



Elektrotechnik ist eine „Widerstandsbewegung“

Aus dem Inhalt:

„Todesstrahlen“ - Fakt oder Fiktion? ◊ WFW – Radios aus Lauscha ◊ Neues vom „Konzertsender“ ◊ Tschechische Funkhistoriker haben ihr eigenes Museum ◊ Entwicklungsgeschichte der elektrischen Widerstände ◊ Röhrenprüfgeräte aus Weida ◊ Termine ◊ Anzeigen

Zeitgeschichte

„Todesstrahlen“ -
Fakt oder Fiktion?

148

WFW – Radios aus Lauscha

160

Bauelemente

„Elektrotechnik ist eine
Widerstandsbewegung“

174

Geräte

Der „Dirigent“

163

Röhrenprüfgeräte aus Weida

187

GFGF aktuell

Tschechische Funkhistoriker
haben ihr eigenes Museum

166

Impressionen von der
HAM Radio 2018

172

Augmented Reality zeigt,
wie das Radio funktioniert

173

Rubriken

Inhalt

146

Editorial

147

Impressum

169

Termine

170

Anzeigen

A1

Titel

Sie sind eher unspektakuläre, aber trotzdem in der Elektrotechnik, Elektronik und insbesondere Funktechnik inzwischen massenhaft benötigte Bauelemente: Widerstände. Prof. Joachim Goerth gibt einen umfassenden Überblick über die Geschichte und die technische Entwicklung des in jedem funkttechnischen Gerät vorkommenden Bauteils. Auf dem Titelbild sind Widerstände aus der Zeit zwischen 1930 und 1950 zu sehen. (Bild: Peter von Bechen)

Seite 174

Peter Butcher über Ideen sowie Versuche, Elektrizität und elektromagnetische Wellen als Waffen zu nutzen
„Todesstrahlen“ - Fakt oder Fiktion?



Heute mögen wir vielleicht darüber lächeln, wenn wir von „Todesstrahlen“ hören oder lesen. Doch wenn man sich in die Gedankenwelt der Ära hineinversetzt, in der diese als Waffe für den „Krieg der Zukunft“ gesehen wurde, erscheinen viele Ideen von damals als durchaus plausibel. Natürlich gab (und gibt) es immer wieder Scharlatane, Spinner und Verrückte, die der jeweiligen Regierung für viel Geld ihre

Erfindungen für elektrische Kriegsführung verkaufen wollten. Die Wissenschaft brachte hingegen mit ihren Erkenntnissen die Grundlagen für Techniken auf der Basis elektrischer und elektromagnetischer Erscheinungen, die auch militärisches Potenzial besitzen.

Seite 148

Thomas Nickel beschreibt den weiten Weg vom W18 zum W18N

166

Röhrenprüfgeräte aus Weida

Nach der Flucht MAX FUNKES in den Westen gab es im geteilten Deutschland auf einmal zwei Unternehmen, die die populären Röhrenprüfgeräte (RPG) herstellten. Es dauerte nicht lange, bis die Entwicklungslinien der beiden Firmen in West und Ost auseinanderliefen. 1958 kam aus Weida die große Überraschung - das völlig anders funktionierende „RPG W26“. Neue Zielsetzung war es, Röhren gemäß Datenblatt zu prüfen. Statt des Tests bei 0 Volt Steuergitterspannung gab es nun für die Emissionsprüfung eine zwischen 0 und 30 V einstellbare Gleichspannung.

172

173



Seite 187

Radiokunst

Nach dem 1. Weltkrieg begann die Marconi Company in Großbritannien unter dem Firmennamen „Marconiphone“ auch nichtkommerzielle Empfangsgeräte herzustellen. Die Radios waren von der britischen Post sowie der BBC autorisiert und wurden in den Werken in Chelmsford hergestellt. Diese Episode des Funkpioniers dauerte allerdings nur von 1922 bis 1929, als diese Abteilung an die „Grammophone Company“, die spätere „Electric and Musical Industries“ (EMI) verkauft wurde. Marconi blieb im kommerziellen Bereich und kehrte nie wieder in das Consumer-Geschäft zurück. Dieses wunderschöne Jugendstil-Werbeposter „The Authentic Radio“ entstand etwa 1933, als Marconiphone schon nicht mehr zur Marconi Company gehörte.



Rückseite

Liebe Freundinnen und Freunde der Geschichte des Funkwesens,



um zu verhindern, dass mich nach Erscheinen dieses Hefes eine Flut von Zuschriften empörter Leser erreicht oder ein Shitstorm im GFGF-Forum ausbricht, hier eine prophylaktische Klarstellung meinerseits: Ich bin (wie sicherlich so gut wie alle GFGF-Mitglieder) weder Waffennarr noch Kriegsbefürworter und auch kein Menschenverächter. Nein, ich komme eher aus der Tradition

der 1968er, die bekanntlich gegen alles Kriegerische waren – egal, aus welcher Richtung dieses auch kommen mag. „Make Love, not War“ oder „Schwerter zu Pflugscharen“ waren (und sind) unsere Devise.

Es geht um den Artikel über „Todesstrahlen“, dessen ersten Teil Sie auf den folgenden Seiten lesen können. Hier beschreibt unser fachkundiger Autor und Technikhistoriker PETER BUTCHER in einem ambitionierten Beitrag, welche Ideen und Konzepte Wissenschaftler oder Erfinder in den vergangenen Jahrhunderten entwickelt sowie teilweise auch in die Praxis umgesetzt haben, um Elektrizität und elektromagnetische Wellen zum Töten von Menschen zu benutzen.

Nun, das ist ja eigentlich seit der Erfindung des Faustkeils nichts wirklich Neues: Den konnte schon der Neandertaler ja bekanntlich dazu nutzen, um Getier für das Abendessen zu erlegen, aber auch nicht weniger wirkungsvoll, um damit seinen Mitmenschen ins Jenseits zu befördern.

Technik, und so auch Elektrotechnik, hat nun mal zwei Seiten: Einerseits ist sie Grundlage für weltumspannende Kommunikation, die für Völkerverständigung und damit für Frieden sorgt, andererseits ist sie eben auch Basistechnologie für „Todesstrahlen“-Waffen. Genau wie die Funktechnik, die uns als GFGF-Mitglieder ja am Herzen liegt, nutzt man für „Todesstrahlen“ bestimmte Teile des elektromagnetischen Spektrums. Deshalb liegt es nahe, dass wir uns auch mit der dunklen Seite unseres Fachgebietes auseinandersetzen, um diese wenigstens kennenzulernen. Ich habe mich ohne Zögern entschieden, den Beitrag in der „Funkgeschichte“ abzdrukken, denn ich gehe davon aus, dass die Geschichte und die daraus zu ziehenden Erkenntnisse die Leser eher auf pazifistische Gedanken kommen lässt. Wie sagte SUNZI, chinesischer Philosoph und Stratege, schon etwa 500 vor Christus in der Zeit des Königreichs von Wau: „Du musst deinen Feind kennen, um ihn besiegen zu können“.

In diesem Sinne – viel Spaß bei der Lektüre.

Ihr

Peter von Bencen

P.S.: Natürlich dürfen Sie jederzeit in Leserbriefen und im GFGF-Forum Ihre Meinung äußern, auch konstruktive oder kritische Anmerkungen zu meiner Arbeit sind jederzeit willkommen!

UKW-Abschaltung (zunächst) von Tisch

Auf den Leitartikel in der letzten Ausgabe der „Funkgeschichte“ hat es zahlreiche Reaktionen der Leser gegeben. Diese sind durchweg empört über die Vorgehensweise der Akteure, die ihren Streit über die Nutzungsgebühren offensichtlich auf dem Rücken der Hörer austragen wollten. Inzwischen haben sich Sendernetzbetreiber und Antennenbesitzer wohl doch auf einige Eckpunkte einigen können, auf deren Grundlage realistische Verträge abgeschlossen werden könnten. Allerdings waren an den Verhandlungen nur fünf der insgesamt 30 Unternehmen, die im Besitz von UKW-Antennen sind, beteiligt. Was das zu bedeuten hat, lässt sich zur Zeit noch nicht genau sagen.

Wichtiger Hinweis für die Bezieher des GFGF-Newsletters

Am 25. Mai 2018 trat die Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO) in Kraft. Aus diesem Grund kann die GFGF den Newsletter z. B. mit Einladungen zu Ausstellungen und Infos zur kommenden „Funkgeschichte“ nur noch an Sie versenden, wenn Sie bestätigen, dass Sie diese Informationen weiterhin an Ihren E-Mail-Account erhalten möchten. Ihre E-Mail-Adresse wird von uns ausschließlich zu diesem Zweck gespeichert und nicht an Dritte weitergegeben. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen die Löschung aus unserem Newsletter-Versand verlangen. Ohne diese Bestätigung werden Sie keine Einladungen oder andere Informationen mehr von uns erhalten, da wir Ihre E-Mail-Adresse sonst löschen müssen.

Bitte gehen Sie dazu auf diesen Link und geben Sie Ihre E-Mail-Adresse ein:

<https://www.gfgf.org/lists/lt.php?id=cEkNVE9WVksDVlo>

„Todesstrahlen“ - Fakt oder Fiktion?

Peter Butcher* über Ideen sowie Versuche, Elektrizität und elektromagnetische Wellen als Waffen zu nutzen
Teil 1: Die Entwicklung bis in die 1930er-Jahre

„Taucht eine technische Neuerung auf, so wundert man sich kaum noch darüber, sondern fragt sich zunächst einmal, wofür man sie verwenden kann. Erweist sich die Neuerung für die kriegerische Vernichtung unzähliger Menschenleben als geeignet, so genießt sie besondere Wertschätzung,“ so der seinerzeit populäre Autor Ing. HEINZ RICHTER im Vorwort seines erstmals 1949 erschienenen Buches „Radiotechnik für Alle“. Diese Erkenntnis war so kurz nach den Erfahrungen des 2. Weltkrieges durchaus naheliegend, aber schon damals eigentlich nichts Neues, denn Ideen sowie Versuche, Elektrizität und insbesondere elektromagnetische Wellen („Todesstrahlen“) zum Bekämpfen oder Vernichten von Menschen und Kriegsgerät zu nutzen, hatte es schon lange vorher gegeben. Dieser Beitrag ist ein Streifzug durch die gesamte Geschichte der Elektrizität unter diesem Aspekt.

Heute mögen wir vielleicht darüber lächeln, wenn wir von „Todesstrahlen“ hören oder lesen. Doch wenn man sich in die Gedankenwelt der Ära hineinversetzt, in der diese als Waffe für den „Krieg der Zukunft“ gesehen wurde, erscheinen viele Ideen von damals als durchaus plausibel. Natürlich gab (und gibt) es immer wieder Scharlatane, Spinner und Verrückte, die der jeweiligen Regierung für viel Geld ihre Erfindungen für elektrische Kriegsführung verkaufen wollten. In fast allen Fällen stellt sich sehr schnell heraus, dass diese Geistesblitze ohne jeden praktischen Wert sind. Die Wissenschaft brachte hingegen mit ihren Erkenntnissen die Grundlagen für Techniken auf der Basis elektrischer und elektromagnetischer Erscheinungen, die auch militärisches Potenzial besitzen, und zwar:

- Elektrischer Strom,
- Röntgenstrahlen,
- Hochfrequenzwellen,
- Kernenergie.

Eine der ersten Publikationen zum Thema ist das von Dr. FRIEDRICH WÄCHTER verfasste Buch „Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke“ [1], das 1883 erschienen ist. Sicherlich war zu jener Zeit die Technik noch nicht so weit fortgeschritten, dass in diesem Werk auch schon „Todesstrahlen“ vorkamen, aber der Autor beschreibt hier schon die strategischen Vorzüge der Telegrafie und widmet elektrischen Zündern von Sprengladungen ein ausführliches Kapitel.

1937 erschien das Buch von KURT KARL DOBERER „Elektro-krieg. Maschine gegen Mensch“ [2]. Hier findet man eine Sammlung von Artikeln aus verschiedenen Quellen, die sich mit militärisch nutzbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen befassen. Über deren Einsatz, z. B. auch von „Todesstrahlen“, wurde in der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen ernsthaft diskutiert, z. B. in dem Werk „Todesstrahlen und andere neue Kriegswaffen“ [3] von KURT KARL DOBERER und MAX SEYDEWITZ, in dem General ALBERT NIESSEL das Vorwort verfasste.

*Übersetzung und Bearbeitung für die „Funkgeschichte“: Peter von Bechen

1750: Der erste Elektro-Tote

Wo soll mit der Chronik der elektrischen Kriegsführung begonnen werden? Ein guter Startpunkt ist wahrscheinlich das Jahr 1750. Im Dezember dieses Jahres unternahm der Physiker und Astronom JOHANN GABRIEL DOPPELMAYR (1677 – 1750, Bild 1) in Nürnberg Experimente mit einer großen Batterie aus Leidener Flaschen. Unglücklicherweise kam er seinem Versuchsaufbau zu nahe und wurde von einem heftigen elektrischen Schlag getötet. Er war wohl der erste Mensch, der Opfer künstlich erzeugter Elektrizität wurde. Daran zeigte sich, dass Elektrizität töten kann – leise, unsichtbar und ohne Geruchsentwicklung. D. h., dass sie mit den natürlichen menschlichen Sinnen nicht wahrgenommen und ihre Anwesenheit deshalb vom Feind auch nicht rechtzeitig entdeckt wird. Als Waffe schien Elektrizität ein



Bild 1. Der wohl erste Mensch, der von künstlich erzeugter Elektrizität getötet worden ist: der Physiker und Astronom Johann Gabriel Doppelmayr (1677 – 1750).

großes Potenzial zu haben, allerdings war man seinerzeit vom praktischen Einsatz noch weit entfernt, denn die dafür erforderlichen Hochspannungs-Stromquellen hoher Leistung, die auch noch mobil sein sollten, waren noch nicht entwickelt. Es gab Apparate zur Erzeugung von statischen elektrischen Ladungen, die schon lange bekannt waren, aber nur hohe Spannung ohne nennenswerte Stromstärke erzeugen konnten. Erst um 1856 erfand WERNER VON SIEMENS den Dynamo. Gegen Ende der 1860er-Jahre baute der Belgier ZÉNOBE THÉOPHILE GRAMME in Paris die ersten technisch brauchbaren Generatoren, die eine eher pulsierende Gleichspannung erzeugten. Damit kam man der praktischen Verwendbarkeit von „Elektrizität“ einen Schritt näher. Auch die Arbeiten an Wechselstromgeneratoren und die Nutzung von Wechselstrom machten parallel Fortschritte. Die ersten funktionierenden Hochspannungstransformatoren wurden gebaut, womit die Hochspannungsverteilung von elektrischer Energie, wie sie heute noch verwendet wird, möglich wurde.

Nikola Tesla und der Wechselstrom

Schon als NIKOLA TESLA (Bild 2) als junger Student in Graz 1878 mit Gleichstrommotoren mit ihren ineffizienten, funkenbildenden Kommutatoren arbeitete, machte er seinem Professor den Vorschlag, einen Motor ohne Bürsten und Kommutator zu bauen. Dies, versicherte der Professor, sei allerdings unmöglich. 1882 arbeitete TESLA in Budapest die Theorie seines Induktionsmotors aus. Später baute er in Straßburg seinen ersten mehrphasigen Induktionsmotor. Er arbeitete seinerzeit für eine französische Firma, die die lokale Vertretung für die Edison Company wahrnahm. Weil TESLA in Frankreich keine Unterstützung für seine Arbeit bekam, ging nach er Amerika zur Edison Company. Auch dieses Unternehmen unterstützte die Entwicklung seines Wechselstrommotor nicht, sondern nutzte ihn lediglich aus, um Gleichstrommotoren zu verbessern. 1887 verließ er die Edison Company und gründete die „Tesla Electric Company“, die Dynamos und Wechselstrommotoren produzierte. Tesla reichte grundlegende

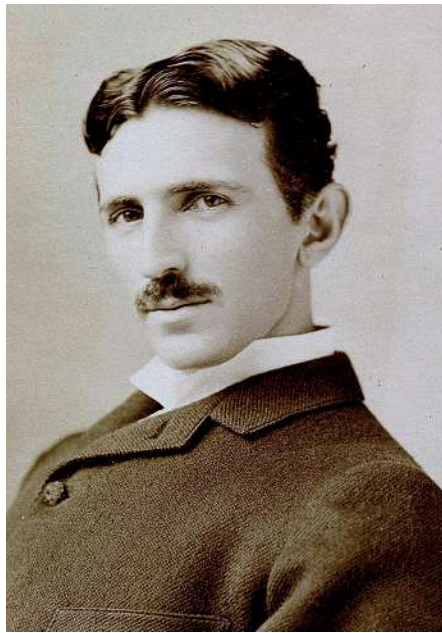


Bild 2. Nikola Tesla (1856 – 1943), Verfechter des Wechselstroms.

Patente über mehrphasige Wechselspannungs-Verteilungsnetze ein, die sich GEORGE WESTINGHOUSE (Bild 3) für die Westinghouse Company sicherte.

Edison war Vorreiter beim Aufbau eines Gleichstrom-Verteilungsnetzes für elektrische Beleuchtung mit relativ niedriger Spannung. Hierfür sind dicke Kupferkabel erforderlich, und der Kupferpreis stieg! Auch benötigte man auch alle paar Kilometer eine Generatorstation. Die Edison Company begann eine Verleumdungskampagne gegen Westinghouse und behauptete, Wechselspannung sei eine gefährliche Angelegenheit. Bei einer öffentlichen Demonstration 1887 in New Jersey stellte EDISON einen 1.000-Volt-Wech-

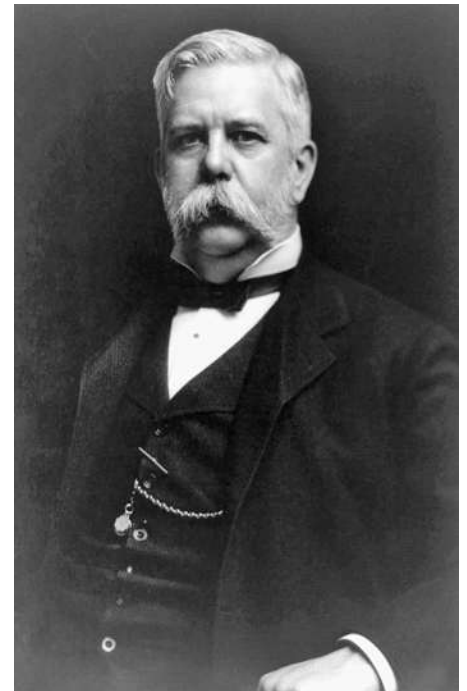


Bild 3. George Westinghouse (1846 – 1914), Erfinder, Ingenieur und Großindustrieller.

selstromgenerator von Westinghouse auf, verband diesen mit Metallplatten und tötete ein Dutzend Tiere, die darüber liefen. Für die Presse eine Sensationsmeldung! Natürlich zeigte er gleichzeitig, dass seine viel niedrigere Gleichspannung keine solche fatale Wirkung hat. EDISON (Bild 4) genoss zu jener Zeit in den USA ein enormes Prestige und glaubte selbst wahrscheinlich an alles, was er sagte, was bedauerliche Folgen hatte, wie man im Folgenden sehen wird.

Ab 1886 richtete die Regierung des Staates New York eine Kommission ein, die alternative Methoden der

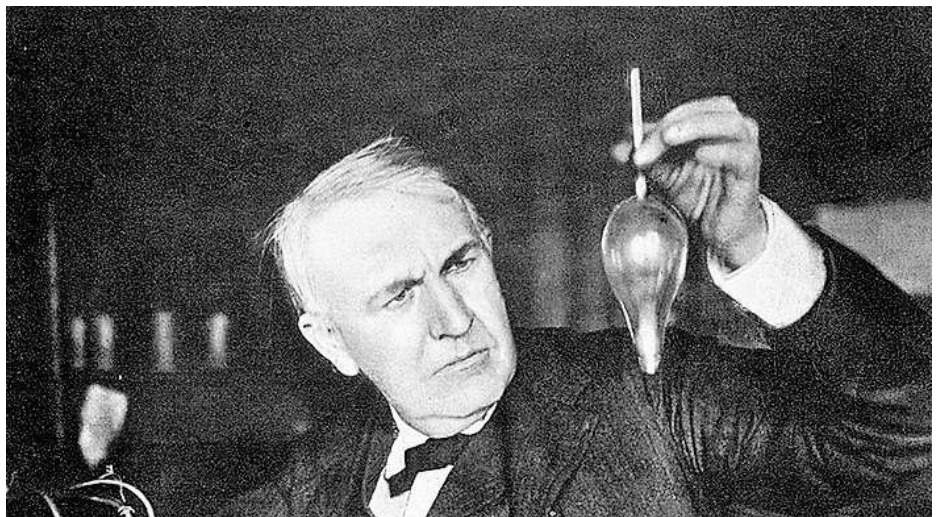


Bild 4. Thomas Alva Edison (1847 – 1931) setzte sich aktiv für die Hinrichtung mit Elektroschocks ein.

Exekution zum Tode Verurteilter untersuchen sollte. Das Hängen sollte ersetzt werden, weil es als zu langsam, zu schmerzhaft und damit als inhuman galt. EDISON setzte sich aktiv für die Hinrichtung mit Elektroschocks ein und erklärte, dass es die menschlichste Form der Todesstrafe sei und dass 100 Volt ausreichen. Diese Äußerung, mit der wahrscheinlich ursprünglich beabsichtigt war, gegen die Wechselstrom-Patente von WESTINGHOUSE und TESLA vorzugehen, wurde vom Kongress akzeptiert. Das Gesetz zur Einführung des „Elektrischen Stuhls“ trat am 1. Januar 1889 in Kraft. Es blieb noch die Entscheidung, ob Wechsel- oder Gleichstrom verwendet werden sollte. Dazu wurde ein Ausschuss eingesetzt. Ein gewisser Doktor PETERSON, der auf der Gehaltsliste der Edison Company stand, war Vorsitzender, und deshalb ist es nicht überraschend, dass Wechselspannung gewählt wurde.

Im Jahr 1889 wurde der erste „Elektrische Stuhl“ in der Strafanstalt von

Auburn im Staate New York installiert. WESTINGHOUSE weigerte sich, den Generator zu liefern, weil nach seiner Erfahrung Menschen, die von Elektrizität angeblich getötet worden waren, oft nur kurzzeitig betäubt waren und sich anschließend wieder erholten. Mit einem Trick erwarb man dann doch einen Westinghouse-Wechselstromgenerator, der im Gefängnis installiert wurde. Wie von WESTINGHOUSE vorhergesagt, kam es zu Fällen, bei denen hingerichtete Menschen sich auf dem Weg zur Leichenhalle plötzlich erholten. Die Regierung löste das Problem der „Genesung“, indem sie einfach die Anweisung gab, dass eine sofortige Autopsie an allen exekutierten Personen durchgeführt werden sollte! In den folgenden 30 Jahren kam es so zu einer besonders grausamen Art von Vivisektionen (Zerlegen von lebendigen Menschen), bis die Forschung in den 1920er-Jahren vorschlug, dass bei der Exekution zunächst 2.500 Volt verwendet werden, um das Opfer bewusstlos zu machen, gefolgt von 200

bis 250 Volt, um den Herzschlag anzuhalten. Trotzdem war das Verfahren nie sicher, in einigen Fällen auch nicht schnell (Bild 5).

Der Elektrozaun in der Schlacht von Liaoyang

Wurde nach diesen Erfahrungen Elektrizität jemals erfolgreich im Krieg eingesetzt? Ein Ereignis ist im russisch-japanischen Krieg in der Schlacht von Liaoyang vom 29. bis 30. August 1904 dokumentiert. Port Arthur (ehemalige koloniale Bezeichnung des Stadtbezirks Lüshunkou der chinesischen Hafenstadt Dalian) war der einzige Hafen im Fernen Osten, der Russland gehörte und von großer strategischer Bedeutung war. Als der Krieg zwischen Russland und Japan ausbrach, belagerten die Japaner Port Arthur und schickten eine große Streitmacht nach Norden, um die strategisch bedeutsame Eisenbahnverbindung der China Far East Railway aus der Provinz Liaoyang nach Port Arthur zu sichern. Angesichts der vorrückenden japanischen Truppen bereiteten die Russen Verteidigungsstellungen mit nahe beieinander liegenden Schanzanlagen und Stützpunkten vor. Zwischen den Stützpunkten legte man ein Netz von Drähten, die mit einem Elektrizitätswerk verbunden waren. Die Japaner stürmten mit einer Kavallerieeinheit die Frontlinie. Augenzeugen berichteten, dass es für den Großteil der Kavallerie unmöglich war, ihre Pferde in die Nähe der elektrischen Zäune zu bringen, weil die Tiere die Spannung auf den Drähten zu spüren schienen.

Die Reiter achteten nicht auf die Reaktion ihrer Pferde, stiegen ab und versuchten, den ersten Draht zu überwinden. Die Soldaten fielen reihenweise bewusstlos oder tot um und wurden auf dem Draht verbrannt, bevor ihre Kommandanten erkannten, dass dieser unter Hochspannung stand. Eine Welle von Soldaten nach der anderen stürmte vor. Man versuchte, das Drahtgeflecht mit Zangen, die mit Stoff oder Holz isoliert waren, durchzuschneiden. Schließlich schafften sie es, das Hindernis zu überwinden, indem sie Leichen über die Drahtsperre anhäuften, über die sie in einem weiteren Massenangriff vorrücken konnten. Die Russen hatten jedoch die nächste Linie der Schützen-



Bild 5. Zum Tode Verurteilter auf dem Elektrischen Stuhl um 1890.

gräben vermint. Die Explosionen dieser Minen stoppten den Massenangriff. Allein diese Aktion kostete die japanische 3. Division das Leben von 3.000 Soldaten. Obwohl dies für die Japaner ein furchtbarer Preis war, wurde klar, dass man sich auf die Elektrizität in der Verteidigung nicht alleine verlassen konnte, besonders gegen einen Feind, dem das Leben des Einzelnen nicht viel bedeutet. Trotz Einsatz der Elektrizität auf russischer Seite hatte die japanische Armee sich auf dem Schlachtfeld behaupten können.

Dies war nicht das Ende von Versuchen, hochspannungsführende Drähte als Waffe zu benutzen. Im Jahr 1930 schlug die antibolschewistische Propaganda in Berlin vor, dass ein Elektrozaun, auf dem ständig 250 Volt Wechselstrom und intermittierend Impulse von 2.500 Volt anliegen, die gesamte europäische Grenze Russlands schützen könnte.

Blitzenergie: nicht mobil genug für den Krieg

Das nächste zu erforschende Phänomen war Tötung durch Blitze, d. h. elektrische Entladungen. Es war sehr früh bekannt, dass Menschen, die vom Blitz getroffen werden oder sich sogar nur in der Nähe eines Einschlages aufhalten, in der Regel getötet werden oder ernsthafte Verbrennungen davontragen. Zu jener Zeit wurden die Ursachen des Blitzes jedoch nicht wirklich verstanden. Das zeigt BENJAMIN FRANKLINS berühmtes Experiment vom Juni 1752, als er einen Drachen in eine Gewitterwolke aufsteigen ließ und demonstrierte, dass er Funken mit seinem Finger von einem Metallschlüssel ziehen konnte, der an der nassen Drachenschnur befestigt war (Bild 6). FRANKLIN hatte offensichtlich extremes Glück, denn wäre der Drache einer großen elektrischen Ladung in der Wolke nahe gekommen, hätte er das nicht überlebt. Aber immerhin hat er bewiesen, dass Elektrizität die Ursache von Blitzen war.

Zurück zu den militärischen Anwendungen: Es mussten zwei Probleme gelöst werden, wenn „Blitze“ eine brauchbare Waffe sein sollten. Das erste war, zu verstehen, welche Spannung und welcher momentane Strom im Blitz auftreten, und das zweite war,



Bild 6. Benjamin Franklin (1706 – 1790) beim berühmten „Drachenversuch“ im Juni 1752.

die Spannung und den Strom dorthin zu leiten, wo sie benötigt wurden. Ein wichtiger Punkt war bereits erkannt worden, und das war die Tatsache, dass Hochspannung mit sehr geringer Stromkapazität so gut wie wirkungslos ist. Die Batterie aus Leidener Flaschen, die DOPPELMAYR 1750 tötete, hatte nicht nur eine hohe Spannung, sondern konnte auch, wie alle Kondensatoren, kurzzeitig einen großen Strom abgeben. Berechnungen, die sich auf einen zwei Kilometer langen Blitz beziehen, waren in mehreren wissen-

schaftlichen Arbeiten veröffentlicht worden, aber die Variation der Zahlen war groß. Die Berechnungen basierten auf der Faustregel, dass ein Zentimeter Luftspalt eine Durchbruchspannung von mindestens 10.000 Volt hat. Später wurde der Firma Siemens Schuckert in Berlin ein Patent für eine „Blitzmaschine“ erteilt. Sie bestand aus parallel geschalteten Kondensatoren, die von einer Gleichspannungsquelle geladen und über eine Funkenstrecke in Reihenschaltung entladen werden. Auf dem Firmengelände in

Nürnberg wurde eine zwölf Meter hohe Maschine aufgebaut, von der behauptet wurde, sie würde für eine Mikrosekunde einen Stromimpuls von 25.000 Ampere bei einer Spannung von 3.000.000 Volt erzeugen.

Die benötigten Spannungen und Ströme konnten jetzt, zumindest experimentell, erzeugt werden. Aber wie sollte man diese Energie dort hinschaffen, wo sie benötigt wurde? Dies erwies sich letztendlich als Hindernis für den Einsatz von „Blitzen“ für die Kriegsführung. Trotzdem wurden Pläne, die Luft zu ionisieren und als Leiter zu verwenden, diskutiert und tatsächlich einige wissenschaftliche Arbeiten in dieser Richtung begonnen.

