100 Jahre UKW

Erste öffentliche Vorführung einer Sendung auf Ultrakurzwelle in Jena (Teil 1)

Peter Sperrhake



Mit freundlicher Genehmigung des GFGF e.V. für die Veröffentlichung auf der Seite des VRTG e.V..
Ich bedanke mich für die Zusammenarbeit mit dem Redakteur vom Fachmagazin „Funkgeschichte“ Heiner Kilian.

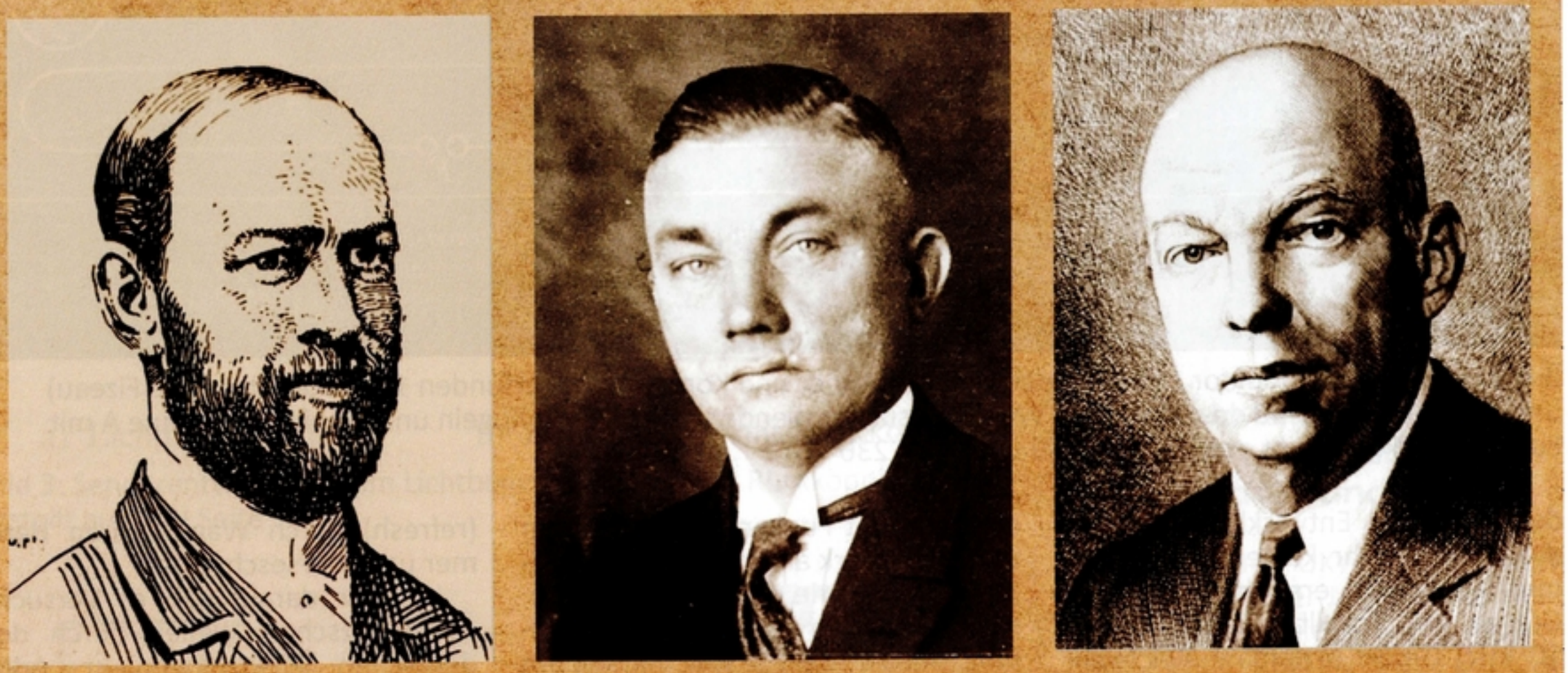
Peter Sperrhake

Mitglied im Vorstand des VRTG e.V. Hermsdorf
Webmaster von vrtg.de

100 Jahre UKW

Erste öffentliche Vorführung einer Sendung auf Ultrakurzwelle in Jena (Teil 1)

Peter Sperrhake



Prof. Dr. Heinrich Herz
1857 – 1894

Prof. Dr. Abraham Esau
1884 – 1955

Ing. Edwin Howard Armstrong
1890 - 1954

Bild 1: Die bedeutenden Forscher und Entwickler auf dem Wege zur Ultrakurzwelle: Heinrich Herz, Abraham Esau und Edwin Howard Armstrong, erstellt aus: Hans Günther: Pioniere der Radiotechnik, 1926, Wilhelm Herbst Verlag; Friedrich-Schiller-Universität (FSU) Jena: Prof. Abraham Esau und https://de.wikipedia.org/wiki/Edwin_Howard_Armstrong, 09.06.20026

Einleitung

UKW, heute der Frequenzbereich von 87,5 MHz bis 108 MHz, war nach dem 2. Weltkrieg in Deutschland und den meisten Ländern in rasanter Entwicklung. Im Kopenhagener Wellenplan von 1948 war für Deutschland die Zuteilung der Rundfunkfrequenzen im Lang- und Mittelwellenbereich minimal. Grund dafür war, dass der Kriegsverlierer Deutschland auf der Konferenz gar nicht vertreten war und wenige Bereiche zugewiesen bekam. Noch dazu waren es für die Ausbreitung uninteressante Frequenzen im hohen MW-Bereich, aufgeteilt auf die verschiedenen Besatzungszonen [1]. Dieser Umstand erforderte und förderte den zügigen Ausbau der UKW-Sendernetze, die Entwicklung von UKW-Sendern und Radios mit UKW-Tuner und Frequenzmodulation. Das Interesse für die Nutzung höher Frequenzen begann aber schon früher, bedingt durch die rasante Entwicklung des Rundfunks in den 1920er Jahren.

Es gab einige prägende Persönlichkeiten in der Geschichte kurzer Wellen.

