



Hf-Keramik aus Hermsdorf/Thüringen

Aus dem Inhalt:

Hf-Keramik aus Hermsdorf/Thüringen ◊ Intermetall: Der lange Weg vom Punktkontakt zum komplexen IC, Teil 3 ◊ Das leidige Problem mit den Netzschaltern lösen ◊ Ein russischer Falke ◊ Geliebt und gehasst: Das Funke „W 20“ ◊ Leserbrief von Oswald Müller zum Beitrag „Tonbandgerät selbst gebaut“ ◊ Buchbesprechungen und Vermischtes ◊ Termine ◊ Anzeigen

Inhalt

Zeitgeschichte

Hf-Keramik aus
Hermsdorf/Thüringen

Intermetall: Der lange Weg
vom Punktkontakt zum
komplexen IC, Teil 3

Geräte

Das leidige Problem mit den
Netzschaltern lösen

Ein russischer Falke

Geliebt und gehasst:
Das Funke „W 20“

GFGF-aktuell

Leserbrief von Oswald Müller
zum Beitrag „Tonbandgerät
selbst gebaut“

Buchbesprechungen und
Vermischtes

Rubriken

Inhalt

Editorial

Impressum

Anzeigen /Termine

Titel

In nahezu jedem Funkgerät der 1930er- und 1940er-Jahre sind Bauelemente aus keramischen Isolierstoffen, oft von der Firma HESCHO, anzutreffen z.B. in Form von Kondensatoren, Spulenträgern, Trimmern, Isolierungen von Drehkondensatoren, Isolatoren, Trägerplatten und diversen Halterungen. Als Beispiel hier die Innenansicht des Langwellensenders „S10L“. Über Geschichte und Produkte von HESCHO im Zeitraum 1930 bis 1945 lesen Sie ab Seite 4.
Bild: S. Schmidt

4

Gunter Grießbach analysiert das Konzept des Reiseempfängers
сокол 308ФМ / Sokol 308 FM
Ein russischer Falke

14

In den 1970er- und 1980er-Jahren waren in der DDR neben einheimischen Produkten auch zahlreiche Transistorradios aus der damaligen Sowjetunion auf dem Markt. Diese Geräte zeichnen sich durch innovative technische Merkmale aus. Als Beispiel soll hier der Reiseempfänger „сокол 308ФМ/Sokol 308 FM“ (Sokol = Falke) im Detail vorgestellt werden, der aus dem Jahr 1976 stammt.

30

32

39



Seite 32

22

26

2

3

29

A1



Prof. Dr. Kurt Schmid analysiert das populäre Röhrenmessgerät
Geliebt und gehasst: Das Funke „W 20“

Manche lieben sie innig, weil sie so schön polierte Nussbaumgehäuse haben. Andere hassen sie abgrundtief, sobald eine Reparatur ansteht. Wer europäische Röhren prüft, hat eines.

Gemeint sind die Röhren- Prüf- und Messgeräte von MAX FUNKE.

Seite 39

Schallplattenkunst

Auch Comics werden heute durchaus als Kunstwerke angesehen – nicht erst seit ROY LICHTENSTEIN: Hier eine Szene aus einer PATSY WALKER-Episode von 1945. Die von der ersten US-amerikanischen Comicautorin RUTH ATKINSON erschaffene immer fröhliche rothaarige PATSY durchlebt in vielen Folgen zusammen mit ihren Schulfreundinnen ihr Teenagerdasein. Auf dem Bild sind die jungen Damen in einem Schallplatten-geschäft, wo man sich seinerzeit jede Platte vor dem Kauf erst einmal anhören konnte.
Bild: Marvel Comics

Rückseite



Liebe Freundinnen und Freunde der Geschichte des Funkwesens,



einigen Lesern ist es aufgefallen, jedenfalls gab es schon vereinzelt Rückmeldungen: In den letzten Ausgaben der „Funkgeschichte“ haben wir (das Redaktionsteam) an der grafischen Gestaltung gearbeitet mit dem Ziel, das Heft moderner, aufgeräumter und letztendlich besser lesbar zu machen. Und deshalb sieht es inzwischen etwas anders aus als die Leser es bisher von ihm

oder vielleicht auch von ihrer Tageszeitung gewöhnt sind.

Natürlich muss eine Tageszeitung anders aussehen als eine technische Fachpublikation, beide Medien haben schließlich unterschiedliche Zielsetzungen: Erstere muss möglichst viel auf möglichst wenig Papier bringen, eine Fachpublikation sollte dagegen übersichtlich und ordentlich „aufgeräumt“ sein. Außerdem hat jede Publikation ihre eigenes Aussehen, eine eigene Anmutung. Nur das macht sie individuell und unverwechselbar. Schließlich soll die „Funkgeschichte“ sich in der Medienlandschaft als professionelle Fachzeitschrift präsentieren.

Das grafische Konzept des Heftes ist so aufgebaut, dass bei einem dreispaltigen Umbruch die äußeren Spalten möglichst (aber nicht immer) Bildern, Bildunterschriften, Tabellen und Erläuterungen (Fußnoten) vorbehalten sind. Da können je nach Bildformat dazwischen schon mal weiße Flächen frei bleiben. Das ist keine Papiervergeudung, sondern so gewollt. Ein solcher Seitenaufbau ist übrigens schon seit einigen Jahren bei vielen Fachpublikationen Standard.

Weil in der „Funkgeschichte“ in der Regel Beiträge über historische Themen veröffentlicht werden, ist es nicht auszuschließen, dass auch Bildmaterial abgedruckt wird, das heutigen Qualitätsansprüchen z. B. in Bezug auf Auflösung und Bildschärfe nicht unbedingt genügt. Selbst moderne digitale Bildbearbeitung kommt hierbei in vielen Fällen an ihre Grenzen. Das lässt sich leider nicht ändern und muss aus Gründen der gebotenen Authentizität in Kauf genommen werden.

Liebe Leser, ich hoffe, dass Sie mit meinen kurzen Erläuterungen zum Thema Heftgestaltung besser verstehen, was sich die „Blattmacher“ bei der Gestaltung Ihrer „Funkgeschichte“ gedacht haben. Kontaktieren Sie mich, wenn Sie weitere Fragen dazu haben. Anregungen, Vorschläge, Ideen und konstruktive Kritik, nicht nur bezüglich der grafischen Gestaltung, sind natürlich jederzeit willkommen. Schließlich wird die „Funkgeschichte“ ja für Sie als Leser gemacht!

An dieser Stelle möchte ich noch mal an die Mitgliederversammlung 2017 in Eindhoven erinnern: Wenn Sie teilnehmen möchten, müssen Sie sich rechtzeitig anmelden sowie eine Unterkunft buchen! Im letzten Heft lag eine Postkarte für die Anmeldung bei. Die ist aber nicht unbedingt erforderlich, es genügt auch ein formloses Schreiben (oder E-Mail) an den Vorsitzenden (Adresse weiter hinten im Impressum), in dem Sie die Angaben, die Sie unten im Kasten finden, unbedingt machen müssen.

Ich freue mich, Sie in Eindhoven zu treffen!

Bis zum nächsten Mal

Ihr

Peter von Bechen

GFGF-Mitgliederversammlung 2017: Bitte rechtzeitig anmelden und Hotelzimmer buchen!

Die GFGF-Mitgliederversammlung findet vom 28. bis 30. April 2017 in Eindhoven (NL) statt (Weitere Einzelheiten im Heft 230 auf den Seiten 224–227).

Teilnahme: Aus organisatorischen Gründen ist eine schriftliche Anmeldung erforderlich, die möglichst bald an den Vorsitzenden zu senden ist. Hier ist anzugeben, wer teilnimmt, wer am Damenprogramm teilnimmt und wer am Kofferraum-Flohmarkt teilnimmt.

Wichtig ist auch die Angabe, wer an welcher der angebotenen Ausstellungs- und Museumsbesuche (Samstag bzw. Sonntag) teilnehmen wird, weil die jeweilige Teilnehmerzahl begrenzt ist!

Hotel: Für GFGF-Mitglieder ist bereits ein Kontingent von 50 Zimmern zu stark reduzierten Preisen im Kongresszentrum „Koningshof“ vorreserviert (Preise: EZ 52 €/ Nacht incl. Frühstück, exkl. Lokalsteuer 1,40 €/ Tag, DZ 64,90 €/ Nacht incl. Frühstück; exkl. Lokalsteuer 1,40 €/ Tag). Zusätzliche Übernachtungen vor dem 28. April und/oder nach dem 30. April können zum gleichen reduzierten Preis individuell gebucht werden. Teilnehmer, die am Sonntag abreisen, können bis 17.00 Uhr auschecken.

Die Zimmer sollten möglichst bald unter dem Stichwort „GFGF“ direkt beim Hotel gebucht werden:

Hierbei sind folgende Angaben zu machen: Name und Vorname, Ankunftsdatum, Abfahrtsdatum, Einzel- oder Doppelzimmer, besondere Wünsche.

Hf-Keramik aus Hermsdorf/Thüringen

Hans-Peter Bölke beschreibt Geschichte und Produkte der Firma HESCHO im Zeitraum 1930–1945



Bild 1. Der Delta-Glockenisolator: Vorbild für das Tridelta-Symbol (Bild aus [1]).

In nahezu jedem Funkgerät der 1930er- und 1940er-Jahre sind Bauelemente aus keramischen Isolierstoffen anzutreffen z.B. in Form von Kondensatoren, Spulenträgern, Trimmern, Isolierungen von Drehkondensatoren, Isolatoren, Trägerplatten und diversen Halterungen. Die für diese Bauelemente erforderlichen Keramikmassen mit geringen dielektrischen Verlusten bei hohen Frequenzen, geringen, genau definierten Temperaturkoeffizienten und hoher mechanischer Festigkeit wurden um 1930 von den Firmen HESCHO und Stemag entwickelt.

Hier soll zunächst am Beispiel der Firma HESCHO der historische Ablauf geschildert werden, der zur Entwicklung der keramischen Sondermassen CALIT, CALAN, TEMA und CONDENSA geführt hat. Danach wird an einigen Beispielen die vielfältige Anwendung damaliger keramischer Bauelemente aus der Produktion der HESCHO aufgezeigt.

Beginn in Kahla

Die Vorkommen kaolinhaltiger Sande führten dazu, dass in Thüringen um 1800 zahlreiche Porzellanfabriken entstanden. Ausgedehnte Wälder lieferten dort das benötigte Feuerholz, zudem waren genügend billige Arbeitskräfte vorhanden. So kam es 1844 auch im mittleren Saaletal südlich von Jena in Kahla zur Gründung einer Porzellanfabrik. Der Absatz des produzierten Haushaltsgeschirrs stieg stetig, so dass im Jahr 1885 bereits 400 Arbeiter beschäftigt werden konnten. Der allgemeine wirtschaftliche Aufschwung in den Folgejahren erforderte die Umwandlung der Firma in eine Aktiengesellschaft, um weiteres Wachstum finanzieren zu können. Es wurde jedoch immer schwieriger, das Betriebsgelände in

dem engen Tal der Saale zu erweitern. Die Werksleitung beschloss daher, ein Tochterunternehmen zu gründen und wählte als Standort die etwa 20 km entfernte Gemeinde Hermsdorf-Klosterlausnitz in Ostthüringen, im sogenannten „Holzland“. Ein wichtiger Grund für diese Standortwahl war u.a. die dort vorbeiführende Eisenbahnlinie Gera – Weimar, die 1876 eröffnet wurde. So wurde die neue Fabrik mit insgesamt 10 Rundöfen auch in unmittelbarer Nähe des Bahnhofs errichtet. Der Betrieb begann 1890; es wurde Porzellangeschirr nur für den Export produziert [1].

Porzellanisolatoren werden gebraucht

In dieser Zeit entwickelte sich die Elektrotechnik rasant: Es wurden immer mehr Telegrafienlinien, insbesondere entlang der Eisenbahnen, gebaut und man fing an, elektrische Energie über Hochspannungsleitungen zu übertragen. Die Porzellanfabrik in Hermsdorf begann deswegen sehr schnell mit der Herstellung von Elektroporzellan, um damit Isolatoren für die Freileitungen zu entwickeln und in sehr großen Stückzahlen zu fertigen. Schon bald konnten Isolatoren für Spannungen bis zu 15 kV geliefert werden. In diesem Zusammenhang ist auf die „Delta-Glocke“ (Bild 1) hinzuweisen: Es handelt sich dabei um die besondere Form eines Porzellanisolators, der bei feuchter Witterung hohe Überschlussspannungen erreicht. Der Isolator wurde 1897 von Professor ROBERT M. FRIESE gemeinsam mit Hermsdorfer Fachleuten und unter Nutzung des dortigen Prüf-Feldes entwickelt. Eine Weiterentwicklung bis 1920 ermöglichte den Betrieb bei Spannungen bis zu 35 kV. Seit 1923 erinnert das „Tridelta-Warenzeichen“ der Firma HESCHO symbolhaft an die Delta-Glocke.

Am Beispiel der Delta-Glocke zeigte sich erstmalig, wie wichtig eine wissenschaftliche Basis und ein Prüf- und Versuchsfeld für neue Entwicklungen sind. Beides wurde in Hermsdorf und den späteren Zweigbetrieben konse-

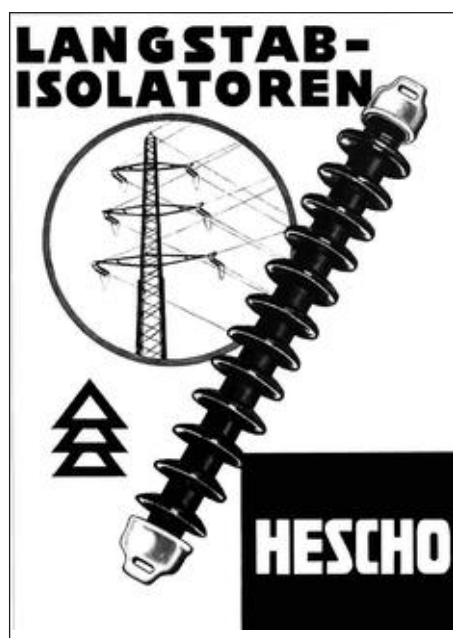


Bild 2. HESCHO-Werbung mit dem Tridelta-Symbol (Bild aus [1]).

quent weiter verfolgt: Im Jahr 1913 wurde in einem neuen Gebäude ein Versuchsfeld in Betrieb genommen, in dem Versuche mit technischem Wechselstrom bis zu einer Spannung von 500 kV durchgeführt werden konnten. Gut ausgebildete Ingenieure entwickelten Ketten- und Langstabilisatoren (Bild 2) für Hochspannungsleitungen bis zu 200 kV. Die Zahl der Brennöfen betrug inzwischen 21; mehr als 1.000 Arbeiter und Angestellte wurden in Hermsdorf beschäftigt und über 10 Millionen Isolatoren pro Jahr hergestellt. 1923 wurde mit dem Aufbau eines Höchstspannungs-Versuchsfeldes für Versuche mit Spannungen bis 1 MV begonnen, allerdings konnte infolge der Inflation zunächst ein Prüftransformator für nur 500 kV angeschafft werden, der jedoch 1935 von einem Transformator ergänzt wurde, der bei 1 MV eine Leistung von 1.000 kVA übertragen konnte [1].

Die Firma HESCHO

Nach dem ersten Weltkrieg waren in den USA und vielen europäischen Ländern zahlreiche Porzellanfabriken entstanden, so dass es für die deutschen Hersteller zunehmend schwieriger wurde, auf dem Weltmarkt zu bestehen. Es war deswegen wichtig, mit verstärkter Forschungsarbeit neue Produkte zu entwickeln. Als Folge des Krieges fehlten jedoch wissenschaftlich-technisch ausgebildete Fachleute in ausreichender Zahl. Das Problem ließ sich nur mit einer gemeinsamen Forschungs- und Versuchsabteilung mehrerer Porzellanfabriken lösen. Weitere Vorteile ließen sich mit gemeinsamer Werbung, gemeinsamem Ankauf von Rohstoffen und Verkauf von Produkten erzielen. Aus diesen Gründen schlossen sich 1922 die Porzellanfabriken Kahla A.G. und die H. Schomburg & Söhne A.G. nebst ihren Tochterfirmen zu einer Interessengemeinschaft zusammen und gründeten die „HERMSDORF-SCHOMBURG-ISOLATOREN GmbH“, kurz „HESCHO“ genannt. 1927 kam es zur Übernahme der H. Schomburg & Söhne A.G. durch die Porzellanfabrik Kahla A.G. Vier Jahre später verkaufte die HESCHO das Handelsgeschäft an die Porzellanfabrik Kahla. Damit ging die Firmierung „HESCHO“ auf das Werk in Hermsdorf über [1].

Dr. Erich Werner Rath (1899–1987)

Der studierte Chemiker promovierte mit 23 Jahren zum Dr. phil. an der Universität Leipzig. Er erhielt eine Anstellung im Keramischen Zentrallaboratorium der HESCHO in Freiberg, wo bereits Ende der 1920er-Jahre das „CALIT“, ein neuer Werkstoff auf Steatit-Basis entwickelt wurde. Nachdem dieses Labor Ende 1930 nach Hermsdorf übergesiedelt war, wurden unter seiner Leitung und Federführung mit den „Hermsdorfer Sondermassen“ völlig neuartige keramische Hochfrequenz-, Isolations- und Kondensator-Werkstoffe entwickelt, die die Basis für den grundlegenden Strukturwandel von der Porzellanfabrik



zum keramischen Werk bildeten. Seine Untersuchungen über lanthan- und thoriumoxidhaltige Dielektrika wurden mit zwei ersten Preisen durch die Auerforschung prämiert. In den letzten Kriegsjahren leitete er neben seiner Tätigkeit in der Industrie das keramische Institut der Technischen Hochschule Breslau und arbeitete dort an kriegswichtigen Forschungsaufträgen. Nach dem Krieg gründete er in Lauf/Pegnitz ein Beratungsbüro für die keramische Industrie und war als wissenschaftlicher Mitarbeiter für verschiedene Firmen und Verbände tätig. Quelle: [1, S. 15], Bild aus [1]

Dielektrikum	tan δ 10 MHz	tan δ 50 MHz	ε	T _K in 10 ⁻⁶ / °C b. 20...80°C
Tempa S	0,7	0,7	14	+30 ... + 50
Glimmer	1,7	1,7	7	+60 ... + 100
Calit	3,4	3,2	6,5	+120 ... + 160
Trolitul	4,5	5,4	2,2	
Condensa F	3,5	3,3	65...80	-700 ... - 740
Condensa C	3,2	2,8	80	-700 ... - 740
Condensa N	4,6	4,2	40	-340 ... - 380
Porzellan	63	85	5,4	+500 ... + 600
Pertinax	720	1000	5,4	

Bild 3. Daten verschiedener Isolierstoffe (Bild H. P. Bölke).



Bild 4. HESCHO-Werbung für „Calit“ (Bild aus [1]).

Vom Elektroporzellan zur Hf-Keramik

Die Weltwirtschaftskrise 1929 verursachte einen erheblichen Rückgang des Umsatzes bei Isolatoren. Der Vorstand der Kahla A.G. setzte große Hoffnungen auf die Entwicklung neuer Produkte im keramischen Zentrallabor, das deswegen 1930 vom Zweigwerk in Freiberg nach Hermsdorf verlagert wurde. Nach der Einführung des Rundfunks wuchs die Funkindustrie trotz der herrschenden wirtschaftlichen Rezession: Die Produktion von Rundfunkempfängern nahm zu; Rundfunksender und auch kommerzielle Sender für die neu erschlossenen Kurzwellen sowie deren Antennenanlagen mussten gebaut werden. Dazu wurde dringend ein formstarrer, zeitbeständiger und spannungsfester Isolierstoff gesucht, der geringe dielektrische Verluste bei Frequenzen im MHz-Bereich aufweist, sich ähnlich vielfältig wie Porzellan verarbeiten und preisgünstig herstellen lässt. Damit würde man den bislang verwendeten teuren und schwer zu bearbeitenden Glimmer ersetzen können.

Der Chemiker Dr. ERICH WERNER RATH hatte schon vor 1930 im Labor der Porzellanfabrik Freiberg das bereits bekannte „Steatit“ (gebranntes Specksteinpulver, Magnesiumsilikat) mit einem Verlustfaktor von

$\tan \delta = 20$ bei 10 MHz weiterentwickelt, insbesondere weil hierbei eisenfreies Magnesiumsilikat verwendet wurde. Der Verlustfaktor dieser neuen „CALIT“ genannten Keramik schien deutlich niedriger als der des Steatit zu sein. Um den genauen Wert des Verlustfaktors zu ermitteln, wurden von Hermsdorf aus Materialproben an verschiedene europäische Institute geschickt, dabei ergaben sich jedoch sehr unterschiedliche Messwerte. Da kam dem Oberingenieur HANS HANDREK bei der HESCHO ein Zufall zur Hilfe: Er traf am Physikalisch-Technischen-Institut der Universität Jena LOTHAR RHODE und HERMANN SCHWARZ, die gerade vor kurzem bei Prof. ABRAHAM ESAU ihre Promotion abgelegt hatten und als Assistenten in verschiedenen Bereichen der Universität arbeiteten. Er trug ihnen sein Problem mit der Verlustfaktormessung vor. Beide boten ihre Hilfe an und konnten schon recht bald mithilfe eines von ihnen entwickelten Präzisionsfrequenzmessers genaue Verlustfaktormessungen durchführen. Weitere Aufträge für Kapazitäts- und Verlustfaktormessgeräte seitens der HESCHO führten dazu, dass Dr. RHODE und Dr. SCHWARZ 1938 in München das „Physikalisch-technische Entwicklungslabor Dr. Rhode & Dr. Schwarz“, kurz „PTE“ gründeten. Auf der Frühjahrsmesse 1934 zeigte das PTE bereits auf dem Messestand der HESCHO die neu entwickelten Messgeräte, u.a. einen UKW-Sender für den Frequenzbereich von 30–100 MHz zur Messung von Verlustfaktoren [1] [3] [11].

Einrichtung der CALIT-Abteilung

Dr. RHODE hatte die Verlustfaktoren von CALIT zu 3,2 und von CALAN zu 1,6 jeweils bei 50 MHz gemessen. Das Letztere entsprach sogar dem Wert von Glimmer (Bild 3). CALAN war eine weitere Sondermasse auf der Basis von Magnesiumsilikat mit einem höheren Anteil an Magnesiumoxid. Es war also besonders für die Kurzwellen- und Ultrakurzwellentechnik geeignet. Für die ab 1932 anlaufende Massenproduktion von Isolierteilen (Bild 4), Halterungen und Rundfunkkondensatoren (Bild 5) wurde CALIT gewählt, da CALAN nicht so universell zu verarbeiten war [6]. Im HESCHO-Hf-Katalog von 1939 heißt es: „In der



Bild 5. Werbung für Keramikcondensatoren und Trimmer (Bild aus [1]).

CALIT-Abteilung werden Werkstücke auf kaltem Wege in plastischem, mehr oder minder feuchtem Zustand durch Drehen, Gießen, Spritzen, Trocken- oder Feuchtpressen geformt. Eine Formgebung durch Trocken- oder Feuchtpressen kommt allerdings wegen der erforderlichen Stahlwerkzeuge nur bei größerer Stückzahl in Frage. Rohre und Vollstäbe werden gezogen, während Umdrehungskörper größerer Abmessungen gedreht, und alle anderen Körper gegossen werden“ [2, S. 7–8]. Die fertig geformten Stücke wurden an der Luft getrocknet und danach in Sonderöfen bei 1.300–1.400 °C gebrannt. Wenn Stücke einer Zwischenbearbeitung, wie z.B. Bohren, Gewindeschneiden o.ä. unterzogen werden sollen, erfolgt vor dem endgültigen „Glattbrand“ ein „Verglühbrand“ bei 800–900 °C. Je nach Formgebungsverfahren liegt die Maßhaltigkeit bei ± 1–3%. Mittels Schleifen fertig gebrannter Stücke lassen sich Genauigkeiten von ± 1/100 mm erreichen [2].

Das von der HESCHO entwickelte Aufbrennen dünner Metallschichten auf Keramikkörper, die ggfs. galvanisch verstärkt werden können, ermöglicht weitere Anwendungen wie z.B. Beläge von Kondensatoren, Windungen auf Spulenträgern (Bild 6), Verbindungsleitungen zwischen Bauteilen, Beschichtung von Abschirmungen, Verbindung keramischer Teile mittels Löten u.a.m. Bild 7 zeigt Beispiele zu CALIT-Produkten, weitere Beispiele folgen in Zusammenhang mit den noch zu beschreibenden Anwendungen in Funkgeräten.

Neben CALIT wurden im Forschungslabor der HESCHO unter der Federführung von Dr. RATH zwei weitere keramische Sondermassen entwickelt, nämlich TEMPA S (Magnesiumtitanat) und drei Varianten von CONDENSEA (Titandioxid). TEMPA S zeichnet sich durch einen sehr niedrigen Verlustfaktor aus, der nur etwa halb so groß ist wie der von Glimmer. Bei einer Dielektrizitätskonstante von 14 lassen sich Rohrcondensatoren bis 400 pF herstellen. Der niedrige positive Temperaturkoeffizient macht diese besonders für Schwingkreise geeignet. Aus der Rutil-Keramik CONDENSEA lassen sich, bedingt durch die sprunghaft größere Dielektrizitätskonstante von bis zu 80, Kondensatoren mit Kapazitäten bis 1.500 pF bei vergleichsweise kleinen Abmessungen herstellen, die dielektrischen Verluste sind mit denen von CALIT vergleichbar. Ein ganz wesentliches Merkmal von CONDENSEA ist der stark negative Temperaturkoeffizient. Damit ergibt sich die Möglichkeit, bei Funkempfängern und -sendern die Frequenz von Schwingkreisen mittels Kompensation der positiven Temperaturwerte von Spulen, Drehkondensatoren und Röhrenkapazitäten in weiten Temperaturbereichen konstant zu halten. Auch hierzu folgen weiter unten detaillierte Beschreibungen. In der Tabelle im Bild 8 aus [10] sind die wichtigsten Daten der drei keramischen Sondermassen noch einmal übersichtlich dargestellt.

In der Kondensatorabteilung, die der CALIT-Abteilung angegliedert ist, wurden aus den drei genannten Sondermassen CALIT, TEMPA S und CONDENSEA mittels Aufbrennen von Silberbelägen Kondensatoren für die Rundfunkindustrie (Bild 9), in verstärkter Ausführung mit verzinneten Blechlaschen für kommerzielle Geräte (Bild 10) und für Sender unterschiedlicher Leistung (Bild 11) hergestellt. Für besondere Anwendungen, z.B. zur Temperaturkompensation, sind mehrere Rohrcondensatoren zu einem Block zusammengefasst (Bild 12) oder auch kon-



Bild 6. Keramikspulen mit aufgebrannten Windungen (Bild H. P. Bölke).

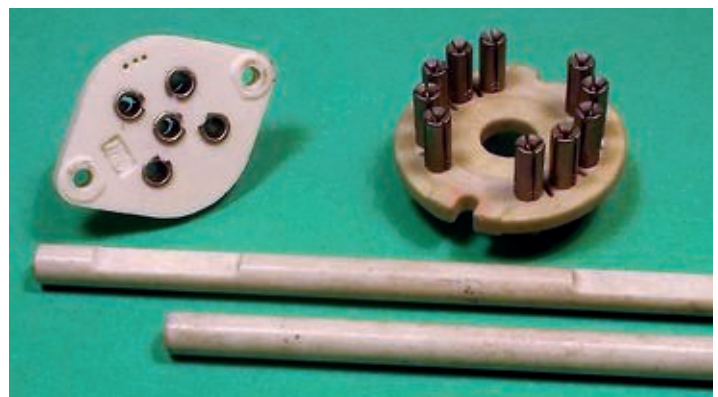


Bild 7. Röhrenfassungen und Rundstäbe aus „Calit“ (Bild H. P. Bölke).

**KERAMISCHE
KONDENSATOREN
VERSTÄRKTE AUSFÜHRUNG**

Dielektrikum	Tempa S	Calit	Condensa F
Dielektrizitätskonstante	14	6,5	65
$\tan \delta$ in 10^{-4}	< 4	< 8	< 10
Garantierter Wert			
Temp. Koeffizient TK in 10^{-6}	+40	+140	-720
Größenverhältnis f. gleiche Kapaz.-Werte	1	2	0,2
Größenverhältnis für gleiche Belastung	1	2	2,5

Bild 8. Die Eigenschaften von „Calit“, „Tempa S“ und „Condensa F“ im Vergleich (Bild aus [10]).



Bild 9. HESCHO-Rundfunkkondensatoren, links ältere Ausführung mit genieteten Anschlüssen (Bild H. P. Bölke).



Bild 10. Keramik kondensatoren in „verstärkter Ausführung“ (Bild S. Schmidt).



Bild 11. Kondensatoren für Sender (Bild H. P. Bölke).



Bild 12. HESCHO-Blockkondensatoren (Bild H. P. Bölke).

zentrisch ineinandergeschoben. Bei tropenfesten Ausführungen werden Rohrkondensatoren in ein glasiertes CALIT-Rohr geschoben und die Rohröffnungen mit je einem verzinnnten Messingdeckel hermetisch verschlossen (Bild 13). Diese sind bis zu einer Luftfeuchtigkeit von 90 Prozent geeignet. Gut bekannt sind die „HESCHO-Scheibentrimmer“, ihr Sockel besteht aus CALIT, der Rotor aus Tempa S, gelegentlich sind sie integraler Bestandteil einer Keramikplatte mit weiteren Bauteilen (Bild 16).

Die Hochfrequenzprodukte wurden von der Funkindustrie so stark nachgefragt, dass sie im Jahr 1935 schon fast die Hälfte des Gesamtumsatzes der HESCHO ausmachten, für das Hermsdorfer Werk allein machte das rund 70 Prozent aus. Die Zahl der dort Beschäftigten hatte sich im Vergleich zu 1930 fast verdreifacht. Da in Hermsdorf bald nicht mehr genügend Arbeitskräfte zu finden waren, ging 1939 ein Zweigwerk in Gera in Betrieb; die Zahl der Beschäftigten stieg auf über 3.000 [1].

Das Hf-Labor und der Großmessender

Zur ständigen Verbesserung der Hochfrequenzzeugnisse, aber auch zur Entwicklung neuer Bauteile und Baugruppen, z.T. in enger Zusammenarbeit mit den Entwicklungsabteilungen der Funkindustrie, wurde 1938 in einem neu errichteten Gebäude in Hermsdorf ein Hochfrequenzlaboratorium errichtet [1]. Im Jahr 1941 wurde in dem gleichen Gebäude in der Eichenbergstraße ein von der Münchner Firma Rhode & Schwarz entwickelter 40-kW-Großmessender errichtet. Damit konnten Isolatoren, Durchführungen und Kondensatoren für Sendeanlagen bei hohen Spannungen mit Frequenzen von 100 kHz, 1 MHz oder 10 MHz geprüft werden [12]. Dieser Sender und die beiden imposanten Prüfspulen waren bis 1990 in Betrieb. Danach konnte er vom Verein für Regional- und Technikgeschichte e. V. (07629 Hermsdorf, Eisenberger Straße 56) als funktionsfähiges Technisches Denkmal übernommen werden. An den „Tagen des offenen Denkmals“ und nach Vereinbarung ist eine Besichtigung möglich [1].

HESCHO wird Rüstungsbetrieb

Seit der „Machtübernahme“ der Nationalsozialisten im Jahre 1933 wurde auch die HESCHO in den Dienst der Aufrüstung und Kriegsvorbereitung gestellt. Der Bedarf der Funkindustrie an Hf-Keramik stieg kontinuierlich an: Die Belegschaft wuchs von 740 im Jahr 1933 auf 2.600 im Jahr 1937 [1]. Unmittelbar nach Kriegsausbruch 1939 lief die Produktion auf Hochtouren: In Massenproduktion wurden Bauteile für die Ausrüstungen von Flugzeugen, U-Booten sowie Funk- und Radaranlagen hergestellt. Um dem ständig wachsenden Arbeitskräftemangel zu begegnen, kam es zu „Dienstverpflichtungen“ und ab 1940 zur Beschäftigung von ausländischen Zwangsarbeitern. Der Höhepunkt wurde 1944 mit insgesamt 5.264 Beschäftigten erreicht, davon waren nur noch 55,4 Prozent Deutsche, der Rest sind Zwangsarbeiter aus mindestens 15 Nationen [1].

Hf-Keramik in Wehrmachtswerkzeugen

Im Folgenden werden einige Beispiele für die Anwendung von Hochfrequenzbauteilen der Firma HESCHO in den Wehrmachtswerkzeugen Tornterempfänger „b“, Mittelwellenempfänger „c“, Peilempfänger „EZ6“, Flugfunksender FuG X „S10K“ und „S10L“, dem Empfänger und Sender des GEMA-Radargerätes „Seetakt“ und dem Überlagerer „SÜ62“ des Würzburg-Radargerätes vorgestellt.