Gefährlichkeit lange verkannt: Röntgenstrahlen

Für die dritte betrachtete Form von „Todesstrahlen“ kehren wir zu einem früheren Zeitpunkt zurück. 1895 arbeitete WILHELM CONRAD RÖNTGEN in seinem Labor am Physikalischen Institut der Universität Würzburg und untersuchte elektrische Entladungen in Gas bei niedrigem Druck (Bild 7). Er benutzte eine Schattenkreuzröhre („Crookes-Röhre“), das ist eine Glasröhre mit zwei Elektroden, die auf einen niedrigen Druck evakuiert wurde. Wenn eine hohe Spannung an den Elektroden anliegt, fluoresziert der Bildschirm grünlich. Die Hochspannung wurde von einem Ruhmkorff-Induktor (einer Induktionsspule mit Unterbrecherkontakt) erzeugt. RÖNTGEN schirmte die Röhre mit dicker schwarzer Pappe ab, bemerkte aber ein grünlich fluoreszierendes Licht auf einer Platin-Barium-Leinwand, die sich in drei Meter Entfernung befand. Er wusste damals nicht, worum es sich handelte und bezeichnete das Phänomen mit dem Begriff „X-Strahlen“ (heute noch in englischsprachigen Ländern als „X-Rays“ üblich) wegen ihrer unbekanntes Natur. Seine Untersuchungen zeigten, dass diese in der Lage sind, viele Dinge zu durchdringen und Schatten von festen Objekten zu werfen. Der Nutzen dieser neuen Strahlen wurde schnell erkannt: Bereits im Februar 1896 wurden sie in einer Klinik in Dartmouth, Massachusetts, USA, benutzt.

Zu jener Zeit war die schädliche Wirkung auf den menschlichen Körper noch nicht bekannt. Die Atomphysik befand sich seinerzeit in den Kinder-



Bild 7. Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923) entdeckt 1885 die „X-Strahlen“.

schuhen, und es gab eine Kontroverse darüber, ob diese neuen Strahlen Teilchen oder, so ähnlich wie Licht, ein Teil des elektromagnetischen Spektrums waren.

Die Vorgänge bei der Erzeugung von X-Strahlen (oder später „Röntgenstrahlen“ nach ihrem Entdecker benannt) wurde ausführlich untersucht. Zu dieser Zeit erkannte man, dass ihre Erzeugung eine Quelle für Elektronen benötigt, eine hohe Spannung, um diese zu beschleunigen, und ein Ziel, auf das sie treffen können. Man nahm an, dass die von der Hochspannung beschleunigten Elektronen beim Auftreffen auf das Ziel Partikel ausschlagen, welche die Röntgenstrahlen sind.

Die Spannung wurde erhöht und damit stärkere (harte) Röntgenstrahlen erzeugt. Es wurden „Fenster“ in die Röhre eingebaut, die es ermöglichen, ein hohes Vakuum in der Röhre aufrechtzuerhalten, aber den Strahlen einen leichteren Austrittsweg aus der Röhre zu ermöglichen.

Lange Exposition erwies sich als schädlich und führte zu Verbrennungen, ähnlich wie man das bei längerer Exposition gegenüber Radium und anderen radioaktiven Elementen schon kannte. Man fand heraus, dass solche „harte“ Röntgenstrahlen kleine Insekten augenblicklich töten. Weitere Arbeiten zeigten, dass sich Röntgenstrahlen in geraden Linien bewegen und nicht von magnetischen oder elektrischen Feldern abgelenkt werden und somit keine Teilchen, sondern Teil des elektromagnetischen Spektrums sind.

Eine interessante Nebenbemerkung fiel vor einigen Jahren in einer Fernsehdokumentation über MARIE CURIE (Bild 8), die 1898 erstmals das Element Radium isolierte. Man hatte zunächst nicht gewusst, dass eine länger andauernde Strahlenexposition von Radium gesundheitsschädlich ist, deshalb ging CURIE ziemlich sorglos mit strahlenden Substanzen um. Es hieß lange, dass die Ursache für ihren Tod ihre Arbeit mit Radium und anderen radioaktiven Substanzen gewesen sei. Während des Ersten Weltkrieges hatte MARIE CURIE jedoch fahrbare Röntengeräte an die Front gebracht, um den



Bild 8. Marie Curie (1867 – 1934), isolierte das Element Radium, starb aber wohl an den Folgen der Strahlung.

Chirurgen zu ermöglichen, Verwundungen von Geschossen und Schrapnells in den Feldlazaretten zu untersuchen. Sie hat diese Geräte mit wenig Vorkehrungen für ihre eigene Sicherheit persönlich betrieben. 1995, viele Jahre nach ihrem Tod, beschlossen die Behörden, dass ihre sterblichen Überreste sowie die ihres Mannes PIERRE vom Friedhof in Sceaux exhumiert und im Pantheon in Paris begraben werden sollten, wo andere berühmte Personen beigesetzt sind. Als ihr Körper exhumiert wurde, befürchtete man, dass dieser immer noch radioaktiv sei und es daher gefährlich sein könnte, diesen nach Paris zu bringen. Ihre Notizbücher weisen schließlich auch heute immer noch Radioaktivität auf, so dass sie in einem Bleibehälter aufbewahrt werden und nur mit Schutzkleidung gelesen werden können. Messungen an ihrer Leiche zeigten jedoch keine Anzeichen von Radioaktivität, obwohl Radium eine lange Halbwertszeit hat. Es war wohl ihre Exposition mit Röntgenstrahlen, die zum Tode von MARIE CURIE geführt hatte.

Der Tesla-Transformator: Hohe Spannung mit hoher Frequenz

Die Arbeit mit Wechselstromkreisen brachte NIKOLA TESLA auf die Idee, den „Tesla-Transformator“ (Bild 9) zu konstruieren, der sehr hohe Wechselspannungen erzeugt. Im Wesentlichen ist das ein Resonanztransformator, der mit Luft gefüllt ist und von einer Hochspannungs-Wechselstromquelle (üblicherweise einem Wechselstromgenerator) mit einer Frequenz zwischen 20 und 100 kHz betrieben wird. Im Gegensatz zu herkömmlichen Transformatoren, bei denen eine enge Kopplung zwischen Primär- und Sekundärwicklung über einen Kern aus Magnetmaterial (Eisen) besteht, verwenden Tesla-Transformatoren eine sehr lose Kopplung in der Größenordnung von nur 20 Prozent, mit einem großen Abstand zwischen den beiden Wicklungen.

Ein typischer Tesla-Transformator nutzt eine spezielle Wickeltechnik, insbesondere für die Sekundärwicklung, wobei zwischen dem Beginn und dem Ende der Wicklung ein maximaler Abstand eingehalten wird, wodurch ein Spannungsdurchschlag zwischen den Wicklungen vermieden wird. Die Schaltung ist sehr ähnlich



Bild 9. „Tesla-Transformator“ zur Hochspannungserzeugung. (Dieses Exemplar steht im Tesla-Gedenkzentrum in Smiljan/Kroatien.)

wie bei den frühen Funkensendern. Der Transformator bringt die angelegte Wechselspannung eines Wechselstromgenerators auf einen hohen Pegel in seiner Sekundärwicklung mit einem Hochspannungskondensator. In Reihe mit dem Kondensator sind eine Funkenstrecke und die Primärspule des Tesla-Transformators geschaltet. Wenn die Ladung auf dem Kondensator einen ausreichend hohen Pegel erreicht, zündet die Funkenstrecke, wodurch der Kondensator sich über die Primärwicklung des Tesla-Transformators entlädt. Der Funke verlöscht dann, und der Vorgang wiederholt sich. So wird eine Kette von Schwingungen in der Primärspule des Tesla-Transformators erzeugt. Diese Schwin-

gungen werden von den Funken stark gedämpft und klingen schnell ab. Jedoch werden die Schwingungen, die in der Sekundärspule des Tesla-Transformators induziert werden, nicht gedämpft und bauten sich weiter auf. Sowohl die Primär- als auch die Sekundärspule des Tesla-Transformators sind auf die Frequenz des Wechselstromgenerators abgestimmt, so dass bei Resonanz die Kreisströme erhöht werden. Eine lose Kopplung zwischen der Primär- und Sekundärspule des Tesla-Transformators ist notwendig, um die Rückübertragung von Energie des Sekundärkreises an die Primärwicklung zu verhindern, nachdem die Primärschwingungen abgeklungen sind, aber bevor der Funke vollstän-

dig verlöscht. Wenn dies geschehen würde, hätte der Kondensator genügend Energie erhalten, um den Funken aufrechtzuerhalten. Zwischen dem Wechselstromgenerator und der Primärwicklung des Transformators ist eine Drosselspule eingefügt, um den Wechselstromgenerator vor dem starken Stromstoß zu schützen, wenn die Funkenstrecke zündet, und um Resonanz des Wechselstromgenerators zu erreichen.

NIKOLA TESLA begann mit seinen Versuchen mit Gasentladungsröhren im Jahre 1887 in den USA, noch vor den Arbeiten RÖNTGENS. TESLA verwendete für seine Experimente eine andere Art von Röhre ohne Zielelektrode, die von einem Tesla-Transformator mit ihrer hochfrequenten Hochspannung angesteuert wurde. Elektronen wurden von einer Elektrode durch eine Kombination von elektrischem Feld und thermischer Emission erzeugt und beschleunigt, aber von dem starken negativen Feld in der Nähe der Elektrode während negativer Spannungsspitzen stark abgebremst. Dabei entstehen Röntgenstrahlen. Man nahm an, dass dies der Fall ist, weil Elektronen mit der Glaswand der Röhre kollidierten. TESLA behauptete, dass seine Methode Stahlen mit viel höherer Energie erzeuge als die von RÖNTGEN benutzten Röhren. Er bemerkte die Hautschäden und Verbrennungen, die von den Expositionen verursacht worden waren, aber schrieb sie dem Ozon zu, das entsteht, wenn die Strahlen die Haut berühren. In seinem Labor erlitt ein Assistent von den Röntgenstrahlen starke Verbrennungen, den wahren Grund erkannte TESLA jedoch nicht.

Heute wissen wir, dass die Erzeugung von Röntgenstrahlen eine direkte Konsequenz aus dem Energieerhaltungssatz ist. Energie kann nicht „vernichtet“, sondern nur in eine andere Form umgewandelt werden. Werden Elektronen mit hoher Geschwindigkeit bei der Kollision mit der Atomstruktur des Zielmaterials stark abgebremst, wird ein Teil ihrer Energie in elektromagnetische Strahlung (Röntgenstrahlung) umgesetzt. In ähnlicher Weise wirkt TESLAS Beschleunigung und anschließende starke Verzögerung der Elektronen: Sie geben einen Teil ihrer Energie als elektromagnetische Strahlung ab. Diese „Bremsstrahlen“ sind nichts anderes als Röntgenstrahlen.

Obwohl Röntgenstrahlen das Potenzial zur tödlichen Waffe haben, verlangt ihre Erzeugung sehr hohe Spannungen und hoch evakuierte Röhren, die seinerzeit kaum für einen militärischen Einsatz geeignet waren, und außerdem treten ihre tödlichen Wirkungen nicht sofort ein!

NIKOLA TESLA hatte andere Ideen, wie er hohe Wechselspannungen nutzen könnte, besonders solche, die von seinem resonanten Tesla-Transformator produziert wurden. Nachdem er bewiesen hatte, dass damit Energie übertragen werden kann, arbeitet er an einem technischen System, von dem er behauptete, dass es elektrische Energie mittels Hochfrequenzwellen weltweit verteilen könne, wobei die Erde als Rückleiter verwendet würde. Zurück zum Tesla-Transformator: Dessen Betriebsfrequenz liegt zwischen 20 und 100 kHz, das entspricht einer Wellenlänge von maximal 3.000 Metern. Diese Wellen lassen sich über sehr lange Strecken übertragen. Im Jahr 1899 zog TESLA nach Colorado Springs, wo ein mehrphasiges Wechselstromverteilungssystem installiert worden war. Die Mitarbeiter des Stromversorgers konnten ihm hier kostenlos die für seine Experimente benötigte Energie zur Verfügung stellen. TESLA hatte auch komplexe Empfänger mit spiralförmigen Resonatoren gebaut, um seine Übertragungen zu realisieren.

Bei Experimenten entdeckte er,

dass die Resonanzfrequenz einer stehenden Welle um die Erde etwa 8 Hz beträgt (in den 1950er-Jahren wurde das als „Schumann-Resonanz“ bestätigt). Die Aktivitäten fanden sehr schnell ein Ende, als 100.000 US\$ für die Experimente in Colorado Springs ausgegeben waren, die JOHN JACOB ASTOR IV bei TESLA investiert hatte, eigentlich um ein neues Beleuchtungssystem zu entwickeln und zu produzieren. Es war absolut nicht überraschend, dass danach kein Geld mehr zur Verfügung gestellt wurde!

Im Jahr 1900 zog TESLA nach Wardenclyffe, Long Island. Mit 150.000 \$ finanzieller Unterstützung vom Banker JOHN PIERPONT MORGAN baute TESLA einen gewaltigen Sendeturm („Wardenclyffe Tower“, Bild 10): Eine Metallkuppel mit einem Durchmesser von mehr als 20 m überragte einen 57 m hohen Holzturm über dem Laboratorium, und in einem Schacht unter dem Turm mit 37 m Tiefe lagen etwa 100 m Eisenrohre als Gegengewicht für den Sender. Der sollte mit einem 200-kW-Wechselstromgenerator von Westinghouse betrieben werden. Im Jahr 1904 wandte sich TESLA noch einmal an MORGAN, der weiteres Geld zum Bau eines stärkeren Senders zur Verfügung stellen sollte. TESLA wies darauf hin, dass er aus Wardenclyffe nicht nur in der Lage sein werde, elektrische Energie drahtlos zu übertragen, sondern zusätzlich auch drahtlos kommunizieren könne. Es gab aber



Bild 10. Mit dem „Wardenclyffe Tower“ (1904) wollte Tesla drahtlos Energie übertragen, aber auch telegrafieren.

keine weitere Finanzierung, und schließlich scheiterte das gesamte Vorhaben, weil es nie voll einsatzfähig war. Der Tower wurde im Auftrag der US-Regierung im Jahr 1917 abgerissen, weil befürchtet wurde, dass es von deutschen Spionen benutzt und als ein Orientierungspunkt für deutsche U-Boote dienen könnte.

Als Ergebnis seiner Hochspannungsexperimente behauptete TESLA jedoch, eine „Teleforce“-Waffe (Fernwirkungswaffe) für den Einsatz gegen Infanterie oder Flugzeuge entwickelt zu haben: Es handele sich um „eine Düse, die einen konzentrierten Strahl von Partikeln mit solch einer ungeheuren Energie durch die Luft senden würde, dass damit eine Flotte von 10.000 feindlichen Flugzeugen in einer Entfernung von 200 Meilen vor der Grenze einer zu verteidigenden Nation vom Himmel geholt werden kann und ganze Armeen schon beim Aufmarsch tot umfallen“.

1937 verfasste er eine Abhandlung zu diesem Thema, die sich jetzt im Tesla-Museum in Belgrad befindet. Er beschreibt eine offene Vakuumröhre mit einer „Gasstrahl-Dichtung“, die das Austreten von Teilchen ermöglichte, eine Methode, um Teilchen auf viele Millionen Volt zu laden sowie Verfahren zum Erzeugen und Lenken nicht-dispersiver Teilchenströme mittels elektrostatischer Abstoßung. Weder das US-Kriegsministerium noch das Vereinigte Königreich, die Sowjetunion oder Jugoslawien waren an dem Gerät interessiert. Ohne eine finanzielle Unterstützung einer dieser Staaten war allerdings keine Umsetzung in die Praxis möglich, und die Idee wurde nicht weiter verfolgt.

Hochfrequenzwellen als Waffe

Die nächste und wie sich herausstellte, durchaus tödliche Strahlung, kam mit der weiteren technischen Erschließung des elektromagnetischen Spektrums. Anfangs konzentrierte man sich bei den Experimenten auf die Kommunikation, wobei die ersten Funkensender, bestehend aus Induktor und Funkenstrecke, ein breites Frequenzspektrum ausstrahlten. Es war wenig bekannt über Frequenzabstimmung oder Wellenausbreitung. Man experimentiert sehr viel und erzielte bemerkenswerte Ergebnisse: Der Atlantik wurde erstmals 1901 mit

MARCONIS berühmtem Morsezeichen „S“ drahtlos überbrückt. „Eher ein glücklicher Zufall als Ergebnis wissenschaftlicher Forschung,“ würde man heute dazu sagen.

Die ersten kontinuierlichen hochfrequenten Wellen wurden entweder von Lichtbogensendern oder Hochfrequenzgeneratoren erzeugt. Die einfachsten Lichtbogensender verwendeten zwei Kohleelektroden, die mit etwa 70 bis 100 Volt Gleichspannung verbunden waren, die beim Berühren und dann auseinandergezogen einen „Lichtbogen“ erzeugten. Wenn man in einem Diagramm die Stromaufnahme gegen die Spannung aufzeichnet, die erforderlich ist, um den Lichtbogen aufrecht zu erhalten, zeigt sich, dass bei fallender Brennspannung die Stromaufnahme zunimmt. Das bedeutet, dass es sich hier um einen negativen Widerstand handelt. Zwischen der Gleichstromversorgung und dem Lichtbogen wird ein stabilisierender Widerstand eingefügt, der den Strom begrenzt und dem Lichtbogen die Möglichkeit gibt, kontinuierlich weiter zu brennen. Wird der Lichtbogen über eine LC-Reihenschaltung mit der Stromversorgung verbunden, kann sein negativer Widerstand die Verluste des Schwingkreises ausgleichen, und die Schwingung wird auf der Resonanzfrequenz der Schaltung aufrechterhalten.



Bild 11. Valdemar Poulsen (1869 – 1942), dänischer Physiker, Erfinder und Ingenieur.

Der britische Erfinder WILLIAM DUDELL entdeckte diesen Effekt erstmals im Jahr 1900 und erzeugte Niederfrequenzwellen in der Größenordnung von 500 bis 1.000 Hz [4]. Es waren jedoch viele weitere Entwicklungen notwendig, um damit auch höhere Frequenzen erzeugen zu können.

Der dänische Ingenieur VALDEMAR POULSEN (Bild 11) erhöhte die Frequenz mit Hilfe seines 1903 patentierten Lichtbogensystems mit passiven Frequenzvervielfachern auf 200 kHz. Bild 12 zeigt die Funktion seines Lichtbo-

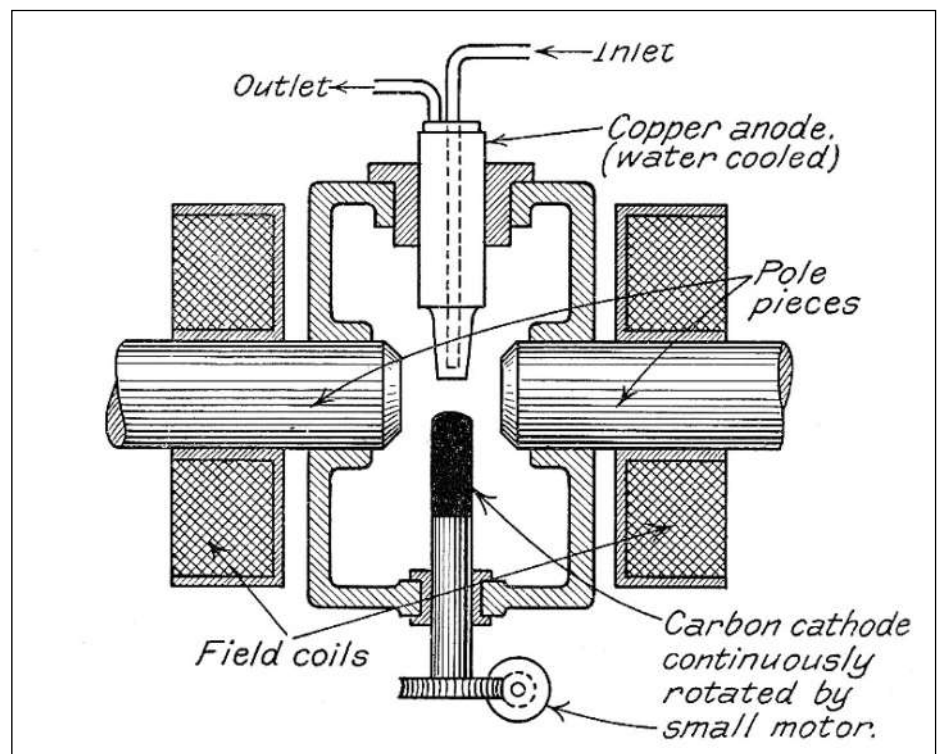


Bild 12. Funktion des Lichtbogensenders von Valdemar Poulsen.

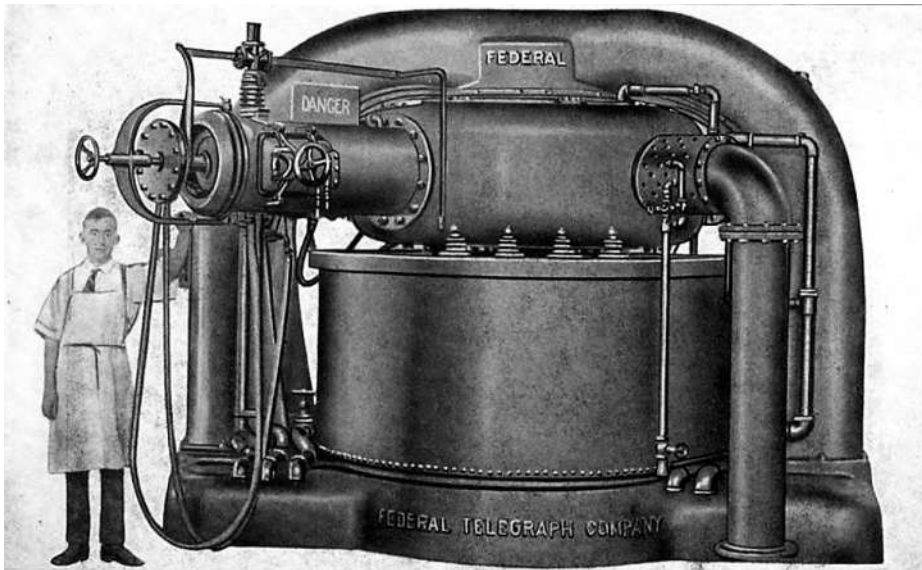


Bild 13. Die US Navy erhielt 1918 einen Lichtbogen sender, der eine Leistung von 1 MW abgeben konnte.

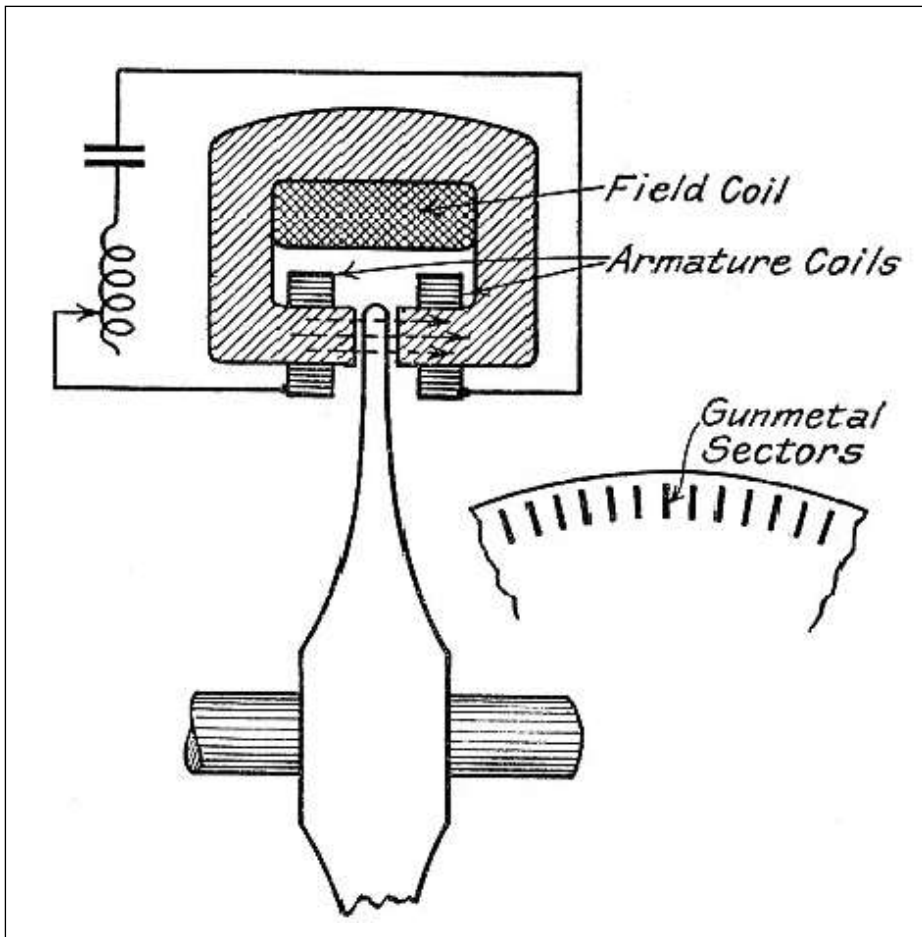


Bild 14. Funktion des „Alternators“ von Alexanderson.

gensenders. Der Lichtbogen brennt in einem starken Magnetfeld in einer mit einem Kohlenwasserstoffgas (leitet die Wärme besser ab als Luft) gefüllten Kammer. Die Anode ist wassergekühlt und besteht aus Kupfer, wobei die Kohlenstoffkathode von einem Elektromotor gedreht wird. Wenn der Lichtbogen einmal gezündet hat, brennt er kontinuierlich weiter. Die US Navy erhielt 1918 einen Lichtbogen sender, der eine Leistung von 1 MW abgeben konnte (Bild 13) [5].

Es wurden mehrere Versuche unternommen, Hochfrequenzströme für die Funkkommunikation direkt mit Wechselstromgeneratoren zu erzeugen. Der wohl erfolgreichste war der „Alternator“ von ALEXANDERSON [6]. Bei diesem geht der magnetische Fluss um das Joch und über den Spalt (Bild 14, gestrichelte Linien). Die Spulen sind auf den Schenkeln des Jochs (Pol schuh) angeordnet. Eine dünne Eisenscheibe mit in der Peripherie integrierten Rotgusssektoren rotiert im Spalt. Dabei variiert die Permeabilität im Spalt, je nach dem, ob sich im Spalt gerade Eisen oder Rotguss befindet, was zu alternierenden Pegeln des Signals in den Spulen führt. Um eine hohe Ausgangsspannung zu erreichen, sind viele vorstehende Pol schuhe auf dem Umfang des Stators verteilt, die alle in Reihe geschaltet sind. Weil sich die Scheibe mit einer sehr hohen Umfangsgeschwindigkeit dreht, hat man die Sektoren an der Peripherie nicht einfach offen gelassen, sondern mit einem Metall geringer Permeabilität (Rotguss) gefüllt. Schlitze an dieser Stelle würden die Scheibe auf Grund der entstehenden Luftturbulenzen abbremsen.

Diese Alternatoren waren teuer in der Herstellung, aber effektiv. Tatsächlich war der letzte kommerzielle Sender mit einer solchen Maschine bis 1995 in Betrieb (Bild 15). Der Sender steht in Grimeton, etwa 10 Kilometer östlich von Varberg an der Westküste Schwedens. Die gewaltigen Sendetürme sind von der Autobahn E6 nach Göteborg gut zu sehen. Die Station wurde in den Jahren 1922 bis 1924 für den transatlantischen Telegrammverkehr mit Amerika gebaut und von der schwedischen Marine zur Kommunikation mit getauchten U-Booten genutzt. Der Sender arbeitet mit einer Frequenz von 16,1 kHz (eine Wellenlänge von 18.600 Metern). Die Station

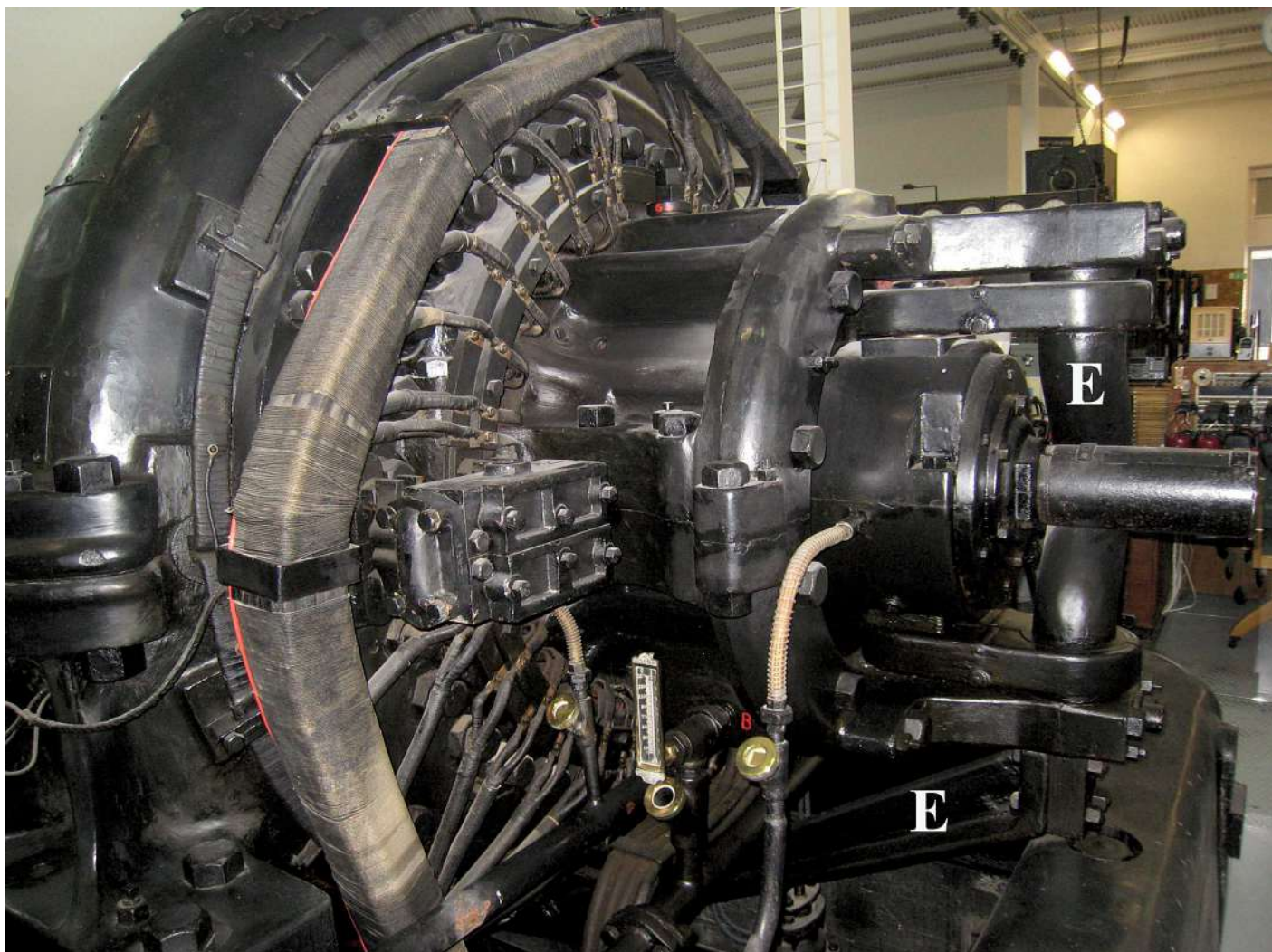


Bild 15. Der Längswellen-Maschinensender in Grimeton (Schweden) von 1924 war bis 1995 in Betrieb (Bild aus [6]).

ist heute noch betriebsbereit, wird gelegentlich von Amateurfunkern benutzt und wurde inzwischen zum Weltkulturerbe erklärt [7].