So führte der deutsche Physiker Heinrich Hertz (1857 -1894) seine ersten Versuche zum Nachweis elektromagnetischen Wellen 1886 im heutigen UKW-Bereich erfolgreich durch. Ihm ging es um den Nachweis der Theorie des schottischen Physikers James Clerk Maxwell (1831 – 1879) zur Existenz elektromagnetischer Wellen, jedoch noch nicht um das Senden von Nachrichten.

1926 führte Prof. Abraham Esau (1888 -1955) in Jena die erste öffentliche Sendung auf 94 MHz, vor.

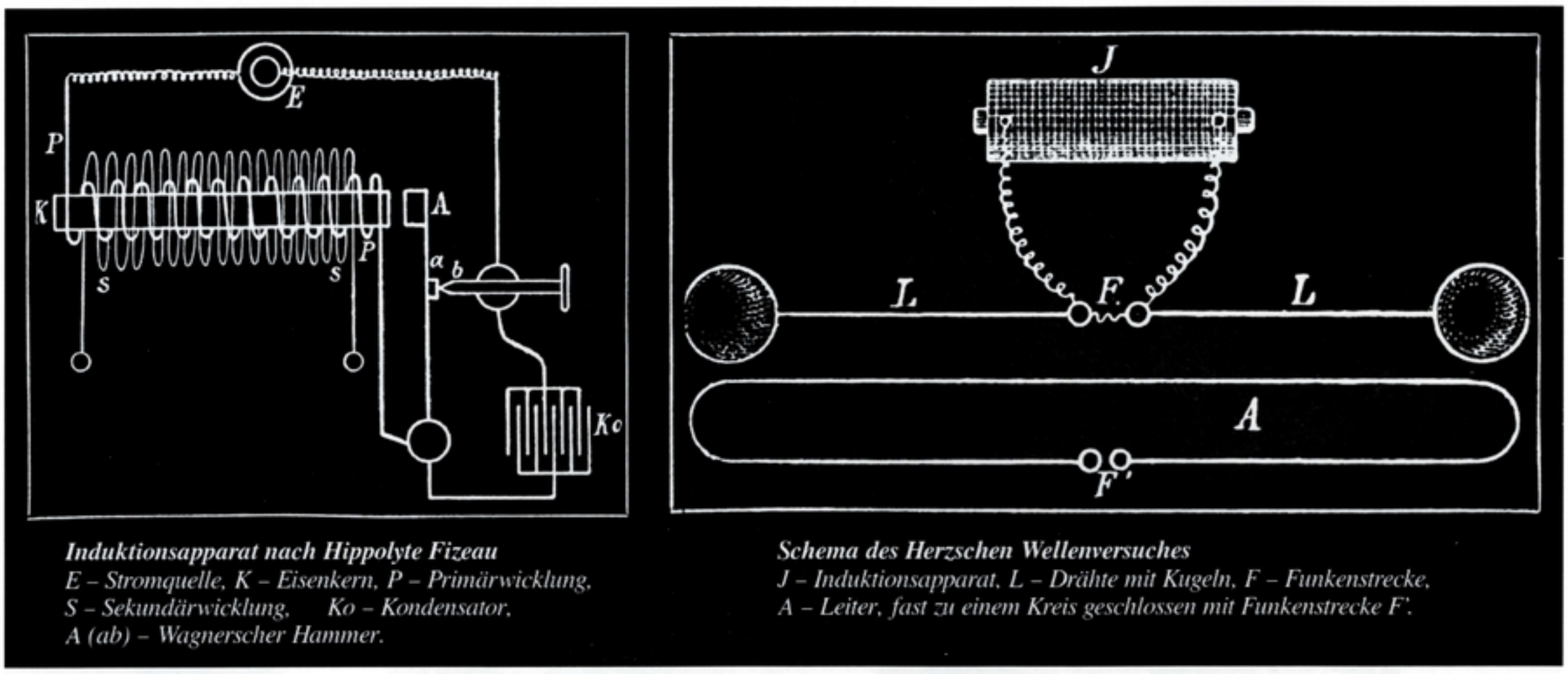
Der US-amerikanische Ingenieur Edwin Howard Armstrong (1890-1954) hat Grundlagen der UKW-Technik, wie Frequenzmodulation, höhere Bandbreite und Stereo-Übertragung maßgeblich entwickelt (Bild 1).

Ich möchte mich in diesem Artikel auf die Ereignisse um die Frequenzen im UKW-Bereich und die technische Entwicklung, vor allem in Deutschland, beschränken.

Die Vorgeschichte und ihre Ereignisse.

Die Vordenker und Forscher der Funktechnik dachten sicher nicht primär an die Frequenzbereiche, in denen sie unterwegs waren. Diese ergaben sich durch den technischen Aufbau ihrer Versuche, die Möglichkeit der Übermittlung von Informationen war noch kein Thema [2].

Bald kam die Erkenntnis der nötigen Resonanz der Schwingkreise von Sender und Empfänger und einem entsprechenden Aufbau. Im Laufe



Induktionsapparat nach Hippolyte Fizeau
E – Stromquelle, K – Eisenkern, P – Primärwicklung,
S – Sekundärwicklung, Ko – Kondensator,
A (ab) – Wagnerscher Hammer.

Schema des Herzschen Wellenversuches
J – Induktionsapparat, L – Drähte mit Kugeln, F – Funkenstrecke,
A – Leiter, fast zu einem Kreis geschlossen mit Funkenstrecke F'.

Bild 2: links Funkeninduktor J mit Wagnerschem Hammer und Kondensator (erfunden 1853 von Hippolyte Fizeau) und rechts das Schema des Herzschen Wellenversuches, Sendeantenne L mit Kugeln und Empfangsantenne A mit Funkenstrecke, erstellt aus [6] Seite 169 und Seite 236

der weiteren Entwicklung wurden die anfangs sehr kurzen Wellen immer länger und erreichten bald die Grenze des Schallbereiches bei ca. 10 kHz. Große erzielbare Reichweiten, aber auch der Aufbau der ersten Sender in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts führten dazu. Es ging jedoch weiter aufwärts mit den Frequenzen, hohe Senderdichte erforderte dies und die Entwicklung der Röhrentechnik ermöglichte es. Die Amplitudenmodulation (AM) und die Frequenzmodulation (FM) kamen erst im Zuge der Übertragung von Sprache und Musik in Entwicklung. Am Anfang wurden Informationen mittels verschiedener Codes getastet und per Gehör oder Strichcode aufgenommen, mit Telegrafen-Schreiber auf Papier gebracht und in Text übersetzt [3].

