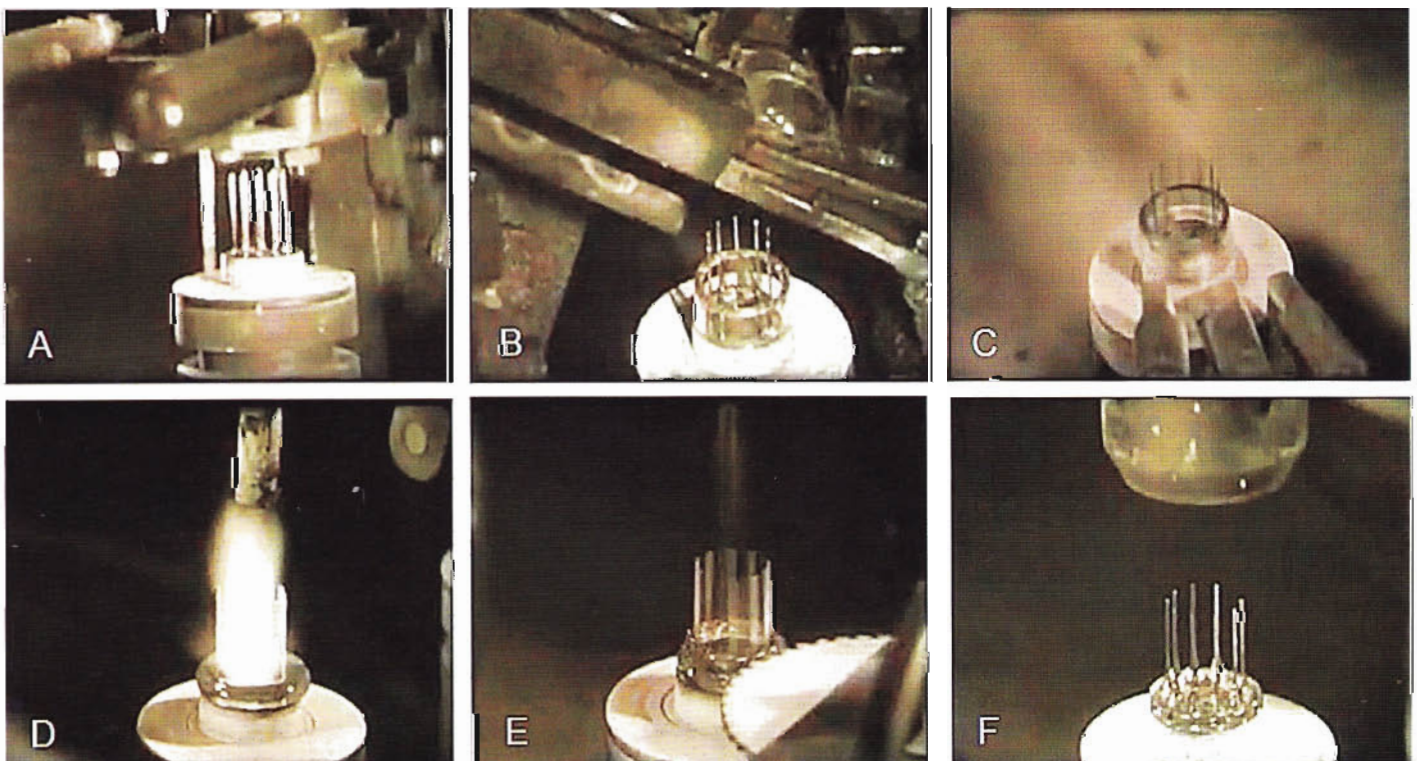


Bild 10. Herstellung eines Pressglasbodens für Noval-Röhren. Die Bilder stammen aus dem Dokumentarfilm „Die Blackburn Story“, die im Detail zeigt, wie bei Mullard eine EF80 in Pressglastechnik hergestellt wurde.

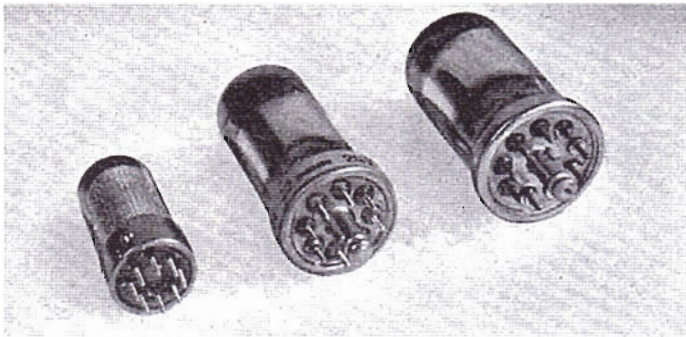


Bild 9. Von links nach rechts: Röhren in A-Technik (Rimlock), B-Technik (Loctal-8 / B8G) und in C-Technik (Schlüsselröhre / Loctal-9 / B9G).

und EF55 verwendet.

Auch die „Schlüsselröhren“ der 21er-Serie von Philips waren ursprünglich mit dem neunpoligen Sockel B9G nach dem Design der EF50 geplant. Davon wurden wohl auch Prototypen hergestellt. Die spätere Serienproduktion wurde mit dem achtpoligen Loctal-Sockel B8G nach Sylvania-Design ausgeführt. Nach dem Krieg gab es weitere Röhren mit Sockel B9G, z. B. die EL60 („Mutter“ der EL34) oder Spezialröhren wie die Oszilloskop-Bildröhre DP7-5.