Weil man mit den Röhren, die seinerzeit verfügbar waren, im Vergleich zu Wechselstrommaschinen nur sehr geringe Leistungen erzeugen konnte, wurden verschiedene Verfahren entwickelt, um mit Wechselstromgeneratoren noch höhere Frequenzen zu erzeugen. Beispiele sind der Goldschmidt-Alternator, der Bethenod-Latour-Alternator und der Joly-Frequenzverdoppler. Man kam damit aber höchstens auf Frequenzen um 200 kHz (1.500 Meter). Eine bis zu vier Mal vervielfachte niedrige Frequenz ist halt immer noch eine niedrige Frequenz... Diese niedrigen Frequenzen eignen sich zwar für Telegrafie, aber weniger für die Bekämpfung militärischer Ziele, denn sie haben trotz der größeren Leistungen kaum Auswirkungen auf Menschen.

Die Wellenlängen werden kürzer

Wirkliche Gefahr für menschliches Leben geht von Strahlung hoher Leistung bei viel höheren Frequenzen aus. Die Suche nach technisch realisierbaren Möglichkeiten zur Erzeugung kürzerer Wellenlängen begann 1919, als der französische Physiker CAMILLE GUTTON zusammen mit seinem Kollegen TONLEY mit Radoröhren in klassischer Schaltung Hochfrequenzwellen mit ungefähr 150 MHz (Wellenlänge 2 Meter) erzeugte. Dann, etwa 1920, produzierten BARKHAUSEN und KURZ in Dresden mit einem Oszillator, bei dem das Gitter der Röhre auf positivem Potenzial liegt, Wellenlängen im Zentimeterbereich [8]. Allerdings war die nutzbare Energie der Schaltung sehr klein. Mit dem Barkhausen-Kurz-Oszillator ließ sich jedoch eine kommerzielle Lösung realisieren, und zwar eine Richtfunkverbindung über den Ärmelkanal vom Flughafen Lympne

zum Flughafen Saint-Inglevert [9]. Die Verbindung funktionierte auf 1.714 und 1.764 MHz (ungefähr 17 cm Wellenlänge) mit einer Sendeleistung von 0,5 Watt. Die Antennen mit einem Gewinn von 33 dB mussten genau aufeinander ausgerichtet sein.

1932 gelang es Ingenieuren von Westinghouse in Pittsburg, zwei Würste mit „ultrakurzen“ Radiowellen zu kochen; der Mikrowellenherd war erfunden! Dies war für das Militär natürlich von unmittelbarem Interesse, obwohl MARCONI vorschlug, dass mit diesem Verfahren eines Tages traditioneller Brennstoff zum Kochen ersetzt werden solle.

Der weitere Weg auf dem Weg zum militärischen Einsatz schien jetzt die Verwendung immer kürzerer Wellenlängen zu sein. Als die Erzeugung kräftiger Hochfrequenzsignale mit immer kleineren Wellenlängen Fortschritte machte, wandte sich das Interesse den möglichen Auswirkungen auf Lebewesen zu. Nach den Westinghouse-



Bild 16. Jaques d'Arsonval in seinem Labor.

Experimenten untersuchte der Franzose JACQUES D'ARSONVAL (Bild 16) erstmals die Wirkung von Kurzwellen auf tierische und menschliche Körper. D'ARSONVAL war Arzt, Physiker und Erfinder. Er erfand das „d'Arsonval-Drehspulengalvanometer“ sowie ein Thermolement-Amperemeter und trug zu dem damals aufkommenden Gebiet der Elektrophysiologie (der Wirkung von Elektrizität auf biologische Organismen) bei. Seine erste Forschung befasste sich mit den schmerzhaften Auswirkungen des Faraday-Stroms, den er zur Behandlung von Tumoren und zur Verbesserung der Atmung nutzte. Er fand heraus, dass Wechselstrom mit einer Frequenz von 10 kHz und darüber keine Muskelkontraktionen erzeugt und die sensori-

schen Nerven nicht beeinflusst. Die Exposition mit „Kurzwellen“ führte dagegen zu einem Temperaturanstieg in den Körpern von Tieren, denen sie ausgesetzt waren.

Als nächstes experimentierte NIKOLA TESLA mit Wellenlängen von wenigen Metern und berichtete der „American Electrotherapeutic Association“, dass ein Temperaturanstieg zu beobachten sei und „dass lebendes Gewebe auch immer wieder verbrannt worden sei, so ähnlich wie man es bei Röntgenstrahlen beobachtet hätte“. Leider enthalten die Aufzeichnungen von TESLA keine Informationen über die verwendeten Leistungen oder Wellenlängen.

Professor Dr. A. ESAU (Bild 17) führte zu dieser Zeit an der Universität Jena systematischere Tests durch. Er hatte



Bild 17. Professor Dr. A. Esau führte an der Universität Jena systematische Untersuchungen der Wirkungen von Hochfrequenz auf lebende Organismen durch.

sehr viel Erfahrung mit dem Aufbau von Systemen der Radiokommunikation gesammelt. 1913 baute er als Reserveoffizier mit Telefunken eine Funkstation in der deutschen Kolonie Togo auf, um mit dem Deutschen Reich und anderen Kolonien zu kommunizieren. Er kam im 1. Weltkrieg in französische Gefangenschaft. Nach dem Krieg übertrug man ihm die Verantwortung für den deutschen Übersee-Funkverkehr. 1928 wurde er zum Professor für Technische Physik in Jena ernannt. Bei seinen Experimenten mit einer Leistung von 1 kW bei einer Wellenlänge von 3 Metern (100 MHz) kamen Mäuse, Ratten sowie Meerschweinchen zu Tode.

Es folgten glaubwürdige Berichte über Arbeiten mit größeren Tieren in den USA. Ein Hund und ein Ochse wurden getötet, gefolgt von einem Affen. Eine sorgfältige Obduktion ergab, dass der Tod auf Herzversagen, Zersetzung des Blutes und Veränderungen der Hirnrinde zurückzuführen war. Man stellte fest, dass es von der verwendeten Wellenlänge abhing, welche Organe am meisten geschädigt werden. Man stellte die Theorie auf, dass die Erwärmung der Gewebe dazu führt, dass das Herz mehr Blut pumpt, um den Körper zu kühlen. Die Venen waren dann nicht in der Lage, die Menge Blut zu transportieren und Blutungen auszugleichen, so dass die Herzmuskeln an Blutmangel litten und versagten. Außerdem stellte man fest, dass an den Stellen des Körpers an

denen Hochfrequenzspannungen eintreten, zu starke Blutungen auftreten, was diese Theorie möglicherweise bestätigt. Bei diesen Versuchen ergab sich außerdem, dass die schwersten Schäden an denjenigen Organen oder Geweben auftreten, die relativ große Mengen an Phosphor enthalten. Offensichtlich erwärmen sich Lösungen von Phosphaten sehr schnell, wenn sie kurzweiliger Strahlung ausgesetzt werden.

1935 nahm die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Messungen am menschlichen Gehirn vor („Institut für Hirnforschung“ in Berlin). Die dortige Arbeit von Professor Dr. OSKAR VOGT (Bild 18) wurde vom Militär finanziert. Er war Arzt und Neurologe, genau wie seine Frau CECILE. Beide waren in den 1930er-Jahren an neurologischen Studien in Moskau beteiligt. Sie fanden, dass Wellenlängen zwischen 3 und 8 m (100 MHz und 37,5 MHz) große Veränderungen in den phosphathaltigen Bereichen des Gehirns verursachen. Diese traten auf, bevor ein merkliches Gefühl der Erhitzung eintrat. Obwohl es sich nicht um eine „Todesstrahlung“ handelt, könnte man eher von einer „Terrorstrahlung“ sprechen. Einige Experimente hatten gezeigt, dass eine Bestrahlung mit einer Wellenlänge von 3 m bei einer Leistung von etwa 400 Watt Erregbarkeit, Schüchternheit und Angst bei Menschen und schließlich große Apathie gegenüber ihrer Umgebung hervorrufen kann.

Das wäre für eine Anwendung im Schützengraben durchaus interessant. Allerdings gab es zu jener Zeit auch Bedenken: Dafür wäre die Entwicklung von „elastischen“ Reflektoren erforderlich, mit denen sich Hochfrequenzenergie hoher Leistungen zu Strahlen konzentrieren lassen. „Elastisch, weil solche Reflektoren sich nämlich nicht mit Maschinengewehrfeuer zerstören ließen, wie es bei Parabolspiegeln aus Metall der Fall wäre“.

Fortsetzung in der nächsten „Funkgeschichte“.

Autor:
Peter Butcher
Churchstanton, Taunton, Somerset
Großbritannien

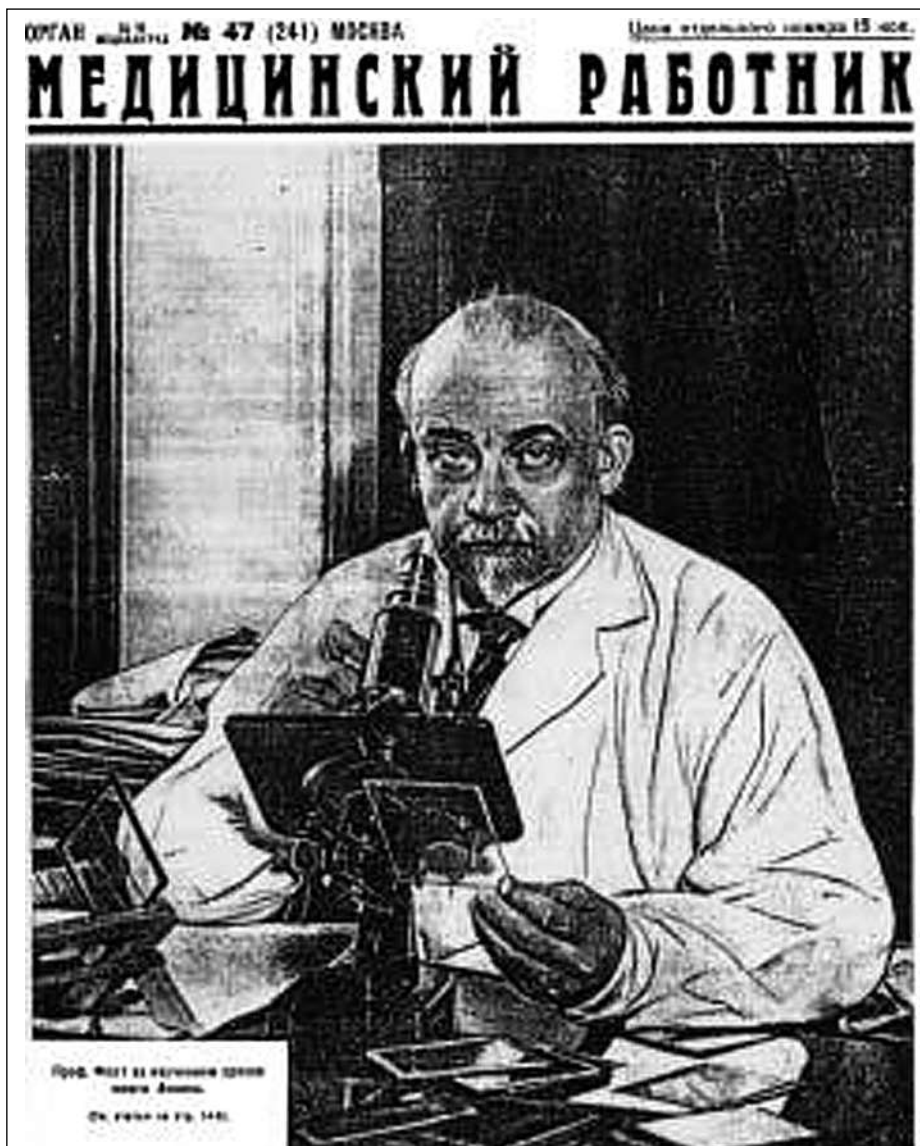


Bild 18. Professor Oskar Vogt untersucht histologische Schnitte aus Lenins Gehirn. (Aus einer russischen Publikation.)

Quellen / weiterführende Literatur

- [1] Wächter, F.: Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke. A. Hartlebens Verlag, Wien/Leipzig/Pest 1883.
- [2] Doberer, K. K.: Elektrokrieg. Maschine gegen Mensch. Saturn-Verlag, Wien 1937.
- [3] Doberer, K. K., Seydewitz, M.: Todesstrahlen und andere neue Kriegswaffen. Malik-Verlag, London 1936.
- [4] Modern Radio Communication, Reyner J. H. Volume 1, Sixth Edition (1936), Sir Isaac Pitman and Sons Ltd, London, pp 237-243.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Arc_converter
- [6] Reyner J. H.: Modern Radio Communication, Volume 1, Sixth Edition (1936). Sir Isaac Pitman and Sons Ltd, London. S. 240 - 245.
- [7] Bölke, H.-P.: Der letzte Längswellensender der Welt. „Funkgeschichte“ 202 (2012), S. 40 – 49.
- [8] Gorth, J.: Bakhausen-Kurz-Schwingungen und verwandte Röhren. „Funkgeschichte“ 228 (2016). S. 164 – 169.
- [9] Butcher, P.: Erstmals mit Mikrowellen über den Kanal. „Funkgeschichte“ 232 (2017), S. 52 – 58.

WFW – Radios aus Lauscha

Hinweis von REINHARD HOPFE auf einen (fast) vergessenen Radiohersteller in der DDR*

W F W
Walter Funk Werk
Elektro-Geräte Radio

Bild 1. Original-Firmenschild am Haus Bahnhofstr. 82.

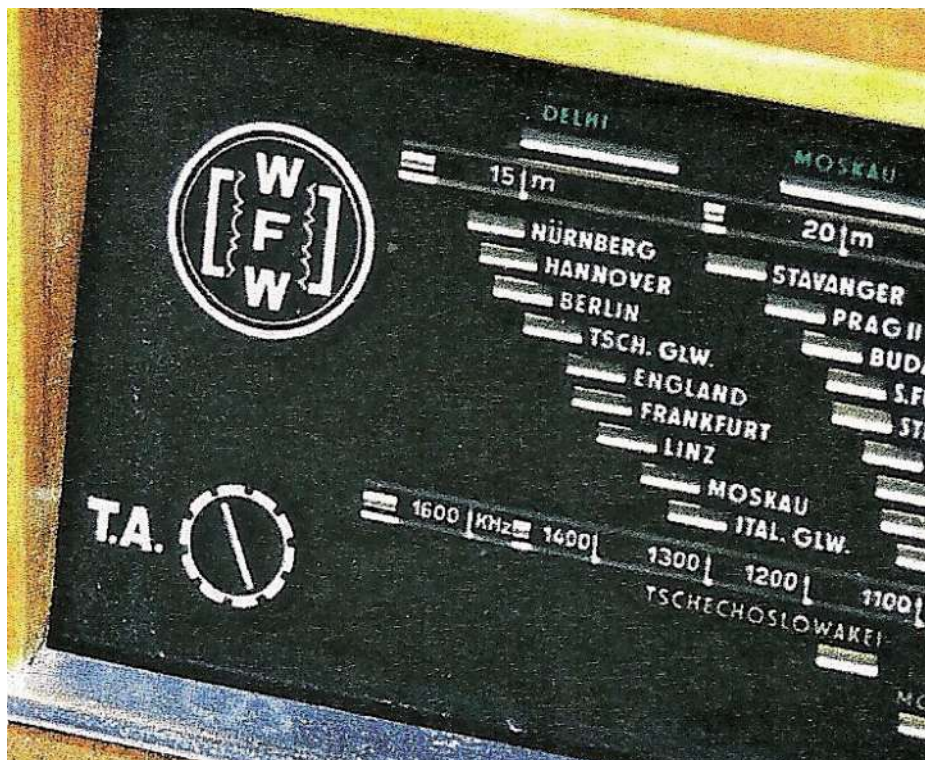


Bild 2. Firmenlogo auf der Geräteskala.

Der kleine Ort Lauscha im Kreis Neuhaus/Thüringen ist weit über seine Grenzen hinaus bekannt geworden durch seine Glasindustrie und insbesondere den gläsernen Weihnachtsbaumschmuck, der von hier aus in alle Welt exportiert wurde. Dass es in diesem Ort nach dem Krieg einmal eine Radiofabrik gab, ist heute schon fast in Vergessenheit geraten. Bei der Firma „WFW“ handelt es sich um eine der zahlreichen Nachkriegs-Gründungen der Radioindustrie in der DDR, denen – oft auch aus politischen Gründen – kein langes Leben beschieden war.

Viele ältere Einwohner von Lauscha und Umgebung können sich noch an den Betrieb, die Geräte und deren Produktion erinnern. Sie sind zwar zahlenmäßig selten, aber bei einigen Sammlern finden sich heute noch Geräte dieser Firma, auch auf Versteigerungsplattformen im Internet tauchen sie schon mal auf.

HERMANN GREINER-PACHTER, 1922 in Lauscha geboren, gründete 1948 nach seiner Tätigkeit während des Krieges als Ingenieur in einer Luftwaffenversuchseinheit einen eigenen Betrieb in Lauscha. Er begann in seinem Elternhaus in der Bahnhofstraße 82 mit der



Bild 3. Im Haus der Eltern (Bahnhofstr. 82) gründete Hermann Greiner-Pachter sein Unternehmen.

*Im Mai 2009 fand im Schiefmuseum Steinach eine Ausstellung von Werner Bartz statt, bei der fast alle WFW-Geräte zu sehen waren.

Entwicklung und Produktion von Radiogeräten. Bald fand er technisch qualifizierte Mitarbeiter, die im Kriege in den ehemaligen Auslagerungsbetrieben in Thüringen gearbeitet hatten. 1949 wurde die Firma zu Ehren seines Bruders WALTER, der als Student 1949 bei einem Fluchtversuch an der Zonengrenze bei Meilschnitz (liegt zwischen Sonneberg und Neustadt bei Coburg) erschossen wurde, in „Walter-Funk-Werk“ („WFW“) umbenannt.

Vom Einkreiser zum 6-Kreis-Super

Die Produktion von einfachen Empfängern mit Wehrmachtsröhren vom Typ RV12P2000 begann 1949 im Elternhaus. Dort wurde es wohl bald zu eng und man verlegte die Produktion in die Räume der Gaststätte „Nass“. Später nutzte man noch Gebäude am Alten Weg 2, Straße des Friedens 78 und Köppleinstraße 44.

Bereits 1950/51 wurden Allstrom- und Wechselstromsuper hergestellt. Die 6-Kreis-Super wurden mit drei oder vier Röhren bestückt, zunächst mit Typen der A-Reihe, später mit Typen der E- und U-Reihen. Während die Chassis Eigenentwicklungen waren, wurden die Gehäuse vom Radiogehäusebau im benachbarten Sonneberger bezogen. Von dort kamen auch die Gehäuse für die Radios der Sonneberger Firma EAK (einem ehemaligen Auslagerungsbetrieb der AEG), so dass es viele äußerliche Ähnlichkeiten der Geräte beider Hersteller gibt.

Während 1950 noch mit zwölf Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen produziert wurde, erhöhte sich deren Anzahl 1952 bereits auf 80. Täglich konnten 50 bis 60 Radiogeräte hergestellt werden. In der Montage wurden ausschließlich angelernte Frauen beschäftigt, welche froh waren, nach den Kriegsjahren wieder Arbeit und damit Verdienst gefunden zu haben. Nach Angaben ehemaliger Mitarbeiter sollen in den Spitzenzeiten mehr als 100 Frauen und Männer beschäftigt worden sein. Lehrlinge wurden ebenfalls ausgebildet. Auf dem Briefkopf der Firma wurden Rundfunk-Geräte und Musikschränke beworben.

UKW-Empfänger führte zum Untergang

Um den Anschluss an den aktuellen Fortschritt der Technik nicht zu verlie-

Hier spricht Lauscha

Radioempfänger
aus der Glasbläserstadt

WFW stand auf dem klangreinen, formschönen Radioapparat „Lauschatal“, der auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1951 allgemeines Aufsehen erregte. Keiner der Einkäufer ahnte wohl, daß WFW das Zeichen eines kleinen Lauschaer Privatbetriebes ist, der 1946 noch gar nicht bestand, 1950 mit zwölf Mann die Produktion aufnahm und heute mit achtzig Betriebsangehörigen täglich fünfzig bis sechzig Radioapparate herstellt. In der Montage und im Verschaltraum des Betriebes, in dem die Apparate wie an einem Fließband von Hand zu Hand gehen, sind ausschließlich angelernte Frauen beschäftigt. Viele von ihnen sind Kriegerwitwen, die glücklich sind, in dem lange Zeit als Notstandsgebiet bekannten Thüringer Glasbläserstädtchen Lauscha Verdienst gefunden zu haben.



In dem WFW-Betrieb in Lauscha in Thüringen, der Radioapparate für die HO produziert, werden alle Teile des Empfängers außer den Röhren und dem Gehäuse hergestellt. Diese angelernte Arbeiterin dreht Wellen auf der Feinmechanikerbank



Fünfzig bis sechzig Geräte — Sechskreis-Super — werden täglich im WFW-Betrieb fabriziert. Noch ohne Gehäuse stehen sie hier im Montage- raum
Aufnahmen: Jacobs

Das neue Modell „Lauschatal“ ging am 1. Februar dieses Jahres in die Serienproduktion, nachdem es bereits auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1951 Aufsehen erregte. Damals waren vor allem die Techniker begeistert, bald werden es sicher viele Käufer sein

Bild 4. Ausschnitt aus der Lokalzeitung von 1952.

ren, sollte das UKW-Gerät „Harmonie“ (Typ T8115U) mit Hilfe eines staatlichen Kredits von 1,5 Mio. Mark entwickelt werden. Man begann mit der Entwicklung eines eigenen UKW-Tuners, eines ZF-Verstärkers sowie des erforderlichen Tastensatzes. Dabei stellten sich unerwartet große Probleme insbesondere bei der Qualitätssicherung ein, so dass es zu einer langen Verzögerung der Produktionsaufnahme kam. „Harmonie“-Radios konnten nicht rechtzeitig ausgeliefert werden, und der Betrieb wurde zahlungsunfähig. Das führte 1955 zur Verhaftung des Inhabers, Konkurs, Enteignung, teilweise Plünderung des Betriebes und Stilllegung.

HERMANN GREINER-PACHTER lebte nach seiner Haftverbüßung bis zu seinem Tode 1980 in Eisenhüttenstadt.



Bild 5. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beim Betriebsausflug



Bild 6. Radio Werra 3E65B von 1951 oder 1952.



Bild 7. Radio Franken W 3E65B von 1953/54.



Bild 8. Radio Harmonie T8115U von 1954.

Kontakt:
Reinhard Hopfe
07616 Bürgel

Quellen:

- [1] Katalog zur Ausstellung im Schiefermuseum Steinach 2009.
- [2] Lauschaer Zeitung vom Freitag, 08. Mai 2009, Seite 15.
- [3] Eine vollständige Liste der Radios von WFW findet man im radiomuseum.org.

Der „Dirigent“

Universelle, mehrkanalige Audiosignalquelle für den Konzertsender, entwickelt von Rudolf Kauls

Nachdem es nun einige Möglichkeiten für uns gibt, ein moduliertes Signal zu erzeugen, kommt die Frage nach dem Audiosignal. Nur wenige haben sich bisher Gedanken gemacht, welche Audio-Signalquellen man nutzen kann, um mehrere Kanäle im Mittelwellen- und Langwellenband mit neuem Leben zu füllen. Dieser Artikel soll eine erste Anregung sein.

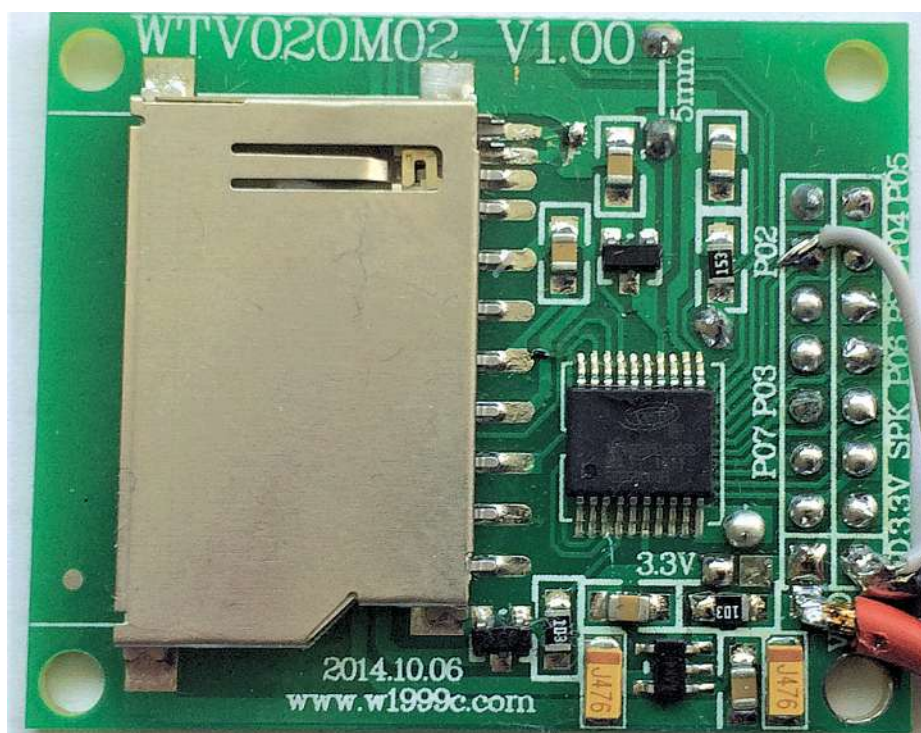
Die meisten „Messsender“ für AM wie z.B. der Konzertsender und seine Begleiter benötigen zur Modulation jedes Trägers ein monaurales Audiosignal mit einem Frequenzgang bis etwa 6 kHz zur Nutzung des AM-Bereichs. Wer es klangvoller braucht, wird einen Frequenzgang bis 15 KHz bevorzugen, was von manchen Hörern aber nicht als authentisch angesehen wird. Die Amplitude muss etwa 500 mV betragen, in der Regel jedoch weniger. Eine Einstellmöglichkeit des Pegels ist wünschenswert. Leider hat sich die Vorverarbeitung der Tonfrequenzen auch über die Jahre geändert, neben einer Absenkung des Basses kommt oft auch ein Begrenzer sowie ein Kompressor zum Einsatz, um Energie zu sparen. Eine Liste der analogen und digitalen Tonquellen (bestimmt nicht vollständig) ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Hier sollte jedoch auf die Nutzung von Soundmodulen eingegangen werden. Diese Module sind bei Modellbaufirmen und auf Verkaufsplattformen im Internet für kleines Geld zu haben. Erste Tests (im „Dirigent 1“) wurden mit dem Typ „WTV-020-SD“ durchgeführt. Dieses günstige Mono-Modul mit einem limitierten Frequenzgang ist für AM-Darbietungen geeignet, es wird nur eine passende SD-Karte mit maximal 1 GB und eine 5-V-Stromversorgung benötigt. Eine Kurzschlussbrücke sorgt nach dem „Netz Ein“ dafür, dass der Karteninhalt in einer Schleife dauerhaft wiederholt wird. Auf der SD-Karte ist genug Platz vorhanden, um mehrere Stunden Programm zu speichern.