Hf-Keramik im Tornisterempfänger „b“

Im Bild 14 sind eine Spule auf einem keramischen Spulenträger, ein keramischer Scheibenkondensator und ein keramischer Scheibentrimmer zu erkennen. Gemeinsam mit dem ebenfalls keramisch isolierten Drehkondensator (nicht im Bild) bilden sie einen Schwingkreis für den Bereich 8 (4.300–7.095 kHz) des Gerätes. Bild 15 zeigt u.a. den keramischen Kammerenspulenkörper für eine Spule des Bereiches 1 (95–177 kHz). Ferner ist auf dem Bild die Kontaktleiste für den Spulenrevolver erkennbar: Die Messingringe mit den Platinkontaktstücken sind auf dem Keramikrundstab aufgelötet, nachdem zuvor an den

entsprechenden Stellen Kupferbeläge aufgebracht wurden.

Hf-Keramik im Mittelwellenempfänger „c“

Bild 16 zeigt das Eingangsteil des Empfängers „Mw.E.c“ (das Abschirmblech wurde entfernt). In der oberen Kammer befinden sich Spulen und Trimmer der Hf-Vorstufe: Auf der keramischen Grundplatte erkennt man die integrierten Scheibentrimmer für die beiden schaltbaren Frequenzbereiche und diverse Lötstützpunkte, die u.a. mit den auf der Rückseite der Grundplatte montierten Topfkernspulen verbunden sind. Die Abgleichkerne dieser Spulen sind durch die Öffnungen in der Mitte der Trimmer erreichbar. In der mittleren Kammer befinden sich die Abstimmeelemente für die beiden Oszillatorkreise: Die linke, zur Frontseite des Empfängers zeigende Keramikplatte trägt die Oszillatortopfkernspulen in keramischen Abschirmzylindern mit aufgebranntem Silberbelag, auf der Rückseite der Keramikplatte befinden sich ebenfalls integrierte Scheibentrimmer, die von der Frontplatte aus zur Frequenzkorrektur zugänglich sind. Im rechten Teil der Kammer sind zwei übereinander angeordnete Keramikplatten zu sehen, die u.a. die Keramik Kondensatoren für die Temperaturkompensation tragen. Dazu werden jeweils zwei Kondensatoren pro Frequenzbereich eingesetzt. Sie sind als Paare im Bild deutlich erkennbar, ihre Werte sind in der Stückliste nicht angegeben, es handelt sich offenbar um eine Spezialanfertigung der Firma HESCHO. Die untere Kammer enthält den Zwischenkreis vor der Mischstufe, der Aufbau entspricht weitgehend dem der oberen Kammer. Im Bild 17 sind die mit Calit-Rundstäben isolierten Drehkondensatoren des Mittelwellenempfängers zu sehen.

Temperaturkompensation im Peilempfänger „EZ6“

Der Peil- und Zielflugempfänger „EZ6“ mit dem Frequenzbereich von 150–1.200 kHz wurde 1941 von Telefunken in FuG10-Bauweise entwickelt und ab 1942/43 z.T. anstelle des Empfängers „E10L“ in Flugzeuge eingebaut [4]. Laut Pflichtenheft für die FuG10-Geräte durfte im Temperaturbereich

von -50 °C und $+50\text{ °C}$ lediglich eine Frequenzabweichung von $0,032\%$ auftreten, das bedeutet z.B. bei 4 MHz eine Toleranz von $\pm 1,3\text{ kHz}$ [4]. Diese Forderung war nur durch eine ausgeklügelte Temperaturkompensation der Oszillatorschwingkreise zu erfüllen. Dabei war erschwerend zu berücksichtigen, dass im Flugbetrieb innerhalb kurzer Zeit starke Temperaturschwankungen auftreten können. Mit Kondensatoren von HESCHO, die einen passenden negativen Temperaturkoeffizienten zu den positiven Werten der übrigen Schwingkreiselemente aufwies, ließ sich das Problem lösen. Die u.U. schnelle Reaktion der Kondensatoren auf Temperaturänderungen wurde dadurch erreicht, dass man mehrere Kondensatoren parallel schaltete, um eine größere Oberfläche zu erzielen. Im Bild 18 erkennt man die Parallelschaltung von fünf bzw. sechs gleichartigen Kondensatoren für die jeweiligen drei Bereiche des Empfängers. Das Bild zeigt außerdem den Aufbau auf einer keramischen Grundplatte mit auf-



Bild 13. Tropenfester Kondensator geöffnet (Bild H. P. Bölke).

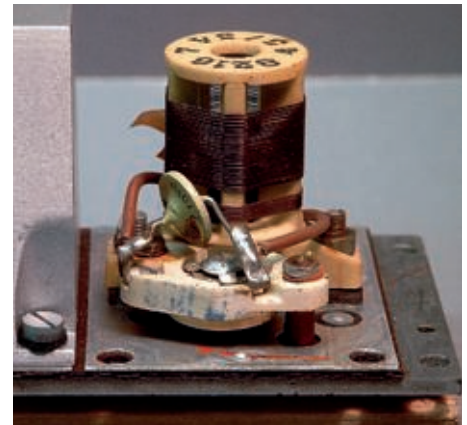


Bild 14. Spule und Trimmer aus Tornisterempfänger „b“ (Bild H. P. Bölke).

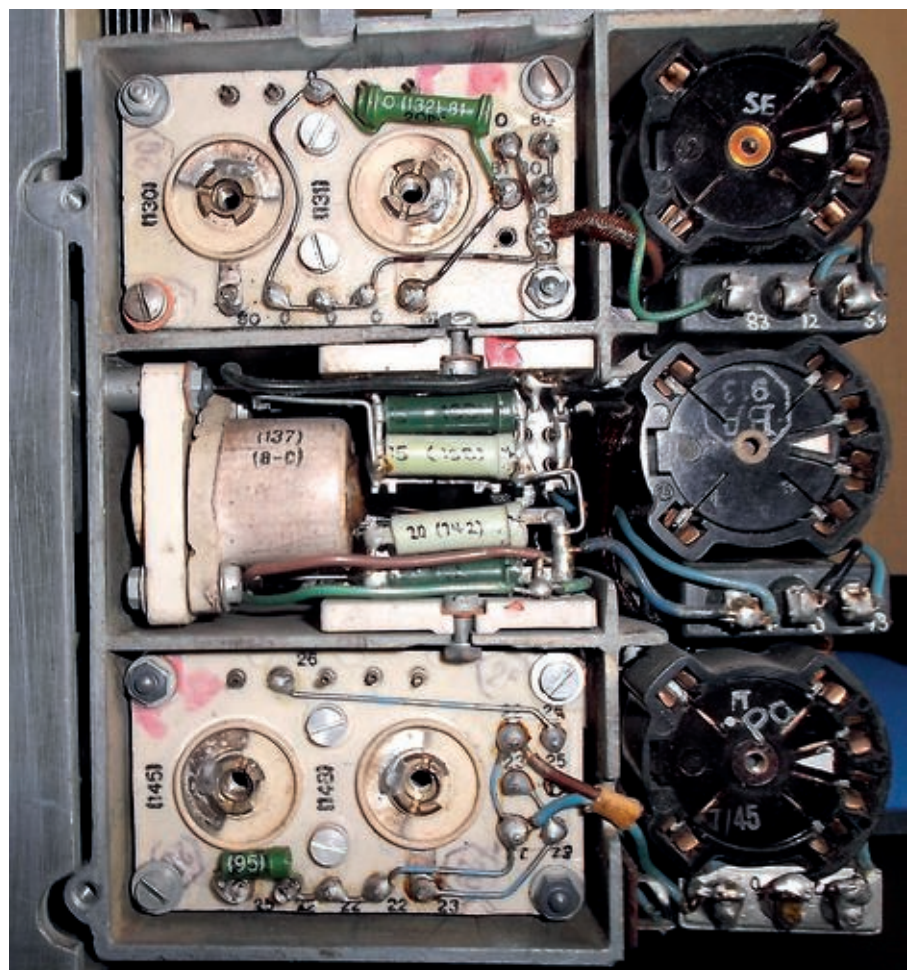


Bild 16. Hf-Eingangsstufen des Mittelwellenempfängers „c“ (Bild H. P. Bölke).

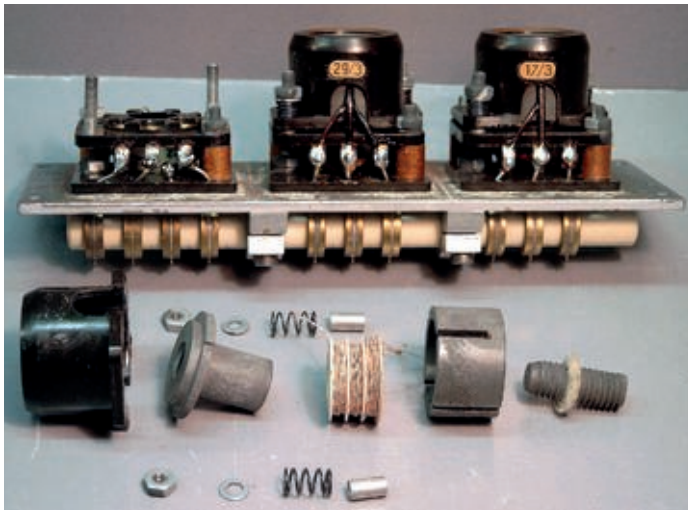


Bild 15. Kammerspulenkörper aus Calit, Calitachse mit aufgelöteten Kontaktringen aus „Torn. E.b“ (Bild H. P. Bölke).

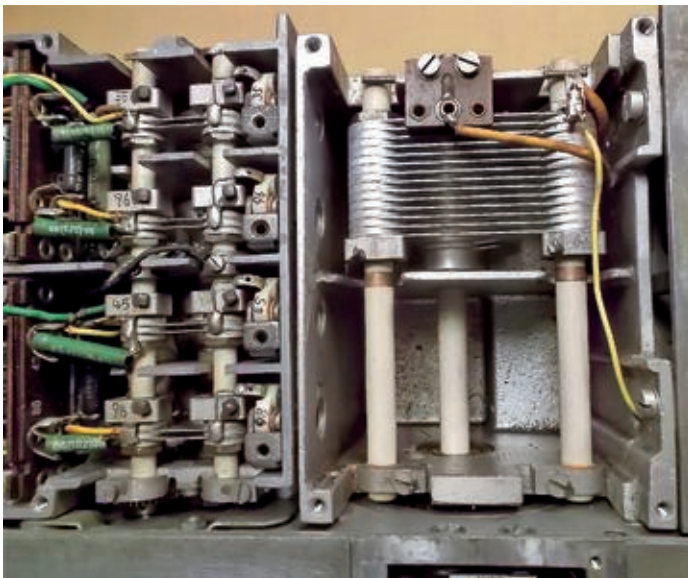


Bild 17. Calitsolierte Drehkondensatoren im Zf- und Hf-Teil des „Mw.E.c“ (Bild H. P. Bölke)

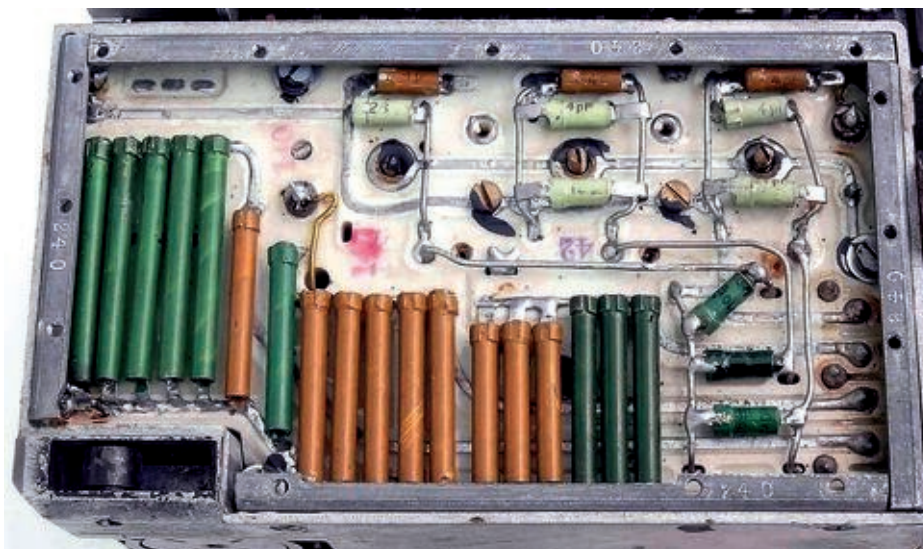


Bild 18. Kondensatorenordnung zur Temperaturkompensation im Peilempfänger „EZ6“ (Bild A. O. Bauer).

gebrannten und später verzinnnten Leiterbahnen, beides HESCHO-Erzeugnisse. Ein solcher Aufbau weist eine hohe thermische- und mechanische Stabilität auf. Dieser wurde sehr wahrscheinlich in enger Zusammenarbeit mit den Telefunken-Ingenieuren entwickelt und danach in Hermsdorf in Serie produziert.

Hf-Keramik in den „FuG10“-Bordfunktensendern

Die 1937 von der Firma Lorenz entwickelten Bordfunktensender „S10K“ (3.000–6.000 kHz) und „S10L“ (300–600 kHz) wurden zunächst mit Glimmer-Stapelkondensatoren bestückt. Der positive Temperaturkoeffizient dieser Kondensatoren war zwar relativ gering, ermöglichte jedoch keine Kompensation des Temperaturganges der übrigen frequenzbestimmenden Teile wie Spulen und Röhren. Das änderte sich offenbar, nachdem 1939 der technisch-wissenschaftliche Leiter der HESCHO, Dr.-Ing. e.h. FRIEDRICH SCHEID im Reichsluftfahrtministerium in Berlin für die Produkte des Unternehmens Werbung machte und kurze Zeit später Vertretern des Ministeriums sowie der Funkindustrie in einer Ausstellung in Hermsdorf HESCHO-Produkte für Flugzeugausrüstungen demonstrierte [1]. Danach wurden die Glimmerkondensatoren durch Keramik-kondensatoren ersetzt: Im Bild 19 sind die auf einer Keramikgrundplatte aufgelöteten Schwingkreis-, Koppel- und Abblockkondensatoren der Steuerstufe des Senders „S10K“ zu sehen. Die in der Mitte angeordneten dunkelgrünen Kondensatoren bestehen aus jeweils zwei ineinandergeschobenen Rohrkondensatoren. Sie dienen der statischen Kompensation des Temperaturganges von Spulen und Eisenkern. Die Aufteilung der Schwingkreis-kapazität auf sieben Einzelkondensatoren sorgt auch hier wieder für eine Vergrößerung der Oberfläche. Bild 20 zeigt die Rückseite mit den aufgebrannten und verzinnnten Verbindungen.

Fritz TRENKLE schreibt in [4, S. 45]: „Zusätzlich zu dieser statischen Temperaturkompensation war bei den Sendern noch eine dynamische Temperaturkompensation nötig: Wenn während der Tastung eine zusätzliche Frequenzabweichung durch die Wärmeentwicklung in Röhre und Schwingkreis auftrat. Hier wurde dann die Strombelastung und die Erwärmungszeitkonstante der Kondensatoren so gestaltet, dass die in der Tastzeit entstehende Verlustwärme einen entsprechenden Verlauf des negativen Temperaturkoeffizienten bewirkte.“ Diese Funktion erfüllen die beiden im Vordergrund des Bildes 19 sichtbaren weißen Kondensatoren: Sie enthalten in hermetisch verschlossenen Calit-rohren Keramik-kondensatoren (Bild 13) mit den gewünschten Eigenschaften. Die hier beschriebene Kondensatoranordnung wurde 1940 bei der Lorenz A.G. von J.-R. FISCHER entwickelt, zum Patent angemeldet [4, 9] und von HESCHO produziert. Bild 21 zeigt den Innenaufbau des Senders „S10K“ nach der Demontage des Röhrenteils. Beim Langwellensender „S10L“ (Bild 22) sind

die Schwingkreiskondensatoren zur Temperaturkompensation aus bis zu 20 Einzelkondensatoren zusammengesetzt.

Hf-Keramik in Funkmessgeräten

Mitte der 1930er-Jahre begann bei den Firmen Gema, Telefunken und Lorenz die Entwicklung von Funkmessgeräten. Dazu sind Sender und Empfänger für Dezimeter-Wellen erforderlich. H. E. HOLLMANN hatte dazu in [6] theoretische und praktische Grundlagen erarbeitet und dabei auf die Bedeutung der neuen keramischen Werkstoffe, die von der HESCHO und STEMAG entwickelt worden, für die Konstruktion von UKW-Sendern und -Empfängern hingewiesen. Es kam daher sehr bald zu einer engen Zusammenarbeit zwischen den oben genannten Funkfirmen und der Firma HESCHO. Im Folgenden sollen dazu hier drei Beispiele vorgestellt werden. Die Fotos stammen von GFGF-Mitglied ARTHUR O. BAUER, der sie freundlicherweise von seiner Homepage [9] zur Verfügung gestellt bzw. eigens für diesen Beitrag angefertigt hat.

Bild 23 zeigt das Eingangsteil eines frühen „Seetakt“-Radarempfängers, wie er 1934 von der Firma GEMA [8] für die Kriegsmarine gebaut wurde. In den rechten beiden Kammern befindet sich der Hf-Vorverstärker mit einer Eichelröhre im Keramikmodul,

links daneben die ebenfalls mit einer Eichelröhre bestückte Mischstufe und darüber in einer weiteren separaten Kammer der Überlagerer, bestückt mit einer Röhre RL12T1. Die für die Arbeitsfrequenz von 375 MHz dimensionierten Schwingkreise bestehen aus Luftspulen, die mit Keramiktrimmern über lange Achsen abgestimmt werden können. Im Bild 24 ist der Überlagerer eines weiterentwickelten „Seetakt“-Empfängers zu sehen: Hier sind die Eichelröhrenfassung und der Oszillatorschwingkreis auf einer gemeinsamen Keramikplatte integriert, zur Feinabstimmung dient ein Keramikplättchen, im Bild mit einem roten Pfeil gekennzeichnet, das über eine drehbar gelagerte Achse bewegt werden kann. Es handelt sich um einen „dielektrischen Drehkondensator“ [9].

Bild 25 zeigt das Sendermodul eines frühen „Seetakt“-Radargerätes. Auf der vorderen Keramikplatte sind die aufgebrannte Induktivität des Anodenschwingkreises und darunter die des Gitterschwingkreises zu erkennen, die Abstimmung erfolgt jeweils mittels einstellbarer Plattenkondensatoren. Die Röhre, deren Fassung ebenfalls Bestandteil der Keramikplatte ist, ist eine GEMA TS1. Die hintere Keramikplatte trägt die gleiche Anordnung wie die vordere, beide Platten bilden zusammen einen selbsterregten Gegentaktsender, der auf 375 MHz (80 cm) eine Impulsleistung von 1,5 kW



Bild 19. Kondensatoren zur Temperaturkompensation im FuG10-KW-Sender „S10K“ (Bild A. O. Bauer).



Bild 20. Rückseite der „S10K“-Kondensatorplatte (Bild A. O. Bauer).

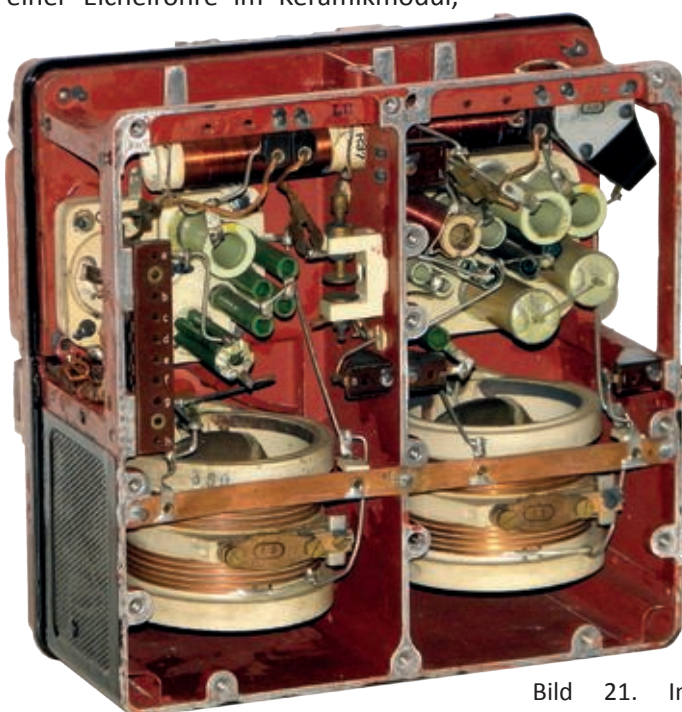


Bild 21. Innenansicht des Senders „S10K“, Röhrenteil entfernt (Bild RMOrg).

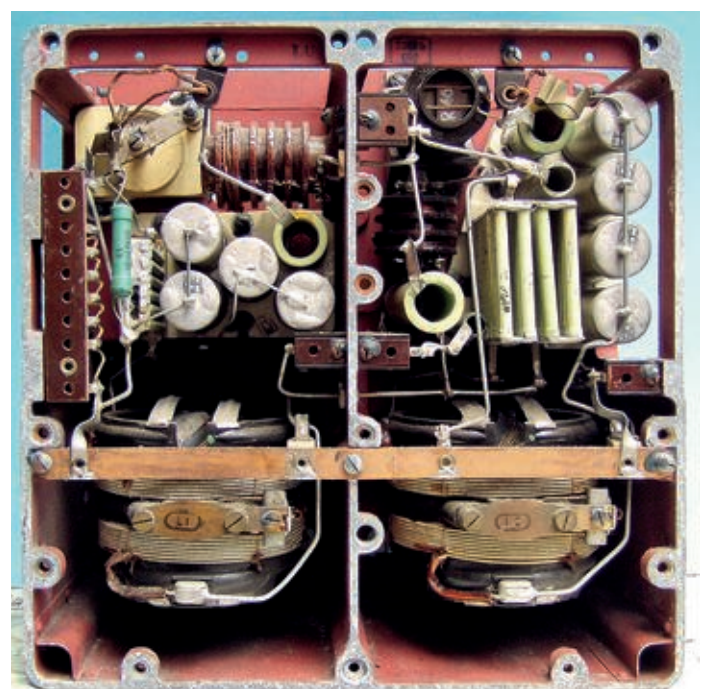


Bild 22. Innenansicht des Langwellensenders „S10L“ (Bild S. Schmidt)

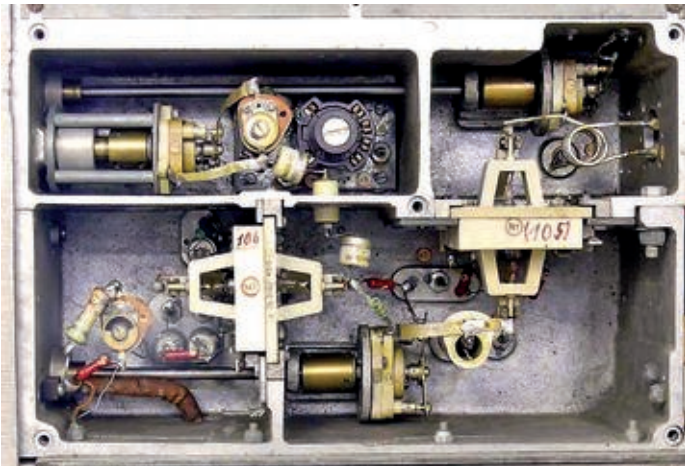


Bild 23. Hf-Eingangsteil eines „Seetakt“-Radargerätes (Bild A. O. Bauer).

erzeugen konnte. Die Eichelröhrenmodule und das Sendermodul waren mit Kontaktstiften versehen und leicht austauschbar, so dass kein Wechsel der empfindlichen Röhren im rauen Marinebetrieb erforderlich war [8].

Das „Würzburg“-Radargerät („FuG 62 D“) wurde ab 1937 von der Firma Telefunken entwickelt. Auch hier kam es zu enger Zusammenarbeit mit der Firma HESCHO. Ein eindrucksvolles Beispiel ist der im Bild 26 zu sehende (Empfänger-) Überlagerer „SÜ62“: In einem aus dicken zusammenge- löteten Keramikplatten bestehenden „Kasten“ befinden sich die frequenzbestimmenden Teile des mit zwei Trioden LD2 bestückten Gegentakt-Oszillators. Gitter- und Anodenkreis bestehen jeweils aus Lechersystemen, die über „keramische Drehkondensatoren“ abgestimmt werden; letztere bestehen aus Keramikplatten mit aufgebrannten Silberbelägen. Nach erfolgter Frequenzeinstellung wurden die Achsen durch Lötung fixiert. Die äußeren Keramikplatten tragen auf den Innenseiten aufgebrannte Kupferbeläge zur

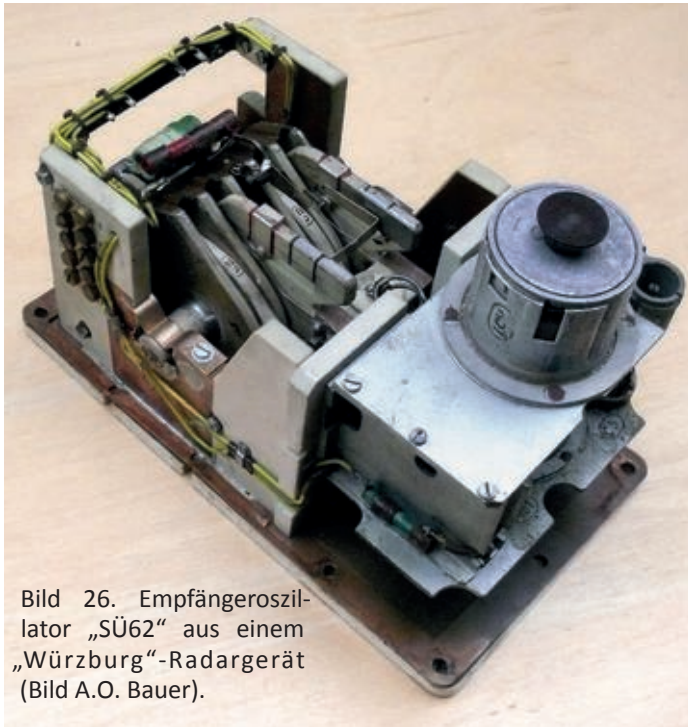


Bild 26. Empfängeroszillator „SÜ62“ aus einem „Würzburg“-Radargerät (Bild A.O. Bauer).

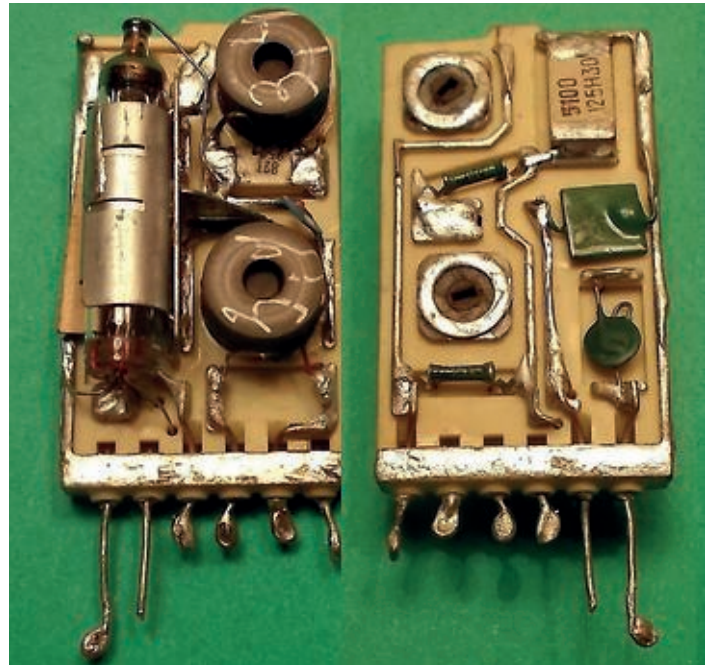


Bild 27. Zf-Stufe aus einem russischem Tornisterfunkgerät „R109M“ (Bild H.P. Bölke).



Bild 24. Empfängeroszillator eines „Seetakt“-Radargerätes mit „dielektrischem Drehkondensator“ (Bild A. O. Bauer).

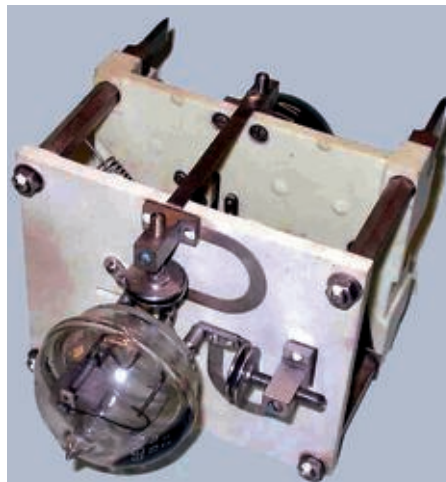


Bild 25. „Seetakt“-Sender (Bild A. O. Bauer).

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei HORST ROTHE (GFGF) und WOLFGANG ZÜCHE für das Überlassen einschlägiger Literatur, bei ARTHUR O. BAUER (GFGF), HARRY VON KROGE, DETLEV BÖLTE, SIEGFRIED SCHMIDT und ERNEST SKOWRONEK für das Überlassen von HESCHO-Keramik-Teilen sowie für das Anfertigen von Fotos und nicht zuletzt an MATTHIAS NEUSS für das Korrekturlesen und viele Anregungen.

Autor:
Hans-Peter Bölke
29313 Hambühren

Abschirmung, ebenso die Bodenplatte. Die Oszillatorfrequenz beträgt 140 MHz, durch die im Bild gut sichtbare Triode LD5 erfolgt die Vervierfachung auf die Arbeitsfrequenz von rund 560 MHz (53,6 cm). Der vollständige Überlagerer befindet sich unter einer gegossenen Metallhaube und ist so gegen Umwelteinflüsse geschützt.

Neben den geringen Hf-Verlusten waren die mechanische und thermische Stabilität der keramischen Materialien unverzichtbar für die Konstruktion der Hf-Komponenten der Radargeräte der 1930er- und 1940er-Jahre. Gegen Ende des Krieges wurden für die Radargeräte Wellenlängen unter 10 cm verwendet, für die dafür u.a. notwendigen Scheibentrioden wurden vakuumdichte Glas- und Metall-Keramikverbindungen gebraucht, die von der HESCHO bereits 1939 bei Verstärker-Röhren der E-Serie mit Calit-Haube und Sockelplatte in Labor-mustern erprobt wurden [11].

Das vorläufige Ende 1945

Das Werk in Hermsdorf überstand den Krieg nahezu unbeschadet. Eine „Porzellanfabrik“ erschien den Alliierten offenbar nicht als für die Rüstung relevanter Betrieb. Nach dem Einmarsch der US-Armee im April 1945 wurden wichtige Unterlagen über Entwicklungen und Technologien der HESCHO beschlagnahmt. Der Werkstoffspezialist Dr. RATH wurde zunächst von den Amerikanern nach Heidenheim verbracht. Nachdem er dort über seine Forschungsarbeiten berichtet hatte, befragte man ihn ein halbes Jahr lang in einem englischen Interrogations-Camp. Ab Juli 1945 gehörte Hermsdorf zur sowjetischen Besatzungszone. Bis 1946 wurden 60 Prozent der Maschinen des Hermsdorfer Werks ausgebaut und in die UdSSR gebracht. Mit dem verbliebenen Rest begann man die Produktion von „Friedensgütern“. Ein Teil davon waren als Reparationen zu leisten. Das Hermsdorfer Werk wurde mit einigen anderen Porzellanfabriken unter sowjetischer Leitung zum Werk „Keramische Werke HESCHO-Kahla“ zusammengefasst. 1948 wurden bereits wieder rund 3.000 Arbeiter beschäftigt. Neben der Produktion wurde auch die Forschungstätigkeit wieder aufgenommen und so an die jahrzehntelangen Traditionslinien des

Quellen:

- [1] Serfling, S.: Unter dem Zeichen des TRIDELTA - Zur Geschichte der Keramischen Werke in Hermsdorf. Hrsg. Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V., Hermsdorf, 1997.
- [2] Hescho HF-Katalog 1939 (in [www.cdvandt.org/HESCHO CALIT Condensa.pdf](http://www.cdvandt.org/HESCHO%20CALIT%20Condensa.pdf)).
- [3] 50 JAHRE elektronische Präzision 1933 - 83, Jubiläumsausgabe NEUES VON ROHDE & SCHWARZ, Heft 103, 23. Jahrgang, München Herbst 1983.
- [4] Trenkle, F.: Bordfunkgeräte - Vom Funkensender zum Bordradar. Bernard & Graefe Verlag, Koblenz 1986
- [5] Bauer, A. O.: Deckname „Würzburg“ - Ein Beitrag zur Erhellung der Geschichte des geheimnisumwitterten deutschen Radargeräts 1937 - 1945, Verlag Historischer Technikkultur, Herten, ohne Datum (zum Download hier: <http://aobauer.home.xs4all.nl/DecknameWB.pdf>).
- [6] Hollmann, H. E.: Physik und Technik der ultrakurzen Wellen, Band 1 Erzeugung ultrakurzweiliger Schwingungen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1936, S. 72.
- [7] Vilbig, F.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 4. Auflage. Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom.-Ges., Leipzig 1945, S. 54.
- [8] v. Kroge, H.: GEMA-BERLIN, Geburtsstätte der deutschen aktiven Wasserschall- und Funkortungstechnik, Hamburg 1998.
- [9] Bauer, A. O. in [www.cdvandt.org/Exhibits details](http://www.cdvandt.org/Exhibits%20details).
- [10] Bergtold, F.: Die große Rundfunkbibel 1939 (hochgeladen von Jürgen Küting unter „Hescho“ in www.radiomuseum.org).
- [11] Abele, G. F.: Historische Radios - Eine Chronik in Wort und Bild, Band 4. Füsslin Verlag, Stuttgart.
- [12] Rohde, L.: Eine Hochfrequenz-Hochspannungs-Prüfanlage großer Leistung in Mitteilungen aus dem physikalisch-technischen Entwicklungslabor Dr. Rohde und Dr. Schwarz aus ETZ 63 (1942) 11/12, S. 129-133, Berlin 1942.