Die Röhren für die Konsumergeräte-Industrie mit der etwas kleineren Sockelversion Loctal-8 / B8G, die als „B-Technik“ bezeichnet wurde, erreichte in der Zeit von 1940 bis 1950 größte Produktionsstückzahlen. Die B-Technik-Röhren haben Stifte mit 1,1 mm Durchmesser, die auf einem Stiftkreisdurchmesser von 17 mm positioniert sind.

Nach dem Krieg führte Philips als nächste Pressglasseerie die „Rimlock“-Röhren ein, die dann mit „A-Technik“ bezeichnet wurde. Es war die Antwort auf die amerikanischen Miniaturröhren, die den Bedarf an kleinen Röhren für tragbare Geräte abdecken sollten.

Die Herstellungstechnologie

Ein wichtiger Teil des Allglaskolbens ist der Pressglasboden mit den Kontaktstiften. Es ist erstaunlich, wie wenig Informationen es heute noch zu der Herstellungstechnologie dieser entscheidenden Komponente gibt. Einen guten Einblick gibt jedoch ein Film, der die Herstellung von Radoröhren zeigt und der in den fünfziger oder sechziger Jahren bei Philips-Mullard in England aufgenommen wurde. Der Film zeigt im Detail die Herstellung der Noval-Röhre EF80. Hier ist zu sehen, wie die Pressglasböden für Noval-Röhren gemacht wurden. Es ist anzunehmen, dass die Herstellung der Pressglasböden für die C-Kolben ähnlich ablief.

Am Anfang sind die neun Stifte in einer hitzebeständigen Schablone (Bild 10 A) platziert. Für die Röhren in C- und B-Technik bestanden diese Stifte aus einer Chrom-Eisen-Legierung. Nachdem die Stifte platziert sind, wird ein einfacher Glasring um sie herum gelegt (Bild 10 B). Dieser wird dann intensiv erwärmt (Bilder 10 C, D). Wenn das Glas ausreichend weich ist, drückt ein Zahnrad das Glas zwischen die Stifte (Bild 10 E). Zum Schluss drückt ein Stempel das Glas in die endgültige Form einer Platte, bei der die Stifte (Bild 10 F) vakuumdicht durchgeführt sind.

Die weitere Geschichte der EF50 und ihre Verwendung in britischen Radargeräten kommt in der nächsten Ausgabe der „Funkgeschichte“.

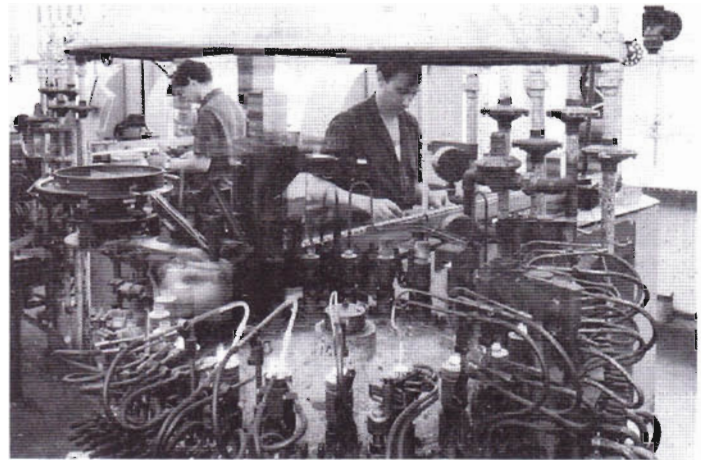


Bild 11. Maschine für die vollautomatische Herstellung von Pressglasböden für Noval-Röhren. Maschinen wie diese konnten bis zu 2.500 Röhrenböden pro Stunde produzieren.

Quellen:

- [1] Strutt, M. J. O.: Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik, Sonderheft: Probleme des Fernsehens. I. Internationale Fernseh-Tagung in Zürich 19. bis 21. September 1938.
- [2] Jonker, J. L. H.: Nieuwe Radiolampen Constructies. Technical Note No. 1350, Philips Research, 22 Dec 1938.
- [3] Brief von Th.P.Tromp Head of the Radio Valve Department (Development and Manufacturing) an Mr. Bell, 1971, Quelle: Philips Company Archive.
- [4] Prakke, F., Jonker, J. L. H. und Strutt, M. J. O.: A New All-Glass Valve Construction. The Wireless Engineer, May 1939.
- [5] Tromp, Th. P.: Technical problems in the construction of radio valves. Philips Technical Review, Vol.6, No.11, 1939, S. 317 – 348.
- [6] o. V.: Acorn Valves, An American development for ultra short waves. Wireless World, November 9th 1934, S. 379.
- [7] Franklan, M.: Radio Man, The remarkable rise and fall of C.O. Stanley. IEE History of Technology series 30, ISBN 0-85296-203-7 (TUE).
- [8] van Sluiter: Enige Beschouwingen omtrend de Ontwikkeling van Radiobuizen. 9 Feb. 1944, Philips Company Archives.
- [9] Strutt, M. J. O., van der Ziel, A.: A new Push-Pull Amplifier for Decimetre waves. Philips Technical Review, Vol. 5, No. 6, 1940, S.172 – 181.
- [10] Strutt, M. J. O. and van der Ziel, A.: A variable amplifier valve with double cathode connection suitable for metre waves. Philips Technical Review, Vol. 5, No. 12, 1940, S. 357 – 362.
- [11] o. V.: All-Glass Valves, New Method of Valve Construction. The Wireless World, February 16th 1939, S. 155 – 156.
- [12] o. V.: Show Review, Technical Tendencies Revealed at Olympia. The Wireless World, August 31st 1939, S. 196 – 210.
- [13] Dekker, R.: Der unsichtbare Vorhang. Funkgeschichte 213 (2014), S. 4 – 16.