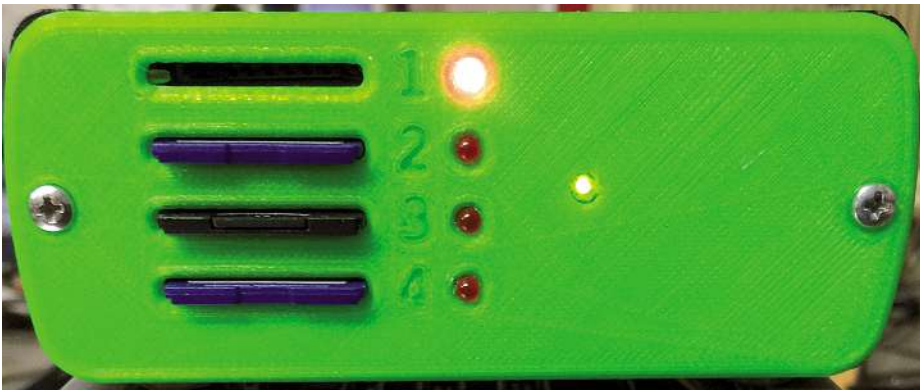
Vier dieser Module wurden in ein Gehäuse gesteckt, zusammen mit

Quelle analog	Anmerkungen
Tefifon	Vorverstärkung und Anpassung des Frequenzgangs notwendig
Schallplatte	Vorverstärkung und Anpassung des Frequenzgangs notwendig
Tonband	über Kopfhörerausgang direkt mögl., Anpassung des Frequenzgangs sinnvoll
Kompaktkassette	über Kopfhörerausgang direkt mögl., Anpassung des Frequenzgangs sinnvoll
Mikrofon	Vorverstärkung und Anpassung des Frequenzgangs notwendig
Musikinstrumente	Vorverstärkung und Anpassung des Frequenzgangs notwendig
AM/FM-Radio	Vorverstärkung und Anpassung des Frequenzgangs notwendig
Quelle digital	Anmerkungen
Compact Disc	über Kopfhörerausgang direkt mögl., Anpassung des Frequenzgangs sinnvoll
DAT	über Kopfhörerausgang direkt mögl., Anpassung des Frequenzgangs sinnvoll
MP3-Player	über Kopfhörerausgang direkt mögl., Anpassung des Frequenzgangs sinnvoll
Tablets, PCs usw.	über Kopfhörerausgang direkt mögl., Anpassung des Frequenzgangs sinnvoll
Smartphone	über Kopfhörerausgang direkt möglich
Fernsehen, SAT	wenn vorhanden, über Kopfhörerausgang direkt möglich
DAB+-Radio	über Kopfhörerausgang direkt möglich, kann zu Aussetzern kommen
Soundmodule	meist direkt möglich, teilweise direkt anschließbar

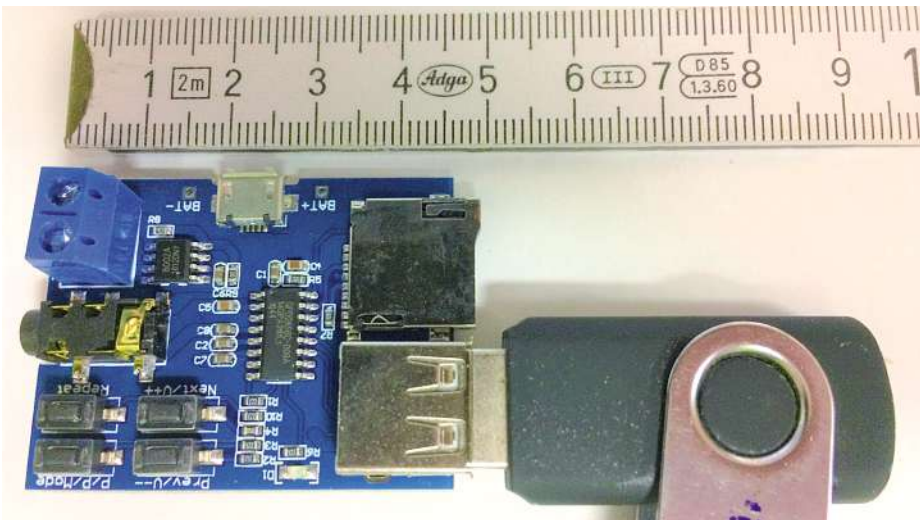
Tabelle 1. Liste der analogen und digitalen Tonquellen.



Das Modul WTV020SD im Test.



Der Dirigent in der Frontansicht (Frontplatte ist 3D-gedruckt).



Das neue Modul: NF-Ausgang 3,5-mm-Klinkenstecker, kann USB und Mikro-SD.



So kann man einen kompakten „Player“ mit gedruckten Abstandhaltern aufbauen.

Pegelstellern, ein paar LEDs und einer 5-V-Spannungsstabilisierung. Dieses praktische vierkanalige Abspielgerät hört auf den Namen „Dirigent 1“.

Leider haben diese Module jedoch einige „Pferdefüße“:

- die Module können nur AD4-Dateien abspielen (Konvertierung notwendig!)
- leider gibt es diese Module mit verschiedener Firmware (unterschiedliche Funktion!)
- eingeschränkter Frequenzbereich
- nur Mono.

Daher wurde nach etwas Besserem gesucht, und man ist fündig geworden. Es lebe der „Dirigent 2“!

Der „Dirigent 2“

Der „Dirigent 2“ nutzt ebenfalls fertige Module, jedoch können diese MP3-Dateien abspielen, sind für Stereo geeignet und haben einen Frequenzgang, der dem von MP3-Playern in nichts nachsteht. Damit ist der Nachfolger des „Dirigent 1“ also auch als Quelle für den Ersatz von UKW-Sendern verwendbar, die ja auch schon von dem Abschalten bedroht sind. Die Stromversorgung übernimmt ein Netzteil mit Linearregler.

Wer aber schon mal „schnüffeln“ möchte, was man alles auf einen solchen Stick aufbringen könnte, dem sei die Internetseite „RIAS1.DE“ empfohlen. Hier gibt es viele schöne „Tonschnipsel“.

In einer der nächsten Ausgaben der „Funkgeschichte“ sollen die Beschaltung und der Aufbau mit solchen Modulen erörtert und auch die Bezugsquellen genannt werden. Weiterhin werden Daten für den 3D-Druck (Front- und Rückplatten sowie Halter für die Module) zum Download bereitgestellt, mit deren Hilfe man sich bei Dienstleistern und in vielen Maker-Shops die Mechanik passgerecht drucken lassen kann.

In einer der nächsten Ausgaben der „Funkgeschichte“ soll auch über die momentanen Möglichkeiten des 3D-Drucks für die Herstellung von Ersatzteilen für unsere historischen Geräte berichtet werden.

Der „Konzertversorger“ (Stromversorgung für Kleingeräte)

Jeder, der sich schon einmal mit der Stromversorgung von elektronischen Kleingeräten beschäftigt hat, kennt das Problem: Es gibt kein preisgünstiges, passendes Netzteil, und wenn doch, dann ist es ein Schaltnetzteil, welches den Empfang im Lang- und Mittelwellenbereich stört. Das ist der Moment, in dem man feststellt, dass man es doch wohl selbst bauen sollte. Wenn wir unsere Röhrenradios ansehen, wird uns dort ja vorgemacht, wie es geht. Jedoch vorher bedenken:

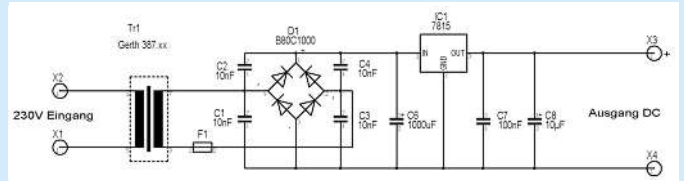
Netzteile gehören zu den sicherheitsrelevanten Komponenten. Sie arbeiten mit gefährlichen Spannungen! Bitte bauen Sie solche Schaltung nur dann nach, wenn Sie über ausreichende Kenntnisse verfügen! Nicht fachgerechter Umgang oder Fehler beim Zusammenbau können gesundheitliche Schäden oder sogar den Tod für Sie oder einen Benutzer nach sich ziehen!

Benötigt werden:

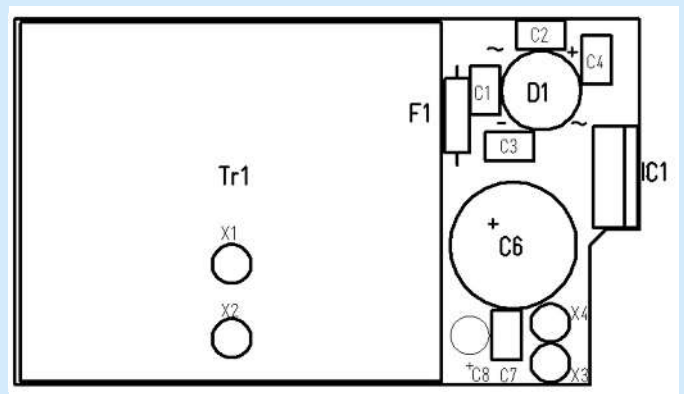
1. Ein Netztransformator (ein Muss wegen der galvanischen Trennung),
2. eine Leiterplatte,
3. eine Sicherung (Strom je nach Transformatorspannung),
4. ein Brückengleichrichter (mit 1 A bei 40 V liegt man auf der sicheren Seite),
5. vier kleine Kondensatoren für die Entstörung des Gleichrichters („alte Hasen“ kennen das noch!),
6. ein Ladeelko (etwa 2.200 µF pro Ampere, die Spannung sollte etwa Trafospannung x 2 sein),
7. ein Festspannungsregler (ein dreibeiniges IC, sieht so aus wie ein Leistungstransistor),
8. ein Kühlkörper (Winkelblech aus der Bastelkiste),
9. ein kleiner Elko (10 µF / 63 V) und ein keramischer Kondensator (100 nF / 50 V),
10. ein Gehäuse mit angegossenem Netzstecker („Strapu SSG100 Euro“),
11. eine Anschlussleitung mit geeignetem Steckverbinder für das zu speisende Gerät.

Der Festspannungsregler ersetzt in idealer Form die vielen noch bekannte Siebdrossel. In Geräten, die über einen eigenen Spannungsregler verfügen, kann dieser entfallen (also wird Eingang mit Ausgang gebrückt). Die Leiterplatte kann man leicht selbst herstellen, das Layout ist hier abgedruckt. Bitte beachten Sie, dass man den Maßstab anpassen muss. Die Bestückung ist sehr einfach, dennoch muss man die Polarität der Elektrolytkondensatoren und des Gleichrichters beachten. Die Bauteile sollten je nach gewünschter Ausgangsspannung ausgelegt werden. Zum Betrieb des Konzertenders wird das Netzteil auf 15 V ausgelegt, ein Spannungsregler kann entfallen. Auch andere Ausführungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

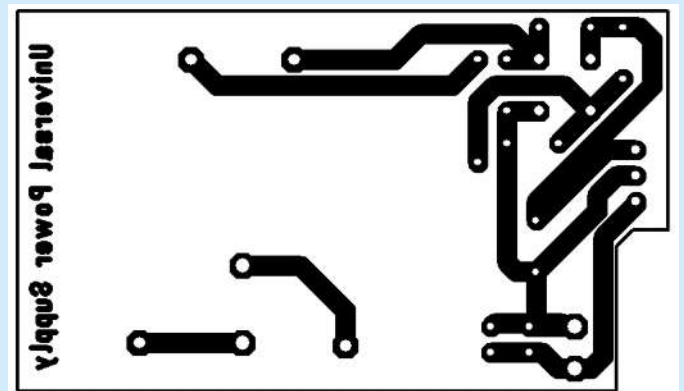
Verwendet wurde ein 3,6-VA-Leiterplattentransformator mit einer Primärspannung von 230 V des Herstellers Gerth. Die Sicherung sollte gemäß den Daten des Transformators ausgewählt werden, eine träge Version ist zu bevorzugen.



Schaltplan der Netzteils.



Layout-Vorschlag: Ein Kühlkörper kann aus einem Aluwinkel selbst hergestellt werden.



Layout der Leiterplatte, das Maß ist 34 x 67,5 mm².

Ausgang max.	Trafo	Ladeelko	Spannungsregler
15 V / 200 mA	15 V / 3,6 VA	1.000 µF / 35 V	7815
12 V / 200 mA	15 V / 3,6 VA	1.000 µF / 35 V	7812
9 V / 300 mA	12 V / 3,6 VA	1.000 µF / 25 V	7809
6 V / 400 mA	9 V / 3,6 VA	1.000 µF / 25 V	7806
5 V / 400 mA	9 V / 3,6 VA	1.000 µF / 25 V	7805

Tabelle 2: Die verschiedenen Versionen der Netzteile.

Autor: Rudi Kauls
53947 Nettersheim

Quellen:

Alle Bilder, Pläne und Skizzen sind vom Autor erstellt.

Tschechische Funkhistoriker haben ihr eigenes Museum

Ingo Pötschke besuchte den HRČS in Třešť

Nicht nur in Deutschland gibt es Organisationen der Radiosammler und funkhistorisch Interessierten, sondern auch in anderen europäischen Ländern. Auf meiner Fahrt in den Urlaub besuchte ich dieses Jahr den tschechischen Sammlerverein HRČS (Historický radioklub československý) und sein vereinseigenes Museum in Třešť.

Třešť befindet sich ca. 150 km südlich von Prag, ungefähr auf der Linie Prag-Wien. Die nächstgrößere Stadt ist Jihlava (früher Iglau). Etwa 20 km südlich davon findet sich dann die kleine Stadt Třešť. Anders als die GFGF, die nach intensiven Diskussionen das Risiko eines eigenen Vereinshauses bzw. Museums in den vergangenen Jahren nicht einging, kauften unsere tschechischen Sammlerkollegen vor gut 20 Jahren einen Güterspeicher des Bahnhofs in Třešť und verwenden seitdem die Vereinsmittel zum Aufbau eines TESLA-Museums. Weil es in Deutschland eine Radioindustrie mit vielen verschiedenen Firmen gab, ist das zunächst etwas merkwürdig, aber TESLA repräsentiert die tschechische Funkgeschichte von 1946 bis heute. Das zunächst etwas baufällige Gebäude wurde komplett in Eigenleistung von Vereinsmitgliedern saniert, außer die Außenhaut und das Dach. Der Verein verwendete dabei nur eigene Mittel in der Größenordnung von 20.000 €. Das klingt auf den ersten Blick nicht viel, aber der Verein unserer tschechischen Kollegen hat etwa 400 Mitglieder und ein anderes Lohnniveau als die Deutschen. Im Grunde wird die Bauaktivität von 10 bis 20 Mitgliedern durchgeführt, die ihre Ferien in Třešť verbringen und dabei bauen.

Das Gebäude weist eine Fläche von etwa 200 m² je Etage auf, die mittlerweile mit Exponaten sehr gut gefüllt sind. Da dieser Tatbestand unseren Kollegen auch auffiel und neben diesem Speicher in vielleicht 200 Meter Entfernung noch ein weiteres Gebäude dieser Art steht, wurde dieser auch gekauft und wird zur Zeit in Eigenleistung zur Nutzung als Depot ertüchtigt. Auch dafür müssen wieder erhebliche finanzielle Mittel aufgewendet werden.

Im Museum: alles von TESLA

Im Erdgeschoss befinden sich die „großen Brocken“ der äußerst umfangreichen Ausstellung. Während Deutschland relativ viele spezialisierte Hersteller hatte, baute TESLA alles, was mit Kommunikationstechnik zu tun hat, selbst. Man findet mindestens fünf Rundfunksender in der Größenordnung von 200 Watt bis 80 Kilowatt. Eine Abstimmospule und andere Senderteile ergänzen diesen Bereich. Man kann in den Sender hineinschauen, nichts ist hinter Glas. Im Erdgeschoss befindet sich ferner neben einer Reihe von durchaus beeindruckenden Musiktruhen auch ein Elektronenmikroskop aus dem Hause TESLA sowie das komplette Sortiment der Studioteknik für Rundfunk und Fernsehen. Für die Smartphone Generation wurde eine Telefonanlage mit Wählscheibe und Relais-Nebenstelle aufgebaut, natürlich auch von TESLA.



Bild 1. In diesem ehemaligen Güterspeicher hat der HRČS das Vereinsmuseum eingerichtet.



Bild 2. Im Erdgeschoss sind Teile von Großsendern zu sehen.

Über eine Treppe kommt man in die 1. Etage, die den kleineren TESLA-Geräten gewidmet ist, aber auch ein paar ausstellerische Leckerbissen enthält. So kann man sich selbst auf dem Schirmbild eines Nipkow-Fernsehers bewundern, auf dessen Bildfläche man über eine im Kurzschlussverfahren arbeitende Fernsehkamera gerät. In diesem Bereich sind auch Bruchstücke der äußerst umfangreichen TESLA-Produktion von der einfachen Glühlampe über Röhrensortimente bis hin zu Senderöhren und Halbleitern zu sehen. Nach links gehend taucht man dann in die Konsumgüterfertigung von TESLA ein. Nachdem die Radios anfangs (aus den 1940er-Jahren) noch sehr wie Telefonen o.ä. aussehen, kommen sehr bald die TESLA-Schmuckstücke. Gerade im Ausland kann man Rundfunkempfänger bewundern, die nicht unserem Designgeschmack der 1950er-

Jahre entsprechen und deswegen interessant sind. Bald ergänzen dann Fernsehempfänger im laufenden Betrieb und erste Tonbandgeräte die Ausstellung, während man sich langsam moderneren Zeiten nähert. Transistorempfänger, Stereo-Receiver und Einzelkomponenten für Heim und Reise. Daneben auch die im Osten Deutschlands allorts bekannten TESLA-Spulentonbandgeräte. Die 1980er-Jahre manifestieren sich in einer ganzen Reihe bunter Telefone, schicker „Henkelware“ und natürlich auch TESLA-Computern. Das Sortiment ist einfach gigantisch. Für ehemalige DDR-Bürger: Man nehme alle Funkwerke, Radiohersteller und Robotron unter ein Dach. Für BRD-Bürger: Man ergänze das Sortiment von Grundig, Telefunken, Loewe, Graetz, Saba und Nordmende um das von Siemens-Nixdorf und Tally.

In der dritten Etage des Speichers befindet sich derzeit der Fundus unserer tschechischen Kollegen. Am besten lässt dieser sich wohl in Kubikmetern fassen. Es dürften so um die 600 m³ Geräte von TESLA sein, vom einfachen Kofferradio über Plattenspieler bis hin zur komplexen Messtechnik. Der Fundus soll demnächst die Räumlichkeit wechseln, dann entsteht in dieser Etage die Erweiterung um Vorkriegsgeschichten und weitere namhafte tschechische Hersteller (sehr form-schöne Geräte baute u.a. auch IRON). Die vierte Etage bietet Räumlichkeiten für das Archiv unserer tschechischen Kollegen und ermöglicht die Vorführung von Kinofilmen. Zu Ende ist der Speicher in einem kleineren Spitz-

dachbereich, wo sich eine Amateurfunkstation befindet.

Andere Vereinsphilosophie

Persönlich war die Reise nach Třešť für mich echt ein Gewinn, zeigen doch unsere tschechischen Kollegen eine ganz andere Vereinsphilosophie als hier in Deutschland. Es scheint auch eine ganze Reihe jüngerer Mitglieder als bei uns zu geben. Tschechien ist eben auch ein anderes Land mit anderem Bildungssystem und einer anderen Lebensphilosophie.

Ergänzen sollte man vielleicht auch, dass dieses Třešť Museum wohl Alleinstellungsmerkmal in der tschechischen Republik hat, eine Vielzahl Radiomuseen wie bei uns gibt es da nicht. Ein Besuch in Třešť lohnt sich.



Bild 3. Auch ein Elektronenmikroskop von TESLA ist ausgestellt.



Bild 6. Von rechts nach links: Die Aktiven des HRČS Jiri Hajek, Jan Mottl, Vladimir Fiala und von der GFGF Ingo Pötschke.

Und was soll ich sagen, wenn jemand diese Initiative unserer tschechischen Kollegen auch finanziell unterstützen möchte, wäre das sicherlich eine sehr gute Tat. Mit Geld in der Hinterhand baut es sich einfach einfacher und schneller!

Adresse des Museums:

Nádražní 1394/53, 589 01 Třešť
Tschechische Republik
Konto:
IBAN: CZ822010000002800387740,
BIC: FIOBCZPPXXX
HRČS-Websites: www.radiojournal.cz
www.muzeumtesla.cz



Bild 4. Moderne Messtechnik neben klassischen Senderschränken.



Bild 5. Zahlreiche TV- und Rundfunkgeräte aus dem TESLA-Programm befinden sich in der Sammlung.

Der Staatskonzern TESLA

Am 10.08.1946 erfolgte im Gebäude der Firma „Mikrofona“ in Prag die offizielle Gründung des Staatskonzerns TESLA. Dieser wurde im Zeitraum von Kriegsende bis Juni 1946 aus insgesamt 33 Werken, Betriebsstätten und Werkstätten zusammengeschlossen. Zu den bekannteren Vorgängerfirmen gehören unter anderem Telegrafia Pardubice mit der Marke „Radiola“, Radiotechna Prelouc im Eigentum von Siemens, Marke „Telefunken“, Mikrofona Prag, Elektra, Prag in Eigentum von Philips, Iron Radio und Makrofon.

Im Rahmen des ersten Zweijahresplans sollte TESLA 300.000 Rundfunkempfänger, 3.400.000 Röhren und 140.000 Telefone liefern. Bis Ende 1948 wurden weitere Unternehmen eingegliedert und TESLA bestand aus 68 Unternehmen sowie elf konfiszierten Werken mit etwa 12.300 Mitarbeitern.

In der Zeit der Existenz von TESLA erfolgten zahlreiche Umstrukturierungen, Umbildungen sowie Ergänzungen mit neuen Fertigungsbetrieben bis hin zu Forschungsinstituten.

Die 1950er-Jahre sind im Wesentlichen von der Herstellung von Rundfunkempfängern sowie der Herstellung des kompletten Spektrums an Bauelementen und Röhren geprägt. Aufgrund verschiedener politischer Fehlentscheidungen begann man (im Vergleich mit Deutschland) relativ spät mit der Produktion von Transistoren (ab 1956). Die CSR/CSSR führte Dinge wie UKW-Rundfunk (1958), Stereo-Rundfunk (1969) und Farbfernsehen (1973) später ein als die Bundesrepublik oder die DDR, so dass auch in der Produktion von TESLA ein entsprechender Rückstand gegenüber deutschen Geräten existierte. 1978 beschäftigte TESLA etwa 90.000 Mitarbeiter.

Später nahm TESLA auch die Produktion von Geräte-kategorien auf, die in der DDR nicht hergestellt wurden.



Glasfenster mit TESLA-Firmenlogo in der Einkaufsmall „Pasáž Světozor“ in Prag, Vodičkova ulice.

So produzierte man ab 1983 Videorecorder (Video 2000) und ab 1985 auch CD-Player.

Ende 1989 gab es in der CSSR eine politische Wende, die letztendlich mit der Öffnung des Landes nach Westen zu einem erheblichen Nachfrageverlust nach Geräten von TESLA führte. Eine ganze Reihe der tschechischen und slowakischen Betriebsteile ging in Konkurs.

Dies betraf unter anderem auch TESLA Prelouc, wo ab 1963/64 die meisten Spulentonbandgeräte des RGW produziert wurden. Im Rahmen dieser Marktordnung stellte zum Beispiel die DDR keinerlei Tonbandgeräte mehr her.

Anders als in den 1990 zur BRD gekommenen Bundesländern sind einige Teilbetriebe in eigenständige Nachfolgefirmen überführt worden, die heute noch in der Tschechischen Republik produzieren. Unter anderem entstehen hochwertige Plattenspieler (Pro-Ject) sowie die Autoradios und Lautsprecher für Skoda. Man hatte in Tschechien ja auch keine markt- oder konkurrenzberreinigende Treuhänder.

Im Laufe seiner Existenz produzierte TESLA nicht nur für den RGW, sondern stellte so manches Erzeugnis in westliche Wohnzimmer, wo man im Traum nicht an TESLA dachte. Als Beispiel mögen da nur Plattenspieler von PE und

Lenco dienen, oder auch der „Tesla Mambo“, bekannt unter dem Namen „Ingelen TR 55“. Von unzähligen TESLA-Röhren, kompletten Transistor- und IC-Typreihen bis hin zu Großsendern wollen wir hier nicht anfangen. Diese kurze Zusammenfassung soll nur die Bedeutung der Sammlung in Třešť unterstreichen und kurz anreißen, dass hier im Grunde einem riesigen Staatskonzern ein Denkmal gesetzt wird. Die Daten beruhen auf dem Buch „TESLA Geschichte eines Staatskonzerns“ von MICHAEL PHILIPP STRASSMANN, welches 2006 im Funkverlag Hein erschien und beim GFGF Archiv ausgeliehen werden kann. (ISBN 978-3-936124-21-3)

Was hat „TESLA“ mit dem Erfinder NIKOLA TESLA zu tun?

Auch hierüber gibt MICHAEL PHILIPP STRASSMANN in seinem Buch Auskunft:

„Die offensichtliche Benennung des neuen Nationalunternehmens nach dem kroatischen Erfinder NIKOLA TESLA sollte wohl die Bemühungen der slawischen Völker um eine Annäherung und enge Zusammenarbeit nach dem Zweiten Weltkrieg unterstreichen. Bei der Konstitution

von TESLA n.p. waren gar hochrangige Mitglieder der jugoslawischen Regierung anwesend! Später, nach dem Ausscheren Jugoslawiens unter TITO aus dem von Moskau bevormundeten Mittel- und Osteuropäischen Lager, war davon natürlich keine Rede mehr. Dafür wurde jetzt unermüdlich betont, TESLA sei eine Abkürzung, die – erstens – immer groß geschrieben werde und – zweitens – für die beiden tschechischen bzw. slowakischen Wörter für Schwachstromtechnik stehe: TEchnika SLAboprudá bzw. TEchnika SLAboprudová“.

„Ein Band trägt Wort und Ton“

Ausstellung in Kelsterbach am 04.11.: Entwicklungsgeschichte der Tonbandtechnik

Starke Resonanz der veranstaltungsbegleitenden Ausstellungen der letzten Jahre zur Spätherbst-Sammlerbörse in Kelsterbach veranlasst nun in diesem Jahr die Organisatoren, die Tonaufzeichnung zum Thema zu machen. Das Tonbandgerät ist das bedeutsamste Element der Schallaufzeichnung bis in die HiFi-Zeit hinein und scheint dazu prädestiniert.

Die Entwicklungsgeschichte der Tonaufzeichnung mit Magnetbändern wird in Gruppen an Exponaten aus den jeweiligen Entwicklungsstadien nachgezeichnet.

Die Bedeutung der Firma AEG beim Bau der ersten einsetzbaren Geräte wird besonders herausgestellt, auch die Übernahme des entsprechenden Firmenmottos aus dem Jahr 1950 soll darauf hinweisen.

Schwerpunkte der Ausstellung:

1. AEG-Geräte aus der Anfangszeit
2. Entwicklungen der Fa. Ihle einschl. der Umschlingungstechnik
3. Geräte aus der Anfangszeit der Firma Grundig
4. Boliden versus Minimalisten
5. Stereo-Geräte
6. Tragbare von Maihak bis Uher
7. Bänder, Ausrüstung, Bücher

Diese Ausstellung ist das Rahmenprogramm zur diesjährigen Spätherbst-Sammlerbörse 2018 Radio Funk Phono Fernsehen in Kelsterbach am 4. November 2018.

Weitere Informationen in Internet auf www.nwdr.de.



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

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

©2018 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 Auftrag 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

Termine / Radiobörsen / Treffen

Weitere Termine und aktuelle Einträge auf der GFGF-Website!

August 2018

Samstag, 25. August 2018

36. Historischer Funk- und Nachrichtentechnik Flohmarkt

Uhrzeit: ab 7.00 Uhr bis 13.00 Uhr

Ort: Autohof Mellendorf, LKW-Parkplatz beim Rasthaus Kutscherstube, (Autobahn A7, Abfahrt Mellendorf, Nr. 52), 30900 Wedemark, Hessenweg 2, Info: Robert Weiß

Hinweise: Aufbau für Anbieter ab 6 Uhr. Keine Anmeldung nötig, Tische sind selbst mitzubringen. Anbieter von Radios, antiken Bauteilen und Amateurfunktechnik sind willkommen.

Sonntag, 26. August 2018

Geräte- und Schallplattenbörse

Uhrzeit: 10.00 bis 15.00 Uhr

Ort: Bremer Rundfunkmuseum e.V., Findorffstraße 22 – 24, 28215 Bremen

www.bremer-rundfunkmuseum.de

Hinweise: Das Bremer Rundfunkmuseum trennt sich von Radiogeräten der letzten fünf Jahrzehnte. Der Eintritt ist frei. Die genaue Anfahrt bitte dem Lageplan auf der Homepage entnehmen. Das Museum ist während des Flohmarktes für Besucher geöffnet, Eintritt: 3 €.

September 2018

Samstag, 08. September 2018

4. Wertinger Radio- und Funkflohmarkt

Uhrzeit: 8.30 bis 13.00 Uhr

Ort: Grundschule Wertingen, gegenüber vom Wertinger Radio- und Telefonmuseum, Fére-Str. 1, 86637 Wertingen.

Info: Eintritt frei, eine Anmeldung ist nicht erforderlich.

Hinweise: Es dürfen nur gebrauchte Radio-, Telefon-, Funkgeräte sowie Zubehör angeboten werden.

Weitere Infos unter

www.radiomuseum-wertingen.de

Samstag, 08. September 2018

Radio-Flohmarkt beim Museum Enter Solothurn

Uhrzeit: 9.00 bis 15.00 Uhr

Ort: CH-4500 Solothurn, Enter-Museum, Zuchwilerstrasse 33

Info: <http://www.crgs.ch>

Samstag 15. September 2018

Radiobörse Prag

Uhrzeit: 8.00 bis 12.00 Uhr

Ort: CZ Prag 9, Ucnovská 1, Berufsschule.

Hinweise: Ein großer Saal im Erdgeschoss, Erfrischung am Buffet. Angebot: elektronische Bauteile, Halbleiter, Röhren, Messgeräte, Antennen, Amateurfunk, Bürgerfunk, alte Radios, Lautsprecher usw. Zumeist kleine Preise. Eintritt nur 20 CZK, Parken am Gebäude oder auf dem benachbarten Kaufland-Parkplatz kostenlos möglich. Aufbau ab 7.30 Uhr.

Sonntag, 16. September 2018

10. Linsengerichter Funk- und Radiobörse

Uhrzeit: ab 9.00 Uhr

Ort: Zehntscheune am Rathaus, Amthofstr. 2, 63589 Linsengericht-Altenhaßlau

Info: www.radio-museum.de,

Hinweise: Bitte unbedingt Tischdecken mitbringen! Aufbau ab 8.00 Uhr, wer kann, bitte Tische mitbringen, bei schönem Wetter auch im Freien möglich, Standgebühr 5 €/Meter, Anmeldung erwünscht, einige Tische (1,5 m je 7 €) vorhanden. Kein Aufbau auf dem Parkplatz!

Samstag, 22. September 2018

37. Radio Onderdelen Markt

Uhrzeit: 9.00 bis ca. 16.00 Uhr

Ort: Gaststätte „De Lichtmis“, NL-8028 PL Zwolle, Hermelenweg 190, Niederlande

A28 zwischen Meppel und Zwolle, Ausfahrt 22 Richtung Nieuwleusen-Hasselt, auf dem Parkplatz hinter der Gaststätte. Der zum Restaurant umgebaute Wasserturm genau an der gegenüberliegenden Straßenseite bietet einen gut sichtbaren Orientierungspunkt.

Info: <https://stichtingrom.com/>,

Hinweise: Parkgebühr 2 €.

