

Einführung der Glühkatodenröhre in die Funkgeräteausstattung des deutschen Heeres

Es ist allgemein bekannt, dass gegen Ende des Ersten Weltkrieges erstmals Funkgeräte mit den inzwischen neu entwickelten „Glühkatodenröhren“ zum Einsatz kamen. Mich interessierte nun, welche Geräte seinerzeit eingeführt wurden, nach welchen technischen Prinzipien diese arbeiteten, welches Leistungsvermögen sie besaßen und was über die Einführung sonst noch bekannt ist.



RUDOLF GRABAU, Much

Tel.: (0 22 45) 34 71

Ausstattung des Heeres mit Funkengeräten

Das deutsche Heer verfügte bei Kriegsbeginn 1914 nur über eine sehr geringe Anzahl von fahrbaren „Funkstationen“, nämlich insgesamt 30 schwere und 23 leichte Feldstationen, und von diesen waren einige aufgrund technischer Mängel noch nicht einmal einsatzbereit. Diese Stationen waren ausgestattet mit Löschfunkensendern von 1,5 beziehungsweise 0,5 kW Sendeleistung im Bereich 500-2200 m beziehungsweise 300-1000 m (also Mittel- bis Langwellen) und Detektorempfängern. Es waren vier Kraftwagen-Großstationen verfügbar, außerdem sieben stationäre Festungsstationen sowie neun Kasernenstationen in Betrieb. Die Luftschiffertruppe verfügte über zwei Luftschiff-Hafenstationen und 18 Funkstationen in ihren Luftschiffen. Funkengeräte für Flugzeuge befanden sich noch im Versuchsstadium [4].

Vergleichsweise sehr viel zahlreicher war die Ausstattung bei Kriegsende 1918, denn bis zu diesem Zeitpunkt waren (einschließlich der durch Kriegseinwirkung verlorenen Geräte) 317 mit Pferden oder in Kraftwagen bewegliche Funkenstationen in weitgehend unveränderter Technik an die Truppe geliefert, zudem insgesamt 5088 mittlere und große „Funkkleinstationen“ (Kurzbezeichnung: Mfuk, Gfuk), die mit den neu entwickelten Löschfunkensendern ausgestattet waren.

Diese kamen entweder (in Traglasten aufgeteilt) als „Grabenfunkengeräte“ oder in Fahrzeugen eingerüstet zum Einsatz. Außerdem wurden während des Krieges zusätzliche ortsfeste Großstationen errichtet, nicht nur in den Festungen, sondern auch in den verbündeten Staaten und besetzten Gebieten, überwiegend mit Tonfunkensendern, vereinzelt aber auch mit Poulsen-Sendern [4].

(Zu Funken- und Poulsensendern siehe auch Grabau: Technik der Funkentelegraphie mit gedämpften und ungedämpften Schwingungen, in „Funkgeschichte“ Nr. 167, S. 136 ff und Nr. 168, S. 177 ff.)

Kurzer Abriss aus der Geschichte der Verstärkerröhre

Obwohl den Lesern der „Funkgeschichte“ die Entstehung der Glühkathodenröhre wohl bekannt sein dürfte, will ich ganz kurz daran erinnern, wie deren Entwicklung und erste Anwendungen verlaufen waren, bevor sie in den ersten röhrenbestückten Funkgeräten verwendet wurden. In den 80er

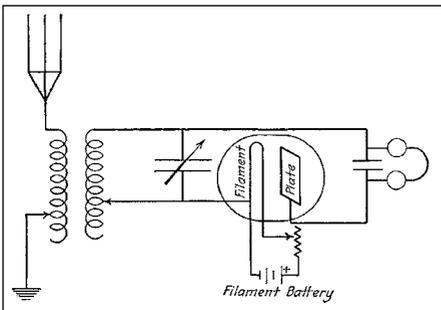
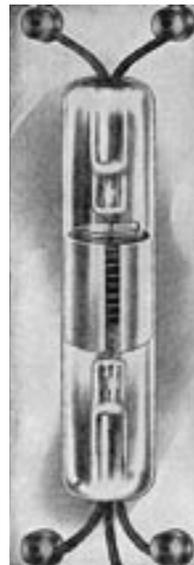


Bild 1: Empfangsschaltung mit Röhrendetektor nach FLEMING, aus [2].

Jahren des 19. Jahrhunderts entdeckte THOMAS ALVA EDISON den nach ihm benannten Effekt, dass nämlich im Vakuum von einem heißen Heizfaden Strom zu einer Metallplatte fließt. 1899 erklärte JOSEPH JOHN THOMSON diesen Effekt dadurch, dass es sich bei Kathodenstrahlen um freie Elektronen handelte. Die aufkommende Technik der Funkentelegraphie mit gedämpften und dann ungedämpften Schwingungen stimulierte nun die Forscher beiderseits des Atlantiks ungemein, nach alternativen Wegen in der Technik drahtloser Kommu-



nikation zu suchen und sie erforschten dabei auch die Elektronenbewegung in gasgefüllter Umgebung wie auch im Vakuum. Dabei verliefen viele Untersuchungen inhaltlich wie auch zeitlich parallel und führten zu vergleichbaren Ergebnissen; so ist es nur allzu verständlich, wenn rückblickend Erfindungen nach jeweiliger Nationalität reklamiert werden – das Datum einer Patenterteilung kann dabei nur als ein Indiz gelten.