Hermsdorfer Werks angeknüpft [1].

Als nach der politischen Wende 1989 russische Militärfunkgeräte in großer Zahl auf den Sammlermärkten auftauchten, wurde deutlich, wie geschickt die russischen Konstrukteure die Technik der deutschen Wehrmachtsgeräte bis in die 1960er-Jahre übernommen und weiterentwickelt hatten. Das trifft auch ganz besonders für die Verwendung von Hf-Keramik

zu. Beispielhaft sei das mit Bild 27 dokumentiert: Es zeigt die Vorder- und Rückseite einer Zf-Stufe für 780 kHz aus dem Tornisterfunkgerät „R109M“, links auf der Vorderseite ist eine Subminiaturröhre zu erkennen. Ganz oben rechts befindet sich ein Keramikkondensator, der ohne Anschlussdrähte direkt auf die keramische Grundplatte aufgelötet ist, eine frühe „SMD-Technik“!



Bild 28. Die keramischen Werke Hermsdorf in den 1920er-Jahren (Bild aus [1])

Intermetall: Der lange Weg vom Punktkontakt zum komplexen IC

Mark P. D. Burgess und Wolfgang Gebert befassen sich mit der Geschichte eines bedeutenden deutschen Halbleiterherstellers* Teil 3

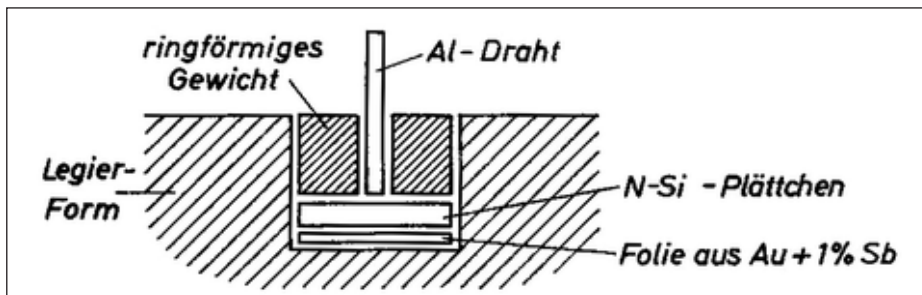


Bild 32. Herstellung einer legierten Silizium-Diode. Querschnitt durch die beladene Legierungsform [37].

Entwicklung von Siliziumbauelementen

Die Vorteile von Silizium liegen heute in erster Linie in den Möglichkeiten moderner Diffusionstechnologien und der Realisierung komplexer integrierter Schaltungen. In den frühen Jahren standen eher die im Vergleich zu Germanium höheren zulässigen Betriebstemperaturen und die niedrigeren Leckströme im Vordergrund. Der wesentlich höhere Schmelzpunkt machte jedoch die Herstellung von hochreinen Siliziumkristallen seinerzeit sehr schwierig. Dies war MATARÉ aus der Zeit während des Krieges sehr gut bekannt, als er an Silizium-Punktkontaktdetektoren für Radaranwendungen bei Telefunken gearbeitet hatte. So ließ MATARÉ bei der Einrichtung des Forschungs- und Entwicklungslabors von Intermetall an der Entwicklung von Vakuum-Sili-

* Teil 1 erschien in Funkgeschichte 229 (2016), Seiten 170–177, Teil 2 in Funkgeschichte 230 (2016/17), Seiten 209–218.

zium-Ziehanlagen zur Reinigung von Silizium arbeiten.

Die ersten kommerziellen Siliziumtransistoren, die 1954 von Texas Instruments hergestellt wurden, hatten gewachsene Strukturen. Das war allerdings für die Massenproduktion eine kaum zu beherrschende Technologie. Die meisten Unternehmen entschieden sich deshalb für Strukturen mit Legierungs-Sperrschichten, mit denen man bei der Entwicklung von Germanium-Flächentransistoren und -Dioden bereits Erfahrungen gesammelt hatte. Langfristig setzten sich aber Diffusionstechnologien fast vollständig durch, die auf Arbeiten von Bell Laboratories ab 1954 basieren.

Ernennung von Karl Seiler

Clevite suchte einen hochkarätigen deutschen Physiker, um den Ruf von Intermetall nach dem Ausscheiden von MATARÉ wiederherzustellen. Man konnte KARL SEILER für diese Aufgabe gewinnen, ein Experte für Silizium-Halbleitertechnologie und die Herstellung von Dioden und Transistoren. Er wurde eingestellt, um die Einführung von Silizium-Technologie sowie die Massenproduktion von Silizium-Dioden und Transistoren zu beschleunigen.

Wie MATARÉ hatte SEILER während des Krieges bei Telefunken an Siliziumdetektoren für Radaranwendungen gearbeitet. 1942 ermittelte er den Energieabstand zum Leitungsband bei Germanium und Silizium. Das war eine wichtige Beobachtung, die die innere halbleitende Eigenschaft dieser Materialien bestätigte. Die seinerzeit vorherrschende Ansicht war, dass der Halbleitereffekt eine Auswirkung von Verunreinigungen sei und dass es keine reinen Halbleitermaterialien gäbe [34].

Nach dem Krieg gründete SEILER eine kleine Firma in Mönchberg (eine kleine Stadt bei Miltenberg) und produzierte Siliziumdetektoren für Anwendungen in Multiplex-Telefonsystemen. Während dieser Zeit

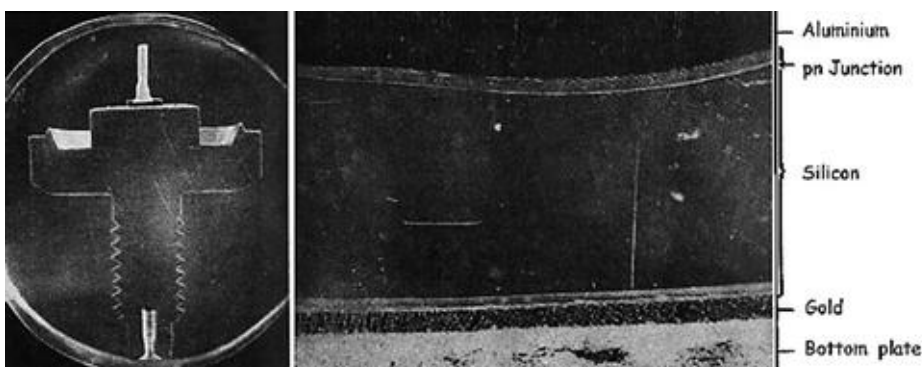


Bild 33. Links: Querschnitt durch eine legierte Silizium-Diode rechts: vergrößertes Schliffbild einer legierten Siliziumdiode [37].

entwickelte er eine Silizium-Sperrschichtdiode unter Verwendung einer Diffusionstechnologie, die zuerst bei Telefunken als Teil des Entwicklungsprogramms für Radardetektoren benutzt worden war. Im Jahr 1948 hatte die Nachfrage seine Produktionskapazität überschritten. Er übertrug die Produktion an die Süddeutsche Apparate-Fabrik (SAF) und wurde dort Laborleiter. SEILER war dort verantwortlich für die Entwicklung des ersten Ende 1952 in Deutschland in Serie hergestellten Germanium-Punktkontakt-Transistors VS200.

Im März 1956 verließ SEILER die zur ITT gehörende Firma SAF und ging zu Intermetall. Dort entwickelte er eine neue Strategie. SEILER erinnert sich im Jahre 1982: „...nicht der erste zu sein, das kostet zu viel Geld und zu viel Kapital“. Intermetall sollte kein Pionier mehr sein, sondern ein „Fast Follower“, ein Ansatz, mit dem er hoffte, Kapital und Kosten zu sparen. Informationen darüber, wie man bei Intermetall Silizium-Bauelemente entwickelt hat, sind in dem Buch „Physik und Technik der Halbleiter“ von SEILER zu finden, das sich fast ausschließlich auf Material von Intermetall bezieht.

Herstellen von Silizium-PN-Übergängen

Die Schlüsselprobleme, die gelöst werden mussten, beziehen sich auf die Suche nach einer Zusammensetzung der Legierungszone, bei der die thermische Fehlanpassung minimal ist, aber der Basisanschluss ausreichend benetzt wird [35, 36]. Wenn diese Probleme gelöst sind, ist die Herstellung von Flächendioden dann relativ einfach, weil die Eigenschaften der Diode nicht mehr von der Legierungstiefe abhängen.

Intermetall entwickelte ein ungewöhnliches Verfahren zur Herstellung von PN-Übergängen und verwendete Aluminiumdraht als Legierungsmittel. Dies ist im Bild 32 im einfachsten Fall für die Herstellung einer Silizium-Flächendiode dargestellt: Hier wird ein Wafer aus Silizium vom N-Typ in eine Legierungsvorrichtung auf Goldfolie gelegt, die mit einer N-Typ-Verunreinigung wie ein Prozent Antimon dotiert wurde. Die beiden Teile wurden mit einem Ring zur Beschwerung zusammengehalten, durch den ein Aluminiumdraht eingeführt und auf

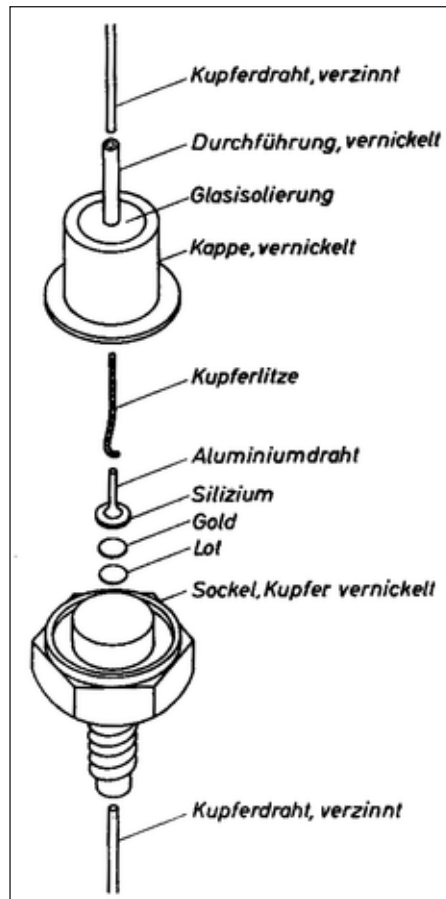


Bild 34. Eine Explosionsdarstellung einer kompletten Diode ist links gezeigt [37] und rechts eine Siliziumdiode OY6041 von Intermetall[38].

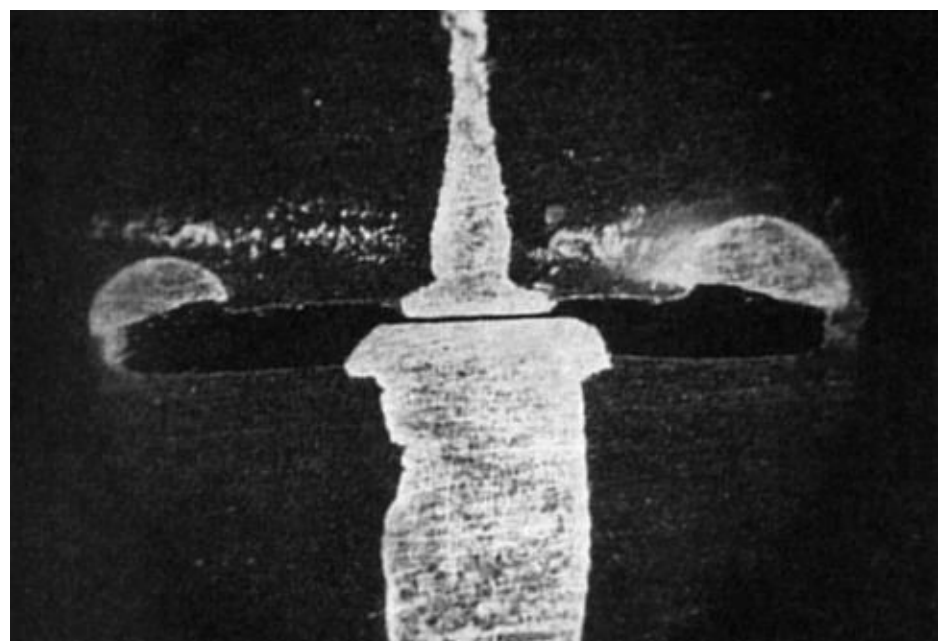


Bild 35. Vergrößertes Schlibbild eines legierten Silizium-Aluminiumdraht-Transistors [37].



Bild 36. Werbung von Intermetall in „Funkschau“, August 1956.



Bild 37. Siliziumdiode S 35 von Brush Crystal (Intermetall) (mit freundlicher Genehmigung Jan De Groot).

dem Siliziumwafer positioniert werden konnte. Jede Fertigungsvorrichtung besaß viele dieser Einsätze. Die gesamte Anordnung wurde für einige Minuten in einem Tunnelofen unter einer Wasserstoffatmosphäre auf 650 bis 700 °C erhitzt. Dies führt zu einem legierten Bereich: Einem PN-Übergang, der auf der oberen Oberfläche gebildet wurde. Das dotierte Gold bildete einen leitenden Kontakt mit der Unterseite des Siliziums. Diese Schichten sind in Bild 33 in den Querschnitten einer fertigen Diode zu erkennen.

Legierungs-Silizium-Transistor

Siliziumtransistoren wurden in ähnlicher Weise hergestellt. Die Komponenten des Transistors wurden in geeigneten Vorrichtungen zusammengebaut. Die Verbindung zur Basisschicht wurde durch einen Gold-Antimon-Ring hergestellt, der eine ohmsche Verbindung gewährleistet. Emitter und Kollektor könnten Aluminiumdrähte sein, wie im Querschnitt (Bild 35) gezeigt, oder es können Alu-

minumpunkte verwendet werden. Während bei der Auswahl der Materialien Vorsorge getroffen wurde, die Spannungsrisssbildung aufgrund von thermischen Fehlpaarungen zu minimieren, blieb dies ein Problem bei den auf diese Weise hergestellten Legierungstransistoren. Die Silizium-Legierungs-Sperrschicht-Technologie hat das Aufkommen der Silizium-Diffusions-Halbleiter nicht überlebt. Letztere konnte für viele Jahrzehnte jede Anforderung an Halbleiterstrukturen erfüllen [37].

Im August dieses Jahres waren die ersten Früchte der Arbeit von SEILER in der Intermetall-Anzeige in „Funkschau“ zu sehen: Intermetall war das erste deutsche Unternehmen, das einen Silizium-Transistor produziert. Die Werbung vom August 1956 machte deutlich, dass Intermetall jetzt eine vollständige Palette von Halbleitern hatte: HF-Transistoren von sehr spektakulärer Leistung, seit fast einem Jahr Silizium-Sperrschicht-Dioden und jetzt Silizium-Transistoren.

Im November wurde die neue Siliziumtransistor-Typenreihe von der Zeitschrift „Funktechnik“ in einem Artikel mit dem Titel „Erste deutsche Silizium-Transistoren“ umfassend beschrieben: „Während Silizium-Transistoren schon seit einiger Zeit in den USA auf dem Markt sind, ist Intermetall das erste deutsche Unternehmen, das Transistoren mit pnp-Silizium-Übergang herstellt. Es gibt eine komplette Serie für verschiedene Anwendungen: OC430, OC440, OC450, OC460 und OC470. Diese Transistoren sind nicht dazu gedacht, um Germanium-Typen zu ersetzen, sondern sollten überall dort eingesetzt werden, wo zuverlässige Leistung bei hohen Umgebungstemperaturen erforderlich ist“ [39]. Ursprünglich wurden für diese Transistoren die Typenbezeichnungen OC43, OC44, OC45, OC46 und OC47 gewählt, sie wurden jedoch umbenannt, weil Valvo Priorität auf diese Typenziffern für ihre Germanium-Legierungstransistoren hatte [40]. Die neuen Transistoren konnten bei 150 °C betrieben werden und wurden in hermetisch abgedichteten „Subminiatur“-Gehäusen an-

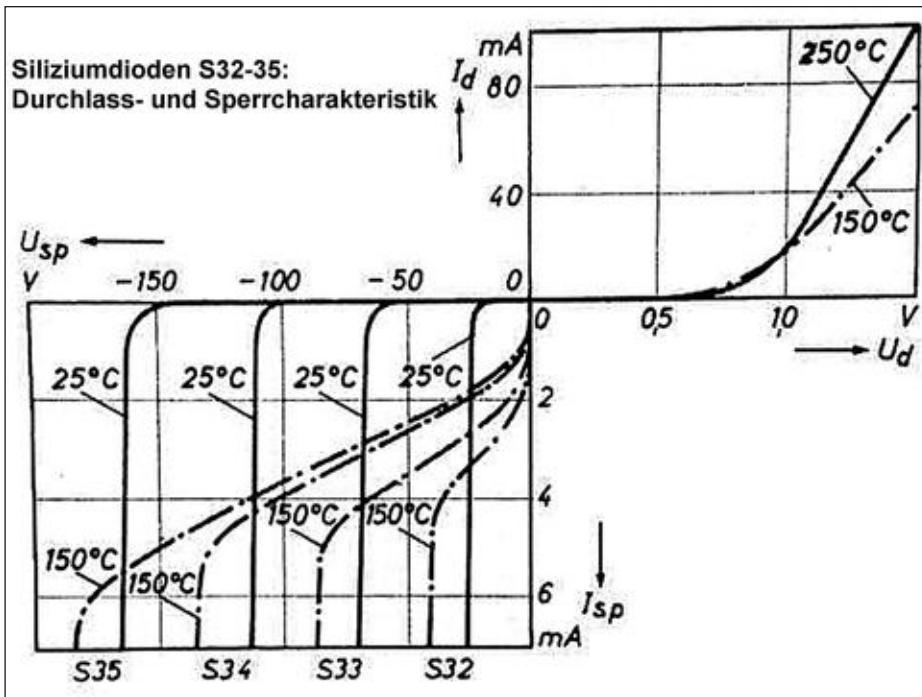


Bild 38. Durch entsprechende Steuerung des Dotierungsniveaus konnte die Durchbruchspannung in Sperrrichtung auf weniger als 10 V reduziert werden, wie bei den ersten Z-Diodentypen Z6 bis Z8 von Intermetall.

Tabelle 8: Kompatible Siliziumtransistoren von Clevite Transistor Products und Intermetall						Gehäuseabmessungen
Intermetall-Typ	OC430	OC440	OC450	OC460	OC470	5 mm Ø, 8 mm lang
Clevite-Typ	2N260	2N260A	2N261	2N262	2N262A	6,4 mm Ø, 7,2 mm lang

geboten (Tabelle 7). Sie waren etwa fünfmal teurer als die Intermetall Germanium-Typen [41].

In den USA wurde die Firma Clevite Transistor Products immer erfolgreicher. Man legte am 8. August 1956 vorläufige Datenblätter bei der JEDEC vor, um fünf Transistoren in der Reihe 2N260 - 2N262A registrieren zu lassen [42]. Die Clevite-Transistoren wurden in ähnlichen Gehäusen eingebaut: Sie waren etwas dicker, aber kürzer als die Intermetall-Versionen. Die Transistoren waren ansonsten äquivalent zu den Intermetall-Typen, wie in Tabelle 8 dargestellt. Die neuen Clevite-Transistoren wurden in den Transistor-Spezifikationen in der Dezember-Ausgabe 1956 im Tele-Tech-Magazin gelistet [43]. Die Intermetall-Typen wurden auch von Brush, der britischen Tochter der Clevite-Gruppe verkauft: Brush Crystal in England verkaufte die Typenreihe der „S“-Dioden mit eigenem Logo gestempelt (Bild 37).

Z-Dioden

Die Intermetall-Siliziumdioden S32 bis S35 hatten eine sehr ausgeprägte Zener-Kennlinie, wie auf der linken Seite der Kurve von Sperrspannung und Strom dargestellt (Bild 38). Intermetall war das erste deutsche Unter-

nehmen, das Z-Dioden (früher „Zenerdioden“) produzierte [44]. Sie wurden in gleicher Weise wie die oben beschriebenen Gleichrichterdiode [37] hergestellt und in ähnlichem Gehäuse wie die Siliziumgleichrichter der Serie „S“ eingebaut. Die Dioden wurden auf einem Glas- und Metallkopf montiert und in einem Metallgehäuse hermetisch verschlossen. SEILER betrachtete diese Entwicklung als ein sehr gutes Beispiel für seine Strategie der schnellen Nachfolge: Intermetall erfand die Z-Diode nicht, sondern baute in Deutschland einen attraktiven Nischenmarkt auf, auf dem man sich sowohl in Deutschland als auch weltweit langfristig auf einer führenden Position behaupten konnte (Bilder 39, 40).

Neue Leistungstransistoren 1957

Anfang 1957 führte Intermetall die neue Serie von Germanium-PNP-Leistungstransistoren ein, die von Clevite Transistor Products in den USA hergestellt wurden. Diese waren alle im modernen TO3-Gehäuse eingebaut mit einer vertieften Evakuierungsöffnung (Bild 41).

Bei den neuen Transistoren handelt es sich um die Typen 2N257 und 2N268 sowie CTP1104, CTP1108, CTP1109 und CTP1111.

Tabelle 7: Intermetall Silizium-Transistoren 1956 [39]

Kenndaten Emitterschaltung bei $-U_{CE} = 5V, I_E = 1mA, f = 1.000\text{ Hz}$	OC430	OC440	OC450	OC460	OC470	Einheit
h_{21E}	10...20	10...20	>10	>20	>20	
h_{22E}	36×10^{-6}	36×10^{-6}	110×10^{-6}	145×10^{-6}	145×10^{-6}	S
h_{11E}	900	900	1.400	1.700	1.700	Ω
h_{12E}	$0,4 \times 10^{-4}$	$0,4 \times 10^{-4}$	$0,65 \times 10^{-4}$	$0,75 \times 10^{-4}$	$0,75 \times 10^{-4}$	
Grenzfrequenz (Basis geerdet) $f_{\alpha CO}$	1,8	1,8	1,8	6	6	MHz
Kollektorkapazität C_{BE}	21	21	21	21	21	pF
Maximalwerte						
Kollektor-Spitzenspannung $-U_{CB\max}$ ($I_E = 0$)	10	30	75	10	30	V
Betriebsspitzenspannung $-U_{CE\max}$ ($I_B = 0$)	10	30	75	10	30	V
Kollektorstrom $-I_{C\max}$	50	50	50	50	50	mA
Kollektor-Reststrom bei						
$-U_{CE} = 10V, I_B = 0$ (typ. und max.)	≈ 5 (<100)			≈ 5 (<100)		nA
$-U_{CE} = 10V, I_B = 0$ (typ. und max.)		≈ 0.4 (<2)			≈ 0.4 (<2)	μA
$-U_{CE} = 10V, I_B = 0$ (typ. und max.)			≈ 0.4 (<2)			μA
$N_C + N_E$ ($t_{umg} = 100^\circ C$)	200					mW
$t_{j\max}$	150					$^\circ C$
Temperaturbereich	-40 to +150					$^\circ C$
Wärmeleitwert $1/\chi$	4					mW/ $^\circ C$

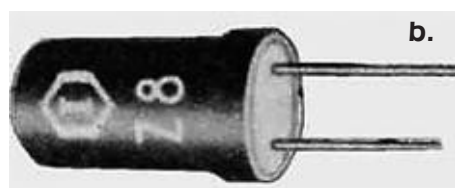
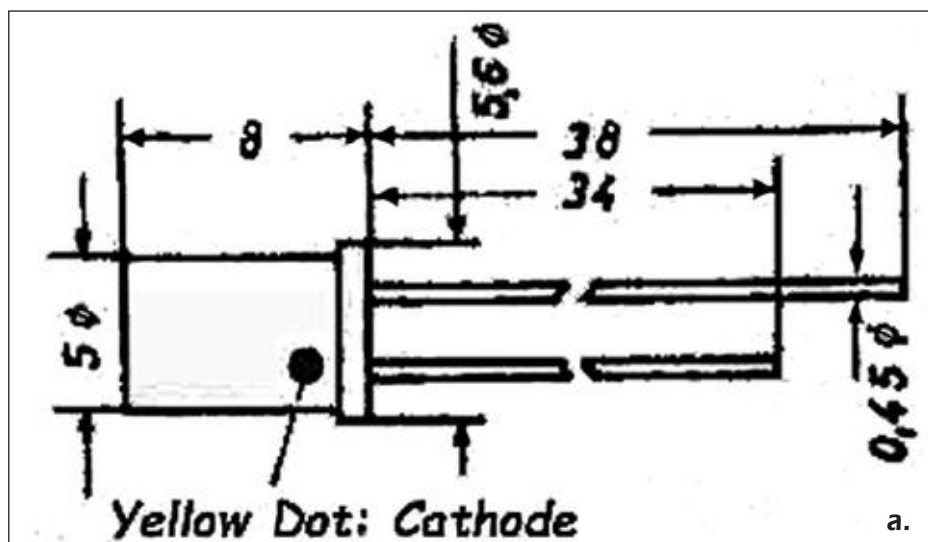


Bild 41. Leistungstransistor von 1957.



Bild 39. Z-Diode Z8: a. Abmessungen [44], b. Ansicht (Bild aus Intermetall-Anzeige in „Kristalldioden- und Transistoren-Taschen-Tabelle 1958“).

Als deren Verlustleistung wurde 15 W, aber jeweils mit unterschiedlichen maximalen Kollektorspannungen und Verstärkungsfaktoren angegeben. Die Typen 2N257 und 2N268 wurden von Clevite in den USA Ende des vorhergehenden Jahres (September bis Dezember) vorgestellt. Es handelte sich um Germanium-PNP-Typen für NF-Leistungsendstufen, die mit einem geeigneten Kühlkörper eine Leistung von 25 W erreichten [45, 46]. Die Typen der CTP-Serie wurden um die gleiche Zeit eingeführt und waren ähnliche Germanium-PNP-Leistungstransistoren, die auch für Leistungsendstufen bis 25 W geeignet waren.

Neue Gleichrichter 1957

Auf der Hannover Messe 1957 stellte Intermetall neue Silizium-Zenerdioden und Silizium-Leistungsgleichrichter vor. Auch SAF kündigte Siliziumgleichrichter an; Siemens und Telefunken hatten Zenerdioden entwickelt. Siliziumgleichrichter eignen sich für höhere Betriebstemperaturen

Bild 43. Dioden und Transistoren der Saison 1957/58 [Handbuch des Rundfunk-u. Fernseh-Großhandels 1957]

Halbleiterdioden									
INTERMETALL		SIEMENS		TEKADE		TELEFUNKEN		VALVO	
FD 3	6,40	RL 31	2,15	GD 3 E	9,-	GSD 1.5/20	3,20	OA 150	1,60
FD 4	3,20	RL 32	1,70	GD 4 E	3,-	GSD 2.5/9	1,75	OA 154 Q ¹⁾	7,-
FD 5	3,80	RL 41	1,70	GD 4 S	2,80	GSD 2.5/15	3,20	OA 159	1,60
FD 6	3,60	RL 43	1,90	GD 5 E	5,35	GSD 4/10	1,75	OA 160	1,60
FD 7	4,60	RL 44	2,25	GD 6 E	3,30	GSD 4/12	1,75	OA 161	1,75
S 32	12,-	RL 231	5,-	GD 8 E	4,95	GSD 5/2	1,60	OA 172 E ²⁾	2,-
S 33	14,-	RL 232	4,20	GD 11 E	2,70	GSD 5/4	1,60	OA 172 P ³⁾	4,10
S 34	17,-	RL 232 B	4,20	GD 12 E	2,80	GSD 5/6	1,60	OA 180	4,50
S 35	21,-	RL 246	4,20	GD 71 E	5,85				
Z 6	15,-	RL 247	4,60	GD 1 P	9,15				
Z 7	15,-	GD 1 E	4,20	GD 1 Q	26,25				
Z 8	15,-	GD 2 E	5,25						

¹⁾ Quartett ²⁾ Einzeldiode ³⁾ Diodenpaar

Transistoren									
INTERMETALL		SIEMENS		TEKADE		TELEFUNKEN		VALVO	
OC 32	6,70	OC 410	20,-	TF 65	10,-	GFT 20	10,-	OC 602	10,20
OC 33	8,80	OC 430	38,-	TF 70	27,-	GFT 21	10,-	OC 602	10,20
OC 34	10,-	OC 440	42,-	TF 71	27,-	GFT 32	13,-	spez.	12,10
OC 37	11,20	OC 450	54,-	TF 72	27,-	GFT 44	17,-	OC 603	13,10
OC 38	10,50	OC 460	48,-	TF 75	15,-	GFT 45	15,-	OC 604	10,20
OC 320	6,70	OC 470	54,-	TF 77	15,-	GFT 2006	42,-	OC 604	10,20
OC 330	8,80	2 N 268	56,-	TF 77/80	16,50	GFT 4012	53,-	spez.	13,10
OC 340	10,-	2 N 257	50,-	TF 80	24,-				
OC 350	10,-	CTP 1104	38,-	TF 80/90	26,10				
OC 350	10,-	CTP 1108	35,-						
OC 390	15,-	CTP 1108	30,-						
OC 400	17,-	CTP 1111	53,-						

Silizium-Leistungsgleichrichter			
INTERMETALL			
OY 6041	20,-	OY 6043	36,-
OY 6042	28,-	OY 6044	42,-
OY 6045	48,-	OY 6046	54,-
OY 6047	60,-		

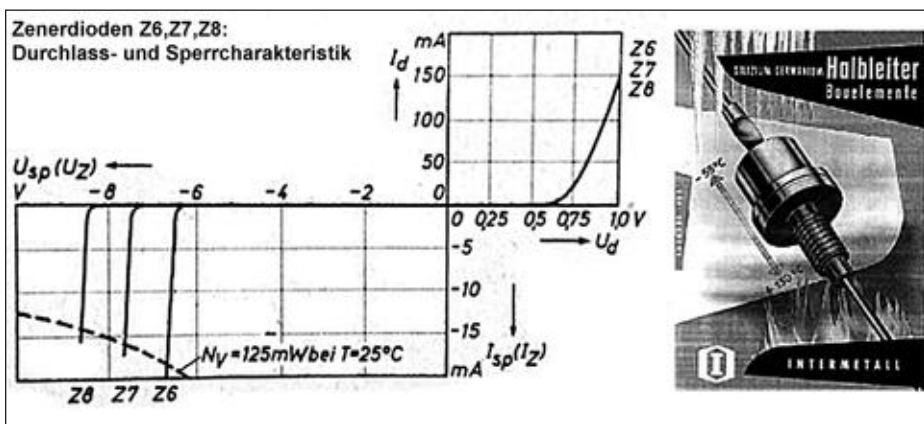


Bild 40. Links: Sperr- und Durchlasskurven der neuen Intermetall Z-Dioden [44]. Rechts: Silizium-Z-Leistungsdioden als Titelblatt des Prospekts Halbleiterbauelemente 1959

und Sperrspannungen, allerdings bei größeren Durchflusswiderständen im Vergleich zu Germaniumgleichrichtern (Tabelle 9) [47].

Bild 43 gibt eine Übersicht der 1957/58 in Deutschland angebotenen Halbleiterbauelemente. Die Intermetall-Ge-Flächendioden FD3 - 6 hatten Abmessungen von nur 6,5 x 3,5 mm². In der Saison 1958 / 59 wurden die ovalen NF-Transistoren OC32 - 34 und OC37 / 38 durch die Typenreihen OC302 - 304 und OC307 - 309 mit zylindrischen Gehäusen abgelöst. Weiterhin kamen die Leistungs-Z-Dioden ZL6, 7 und 8 neu in das Angebot.

Die Bilder 44–47 geben einen Einblick in die Halbleiterfertigung bei Intermetall in den 1950er-Jahren.

Die Brush Clevite Company

Die britische Firma Brush Crystal Company Ltd. aus Hythe, Southampton, wurde von Clevite übernommen und schließlich in Brush Clevite umbenannt. Dieses Un-

ternehmen war bekannt für die Herstellung von Magnetband-Recordern und piezoelektrischen Wandlern in Kopfhörern oder Mikrofonen [48]. Im Jahr 1962 gab es in dem Unternehmen mit 320 Beschäftigten in allen seinen Bereichen eine florierende Halbleiter-Abteilung, die überwiegend Silizium-Transistoren produzierte. [49]. Als Teil der Clevite-Gruppe verkaufte Brush Intermetall-Halbleiter als eigene Marke unter Verwendung eines Logos, das mit dem von Intermetall verwandt ist und sich durch den Buchstaben „B“ innerhalb eines kleinen Diamantlogos unterscheidet (Bild 48).