Sonntag, 23. September 2018

53. Radio- und Grammophonbörse in Datteln

Uhrzeit: 9.00 bis 14.00 Uhr

Ort: Stadthalle Datteln, Kolpingstr. 1

Info:

Hinweise: Anfahrt: BAB 2 Abfahrt Datteln/Henrichenburg, Eintritt 3 €.

Tische in begrenzter Anzahl vorhanden - wenn möglich, Tische mitbringen! Standgebühr: 6,50 € je Meter

Sonntag, 23. September 2018

58. Radioflohmarkt in Breitenfurt bei Wien

Uhrzeit: 9.00 bis 14.00 Uhr

Ort: A-2384 Breitenfurt, Schulgasse 1 (Mehrzweckhalle)

Info:

www.tubeprofi.com

Hinweise: Tischreservierung für Aussteller erforderlich, Tische sind vorhanden, Tischtücher sind mitzubringen.

Oktober 2018

Samstag, 06. Oktober 2018

Mitteldeutscher Radio- und Funkmarkt in Garitz

Uhrzeit: 9.00 bis 12.30 Uhr

Kulturhaus Garitz, 39264 Garitz bei Zerbst. Am Weinberg 1.

Info:

Hinweise: Einlass für Aussteller ist ab 7.00 Uhr. Kaffee und Frühstück ab 8.00 Uhr. Übernachtungsmöglichkeiten und Stellplätze für Wohnwagen sind vorhanden. Die Tischgebühr beträgt 5 €, Eintritt 1 €.

Samstag, 06.10.18

Sammlertreffen und Radiobörse in Altensteig

Uhrzeit: 9.00 bis 13.00 Uhr

Ort: Hotel Traube, Rosenstr. 6, 72213 Altensteig

Info:

Hinweise: Bitte rechtzeitig Tische reservieren, Tischdecken mitbringen, Tische vorhanden 1,60 x 0,8 Meter Pro Tisch 7 €

Samstag 13. Oktober 2018

15. Amateurfunk-, Rundfunk- und Elektrobörse AREB
Uhrzeit: 9.00 bis 15.00 Uhr
Ort: TU Dresden, Dülffestraße 1, 01069 Dresden
Info:

Hinweise: Sammler und Händler zeigen und verkaufen alles rund um alte Rundfunkgeräte, Amateurfunkgeräte, Rundfunk- und Funktechnik, Elektronik, Ersatzteile, Literatur, Zubehör sowie Computer.
Die GFGF wird hier auch mit einem Stand vertreten sein.

Sonntag, 14. Oktober 2018

58. Bad Laasphe Radio- und Schallplattenbörse
Uhrzeit: 8.30 bis 13.00 Uhr
Ort: 57334 Bad Laasphe, Haus des Gastes, in der Stadtmitte am Wilhelmsplatz 3
Info: Förderverein Internation

Hinweise: Tausch- und Sammlermarkt für Freunde alter Elektronik. Der Eintritt für Besucher ist frei. Tische für Aussteller sind ausreichend vorhanden. Jeder Tisch ist 1,20 m lang und kostet 6 € Standgebühr. Aufbau der Stände ab samstags 17.30 Uhr. Das Be- und Entladen ist vor dem Eingang möglich und kann schon samstags ab 17.30 Uhr vorgenommen werden. Parkplätze stehen in unmittelbarer Nähe neben der Sparkasse kostenfrei zur Verfügung. Das Museum ist an diesem Sonntag schon ab 13.00 Uhr geöffnet.

Samstag, 20. Oktober 2018 und Sonntag, 21. Oktober 2018

26. Technik-Börse, Retro-Technica in Fribourg
Uhrzeit: Samstag 9.00 bis 18.00 Uhr, Sonntag 9.00 bis 17.00 Uhr
Ort: CH-Fribourg, im Forum Fribourg
Info:

Hinweise: Für Sammler, Handwerker und Bastler; alles, was man sich unter dem Begriff „Technik“ vorstellt: Radio,

TV, Schallplatten, Musik- & Spielautomaten, usw.
Eintrittspreise Erwachsene Fr. 8, Kinder bis 6 Jahre = Gratis, 6 - 16 Jahre = Fr. 2.

Samstag, 27. Oktober 2018

39. Norddeutsche Radiobörse mit Sammlertreffen Lamstedt
Uhrzeit: 9.00 bis 14.00 Uhr
Ort: Bördehalle, direkt am Norddeutschen Radiomuseum, 21769 Lamstedt
Info & Tischreservierung:

Hinweise: Standaufbau am Freitag, 26. Oktober ab 16.00 Uhr oder Samstag, 27. Oktober ab 8.00 Uhr, Standgebühren für Tische (2x0.8m) je 7 Euro. Parken direkt an der Halle.

November 2018

Sonntag, 4. November 2018

Spätherbst-Sammlerbörse Radio Funk Phono Fernsehen 2018 in Kelsterbach
Uhrzeit: 9.00 bis 14.00 Uhr
Ort: Fritz-Treutel-Haus, Bergstr. 20, 65451 Kelsterbach
Info:

Weitere Infos wie Reservierung, Anfahrt usw. auf der Homepage www.nwdr.de

Hinweise: Tischgebühr 9,00 €, Aufbau ab 8.00 Uhr möglich. Zur diesjährigen 7. Veranstaltung gibt es die Ausstellung „Entwicklungsgeschichte der Tonbandtechnologie“.

Sonntag, 4. November 2018

Amateurfunk Flohmarkt OV T08 Neuburg
Uhrzeit: 9.00 bis 14.00 Uhr, Aufbau ab 8.00 Uhr
Ort: Landgasthof Vogelsang, Bahnhofstr. 24, 86706 Weichering (zwischen Ingolstadt und Neuburg an der B16)

Info: www.t08.net/flohmarkt

Hinweise: Für Speis und Trank beim gemeinsamen Beisammensein rund um den Amateurfunk Flohmarkt sorgt das freundliche Team des Landgasthof Vogelsang, dem OV Lokal des OV T08 Neuburg-Schrobenhausen.

Samstag, 17. November 2018

Radiobörse Prag
Uhrzeit: 8.00 bis 12.00 Uhr
Ort: CZ Prag 9, Ucnovská 1, Berufsschule.

Hinweise: Ein großer Saal im Erdgeschoss, Erfrischung am Buffet. Angebot: elektronische Bauteile, Halbleiter, Röhren, Messgeräte, Antennen, Amateurfunk, Bürgerfunk, alte Radios, Lautsprecher usw. Zumeist kleine Preise. Eintritt nur 20 CZK, Parken am Gebäude oder auf dem benachbarten Kaufland-Parkplatz kostenlos möglich. Aufbau ab 7.30 Uhr.

Dezember 2018

Sonntag, 16. Dezember 2018

4. NVHR-Tag mit Tauschbörse in Driebergen
Uhrzeit: 10.00 bis 14.00 Uhr, Aufbau ab 10.00 Uhr
Ort: Health Center Hoenderdaal, Hoendersteeg 7, Driebergen, Niederlande,
Info:

<http://www.nvhr.nl/agenda.asp>

2019

Sonntag, 14. April 2019

54. Radio- und Grammophonbörse in Datteln
Uhrzeit: 9.00 bis 14.00 Uhr
Ort: Stadthalle Datteln, Kolpingstr. 1

Hinweise: Anfahrt: BAB 2 Abfahrt Datteln/Henrichenburg; Eintritt 3 €, Tische in begrenzter Anzahl vorhanden - wenn möglich, Tische mitbringen! Standgebühr: 6,50 € je Meter.

Termine in der „Funkgeschichte“

bitte melden Sie Ihre aktuellen Veranstaltungstermine am besten per Mail:

Großes Interesse trotz Besucherrückgang

Impressionen von der HAM Radio 2018

Auch in diesem Jahr trafen sich **Amateurfunker und Technikfans in Friedrichshafen auf der internationalen Messe HAM Radio. Die GFGF war wieder mit einem Stand vertreten, um sich dem Publikum zu präsentieren.**

Im Vergleich zum Vorjahr gab es einen Besucherrückgang von etwa 10 Prozent. Grund ist wahrscheinlich die Terminlage Anfang Juni, die einige traditionelle Besucher fernbleiben ließ. Deshalb entschlossen sich die Veranstalter, die kommende HAM Radio vom 21.-23.6.2019 stattfinden zu lassen.

Der GFGF-Stand war wieder strategisch günstig so platziert, dass die meisten Besucher der Flohmarkthallen daran vorbeikommen mussten. Tatsächlich interessierten sich viele Messebesucher für die Arbeit der GFGF. Wie viele Neumitglieder die Aktion gebracht hat, muss noch ausgewertet werden.

In den Messehallen gab es nicht nur für Funker, sondern auch für Freunde historischer Radios einiges zu entdecken. Auffällig ist, dass immer mehr Geräte und Teile auf den Markt kommen, die vor wenigen Jahren noch äußerst selten waren. Das liegt wohl an der demografischen Entwicklung der Sammlergemeinde. Auf jeden Fall konnte man viele Dinge finden, die zur Restauration der zuhause gesammelten „Schätzchen“ schon lange gesucht wurden.

Bemerkenswert sind auch die Aktivitäten zur Jugendarbeit, die verschiedene Amateurfunkorganisationen in Friedrichshafen vorstellten, und natürlich auch die Funker-Senioren des Amateurfunkmuseums, die mit Geräten aus ihrer Jugendzeit auf dem Messegelände qrv waren.

Peter von Bechen



Immer umlagert war der GFGF-Stand.



Immer mehr früher seltene Geräte kommen auf den Markt. Dieser Ingelen „Geographic“ war für 1.200 € zu haben.



Alles was der Radio- und Funkbastler braucht: Klein- und Kleinstteile jeder Art.



Auch seltene Röhren waren im Angebot. Preis unbekannt bzw. Verhandlungssache.



Die Herren vom Amateurfunkmuseum funkten mit Geräten aus ihrer Jugendzeit.

Radiokalender 2019

Das internationale Radiomuseum HANS NECKER gibt auch für das kommende Jahr 2019 wieder einen Radiokalender heraus. Das Thema des Kalenders ist „Radios des Herstellers ‚LOEWE‘ zwischen 1926 und 1959“. Der Kalender hat das Format DIN A4 quer und zeigt zwölf sehr ansprechende Röhrengeräte. Der Preis liegt bei 5 €. Bei Versand kommt das Porto von 1,50 € hinzu.



Augmented Reality zeigt, wie das Radio funktioniert

Technoseum Mannheim eröffnete Ausstellungsbereich Mediengeschichte

Kaum ein Bereich hat in den letzten Jahren einen so rasanten und für jeden spürbaren Wandel erfahren wie die Medienbranche – das wissen alle, die Internet und Smartphone nutzen. Die Entwicklung hin zur Informationsgesellschaft ist jedoch gar nicht so neu: Bereits im 19. Jahrhundert begannen die Telegrafie und die Fotografie das Leben der Menschen grundlegend zu verändern.

Mit diesen Veränderungen von damals bis in die heutige Zeit beschäftigt sich eine neue Ausstellung zur Mediengeschichte, die das Technoseum Mannheim seit Juli 2018 zeigt. Neben zahlreichen Radios, Kameras, Fernsehern und Computern gibt es mehrere interaktive Stationen, an denen man sich beispielsweise mit dem Programmieren vertraut machen kann, einen ganz und gar nicht stressfreien Einstellungstest für das „Fräulein vom Amt“ absolviert oder herausfindet, welcher Medientyp man ist. Außerdem kommt erstmals so genannte Augmented Reality (Erweiterte Realität) zum Ein-

satz, mit der die Besucher über ihre Smartphones völlig neue Einblicke in die Ausstellung und die Exponate bekommen können.

In diesem neuen Teil der Dauerausstellung zeigt das Technoseum, das es mit den Beständen des Südwestrundfunks (SWR) und des Deutschen Rundfunkarchivs (DRA) eine der weltweit größten Rundfunk-Sammlungen besitzt, einen Querschnitt an Radios, Kameras und Aufnahmeegeräten. Auch das älteste noch erhaltene Tonbandgerät der Welt, ein Magnetophon K2 von AEG aus dem Jahr 1936, ist zu sehen. Neben einem originalen Tele-

grafenmast dokumentieren eine Radiomechaniker-Werkstatt aus der Nachkriegszeit und Fernseh-Reportage-Equipment aus den 1960er-Jahren, wie vielfältig die Arbeitswelten im Medienbereich sind und wie Medien unseren Alltag prägen.

Wer sein Smartphone mitbringt, kann sich eine App herunterladen und diese an ausgewählten Stationen aktivieren: Dann kann man auf dem Gerät unter anderem einem Telegrafiarbeiter bei der Arbeit zusehen, in das Innere einer Braun'schen Röhre blicken oder erfahren, wie ein Radio funktioniert.



Original-Radiomechaniker-Werkstatt aus der Nachkriegszeit.



Magnetophon K2 von AEG aus dem Jahr 1936, das wohl älteste noch erhaltene Tonbandgerät der Welt.



Beeindruckend ist der Original-Ü-Wagen des Süddeutschen Rundfunks aus den 1950er-Jahren.



Kuratorin Dr. Anke Keller vom Technoseum zeigt, wie mit Augmented Reality auf ihrem Smartphone die Funktion eines Radios dargestellt wird.

Elektrotechnik ist eine Widerstandsbewegung

Prof. Joachim Goerth über die Entwicklungsgeschichte der unscheinbaren, aber äußerst wichtigen Bauelemente der Funktechnik.

Sie sind eher unspektakuläre, aber trotzdem in der Elektrotechnik, Elektronik und insbesondere Funktechnik inzwischen massenhaft benötigte Bauelemente: Widerstände. Hier ein umfassender Überblick über die Geschichte und die technische Entwicklung des in jedem funktechnischen Gerät vorkommenden Widerstands.

Das physikalische Phänomen „elektrischer Widerstand“ ist als Begriff geläufig, spätestens seit GEORG FRIEDRICH OHM im Jahre 1827 seinen Artikel „Die galvanische Kette, mathematisch begründet“ veröffentlicht hat. „Widerstand“ ist aber auch die Bezeichnung für den technischen Gegenstand, dessen elektrische Eigenschaft Widerstand benutzt wird. In der Telegrafentechnik wurden bereits vor 1850 Widerstände benutzt, anfangs meistens zu Messzwecken. Für die seit Beginn der 1920er-Jahre aufkommende Radiotechnik, später dann für die Fernsehtechnik sowie die Elektronik im Allgemeinen wurden und werden Widerstände permanent zig-milliardenfach in Geräte eingebaut. Im Folgenden soll der Werdegang dieser technischen Widerstände ein wenig beleuchtet werden. Dabei steht neben der frühen Entwicklung ab ca. 1850 die Anwendung in der Radiotechnik ab etwa 1923 im Vordergrund.

Widerstandseinheiten

Eine der ältesten Anwendungen der Elektrizität ist die ab etwa 1830 aufkommende Telegrafentechnik. Daher erfüllten die ersten beschriebenen Widerstände die Erfordernisse dieser Technik. Deutlich wird dieser Umstand, wenn man die frühen Definitionen für die Widerstandseinheit betrachtet.

Frühe Widerstandseinheiten [1]:

- Die Einheit nach JACOBI (ein in St. Petersburg arbeitender Physiker, der früh nach Anwendungen der damals neuen Elektrizität suchte). Seine Einheit war definiert als der Widerstand eines Kupferdrahtes von einem Meter Länge (das Meter war zu dieser Zeit noch revolutionär neu!) und einem Millimeter Durchmesser. Sie war die

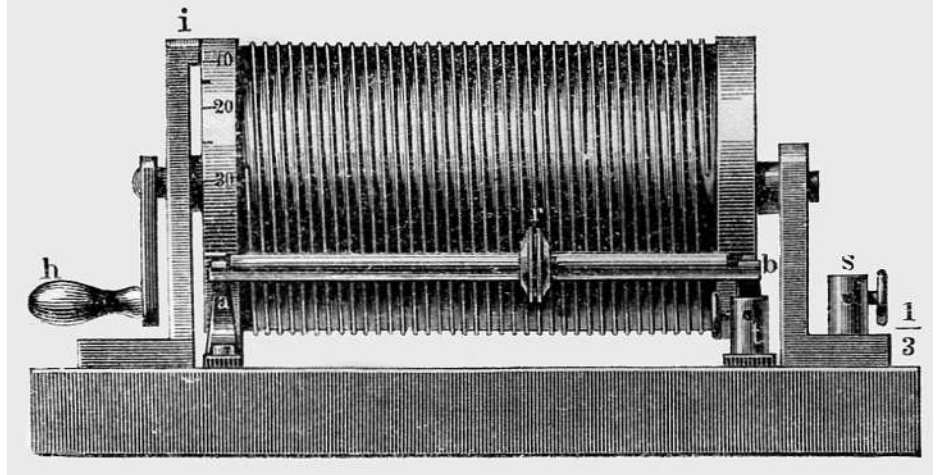


Bild 1. Rheostat von Jacobi 1841, Walze aus Holz, besser Serpentin oder Marmor, Neusilberdraht, Nachteil: Unsicherer Rollkontakt [5].

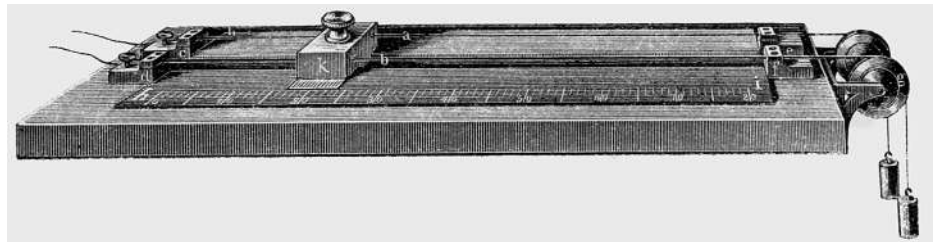


Bild 2. Rheochord von Poggendorf 1841, mittels Seidenschnur und Gewichten gespannte Platindrähte, Abgriff über Schieber, der mit Quecksilber gefüllt ist [5]. Das Quecksilber gibt guten Kontakt.

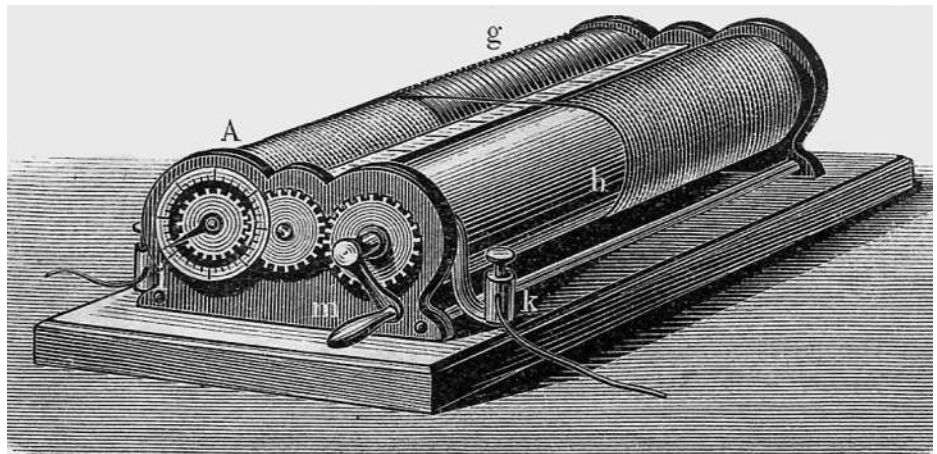


Bild 3. Rheostat von Wheatstone 1843, Holz- und Messingwalze, Draht aus Kupfer oder Neusilber. Der Kontakt des aufgewickelten Drahtes zur Messingwalze vermeidet den unsicheren Rollkontakt. Nachteil: Draht wird gebogen sowie gedehnt und ändert deswegen seinen Widerstand [5].

früheste Einheit, aber wegen der damals sehr unterschiedlichen Reinheit und der Temperaturabhängigkeit des verwendeten Kupfers ist diese Einheit nur ungenau und nicht gut reproduzierbar.

- Die „Siemens'sche Einheit“ (S.E.) ist definiert durch ein Quecksilberprisma von einem Meter Länge und einem Quadratmillimeter Querschnittsfläche bei einer Temperatur von 0 °C ; sie war recht gut zu reproduzieren.

- In Preußen wurde der Widerstand in Meilen angegeben, und zwar der Wert für eine preußische Meile (7,5325 Kilometer) des für Telegrafentechnik verwendeten Eisendrahtes von 1,85 Linien (4,033 mm) Durchmesser. Es galt: 1 Meile preuß. = 62,5 S.E.

- In Frankreich galt (natürlich) die Länge eines Kilometers Eisendraht von 4 mm Durchmesser als Einheit. Die Vergleichsmessungen schwanken allerdings. So war der Kilometer nach BRÉGUET gleich 10,15, nach DIGNEY gleich 9,634 und nach SWISS gleich 10,84 Siemens-Einheiten. Gewöhnlich wurde ein Kilometer gleich 10 S.E. gesetzt.

- In England wurde die Einheit nach VARLEY verwendet. Dies war der Widerstand einer Meile (1,609 Kilometer) Kupferdraht von 1/16 Zoll (1,588 mm) Durchmesser bei 15,5 °C, dies entsprach 26,6 S.E.

Auf der internationalen Telegrafentechnik-Konferenz 1868 in Wien wurde die Siemens'sche Einheit für den allgemeinen internationalen Verkehr angenommen.

Spätere Widerstandseinheiten [2]:

- Beachtliche theoretische Überlegungen zu Maßsystemen führten in England zur Einheit „Ohmad“ (zu Ehren OHMS). Diese Einheit war identisch mit der „B.A.U.“ (British Association Unit) und war die erste theoretisch begründete Einheit.

- Auf dem Elektriker-Kongress in Paris 1881 wurde das „legale“ Ohm zu 1,06 Siemens-Einheiten definiert, aber statt mit theoretischer Begründung wieder in alter Form über ein Quecksilber-Normal. 1 Ohmad war danach 0,9894 Ohm legal.

- Auf dem Elektriker-Kongress in Chicago 1893 wurde schließlich das internationale Ohm in cgs-Einheiten definiert:

- 1 Ohm int. = 109 cgs-Einheiten = 1,0049 Ohm legal. cgs-Einheiten sind theoretisch begründete Einheiten nach dem (alten) centimeter-, gramm-, sekunde-Maßsystem.

Heute ist das Ohm (Ω) wie alle gesetzlichen Einheiten konform zum internationalen Maßsystem definiert. [3]

Widerstände bis etwa 1900

Drahtwiderstände: Zu Beginn der Telegrafentechnik hat man vermutlich entsprechende Längen von vorhandenen Drähten als Widerstand verwendet, also Eisen- oder Kupferdrähte. Neusilber, eine Legierung aus Kupfer, Nickel und Zink, kam in den 1850er-Jahren in Gebrauch und war bis 1890 der typische Widerstandswerkstoff [6]. Es hat einen höheren spezifischen Widerstand als Kupfer oder Eisen und einen kleineren Temperaturkoeffizienten. Neusilber und ähnliche Legierungen wurden ursprünglich wegen der weißen Farbe und leichten Verarbeitung für Ziergegenstände benutzt. Sie kamen etwa ab 1750 als „Packfong“ aus China nach Europa und hießen auch „Alpaka“, „Argentan“ oder „Weißkupfer“.

In den Bildern 1 – 3 sind einige einstellbare Widerstände („Rheostaten“, d.h. Stromsteller) aus der frühen Telegrafentechnik gezeigt [4],[5].

Seit 1849 waren Kurbelrheostaten in Gebrauch. Sie wurden als „Nebenschließungen“ für die auf unterirdischen Linien arbeitenden Zeigertelegraphen verwendet, um die „störenden Ladungserscheinungen“ zu vermindern. Die für unterirdische Verlegung benutzten Kabel hatten eine wesentlich größere Kapazität als die seinerzeit sonst ver-

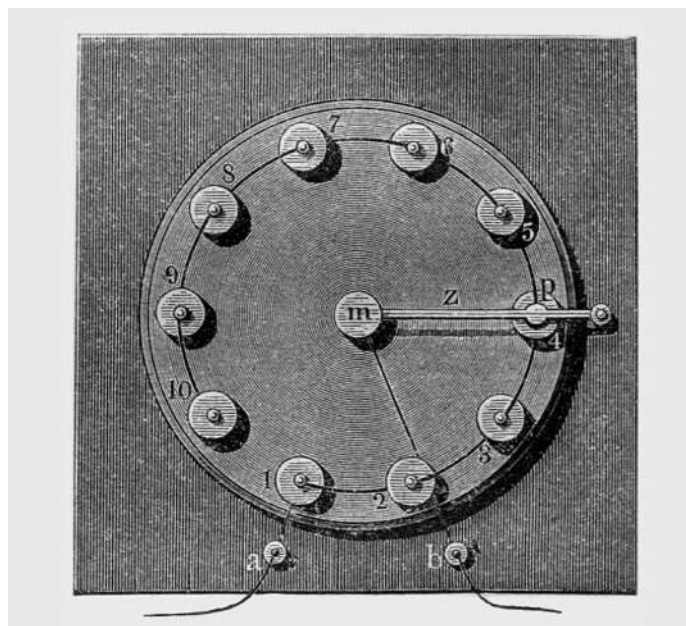
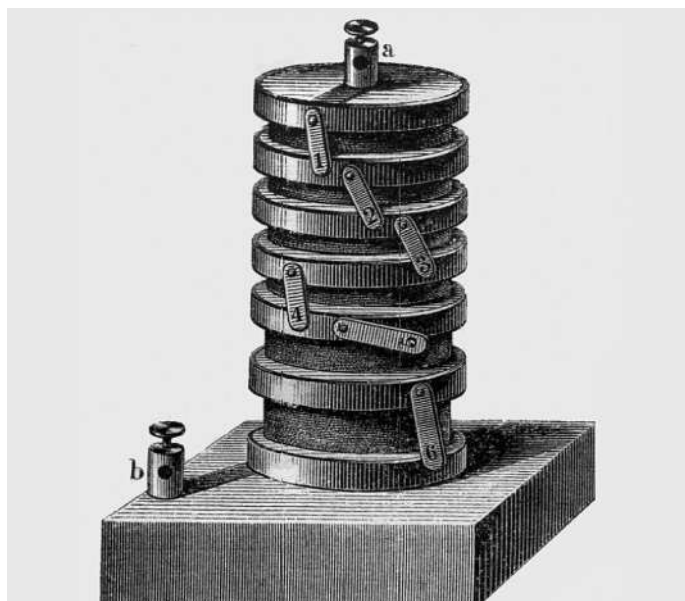


Bild 4. (a) Kurbelrheostat, gleiche Widerstandswicklungen sind in Reihe geschaltet; die Kurbel mit Abgriff selektiert die Zahl der eingeschalteten Widerstände. Von Siemens und Halske seit 1849. Bild aus [5].



(b) Widerstandssäule nach Eisenlohr, vor 1870, Holzzylinder mit Messingringen, Widerstandswicklung aus seidenüberspannenen und lackierten Drähten. Vorreiber schließen ggf. einzelne Wicklungen kurz [5].

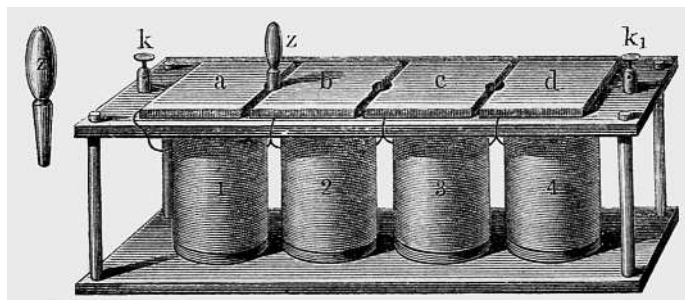


Bild 5. (a) „Widerstandsetalon“ mit gewickelten Drahtwiderständen von Siemens und Halske, vor 1870 (a) und spätere Ausführung davon, ebenfalls vor 1870

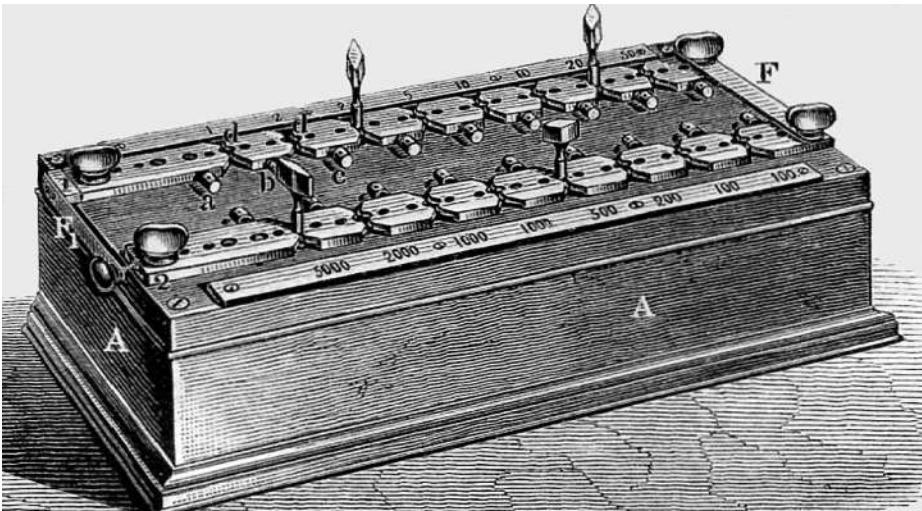


Bild 5. (b) Die Umschaltung mittels konischer Stöpsel gibt sicheren Kontakt. Diese Anordnung wurde als „Stöpselrheostat“ bekannt [5].