Der deutsche Physiker ARTHUR WEHNELT hatte eine Entladungsröhre mit Glühkathode entwickelt und verwendete diese als „Ventilröhre“ zur Gleichrichtung von Wechselstrom. Dadurch wurde der Engländer JOHN AMBROSE FLEMING Anfang des 20. Jahrhunderts dazu angeregt, den in den Funkenempfängern seinerzeit allgemein verwendeten, aber unzuverlässigen Detektor durch einen Röhrengleichrichter zu ersetzen (Bild 1) und erhielt dafür 1904 ein Patent. Die „Fleming-Röhren“ besaßen – gleichermaßen als Zwei- wie auch als Dreipolröhre – oft äußerlich noch eine unverkennbare Ähnlichkeit mit dem Kohärer (Bild 2). Der Amerikaner LEE DE FOREST entdeckte ebenfalls die Gleichrichterwirkung erhitzter Gase, aber er fügte eine dritte Elektrode ein, um den Elektronenstrom zu steuern (Bild 3) und entdeckte so die Verstärkerwirkung der Röhre; 1905 erhielt er

Bild 2: Praktische Ausführung einer „Fleming-Röhre“ mit zunächst zwei, dann drei Elektroden, aus [2].

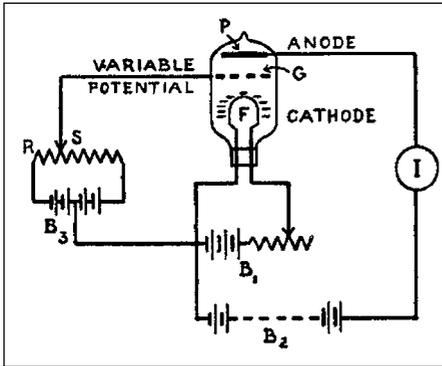


Bild 3: Dreipolschaltung nach DE FOREST, aus [3].

das Patent für die Dreipolröhre. Er führte den empfindlicheren Hörempfang anstelle des Schreibempfangs mit Kohärer ein und wurde 1906 auch Erfinder der Audionschaltung, in der das Empfangssignal zugleich verstärkt und gleichgerichtet wird (Bild 4).

Der Österreicher ROBERT VON LIEBEN war ab 1905 bemüht, die schwachen Ströme langer Telephonleitungen mit magnetisch gesteuerten Katodenstrahlen zu verstärken, und meldete 1906 diese Anordnung als

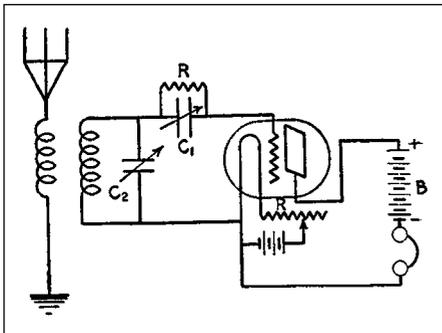


Bild 4: Audion nach FLEMING mit Gitterkondensator und Gitterabteilwiderstand, aus [2].

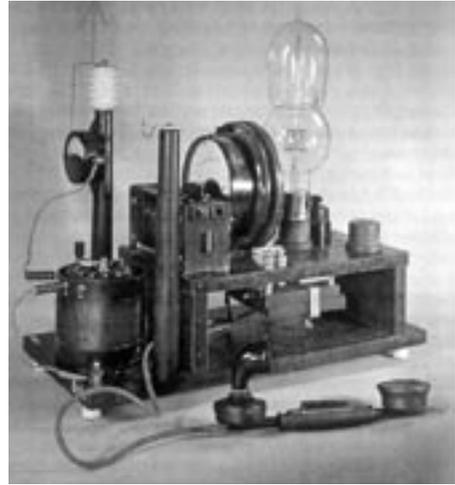


Bild 5: Erster Röhrensender von MEISSNER mit Lieben-Röhre (1913), wurde auch als Überlagerungsoszillator verwendet, aus [20].