Interessantes Beispiel für Transistoren von Brush ist die Typenreihe OC700 - OC704, die relativ schnell nach der Einführung wieder zurückgezogen wurde (Bild 49). Die Transistoren sind wahrscheinlich bei Intermetall produziert worden. Es handelt sich um Silizium-Legierungs-PNP-Transistoren der frühen 1960er-Jahre mit 300 mW Leistung für gemischte Anwendungen.

Silizium-Dioden zur Gleichrichtung und Begrenzung von Spannungen bis max. 150 Volt

Silizium-Zenerdioden zur Stabilisierung und Begrenzung von Spannungen im Bereich von 4-9 Volt

Germanium-Niederfrequenz-Flächentransistoren Transistoren für NF-Verstärker, Generatoren, Schalter

Germanium-Subminiatur-Flächentransistoren für Verwendung in Hörgeräten usw.

Ge-NF-Flächentransistoren (Grenzfrequenz 12 MHz) für Oszillatoren, schnelle Schaltstufen, ZF-Verstärker

Ge-Leistungstransistoren für Kollektorverlustleistungen bis max. 15 W

Silizium-NF-Flächentransistoren für NF-Verstärker bei Umgebungstemperaturen bis +150 °C

Germanium-Flächendioden zur Gleichrichtung relativ kleiner Amplituden

Silizium-Leistungsgleichrichter mit Spitzensperrspannungen bis 100 Volt und für Richtströme bis 1 Ampere

An Hand von ausführlichem Prospektmaterial können Sie sich eingehend über Eigenschaften unserer Erzeugnisse informieren.

INTERMETALL
Gesellschaft für Metallurgie und Elektronik m. b. H.
Düsseldorf, Königstraße 14-16, Tel. 10717, Fa. 08582633
Fabrikation und Vertrieb: Zimmerstraße 19-29, Tel. 334666

Bild 42: Intermetall-Bauelemente beworben in „Funk-Technik“ August 1957.

Tabelle 9: Daten der neuen Intermetall Silizium-Leistungsgleichrichter von 1957 [47]

Typ	Spitzensperrspannung		max. Richtstrom in A bei ohmscher Last	Durchlassstrom	
	-U _{sp}	[V]		+I _d [A]	bei +U _d [V]
OY6041	100		1,0	0,35	1,5
OY6042	200		1,0	0,35	1,5
OY6043	300		1,0	0,35	1,5
OY6044	400		1,0	0,35	1,5
OY6045	500		1,0	0,35	1,5
OY6046	600		1,0	0,35	1,5
OY6047	700		1,0	0,35	1,5



Bild 44. Eine große Zahl von weiblichen Arbeitnehmern wurden in allen Bereichen der Verarbeitung und Prüfung beschäftigt.



Bild 45. Empfindliche Operationen wie Lötvorgänge zu Transistorlegierungspunkten wurden mit Hilfe von binokularen Mikroskopen durchgeführt.

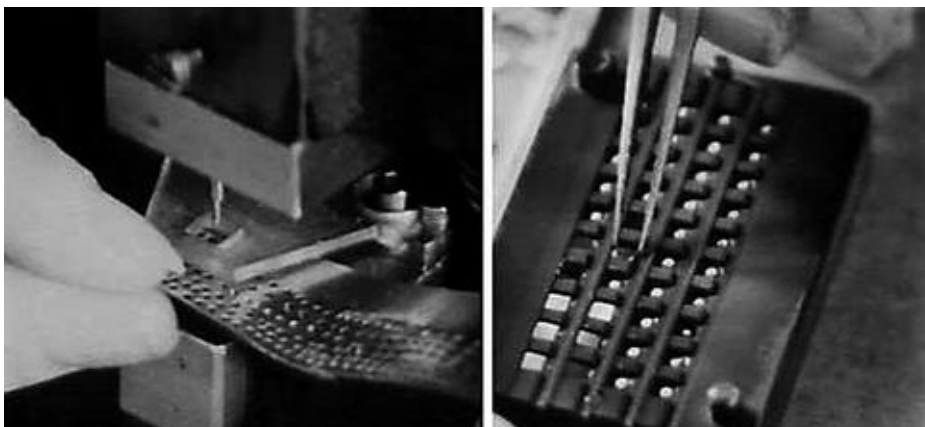


Bild 46. Links: Legierte Punkte wurden aus Metallfolie gestanzt. Rechts: Montage von Bauteilen für 40 Transistoren in einer Spannvorrichtung vor dem Legieren in einem Tunnelofen.



Bild 47. Manche Operationen wurden in einer Handschuhbox durchgeführt, um empfindliche Teile vor der Atmosphäre zu schützen.

Transistoren verschiedener Firmen Ende der 1950er-Jahre

Mit dem Aufkommen der ersten Transistoren für den Mittelwellenbereich von Valvo (OC44, OC45) und Telefunken (OC613, OC612) im Jahre 1957 war der Bau von volltransistorisierten Empfängern möglich. 1959 verzeichnete eine von der „Funk-Technik“ veröffentlichte Umfrage elf Hersteller und 43 von denen produzierte tragbare Empfänger. Von diesen waren 25 „Alltransistor-Geräte“, und drei verwendeten Transistoren nur in den Audio-Stufen. Halbleiter von Valvo oder Telefunken dominierten die Liste, Intermetall-Transistoren waren hier nicht zu finden [50].

Erste Transistoren für den FM-Bereich (Valvo OC170 und Telefunken OC614) wurden 1958 beworben. Die ersten westdeutschen tragbaren FM-Volltransistor-Radios kamen von Neckermann (Typ „920/30“) und Südfunk (Typ „K986“), beide hergestellt von Südfunk. Im FM-Tuner wurden zwei Transistoren OC615 von Telefunken verwendet. Noch im Frühjahr 1959 waren andere deutsche FM-Geräte mit Batterieröhren ausgestattet. Erst Mitte des Jahres wurden volltransistorisierte FM-Empfänger von Grundig, Philips, Schaub-Lorenz und Telefunken produziert.

Der Germanium-Typ OC170 von Valvo war ein diffundiertes „Pushed Out Base“-Design, das von der Philips-Gruppe entwickelt worden war. Telefunken übernahm die Germanium-Diffusions-Drift-Technologie. Diffundierte Strukturen ermöglichten höhere Frequenzen, die zu diesem Zeitpunkt von Intermetall nicht angeboten wurden.

Die Auflistung in Bild 50 lässt die seinerzeit führende Position von Intermetall bei Silizium-Transistoren erkennen. Das Unternehmen war im Jahr 1956 als erstes auf dem Markt und blieb es bis zum Ende des Jahrzehnts. Man hatte nicht in Diffusionstechnologie investiert und war deswegen bei den Hochfrequenzeigenschaften zurückgeblieben.

Eine neue Dekade: die 1960er-Jahre

Im Jahr 1960 boomte die deutsche Wirtschaft. Die Produktion stieg in allen Bereichen, vor allem bei Konsum-

gütern. Die Hersteller hatten große Probleme genügend Arbeitskräfte zu finden, um mit den Anforderungen der Produktion Schritt halten zu können.

Zum Beispiel schrieb die „Funkschau“: „Tekade ist mit der Fertigung der bestehenden Typen so ausgelastet, dass auf automatische Fertigung umgestellt werden soll und Neuentwicklungen vorerst zurückgestellt werden, obgleich das Halbleiterlabor unter Professor Mataré äußerst interessante Entwicklungen in Arbeit hat“ [51].

MATARÉ war 1960/61 in Europa und arbeitete für Tekade in Nürnberg. Er brachte aus den USA vor allem die Technologien für die Herstellung von Kapazitätsdioden mit. Folgende sechs Kapazitätsdioden wurden 1961 bei Tekade gelistet: C7, C10, C15, C20, C25, C40 [52]. Trotz aller Anstrengungen gab das Unternehmen die Halbleiterfertigung auf. Im Handbuch des Rundfunk- und Fernsehgroßhandel 1962/63 werden keine Tekade-Halbleiter mehr gelistet.

Wird in der nächsten Ausgabe der Funkgeschichte fortgesetzt.



Bild 48. Brush-Halbleiter waren mit dem Buchstaben „B“ innerhalb eines kleinen Diamantlogos gekennzeichnet.



Bild 49. OC700 von Brush. Bild und Daten mit freundlicher Genehmigung von Andrew Wylie

Autor:
Wolfgang Gebert
10719 Berlin

Bild 50. Transistor-Übersichtstabelle aus dem Handbuch des Rundfunk- und Fernseh-Großhandels 1959/60.

Quellen:

- [34] Seitz, F., Einspruch, N.: The Tangled History of Silicon. University of Illinois Press 1998.
- [35] Burgess, M.: From Transistor to Spacistor <https://sites.google.com/site/transistorhistory/Home/us-semiconductor-manufacturers/raytheon-part-one-2>.
- [36] Burgess, M.: First Silicon Transistors. http://www.radiomuseum.org/forum/first_silicon_transistors.html.
- [37] Seiler, K.: Physik und Technik der Halbleiter. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M.B.H. Stuttgart 1964.
- [38] Richter, H.: Transistor Praxis. 3. Auflage. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1958.
- [39] Die ersten deutschen Silizium-Transistoren. Funk-Technik 1956, H. 22, S. 648.
- [40] Gebert, W.: 2014 The first German silicon transistors. http://www.radiomuseum.org/forum/first_silicon_transistors.html
- [41] Bauteile-Katalog Walter Arlt 1957, S. 442.
- [42] Joint Electron Tube Council Electron Device Registration Release 1739 September 17th, 1956.
- [43] 1957 Transistor Specifications. Tele-Tech and Electronic Industries December/1956, S. 53.
- [44] Lennartz, H.: Zener Dioden. Funk-Technik 1957, H. 9, S. 281–283.
- [45] Joint Electron Tube Council Electron Device Registration Release Release 1743. September 24th, 1956.
- [46] Joint Electron Tube Council Electron Device Registration Release Release 1804. December 17th, 1956.
- [47] Lennartz, H.: Neue Germanium und Silizium Gleichrichter. Funk-Technik 1957, H. 14, S. 470–471.
- [48] Lake, A.: Transnational Activity and Market Entry in the Semiconductor industry. Working paper 126 March 1976. National Bureau of Economic Research, Inc. New York.
- [49] A Guide to the Transistor Industry. New Scientist, 25 January 1962, S. 211–214.
- [50] Reiseempfänger. Funk-Technik 1959, H. 6, S. 164–167.
- [51] Limann, O.: Halbleiter und Mikro-Bauelemente (Messe Hannover). Funkschau 1960, H. 11, S. 267–269.
- [52] Firmenunterlagen TEKADE Nürnberg Ausgabe Juni 1961.

Transistoren											
INTERMETALL						TEKADE					
OC 303	4,60	OC 351	12,—	OC 430	24,—	GFT 20	8,—	GFT 34	13,—		
OC 304	5,90	OC 361	10,80	OC 440	32,—	GFT 21	10,—	GFT 43	18,—		
OC 305	5,50	OC 382	11,10	OC 445	40,—	GFT 22	11,—	GFT 44	16,—		
OC 307	7,—	OC 383	11,40	OC 450	54,—	GFT 25	9,—	GFT 45	14,—		
OC 308	8,—	OC 390	9,—	OC 460	32,—	GFT 31	11,20	GFT 3008/40, 60, 80	Preis		
OC 309	8,40	OC 400	9,60	OC 465	40,—	GFT 32	12,—	GFT 4012/30, 60	/ auf Anfr.		
OC 330	5,—	OC 410	15,—	OC 470	54,—						
OC 340	9,—			OC 430 K	27,—						
OC 350	5,50	CTP 1104	14,—	OC 440 K	35,—						
OC 360	9,—	CTP 1108	14,—	OC 445 K	43,—						
OC 331	10,—	CTP 1109	16,—	OC 450 K	57,—						
OC 341	10,60	CTP 1111	40,—	OC 460 K	35,—						
OC 342	10,80	2 N 257	24,—	OC 465 K	43,—						
OC 343	11,—	2 N 268	56,—	OC 470 K	57,—						
SIEMENS						TELEFUNKEN					
TF 49	14,—	TF 77/30	16,50	TF 90/80	40,—	AC 105	Preis	OC 604	13,10	OC 615	Preis
TF 65	10,—	TF 78	15,—	TF 90	28,—	auf Anfr.	spez.	OC 612	16,50	auf Anfr.	
TF 65/30	10,60	TF 78/30	16,50	TF 90/30	31,—	OC 602	10,20	OC 613	17,70	OC 622	13,75
TF 70	27,—	TF 80	24,—	TF 90/60	42,—	OC 602	spez.	OC 614	Preis	OC 623	14,50
TF 71	27,—	TF 80/30	26,10	TP 50	30,—	OC 603	12,10	auf Anfr.		OC 624	13,75
TF 72	27,—	TF 80/60	36,—	TP 60	45,—	OC 604	10,20			OD 603	24,40
TF 77	15,—										
						VALVO					
						OC 16	31,20	OC 58	18,75	OC 74	14,10
						2-OC 16	62,40	OC 59	22,90	2-OC 74	28,20
						OC 30	22,40	OC 60	22,90	OC 75	10,20
						2-OC 30	44,80	OC 70	10,20	OC 76	13,—
						OC 44	17,70	OC 71	10,20	OC 77	19,80
						OC 45	16,50	OC 72	13,—	OC 170	24,—
						OC 57	18,75	2-OC 72	26,—	OC 171	34,—

Ziehe nachträglich meine Baskenmütze!

Leserbrief von Oswald Müller zum Beitrag „Tonbandgerät selbst gebaut“



Warum ein Tonbandgerät selbst bauen? Bei der Einteilung Deutschlands in vier Besatzungszonen kam meine Heimatstadt Karlsruhe gerade noch zur amerikanischen Zone; die französische begann keine 25 km südlich davon. Die Amerikaner installierten

Bild 1. Aller Anfang ist schwer! Eigenbau eines Löschkopfes auf Basis eines Ferrit-Ringkerns; erinnert ein wenig an den ersten Ringkopf von Eduard Schüller, den er 1933 vorstellte.

¹ Unter „V-Disc“, einer Abkürzung für „Victory Disc“ (deutsch: „Schallplatten für den Sieg“), verstand man im Zweiten Weltkrieg Schallplatten, welche gängige Unterhaltungsmusik (wie Schlager, Tanzmusik, Swing von Artie Shaw, Fats Waller, Frank Sinatra und Glenn Miller) enthielten und den GIs aus der Heimat als „Tornister-Ausgaben“ zur moralischen Stärkung übersandt wurden.

bald „Amerikahäuser“ und „Civic Center“ sowie ihren Soldatensender AFN (American Forces Network). Gerade die Jugend sollte mit der amerikanischen Kultur vertraut gemacht werden: Tatsächlich begeisterte uns die flotte Musik der AFN-Sender auf Mittelwelle. Es entstand der Wunsch, diese Sendungen aufzunehmen. So wurden Jugend- und Jazz-Clubs gegründet. Wer einen Plattenspieler besaß und die „V-disc“¹ der US-Army organisieren konnte, war darüber mehr als erfreut. Diese auf Magnetbänder zu kopieren, war ebenfalls ein Grund zum Basteln!

Erste Experimente mit dem neuen Medium „Tonband“

Wenn ich von „wir“ spreche, dann deshalb, weil auch ein Schul- und Bastelfreund parallel ein solches Selbstbauprojekt betrieb. Er hieß zufällig auch GERHARD (GERD) mit Vornamen. So tief „unten“ wie der Autor MESCH begannen wir allerdings nicht! Meine Voraussetzungen waren nämlich günstiger, weil meine Eltern ein Elektrogeschäft betrieben und hier auch Radios verkauften.

Eine Bestellung bei der „Badischen Anilin- und Soda-Fabrik“ (BASF) von 1.000 m Tonband konnte 1949 deshalb ohne Probleme abgewickelt werden. Es kostete damals 22,50 DM. Wir hatten auch zum Studio Karlsruhe des SDR und zur Musikhochschule (das Konservatorium hatte schon damals ein kleines Tonstudio) Kontakte geknüpft, wo wir gebrauchte Bänder bekamen.

Anders sah es mit der Technik aus: Hier mussten wir improvisieren. So fing ich auch mit einem Plattenspieler als Bandvortrieb an (August 1949); der Rückspulmotor war irgendein Ausschlacht-Elektromotor. Schon die Bandteller waren ein Problem – wir benutzten Kuchenbleche aus Aluminium. Trotz sorgfältigster Zentrierung „eierten“ die Teller etwas.

Am Himmelfahrtstag im Mai 1949 entdeckten wir bei einer „Konditor-Ausstellung“ (!) auf dem Stand von Radio Freytag, des größten Radiohändlers in Karlsruhe, ein „Vollmer“-Tonbandgerät (kostete damals 830 DM). Unserer Bitte, ein Band mit Radio-Musik zu bespielen, wurde entsprochen, und wir holten „Stante pede“ unser Bandmaterial. Jetzt hatten wir ein Referenzband für die Wiedergabe-Forschung!

Aus jenen Tagen blieb mir noch ein selbstgefertigter Löschkopf (Bild 1), gespeist von einer WM-Röhre RL12P10! Der Löschkopf wurde im Betrieb so heiß, dass beim Bandstop das Magnetband vom Löschkopf sofort abgehoben werden musste, sonst schmolz oder „verkrummelte“ das kostbare Bandmaterial! Mit die-

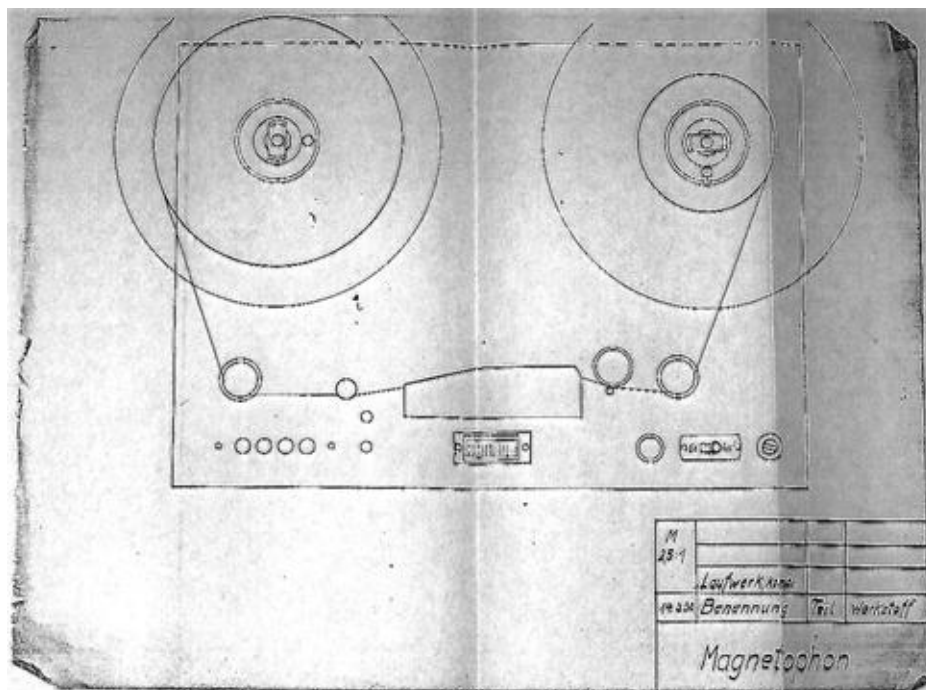


Bild 2. Bandlaufwerk. War die Laufrichtung im ersten Entwurf von 1949 noch von rechts nach links, passte ich dieses der Gepflogenheit der AEG-Studiomaschinen an. Ein Jahr später war diese Konstruktionszeichnung Vorgabe für ein Laufwerk mit drei Motoren und drei Köpfen.

ser Anordnung wurden erste Erfahrungen gesammelt. Ein Bandschnitt war natürlich nicht möglich, da sich die Bandgeschwindigkeit laufend mit dem sich änderndem Wickeldurchmesser veränderte.

Vorhandene Meßgeräte

Im Elektrogeschäft meines Vaters gab es einige Volt-Ampere-Meter, Ohmmeter (Siemens „Zappelman“), auch Vielfachinstrumente, z. B. „Mavometer“. Sogar ein einfaches Röhrenprüfgerät vom Typ „Excelsior“ (Werk Kiese Wetter/Leipzig) für WM-Röhren wie P700 / P800 / P2000 o.ä. war vorhanden. Dafür baute ich Adapter auf 5-Stift-Europa-Sockel. Mein Mitstreiter GERD baute einen Schwebungssummer, und ich steuerte einen Kathodenstrahloszillografen mit der Röhre DG7-2 bei.

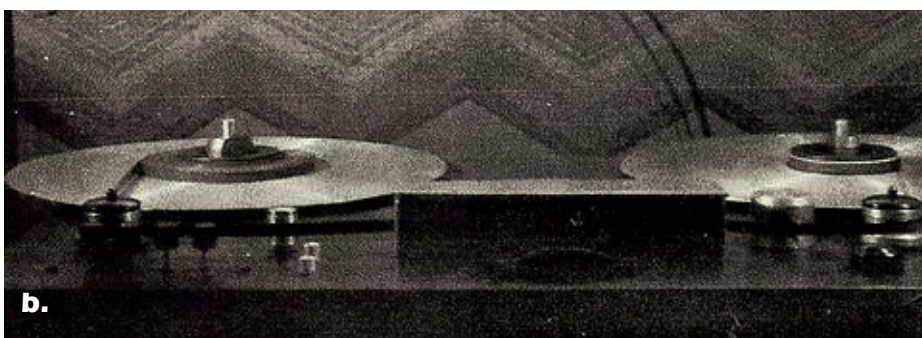
Eine einfache Methode zum Test der Gleichlauf Eigenschaften war die Darstellung einer Lissajou-Figur mit 50 Hz. Dabei wurde die 50-Hz-Aufzeichnung mit der Netzfrequenz verglichen. Sie war für unsere Zwecke ausreichend genau genug und auch konstant. Eine Umdrehung der Lissajou-Figur um 360 Grad ergibt einen Gleichlaufunterschied von 0,03 %. Ein Gleichlauffehler von 1 % entspricht ungefähr 30 U/min.

Literaturstudium zum „Schlaumachen“

Den Fachleuten waren Artikel und Beiträge zur Magnetton-Technik bereits Mitte der 1930er-Jahre zur Kenntnis gelangt. Die Allgemeinheit erfuhr dagegen erst nach 1945 von dieser neuen Aufnahmetechnik. Wir mussten wie weiland die Mönche mangels Kopiermöglichkeit interessante Beiträge per Hand abschreiben (siehe mein Ringheft mit Datum März 1949, Bild 7). Ab 1950 setzte in der Fachpresse eine wahre Flut von Artikeln über dieses Thema ein, und viele Bauanleitungen machten die Runde, so z.B. vom Wiener Erb-Verlag in der „Radio-Technik“. Mein erstes Buch zum Thema stammte auch von diesem Verlag [4]. Zur autodidaktischen Weiterbildung gehörten auch Vorträge. Ich war Mitglied im „Radio-Club Karlsruhe“, ein Ableger des „WBRC“ (= Württemberg-Badischer Radio Club), ein Vorläufer des heutigen „DARC“.



Bild 3. Fortschritte beim Bau des Laufwerks, noch ohne die Pabst-Motoren und mit unlackierter Eisenplatte. Für die AEG-Bobbies (anfangs mit 70 mm Durchmesser) mussten ferdergestützte Verriegelungen angefertigt werden (Siemens-Lehrwerkstatt). Die Tellerantriebe waren Staubsaugermotoren. Das Vierfach-Drucktastenaggregat stammte aus einem amerikanischen Batterieempfänger. a. Seitenansicht, b. Frontansicht.



Eine Programm-Vorschau für 1951 (Bild 5) ist noch erhalten, u. a. mit dem Thema „Ton-speicherverfahren“, das uns besonders ansprach. Für den 30. Januar hatten wir in mühseliger Arbeit ein Tonband als eine Art „Gehör-Rätsel“ vorbereitet: Aufnahmen vom UKW-Radio, Mittelwelle, Eigenaufnahme eines Violinspielers und Schallplatte. Die Ansagen machten wir abwechselnd selbst. Ein Versprecher (statt „Kadenz“ sagte ich „Kandenz“) und wir mussten heraus-schneiden.

Wir hatten aller-



Bild 4. Archivband: Die „Melodiers“ spielten in Nürnberg im „American Club“. Die Halbruine des ehemalige Künstlerhauses wurde nach 1945 von den Amerikanern als Vergnügungsort und Sendestation des AFN genutzt (Abbildungen dieses Gebäudes finden sich im noch heute erhältlichen „Stadtführer Nürnberg“).

Der Beitrag „Tonbandgerät selbst gebaut“ in Funkgeschichte 229 hat in mir Erinnerungen ausgelöst, da ich (wir) im betreffenden Zeitraum auch den Selbstbau eines solchen Gerätes wagten. In der Zeitschrift Funkgeschichte konnte man im Jahr 2002 schon einmal von einem „Tonbandler“ lesen [2]. HENNING BRANDES beschrieb sein „Tonstudio“, benutzte dafür aber käufliche Tonbandgeräte. Jahre später konnte er seine Erfahrungen und Kenntnisse noch einmal sinnvoll anwenden, um dem „Elektronikmuseum Tettngang“ zu einer Attraktion zu verhelfen [3]. Es wäre begrüßenswert, wenn in der „Funkgeschichte“ der „Studio-Thematik“ als Grundbaustein aller Rundfunk- und Fernseh-Darbietungen zukünftig mehr Gewicht beigemessen würde (Anm. der Redaktion: Gerne! Wer kann Beiträge liefern?).

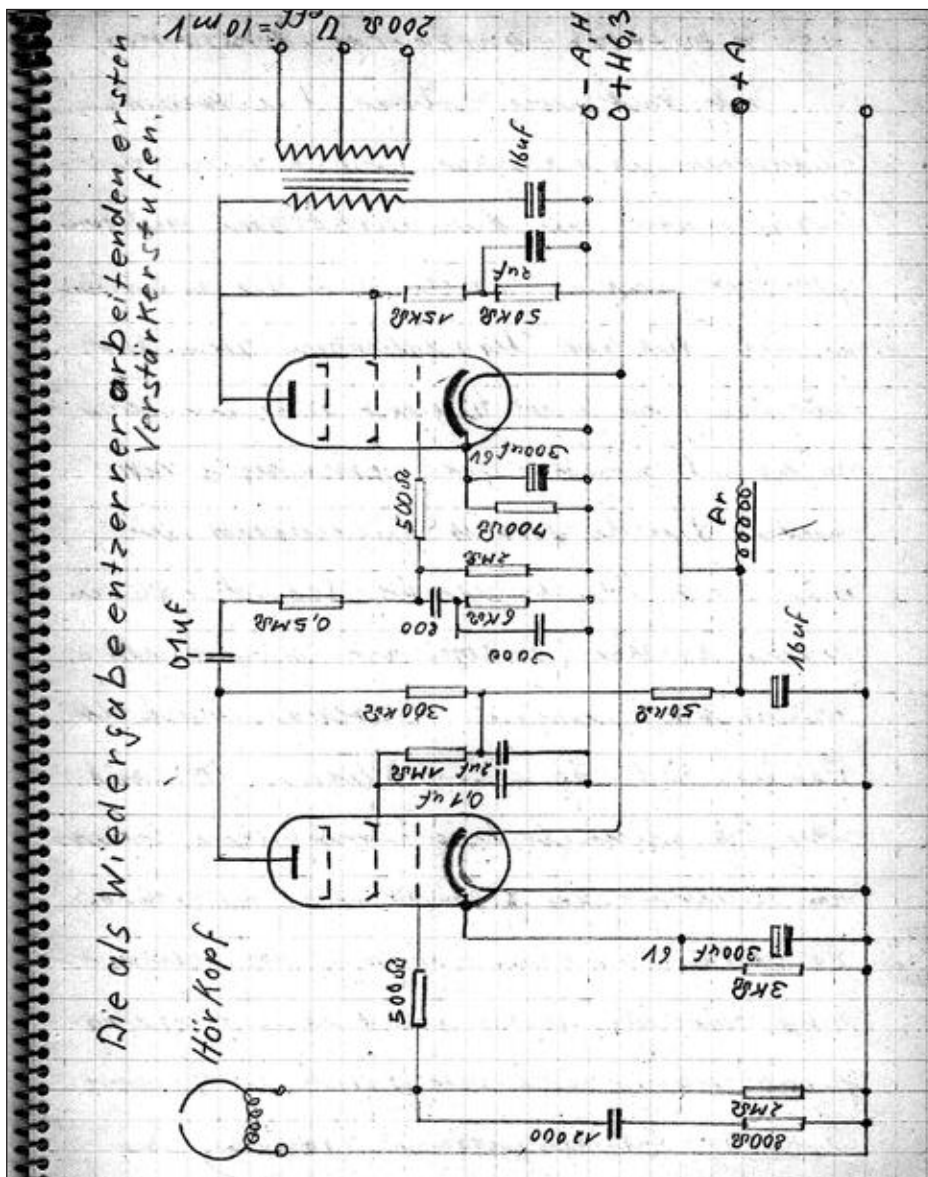


Bild 7. Diese (Teil-)Schaltung der AEG-Maschine K4 (noch mit Gleichstrom-Löschen und-Vormagnetisierung!). Entspricht der in [1] mit Bild 3 bezeichneten Schaltung.

ding's Pech: Kein Tonbandgerät kam zur Vorführung! Dipl.-Ing. BUCHTA von Siemens als Vortragender hatte nur ein „Dimafon“, ein Diktiergerät mit „jämmerlicher“ Musikwiedergabe!

Die nächste Bauphase

Unsere Vorbilder waren die Laufwerke der AEG. Konstruiert wurde ab März 1950 (s. Zeichnung vom 14. März 1950 auf Bild 2). Nach Selbstanfertigung einiger Laufwerksteile, die

nicht den Anforderungen genügten, gingen wir zum Kauf derselben über: Umlenkrollen, Köpfe usw. Ein bekannter Lieferant, Dr. GEORG PULUY, saß in Bayreuth. Eingangs- und Ausgangs-Übertrager im Wiedergabe-Entzerrer, HF-Trafo für Löschgenerator, Kernbleche für Köpfe, Wickelkörper hierfür, Abschirmhauben aus Mu-Metall – die ganze Palette war im Angebot. Über meinen Vater bestellte ich auch einen „Pabst“-Außenläufermotor, der verschlang einen ganzen Lehrlings-Monatslohn von 50 DM. Montagegrundlage war eine Rahmenkonstruktion aus Winkeleisen, auf der eine 5 mm starke Eisenplatte montiert wurde.

Diese Platte wurde mit dem in dieser Zeitepoche oft verwendeten „Kristall-“ oder „Kräusel-Lack“ in Schwarz überzogen. Die Erhitzung und Aushärtung erfolgte im Backofen meiner Eltern. Die Mutter war „not amused“, weil danach dort für lange Zeit kein Kuchen mehr gebacken werden konnte.

Um es kurz zu machen: Nach vielen Mühen und Rückschlägen war meine Apparatur etwa Mitte 1951 vorführbereit. Es wurden Aufnahmen der Schülerband „Die Teddies“ im Civic-Center erfolgreich ausgeführt, im Dezember 1951 Aufnahmen in einem Ami-Club mit Kondensator-Mikrophon SM22 [5]. Nun wurde auch mit dem Aufbau eines Bandarchivs begonnen.

Im Jahr 1952 verkaufte ich das selbstgebaute Magnetongerät an einen Bekannten (was ich heute sehr bedaure) und kaufte dafür Bauteile zum Selbstbau eines Fernsehgerätes. Aber dies ist eine andere Geschichte, und der Leserbrief sollte ja nicht zu umfangreich werden. Ich kann auf jeden Fall sehr gut nachvollziehen, mit welchen Problemen der Verfasser HANS G. MESCH zu kämpfen hatte und ziehe nachträglich meine Baskenmütze, die in den 1950er-Jahren auch gefragt war, wenn man in einen Jazzkeller hinunterstieg.

Autor:
Oswald Müller
76187 Karlsruhe

Schlussbemerkungen

Zum Abschluss muss leider noch auf einen Irrtum im Beitrag „Tonbandgerät selbst gebaut“ [1] hingewiesen werden: Die in Bild 3 gezeigte Schaltung ist kein „zusätzlicher Aufsprecherverstärker“, sondern ein Wiedergabeverstärker, wie er ursprünglich in der AEG-Maschine „K4“ verwendet wurde! Trotz dieses „Patzers“, der eigentlich nur den mit der Thematik der Magnetton-Technik vertrauten Leser auffallen wird, birgt der Beitrag noch interessante Details, z.B. in Bild 4 der „Bastelbude“ des Autors MESCH. Ich entdeckte hier den wohl berühmtesten WM-Tornister-Empfänger „Berta“, der nach 1945 vielen Funkamateuren als Stationsempfänger diente. Dann der Hinweis „unter dem Dach“ – auch ich hatte als Schüler bis 1948 zeitweilig eine unbeheizte Mansarde als Lern-, Bastel- und Schlafstätte. Mit Hilfe der „Elektrizität“ war für einige Stunden ein Arbeiten möglich. Als „Kriegskinder“ waren wir nicht so verwöhnt wie nachfolgende Generationen...