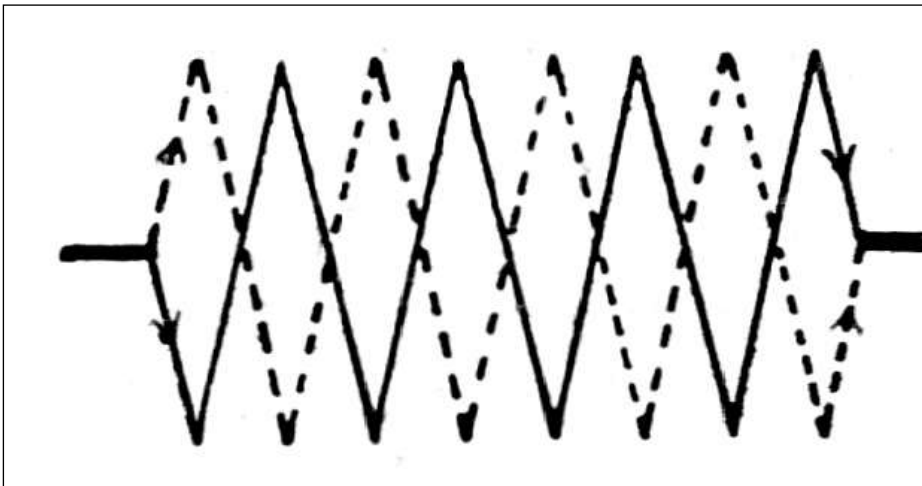
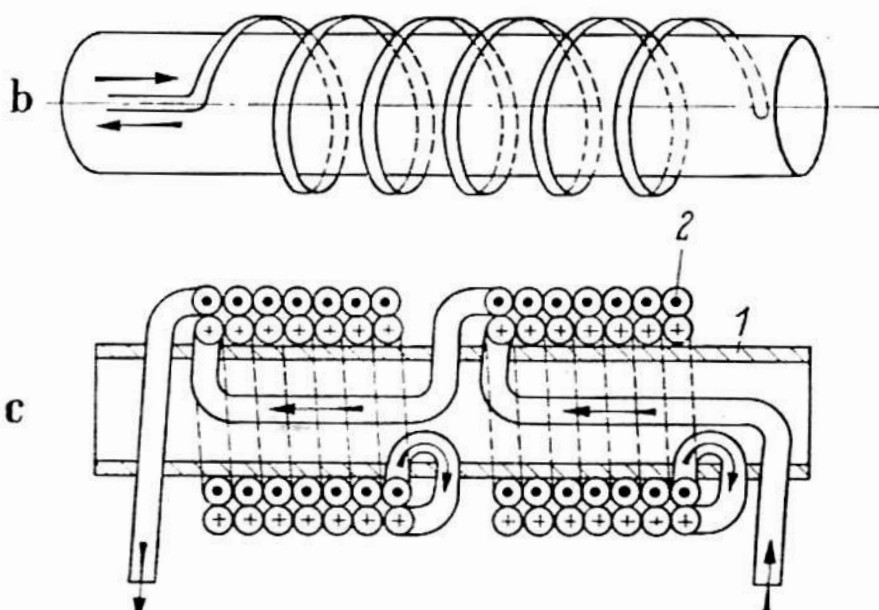


Bild 6. (a) Induktivitätsarme Wicklungen von Drahtwiderständen: (a) Kreuzwicklung [26], (b) bifilare und (c) Chaperon-Wicklung (1889) [25].



wendeten Freileitungen, sodass deren Ladung durch den Nebenschluss reduziert werden sollte. (Die physikalischen Vorgänge auf elektrischen Leitungen für Telegrafie und Telefonie wurden erst ab 1883 durch OLIVER HEAVISIDE und andere geklärt.)

Kurbelrheostaten mit Widerstandswicklungen aus Neusilber wurden ab 1857 auch als „Meilenwiderstand“ gebraucht. Sie hatten Widerstandswerte entsprechend 1 bis 50 Meilen Eisen draht von 2,1 Linien Durchmesser, der für Freileitungen gebraucht wurde, und waren für Messungen an Leitungen gedacht.

Verbesserte Widerstandslegierungen

Neusilberdraht ändert seinen Widerstand dauerhaft nach Erwärmung und wird bei höheren Temperaturen ab ca. 150 °C wegen Rekristallisation brüchig. Verbesserte Legierungen wurden auf dem Internationalen Electrotechniker-Congress 1891 in Frankfurt vorgestellt [6]. Es waren dies:

- Patentnickel, CuNi25 und Konstantan, CuNi40, die von der Firma Basse & Selve aus Altena in Westfalen geliefert wurden. Später wurde Konstantan von der Fa. Krupp in der Legierung Cu55Ni44Mn1 geliefert und für Thermoelemente (Kupfer/Konstantan) und Präzisionswiderstände mit kleinstem Temperaturkoeffizienten benutzt.
- Manganin, CuMn12Ni2, geliefert von der Isabellenhütte Heussler. Manganin hat eine sehr kleine Thermokraft gegen Kupfer und eignet sich gut für Präzisionswiderstände.
- Legierungen mit Mangan wurden schon vor 1891 von der Firma Weston in den USA untersucht; sie ließen sich schwer zu Drähten ziehen. Für Verwendung bei hohen Temperaturen eigneten sich:
 - Nickelin, CuNi30Mn3 der Firma Isabellenhütte Heussler, war zunderfest und wurde für Heizdrähte verwendet.
 - Krupp in, FeNi, der Fa. Krupp eignete sich für Verwendung bis 600 °C.

Induktivitäts- und kapazitätsarme Wicklungen

Es zeigte sich schon in den 1870er-Jahren, dass einfache Wicklungen aus Widerstandsdraht eine Induktivität haben, die bei Wechselfspannungen unerwünscht ist. Seinerzeit sprach

man statt von Induktivität auch von „Extraströmen“. Daher hat man verschiedene Wicklungsarten erdnen, bei denen die Induktivität sowie auch die Kapazität möglichst klein werden. Die erste dieser Wicklungsarten ist die bifilare Wicklung (Teilbild b in Bild 6), bei der der Draht bei halber Länge geknickt und der so gedoppelte Draht aufgewickelt wird. Dabei heben sich die Magnetfelder beider Hälften auf und die Induktivität wird nahezu Null, jedoch wird die Kapazität der Wicklung sehr hoch. CHAPERON [24] verbesserte diese Wicklungsart 1889, indem er die bifilare Wicklung in Teilpakete aufteilte (Teilbild c in Bild 6, im angelsächsischen „bifilar series“ genannt). Besonders bewährt hat sich die Kreuzwicklung nach RUHSTRAT (im angelsächsischen Wicklung nach „Ayrton-Perry“ genannt), die im Teilbild (a) gezeigt ist. Hier sind zwei gleiche, aber gegenläufige Wicklungen parallelgeschaltet. Dennoch sind drahtgewickelte Widerstände bei hohen Frequenzen unbrauchbar.

Flüssigkeitswiderstände

Auch andere Materialien lassen sich für Widerstände verwenden, z.B. leitfähige Flüssigkeiten. Schon ab 1850 verwendete SIEMENS für Widerstands-Etalons Spiralföhrn aus Glas, die für große Widerstandswerte mit Chlorzinklösung, für kleinere und genauer einzuhaltende Werte mit Quecksilber gefüllt wurden (Bild 9).

Graphitwiderstände

Bereits in den 1850er-Jahren wurden die Minen von „Faber'schen Bleistiften“ als Widerstände benutzt, also Mischungen aus Graphit und Ton, deren freigelegte Enden versilbert oder mit „Metallcomposition“ umgossen wurden [4].

Zur „Regulierung der Leitungswiderstände“ wurden seit 1865 auch Graphitwiderstände verwendet. Sie bestanden aus Glasröhren, in die Graphitpulver eingepresst wurde, und hatten Werte von 500 bis 2.500 Siemens'schen Einheiten. Die Glasröhren waren in Holzkörper eingelassen; das Graphitpulver wurde mit Hilfe von Schraubenfedern kontaktiert. Nach einigem Gebrauch mussten sie neu eingestellt werden (Bild 12).

Die in der Elektromedizin tätige Firma Reiniger, Gebbert & Schall, die später auch in der Röntgentechnik bekannt wurde und schließlich zu Siemens kam, meldete im Jahr 1890 einen Graphitwiderstand zum Patent an, der anders als die umschaltbaren Drahtwiderstände stetig veränderlich war (Bild 13).

Eisenwasserstoffwiderstand und Lampenwiderstand

In Eisenwasserstoffwiderständen wird der hohe positive Temperaturkoeffizient des Eisens ausgenutzt. Der eiserne Widerstandsdraht wird in einem mit Wasserstoff gefüllten Glaskolben montiert und hat das Aussehen einer Glühlampe oder auch Radoröhre. Das Wasserstoffgas schützt das Eisen vor Korrosion und leitet gleichzeitig die entstehende Wärme gut ab.

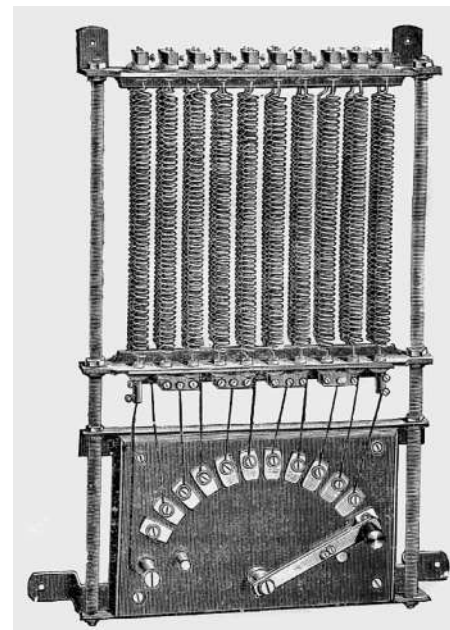


Bild 7. Rheostat für „industrielle“, also starke Ströme bei 110 Volt, Modell Grivolos [8].

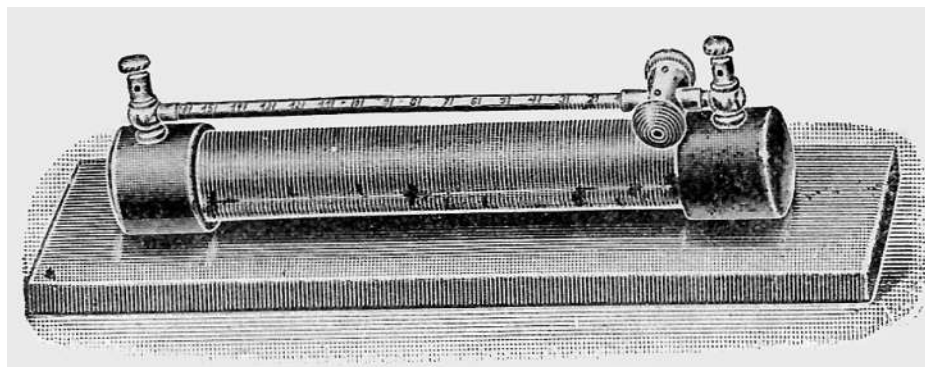


Bild 8. (a) Schiebewiderstand, Drahtwicklung, Modell „Heller“, und

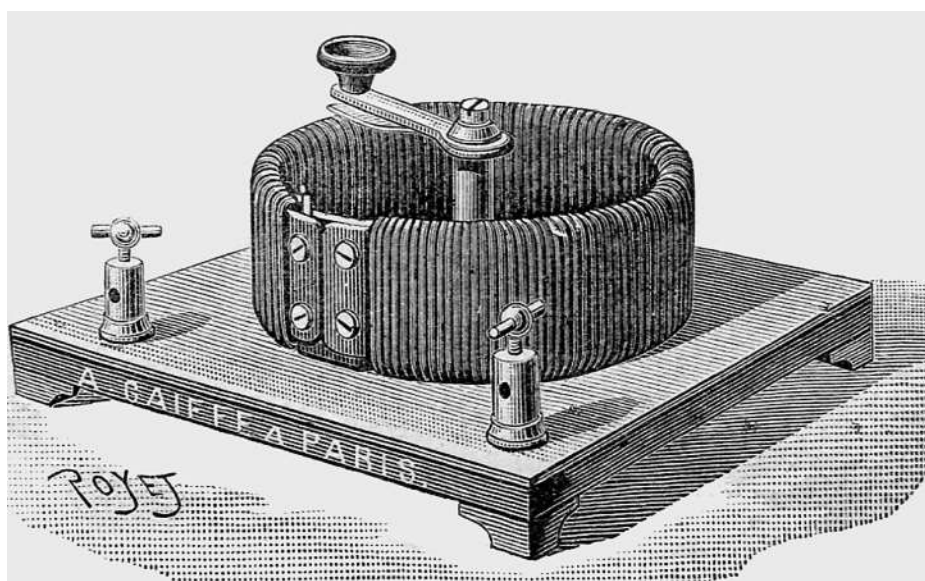


Bild 8. (b) Kurbelwiderstand, Modell „Gaiffe“ [8].

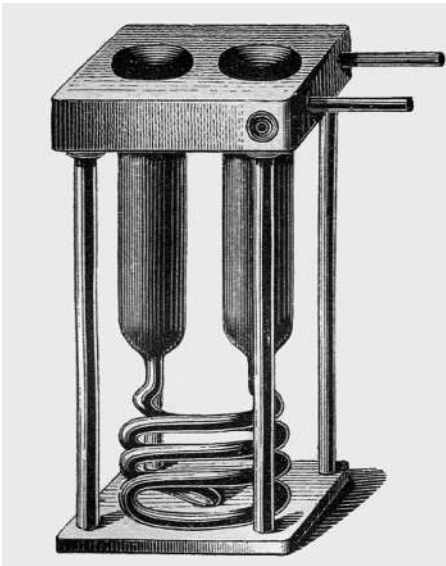


Bild 9. Spiralröhre aus Glas für Widerstands-Etalons von Siemens, ab 1850. Bild aus [5].

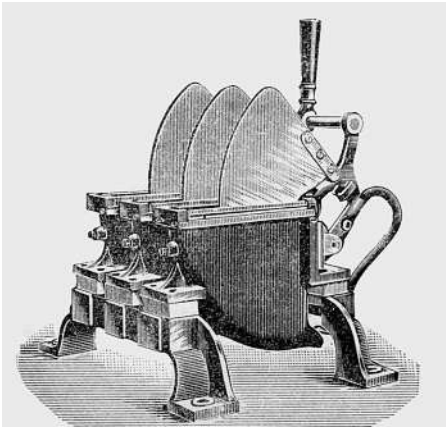


Bild 10. Einstellbarer Flüssigkeitswiderstand mit schwacher Sodalösung, vor 1900 [7], als dreiphasiger Anlasswiderstand für Elektromotoren.

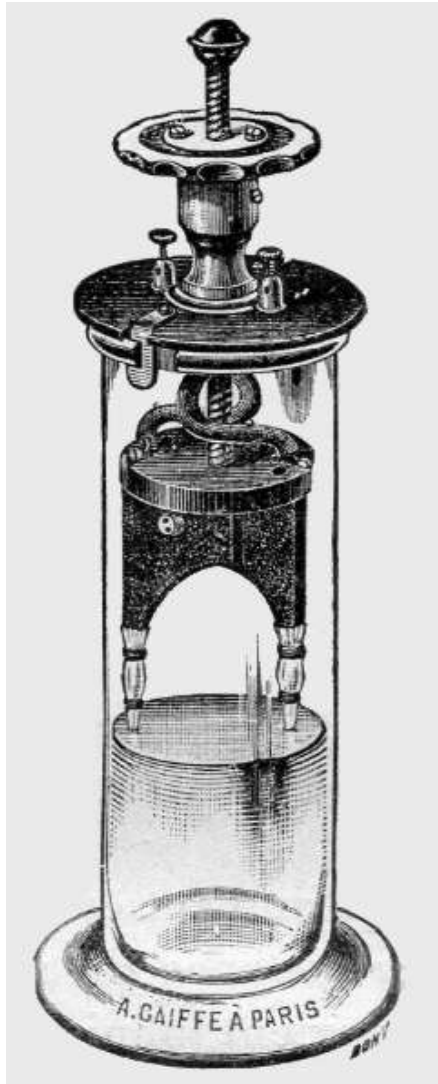


Bild 11. (a) Flüssigkeitswiderstand von Bergonié [8], einstellbar durch Verändern der Tauchtiefe.

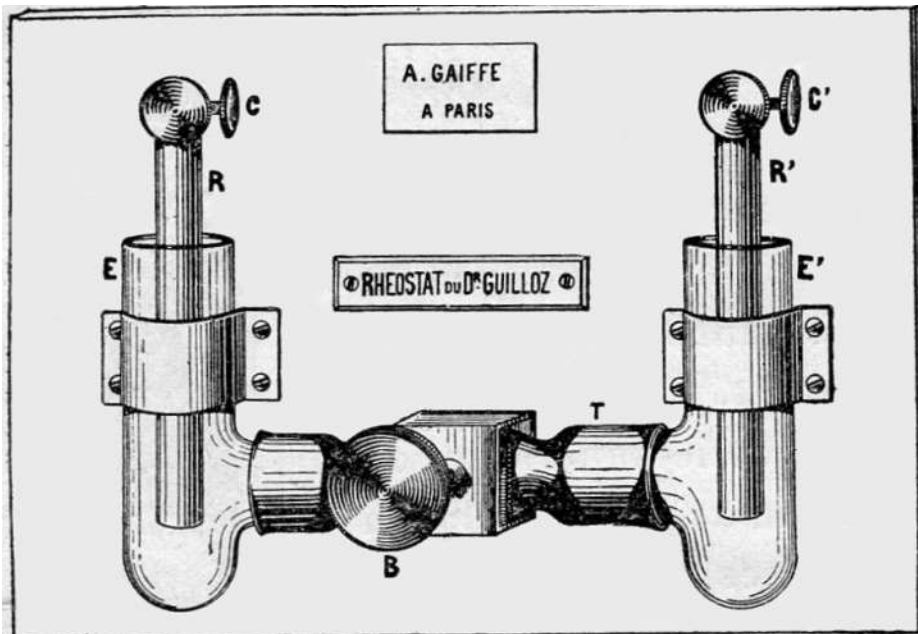


Bild 11. (b) Flüssigkeitswiderstand nach Guilloz, Einstellung über Ventil [8]. Vor 1913.

WALTER NERNST brauchte für seine Nernst-Lampen eine Strombegrenzung und erfand diesen ersten PTC-Widerstand im Jahre 1899 [18]. Sein US-Patent blieb in Deutschland wohl unbemerkt, denn 1905 meldete die Physikalisch-Technisches Laboratorium G.m.b.H. in Meiningen ebenfalls „In luftleere oder mit indifferenten Gasen gefüllte Röhren eingeschlossener Drahtwiderstand aus Material mit hohem Temperaturkoeffizienten“ zum Patent an. Dieses Patent wurde 1906 [19] erteilt, aber am 11.12.1911 für nichtig erklärt.

Da die Nernst-Lampen mit dem Aufkommen der Metalldrahtlampen an Bedeutung verloren, wurde auch der Eisenwasserstoffwiderstand vorübergehend bedeutungslos. Mit dem Aufkommen der Verstärkeröhren ab 1914 wurde er aber wieder zur Heizstromregulierung eingesetzt und bis in die 1950er-Jahre mit großem Erfolg als Stromregler verwendet.

Auch Glühlampen wurden für verschiedene Zwecke als Widerstand eingesetzt. Bild 15 zeigt eine Glühlampe als Vorschaltwiderstand zum Laden von Akkumulatoren aus dem Gleichspannungsnetz.

Zusammengesetzte Widerstandsmassen

In der Zeit um das Jahr 1900 war die Anwendung für elektrische Heizkörper wichtig, insbesondere für die aufkommenden elektrischen Küchengeräte. Dafür wurden verschiedene Widerstandsmassen und -formen entwickelt, von denen einige hier aufgezählt werden:

- Nicht aus Draht, aber aus einer Metallschicht auf Papier bestanden Heizwiderstände der Fa. Siemens, die 1894 patentiert wurden (Bild 16).
- Widerstand vorzugsweise für Heizzwecke, aus verkohltem Fasermaterial, Metalloxid und Bindemittel von D.C. Voss in der Fa. Henry Hastings, Boston, 1896 (Bild 17).
- Die Widerstandsmasse nach Louis PARVILLÉE, Paris, 1896 [12] bestand aus der „Vermengung eines Metallpulvers mit Fremdkörpern, wie Quarz, Kaolin, Thon, Feldspath und dergl. unter Hinzufügung eines Flußmittels, welches Gemenge geschmolzen, gemahlen, gepreßt und gebrannt wird“.
- Die Firma W.C. Haereus in Hanau patentierte im Jahr 1898 folgendes

Verfahren zur Herstellung von elektrischem Widerstandsmaterial [13]: ein Gemenge aus Platin oder Platinsalzen und kieselsäurehaltigen Stoffen, das bis zum Schmelzen erhitzt wurde.

- Die Chemisch-Elektrische Fabrik „Prometheus“ G.m.b.H. in Frankfurt a.M.-Bockenheim, meldete 1904 das „Verfahren zur Herstellung elektrischer Widerstandskörper aus Siliziumkarbid, Borkarbid o.dgl.“ an [16], das das folgende Patent der Fa. Siemens [17] eigentlich schon vorwegnimmt. Diese Widerstände wurden unter der Bezeichnung „Silundum“ von der Firma Prometheus für Heizzwecke auf den Markt gebracht. [2]

- Gebr. Siemens & Co. in Charlottenburg meldeten 1905 das „Verfahren zur Herstellung von geformten festen Körpern aus Siliciumkarbid“ an [17], die eigentlich für Heizzwecke gedacht waren. Die daraus geformten „Silitwiderstände“ oder „Silitstäbe“ wurden in den frühen 1920er-Jahren die Standard-Widerstände für die ersten Radio-Geräte (s.u.).

Widerstände werden Massenware für die Radiotechnik

Bis zum Beginn der 1920er-Jahre wurden nur wenige Widerstände benötigt. Wie schon oben erwähnt, hatten sie gewisse Bedeutung in der Telegrafentechnik, in der Messtechnik oder in der Antriebstechnik als Anlasser und Steller für Motoren. Ebenso gab es Verwendung in der Medizintechnik, insbesondere für die sogenannte „Galvanisation“, bei der Ströme im Milliampere-Bereich mit Widerständen eingestellt wurden. Auch für die seinerzeit neuen elektrischen Koch- und Heizgeräte wurden Widerstände gebraucht.

Mit dem Aufkommen der Radiotechnik zu Anfang der 1920er-Jahre begann sich dieses Bild zu ändern, denn die Zahl der Geräte wurde schnell sehr groß. Das Detektorgerät brauchte zwar keinen Widerstand, wohl aber der etwas komfortablere Audion-Empfänger mit Röhre. Hierfür war ein Gitterableitwiderstand erforderlich, der Werte im Bereich einiger Millionen Ohm (MΩ) haben musste. Solche Widerstände wurden „Hochohmwiderstand“ genannt. Außerdem brauchte man zur genauen Einstellung der Röhrenheizung niederohmige Heizwiderstände.

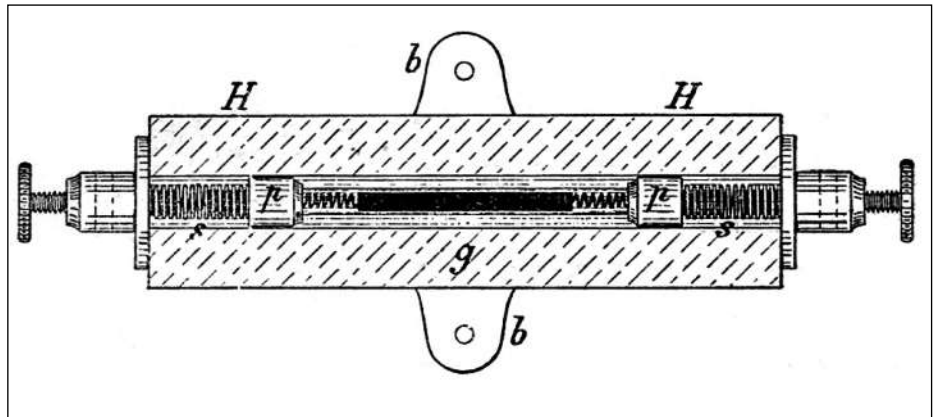


Bild 12. Widerstand mit Graphitpulver 1865, Bild aus [20].

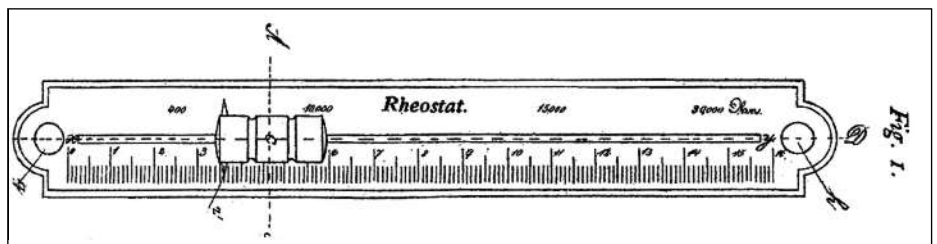


Bild 13. (a) Graphitwiderstand von Reiniger, Gebbert & Schall 1890, Patentzeichnung aus [10],

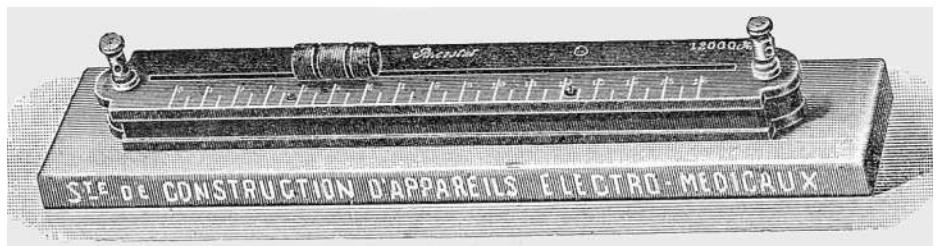


Bild 13. (b) eine französische Bauform davon [8].

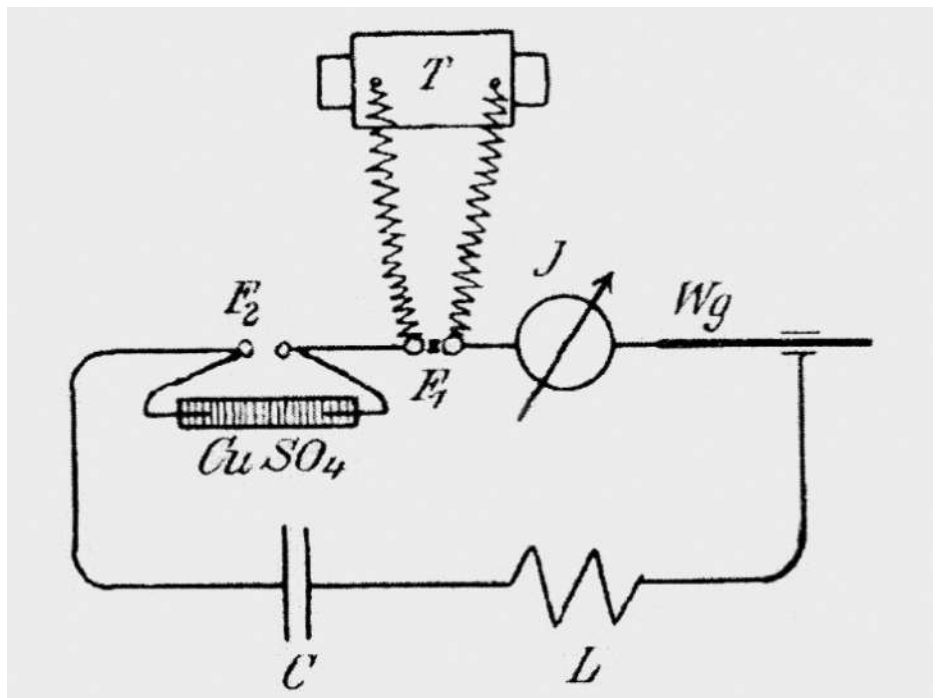


Bild 14. Einstellbarer Graphitwiderstand W_g und Flüssigkeitswiderstand (Röhre mit Kupfervitriollösung von 410 Ω) nach Slaby (1904) in einer Schaltung zur Messung der Abstimmung funken-telegrafischer Sender [9].

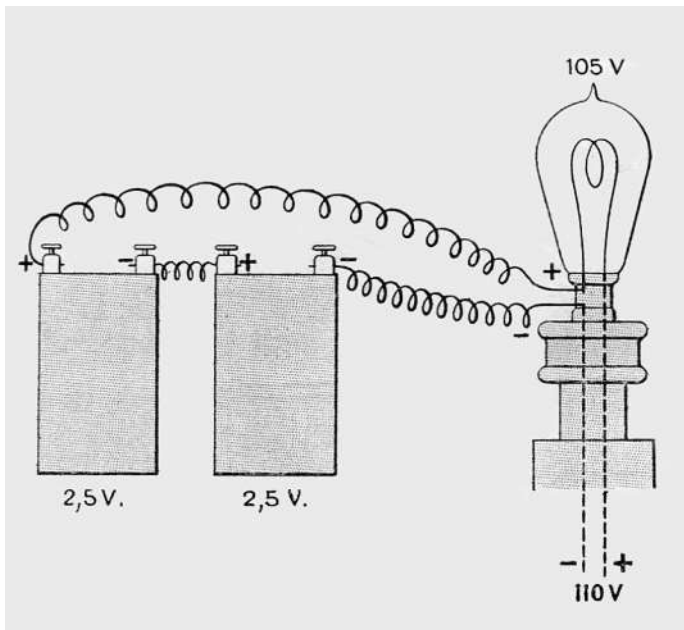


Bild 15. Glühlampe als Vorschaltwiderstand zum Laden von Akkumulatoren aus dem Gleichspannungsnetz [8], vor 1913.

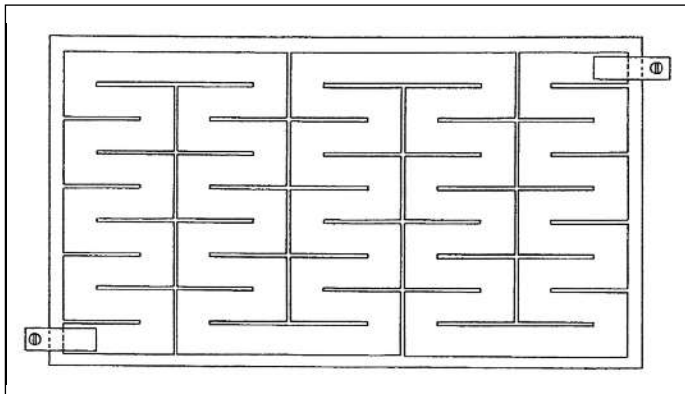


Bild 16. Flächenheizwiderstand mit Metallpapier der Fa. Siemens 1894 [32].