„Katodenstrahlrelais“ zum Patent an. Auch er fand 1911 heraus, dass sich der Strom zwischen Katode und Anode besser elektrostatisch mit einem Gitter steuern ließ, und entwi-

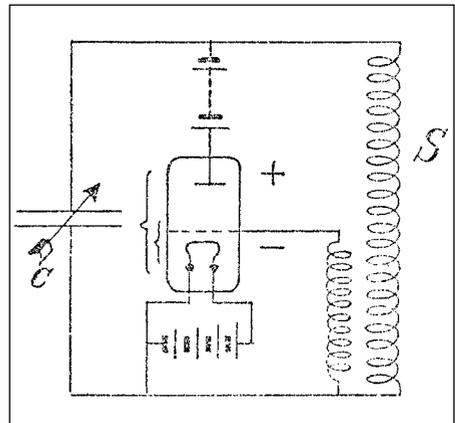


Bild 6: Rückkopplung nach MEISSNER, hier zur Schwingungserzeugung, aus [1].

ckelte die quecksilberdampfgefüllte Liebenröhre mit Oxydkathode, die kurz darauf in ersten Telefonverstärkern Anwendung fand.

Wenig später wurde die Liebenröhre auch zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen verwendet (Bild 5). Denn der Österreicher ALEXANDER MEISSNER, der bei Telefunken in Berlin zunächst in der Weiterentwicklung von Löschfunken sendern, Antennen und Frequenztransformatoren tätig war, erfand bei ihrer Erprobung die Rückkopplung und damit den Röhrensender (Bild 6). Schon bald danach entdeckte er auch die große Bedeutung der Rückkopplung für die Empfängertechnik, die dadurch mögliche Erhöhung von Trennschärfe und Empfindlichkeit sowie zugleich die Befähigung zum unmittelbaren „Überlagerungsempfang“ mit einem Audion in selbstschwingendem Zustand.

Gerade die letzteren Erfindungen wurden zeitlich parallel von etlichen Forschern gemacht, hieraus entstand langjähriger Streit um die betreffenden Patente. Damit waren aber die wesentlichen Anwendungen der Elektronenröhre erkannt: Gleichrichtung (auch als Detektor hochfrequenter Spannungen), Verstärkung, Empfangsfunktion und Schwingungserzeugung. Nun war es Sache der einschlägigen Industrie, dieses Bauelement weiterzuentwickeln und in Großserien zu produzieren (Bild 7). Und der bald folgende Erste Weltkrieg beschleunigte seinerseits erheblich die Weiterentwicklung der Verstärker- wie der Funk-Technik und damit

Bild 7: Industriell gegen Ende des Ersten Weltkriegs hergestellte Röhre, hier Type RE 11, aus [9, 10].

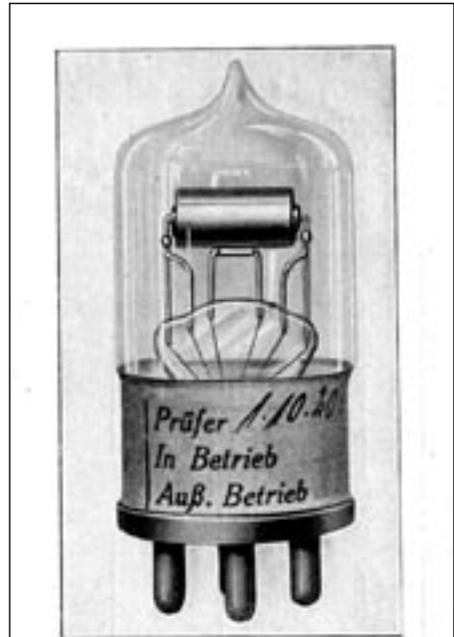


Bild. 711. Moderne Verstärkerröhre (Modell RE 11 von Telefunken).

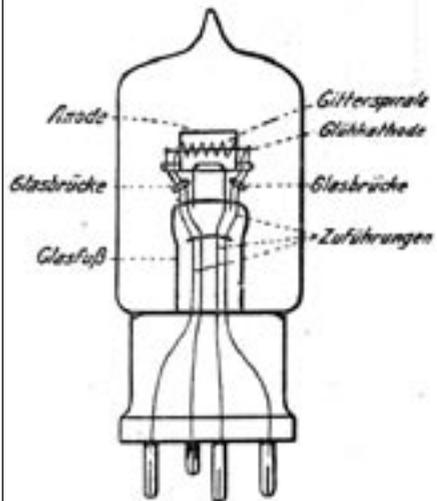


Bild. 712. Die Einrichtung einer modernen Verstärkerröhre.

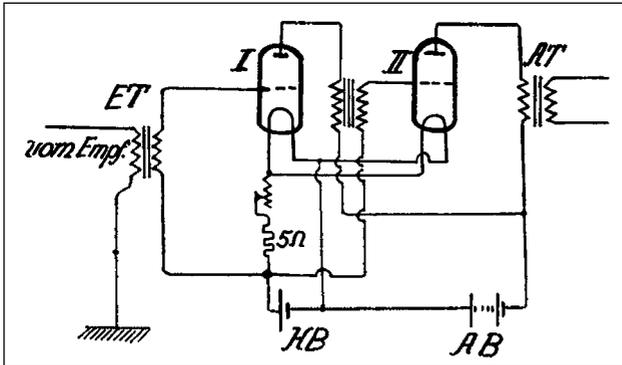


Bild 8: Schaltung eines Zweiröhren-Niederfrequenzverstärkers, aus [16].

die Verwendung des neuen Bauelements, der Glühkathodenröhre.