Bereits 1865 führte der US-amerikanische Zahnarzt und Erfinder Dr. Mahlon Loomis (1826 - 1886) erste erfolgreiche Versuche drahtloser Verbindung durch. Mit Drachenantennen und Galvanometern überbrückte er damit eine Entfernung von 29 km [4].

Nur wenige Jahre später, 1878, erfolgte der erste Versuch einer Sprachübertragung mit Funkeninduktor durch David Edward Hughes (1831-1900) an der Royal Society London mit 66 Meter Distanz. Der Sender bestand aus einem selbst erfundenen Kontaktmikrofon an einer Induktionsspule mit Funkeninduktor, einem durch Uhrwerk angetriebenen Unterbrecher, Batterie und Funkenstrecke, sowie symmetrischen Antennenstäben. Der Empfänger war mit seinem erfundenen Kohle-Stahl-Detektor (überliefert: Kohlestück, Stahlnadel und Kopfhörer) ausgestattet. Nach heutiger Ansicht dürfte im VHF-Band 2 gesendet worden sein. Hughes hat seine Versuche nie veröffentlicht und wurde wenig beachtet [5]. Er war seiner Zeit wahrscheinlich zu weit voraus.

Die Experimente von Heinrich Hertz mit aufgeladener Leidener Flasche, Funkenstrecke und Spulen erfolgten 1886 bei ca. 80 MHz (nach heutiger Ansicht) mit gedämpfter Schwingung bei Entladung [2]. Bei den weiteren Experimenten 1888 benutzte Heinrich Hertz einen Funkeninduktor [6], Funkenstrecke und eine Dipol-Antenne mit Kugeln, der Empfang erfolgte mittels Dipol-Antenne mit Funkenstrecke bei ca. 60 bis 75 MHz (Bild 2) [2] und [7].

1895 sendete der russische Funkpionier Alexander Stepanowitsch Popow (1859 – 1906) 30 km weit. Sein Sender entsprach prinzipiell dem von Hertz, die Funkenstrecke war auf einer Seite mit Erde, die andere mit einer Langdrahtantenne verbunden, der Funkeninduktor wurde primär getastet. Sein Empfänger wird für einige Jahre zum Standard, er besteht aus Branly-Kohärer mit Erschütterung (refresh) durch Wagnerschen Hammer und Morseschreiber.

Im Jahr darauf gab es Versuche mit Hertzschen Wellen durch den deutschen Elektroingenieur Adolf Slaby (1849-1930) mit etwa 100 m Reichweite, den Erfinder Nicola Tesla (1856-1943) in den USA mit 32 km und den Italienischen Funkpionier Guglielmo Marconi (1874-1937) mit 2 km Reichweite. Dessen erster Sender entsprach prinzipiell dem von Popow. Dem kanadischen Erfinder Reginald Fessenden (1866-1932) gelang 1902 die Entdeckung des Überlagerungsprinzips bei Funkversuchen. Die Frequenzmodulation wird später entscheidend für den UKW-Funk sein.

In den Jahren 1900 bis 1920 entwickelte sich die Funktechnik rasant. Nach den Lichtbogensendern (Bild 3) für ungedämpfte Schwingungen wurden die Löschfunkensender und die Maschinensender (mit Frequenzvervielfachung) entwickelt. Auf der Empfängerseite kamen nach den Kohärern (Fritter mit Wagnerschen Hammer) die gerade erfundenen Kristall-Detektoren zum Einsatz, sie machten Sprach- und Tonübertragung möglich. Die Entwicklung von Mikrofonen, Lautsprechern, Kopfhörern und mechanischer Tonaufzeichnung brachte weitere Möglichkeiten und Verbesserungen.

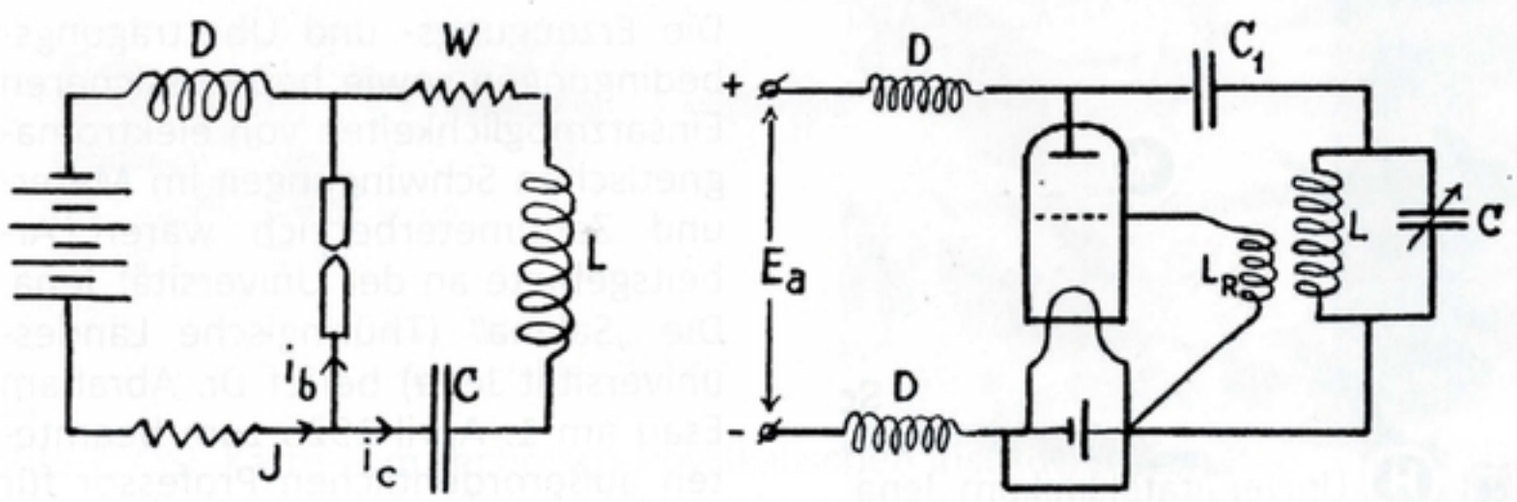
Die Röhrentechnik, entwickelt durch den österreichischen Physiker Robert von Lieben (1878-1913), den

Erfinder Lee de Forest (1873-1961) und andere Entwickler, öffnete den Weg zum Rundfunk. Eine Errungenschaft waren die Röhrensender (Bild 3) und Röhrenempfänger mit Rückkopplung, genannt Audion und 1901 der Superhet.