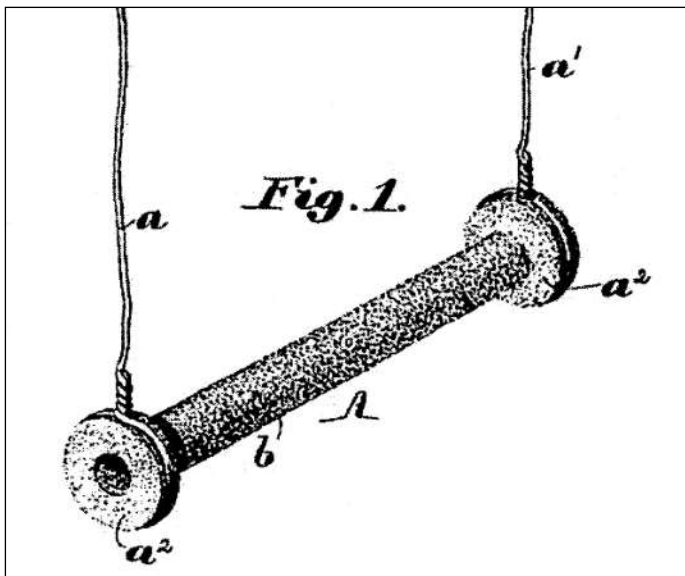


Bild 17. (a) Widerstand von D.C. Voss, Boston, aus Kompositmasse, 1896.

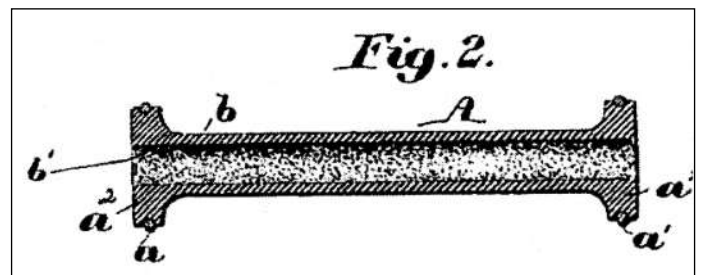


Bild 17. (b) Innenansicht [11].

Widerstände zur Einstellung der Heizung von Verstärkerröhren

Verstärkerröhren waren anfangs höchst empfindliche Gebilde. Insbesondere der Heizstrom musste sehr genau eingestellt werden, um die teuren Röhren vor dem Durchbrennen zu bewahren. In den ersten Geräten noch zu Zeiten des 1. Weltkrieges wurden dazu meist Eisenwasserstoffwiderstände benutzt, die in Serie zum Heizfaden lagen (Bild 18).

Bei den frühen Radiogeräten wurde dieses Problem gelöst, in dem man für jede Röhre einen einstellbaren Heizwiderstand vorsah. Der Gerätebediener beurteilte dann subjektiv an der Helligkeit des Leuchtens der damals offen sichtbaren Röhren die richtige Einstellung. Gängige Röhren der Zeit mit thorierten Heizfäden brauchten eine Heizspannung von etwa 3,5 Volt, solche mit Oxidfäden etwa 2 Volt. Die Differenz zur Spannung der meist verwendeten Heizakkumulatoren von nominal 4 Volt wurde vom einstellbaren Heizwiderstand aufgenommen. Diese Heizwiderstände wurden in großer Stückzahl benötigt und kamen in vielfältigen Konstruktionen auf den Markt. Bild 19 zeigt eine Auswahl solcher Heizwiderstände. Mit dem Aufkommen der mit Barium bedampften Heizfäden ab 1927 wurden die Röhren robuster und konnten auf den Heizwiderstand verzichten.

Hochohmwiderstände

Silitstäbe und ähnliche: In den frühen Radioempfängern wird nur ein hochohmiger Widerstand gebraucht, und zwar der „Gitterableitwiderstand“ in der Audionschaltung. Im Selbstbaubereich wurden dafür z.B. Graphit-Widerstände benutzt. Diese konnte man durch dicke Bleistiftstriche auf Papier selbst herstellen (vergl. Abschnitt über Graphitwiderstände oben). Meistens aber verwendete man einen „Silitwiderstand“. Silit ist gesintertes Siliziumkarbid (vergl. Patent [17] oben) und wurde von der Fa. Siemens in Form von Stäben auf den Markt gebracht. Diese wurden „gegen Feuchtigkeit geschützt und mit Angabe des Widerstandswertes versehen. Sie werden vor und nach der Feuchtigkeitsprobe mit 6 V Spannung gemessen und dürfen nicht mehr als 50 Prozent gegen den angegebenen Wert abweichen“ [30]. Bild 20 zeigt solche Silitstäbe.

Heute weiß man, dass Siliziumkarbid ein Halbleiter ist und somit einen negativen Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes aufweist. Die damit verbundene Abhängigkeit auch von der Spannung ist schon frühzeitig bekannt gewesen. Bild 21 zeigt Messkurven der Spannungsabhängigkeit von Silitwiderständen, die MANFRED VON

ARDENNE in einem Buch über Widerstandsverstärker im Jahre 1926 angegeben hat.

In der frühen Radiotechnik wurden zum Teil auch andere Widerstände benutzt. Die Firma Conradt aus Nürnberg stellte „Ocelit“-Stäbe her [28]. Ocelit war nach [29] eine Mischung aus Kohlenstoff und Silikaten; sie sind also vermutlich den Silitstäben sehr ähnlich.

In [28] werden auch noch „Griffelwiderstände“ erwähnt. Dies sind hochohmige Widerstände, die aus Schiefergriffeln hergestellt wurden, wie sie eigentlich für Schiefertafeln zum Schreibunterricht im Schulgebrauch gedacht waren. Sie sind feuchtigkeitsempfindlich und haben nach Trocknung in der Sonne Widerstandswerte zwischen etwa 2 und 5 M Ω . Ein solcher Griffelwiderstand als veränderlicher Widerstand zum Selbstbau wird in [38] beschrieben. Ein gewöhnlicher Schreibgriffel wird mit zehn Kerben versehen, die mit feinem Draht umwickelt werden und als Anschlüsse für die Abgriffpunkte dienen. Der Gesamtwiderstandswert wird mit 2 M Ω angegeben.

Silitstäbe und ähnliche Konstrukte sind inkonstant, abhängig von Temperatur und Feuchtigkeit und haben (nach heutiger Einschätzung) schlechte Hochfrequenzeigenschaften, aber sie waren die einzigen Widerstandsbauelemente, die in den frühen 1920er-Jahren leicht erhältlich waren.

Erste Verbesserungen

„Moderne“ Widerstände aus der Zeit vor dem Radio sind diese beiden Typen:

JULIUS EDGAR LILIENFELD aus Leipzig war zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein vielseitiger Wissenschaftler und Erfinder, der in der Röntgentechnik bekannt wurde und u.a. auch den ersten, damals nicht realisierbaren Feldeffekttransistor beschrieben hat. Er meldete 1919 einen „Hochohmigen elektrischen Widerstand“ zum Patent an [27], der aus einer „spiralförmigen Schicht innerhalb eines Rohres“ bestehen sollte. Damit war der Widerstand, bestehend aus einer auf einen isolierenden Körper aufgetragenen dünnen Widerstandsschicht mit spiralförmigen Einschnitten beschrieben. Solche Widerstände wurden als „Kosmos-Widerstände“ von der Firma O. Langnaese in Leipzig hergestellt [28].

FRIEDRICH KRÜGER aus Danzig erhielt 1921 ein britisches Patent auf einen Widerstand. Dieser enthielt weitere Merkmale auch moderner Widerstände, nämlich die Erzeugung der Widerstandsschicht durch Kathodenzerstäubung auf einem isolierenden Träger und den helixförmigen Einschnitt zum Abgleich des Widerstandswertes auf einen gewünschten Wert [23].

Verbesserte Widerstände für das Radio

Schon Mitte der 1920er-Jahre wurden die Radiogeräte komfortabler und erhielten zusätzliche Verstärkerstufen, insbesondere um Lautsprecherempfang zu ermöglichen. Anfangs waren diese Stufen durch Transformatoren gekoppelt. Als sich aber die Widerstandskopplung durchsetzte, wuchs der Bedarf an Widerständen stark an. Zudem machten sich in den besser werdenden Geräten die Nachteile der Silitstäbe immer deutlicher bemerkbar. Deshalb kamen neben den Silitstäben weitere WiderstandsbaufORMen auf den Markt, die überwiegend verschiedene Formen von Kohleschichten verwendeten.

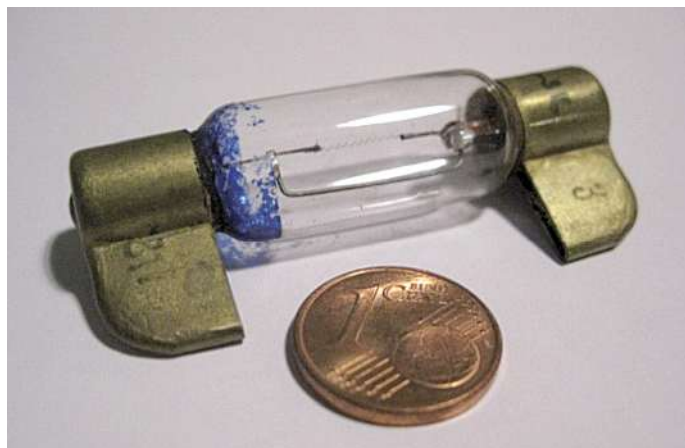


Bild 18. Eisenwasserstoffwiderstand zur Konstanthaltung des Heizstromes von Verstärkerröhren ab 1916, farbcodiert nach Stromstärke. Blau: 0,56A

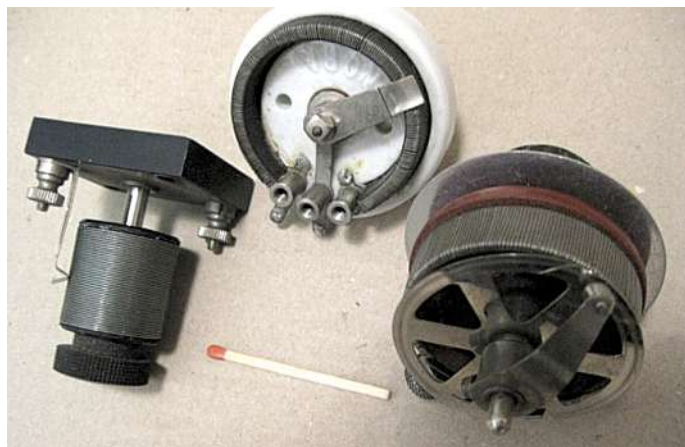


Bild 19. Heizwiderstände um 1925, (a) links Fabrikat Förg, Mitte Nora, rechts französisches Produkt,



Bild 19 (b) mit Feineinstellung, Fabrikat Grünstein.

Bauelemente

Die Firma Loewe stellte Widerstände mit einer Kohleschicht her, die durch Aufspritzen „chinesischer Tusche“ auf ein erhitztes Glasstäbchen hergestellt wurde. Gleichzeitig wurde der Widerstandswert gemessen, so dass der Prozess gesteuert werden konnte [33]. Weil die so entstandene Kohleschicht empfindlich war, wurde das Glasstäbchen in ein evakuiertes Glasröhrchen eingeschlossen. Solche Widerstände wurden entweder mit Anschlusskappen versehen und einzeln verkauft oder direkt in die Mehrfachröhren der gleichen Firma mittels Anschlussdrähten eingebaut.

Andere Hersteller verwendeten mit Tusche getränkte Pappstreifen, wie z.B. der Hersteller Mountford, oder ein Trägerröhrchen, wie z.B. der Hersteller Minko. Auch hierbei muss die empfindliche Widerstandsschicht mit einem Glasröhrchen geschützt werden.

Ein gewisser Fortschritt wurde Mitte der 1920er-Jahre erreicht, nachdem man Widerstandsschichten entwickelte, die so stabil waren, dass sie kein Schutzrohr mehr benötigten. Für diese Widerstände reichte eine schützende Lackschicht aus.

Die Dralowid GmbH, eine Tochterfirma der Steatit-Magnesia A.G., entwickelte leitfähige Lacke, aus denen eine kohlenstoffbasierte Widerstandsschicht gebildet werden kann [34]. Diese lassen sich mittels Wendelschliff abgleichen und mit Schutzlack versehen. Sie wurden als „Dralowid“-Widerstände angeboten. Das Kunstwort „Dralowid“ soll andeuten, dass es sich um drahtlose, d.h. induktionsarme Widerstände handelt.

Siemens patentierte 1925 ein Verfahren [34], nach dem Widerstandsschichten aus harter Kohle auf einen

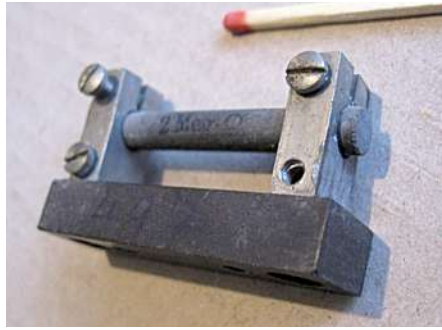


Bild 20. Silitstäbe mit Halter, (a) 2 MΩ,

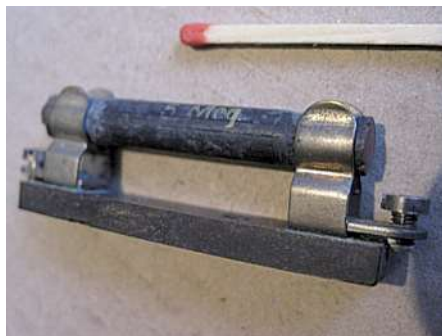


Bild 20 (b) 5 MΩ.

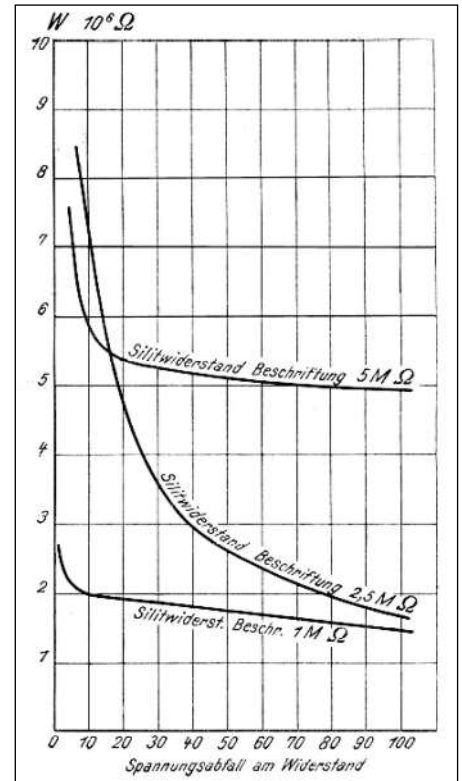


Bild 21. (a) Spannungsabhängigkeit von Silitwiderständen nach M.v. Ardenne 1926 [31].

b) Silitwiderstände von Gebr. Siemens in Berlin-Lichtenberg.

Widerstand:		Dimensionen:	
100	Ohm bis 15 · 10 ⁶ Ohm	6	× 43 mm
10	„ „ 3000 „	10	× 135 „
0,4	„ „ 15 „	14	× 135 „
100	„ „ 1000 „	18	× 40 „
0,02	„ „ 1 10 ⁶ „	18	× 100 „
0,02	„ „ 1 10 ⁶ „	mit Metallkappen	
1	„ bis 10 ⁶ „	18	× 150 mm mit Metallkappen
5	„ „ 10000 „	19	× 150 „
5	„ „ 5000 „	25	× 250 „
2000	„ „ 4000 „	30/8	× 65 „
500	„ „ 1000 „	30/8	× 165 „
5	„ „ 10 ⁶ „	30/8	× 300 „
		30/8	× 500 „

Bild 21. (b) handelsübliche Widerstände aus Silit der Fa. Siemens [22].

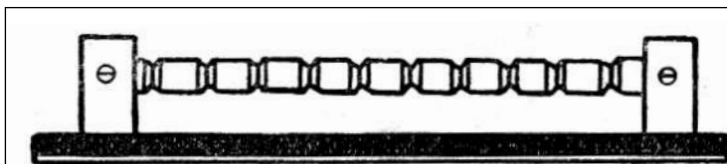


Abb. 127. Der zwischen zwei Holzblöckchen eingespannte Griffel mit den Kerben.

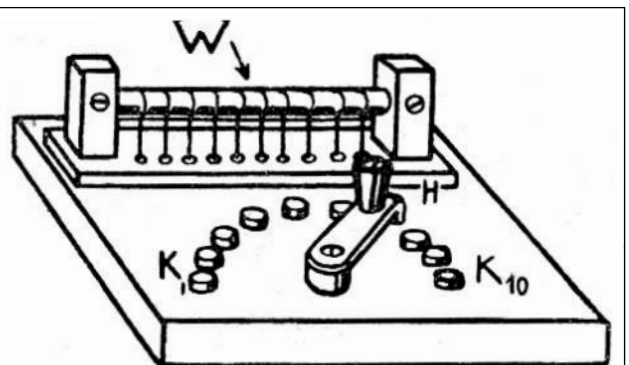


Abb. 126. Veränderlicher Hochohmwiderstand.

Bild 22. „Griffelwiderstand“ als veränderlicher Hochohmwiderstand [38].

feuerfesten Träger aufgebracht werden können. Dabei wird in einem Reaktorgefäß aus einer gasförmigen Kohlenstoffverbindung die Kohle auf den erhitzten Widerstandsträger niedergeschlagen. Konzentration der Kohlenstoffverbindung und Dauer des Verfahrens bestimmten den Widerstandswert. Die so erhaltenen Widerstände können noch mittels wendelförmigem Einschleifen auf einen bestimmten Wert abgeglichen und abschließend mit einem Schutzlack versehen werden. Dabei steht die graue Farbe für den normalen und die rote Farbe für den höher belastbaren Widerstand [35]. Diese Widerstände wurden als „Karboid“-Widerstände verkauft.

Der Wendelschliff bedeutet, dass der Schichtwiderstand ähnlich wie die gewickelten Drahtwiderstände einen induktiven Widerstandsanteil enthält. Um dem abzuwehren, wurden auch induktionsarme Schliffformen entwickelt, von denen der Mänderschliff eine gewisse Bedeutung erlangt hat.

Widerstände waren in den 1920er-Jahren vergleichsweise teure Bauelemente (etwa 50 Pfennig bis 1 Reichsmark) und wurden einzeln in Schächtelchen verpackt und verkauft (Bild 27).

In den 1920er-Jahren war die Herstellung von Lötverbindungen für den Bastler schwierig bis unmöglich. Bild 28 zeigt Lötwerkzeuge aus der Zeit. Ein elektrischer LötKolben war nahezu unerschwinglich. Daher wurden die Widerstände mit Anschlusskappen angeboten. Solche Widerstände lassen sich in Widerstandshalter einklemmen, so dass der Bastler nicht löten muss. Aber auch die Geräteindustrie verwendete zum Teil eine Aufbautechnik mit Klemmfassungen.

In den 1930er-Jahren setzte sich die Lötverbindung durch. Widerstände wurden jetzt mit Anschlussdrähten zum Einlöten in die Schaltung angeboten. Diese Widerstände sind für Geräte mit freier Verdrahtung und Lötverbindungen konzipiert. Manche der Widerstände waren aber so konstruiert, dass sie auch in Halter eingeklemmt werden konnten, wie z.B. die Widerstände der Hersteller Sator, Wego und Dubilier.

Diese Widerstandsformen wurden im Wesentlichen beibehalten. Verbesserungen betrafen die Art der Anschlüsse und die Herstellungstechnik.



Bild 23. „Kosmos-Widerstand“ nach Lilienfeld, DRP 328634, 1919.

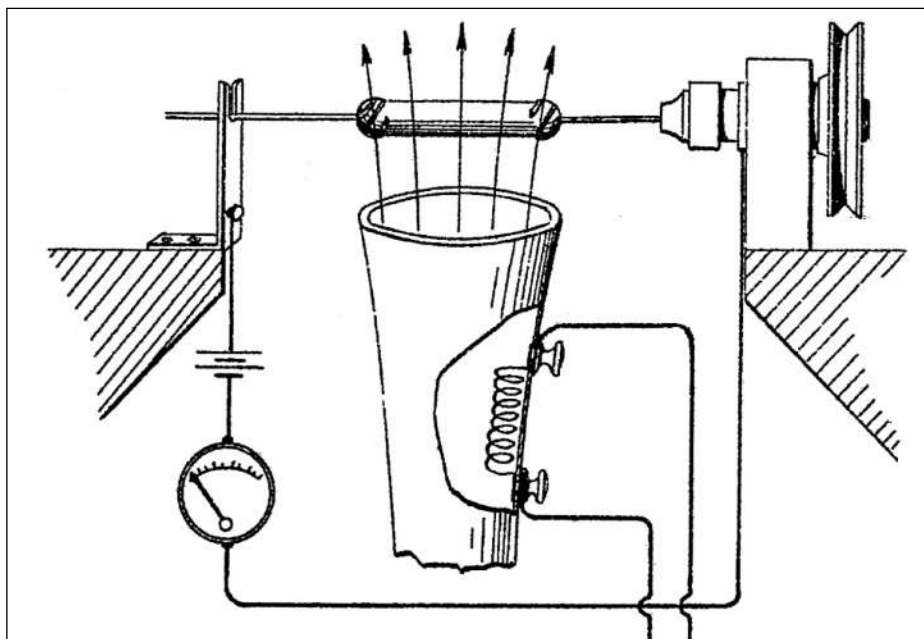


Bild 24. Glaswiderstände mit Kohleschicht der Fa. Loewe. (a) Verfahren nach der Patentschrift 1924 [33],

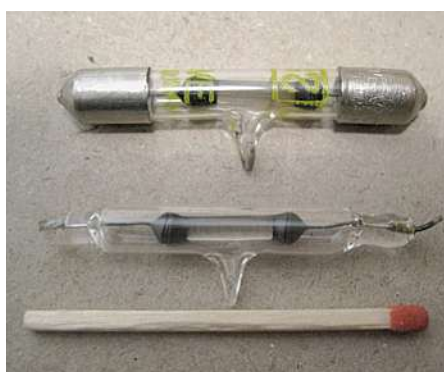


Bild 24. (b) oben Widerstand 2,5 MΩ mit Anschlusskappen, unten mit Anschlussdrähten zum Einbau in die Mehrfachröhre 3NF.



Bild 25. Weitere frühe Kohleschichtwiderstände. Oben Fabrikat Minkowid, 1MΩ, unten Fabrikat Mountford, 7 MΩ.

Bauelemente



Bild 26. Mänderschleiff zur Verringerung der Induktivität von eingeschliffenen Schichtwiderständen [35].



Bild 27. Widerstände der 2. Hälfte der 1920er-Jahre in der Verkaufsverpackung.

LÖTE
elektrisch nur mit
ERSA

Geschenkgarnitur
Mark **11.40** | Mark **13.80**
50 Watt | 100 Watt
Verlangen Sie gratis
neue Liste Nr. 11

Ernst Sachs
Spezialfabrik elektr. LötKolben
Berlin-Lichterfelde-West 51

Bild 28. b

No. **2592** **Lötgarnitur „Rapid“**, enthaltend 1 LötKolben, 1 Stück „Tinöl“, 1 Salmiakstein, 1 Schraubenzieher Gewicht des Kartons 0,1 kg Stück **0.80**

Bild 28. Wenn es auch in den späten 1920er-Jahren schon elektrische LötKolben für Radiobastler (b) gab [36], so war der Standard doch noch wie im Bild (a) [37]. Die Hitze lieferte dazu eine Kerze, ein Spiritusbrenner oder der Gasherd.



Bild 29. Beispiele für Widerstände verschiedener Hersteller zum Einklemmen in Widerstandshalter, 2. Hälfte der 1920er-Jahre (a), und Widerstandshalter mit Schraubanschlüssen (b).



Bild 29b



Bild 30. Verschiedene Widerstände mit Anschlussdrähten zum Einlöten ab ca. 1930.

In den USA allerdings waren vorwiegend die sogenannten „Massewiderstände“ im Gebrauch. Bei diesen wurde die ebenfalls kohlebasierte Widerstandsmasse zusammen mit den Anschlussdrähten zu einem Körper verpresst. Der Widerstandswert hing dabei von der Zusammensetzung der Masse ab. Bild 31 zeigt die prinzipielle Konstruktion von Massewiderständen und eine Reihe amerikanischer Produkte aus den 1940er-Jahren, deren Werte bereits durch Farbkodierung angegeben sind.

Bild 32 zeigt den typischen Aufbau eines Kohleschichtwiderstandes ab 1960. Man beginnt mit dem keramischen Trägerkörper, es folgt die Beschichtung, die Anschlusskappen mit axialen Drähten, der evtl. erforderliche wendelförmige Einschliff und schließlich die Schutzlackierung mit der Farbkennzeichnung.

Manchmal sind die Anforderungen an die Isolation der Widerstände so hoch, dass der Schutzlack nicht ausreicht. Dann werden vollisolierte Widerstände verwendet. Diese sind ebenfalls Schichtwiderstände, bei denen die Widerstandsschicht auf ein feines Glasröhrchen aufgebracht wird. Die mit einem eingepressten Kragen versehenen Anschlussdrähte werden in das Röhrchen eingeschoben und das Ganze mit Isoliermasse umpresst (Bild 33).

Bei neueren Widerständen ist die Kohleschicht meistens durch eine metallbasierte Schicht ersetzt, die eine Metallschicht, eine Metallglasurschicht oder eine Metalloxidschicht sein kann.

Ebenfalls ab etwa 1960 wurde die freie Verdrahtung der Geräte allmählich von gedruckten Schaltungen abgelöst. Dazu mussten die Anschlussdrähte im rechten Winkel abgebogen und in vorgebohrte Löcher der Platine eingesetzt werden. Dies geschah zunächst von Hand, dann aber zunehmend mit Automaten (Bild 34).

Um die Packungsdichte, d.h. die Zahl der Widerstände bezogen auf die Platinenfläche, zu erhöhen, wurden in den 1970er-Jahren vorübergehend Widerstände für Vertikalmontage eingeführt. Das heute bevorzugte Verfahren zur Erhöhung dieser Dichte ist die Oberflächenmontage. Dabei werden die Widerstände (und auch die anderen Bauelemente) nicht mehr mit Anschlussdrähten versehen, sondern

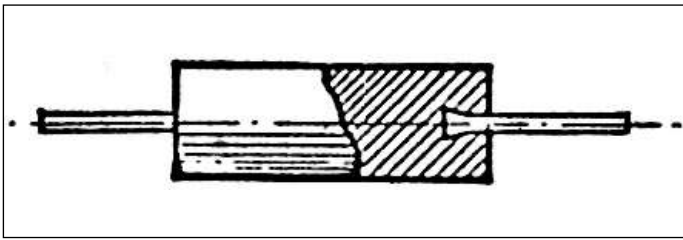


Bild 31. Massewiderstände: (a) prinzipielle Konstruktion [35],

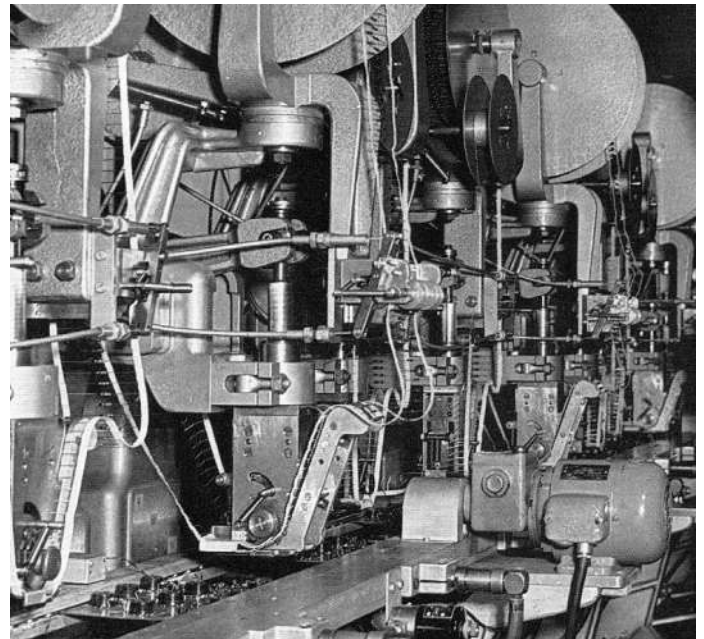


Bild 34. Bestückungsautomat für Platinen bei Grundig, ca. 1961 [41].

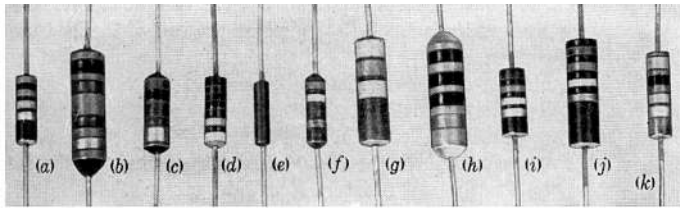


FIG. 2-3.—Typical half-watt insulated resistors: (a) Allen-Bradley EB; (b) Continental C- $\frac{1}{2}$; (c) Continental C- $\frac{1}{2}$; (d) Erie 524; (e) IRC BTR; (f) IRC BTS; (g) IRC BT- $\frac{1}{2}$; (h) Ohio P; (i) Speer SI- $\frac{1}{2}$; (j) Speer SCI- $\frac{1}{2}$; (k) Stackpole CM- $\frac{1}{2}$.

(b) Produkte aus den USA, 1940er-Jahre [39].

direkt mit den Anschlusskappen in die gedruckte Schaltplatine eingelötet. Diese Widerstände, heute meist Metallschichtwiderstände, sind so klein, dass sie sinnvoll nur mit Automaten montiert werden können. Das Bild 35 zeigt Widerstände aus den 1990er-Jahren. Diese Widerstände können heute noch viel kleiner sein. Aber der Bastler sei getröstet: Bedrahtete Widerstände gibt es immer noch!



Bild 32. Werdegang eines Kohleschichtwiderstandes, ca. 1970er-Jahre.