Bild 6. Zum HF-Trafo mit Ferritkern lieferte die Firma Puluy dieses Schaltbild. An Stelle der EL11 sah ich eine RL12P10 vor, die damals leichter zu haben war.

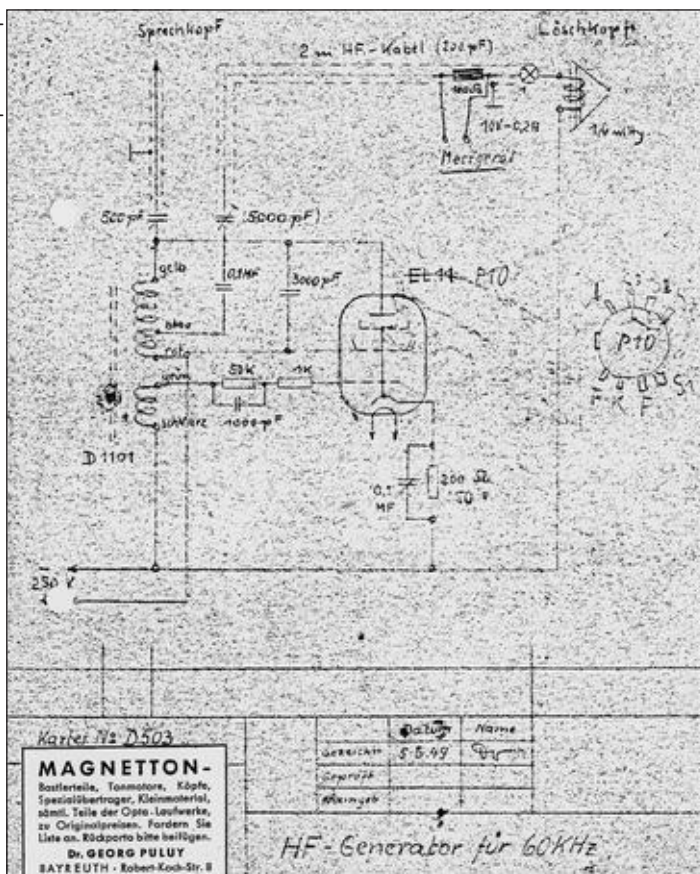


Bild 5. Programm des „Radio-Club Karlsruhe“ für den Januar 1951.

Radio-Club Karls

Karlsruhe, den 20. Dezember 1950.

Liebe Clubfreunde!

Zunächst möchten wir Ihnen zum Weihnachtsfest und zum kommenden Jahreswechsel alles Gute wünschen.

Der Januar 1951 bringt als Auftakt eine Reihe von Veranstaltungen, an denen auch Sie sicher Interesse finden werden.

An unseren Dienstag-Clubabenden bringen wir nach dem Start im Kaffee Schmuster eine Vortragsreihe über "Tonspeicherverfahren" mit interessanten Vorführungen. Bitte versäumen Sie nicht, sich diese Abende freizuhalten!

Und hier unser Januar-Programm: **1951**

Dienstag, 9. Jan.: 20 Uhr Kaffee Schmuster (Am Stadtgarten 11): "Zeitschriftenschau" von E. Neubert.

Donnerstag, 11. Jan.: 20 Uhr Clubheim (Renckstraße 5) "Einführung in die Radio-Technik v. E. Neubert" 1. Abend.

Dienstag, 16. Jan.: 20 Uhr Fichteschule (Sofienstraße) "Tonspeicherverfahren" (Nadeltongeräte) 1. Abend.

Mittwoch, 17. Jan.: Besichtigung Studio Karlsruhe. - Treffpunkt am Eingang Kriegsstr. um 20 Uhr (Vor Anmeldung erf.)

Donnerstag, 18. Jan.: 20 Uhr Clubheim "Einf. i. d. Radiotechnik" 2. Abend

Dienstag, 23. Jan.: 20 Uhr Fichteschule "Tonspeicherverfahren" 2. Abend: Lichttongeräte

Donnerstag, 25. Jan.: 20 Uhr Clubheim "Einf. i. d. Radiotechnik" 3. Abend

Dienstag, 30. Jan.: 20 Uhr Fichteschule "Tonspeicherverfahren" 3. Abend: Magnettongeräte

Mittwoch, 31. Jan.: Besichtigung des Rundfunkwerkes der Siemens & Halske AG; Treffpunkt Eingang Brauerstr. 14 Uhr - Voranmeldung ist erforderlich! - Faschings-Dienstag ist kein Clubabend!

Im Februar: Besichtigung des Großrundfunksenders Mühlacker. Zu sehen sind dabei: 2 Mittelwellensender, 1 Kurzwellensender, 1 UKW-Sender und der neue Sendemast.

Der Vorstand.

Literatur:

- [1] Mesch, H. G. (Übersetzung P. v. Bechen): Tonbandgerät selbst gebaut. Funkgeschichte 229/2016, S. 187–191.
- [2] Brandes, H.: Als Tonbandler in den 50er Jahren. Funkgeschichte 146/2002, S. 325–328.
- [3] Brandes, H.: Restaurierung eines WSF-Tonstudios. Funkgeschichte 163/2005, S. 241–245.
- [4] Krones, F.: Die magnetische Schallaufzeichnung in Theorie und Praxis. Verlag B. Erb, Wien 1952.
- [5] Müller, O.: Siemens- (Thermos)Flasche – ein Kondensator-Mikrofon der 50er Jahre. Funkgeschichte 179/2008, S. 68–74.

Frühe Literatur zur Theorie der Magnetton-Technik:

- [6] Lübeck, H.: Die Grundlagen des Magnetophon-Verfahrens. Funk-Technik 1947, H. 5, S. 11–13 und H. 6, S. 9–11.
- [7] Schmidbauer, D.: Das Magnetophon und seine physikalischen Grundlagen. Funkschau 1949, H. 4, S. 59–60. und H. 5, S. 90.

Lasst uns die „Funkgeschichte(n)“ wiederbeleben!

Aufruf zum Mitmachen von Hartmut Schmidt

Die „Funkgeschichten“ wiederbeleben? Wie denn das? Nie zuvor war unsere „Funkgeschichte“ so lebendig und attraktiv wie gerade jetzt, oder? Das stimmt sicher – aber die „Funkgeschichte“ hat eine lange Tradition und die frühen Hefte bergen darum manchen Schatz, der sich heute nur mit viel Mühe heben lässt. Zwar sind inzwischen alle Hefte auf unserer Homepage zu finden – dem Archiv sei Dank! Im Zeitalter der allgegenwärtigen Computer und Suchmaschinen sollte eine Suche kein ernsthaftes Problem sein, oder? Tatsächlich existieren die frühen Hefte nur als gescannte Bilder und daran scheitern heutige Suchmaschinen. Wer also beispielsweise Informationen zur „Pfeifenden Johanna“ sucht, wird alle diese Hefte durchlesen müssen – wahrlich keine leichte Aufgabe...

Und darum – so die Sorge – liegen die frühen Hefte zwar vor, werden aber tatsächlich kaum genutzt, weil

es ziemlich mühsam ist, bestimmte Themen aufzufinden. Um das zu ändern, müssten die alten Texte so umgewandelt werden, dass man sie einfach durchsuchen kann. Dieser Aufgabe haben sich jetzt einige GFGF-Mitglieder gestellt. Sie wollen die frühen Hefte der „Funkgeschichte“ so bearbeiten, dass daraus durchsuchbare Dateien entstehen. Mit heutigen Programmen (Stichwort OCR) ist das eigentlich kein Problem – wenn man eine gewisse Fehlerquote akzeptieren kann.

Genau da aber liegt der Hase im sprichwörtlichen Pfeffer – wenn das OCR-Programm aus irgendeinem Grund statt „Pfeifende Johanna“ eine „Pfeifende Johama“ (oder gar „Keifende Johanna“) erkennt, wird die Suche später erfolglos sein. Im Klartext: Die per OCR umgewandelten Dateien brauchen eine Nachbearbeitung, die solche Fehler ausmerzt.

Das ist zwar bedeutend weniger

Arbeit als wenn man alle Hefte neu abtippen würde – aufwendig ist es aber trotzdem. Und weil eine große Last von vielen Schultern leichter zu tragen ist als von wenigen, bitten wir um Mithilfe. 150 Hefte der FG müssen gelesen und korrigiert werden – wo nötig (20 sind schon fertig...).

Wenn sich also zehn Helfer finden, wären das 15 Hefte für jeden...

Aus der bisherigen Erfahrung kann ich sagen, dass es durchaus auch spannend ist, einfach mal zu lesen und zu erleben, was in früheren Jahren in der GFGF passiert ist, welche Themen, Tipps und Kniffe behandelt wurden.

Wer also mittun möchte, melde sich bitte bei mir

Funkgeschichte auf Münzen

Buchbesprechung

Bodo G. Heyne: Radio- und Rundfunk-Motive auf Münzen, Medaillen, Marken, Banknoten und Aktien. Eigenverlag, Berlin 2016. 245 S., 27,90 €
Bestellungen bei Bodo Heyne, Großbeerenstraße 60, 10965 Berlin

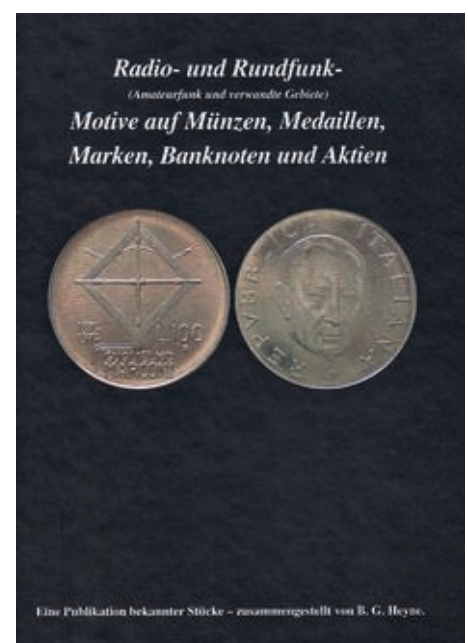
Münzen und Medaillen werden seit vielen Jahren mit Bildern, Portraits und Motiven aus allen Bereichen des Lebens versehen. Auch zu den Themen der Funktechnik gibt es viele Exemplare. Das macht sie natürlich nicht nur für ausgesprochene Numismatiker, sondern auch für diejenigen interessant, die sich mit der Geschichte des Funkwesens befassen. Handelt es sich doch zumeist um Münzen und Medaillen, die anlässlich eines Jubiläums oder Gedenkens an eine für diesen Bereich wichtige Persönlichkeit herausgegeben wurden.

GFGF-Mitglied BODO G. HEYNE, Münzsammler und Kenner der Geschichte der Rundfunktechnik, hat in einem umfangreichen Werk die Informationen der für dieses Fachgebiet relevanten Prägestücke zusammengestellt. Eingeleitet wird das Buch mit einem tabellarischen Überblick der Funkhistorie. Das erleichtert dem Leser die Einordnung der Ereignisse, auf die sich die jeweiligen numismatischen Stücke beziehen. Danach werden die einzelnen Münzen und Medaillen im Einzelnen mit Bildern und ihren jeweiligen Daten detailliert dargestellt. Zum Schluss findet der Leser auch noch Informationen über Banknoten und Aktien, die diesem Themengebiet zugeordnet werden können.

Insgesamt ein Buch, das unter einem eigenen Aspekt die Geschichte der Funktechnik betrachtet, und deshalb nicht nur für Numismatiker, sondern auch für alle diejenigen in-

teressant ist, die sich mit Technikgeschichte befassen.

Peter von Bechen



Radio – TV – Schallplatte: Die besten Jahre

Buchbesprechung

Reinhard Bogena: Radio, TV, Schallplatte. Erinnerungen an die Nachkriegsjahre. 112 Seiten, zahlreiche Bilder. Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd 2016. ISBN 978-3-95747-049-2, 17,80 €.

Ja, es waren wirklich bemerkenswerte Zeiten nach dem Kriege, als die Medien Radio, TV und Schallplatte einen immer stärkeren Einfluss auf die Gesellschaft gewannen. An diese Zeit erinnert der Autor REINHARD BOGENA in sehr kurzweiliger Weise mit diesem wirklich hübsch aufgemachten Büchlein. Hier findet der Leser viele Bilder nicht nur von damaligen Geräten, sondern auch Fotos von Menschen, die z. B. im zeittypischen heimischen Wohnzimmer ihrem Radio lauschen. Menschen meiner Generation finden darin sofort viele Erinnerungen an ihre eigene Vergangenheit wieder.

Und den jüngeren unter uns zeigt es, wie es beim Medienkonsum vor 40, 50 oder 60 Jahren zugeht. Es macht großes Vergnügen, beim Durchblättern und Lesen auf eine Zeitreise in eine Vergangenheit zu gehen, an die sich viele von uns gerne erinnern.

Dieses Buch ist ohne Frage interessant für alle, die sich mit Mediengeschichte befassen, aber insbesondere für diejenigen, die an dieses Thema herangeführt werden möchten. Es ist demnach auch ein durchaus empfehlenswertes Geschenk

für junge Menschen (Kinder oder Enkel), mit dem ein jeder engagierter Funkhistoriker zeigen kann, womit er sich so intensiv beschäftigt.

Peter von Bechen



Vom sowjetischen Laboratorium zum größten Werk Ostberlins

Ausstellung bis zum 26. Februar 2017 im „Industriesalon“ Oberschöneweide

In der DDR war das Werk für Fernsehelektronik („WF“) in Berlin-Oberschöneweide ein wichtiges Forschungs- und Entwicklungszentrum der elektronischen Industrie und mit etwa 9.000 Mitarbeitern der größte ostdeutsche Produktionsbetrieb für Elektronenröhren und elektronische Bauelemente. In einer vom GFGF-Mitglied WINFRIED MÜLLER konzipierten Ausstellung werden der Aufbau nach dem 2. Weltkrieg sowie die Anfänge des Werks für Fernsehelektronik in den Jahren 1945 bis 1952 gezeigt.

Berlin war schon in den 1920er- und 1930er-Jahren Metropole der Elektrotechnik, der Funk-, Nachrichten- und Messtechnik. Nach Kriegsende 1945 versuchten sich alle vier Siegermächte die Hinterlassenschaften, insbesondere der deutschen Rüstungstechnologien anzueignen. Die

Siegermacht Sowjetunion hatte seinerzeit besonders großen Nachholbedarf im Bereich der Elektronik. Wissenschaftler und Ingenieure in der Uniform der Roten Armee fahndeten nach deutschem Ingenieurwissen, Anlagen und Maschinen. In großer Eile wurden

ganze Industrieanlagen demontiert und auf Züge in Richtung Osten verladen. Diese „Trophäenaktion“ stellte sich aber als wenig effektiv raus. Um deutsche Ressourcen besser nutzen zu können, wurden in der sowjetischen



Das 1915 als Automobilfabrik von der AEG erbauten Gebäude in Oberschöneweide.

Besatzungszone ab Mitte 1946 die leistungsfähigsten Großbetriebe zu „Sowjetischen Aktiengesellschaften“ (SAG). Sie gehörten nun zum russischen Hoheitsgebiet und hatten zu

produzieren, was die sowjetische Militäradministration (SMAD) befehl.

So errichtete 1945 in dem 1915 als Automobilfabrik von der AEG erbauten Gebäude in Oberschöneweide (dem späteren „WF“) die SMAD das „Laboratorium-Konstruktionsbüro und Versuchswerk Oberspree“ (LKVO) ein. Ziel war es, den Erfahrungsschatz und Technologiestand der deutschen Elektronikindustrie für die Sowjetunion zu nutzen. Priorität hatten Geräte und Technologien für das Militär. Innerhalb eines Jahres wuchs die Belegschaft auf 2.000 Mitarbeiter an. Um sie besser kontrollieren zu können, hatten die Sowjets alle leitenden Techniker und Fachkräfte wie zum Beispiel Glasbläser in einer Siedlung in Hirschgarten einquartiert. Am 22. Oktober 1946 frühmorgens wurden auf Befehl des SMAD von dort 230

Elektronikfachleute mit Lkws zum Bahnhof Kaulsdorf gebracht und in die Sowjetunion deportiert. Per Vertrag mussten sie sich für eine fünfjährige Arbeit verpflichten. Nur einer hatte Glück, WALTER BRUCH (1908-1990), der spätere Erfinder des PAL-Farbfernsehens. Er hatte heimlich seine Wohnung in Wilmersdorf behalten und auch dort übernachtet. Sein Werksausweis ist



Winfried Müller hat als Hochfrequenztechniker von 1958 bis 1992 im „WF“ gearbeitet.



OSW-Werksausweis von Walter Bruch, dem späteren Erfinder des PAL-Farbfernsehensystems.

in der Ausstellung zu sehen. Dem Betrieb in Oberschöneweide fehlten nun wichtige Mitarbeiter. Mit Anzeigen in Tages- und Fachzeitschriften wurden unter anderem Physiker, Ingenieure, Radiotechniker, Schaltmechaniker und technische Zeichnerinnen gesucht.

Im Sommer 1946 war das LKVO zum Oberspreewerk geworden. Fünf Jahre später gab es eine

erneute Umbenennung. Das Unternehmen wurde zum Werk für Fernmeldewesen. Neben Röhren fertigte es auch Messgeräte und Sender. 1952 gab die Sowjetunion die Führung des Unternehmens auf, das Werk für Fernmeldewesen wurde Volkseigener Betrieb und firmierte seit 1960 als Werk für Fernsehetelektronik. Im Wendjahr 1990 hatte das Werk 9.500 Mitarbeiter.

Peter von Bechen

Die Ausstellung „Vom sowjetischen Laboratorium zum größten Werk Ostberlins“ ist noch bis 26. Februar im Industriesalon, Reinbeckstraße 9, 12459 Berlin, Dienstag bis Sonntag von 14 bis 18 Uhr zu sehen. Der Eintritt ist frei.

Funken für Kids!

Veranstaltung im Rundfunkmuseum Fürth

Bei der Veranstaltung der Jugend-Technik-Akademie haben Kinder und Jugendliche viele Möglichkeiten, das interessante Hobby des Amateurfunks kennen zu lernen. Sie können dabei auch das Mikrofon einmal selbst in die Hand nehmen und sich als Funker probieren. Dabei sind über den Ausbildungsfunkbetrieb auf UKW Funkverbindungen zu anderen Stationen möglich. Aber nicht nur der herkömmliche Funk, sondern auch der Einsatz des Internets im Amateurfunk (sog. Echolink) wird vorgeführt und angewandt. Für die Teilnehmenden

gibt es im Anschluss Urkunden und für alle Interessierten ausreichend Informationsmaterial. Außerdem wird der Bau verschiedener Reißnagel-Schaltungen angeboten.



Rundfunkmuseum der Stadt Fürth, Kurgartenstraße 37, 90762 Fürth
Sonntag, 12. März 2017, 10:00 bis 17:00 Uhr.

Design-Radios auf dem Berchinger Weihnachtsmarkt

Helmut Schmidt-Pauly zeigte die besten Stücke aus seiner Sammlung

Berching ist ein romantisches Städtchen im Altmühltal. Dort findet im Advent ein Weihnachtsmarkt mit langer Tradition statt. Hier findet der Besucher Christbaumschmuck sowie fränkische Spezialitäten und trifft das Christkind samt Engelsschar vor einer wunderschönen Kulisse von Fachwerkgebäuden.

Aber nicht nur das: Seit einigen Jahren stellt das Berchinger GFGF-Mit-



Selten Stücke aus Belgien: Links ein No-vak-Super von 1936, rechts ein Philips-Super von 1935 in feinstem Art-Deco-Stil.

glied HELMUT SCHMIDT-PAULY während des Weihnachtsmarktes im Rathaus besonders interessante Stücke seiner Radiosammlung aus. 2016 waren es Designer-Geräte der 1930er- und 1940er-Jahre. Diese folgten oft dem damals sehr populären Art-Deco-Stil, der um 1925 aus Paris kam und bis Anfang der 1940er-Jahre aktuell war.

Das Berchinger und teilweise weit angereiste Publikum, das im Gebäudekomplex auch eine umfangreiche Krippensammlung bewundern konnte, schaute sich auch in großer Zahl und mit großem Interesse die Radios an, zu denen SCHMIDT-PAULY ausführliche Erläuterungen geben konnte. Selbst Besucher aus der Sammlerszene kamen auf ihre Kosten: Konnten sie hier doch neben allseits bekannten Typen, die allerdings sehr gut erhalten präsentiert wurden, auch extrem seltene Stücke bewundern.

Berching ist sicherlich auch im kommenden Advent lohnendes Ziel für



Helmut Schmidt-Pauly stellt jedes Jahr eine Auswahl von Radios für die Weihnachtsmarkt-Ausstellung in Berching zusammen. (Bilder: Peter von Bechen)

Weihnachtsmarkt- und Radiofreunde.
Peter von Bechen

Impressum

Funkgeschichte

Mitteilungen für Mitglieder des GFGF e.V.

Publikation der Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens (GFGF) e. V.
www.gfgf.org

Herausgeber: Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens (GFGF) e.V., Düsseldorf

Redaktion: Peter von Bechen, Rennweg 8, 85356 Freising, Tel.: 08161 81899, E-Mail: funkgeschichte@gfgf.org

Manuskripteinsendungen: Beiträge für die Funkgeschichte sind jederzeit willkommen. Texte und Bilder müssen frei von Rechten Dritter sein. Die Redaktion behält sich das Recht vor, die Texte zu bearbeiten und gegebenenfalls zu ergänzen oder zu kürzen. Eine Haftung für unverlangt eingesandte Manuskripte, Bilder und Datenträger kann nicht übernommen werden. Es ist ratsam, vor der Erstellung umfangreicher Beiträge Kontakt mit der Redaktion aufzunehmen, um unnötige Arbeit zu vermeiden. Nähere Hinweise für Autoren finden Sie auf der GFGF-Website unter „Zeitschrift Funkgeschichte“.

Satz und Layout: Thomas Kühn, Hainichen.

Lektor: Wolfgang Eckardt, Jena.

Erscheinungsweise: Jeweils erste Woche im Februar, April, Juni, August, Oktober, Dezember.

Redaktionsschluss: Jeweils der Erste des Vormonats

Anzeigen: Bernd Weith, Bornweg 26, 63589 Linsengericht, E-Mail: anzeigen@gfgf.org oder Fax 06051 617593. Es gilt die Anzeigenpreisliste 2007. Kleinanzeigen sind für Mitglieder frei. Mediadaten (mit Anzeigenpreisliste) als PDF unter www.gfgf.org oder bei anzeigen@gfgf.org per E-Mail anfordern. Postversand gegen frankierten und adressierten Rückumschlag an die Anzeigenabteilung.

Druck und Versand: Druckerei und Verlag Bilz GmbH, Bahnhofstraße 4, 63773 Goldbach.

Für GFGF-Mitglieder ist der Bezug der Funkgeschichte im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Haftungsausschluss: Für die einwandfreie sowie gefahrlose Funktion von Arbeitsanweisungen, Bau- und Schaltungsvorschlägen übernehmen die Redaktion und der GFGF e. V. keine Verantwortung.

Copyright

©2017 by Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens (GFGF) e.V., Düsseldorf.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Redaktion im Auftrage des GFGF e.V. unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen. Mitteilungen von und über Firmen und Organisationen erscheinen außerhalb der Verantwortung der Redaktion. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben die Meinung des jeweiligen Autors bzw. der jeweiligen Autorin wieder und müssen nicht mit derjenigen der Redaktion und des GFGF e. V. übereinstimmen. Alle verwendeten Namen und Bezeichnungen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

Printed in Germany.

Auflage: 2.500

ISSN 0178-7349

Verein

Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens (GFGF) e.V., Düsseldorf.

Vorsitzender: Ingo Pötschke, Hospitalstraße 1, 09661 Hainichen.

Kurator: Dr. Rüdiger Walz, Alte Poststraße 12, 65510 Idstein.

Schatzmeister: Rudolf Kauls, Nordstraße 4, 53947 Nettersheim, Tel.: 02486 801173 Anrufbeantworter, Telefon nicht dauernd besetzt, wir rufen zurück! Fax: 02486 6979041, E-Mail: schatzmeister@gfgf.org

Kassierer: Matthias Beier (zuständig für Beitragszahlungen, Anschriftenänderungen und Beitrittserklärungen) Schäferhof 6, 31028 Gronau (Leine), Tel.: 05121 60698491, Mail: kassierer@gfgf.org

Archiv: Jacqueline Pötschke, Hospitalstr. 1, 09661 Hainichen, Tel. 037207 88533, E-Mail: archiv@gfgf.org

GFGF-Beiträge: Jahresbeitrag 50 €, Schüler / Studenten jeweils 35 € (gegen Vorlage einer Bescheinigung)

Konto: GFGF e.V., Konto-Nr. 29 29 29-503, Postbank Köln (BLZ 370 100 50), IBAN DE94 3701 0050 0292 9295 03, BIC PBNKDEFF.

Webmaster: Patrick Kauls, E-Mail: webmaster@gfgf.org

Internet: www.gfgf.org

Das leidige Problem mit den Netzschaltern lösen

Werkstatttipp von Peter von Bechen

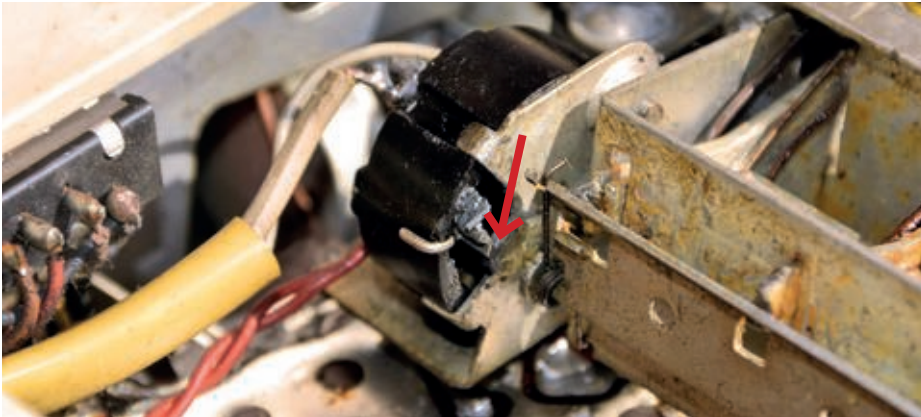


Bild 1. Der Netzschalter am Tastensatz: Der Hebel kann den beschädigten Umwerfer (Pfeil) nicht mehr mitnehmen. (alle Bilder Peter von Bechen)

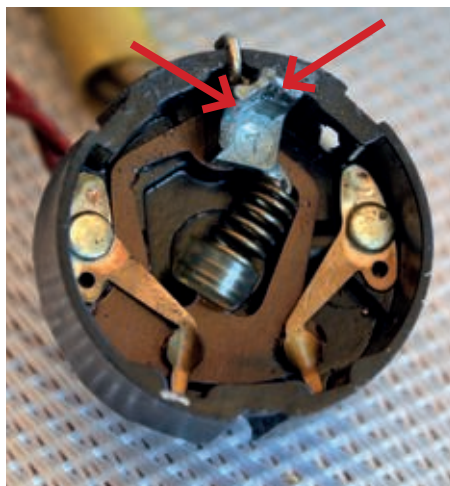


Bild 2. Ursache des Problems: Der Umwerfer aus Zinkdruckguss ist teilweise zerfallen und lässt sich nicht mehr reparieren (bei späteren Versionen wurde es aus beständigem Material gefertigt).

Immer wieder sieht man auf Flohmärkten Radios, die mit einem Schnurschalter im Netzkabel versehen sind, weil sie sich über die Tastatur nicht mehr ein- und ausschalten lassen. Insbesondere „Philetas“ oder „Philitinas“ (und auch andere dieser Gerätekategorie) aus den 1960er-Jahren, die auch heute noch beliebt sind, weisen einen solchen Mangel auf. Wie lässt sich das Problem lösen?

Zunächst hier der Hinweis, dass der hier beschriebene Eingriff in das Gerät dazu dient, die volle Funktionsfähigkeit wieder herzustellen. Sammlern, die großen Wert auf den Originalzustand legen, wird davon abgeraten, weil es doch eine umfangreichere mechanische Modifikation ist.

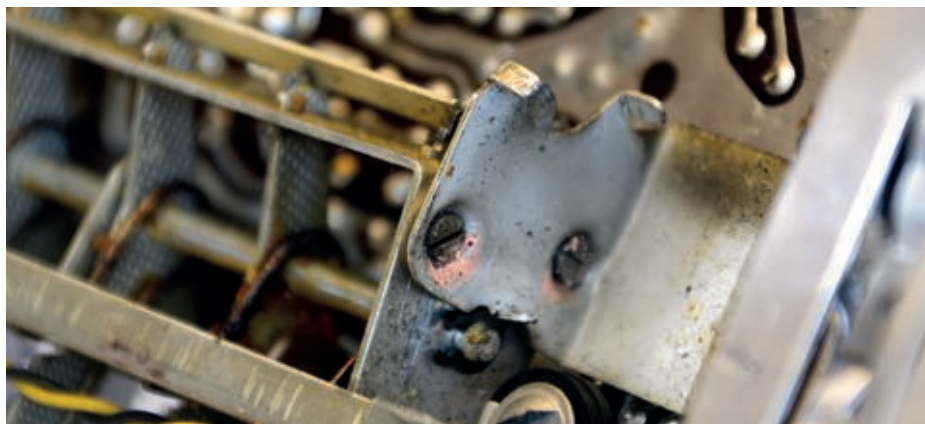


Bild 3. Der Schalterhalter nach Ausbau des Schalters (Laschen aufbiegen). Hier die beiden Schrauben, die herausgedreht werden müssen.

Allerdings sind die betroffenen Geräte heute noch in großer Zahl vorhanden und können so bedenkenlos für die weitere Nutzung hergerichtet werden. Radios der „Philetta“-Klasse sind ja inzwischen insbesondere bei jungen Leuten beliebt, und man macht denen eine große Freude, wenn man ihnen als Radiosammler ein solches funktionierendes Exemplar überlässt.

Auf meinem Werkstatttisch stand kürzlich eine „Philitina B1D43A“, Jahrgang 1964. Hier das gleiche Bild, wie ich es schon mehrmals bei „Philetta“-Geräten aus diesem Zeitraum vorgefunden hatte: Ein Schnurschalter diente zum Ein- und Ausschalten. Die Ursache des Problems sind die am Tastensatz angebauten runden Netzschalter. Diese Bauart war ursprünglich für die Kombination mit Potenziometern konzipiert worden (deshalb die runde Form), ist aber später auch in Zusammenhang mit Tastensätzen verwendet worden.

Umwerfer kaputt

In dem runden Bakelitgehäuse befindet sich der bewegliche Schaltkontakt, der mit Federn vorgespannt zwei stabile Lagen einnehmen kann („Ein“ / „Aus“). Ein Umwerfer, der außen von einem Hebel aus der Tastatur betätigt wird, drückt den Schalterkontakt in die entsprechende Stellung.

Hier sitzt das Problem: Über eine längere Zeit wurde dieser Umwerfer aus Zinkdruckguss gefertigt. Dieses Material ist, wie an anderer Stelle schon ausführlich beschrieben wurde, feuchtigkeitsempfindlich und tendiert langfristig dazu, regelrecht zu zerbröseln (sog. „Zinkpest“). Eine Rettung oder Reparatur ist so gut wie unmöglich. Der Hebel, der vom Ein-Aus-Schalter an der Tastatur kommt, kann den geschädigten Umwerfer einfach nicht mehr umwerfen.

Was lässt sich da machen?

Mir fiel ein, dass in früheren Tastaturkonstruktionen an dieser Stelle schon mal ein standardmäßiger Kipp-

schalter (oder ein solcher mit einem speziell geformten Betätigungshebel) eingebaut wurde. Das wäre auch hier eine Lösung. Für einen klassischen Netzschalter ist an dieser Stelle allerdings nicht genug Platz, aber heute gibt es ja kleinere Miniatur-Kippschalter. Die passen mechanisch und sind für 250 V / 3 A zugelassen.

Jetzt müssen nur noch ein neuer Befestigungswinkel angefertigt und an den Tastaturhebel eine Vorrichtung zur Betätigung des Schalthebels angebracht werden. Der Winkel besteht aus einem kleinen Stück Alu-Winkelprofil mit entsprechenden Bohrungen. An den Hebel lässt sich ein kräftiges Stück Kupferdraht anlöten (der Hebel ist aus lötbarem verzinktem Blech), der entsprechend gebogen wird und sich leicht justieren lässt. Fertig!

Ich muss zugeben: Es ist eine „Fummelarbeit“, insbesondere, weil die Schrauben des eingebauten Schalterhalters nicht einfach zu erreichen sind. Aber mit Geduld und einem Winkelschraubendreher geht das irgendwie. Bei manchen „Philetas“ muss der Netztransformator abgeschraubt (Drähte können dran bleiben!) und etwas zur Seite gedrückt werden, damit ein Schraubendreher die Schraubenköpfe erreichen kann.

Noch ein wichtiger Hinweis: Bei manchen „Philetas“ (z.B. B2D33A) dient der zweipolige Netzschalter nicht dem zweipoligen Abschalten der Netzzuleitung, sondern ein Pol schaltet eine Zuleitung und der zweite Pol unterbricht die Schirmgitterspannung der Endröhre. Beim Betätigen der Ein-Aus-Taste fällt der Tastensatz in den Schaltzustand für einen AM-Bereich. Dabei könnten etwaige Geräusche beim „Herunterfahren“ des noch warmen Gerätes zu hören sein, die so verhindert werden. Das ist bei der Neuverdrahtung sorgfältig zu berücksichtigen (die Anschlussdrähte dürfen nicht verwechselt werden!).