Die Zeit der frühen Entwicklung der Funktechnik ist im Buch „Radios von Gestern“ ausführlich beschrieben [4].

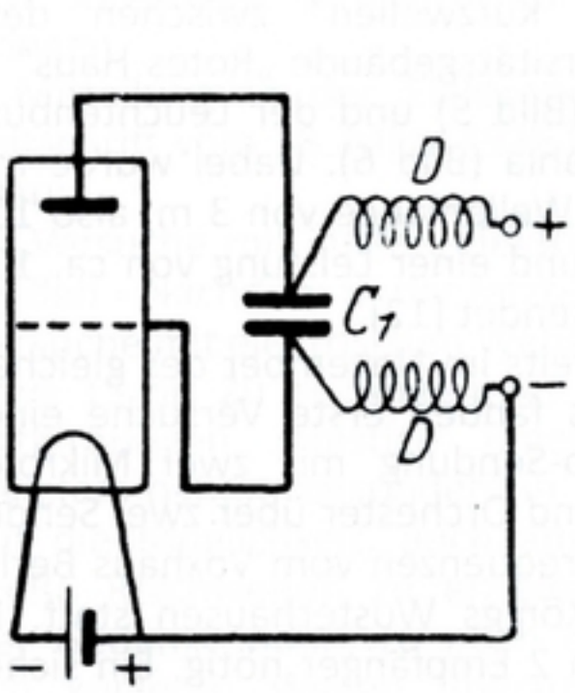
Am Anfang der Erforschung elektromagnetischer Wellen, also Ende des 19. Jahrhunderts, waren die Aufbauten von Sendern und Empfängern in dem später als Ultrakurzwelle bezeichneten Frequenzbereich von ca. 60 bis 100 MHz aktiv. Höhere Reichweiten wurden jedoch mit niedrigeren Frequenzen im Bereich der Lang- und Mittelwelle von ca. 10 bis 1600 kHz erzielt, erzeugt mit Maschinen- und Röhrensendern und über Bodenwellen verbreitet. Am Anfang des Rundfunkzeitalters wurde in diesen Bereichen gesendet, jedoch waren bald weltweit diese Frequenzbereiche voller Sender, die sich auch gegenseitig gestört haben.

Die Benutzung des Frequenzbereiches der Kurzwellen von 1,6 MHz bis 30 MHz wurde ausgebaut, weltumspannend eingesetzt und über Ionosphären-Reflektion verbreitet. Forscher und Funkamateure wollten jedoch höher hinaus und befassten sich mit noch höheren Frequenzbereichen.



a) Lichtbogensender b) Röhrensender mit Rückkopplung

Bild 3: Senderentwicklung vom Lichtbogen zur Röhre mit Rückkopplung erstellt aus [08] Seite 17



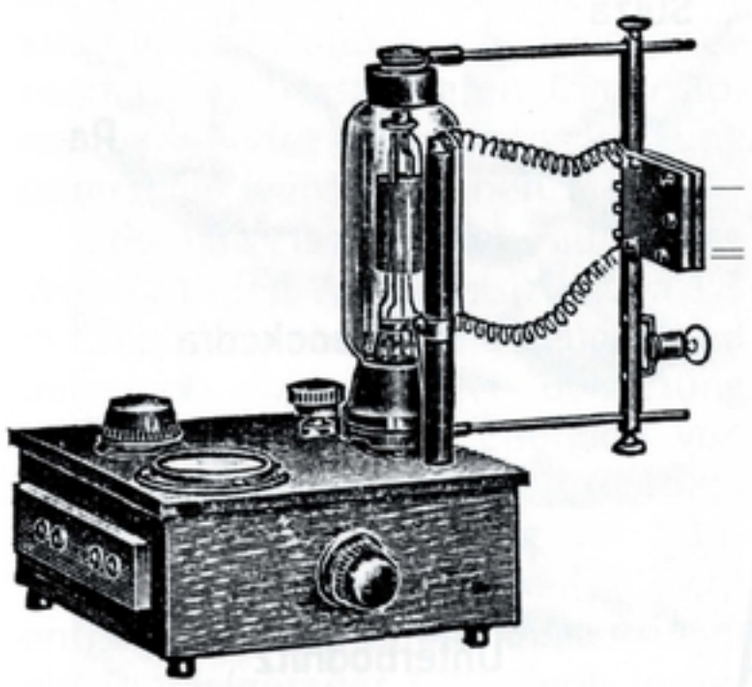


Bild 4: Röhrensender für den UKW-Bereich mit Rückkopplung, die Induktivität des Schwingkreises bestand aus einer „Windung“ (Metallstäbe) mit integriertem Koppel-Kondensator; die Abstimmung war durch Verschieben des vertikalen Stabes möglich, erstellt aus [8] Seiten 20 und 24

Erste Ereignisse im UKW-Frequenzbereich und des Rundfunks

Der KW- und UKW-Wellenbereich war in den 1920er Jahren noch nicht vertraglich festgelegt, beide standen noch nicht im Blickfeld der Entwicklung. Der erste Genfer Wellenplan von 1926 sah 99 Kanäle im Mittelwellenbereich von 500 kHz bis 1500 kHz mit einem Raster von 10 kHz vor. 1927 wurde in Washington D.C. der Langwellenbereich zwischen 150 kHz und 224 kHz festgelegt. Auch im Luzerner Wellenplan von 1933 waren noch keine Bereiche für KW und UKW festgelegt. Sie waren quasi „herrenlos“ und konnten von Forschern und Amateuren benutzt werden [9]. Die ersten Versuche mit Sendern im UKW-Bereich waren von