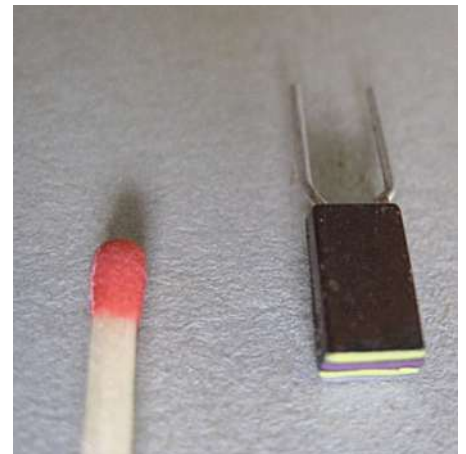


Bild 35. (a) Widerstand für Vertikalmontage, ca. 1970,

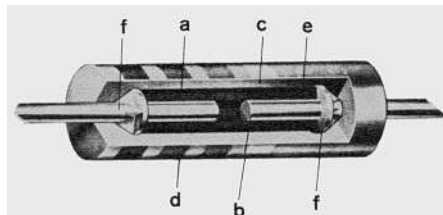


Bild 33. Vollisolierter Schichtwiderstand (a), Bild aus [40],



(b) die Einzelteile und ein mittig angeschliffener Widerstand.



(b) Widerstände für Oberflächenmontage, ca. 1990.

Autor:
Joachim Goerth
21335 Lüneburg

Literatur:

- [1] Schellen, H.: Der elektromagnetische Telegraph, Vieweg, Braunschweig 1870.
- [2] Holz, A.: Schule des Elektrotechnikers, Band 1, 1896.
- [3] Physikalisch-Technische Bundesanstalt, www.ptb.de.
- [4] Zetsche, K. E.: Kurzer Abriss der Geschichte der elektrischen Telegraphie, Julius Springer, Berlin 1874.
- [5] Wiedemann, G.: Die Lehre vom Galvanismus, 2. Aufl., erster Band, Vieweg, Braunschweig 1874.
- [6] Feussner, K.: Neue Materialien für elektrische Messwiderstände, in: Bericht über die Verhandlungen des internationalen Electrotechniker-Congresses zu Frankfurt am Main vom 7. bis 12. September 1891, Verlag von Johannes Alt, Frankfurt am Main 1892.
- [7] Grünwald, F. (Hrsg.): Der Bau, Betrieb und die Reparaturen der Elektrischen Beleuchtungsanlagen, 8. Auflage, Wilhelm Knapp, Halle a. S. 1900.
- [8] Lermoyez, M.: Notions Pratiques D'Electricité a l'Usage des Mediciens, Masson & Cie Editeurs, Paris 1913.
- [9] Slaby, A.: Die Abstimmung funkentelegraphischer Sender, dritte Mitteilung, ETZ 1904 Heft 43, S. 915ff.
- [10] DRP 56943 Reiniger, Gebbert & Schall: Graphitwiderstand, 10.06.1891, Priorität vom 25.09.1890.
- [11] Voss, D. C., Massachusetts: Electrical Resistance Device, US-Patent 573558 vom 22.12.1896, Priorität vom 16.03.1896.
- [12] Parvillée, L., Paris: Herstellung einer Masse für elektrische Widerstände, DRP 94293 vom 02.10.1897, Priorität vom 01.12.1896.
- [13] DRP 110634, Fa. W.C. Haereus in Hanau, Verfahren zur Herstellung von elektrischem Widerstandsmaterial, vom 30.03.1900, Priorität vom 01.09.1898.
- [14] DRP 109068, Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin, Verfahren zur Herstellung elektrischer Widerstände oder Heizkörper zum Anregen von Leuchtkörpern aus Leitern zweiter Klasse, vom 05.02.1900, Priorität vom 05.04.1899.
- [15] Hopfelt, R., Berlin: Elektrischer Widerstand, DRP 151959 vom 27.05.1904, Priorität vom 29.06.1901.
- [16] DRP 174637, Chemisch-Elektrische Fabrik „Prometheus“ G.m.b.H. in Frankfurt a.M.-Bockenheim: Verfahren zur Herstellung elektrischer Widerstandskörper aus Siliziumkarbid, Borkarbid o.dgl. vom 01.08.1906, Priorität vom 21.02.1904.
- [17] DRP 176001, Gebr. Siemens & Co. in Charlottenburg, Verfahren zur Herstellung von geformten festen Körpern aus Siliciumkarbid vom 03.09.1906, Priorität vom 04.01.1905.
- [18] Nernst, W.: Ballast Device for Electric Glower-Lamps, US Patent 685731 vom 29.10.1901, Priorität vom 29.09.1899 (Fa. Westinghouse).
- [19] DRP 1172164, Physikalisch-technisches Laboratorium G.m.b.H. in Meiningen: In luftleere oder mit indifferenten Gasen gefüllte Röhren eingeschlossener Drahtwiderstand aus Material mit hohem Temperaturkoeffizienten. (Eisenwasserstoffwiderstand) vom 12.06.1906, Priorität vom 03.02.1905. Für nichtig erklärt 11.12.1911.
- [20] Grawinkel, C., Strecker, K.: Die Telegraphentechnik, 3. Auflage, Julius Springer, Berlin 1893.
- [21] Lilienfeld, J. E., Leipzig: „Hochohmiger elektrischer Widerstand“, DRP 328634, Priorität 06.07.1919, ausgegeben 30.10.1920.
- [22] Nesper, E.: Der Radio-Amateur, 6. Aufl., Berlin 1925.
- [23] Krüger, F., Danzig: „High Ohmic Resistance“, Brit. Patent GB157909, Priorität 27.11.1919, ausg. 29.09.1921.
- [24] Chaperon: Comptes rendus 1889, S. 799.
- [25] Palm, A.: Elektrische Meßgeräte und Meßeinrichtungen, 4. Aufl., Berlin 1963.
- [26] Banneitz, F.: Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Berlin 1927.
- [27] Widerstand nach J.E. Lilienfeld, DRP 328634, 1919.
- [28] Nesper, E.: der Radio-Amateur, 6. Aufl., Verlag Julius Springer, Berlin 1925.
- [29] Günther, H., Richter, H.: Lexikon der Funktechnik, Franck'sche Verlagshandlung Stuttgart, 1943.
- [30] Krüger, R.: Störungen an Radio-Apparaten, 3. Aufl., Verlag Richard Carl Schmidt, Berlin 1926.
- [31] v. Ardenne, M.: Der Bau von Widerstandsverstärkern, Verlag Richard Carl Schmidt & Co, Berlin 1926.
- [32] DRP 77262 Siemens & Halske in Berlin, Heizkörper aus Metallpapier, 25.09.1894, 09.03.1894.
- [33] DRP 493325 Dr. Siegmund Loewe in Berlin, Verfahren zur Herstellung hochohmiger Widerstände, insbesondere mittels chinesischer Tusche, 10.03.1930, 07.11.1924.
- [34] DRP 459553 Siemens & Halske AG, hochohmiger elektrischer Widerstand, 05.05.1925, 08.05.1928.
- [35] Nottebrock, H.: Bauelemente der Nachrichtentechnik, Teil II Widerstände, Fachverlag Schiele & Schön, Berlin 1949.
- [36] Werbung aus der Zeitschrift „Die Sendung“, Jahrgang 1928.
- [37] Werkzeugkatalog der Fa. Bonum, Langenberg/Rheinland, o. J. ca. 1934.
- [38] Günther, H. und Vatter, H.: Bastelbuch für Radioamateure, Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1925.
- [39] Blackburn, J. F.: Components Handbook, Mc Graw-Hill, New York 1949.
- [40] Datenbuch der Fa. Vitrohm 1982.
- [41] Bild aus: W. Sparbier: Elektronik für den Fortschritt, Valvo GmbH, Hamburg 1962.

Röhrenprüfgeräte aus Weida

Thomas Nickel beschreibt den weiten Weg vom W18 zum W18N

Nach der Flucht Max Funkes in den Westen gab es im geteilten Deutschland auf einmal zwei Unternehmen, die die populären Röhrenprüfgeräte (RPG) herstellten. Es dauerte nicht lange, bis die Entwicklungslinien der beiden Firmen in West und Ost auseinanderliefen.

Im Juli 1951 flüchtete MAX FUNKE, Besitzer der seinerzeit bekanntesten Herstellerbetriebs von Röhrenprüfgeräten, aus Weida/Thüringen, „in den Westen“. Bereits 1952 begann er in Adenau (eine kleine Stadt in der Eifel) mit der Produktion des bekannten Röhrenprüfgerätes W19, 1953 folgte das Labor-Röhrenmessgerät W20 [1]. Wie ging es aber mit seiner ehemaligen Firma in Weida weiter? Aus „Max Funke Meßgerätebau“ wurde „VEB (K) Röhrenprüfgerätebau Weida“. Das dort 1947 aufgelegte RPG W18 (Bild 1) [2] wurde noch einige Jahre weiterproduziert. Für neue Röhren wurden Prüfkarten, Adapter und Umbauanleitungen erstellt [3]. Übrigens brachte MAX FUNKE in Adenau ebenfalls neue W18-Prüfkarten heraus, stiftete allerdings dabei Verwirrung, weil er seine Karten auf die teilweise unterschiedliche W19-Karten-Nummerierung umstellte [4].

Neue Anforderungen wegen neuer Röhren

Für die Typen W18 und W19 wurde ein Problem immer dringlicher: Etliche moderne Mehrfachröhren ließen sich nicht ohne weiteres prüfen, weil einige Sockelkontakte in diesen Geräten fest verdrahtet sind (z.B. liegt Pin 7 der Novalfassung fest an Kathode). Bei Neuberger war man vorausschauender und hat ab 1949 in alle RPGs eine Schaltmatrix eingebaut, über die 10 Fassungsanschlüsse beliebig schaltbar waren. Dadurch blieb Neuberger von derartigen Problemen bis zum Ende des Herstellungszeitraumes verschont. Funke löste das Problem etwa 1953 auf seine Art: Er änderte kurzerhand die Funktion von vier Coderbuchsen in der laufenden W19-Serie, um Pin 7 auf die Spannungen

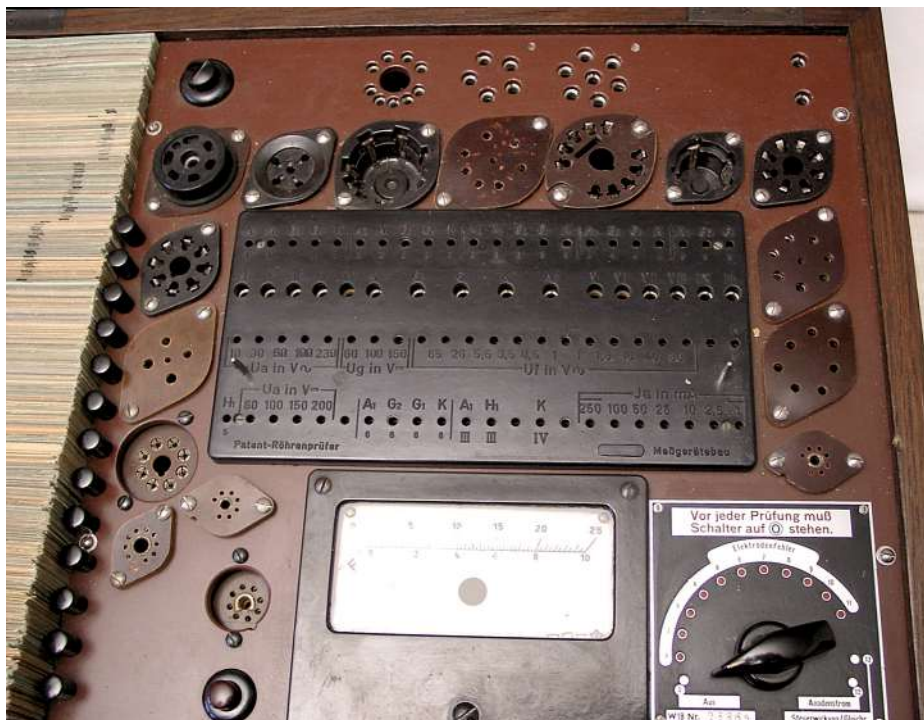


Bild 1. W18, Deck- und Bedienplatte.



Bild 2. W18K.

für Kathode, Anode, Gitter 1 oder Gitter 2 umschalten zu können. Die Dokumentation war allerdings nachlässig; in der Bedienungsanleitung von 1965 findet man noch das alte Schaltbild von 1951. Kunden wunderten sich dann, dass neue Karten u.U. auf ihren alten Geräten nicht funktionierten.

In Weida ging man das Umschaltproblem später, aber umfassender an: In eine kleine W18-Serie wurde 1955/56 anstelle des bisherigen Schaltfeldes eine Matrix aus 8 X 14 Buchsen eingebaut (Bild 2). Nun standen 72 statt der bisherigen 28 Pins für die Umschaltung von Sockelanschlüssen zur Verfügung. Dies bedeutete, dass neun Pins beliebig auf acht Quellen umgesteckt werden konnten. Die Heizspannungen unter 2 V wurden geringfügig geändert [5]. Dem Verfasser sind vier derartige Exemplare bekannt. Deren Seriennummern liegen im engen Bereich zwischen 23929 und 24031. Die Aktion wurde jedoch nur halbherzig durchgeführt: Die neue Matrixplatte wurde nicht beschriftet, die W18-Typenschilder erhielten keinen Zusatz, und die bereits gedruckten normalen W18-Karten wurden lediglich anders gelocht. In späteren Unterlagen wurden diese Geräte als „W18K“ bezeichnet.

Funke hatte die Heizspannungen stets fest verdrahtet und musste z.B. im W18/19 wegen unterschiedlicher Belegung mehrere Oktalfassungen einbauen. Pfeile auf der Prüfkarte zeigten an, wo der Anwender die Röhre einzustecken hatte. Ein Vorteil der neuen W18K-Matrix war, dass jeder Sockel nur einmal eingebaut werden musste, da jetzt auch die Heizungs-Pins zu stecken waren. Die Karten-Pfeile auf den alten Druckvorlagen waren auf Grund des geänderten Frontplattenlayouts nun allerdings falsch.

Erste Kehrtwendung in Weida

1958 kam dann aus Weida die große Überraschung - das völlig anders funktionierende „RPG W26“ (Bilder 3 bis 6)! Neue Zielsetzung war es, Röhren gemäß Datenblatt zu prüfen. Statt des Tests bei 0 Volt Steuergitterspannung gab es nun für die Emissionsprüfung eine zwischen 0 und 30 V einstellbare Gleichspannung. Der Gleichrichter für Anoden- und Schirmgitterspannung wurde wegrationalisiert, da die zu prüfende Röhre



Bild 3. W26.



Bild 4. W26. Links oben befindet sich das 2. Instrument für den Netzspannungsabgleich.

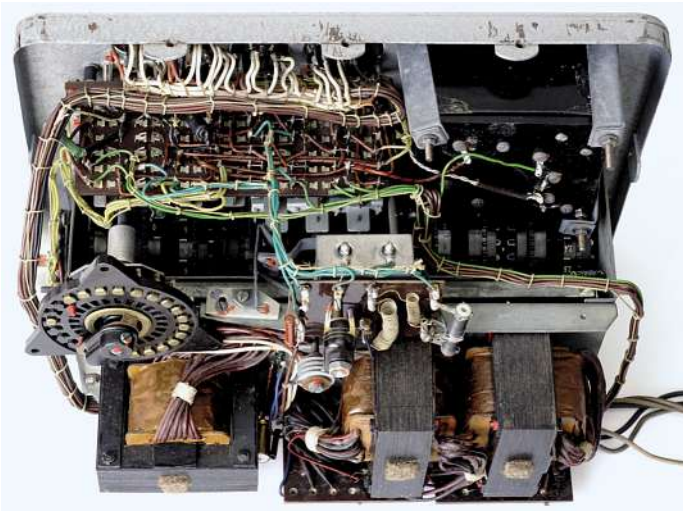


Bild 5. W26, Innenansicht.

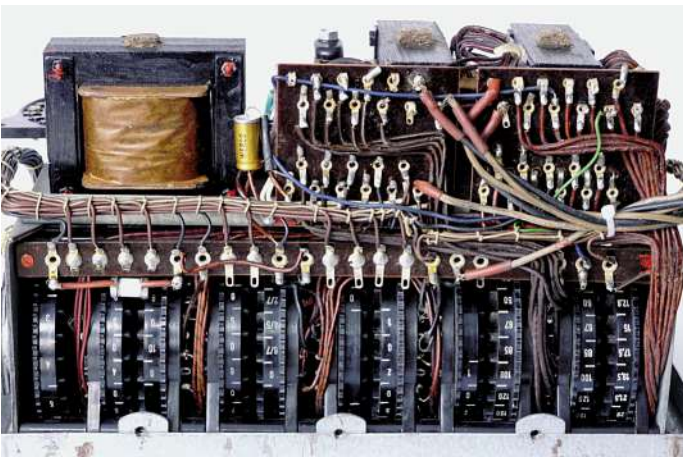


Bild 6. W26, Innenansicht von unten.

Vorläufige Bedienungsanleitung für Service-Röhrenprüfgerät Modell W 26

Grundsätzliches zu dem Begriff „Prüfen von Empfänger-Röhren“

Das Problem der einwandfreien Prüfung von Empfänger-Röhren ist so alt wie der Rundfunk selbst. Mit allen handelsüblichen und zugleich im Preis annehmbaren Röhrenprüfgeräten konnten nur Röhren mit verschiedenen Kompromißverfahren geprüft werden. So wurden z. B. mit unserem früheren Prüfgerät W 18, der Anodenstrom von Empfänger-Röhren bei Gitterspannung „0“ gemessen. In demselben Gerät erfolgte die Prüfung der Empfänger-Röhren nur mit 4 verschiedenen positiven Anoden- oder Schirmgitterspannungen. Die Prüfung von Empfänger-Röhren muß grundsätzlich mit **Betriebsdaten** erfolgen. In jeder ausführlichen Röhrentabelle kann man erkennen, daß es Mittelwerte und Einstellwerte gibt. Bei einer EC 32 ist z. B. die Heizspannung, die Anodenspannung und der Anodenstrom, ein Einstellwert, dagegen der Heizstrom, die negative Gitterspannung, ein Mittelwert. Bei Pentoden, Hexoden usw. werden

Positive Gitterspannungen (g2 g4) Einstellwerte,
Positive Gitterströme (g2 g4) Mittelwerte.

Daraus ist zu erkennen, daß es unzulässig ist, Empfänger-Röhren mit Gitterspannung „0“, einer Anodenspannung von z. B. 200 V und dem dabei angezeigten Anodenstrom, zu prüfen, wenn in Wirklichkeit eine Einstellanodenspannung von 250 V und ein bestimmter Anodenstrom vorgeschrieben ist.

Bild 7. Auszug aus der W26-Bedienungsanleitung.

selbst als Gleichrichter arbeitet. Um den Anodenstrom zu messen, ist ein Spitzenwertgleichrichter zum Erfassen des Sinushalbwellen-Spitzenwertes erforderlich. Die britische Firma AVO hatte schon in den dreißiger Jahren bewiesen, dass so etwas funktionieren kann. Der Nachteil ist allerdings, dass eine Kalibrierung mit herkömmlichen Instrumenten nicht möglich ist.

Über eine „mA/V“-Taste wird beim W26 die Gittervorspannung um etwa 1 Volt verändert. Die Anodenstromdifferenz entspricht dann der Steilheit. Wegen der ungenauen Realisierung ist es allerdings eher eine Steuergitterwirkungs-Prüffunktion.

Das Gerät enthält drei Trafos EI 78/65 x 27 mm: einer für die Anoden- und Schirmgitterspannungen, einer für die Heizspannungen und der dritte zur Netzspannungsanpassung. Dies war zu DDR-Zeiten wegen der stark schwankenden Netzspannung sehr sinnvoll und ist auch heute infolge der 230V-Umstellung hilfreich. Zur Netzspannungseinstellung dient ein kleines Drehspulinstrument, das innerhalb des Anodenstrommessers verbaut wurde.

Die Einstellung der Parameter und die Pinzuordnung erfolgen über elf Rollschalter. Es gibt je zwölf Anoden- und Schirmgitterspannungen zwischen 10 und 250 Volt, aber nur zwei Anodenstrombereiche (10/100 mA, über die I-Taste umschaltbar). Über die Rollschalter lassen sich zehn Röhren-Anschlüsse umschalten. Die acht unterschiedlichen Schlussprüfungen des W18 wurden auf zwei reduziert.

Zu dem kompakten Gerät war ein Deckel erhältlich, der 16 zusätzliche Röhrenfassungen enthält. Es wurden Einstelltabellen für mindestens 180 Röhren (größtenteils aus russischer und DDR-Produktion) erstellt, ansonsten verwies man auf die Datenbücher.

Holpriger Start des W26

In der vorläufigen Bedienungsanleitung liest man Erstaunliches (Bild 7): Darin wird das seit 25 Jahren in vielen tausend RPGs umgesetzte Funke-Prinzip der Null-Volt-G1-Prüfung für unzulässig erklärt und die Einstellung nach Datenblatt für zwingend erforderlich gehalten. An Selbstbewusstsein und Ideen fehlte es dem Entwickler sicherlich nicht, wohl aber an praktischer Erfahrung. Für die Verdrahtung der Rollschalter gibt es zu wenig Platz. Dies führte zu Kurzschlüssen, die nur sehr schwer zu beseitigen waren. Die Bedienung ist nicht selbsterklärend und Fehlbedienung führt leicht zur Gerätebeschädigung.

Die Walzenarretier-Mechanik funktionierte nicht zuverlässig. Zitat aus der Anleitung: „Das Gerät durch kräftiges Niederdrücken der mittleren Taste (Ein-Heizfadenprüfung) einschalten“. Bei den beiden Geräten des Verfassers wurde zu kräftig gedrückt und die Mechanik verbogen.

Es gab offenbar zwei Kleinserien: Das zweite Gerät des Verfassers wurde mechanisch etwas anders aufgebaut. Die Grundprobleme - mangelnde Stabilität, schwierige Handhabung, kaum Schutz vor Fehlbedienung, extreme Reparaturunfreundlichkeit in den Schalterbereichen sowie schwierige Überprüfbarkeit - wurden jedoch nicht beseitigt. Außerdem ist anzumerken, dass die Dresdener Firma Elektromess des ehemaligen Funke-Kompagnons Bittorf schon jahrelang gute RPGs baute, die sowohl den 0V-Test als auch Kennlinienaufnahme durch variable g1-Spannung ermöglichten [2],[6].

Zweite Kehrtwendung in Weida

Die Weidaer reagierten schnell auf das W26-Desaster und besannen sich auf die Vergangenheit: Sie konstruierten ein Gerät, das schaltungsmäßig dem W18 sehr ähnlich ist, aber mit einer mechanisch verbesserten und zum W18K kompatiblen Schaltmatrix ausgestattet. Es kam bereits 1959 als „W18N“ auf den Markt (Bilder 8 und 9). Gehäuse und Siebenfach-Drucktasten des W26 wurden übernommen und sogar die Prüfkartendruckvorlagen des W18 konnten mit W18K-Lochung weiterverwendet werden. Die Karten wurden mit Hinweisen zur abweichenden W18N-Bedienung bestempelt.

Nun wurde die Bereinigung des Kartensatzes in Angriff genommen. Neu gedruckte Karten erhielten eine Kennzeichnung, aus der ersichtlich war, ob die Karten zur W18/RPG4-3-Gruppe oder zur W18K/W18N-Gruppe gehörten. Bild 10 zeigt oben eine W18-Karte von 1952, in der Mitte diese Karte mit W18K/N-Lochung und mit zwei W18N-Hinweis-Stempeln. Unten die endgültige Karte von 1959. Man kann Fehler entdecken: Die geforderte 17-V-Heizspannung war nicht einstellbar, daher wurden 19,5 V gewählt. In der mittleren Karte wurden aber 22,6 V eingestellt und der Pfeil links unten war ungültig. Auf der unteren Karte ist dies korrigiert, aber links unten wurde die Markierung für den Typ vergessen.

Im Bild 11 sind die Erweiterungsdeckel für W18N und W26 im Vergleich zu sehen.

Das angenehm kompakte W18N war flexibler und übersichtlicher als das W19, hatte allerdings eine vereinfachte Schlussprüfung. Es wurden dazu weniger Prüfkarten ausgeliefert und das Messinstrument war wohl nicht ganz so hochwertig wie bei FUNKE. Es gab noch eine Variante mit Erweiterung auf 25 V Anoden/Schirmgitter-Gleichspannung und mit einem kleinen Trafo für zusätzliche Heizspannungen zwischen 0,62 V und 1,62 V.



Bild 8. W18N.

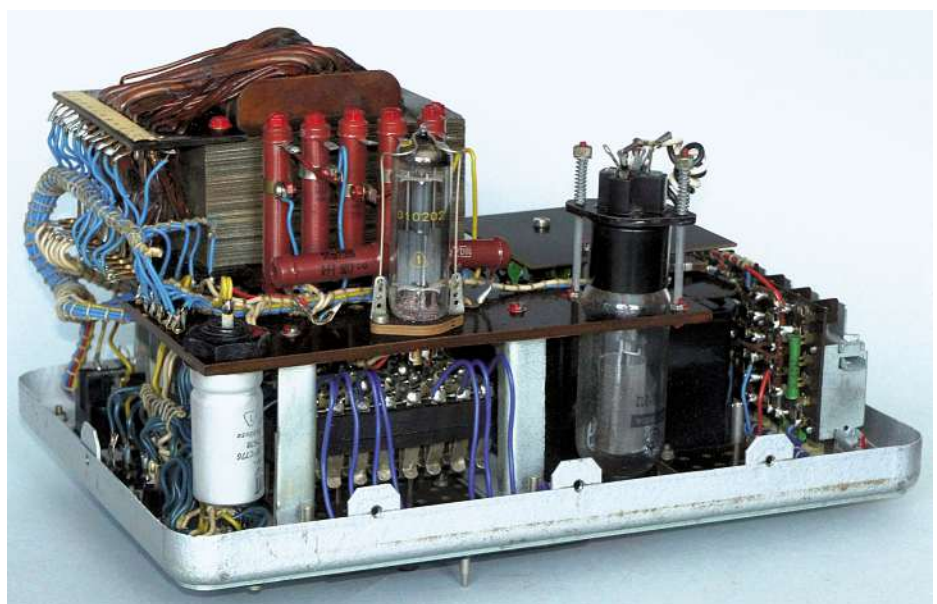


Bild 9. W18N, Innenansicht.

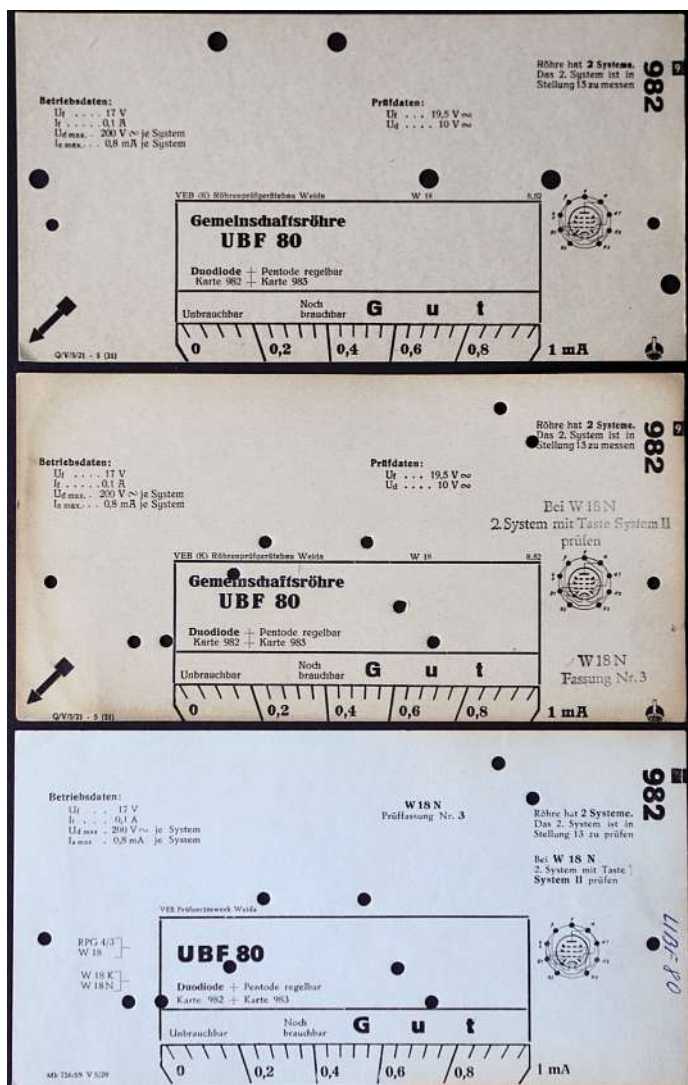


Bild 10. Drei Versionen der UBF80-Prüfkarte.



Bild 11. Optionale Deckel mit Zusatzfassungen: oben W18N, unten W26.

Die Neuordnung

„VEB Wetron Weida“ - so hieß die Firma seit 1961 - erhielt umfangreiche Fertigungsaufgaben aus dem Bereich der Regelungstechnik und stellte die W18N-Fertigung 1963 ein - die höchste mir bekannte Seriennummer ist 2142. Man kümmerte sich aber noch einige Jahre um Prüfkarten-Aktualisierung und Dokumentation. Von 1963 bis 1978 wurden in der DDR RPGs nur noch bei Elektromess hergestellt (RPG 6x ... RPG70) [1].

Danksagung: Der Verfasser dankt Robert Berger für die umfangreiche Unterstützung.

Autor:
Thomas Nickel, DJ1RF
31139 Hildesheim

Literatur/Links:

- [1] Scharschmidt, W.: Röhrenhistorie, Band 3. Max Funke und seine Röhrenprüfgeräte.
- [2] Müller, W.: Allgemeines zu Röhrenprüfgeräten, - speziell zu solchen aus der DDR. „Funkgeschichte“ Nr. 104 (1995).
- [3] Greil, P.: Allgemeines zu Röhrenprüfgeräten (2). „Funkgeschichte“ Nr. 112 (1997).
- [4] Müller, K.F.: Das Funke-Röhrenmessgerät W19. ISBN 978-3936012040.
- [5] www.radiomuseum.org, Modellseite W18K.
- [6] Nickel, Th.: Röhrenprüfgeräte - ein erster Überblick. „Funkgeschichte“ Nr. 204 (2012).