Niederfrequenz-Verstärker

Bereits zu Beginn des Weltkrieges war das deutsche Heer mit einer begrenzten Zahl von zweistufigen Röhrenverstärkern aus der Produktion der Firma Telefunken ausgestattet, die nicht nur bei Telephonverbindungen über große Entfernungen eingesetzt wurden, sondern auch in den sogenannten „Arendt-Stationen“ zum frontnahen Mithören von Telefongesprächen des Gegners über Erdschleifen, sowie als Empfangsverstärker in den Funkstationen (Bilder 8, 9).

Die Artillerie übertrug, wenn keine Draht-Fernsprechverbindung verfügbar war, die Feuerkommandos im einseitigen Verkehr über Funk. Als Empfänger dienten Detektorgehäte, denen ein mechanischer Lautverstärker nach dem Mikrofonprinzip nachgeschaltet war. Dieser wurde 1914 durch einen Röhrenverstärker ersetzt, denn das war weitaus handlicher und betriebssicherer [4].

Überlagerungs-empfang

Bei den ersten Funkensendern mit gedämpften Schwingungen benutzte man Morseschreiber zum Empfang, denn Hörempfang war sehr schwierig und erforderte gut geschulte, erfahrene Funker. Die Morsezeichen des Löschkensenders waren nach Gleichrichtung

in einem Kopfhörer hinreichend gut aufzunehmen, nicht jedoch die ungedämpften Schwingungen eines Pulsen- oder Maschinensenders. Um diese Wellen im Telephon hörbar zu machen, zerhackte man entweder den konstanten Wellenzug oder den

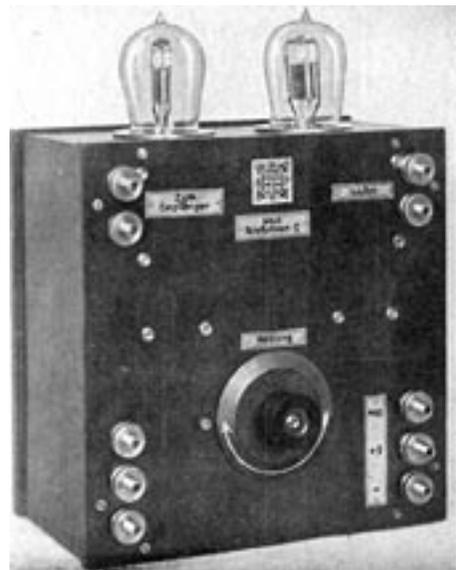


Bild 9: Zweiröhrenverstärker der Firma Telefunken, aus [9, 10].

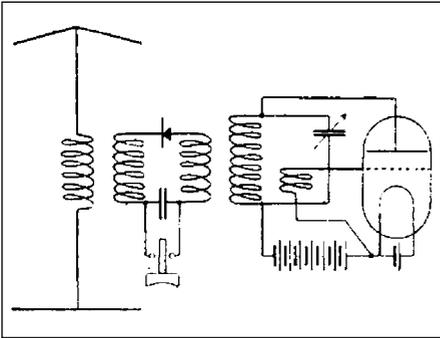


Bild 10: *Schaltung eines Überlagersers: links der Detektorempfänger, rechts der Oszillator des „Schwebungszusatzkastens“, aus [5].*

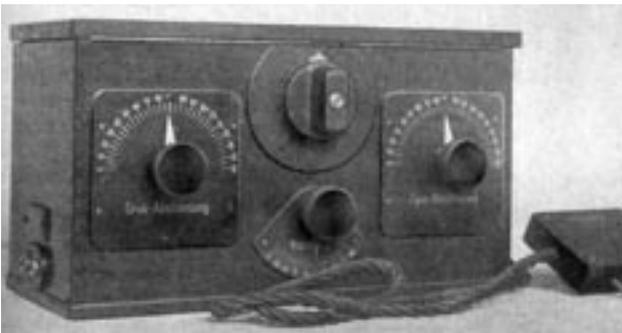


Bild 11: *Praktische Ausführung eines Überlagersers mit Elektronenröhre, aus [8].*

vom Detektor gelieferten Gleichstrom durch einen Ticker oder bediente sich des 1907 vom Amerikaner FESSENDEN erfundenen Überlagerungsempfangs, indem man ein in seiner Frequenz geringfügig abweichendes Oszillator-signal in den Empfänger einspeiste und so einen Schwebungston erzeugte. Anfangs bedeutete das einen großen Aufwand, denn man benutzte dazu eine komplette Senderschaltung mit Induktor, Löschfunkenstrecke oder gar eine Hochfrequenzmaschi-

ne. Eine einfache technische Lösung lieferte dann die Überlagerung mit einem Röhrenoszillator, der so auch wesentlich zum schnellen Aufschwung des Maschinensenders beitrug.