Autor:
Peter von Bechen
85356 Freising



Bild 4. Der ausgebaute Schalterhalter nebst Schrauben.



Bild 5. So wird der Befestigungswinkel für den neuen Miniatur-Kippschalter montiert. Anschließend wird der Schalterhalter wieder an den Tastensatz angeschraubt.



Bild 6. An den Betätigungshebel (verzinktes Eisenblech) lässt sich ein starker Kupferdraht löten, der den Schalthebel betätigt. Es ist darauf zu achten, dass die Lötstelle weder mit dem Tastensatz noch mit dem Schalterhalter kollidiert.

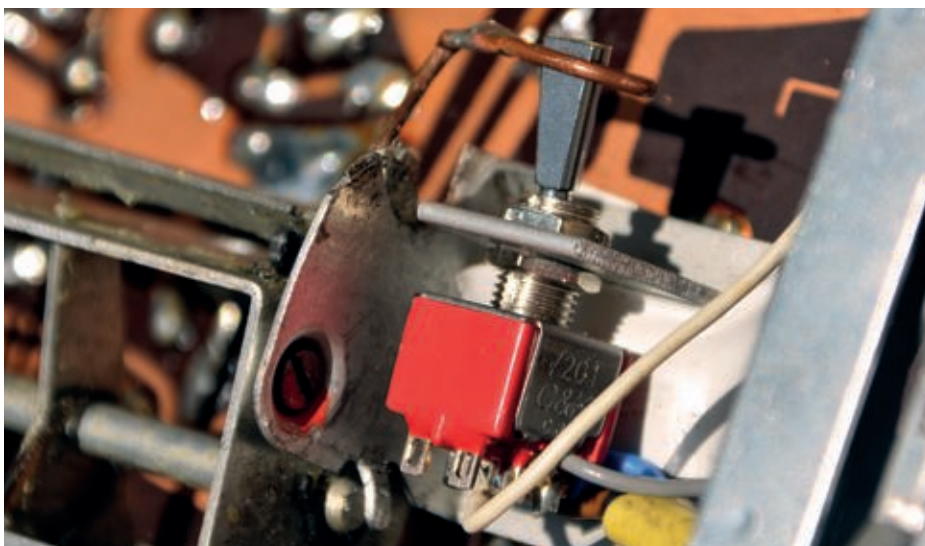


Bild 7. So wird der Miniatur-Kippschalter montiert. Die Anschlussdrähte werden schon vor der Montage des Schalters angelötet.

Ein russischer Falke

Gunter Griebach analysiert das Konzept des Reiseempfängers сокол 308фм / Sokol 308 FM



Bild 1. Reiseempfänger сокол 308фм/Sokol 308 FM.



Bild 2. Blick ins Innere des Reiseempfängers сокол 308фм/Sokol 308 FM.

In den 1970er- und 1980er-Jahren waren in der DDR neben einheimischen Produkten auch zahlreiche Transistorradios aus der damaligen Sowjetunion auf dem Markt. Diese Geräte zeichnen sich durch innovative technische Merkmale aus. Als Beispiel soll hier der Reiseempfänger „сокол 308фм/Sokol 308 FM“ (Sokol = Falke) im Detail vorgestellt werden, der aus dem Jahr 1976 stammt.

Bis auf die zwei NF-Vorstufentransistoren werden in diesem Gerät Germaniumtransistoren verwendet. Das Radio (Bild 1, 2) des Autors war äußerlich stark verschmutzt und musste mit Lösungsmitteln gereinigt werden. Zunächst funktionierte es auf Anhieb. Es stellte sich jedoch heraus, dass nach etwa 15 Minuten ein zunehmendes Rauschen einsetzte. Da das Rauschen unabhängig von der Stellung des Lautstärkereglers, jedoch beeinflussbar durch den „Tone“-Schalter war, musste die erste NF-Stufe die Ursache des Übels sein. Zunächst waren die Koppel-Cs im Verdacht. Abhilfe brachte jedoch erst der Tausch des ersten NF-Transistors KT315B gegen den Typ BC550 (KT315B sind kleine orangefarbene Plastik-Transistoren). Danach war das Gerät betriebsbereit.

Konzept

Dem Reiseempfänger liegt ein vernünftiges Konzept zugrunde. Wie bei anderen Transistorradios aus russischer Produktion gibt es auch hier einige technische Besonderheiten, die das Gerät interessant machen: Mit Abmessungen von 225 x 150 x 75 mm³ ist es sehr handlich, die verwendeten R14-Batterien lassen eine lange Betriebszeit zu (R6-Batterien waren seinerzeit unwirtschaftlich und von schlechter Qualität), der breite FM-Bereich (beim vorliegenden Gerät 87,5 - 104 MHz) sowie AFC werten das Radio auf. Für den relativ weiten Kurzwellenbereich (5,9 MHz–9,8 MHz bzw. 49 m–31 m) gibt es eine Kurzwellen-Lupe. Somit wird der Geräteklasse Reiseempfänger perfekt

entsprochen. Zu jener Zeit gab es in dieser Größe kein Radio aus der DDR-Produktion mit vergleichbaren Eigenschaften. Wie zu erwarten war, sind die Empfangseigenschaften hervorragend, die Klangqualität gut bezüglich Sprachverständlichkeit und für den relativ kleinen Lautsprecher auch bei Musik angemessen.

Schaltungstechnik

Die Schaltungstechnik des „Sokol 308 FM“ kann für die damalige Zeit im Vergleich zu anderen Geräten als relativ modern eingeordnet werden (Bild 3). Zwar sind bis auf die zwei NF-Vorstufen Germanium-Transistoren eingebaut, aber es gibt auch schon ein IC zur Arbeitspunktstabilisierung sowie ein IC im UKW-Tuner. Die Gerätemasse ist der Minus-Pol. Als Wellenschalter ist ein Tastensatz eingebaut. Die eisenlose Endstufe und die Verwendung eines Piezo-Filters ФП1П-025 im AM-Bereich belegen den technischen Fortschritt gegenüber Geräten aus der gleichen Zeit. Hervorzuheben ist, dass auch für Kurzwellen der Ferritstab vorgesehen ist, das verwendete Material muss also bis 10 MHz wirksam sein. Natürlich gibt es einen Anschluss für eine externe Antenne.

In den technischen Daten ist die Anzahl der Kreise bei AM mit 6 angegeben. Dabei wäre das Piezofilter als ein Kreis berücksichtigt. Man kann jedoch davon ausgehen, dass es sich dabei um ein Zwei- oder Vierkreisfilter handelt. Damit ist das Gerät bei AM ein 7- oder 9-Kreiser. Bei FM zeigt sich im Stromlaufplan ein 10-Kreiser zuzüglich Saugkreis am Tunereingang. Jedenfalls gibt es hinsichtlich Trennschärfe nichts zu bemängeln.

UKW-Teil

Das Antennensignal wird dem UKW-Tuner über einen Saugkreis der Vorstufe T1 in Basisschaltung zugeführt in dessen Kollektorkreis die erste Abstimmung erfolgt. Danach geht es in das Tuner-IC K2ЖА242 (Bild 4). Mischstufe und Oszillator sind getrennt ausgeführt, eine Besonderheit, die in dieser Geräteklasse nicht sehr verbreitet ist. Damit sollte der Tuner sehr übersteuerungsfest sein. Die Verwendung des ICs im Tuner (Bild 5) ist vermutlich eine Modeerscheinung. Es handelt sich um einen Hybrid-Schaltkreis.

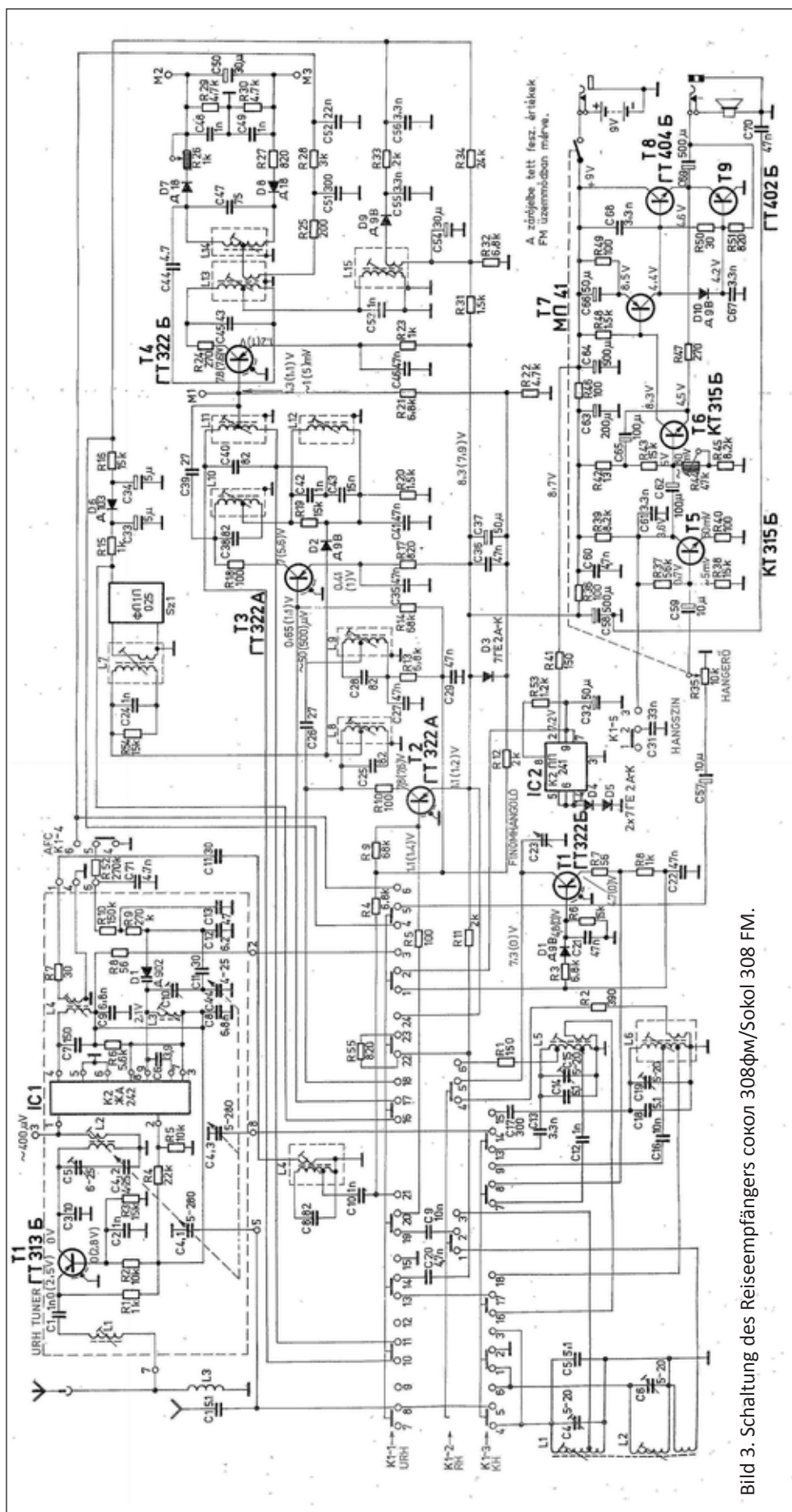


Bild 3. Schaltung des Reiseempfängers sokol 308fm/Sokol 308 FM.

Geräte

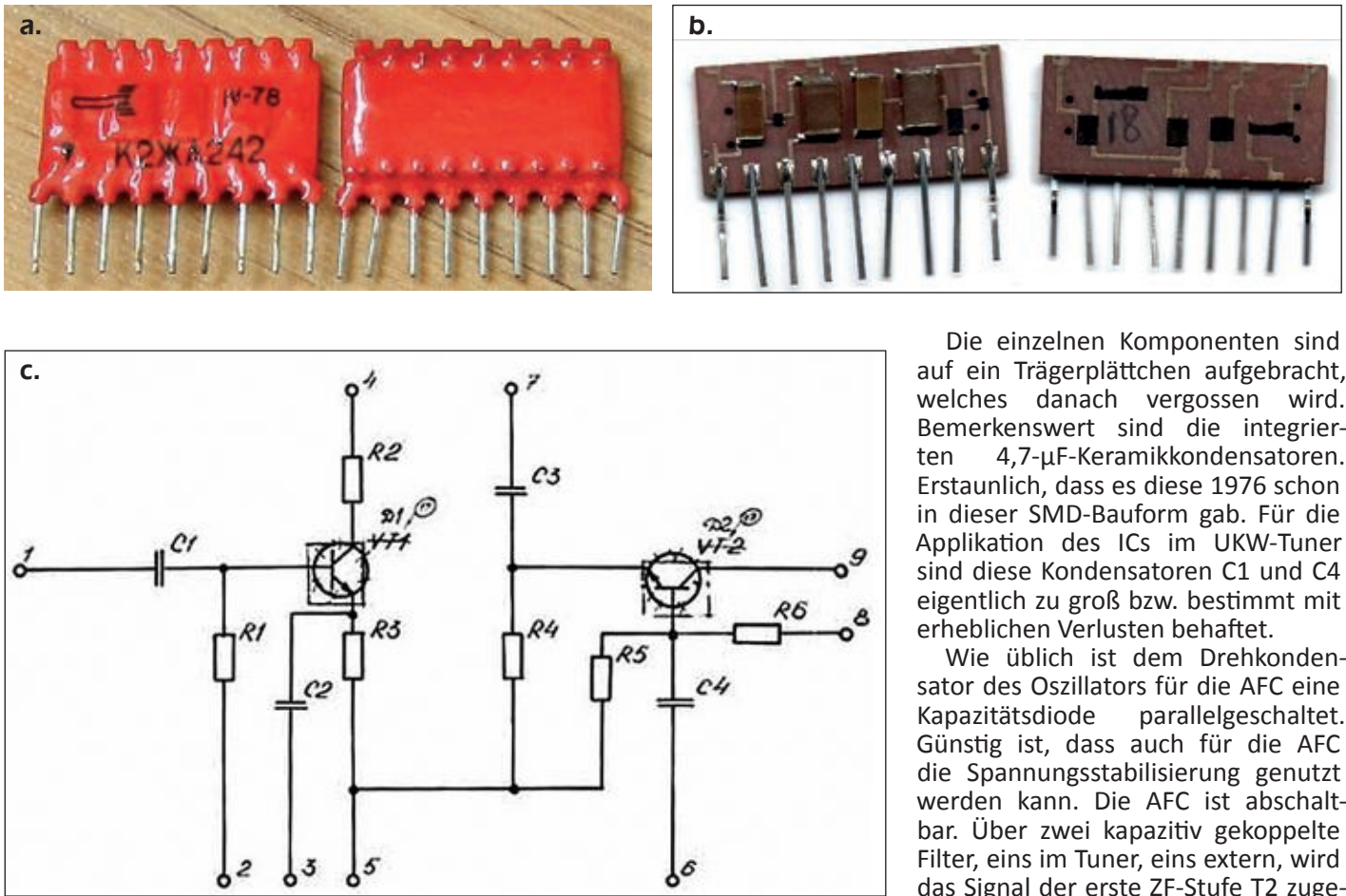


Bild 4. Der Hybrid-Schaltkreis K2ЖА242 für den UKW-Tuner: a. Außenansicht; b. Innenansicht, c. Schaltung, d. Stückliste.

Die einzelnen Komponenten sind auf ein Trägerplättchen aufgebracht, welches danach vergossen wird. Bemerkenswert sind die integrierten 4,7- μ F-Keramik Kondensatoren. Erstaunlich, dass es diese 1976 schon in dieser SMD-Bauform gab. Für die Applikation des ICs im UKW-Tuner sind diese Kondensatoren C1 und C4 eigentlich zu groß bzw. bestimmt mit erheblichen Verlusten behaftet.

Wie üblich ist dem Drehkondensator des Oszillators für die AFC eine Kapazitätsdiode parallelgeschaltet. Günstig ist, dass auch für die AFC die Spannungstabilisierung genutzt werden kann. Die AFC ist abschaltbar. Über zwei kapazitiv gekoppelte Filter, eins im Tuner, eins extern, wird das Signal der erste ZF-Stufe T2 zugeführt, die im AM-Bereich die Mischstufe bildet. Es folgen je ein zweikreisiges, kapazitiv gekoppeltes Filter vor und nach der nächsten ZF-Stufe T3. Am Ausgang der ZF-Stufe T4 ist ein weiteres zweikreisiges Filter mit üblichem Ratiodetektor angeordnet.

Eigenartig ist die Einkopplung des Oszillatorsignals über C2 vom kalten Ende der Oszillatorschleife in die Mischstufe Q1. Das funktioniert nur, wenn man die Eigenschaften von C18 als nicht ideal annimmt.

AM-Stufen

Bei den beiden AM-Bereichen kommt das Signal vom Ferritstab, eine externe Antenne kann auch hier angeschlossen werden zur Vorstufe/ Mischstufe T2. Das Oszillatorsignal wird über den Emitter von T2 eingekoppelt. T1 ist für den separaten Oszillator vorgesehen. Die nur bei KW wirksame Lupe in Form eines Trimmkondensators (C23) mit Achse ist am Emitter von T1 angeschlossen. Man könnte sich den abdeckbaren Frequenzbereich etwas weiter wünschen, im Grunde ist es nur möglich, einen Sender fein aufgelöst nachzu-

d.

Позиц. обознач	Наименование	Кол.	Примечание
C1, C4	Конденсатор К10-9-Н90-4700нФ-20% ^{80H-2}	2	
	ОЖО.460.138ТУ		
C2, C3	Конденсатор К10-17-16-Н90-0,033мкФ-20% ^{40H-3}	2	
	ОЖО.460.172ТУ		
VT1, VT2	Микросхема К724КТВ-3, ТВ3 487-011-02	2	
R1	Резистор 10 кОм ^{+30%} / _{-30%} ; 0,4 мВт	1	
R2	Резистор 330 Ом $\pm 50\%$; 0,5 мВт	1	
R3	Резистор 1,3 кОм $\pm 10\%$; 0,5 мВт	1	
R4	Резистор 1,3 кОм ^{+10%} / _{-15%} $\pm 10\%$; 0,5 мВт	1	
R5	Резистор 12 кОм $\pm 30\%$; 0,4 мВт	1	
R6	Резистор 8 кОм $\pm 30\%$; 0,4 мВт	1	
	Транзистор КТ 359А $\rightarrow 3, 10$		
	ЦЧЗ.366.008ТУ		

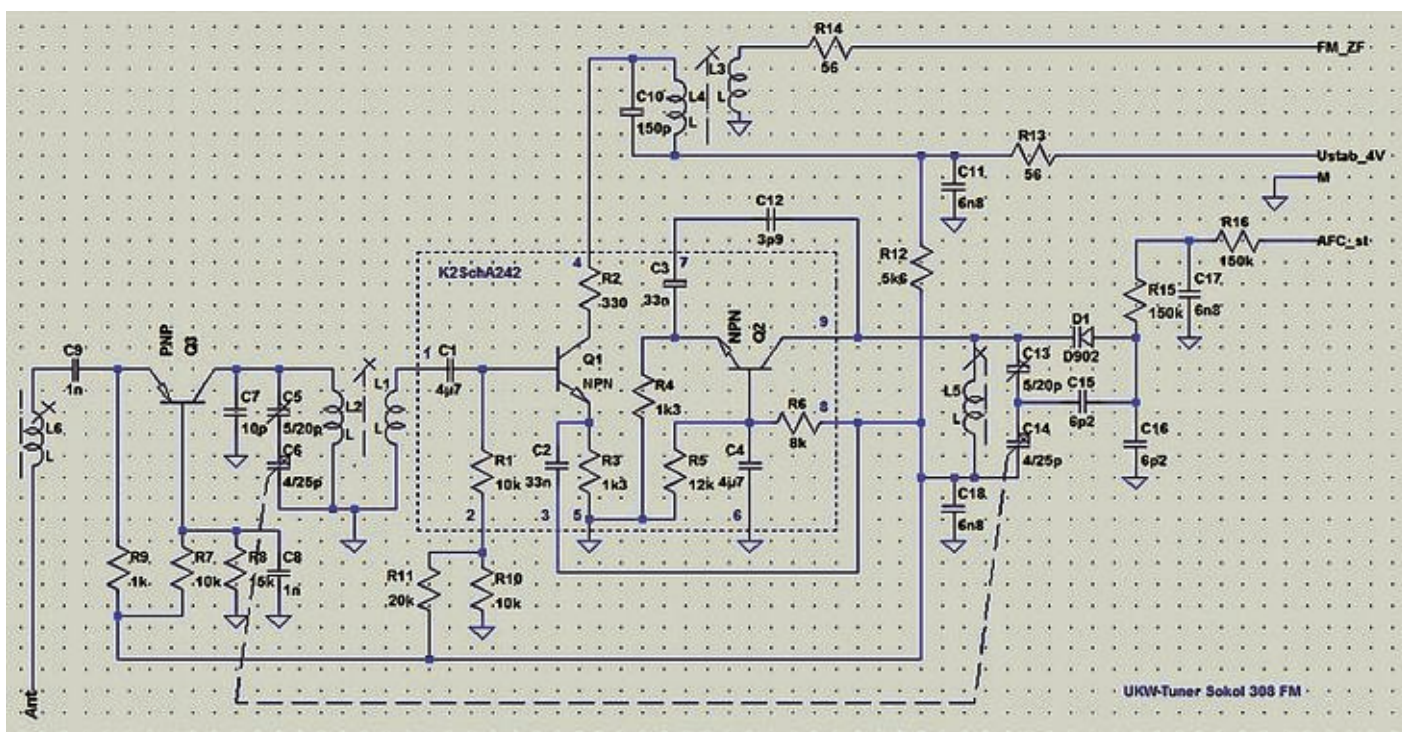


Bild 5. Die Schaltung des UKW-Tuners mit Innenschaltung des K2ЖА242.

stellen. Ein kleiner Schaltungstrick wurde an dieser Stelle eingebaut, bei MW wird nur eine Ankoppelspule an den Emitter des Oszillatortransistor geschaltet, der dem Emitter parallelgeschaltete Trimmer (Lupe) ist nicht frequenzbeeinflussend. Für KW liegt jedoch der Schwingkreis des Oszillators am Emitter, die Lupe kann ihren Zweck erfüllen.

Der Mischstufe nachgeschaltet wird über ein einkreisiges Filter das Piezofilter ФП1П-025 (Bild 6) angekoppelt und ersetzt das sonst bei russischen Empfängern übliche vierkreisige direktgekoppelte Filter. Durch das Piezofilter wird die Selektion gegenüber der Spulenlösung sicherlich noch verbessert und der Abgleich vereinfacht. Die ZF-Stufe T3 verstärkt das Signal weiter. Aus dem folgenden Filter wird kapazitiv ausgekoppelt und in der ZF-Stufe T4 wird weiter verstärkt. Dieser Stufe folgt das Demodulationsfilter. Demoduliert wird mit einer vorgespannten Diode. Ge-regelt werden die Mischstufe sowie die beiden ZF-Stufen.

Spannungsstabilisierung

Wie schon beschrieben werden die Arbeitspunkte des HF-Teils vom IC 2 K2ПП241 (Bild 7) stabilisiert. Als Referenzspannung der Stabilisierungsschaltung kommen zwei Stabilisierungsdioden vom Typ 7ГЕ 2А-К (Bild 8) zur Anwendung. Damit ergibt sich je nach Exemplar der Dioden eine gut stabilisierte Spannung von 3,6 ... 4,2 V. Genutzt wird diese Spannung zur Stabilisierung der Arbeitspunkte der Transistoren im gesamten HF-Teil, besonders wichtig für die Oszillatoren sowie die AFC.

NF-Teil

Der NF-Teil besteht aus einer herkömmlichen Vorstufe mit schaltbarer Höhenblende am Ausgang und einer dreistufigen direktgekoppelten eisenlosen Gegentaktendstufe in Komplementärtechnik. Die Endstufe kann

Mittenfrequenz:	465 kHz +/- 2 kHz
Durchlassbandbreite bei 6 dB Abfall:	8 – 11,5 kHz
Welligkeit:	max. 2 dB
Dämpfung für +/- 9 kHz:	max. 30 dB
Einfügedämpfung:	max. 9,5 dB
Temperaturbereich:	-20 ... 55° C
Abmessungen:	16 x 18,5 x 6 mm ³
Gewicht:	3 g

Bild 6. Technische Daten des verwendeten piezokeramischen Filters фп1п-025.

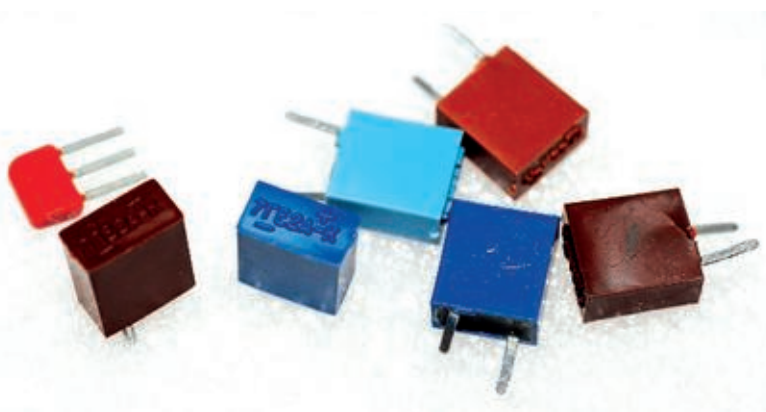


Bild 8. Stabilisierungsdiode 7ГЕ 2А-К: Ansicht; unten: Technische Daten.

Spannung:	1,3 ... 1,6 V
Arbeitsstrom:	1 mA
Max. Strom:	10 mA
Temperaturgang:	-0,05 % / °C

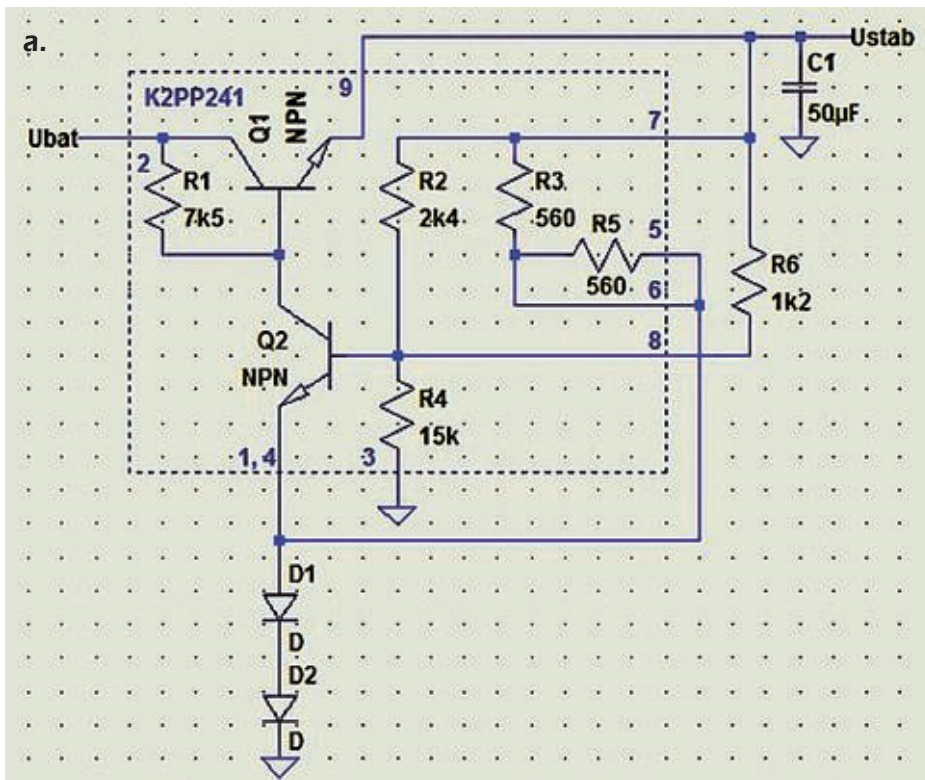
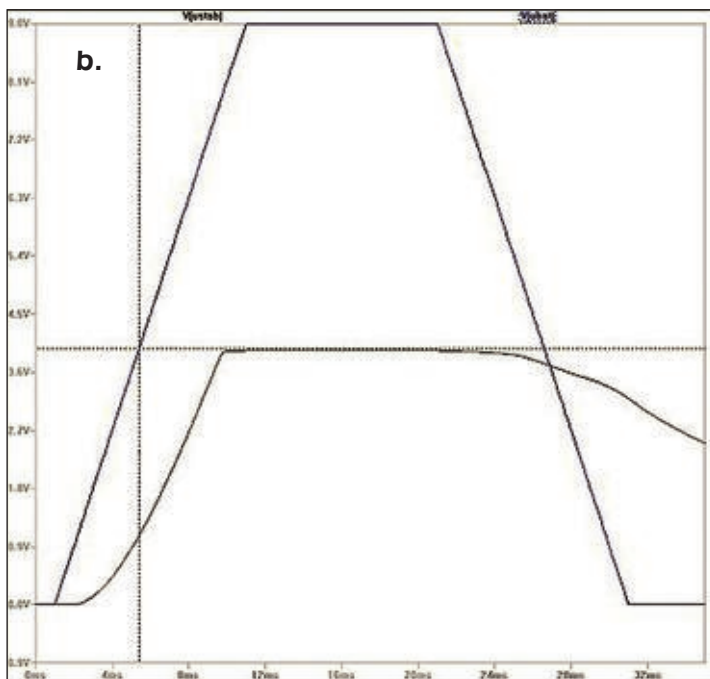


Bild 7. Stabilisierungs-IC K2ПП241: a. Prinzipschaltung; b. Wirkung der Spannungsstabilisierung (Simulation): über einen weiten Bereich der Batterieversorgung (blau) wird auf eine Spannung von 4 V stabilisiert.



man schon als „speziell“ bezeichnen, zumal diese recht ordentlich funktioniert. Ungewöhnlich ist der relativ hohe Strom durch den Lautsprecher, um eine Stromgegenkopplung zu bewirken. Ungewöhnlich sind auch die komplementäre Darlingtonstufe aus T6 und T7 und die Gegenkopplung am Emitter von T6 (Bild 9).

Bei der Simulation der Endstufe mit den Bauteilangaben lt. Schaltplan zeigt sich bei einer Spitzenleistung von ca. 200 mW ein Klirrfaktor von 4,6 %. Bei weiterer Aussteuerung nehmen die Verzerrungen schnell zu. Immerhin steht am Kollektor von Q3 ein Signal mit ca. 4 V_{pp}. Die Endstufe kann das leider nicht optimal umsetzen (allerdings sind die tatsächlich eingebauten Endstufentransistoren nicht als Simulations-Modell verfügbar). Vermutlich würde die Endstufe mit den realen Transistormodellen zu besseren Ergebnissen führen. Man hat am realen Gerät nicht den Eindruck, dass der Klirrfaktor besonders hoch ist. Denkbar ist auch, dass für das Gerät hinsichtlich hoher Stromverstärkung ausgesuchte Transistoren eingebaut wurden.

Hier ist vermutlich ein Fehler im Stromlaufplan, C70 ist beidseitig an Masse angeschlossen, wie dargestellt wäre das sinnfrei.

Simulation Endstufe Sokol 308

Originalbestückung (bis auf Endstufentransistoren)

Die Genialität der Endstufe wird erst deutlich, wenn man in die gleiche Simulation moderne Si-Transistoren einsetzt. Mit nur wenigen Modifizierungen (R2=100 Ω, C6=1000 µF, C1=1000 µF, Einstellregler R9=12 kΩ, zusätzlich C9 zur Unterdrückung der Schwingneigung) ist eine Aussteuerung bei 9 V Versorgungsspannung bis zu einer Spitzenausgangsleistung von 1,4 W bei einem Klirrfaktor von 1,2 % erreichbar. Eine Aussteuerung der Treiberstufe (Uk) fast über den gesamten Betriebsspannungsbereich ist kaum noch zu überbieten. Einzigen Manko, durch den Lautsprecher fließen 4,5 mA. Dafür gibt es keinen nennenswerten Ruhestrom durch die Endstufe und die Übernahmeverzerrungen halten sich in Grenzen. Diese Schaltung setzt Maßstäbe in der Rubrik Reiseempfänger. Wie ist das möglich?

Die zur komplementären Darlingtonschaltung gehörenden Transistoren Q1 und Q2 liefern eine sehr hohe Verstärkung. Eine Gegenkopplung über alles besteht durch R6 im Zusammenspiel mit C6 und R7. Eine weitere Gegenkopplung entsteht durch R3 und den Lautsprecher. Ändert man in der Simulation die Werte in diesen Gegenkopplungsweigen, steigt sofort der Klirrfaktor. Dieses Konzept profitiert von hohen Stromverstärkungsfaktoren der einzelnen Stufen, daher lassen sich mit modernen Transistoren derart gute Ergebnisse erzielen.

Die Schaltungsentwickler waren jedenfalls keine Anfänger, und so effektive Methoden wie Computersimulation standen damals noch nicht zur Verfügung.