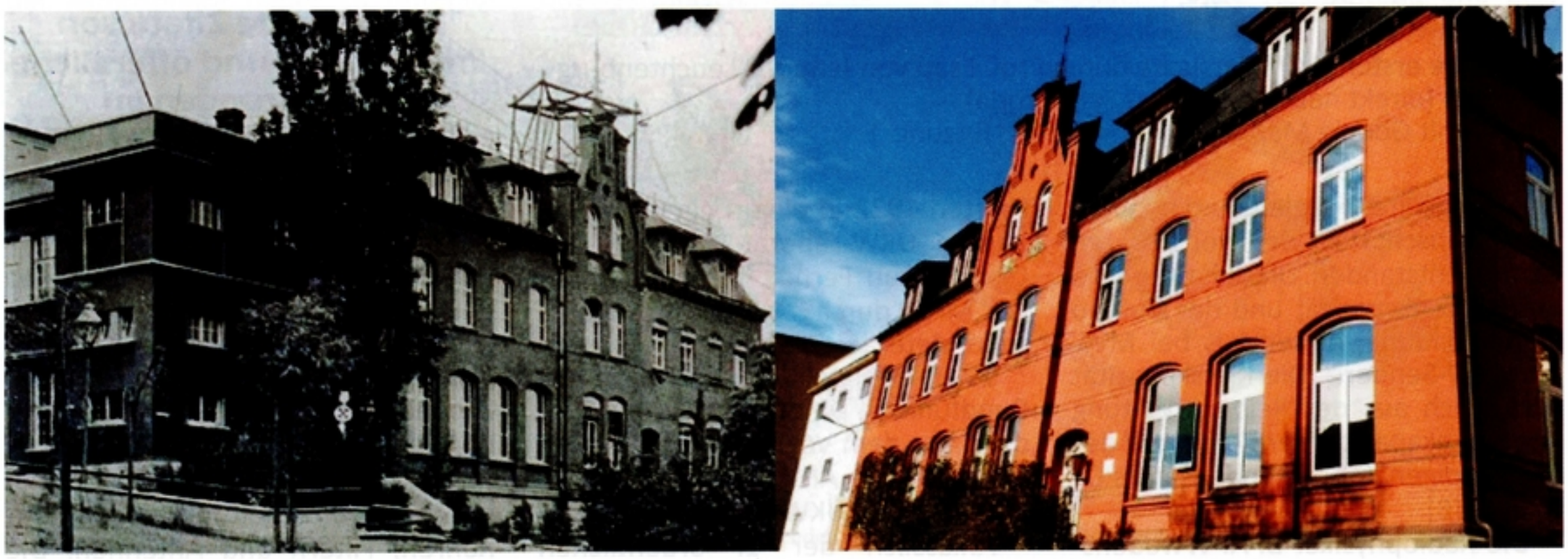


Bild 5: „Rotes Haus“ um 1925 und heute Bilder: FSU Jena

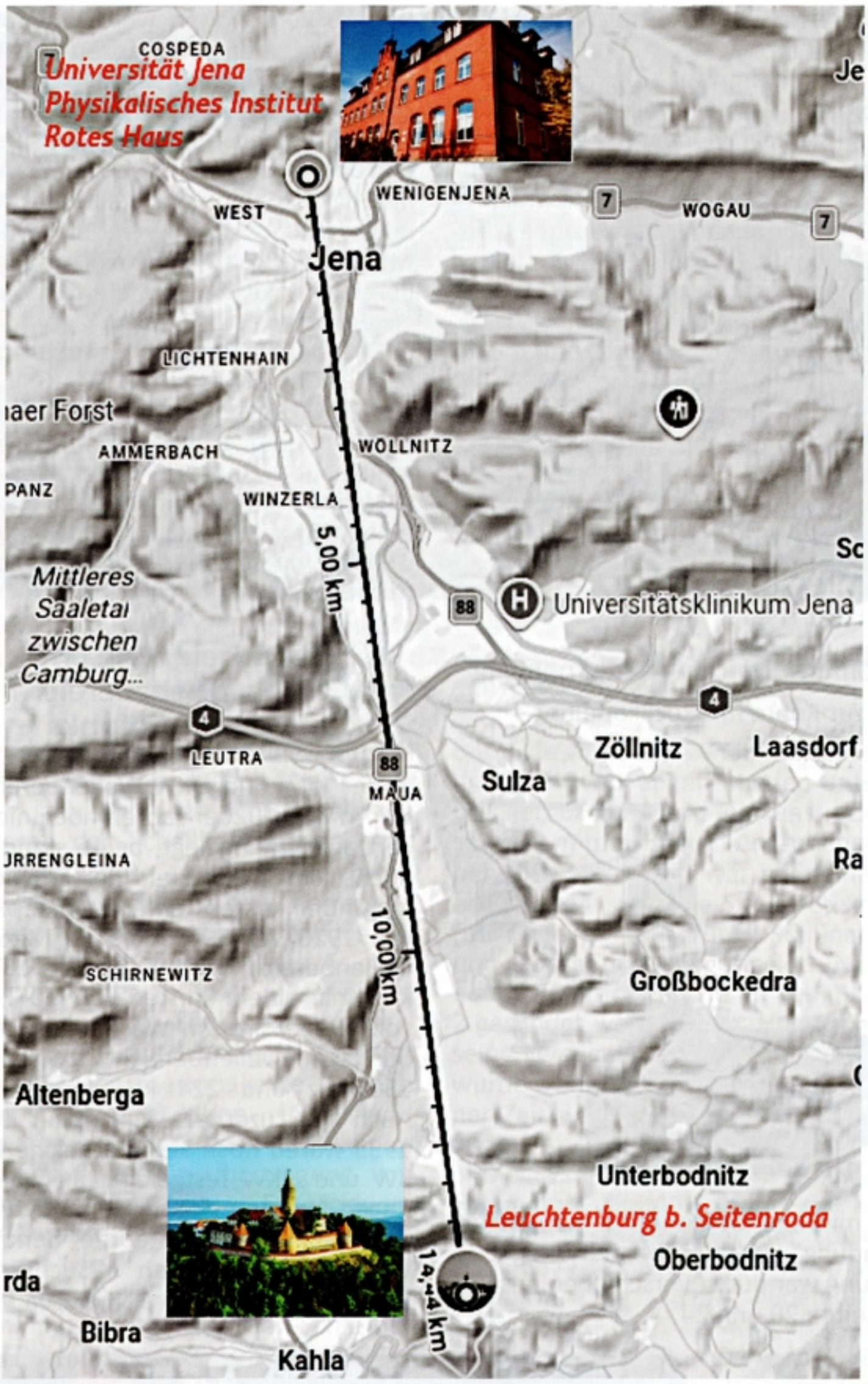


Bild 6: Die ersten UKW-Versuche durch Prof. Esau von Jena zur Leuchtenburg bei Kahla (direkt neben dem Dorf Seitenroda)
erstellt mit Google Maps (Copyright „faire Nutzung“)

Schwierigkeiten begleitet, die durch die Eigenschaften der verfügbaren Röhren entstanden. Diese hatten eine hohe Eigenkapazität und der Aufbau wurde dadurch anders als bei MW- oder KW-Sendern. Die Kreiskapazität ergab sich aus der Reihenschaltung von Eigenkapazität der Röhre und des notwendigen Koppelkondensators C1 (Bild 4) [8].

Die Radiophysiker B. A. Wwedenski (1893-1969) und A. I. Danilewski führten 1922 in einem eigens aufgebauten UKW-Laboratoriums an der Uni Moskau Fernmeldeversuche auf 79 MHz durch, Reichweite einige zehn Meter [10].

1923 erfolgte die Einführung des Rundfunks in Deutschland, erste Sendung aus dem Voxhaus Berlin am 29. Okt. 1923, in AM auf MW 750 kHz, weit weg von UKW.

Anlässlich der 1. ordentlichen Hauptversammlung des Funktechnischen Vereins in Deutschland, eines Vorgängers des heutigen Amateurfunkvereins DARC, hielt Oberingenieur Dr. Esau am 29. Januar 1925 einen Experimentalvortrag mit dem Titel: „Die Amateure und die kurzen Wellen“ [11]. Damals waren die Funkamateure wichtige Akteure bei der Erschließung neuer Frequenzbereiche.