Auch lieferten Röhrenüberlagerer Schwingungen wesentlich höherer Konstanz, sodass die Schwebung gleichförmiger ausfiel. Zudem konnte diese Technik auch bei kürzeren Wellen noch angewendet werden, die mit Funken- und Maschinensendern nicht erzeugt werden konnten. Es fällt allerdings auf, dass die Röhrenüberlagerung vorzugsweise bei Detektorempfängern verwendet wurde

(Bild 10), wobei der Aufwand des Überlagersers größer war als der des Empfängers selbst (Bild 11). Wenn man schon eine Röhrenempfangsschaltung wählte, so hätte man diese bei vergleichbarer Investition natürlich auch als rückgekoppeltes Audion ausführen können, bei

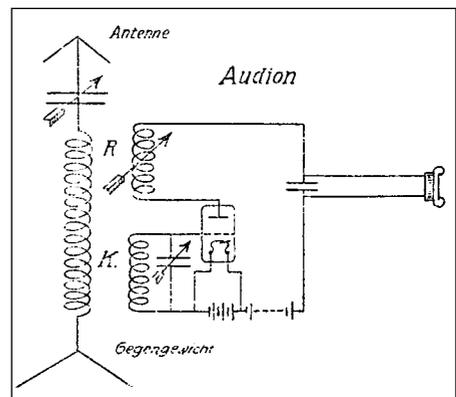


Bild 12: *Rückgekoppeltes Audion aus [1].*



Bild 13: *Audionempfänger E 213 (85-2000 kHz), der unter anderem in den Tonfunkenstationen GFuk 17 und 18 verwendet wurde, oben links der Zweiröhrenverstärker EV 211, links unten ein Wellenmesser, aus [20, 21].*

dem im Schwingzustand mit „angezogener Rückkopplung“ ohnehin eine Schwebung auftrat.

Audionempfänger

Bevor Röhren in der Sendertechnik eingeführt wurden (ihre begrenzte Leistungsausbeute ließ dies anfangs nicht zu), verbesserte man zunächst die Empfangseinrichtungen in vielen Funkenstationen durch Einbau von rückgekoppelten Audionempfängern (Bild 12). Da schon die meisten Detektorempfänger für „Primär-/Sekundärempfang“ (also umschaltbar mit ein oder zwei Schwingkrei-



Bild 14: *Empfänger E 266 (50-1000 kHz) mit einer Röhre RE 11, aus [20, 21]. Oben werden die auswechselbaren Spulensätze eingesetzt, die Spulen sind paarweise so miteinander verbunden, dass die eine gegen die andere verschoben werden kann. Übrigens konnte man einen zweiten Empfänger als Überlagerer oder Wellenmesser ankopeln oder auch zwei E 266 hintereinander schalten und erhielt so einen Sekundärempfänger mit zwei abstimmbaren Selektionskreisen beziehungsweise einen echten Zweiröhren-Zweikreisempfänger, wobei die vielseitigen Abstimmmöglichkeiten vor allem der Spulensätze die Abstimmung sehr erschwerten - weshalb die HDv 125 wegen des schwierigen Wellenwechsels davon abriet.*

sen) ausgelegt waren, stattete man auch die „Feldstationen“ und „Großen

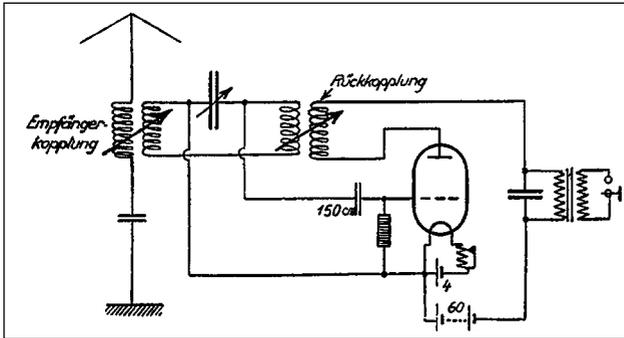


Bild 15: Schaltung des Empfängers E 266, aus [16].

Tonfunkenkleinstationen“ mit den Einröhren-Zweikreis-Audionempfängern E 213 aus (Bild 13) – entweder bei Neubeschaffung oder durch Austausch der bisherigen Zwischenkreisdetektorempfänger E 143 beziehungsweise E 170.

Nach Beendigung des Ersten Weltkrieges wurden die deutschen Streitkräfte personell auf 100.000 Mann beschränkt, genauso begrenzt waren die Finanzmittel zur Beschaffung militärischer Ausrüstung. Die Reichswehr musste daher auf noch vorhandenes Gerät zurückgreifen, das den Kriegseinsatz funktionsfähig überstanden hatte, also bei Funkgeräten vorzugsweise auf die militärischen Tonfunkenstationen. Bis 1924 wurden diese sämtlich für den Hörempfang ungedämpfter Schwingungen qualifiziert, ältere Detektor- und Audiongeräte ohne Rückkopplung erhielten wenigstens Überlagerer.