Autor:
Gunter Grießbach

Gegenüber den bis dahin üblichen transformatorgekoppelten Treiber- und Endstufen sind Aufwand und Gewicht bei diesem Gerät deutlich reduziert.

Zusammenfassung

Der Falke (Sokol 308 FM) ist 40 Jahre nach seiner Markteinführung immer noch ein exzellenter Flieger. Die technische Konzeption und die schaltungstechnische Umsetzung kann man heute noch als ausgereift bezeichnen. Die 1976 verfügbaren Mittel wurden optimal genutzt. Die Verwendung von Germaniumtransistoren war aus DDR-Sicht damals schon nicht mehr ganz zeitgemäß. Dem muss man jedoch entgegenhalten, dass bis heute keinerlei negative Auswirkungen wie Rauschen, Reststrom oder Alterung feststellbar sind. Selbst die äußere Gestaltung ist gelungen und unter Verwendung von relativ hochwertigem Metall ausgeführt. Nach näherer Beschäftigung damit möchte man das Gerät fast in den Kultstatus erheben.

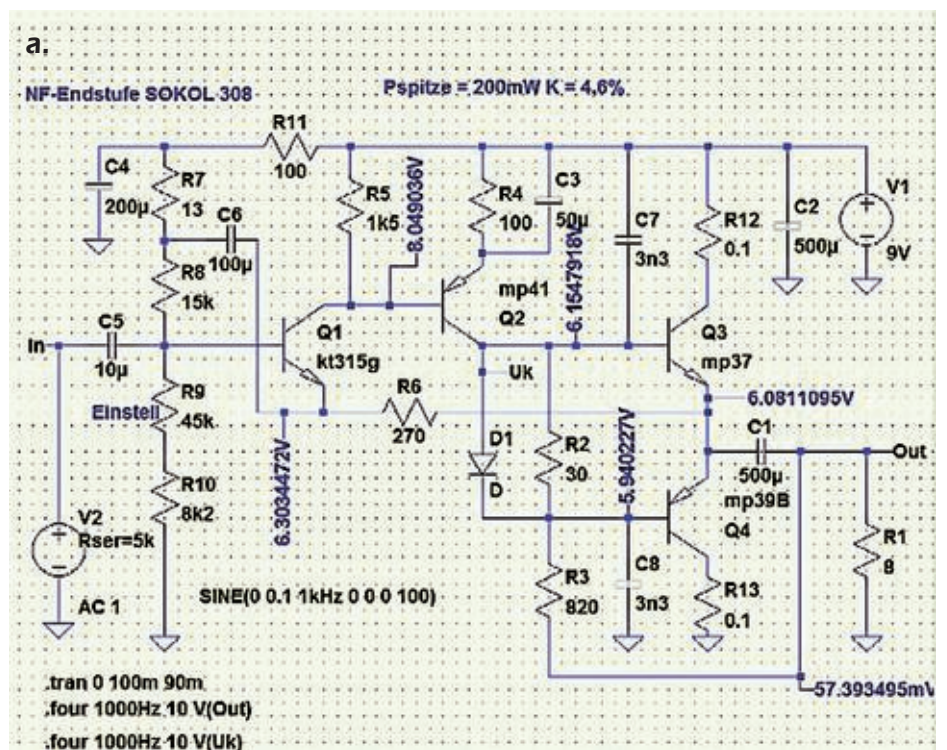
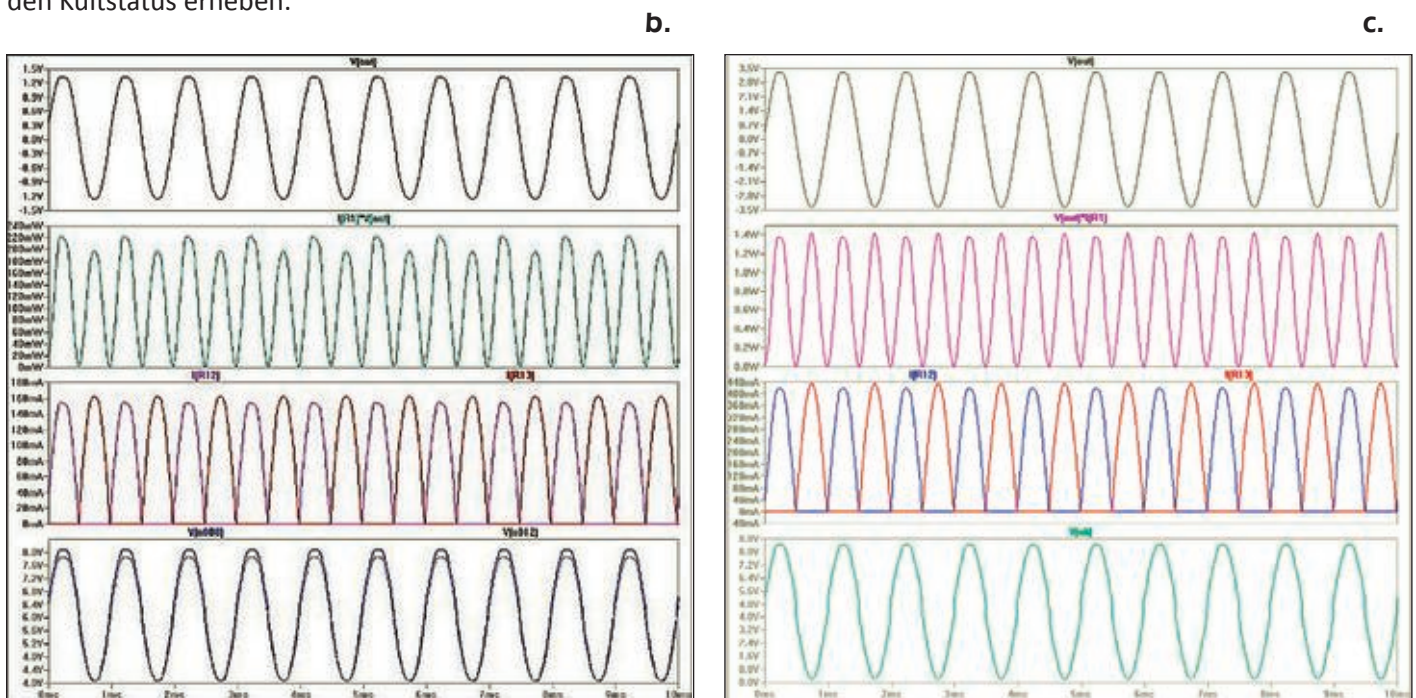


Bild 9. Endstufe Sokol 308 in Originalbestückung: a. Schaltung; b. Simulation (bis auf Endstufentransistoren); Simulation Endstufe Sokol 308 mit Si-Transistoren.



Literatur:

Die Serviceanleitung gibt es hier: http://elektrotanya.com/sokol_308.pdf/download.html.

Filter: <http://pcbdesigner.ru/pcb/elements-base/filtry.html>

IC im Tuner: <http://www.155la3.ru/k224.htm#k2zha242>

Stabilisierungs IC: <http://www.KyryllischeTas.155la3.ru/datafiles/k2pp241.pdf>

Stabi-Dioden: <http://www.155la3.ru/7ge2ak.htm>

Verwendetes Simulationstool LTSpice: <http://www.linear.com/designtools/software/>



Sokol 308 FM



Typ	Sokol 308 FM
Klasse	Reiseempfänger
Hersteller	Moscow Industrial Union, UdSSR
Einführungsjahr	1976, Goldmedaille Herbstmesse 1977
Empfangsfrequenzbereiche	MW 525 ... 1605 kHz KW 5,9 ... 9,8 MHz (49 ... 31 m) UKW (CCIR) 87,5 ... 104 MHz
Halbleiterbestückung	8 Transistoren (Ge), 2 Transistoren (Si), 2 Schaltkreise
Kreise	AM: 5 + 1 piezokeramisches Filter (entspricht 2 oder 4) FM: 11
Zwischenfrequenz	AM 465 kHz FM 10,7 MHz
Ausgangsleistung	300 mW Sinus (Klirrfaktor 10%)
Versorgungsspannung	9 V (6 x R14)
Anschlüsse	externe Antenne Stromversorgung Kopfhörer
Besonderheiten	KW-Lupe, Schaltbare Tonblende, AFC, verschiebbare Sendermarkierungen
Abmessungen	225 x 150 x 75 mm ³
Gehäuse	Kunststoff
Gewicht	ca. 1,6 kg (mit Batterien)
Preis	280 Mark (DDR)

Geliebt und gehasst: Das Funke „W 20“

Prof. Dr. Kurt Schmid analysiert das populäre Röhrenmessgerät

Manche lieben sie innig, weil sie so schön polierte Nussbaumgehäuse haben. Andere hassen sie abgrundtief, sobald eine Reparatur ansteht. Wer europäische Röhren prüft, hat eines. Gemeint sind die Röhren-Prüf- und Messgeräte von MAX FUNKE.

In Band 3 „Max Funke und seine Röhrenprüfgeräte“ des fünfbändigen Monumentalwerkes „Röhrenhistorie“ von WOLFGANG SCHARSCHMIDT [4] werden die Vita von MAX FUNKE und die zahlreichen von ihm entwickelten und gefertigten Röhrenprüfgeräte ausführlich behandelt. MAX FUNKE war kein gelernter Elektroingenieur, sondern ein begeisterter Radiotechnik-Hobbyist, der als Quereinsteiger und Autodidakt seine Leidenschaft erfolgreich zum Beruf machte. Diesen ingeniosen Geschäftsmann würde man heute als Selfmademan par excellence erachten.

Die beiden letzten von der Firma MAX FUNKE am Firmenstandort Adenau (Eifel) produzierten Geräte-Modelle waren die Verkaufsschlager „W 19“ und „W 20“. Vom „Butter und Brot“-Röhrenprüfgerät „W 19“ und „W 19 S“ wurde im Zeitraum zwischen 1952 und 1975 die beachtliche Zahl von 5.058 Geräten [4] produziert. Das Röhrenmessgerät „W 20“, Flaggschiff der Firma, erreichte zwischen 1953 und 1976 eine Verkaufszahl von 1.626 Geräten [4]. Hauptabnehmer für das „W 19“ waren vorwiegend Radioreparaturwerkstätten. Kunden für das deutlich teurere Laborgerät „W 20“ waren hauptsächlich die Industrie, Militär und Behörden.

Während der gesamten Jahre der Geschäftstätigkeit der Firma Funke war die Firma Neuberger (München) ein ernstzunehmender inländischer Konkurrent. Die Entwicklungs- und Produktionsstrategien beider Firmen differierten allerdings beträchtlich. Dies wird besonders im Vergleich vom Funke „W 20“ mit dem Röhren-Prüf- und -messgerät Neuberger „RPM 375“ deutlich [5].

Nachdem in der Funkgeschichte bereits eine Beschreibung des Neu-

berger „RPM 375“ erschienen ist [5], wird nunmehr das unmittelbare Konkurrenzprodukt Funke „W 20“ vorgestellt. Für die nähere Betrachtung stehen drei Funke „W 20“ mit den Seriennummern 27538, 27858 und 28498 zur Verfügung.

Wie das Neuberger „RPM 375“ ist das Funke „W 20“ ein leistungsfähiges Labormessgerät mit mehreren großen Messinstrumenten. Das „W 20“ markiert das Ende einer langen Modellreihe hochwertiger Kennliniengeräte, welche Funke im Laufe von Jahrzehnten entwickelt und produziert hat. Die bekanntesten sind „W 7“, „W 13“, „W 15“ und „W 17“ (vormals Bittdorf und Funke).

Mit den stattlichen Abmessungen von 54 x 46 x 24 cm³ (B x T x H) und einer Masse von etwa 21 kg (inkl. Prüfkarten) handelt es sich definitiv um ein stationäres Gerät (Bild 1).

Wenn ein Funke „W 20“ mit geschlossenem Deckel im Salon einer Penthouse-Wohnung im Frankfurter Westend stände, wären Besucher sicherlich vom traumhaften „Retro-Look“ dieses ultimativen Zubehörs zum pompösen röhrenbestückten „High-End Amplifier“ entzückt. MAX FUNKE setzte im Gegensatz zu den meisten seiner Konkurrenten bei seinen „W 19“- und „W 20“-Modellen auf von örtlichen Schreibern hergestellte Holzgehäuse mit polierten edlen Nussbaumfurnieren. Jedes



Max Funke im Jahre 1940
Bild mit Genehmigung aus [4]

dieser markanten Geräte ist ein Unikat und hebt sich deutlich von uniformen „Blechkästen“ der Mitbewerber ab. MAX FUNKE war Individualist und Nonkonformist. Militärische Ausführungen sind allerdings weniger elegant, sondern robuster ausgeführt. Diese Gehäuse aus olivgrün lackiertem Panzerholz mit versenkten Schlössern sind stapelbar und mit metallischem Eckenschutz versehen.

Alle Bedienelemente wie Schalter, Drehknöpfe, Anzeigeinstrumente, Prüfröhrenfassungen und die Prüfkarteneinheit nebst einer



Bild 1. Außenansicht eines restaurierten Funke „W 20“ (SN 27538). (Leihgabe von Prof. Johannes Fischer, Prien am Chiemsee)



Bild 2. Gerät mit geöffnetem Deckel (SN 27858), mit Prüfkartensatz, Bedienungsanleitung, Prüfkartenverzeichnis (= sogenanntes „Blaues Buch“), Auszug aus dem Prüfkartenverzeichnis als Einkleber im Gerätedeckel.

Steckerstifte (= Prüfkarten-Codierstifte) sind auf der horizontalen Frontplatte aus 5-mm-Perlinax angeordnet (Bild 2). Somit ist eine optimale Bedienbarkeit des Geräts gegeben. Drei große rechteckige Anzeigeelemente und der darunter angeordnete Betriebsartenschalter mit integriertem Netzschalter überzeugen sofort. Auf der Gehäusevorderseite ist rechts von der mittig gelegenen Betriebsanzeige ein Lüftungsgitter für zwei dahinterliegende Rheostate (=Leistungsdrehwiderstände) zu sehen. Offensichtlich ist die Belüftungsmöglichkeit des Geräteinneren zu knapp bemessen, da in der Bedienungsanleitung kurioserweise empfohlen wird, bei längerem kontinuierlichen Betrieb „den Bodendeckel zu entfernen, damit die Hitze besser abziehen kann“. Die Netzanschlussbuchse befindet sich auf der Geräterückseite. Die auf der rechten Seite sichtbare Kette zur Fixierung des Gehäusedeckels ist nicht original, sondern wurde im Zug der Restaurierung nachträglich angebracht. Der Deckel ist abnehmbar (Bild 2).

Nachdem die Außenansichten des Geräts in den Bildern 1 und 2

bei der überwiegenden Zahl der Betrachter einen durchwegs positiven Eindruck hinterlassen dürften, weckt die Innenansicht (Bild 3) eher gemischte Gefühle. Der Aufbau hinterlässt selbst nach Maßstäben der damaligen Zeit teilweise den Eindruck einer Bastelkonstruktion. Zahlreiche Bauelemente wie Transformatoren, Kondensatoren, Leistungswiderstände und Gleichrichterröhren sind wenig professionell an den Innenseiten des Holzgehäuses montiert. Als Konsequenz bietet sich nicht nur ein optisch ungünstiger Anblick, sondern es herrscht auch ein heilloses Problem mit der Verdrahtung, welches im Servicefall zum Alptraum werden kann. Selbst das Wechseln einer verschlissenen Prüfröhrenfassung erfordert das zeitaufwendige Ablöten einiger Kabelbäume und Demontage von Bauteilen vom Gehäuse. Es muss aber konstatiert werden, dass die Qualität der elektrischen Bauteile hervorragend ist, und die Gerätefunktion von der wenig eleganten mechanischen Konstruktion nicht tangiert wird.

Die Technik des Geräts

Das Laborgerät „W 20“ beherrscht selbstverständlich alle damals üblichen qualitativen und quantitativen Prüf- und Messverfahren einschließlich des Erstellens von Röhrenkennlinien und qualifiziert sich somit als sogenanntes Kennliniengerät. Im Gegensatz zum einfachen Röhrenprüfgerät „W 19“ erlaubt das Röhrenmessgerät „W 20“ die völlig freie Wahl und Einstellbarkeit der Betriebsspannungen. Diese Freiheit erhöht allerdings auch die Gefahr einer Fehlbedienung, was zur Zerstörung der Prüfröhre bzw. des Messgerätes führen kann.

Wie jedes Röhrenprüf- bzw. Röhrenmessgerät, welches diesen Namen zurecht trägt, besteht auch das „W 20“ aus folgenden vier essentiellen Funktionseinheiten [7]:

- Prüfröhrenfassungen,
- Prüfspannungsquellen,
- Vorrichtung zur Zuordnung der Spannungsquellen zu den Kontakten der Prüfröhrenfassungen,
- Anzeige der Prüf- und Messergebnisse.

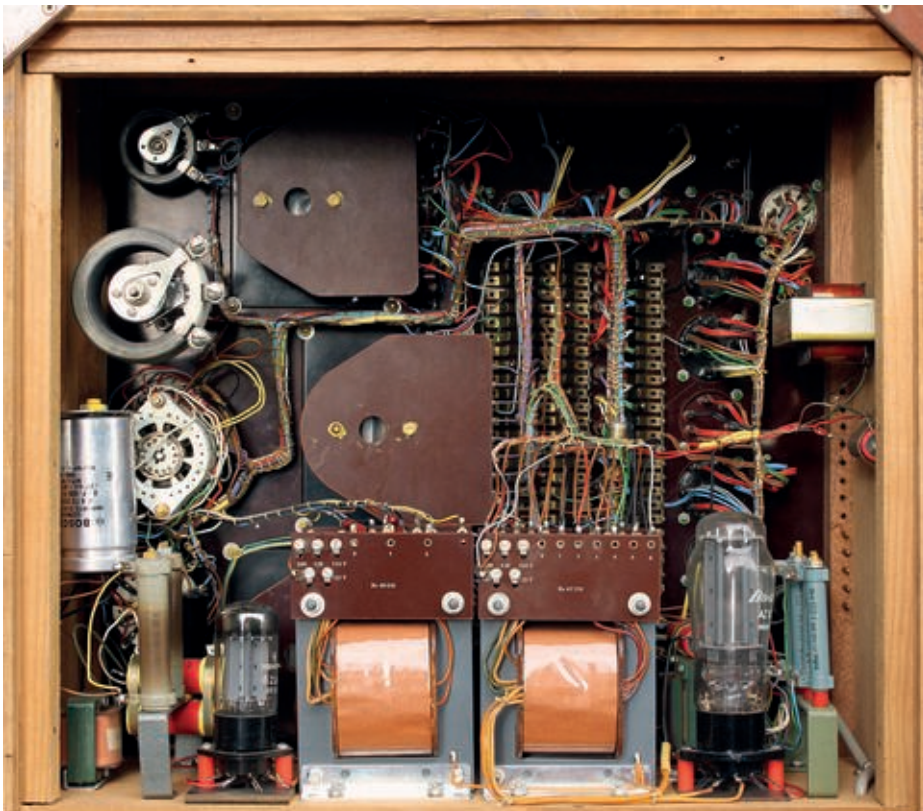


Bild 3. Blick ins das Geräteinnere bei abgenommener Bodenplatte (SN 28498).

Die Prüfröhrenfassungen

Die Auswahl an eingebauten Röhrenfassungen ist reichhaltig und variiert je nach Baujahr etwas (s. Bild 2). Nach Kundenwunsch (z.B. Bundeswehr) konnten Geräte mit unterschiedlicher Fassungs-ausstattung geliefert werden. Falls eine Röhre in keine von den im Durchschnitt 22 eingebauten Fassungen passte, bot Funke Fassungsadapter für nahezu jeglichen denkbaren Röhrensockel an bzw. fertigte diese auch nach Kundenwunsch an. Auffällig ist, dass manche Fassungstypen mehrfach vorhanden sind. Was es damit auf sich hat, wird im Abschnitt „Prüfkarteneinheit“ angesprochen.

Zur Erinnerung: In Röhrenprüfgeräten sind üblicherweise bei allen eingebauten Fassungen die Fassungskontakte gleicher Nummerierung miteinander verbunden, d.h. sie sind parallel geschaltet und werden im Funke „W 20“ über die Prüfkarteneinheit wahlweise mit den anderen Funktionseinheiten (z.B. Prüfspannungsquellen) verbunden.

Die Prüfspannungsquellen

Die Brauchbarkeit und Güte eines Röhrenprüfgeräts hängt u.a. entscheidend von der Qualität der eingebauten Spannungsquellen ab. Wünschenswert ist ein möglichst großer Spannungs- und Strombereich. Dies gilt sowohl für die Wechselspannungs- als auch die Gleichspannungsquellen. Ebenso wichtig ist die präzise Einstellbarkeit der Spannungen und deren Konstanz gegenüber Netzspannungsschwankungen und Laständerungen.

Bei Röhrenmessgeräten für Laboranwendung sind zwei getrennte Transformatoren (s. Bild 3) für die Spannungsversorgung Standard. Transformator Bv 47779 dient der Erzeugung der Wechselspannungen für die Heizung der Prüfröhren und für die Schirmgitterspannung, der Transformator Bv 48456 ist für die Anoden- und Steuergittergleichspannung zuständig.

Der Bereich der Wechselspannung für die Röhrenheizung reicht von 0,7–117 V. Die Heizspannung ist nicht kontinuierlich, sondern nur schrittweise über eine Serienschaltung der zahlreichen Anzapfungen von zwei Sekundärwicklungen des Heiztransformators wählbar. Eine zweite Wechselspannungsquelle ist in Schritten 10 V, 30 V, 60 V und 100 V umschaltbar und dient der Prüfung von Gleichrichterröhren.

Im Gegensatz zu den Wechselspannungsquellen sind drei vorhandene Gleichspannungsquellen kontinuierlich einstellbar, aber nicht stabilisiert. Ab der sechziger Jahre vollzog sich die Umstellung von Röhrengleichrichtung auf Halbleiter-Gleichrichter. Die Einstellung der Gleichspannungen erfolgt durch Rheostate (Bild 4).

Wegen der geringen Stromentnahme kann die Steuergitterspannung (U_{g1}) durch simple Einweggleichrichtung (Trockengleichrichter), Siebung (C-L-C) und resistive Spannungstei-

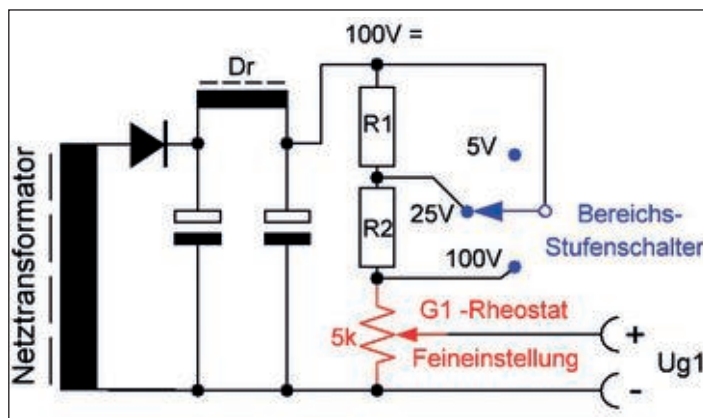


Bild 4. Prinzip-Schaltplan der Steuergitterspannungsquelle.

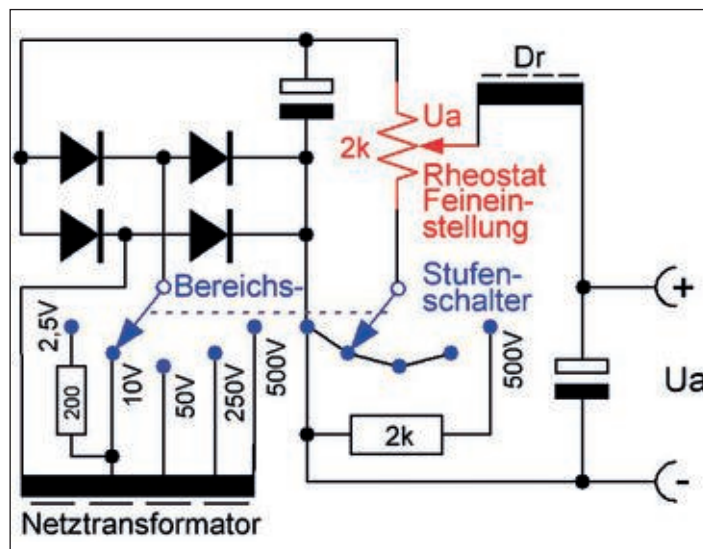


Bild 5. Prinzip-Schaltplan der Anodenspannungsquelle.

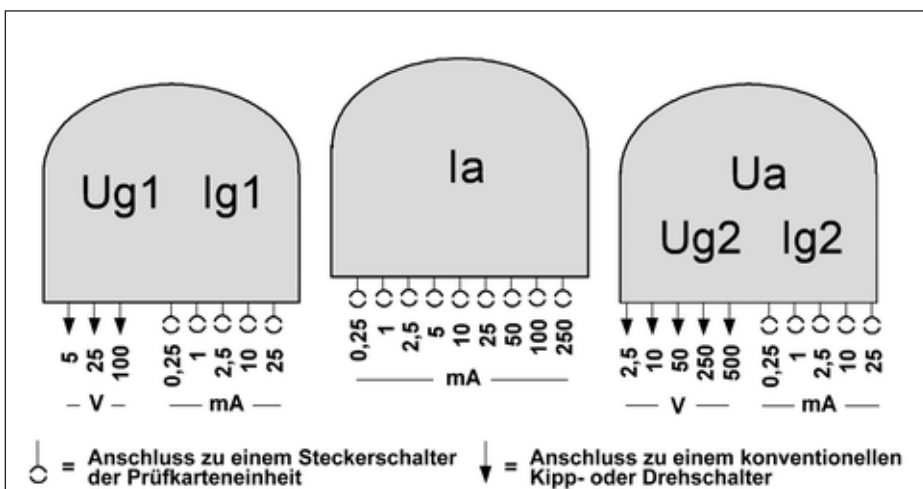


Bild 10. Schema der drei „W 20“-Anzeigeeinstrumente mit integrierten Messbereichsnetzwerken und deren Anschlüssen.

Links: Kombi-Instrument für Steuergitterspannung und -strom

Mitte: Hauptanzeigeeinstrument Anodenstrom

Rechts: Kombi-Instrument für Anoden- und Schirmgitterspannung sowie für Schirmgitterstrom

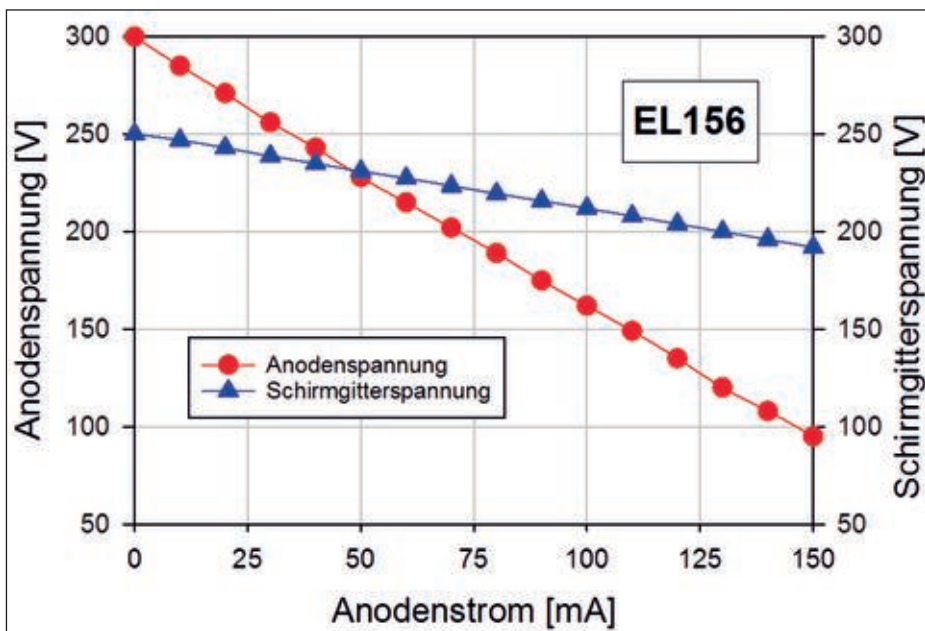


Bild 6. Lastabhängigkeit der unregulierten Anoden- und Schirmgitterspannung (erstellt mit Systat SigmaPlot 13).

lung gewonnen werden. Eine Spannungsstabilisierung ist nicht vorgesehen. Mit einem Stufenschalter sind drei Bereiche (5 V, 25 V, 100 V) wählbar. Die Feineinstellung der Spannung erfolgt über den G1-Rheostaten. Ug1 und umschaltbar Ig1 werden im linken Drehspulinstrument (siehe Bilder 2 und 10) angezeigt.

Mit einer ähnlich einfachen Schaltung – wegen der benötigten höheren Ströme ist allerdings Doppeltweggleichrichtung vorgesehen – wird auch die Schirmgitterspannung (Ug2) in drei auswählbaren Bereichen (10 V, 50 V, 250 V) erzeugt (Prinzip-Schaltung nicht gezeigt). Die Feineinstellung von Ug2 erfolgt über den G2-Rheostaten. Ug2 und umschaltbar Ig2 werden im rechten Drehspulinstrument (siehe Bilder 2 und 10) angezeigt.

Die Schaltung der Anodenspannungsquelle ist wegen der notwendig höheren Stromabgabe aufwändiger gestaltet (s. Bild 5).

Von Anzapfungen des Anodenspannungstransformators gelangt die Wechselspannung über den fünfstufigen Bereichsschalter (2,5 V, 10 V, 50 V, 250 V, 500 V) an den Graetz-Gleichrichter, gefolgt vom Ladekondensator. In älteren Geräteversionen wurde ein Anodentransformator mit Mittelanzapfung und Doppelwegröhrengleichrichter benutzt. Die Feineinstellung der Anodengleichspannung (Ua) erfolgt über einen als Spannungsteiler geschalteten Ua-Rheostaten mit

nachfolgender Siebdrossel und Siebkondensator. Die Höhe der Anodenspannung wird über das rechte Anzeigeelement (siehe Bilder 2 und 10) kontrolliert.

Wohl aus Kostengründen verzichteten damals sowohl Funke als auch Neuberger selbst bei ihren Spitzengeräten auf automatisch geregelte Netzteile. Die Nachregelung von Netzspannungsschwankungen und/oder lastbedingte Änderungen der Ausgangsspannungen auf den Sollwert erfolgen unter Beobachtung des Anzeigeelements manuell über den Rheostaten.

Um einen Eindruck von der Notwendigkeit einer Regelung der Gleichspannungsquellen zu erhalten, wird im „W 20“ mit Hilfe einer Leistungspentode EL156 die Lastabhängigkeit der unregulierten Anodenspannungsquelle untersucht. Dabei auftretende Änderungen der Anoden- und Schirmgitterspannung werden nicht nachgeregelt. Durch Variation der Steuergitterspannung der EL156 werden schrittweise definierte Anodenströme eingestellt und die jeweilig zugehörige Anoden- und Schirmgitterspannung protokolliert (Bild 6).

Aus dem Diagramm in Bild 6 wird ersichtlich, dass mit steigendem Anodenstrom die Anoden- bzw. Schirmgitterspannungen drastisch sinken. Dies zeigt, dass eine Kontrolle der Gleichspannungen und deren Nachregelung notwendig sind. Nebenbei

bemerkt sorgt im Schwestergerät „W 19“ eine Glimmstabilisator-Röhre für die Stabilisierung der besonders kritischen Schirmgitterspannung [7], während die Anodenspannungsquelle keinerlei Regelung bzw. Stabilisierung aufweist.

Die Prüfkarteneinheit

Die von MAX FUNKE ersonnene und patentierte Prüfkarteneinheit [2] diente ursprünglich nur der kreuzschieneartigen Zuordnung der Röhrenelektroden zu den Fassungskontakten. Im Verlauf der Entwicklung kamen verschiedene weitere Funktionen, wie Wahl der Messbereiche der Anzeigeelemente und Auswahl der Heizspannungen hinzu (Bild 7).

Die Prüfkarteneinheit besteht aus drei Reihen mit je 24 mittels Steckerstift betätigbaren Schaltern (insgesamt 72 Stück). In einer weiteren Reihe sind 15 Prüfbuchsen (für 4-mm-Stecker) angeordnet. Die aufgelegte vorgefertigte Röhrenprüfkarte wird mit zwei Zentrierstiften exakt fixiert.