Die Erzeugungs- und Übertragungsbedingungen sowie betriebssicheren Einsatzmöglichkeiten von elektromagnetischen Schwingungen im Meter- und Zentimeterbereich waren Arbeitsgebiete an der Universität Jena. Die „Salana“ (Thüringische Landesuniversität Jena) berief Dr. Abraham Esau am 1. April 1925 zum beamteten außerordentlichen Professor für technische Physik, verbunden mit seiner Ernennung zum Direktor des Technisch-Physikalischen Instituts.

Prof. Abraham Esau machte seine ersten Versuchssendungen mit „kürzeren Kurzwellen“ zwischen dem Universitätsgebäude „Rotes Haus“ in Jena (Bild 5) und der Leuchtenburg bei Kahla (Bild 6). Dabei wurde mit einer Wellenlänge von 3 m, also 100 MHz und einer Leistung von ca. 100 W gesendet [12].

Bereits im November des gleichen Jahres fanden erste Versuche einer Stereo-Sendung mit zwei Mikrofonen und Orchester über zwei Sender und Frequenzen vom Voxhaus Berlin und Königs Wusterhausen statt. Es waren 2 Empfänger nötig. Ein sicher beeindruckender „stereoakustischer“ Versuch [13]. Die Idee wurde erst 30 Jahre später zum Standard der Luxusgeräte.

Interessante Zitate von Prof. A. Esau und öffentliche Vorführungen im Zusammenhang mit UKW

(Alle Zitate in der Schreibweise im Original.)

Auf der Tagung des Thüringischen Philologen-Verbands am 7. Oktober 1925: „Die Wellen auf denen wir telephonieren, sind zu lang oder – was das selbe ist – nicht hochfrequent genug!“ Er nannte die Vorteile wie besserer Klang, weniger Störungen und die bessere Schaltungstechnik mit Röhren, Filtern und Antennen. Die Forderung: „Kurze Wellen!“ [14]. Er



Bild 7: QSL-Karte vom Technisch-Physikalischen Institut, Jena mit Unterschrift von Lothar Rohde (Student und Doktorand bei Prof. Esau) zur Verfügung gestellt von DokuFunk Wien, www.dokufunk.org