Telefunken entwickelte Anfang der 20er

Jahre neu den Einröhren-Empfänger E 266, und zwar sowohl für zivile als auch für militärische Verwendung (Bild 14, 15, 16), der bis in die mittleren 30er Jahre zur Ausstattung der Nachrichtentruppe gehörte.

Tragbare Röhrenfunkgeräte

Generalmajor a.D. SCHOTT in [12]: „Mittlerweise war es dank den Fortschritten in der Technik geglückt, feldbrauchbare, kleine, tragbare Funkenstationen zu schaffen. Sie wurden unseren Divisions-Nachrichtenabteilungen und von diesen nach Bedarf bei den Stäben in der Front u.s.w. eingesetzt. Alle Möglichkeiten wurden erschöpft, die dieses Gerät bot. Auch die Flugzeuge wurden mit ihnen ausgestattet.“ Leutnant RANDEWIG in seinem Rückblick auf die Nachrichtentruppe während des



Bild 16: Zubehörkasten des Empfängers E 266 mit Spulensätzen für 7,5-2000 kHz, aus [13].



Bild 17: Ältester Röhrensender ARS 60 der „Schützengrabenstation“ (3 W; 545 bis 1200 kHz), aus [20].

Ersten Weltkriegs, ebenfalls in [12]: „Das Schlachtfeld von Verdun ist der Geburtsort des Funkenkleingeräts geworden, das in einzelne Traglasten aufgeteilt und bis in den Kampfgraben vorgebracht, der vorderen Linie, dem Kampfgruppenkommandeur nach rückwärts Funkverbindung ermöglichte.“ Beide meinten damit allerdings die neuen Löschfunkenstationen, die neuen Röhrengeräte (mit der Bezeichnung „U.S.“ für Ungedämpfte Schwingungen) standen 1916 ja noch nicht zur Verfügung.

Diese kamen erst ab 1917 zum Einsatz. Zunächst der tragbare Röhrensender ARS 60 (Bild 17) zusammen mit einem Detektorempfänger und einem röhrenbestückten Niederfrequenzverstärker, dann als Sender-Empfänger in einem Gehäuse (ARS 63). Die Röhrensender hatten den Vorteil, dass davon die fünffache



Bild 18: Empfänger E 225 des „F-Geräts“, aus [20].

Anzahl (im Vergleich zu den Funken-sendern) ohne gegenseitige Störungen betrieben werden konnten. Allerdings musste das Bedienungspersonal nun anders ausgebildet oder umgeschult werden. Dazu RANDEWIG: „Die Einführung des ungedämpften Funkgeräts machte es notwendig, eine

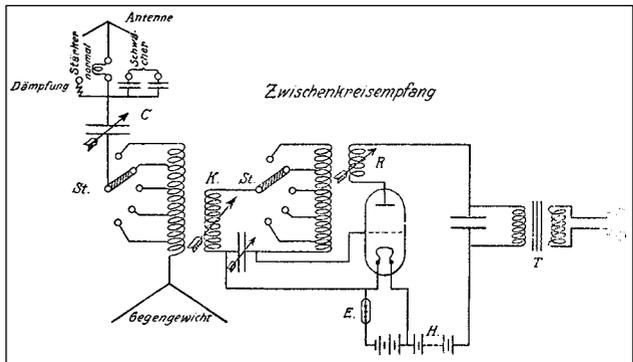


Bild 19: Zwischenkreis-Audionempfänger E 225 des „F-Geräts“, aus [1]

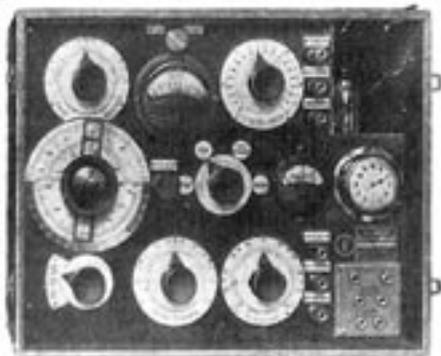


Bild 20: Sender ARS 69 des „F-Geräts“, aus [18]

– von der Heeresnachrichtenschule getrennte – Funkerschule in Namur ins Leben zu rufen.“

Da man sich nicht entscheiden konnte, ob die zukünftigen röhrenbestückten Funkgeräte getrennt in Sender und Empfänger oder als Sender-Empfänger in einem Gehäuse ausgeführt werden sollte, entwickelte man beides parallel zueinander, nämlich das „F-Gerät“ mit getrennten Komponenten, dem Empfänger E 225 (Bild 18, 19) und dem Sender ARS 69 (Bild 20) sowie das „D-Gerät“ ARS 68 mit beiden Funktionen (und nur einer einzigen Röhre für abwechselnde Send- und Empfangsfunktion, Bild 21, 22). Die enge Verwandtschaft zwischen dem „F-Empfänger“ E 225 und dem Empfänger E 213 der „Großen Kleinfunkgeräte“ (Bild 13) ist übrigens bereits äußerlich unverkennbar.