Trotz des genialen Konzepts der Prüfkarteneinheit traf Funke schon in deren früher Realisierung eine folgenschwere konzeptionelle Fehlentscheidung, welche die Geräteentwicklung jahrzehntelang nachhaltig hemmte. In den Anfangsjahren der Röhrentechnik gab es nur relativ wenige Röhrentypen und eine geringe Anzahl unterschiedlicher Sockeltypen. Bei jedem Sockeltyp waren damals die Anschlüsse für die Röhrenheizung unabhängig vom Röhrentyp per Konvention festgelegt (z.B. Europaröhrensockel Stifte 2 und 3; Novalröhrensockel Stifte 4 und 5). Daher hat MAX FUNKE in seinen frühen Röhrenprüfgeräten wohl aus Kostengründen die Idee der freien Zuordenbarkeit aller Spannungsquellen zu allen Fassungskontakten durchbrochen und die Heizspannungsquelle einfach fest mit den Fassungskontakten verdrahtet. Während der folgenden stürmischen Röhrentwicklung kamen nun zunehmend Röhren auf den Markt, bei denen die Heizfadenanschlüsse nicht auf den bisher üblichen Sockelanschlüssen lagen. Diese Röhren konnten mit den Funke-Röhrenprüfgeräten nicht mehr vermessen werden. Es musste dringend eine Lösung des Problems gefunden werden. Anstatt aber einen klaren Schnitt zu machen und

in Neukonstruktionen seinen Fehler zu korrigieren, entschied er sich für Kontinuität und schloss fragwürdige Kompromisse. Zum einen baute er mehrere identische Fassungsstypen mit unterschiedlicher Verschaltung der Heizspannung ein [7]: beispielsweise drei Oktal-Fassungen (s. Bild 2).

Als weiteres „Workaround“ fertigte er eine Reihe Fassungsadapter an, welche für die richtige Verschaltung sorgten. Die Firma Neuberger hingegen musste bei ihren Geräten nicht mit derartigen Problemen kämpfen, da deren Prüfkarteneinheit schon von Anfang an kompromisslos ausgelegt war [5].

Bei der Entwicklung des Nachfolgemodells „W 23“ korrigierte Funke den Fehler und realisierte endlich die völlig freie Zuordnung auch der Heizspannung zu den 12 im „W 23“ unterstützten Fassungskontakten. Da sich aber das Röhrenzeitalter dem Ende zuneigte, kam das Gerät nicht mehr auf den Markt [4].

Die Prüfkarten

Jedem Gerät liegt ein umfangreicher Prüfkartensatz bei (s. Bild 2). Der gesamte Prüfkartenumfang der Firma Funke betrug letztendlich schätzungsweise etwa 1.800 Karten [3, 4].

Als Beispiel wird in Bild 8 die Prüfkarte für die 6L6 (=EL37) gezeigt. Die Funke-Prüfkarten enthalten nicht nur die Ausstanzungen für die zu steckenden Codierstifte sondern grundlegende Informationen. Neben dem Bild der Sockel- und Innenbeschaltung der Röhre sind drei Tabellen mit Röhrendaten aufgedruckt. Der Aufdruck der Betriebs- und der Grenzdaten befreit vom Nachschlagen in Datenhandbüchern. Im Normalfall arbeitet man bei einem Kennliniengerät mit den röhrentypischen (charakteristischen) Betriebsdaten. Der alternative Betrieb unter Verwendung der sogenannten Prüfdaten ist mit einer Messung mit reduzierten Werten, wie im Funke „W 19“ benutzt, vergleichbar (Bild 8).

Für den Oktalsockel stehen auf der Frontplatte des „W 20“ drei Oktalfassungen (mit jeweils unterschiedlicher Beschaltung für den Heizfaden) zur Wahl. Der Pfeil in der oberen linken Ecke zeigt auf die Position der für die 6L6 schaltungsmäßig passenden Oktalfassung (s. auch Bild 11).

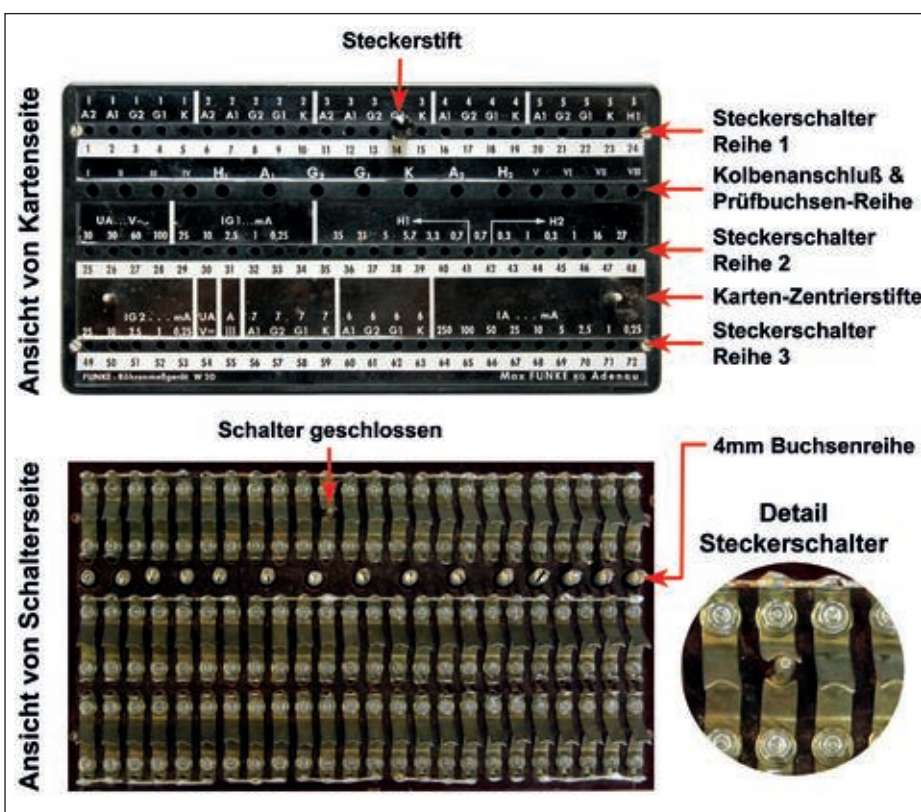


Bild 7. Ober- und Unterseite der Prüfkarteneinheit (Verdrahtung zur besseren Übersicht entfernt).

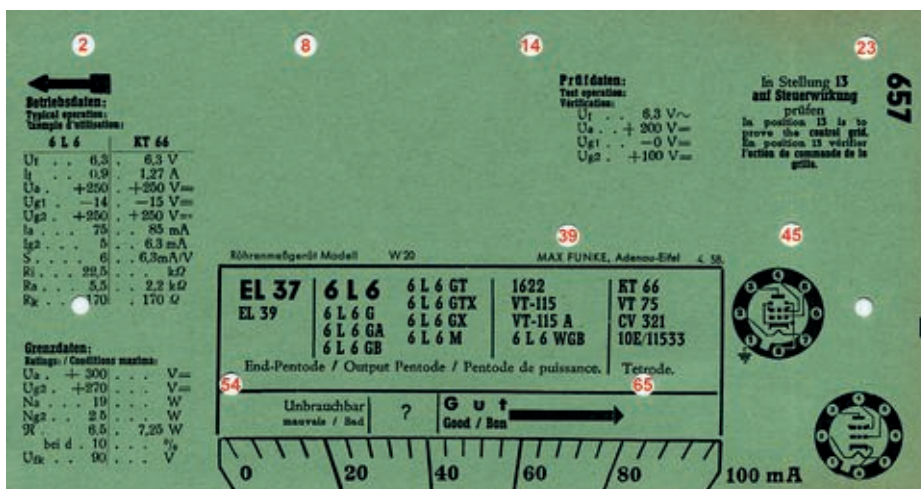


Bild 8. Prüfkarte der 6L6 (EL37).

Lochposition	Funktion
2	Zuordnung der Anode zu Pin 1
8	Zuordnung des Schirmgitters zu Pin 2
14	Zuordnung des Steuergitters zu Pin3
23	Zuordnung der Kathode zu Pin 4
39 & 45	Auswahl der Höhe der Heizspannung
54	Auswahl der Anodenstromquelle U_a = Gleichspannung
65	Bereichswahl Anodenstrominstrument I_a = 100 mA

Tabelle 1. Funktionalität der in der Prüfkarte der 6L6 gesetzten Codierstifte.

Fassung Pin 1 A2 A1 G2 G1 K 1 2 3 4 5					Fassung Pin 2 A2 A1 G2 G1 K 6 7 8 9 10					Fassung Pin 3 A2 A1 G2 G1 K 11 12 13 14 15					Fassung Pin 4 A1 G2 G1 K 16 17 18 19				Fassung Pin 5 A1 G2 G1 K H1 20 21 22 23 24				
I II III IV				H1 A1 G2 G1 K					A2 H2		V VI VII VIII												
Ua [VAC] 10 30 60 100 25 26 27 28				I _{g1} [mA] 25 10 2,5 1 0,25 29 30 31 32 33 34					H1 ← → H2 35 21 5 5,7 3,4 0,7 0,7 0,3 1 0,3 1 16 27 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48														
Funke W 20 Universalkarte 2014 K. Schmid (DH3PJ)																							
I _{g2} [mA] 25 10 2,5 1 0,25 49 50 51 52 53					Ua V= 54 55		Fassung Pin 7 A1 G2 G1 K 56 57 58 59			Fassung Pin 6 A1 G2 G1 K 60 61 62 63			Instrument: I _a [mA] 250 100 50 25 10 5 2,5 1 0,25 64 65 66 67 68 69 70 71 72										

Bild 9. Universalkarte für das „W 20“ mit farbkodierten Funktionsfeldern (erstellt vom Autor).

Rote Pfeile: zeigen auf Lochung für die beiden Prüfkarten-Zentrierstifte

Blaue Felder: Zuordnung der Spannungsquellen zu den Fassungskontakten

Gelbes Feld: Verbindung der Spannungsquellen zu Röhrenkolbenanschlüssen

Weißer Felder: Prüfbuchsen (zu internen Messpunkten)

Violettes Feld: Auswahl Höhe der Heizspannung (Kombination von zwei Steckerstiften)

Graue Felder: Auswahl der Anodenspannungsquellen (V~ oder V=) & Höhe V~

Grünes Feld: Einstellung Messbereich Gitterstrominstrument

Rotes Feld: Einstellung Messbereich Schirmgitterstrominstrument

Oranges Feld: Einstellung Messbereich Anodenstrominstrument

Unter Zuhilfenahme der in Bild 9 dargestellten Universalkarte gelingt es, die Funktion der in einer Prüfkarte gesetzten Steckerstifte festzustellen (Tabelle 1).

Auf Basis der von Funke mitgelieferten sogenannten Universalkarte wurde vom Autor eine verbesserte funktionscodierte Version entwickelt. Nebenbei ist damit auch schön die historische Weiterentwicklung und Erweiterung der Prüfkarten-Einheit nachvollziehbar. Die Felder in der unteren Reihe sind erst bei späteren Geräten hinzugekommen. Beispielsweise unterstützten die frühen

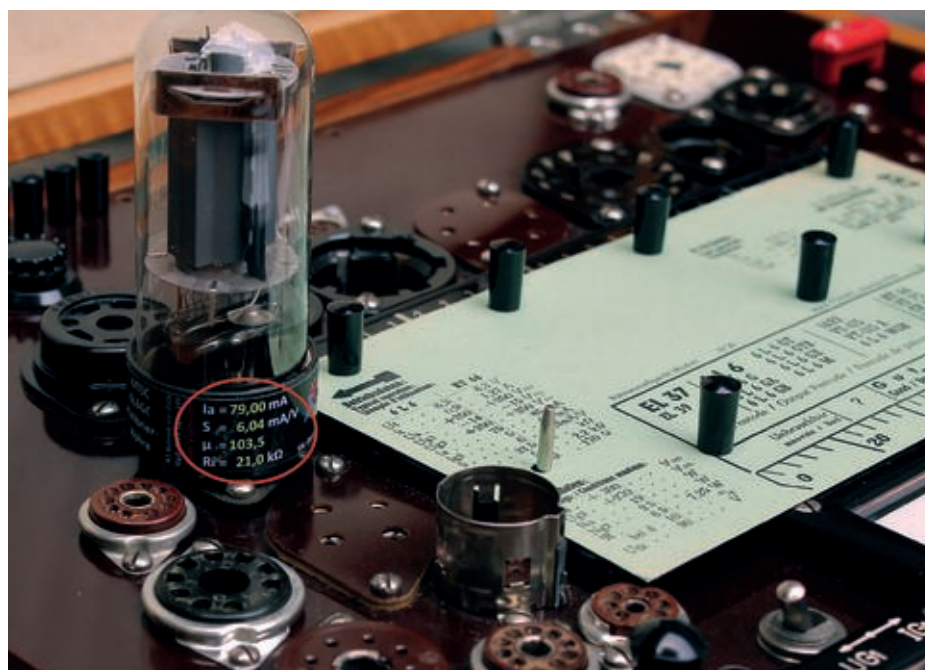


Bild 11. Messung an einer 6L6 Referenzröhre (kalibrierte Röhre)

Funke-Röhrenprüfgeräte nur Fassungen mit maximal fünf Fassungskontakten (obere Reihe: Fassung Pin 1 bis Fassung Pin 5). Später kamen Röhren mit mehr als fünf Fassungsstiften hinzu. Da alle oberen Felder schon anderweitig belegt waren, fanden die notwendigen neuen Stiftschalter in den Fassungsfeldern Pin 6 und Pin 7 nur noch in der untersten Reihe Platz (Bild 9).

Anhand dieser Universalkarte kann ermittelt werden in welche Lochposition ein Steckerstift positioniert werden muss, um eine gewünschte Funktion auszuwählen. Damit können Karten für Röhren erstellt werden, für die noch keine Karte existiert. Wie vorher gezeigt, erlaubt die Universalkarte umgekehrt die Decodierung der Funktion von Lochungen in vorhandenen Prüfkarten.

Anzeiginstrumente

Die drei Drehspulmesswerke dienen sowohl der Einstellung und Kontrolle der Betriebsspannungen, als auch der Anzeige der Prüfergebnisse. Als Besonderheit sind bei Funke die Messwiderstände in die Instrumentengehäuse integriert. Da die Güte der Prüfergebnisse entscheidend von der Qualität der Anzeiginstrumente abhängt, fertigte Funke diese selbst, wobei die Fabrikation strengsten Anforderungen unterlag. Jedes Instrument wurde individuell für das zugehörige Gerät justiert. Dadurch wird jedoch der Austausch eines defekten Instruments problematisch (Bild 10).

Abschätzung der Einstellgenauigkeit der Gleichspannungen

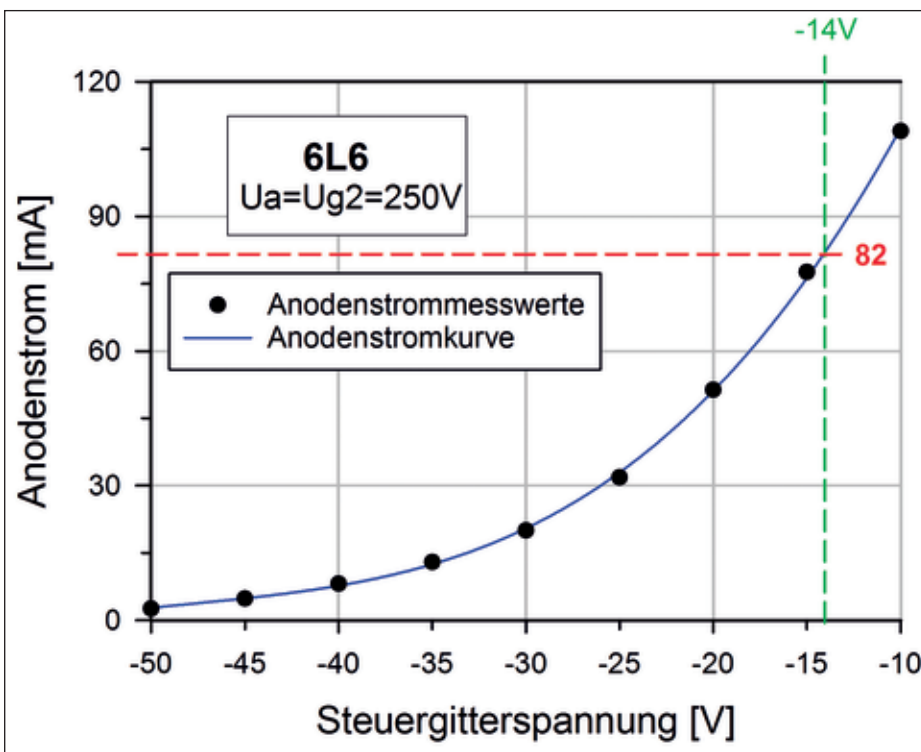
An einem Gerät wird rein informell die „über Alles“ Einstellgenauigkeit von U_{g1}, U_{g2} und U_a bestimmt. Unter gleichzeitiger Kontrolle mit einem hochgenauen Digitalvoltmeter („Agilent 34401A“) werden in den einzelnen Messbereichen mit den Rheostaten mehrere unterschiedliche Spannungen eingestellt, wobei die Werte an den „W 20“-Anzeiginstrumenten sorgfältig abgelesen werden. Jede Spannungsstufe wird drei Mal eingestellt und gemessen (Tabelle 2). Eine weitergehende Statistik, z.B. mit mehreren Geräten usw., wurde nicht erstellt.

Beispiele von Anwendungen des „W 20“, die nicht in der Bedienungsanleitung stehen

Im Gegensatz zum Röhrenprüfgerät „W 19“, dessen Bedienung fast „narrensicher“ ist, verlangt die manuelle Einstellung von Parametern am Röhrenmessgerät „W 20“ geschultes Personal.

Die „W 20“-Bedienungsanleitung beschreibt zwar teilweise ausführlich die traditionellen Prüfverfahren, die mit Standardgeräten wie dem „W 19“ möglich sind, man findet allerdings kaum praktische Anwendungsbeispiele. Die zusätzlichen vielfältigen Möglichkeiten eines Kennliniengeräts werden nur gestreift und keine einzige Kennlinie gezeigt. Diese Lücke wird im Folgenden unter zusätzlicher Verwendung moderner Analyse- und Darstellungsmethoden geschlossen und je ein Beispiel der Erstellung einer Eingangskennlinie, einer Ausgangskennlinie und einer Kennlinie der Anodensteilheit beschrieben. Nachfolgende Beispiele werden etwas ausführlicher abgehandelt, da sie zu einem ungeahnten Revival historischer Kennliniengeräte führen könnten.

Die Messungen werden an einer Beam-Power-Tetrode 6L6 durchgeführt, deren charakteristische Daten bekannt sind. Letzteres ermöglicht einen punktuellen Vergleich mit den erstellten Kennlinien (Bild 11). Die typischen Werte der Kalibrierröhre sind innerhalb der rot umrandeten Ellipse hervorgehoben. Die Referenzröhre ist mit „RoeTest“ [10] kalibriert.



Punktweise Aufnahme einer Ia/Ug1-Eingangskennlinie

Wie schon der Name impliziert, stellt die Ia/Ug1-Kennlinie die Abhängigkeit des Anodenstroms von der Höhe der Steuergitterspannung dar. Die Steuergitterspannung der 6L6 wird schrittweise beginnend mit -50 V um je 5 V erniedrigt und der jeweils zugehörige Anodenstromwert (Ia) protokolliert. Somit sind neun Werte für eine Ia/Ug1-Kennlinie ermittelt. Es zeigt sich, dass diese Anzahl von Werten im Normalfall für die Erstellung einer aussagekräftigen Kennlinie ausreichend ist (Tabelle 3).

Bild 12. Ia/Ug1-Kennlinie einer 6L6 (erstellt mit Systat SigmaPlot 13)
 Auszug aus dem Report von SigmaPlot:
 Nonlinear Regression - Dynamic Fitting
 Equation: Polynomial; Cubic
 $f=y_0+ax+bx^2+cx^3$
 Dynamic Fit Options:
 Total Number of Fits: 200
 Maximum Number of Iterations: 200

Tabelle 2. Ermittelte Wertepaare zur Erstellung einer Ia/Ug1-Kennlinie der 6L6 (Ua = Ug2 = 250 V).

Ug1		Ug2		Ua	
Bereich [V]	mittlerer Fehler [%]	Bereich [V]	mittlerer Fehler [%]	Bereich [V]	mittlerer Fehler [%]
0-5	5,1	0-10	4,2	0-2,5	inakzeptabel
0-25	4,0	0-50	3,2	0-10	8,4
0-100	3,6	0-250	2,9	0-50	4,3
				0-250	2,8
				250-500	3,9

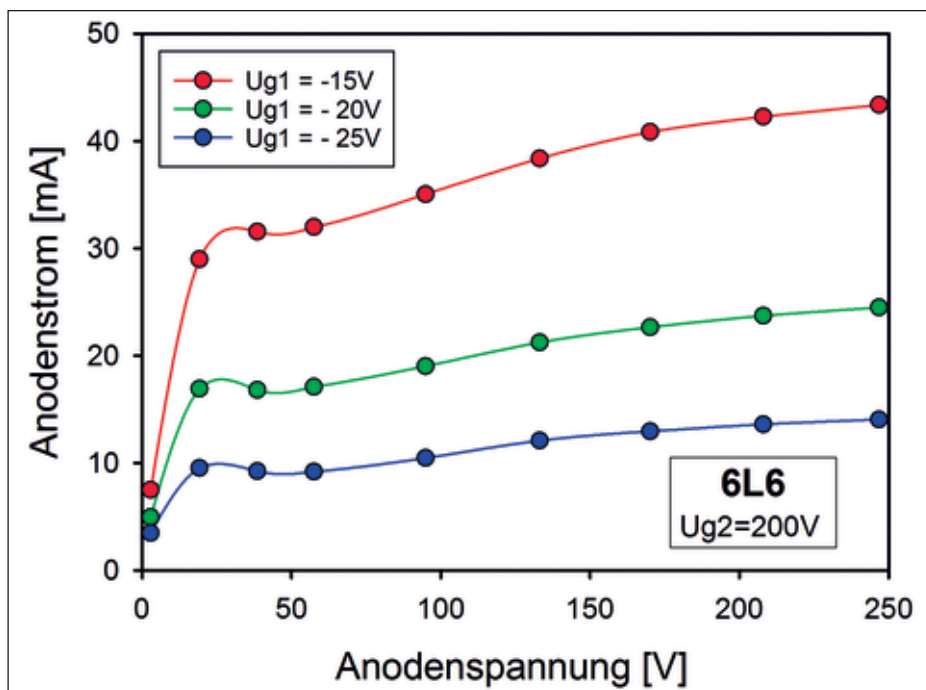


Bild 13. Darstellung einer Schar Ia/Ua-Ausgangskennlinien der 6L6 (erstellt mit Systat „SigmaPlot 13“).

Wenn die Datenpunkte mit einfachen Geraden miteinander verbunden werden, ergibt sich nur eine grobe Annäherung an den Kennlinienverlauf. Heutige Plot-Programme erlauben jedoch, aus nur wenigen mit einem historischen Gerät gewonnenen Datenpunkten die erstaunlichsten Ergebnisse zu erzielen und diese attraktiv darzustellen (Bild 12).

Die Anodenstrommesswerte aus Tabelle 3 sind als schwarz gefüllte Kreise dargestellt und dienen als Stützpunkte für die Konstruktion der Kennlinie (blaue Kurve). Der Kurvenfit erfolgt mit einem Polynom dritter Ordnung. Als charakteristischer Arbeitspunkt der 6L6 wird im Datenblatt $U_{g1} = -14\text{ V}$ angegeben und ist im Diagramm als gestrichelte grüne Linie eingetragen. Der typische Anodenstrom ergibt sich aus dem Schnittpunkt der grünen Linie mit der blauen Kennlinie zu $I_a = 82\text{ mA}$. Der charakteristische Wert der benutzten Referenzröhre ist mit $I_a = 79\text{ mA}$ beziffert (s. Bild 11).

Aufnahme einer Schar von Ia/Ua-Ausgangskennlinien

Die dargestellten Kennlinien geben die Abhängigkeit des Anodenstroms von der Anodenspannung bei fester Steuergitterspannung wieder. Es werden jeweils neun Wertepaare ermittelt und zwar bei $U_{g1} = -25\text{ V}$, -20 V und -15 V . Die Schirmgitterspannung beträgt konstant 200 V (Bild 13). Der Kurvenfit erfolgt mit kubischen Splines.

Messung der Röhrensteilheit

Funke-Röhrenmessgeräte können Röhrensteilheiten (S) nicht unmittelbar messen und über ein Instrument anzeigen. S kann nur auf indirektem Weg durch Berechnung ermittelt werden. Gleiches gilt übrigens auch für Geräte der Firma Neuberger. Funke schlägt in der Bedienungsanleitung ein Vorgehen nach der sogenannten „Grid-Shift“-Methode vor, bei der entsprechend der Definition der Steilheit

$$\text{Steilheit } (S) = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_{g1}} \left[\frac{\text{mA}}{\text{V}} \right]$$

die Steuergitterspannung um einen bestimmten Betrag U_{g1} verändert wird und mit der daraus resultie-

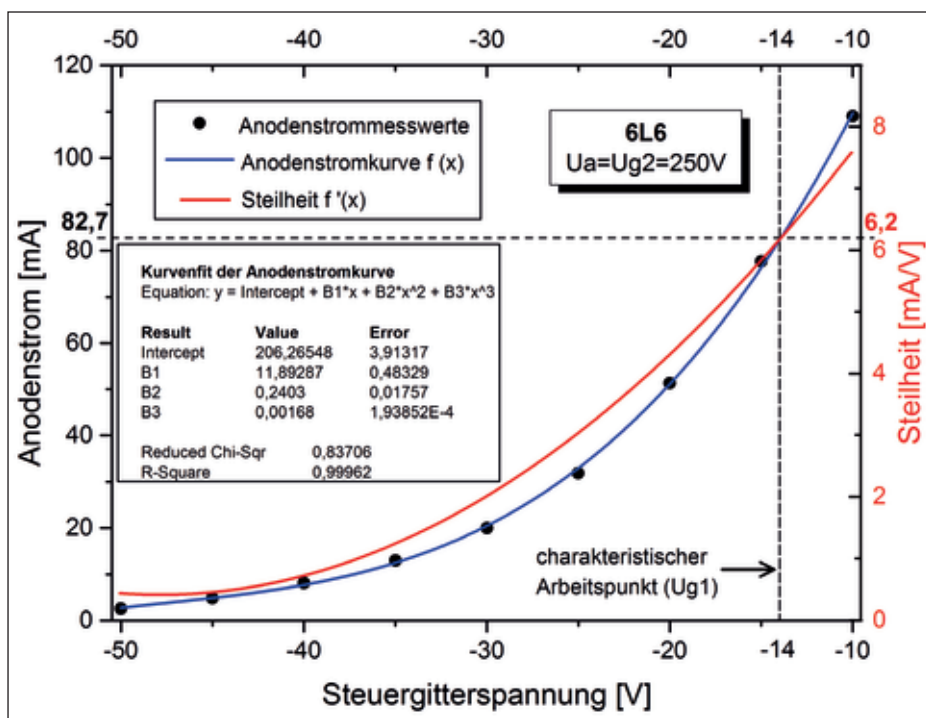


Bild 14. Mathematische Konstruktion der Steilheitskurve des Anodenstroms einer 6L6 (erstellt mit OriginLab OriginPro 2015 SR2).

renden Anodenstromänderung ein Quotient gebildet wird. Die Einstellgenauigkeit der Steuergitterspannung und die limitierte Ablesegenauigkeit des Anodenstroms begrenzen besonders bei kleiner Röhrensteilheit und/oder niedrigem Anodenstrom die Anwendbarkeit der „Grid-Shift“-Methode drastisch.

RONALD DEKKER [1] realisiert in seinem computerbasierten Röhrenmessgerät „µTracer“ eine wesentlich elegantere Lösung der Steilheitsmessung, welche auch auf historische Kennlinien-Geräte von Funke und Neuberger übertragbar ist [8] und folgend beschrieben wird. Grundlage ist hierbei die Ermittlung der numerischen Funktion der I_a/U_{g1} -Kennlinie. Eine dafür geeignete Software ist das Programm „OriginPro“. Als Datenbasis für das in Bild 14 illustrierte Beispiel dienen wiederum die neun Wertepaare aus Tabelle 3. Es überrascht nicht, dass der von „OriginPro“ erstellte Plot der Anodenstrommesswerte und der Anodenstromkennlinie in Bild 14 mit denen mit „SigmaPlot“ erstellten in Bild 12 identisch ist, da ja für beide Plots die gleichen Messwerte verwendet werden. Der Unterschied liegt darin, dass „OriginPro“ die Funktionsgleichung $f(x)$ der I_a/U_{g1} -Kennlinie zur Verfügung stellt und diese zusätzlich differenzieren kann. Die Kurve der ersten Ableitung der Anodenstromkennlinie $f'(x)$ ist die letztendlich gesuchte Funktion der Röhrensteilheit (Bild 14).

Explizite Gleichungen von $f(x)$ und $f'(x)$:

Anodenstrom-Kennlinie (blaue Kurve): $y = 206,26548 + 11,89287x + 0,2403x^2 + 0,00168x^3$

Kurve der Röhrensteilheit (rote Kurve):

$$y' = 11,89287 + 0,4806x + 0,00504x^2$$

In Diagramm in Bild 14 sind im typischen Arbeitspunkt ($I_{g1} = -14 \text{ V}$) der Anodenstrom zu 82,7 mA und die Steilheit zu 6,2 mA/V grafisch ermittelt. Die Kenntnis beider Funktionsgleichungen erlaubt zusätzlich die Berechnung der exakten Werte an jeder Stelle der Kennlinien durch Punktprobe in $f(x)$ und $f'(x)$.

Da die beiden benutzten Programme („SigmaPlot“, „OriginPro“) recht teuer sind, wurde nach Alternativen gesucht und in Microsoft „Excel“ gefunden. In [8] findet sich eine Anlei-

tung zum Berechnen und Darstellen von Röhrenkennlinien mit Hilfe von „Excel“ und ein Link zu einer Beispieldatei im Excel-Format zum Herunterladen.

Die gezeigten Kennlinien resultieren aus der softwaregestützten Aufwertung eines historischen Kennliniengerätes und werden erst durch die allgemeine Verfügbarkeit von Computern möglich. Die Resultate stehen, abgesehen vom höheren Zeitaufwand, denen dezidiert computergestützter Geräte [1, 10] und Kennlinienschreibern kaum nach.

Nachdem mit dem hier vorgestellten Funke „W 20“ eines der leistungsfähigsten Röhren-Prüf- und Messgeräte aus deutscher Produktion ausführlich untersucht wurde, wäre es sicherlich interessant zu erfahren, wie im Vergleich, die jeweiligen Spitzengeräte anderer europäischer Länder, die in der höchsten Röhrenmessgeräte-Liga spielen, abschneiden.

Die Evaluierung des ultimativen britischen Gerätes AVO „VCM 163“, welches simultan Ströme und Steilheiten messen und anzeigen kann, lässt eine deutliche Überlegenheit des AVO „VCM 163“ gegenüber Neuberger „RPM 375“ und Funke „W 20“ erkennen [9]. Weitere Kandidaten für das „beste“ in Europa entwickelte Röhrenmessgerät sind das französische Metrix „LX 109A“ und das italienische UnaOhm „GB 74 M“.

$U_{g1} \text{ [V]}$	$I_a \text{ [mA]}$
-50	2,5
-45	4,8
-40	8,2
-35	13
-30	20
-25	32
-20	51
-15	78
-10	109

Tabelle 3. Mittlere Abweichung der einstellbaren Spannungen vom Sollwert (Gerät mit SN 28498).

Autor:
Prof. Dr. Kurt Schmid
Mainz

Quellen

- [1] Dekker, R., NL: The µTracer 3, Kurzlink: <http://tinyurl.com/RD-Tracer>
- [2] Funke, M.: Einrichtung zur Prüfung verschiedenartiger Radioröhren, DRP Nr. 582749, 1933 und Zusatzpatent DRP Nr. 610579, 1935
- [3] Müller, K.-F.: Das Funke-Röhrenprüfgerät W 19, Walz Verlag, Idstein 2004
- [4] Scharschmidt, W.: Max Funke und seine Röhrenprüfgeräte, Röhrenhistorie Band 3, Funk Verlag, Dessau 2010
- [5] Schmid, K.: Das Neuberger Röhrenprüfgerät RPM 375, Funkgeschichte 214: 74-79, 2014
- [6] Schmid, K.: Die Prüfkarten-Einheit des Funke W 19 (S) Röhrenprüfgerätes, Radiomuseum.org, 2012, Kurzlink: <http://tinyurl.com/RM-W19-1>
- [7] Schmid, K.: Re-Evaluierung des Funke Röhrenprüfgerätes W 19 (S), Radiomuseum.org, 2012, Kurzlink: <http://tinyurl.com/RM-W19-2>
- [8] Schmid, K.: Röhrenkennlinien mit Excel berechnen und darstellen, Radiomuseum.org, 2014, Kurzlink: <http://tinyurl.com/RM-W19-3>
- [9] Schmid, K.: The Ultimate British Valve Tester AVO VCM 163, Radio Bygones 140: 3–7, 2012
- [10] Weigl, H.: RoeTest, Link: <http://www.roehrentest.de>

I STILL CAN'T
MAKE UP MY MIND
WHICH RECORD
TO BUY!

LET'S
LISTEN
TO A FEW
MORE!

SURE! THERE
ARE LOTS OF
THEM WE
HAVEN'T
HEARD YET!



Not
to you
off

Record
Sales



Ich kann
mich immer noch
nicht entscheiden,
welche Platte ich
kaufen soll!

Lass uns
doch noch
einige
anhören!

Ja sicher!
Da sind jede
Menge, die wir
noch nicht
gehört haben!