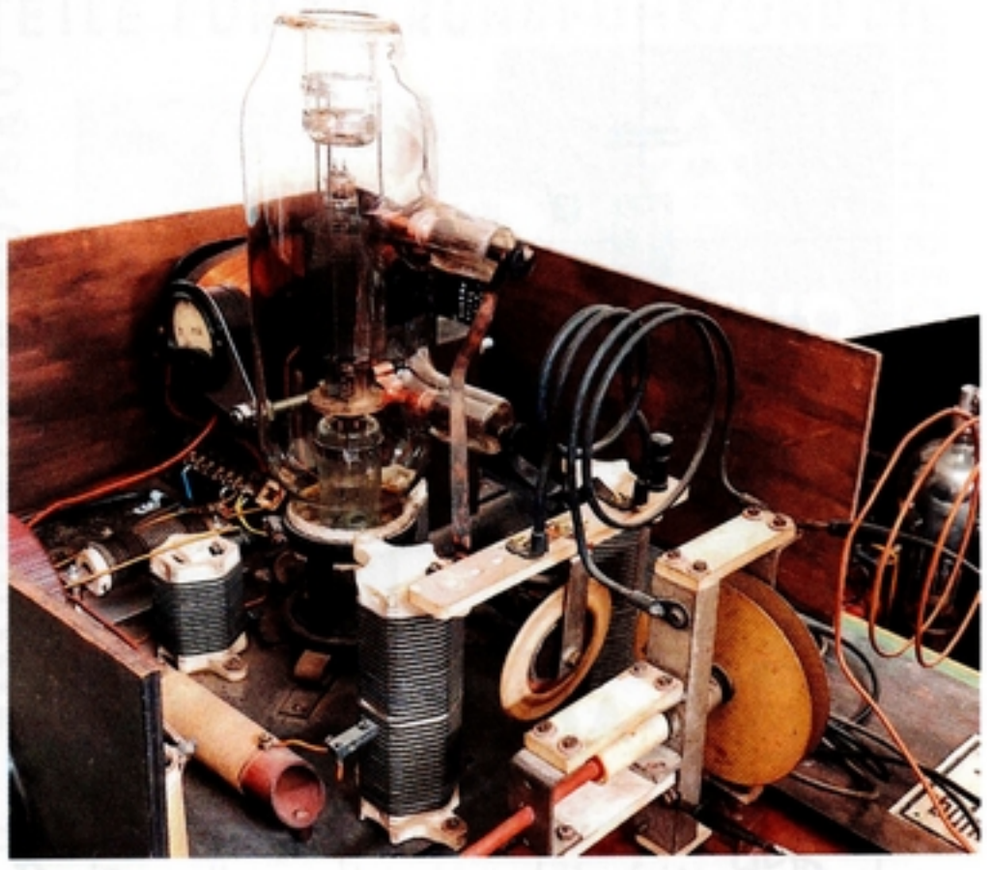


Bild 8: UKW-Sender aus der Sammlung vom Institut für Festkörperphysik der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Bild: P. Sperrhake

war also auch populärwissenschaftlich unterwegs, um UKW voran zu bringen.

Mitteilung in der Elektronischen Zeitschrift vom 18. März 1926 von A. Esau:

„Versuche mit kurzen elektrischen Wellen - Nachdem in der letzten Zeit Versuche mit elektrischen Wellen von etwa 15 bis 20 m Länge über große Entfernungen günstige Ergebnisse geliefert haben, besonders in Bezug auf die Möglichkeit, auch am Tage große Reichweiten zu erzielen, lag der Gedanke nahe, zu noch erheblich kürzeren Wellen überzugehen und ihr Verhalten in Abhängigkeit von der Umgebung des Sender- und Empfangsortes als auch der Beschaffenheit des Zwischengeländes und der Atmosphäre näher zu untersuchen. Man hat dabei den Vorteil, daß die Abmessungen der Antennen sehr klein werden und Spiegel von praktisch leicht herstellbaren Dimensionen verwendet und in ihrer Wirkung untersucht werden können....

Jedenfalls lassen sich auf diese Weise zur Zeit Wellen bis zu etwa 1,3 m Länge betriebssicher erzeugen und betreiben, wobei unter Benutzung von nur einer Röhre Energien von mehr als ½ kW ausgestrahlt werden. Einer weiteren Steigerung auf 1 bis 1,5 kW stehen Schwierigkeiten nicht entgegen. Als Antenne kann sowohl ein Dipol (gerader Draht von insgesamt λ/2 Länge) als auch jede andere Form verwendet werden, wobei es gleichgültig ist, ob die Kopplung zum erzeugenden Kreis induktiv, kapazitiv oder galvanisch ist...."[15]

Er beschrieb dann recht ausführlich die aufgetretenen Schwierigkeiten beim Aufbau der Empfänger und deren Lösungen:

„Während in der Richtung nach Süden, die einigermaßen frei von Bergen ist, mühelos 20 km ohne Anwendung von Verstärkern und hohen Antennen überbrückt werden konnten, trotzdem die Wellen über die Häusermassen der Stadt hinweggehen mußten, gelang es nicht nach Norden hin, wo unmittelbar hinter dem Aufstellungsorte des Senders mehrere hundert Meter hohe Bergmassive steil ansteigen, auch nur wenige Kilometer Reichweite zu erzielen. Erst als der Sender auf einer der überragenden Bergkuppen aufgestellt wurde, ergab sich eine nach allen Richtungen gleichmäßige Ausbreitung und gute Reichweite..." [15] (Bild 6).