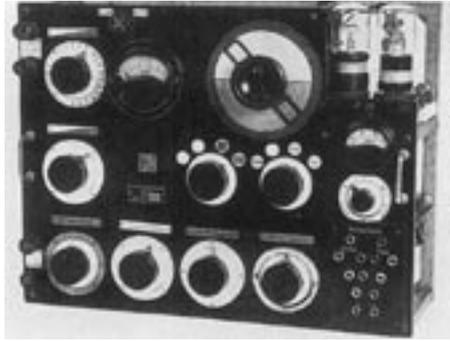


Bild 21: Sender-Empfänger ARS 68 des „D-Geräts“ (188-1000kHz), aus [20].

Es gehörte auch ein „Schwungzusatzkasten“ (Bild 10) zum Ausrüstungsprogramm der U.S.-Geräte, obwohl diese selbst ihn ja nicht benötigten. Der Sender des „F-Geräts“ wurde übrigens mit fast unveränderter Schaltung der Vorläufer des späteren 20-W-Senders der Reichswehr (Bild 23). 1924 stellte man als Konsequenz für die Ausbildung fest: „Die verhältnismäßig weitgehende Verwen-

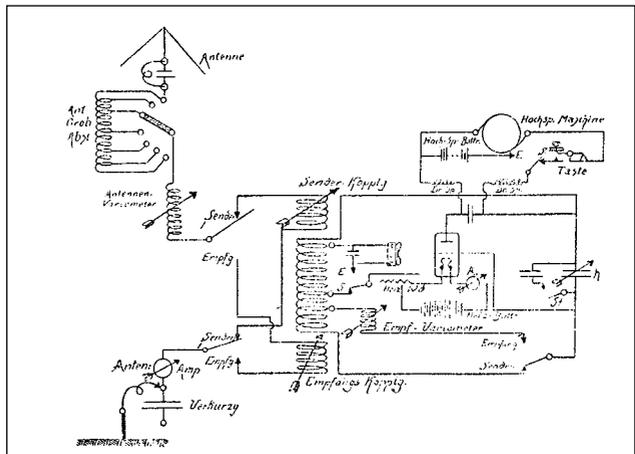


Bild 22: Schaltbild des Sendeempfängers „D-Gerät“, aus [1].

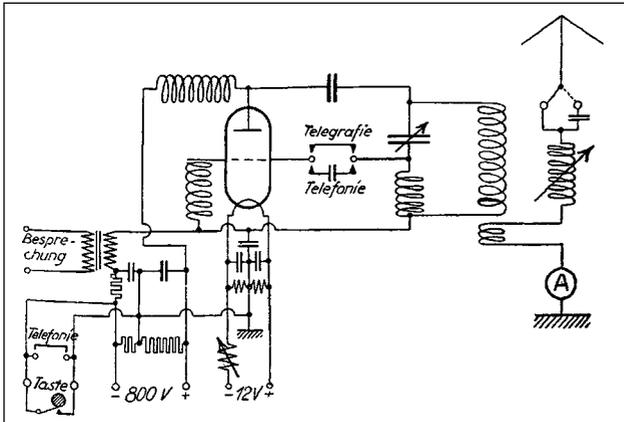


Bild 23: Schaltung des einstufigen 20-W-Senders Tf 15 (188-1000 kHz), Mitte der 20er Jahre entwickelt nach dem Vorbild des „F-Senders“ von 1918, aus [16].

derung, die die Glühkathodenröhre in dem Heeres-Nachrichtengerät gefunden hat, bedingt, dass ihr im technischen Unterricht der Truppe die gebührende Würdigung zuteil wird [6]. Dies war Anlass zur Herausgabe einer entsprechenden Unterrichtshilfe und später für Einbeziehung in die HDv 125.

Um zu zeigen, wie ein Zeitzeuge die Entwicklung beurteilte, sei aus dem Konzept eines Vortrags zitiert, das etwa 1920 niedergeschrieben sein dürfte und dessen Inhalt vermuten lässt, dass der Verfasser Angehöriger der Verkehrstechnischen Prüfungskommission (V.P.K.) war.

Um 1907 war die Weiterentwicklung der Funktelegrafie des Heeres von der Luftschiffer-Abteilung auf die „Versuchsabteilung der Verkehrsgruppen“, später „Verkehrstechnische Prüfungskommission“ (V.P.K.) übergegangen, danach auf die „Tafunk“ (in der Technischen Abteilung der

Nachrichtentruppen). Nachfolgeorganisation war später die Abteilung „Wa Prüf 7“ des Heereswaffenamtes gewesen – oder hatte zumindest eine sehr intime Kenntnis von deren Arbeit. Dieser schrieb über die Röhrenfunkgeräte (hier geringfügig gekürzt):

„Der ständig wachsende Einsatz von F. T. Stationen an der Westfront, besonders an den Angriffsstellen, erschwerte immer mehr den Verkehr der Stationen untereinander.

Nur mit äußerster Zurückhaltung und strengster Handhabung der Betriebsdisziplin konnten die gegenseitigen Störungen einigermaßen herabgemindert werden. Der Wunsch nach ungedämpften Stationen mit größerer Störungsfreiheit war daher sehr berechtigt. Die Poulsenlampe war jedoch für die kurzen Wellen der kleinen Grabengeräte nicht geeignet. Es wurde daher mit allen Mitteln die Entwicklung der Röhrensender beschleunigt. Telefunken hatte bereits 1915 das Modell eines solchen Senders der V.P.K. vorgeführt, jedoch vom Laboratoriumsmodell eines Funkenapparats bis zum feldbrauchbaren Gerät führt manchmal ein langer Weg. Ungeahnte Schwierigkeiten waren zu überwinden, bis die ersten feldbrauchbaren U.S. Geräte im Frühjahr 1918 durchgebildet waren. Als endgültige Gerätetypen wurden im Sommer 1918 das U.S.D.-Gerät und das U.S.F.-Gerät von Telefunken eingeführt, weitere Typen der Firmen

Lorenz und Huth befanden sich noch in der Entwicklung.“

„Das D-Gerät ist ein kombinierter Sender-Empfänger mit Zwischenkreis für etwa 10 Watt Antennenleistung bei einem Wellenbereich 400-1600 m. Beim F-Gerät sind Sender und Empfänger getrennt, Leistungen und Wellenbereich sind gleich. Die Geräte können entweder mit einem kleinen Umformer aus Akkumulatoren oder mit einem Handkurbeldynamo betrieben werden. Die U.S.-Geräte stellen wesentlich höhere Anforderungen an die Bedienung, die alten Betriebsregeln passten auch nicht mehr dazu, es war daher eine gänzliche Neuausbildung des Personals erforderlich. Die endgültige Einführung konnte daher erst im Winter 1918 vorgesehen werden. Bei Beginn des Waffenstillstandes waren U.S.-Geräte nur vereinzelt eingesetzt.“

„Einen breiten Raum nahm die Entwicklung und Beschaffung der zahlreichen Artillerie-Empfangsanlagen ein. Diese bestanden aus einem kleinen Detektorempfänger 150-800 m mit Verstärker. Mit Rücksicht auf die vorgesehene Ausstattung der Front mit U.S.-Gerät waren für die Artillerieempfangsanlagen bereits neue Audion-Sekundärkreisempfänger entwickelt worden.“

„Die außerordentlich hohen Preise und der schnelle Verbrauch der Verstärkerrohren veranlasste seinerzeit die V.P.K., das physikalische Institut der Universität Würzburg zur Untersuchung der Verstärkerrohren auf eine eventuelle Instandsetzungsmöglichkeit heranzuziehen. Aus diesem ursprünglich kleinen Laboratorium hat sich in kurzer Zeit eine leistungsfähige Röhrenwerkstatt entwickelt, die Außerordentliches auf dem Gebiet

der Röhrenentwicklung und -herstellung geleistet hat.“

Einer Aufstellung, die dem Vortragskonzept als Anlage beigelegt ist, sind für das Jahr 1918 folgende Stückzahlen ausgelieferter Röhrengeräte zu entnehmen:

- U.S.D.-Gerät (300-1600 m),
500 Stück
- U.S.A.-Gerät (400-1800 m)
50 Stück (für die Fliegertruppe)
- U.S.F.-Gerät (300-1900 m)
150 Stück
- U.S.O.-Gerät (400-2000 m)
50 Stück (für die Fliegertruppe)
- U.S.-Artillerie-Empfänger
(250-2000 m) 1500 Stück

Übrigens lieferte Telefunken bis 1918 auch an die Kaiserliche Marine 150 Röhrensender, 160 Empfangsüberlagerer und 1650 Empfangsverstärker [20]. Die Stückzahlen waren demnach gar nicht einmal so gering wie in der historischen Literatur allgemein berichtet. Wenn über deren Einsatz und Nutzen so wenig überliefert ist, so mag dies nicht nur daran liegen, dass die Auslieferung zumeist erst im letzten Kriegsjahr erfolgte, sondern auch daran, dass die Geräte, ihr Leistungsvermögen und ihre Bedienung einer gewissen Geheimhaltung unterlagen und viele dieser Geräte daher bei Kriegsschluss vernichtet wurden.

Fortsetzung und Quellenangaben in der nächsten Funkgeschichte.