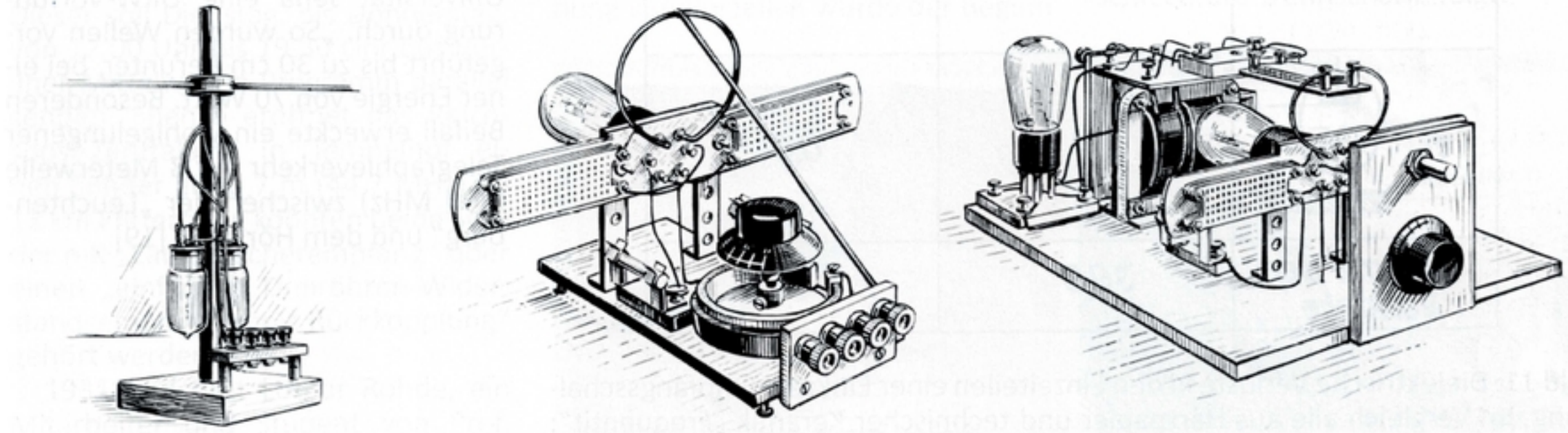
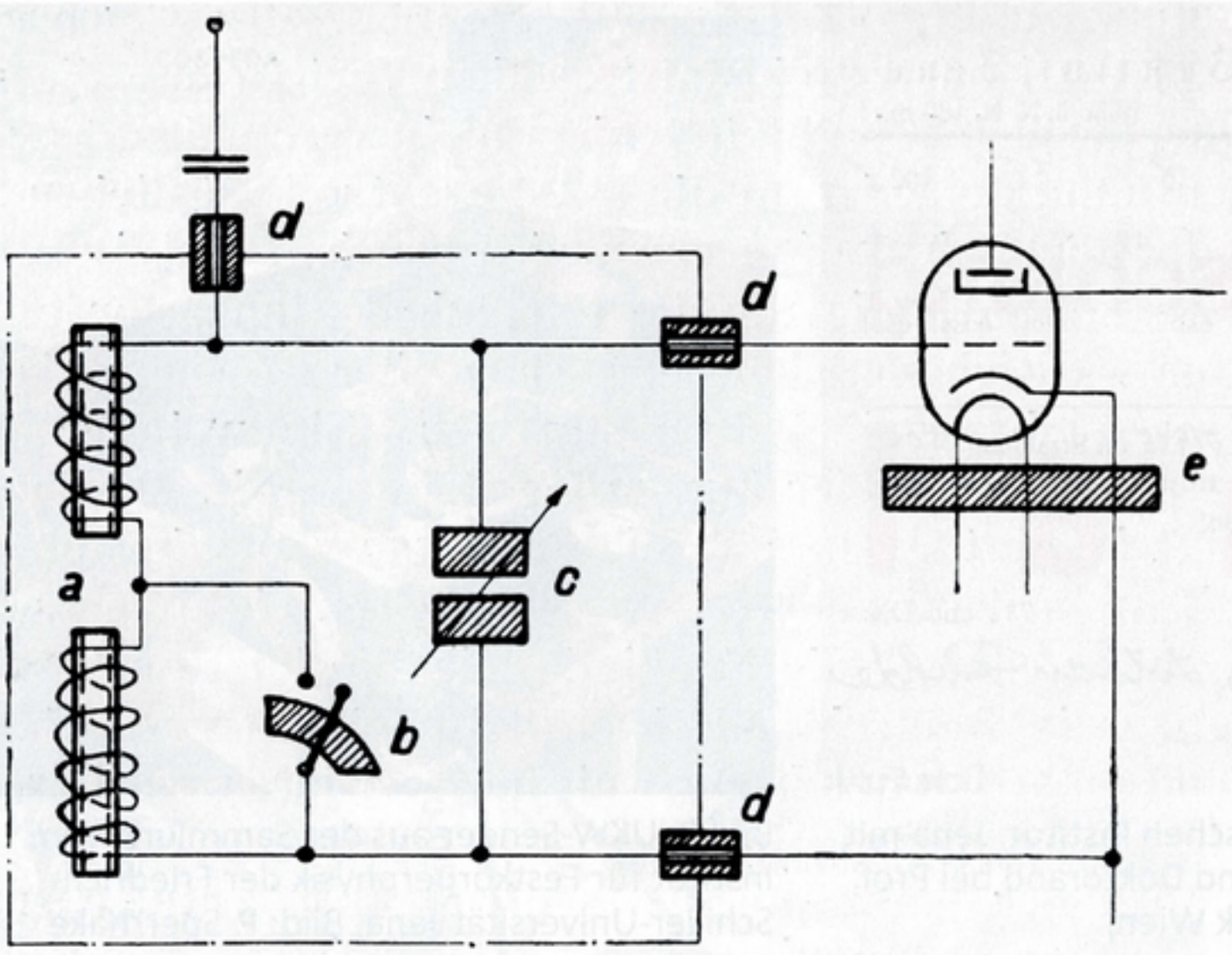


Bild 9: Zeichnungen von UKW-Sendern und Empfänger, erstellt aus [18], Zeichnungen von Herbert Weymann



Schaltelement	Verlustwiderstand in Ω bei Hartpapier	Frequentit
a	2	0,5
b	3,8	1,0
c	22	13
d	2	0,5
e	1,1	0,8
Summe der Verluste	30,9	15,8

Bild 11: Dielektrische Verluste in den Einzelteilen einer Einkreis-Empfangsschaltung, im Vergleich alle aus Hartpapier und technischer Keramik „Frequentit“: a Spulenhalter oder Anschlussleiste, b Spulen-Umschalter, c Drehkondensator und Spulenträger, d Durchführungen, e Röhrenfassung.
aus [8], S. 62

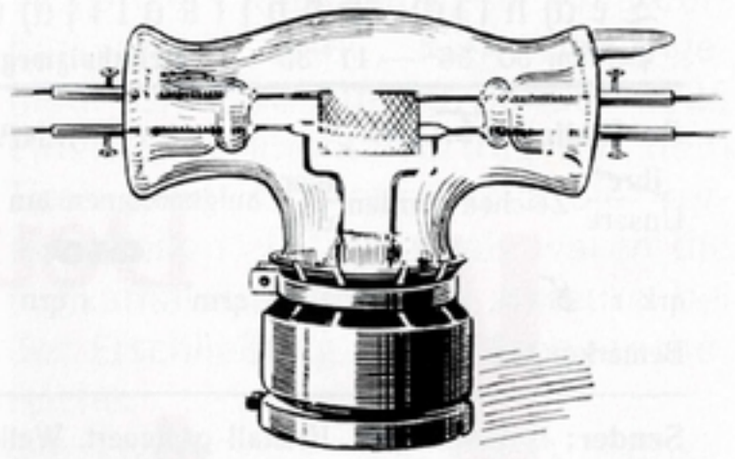


Bild 10: Bremsfeldröhre zur Erzeugung ultrakurzer Wellen aus [18], Zeichnungen von Herbert Weymann

Am 16. und 17. Januar 1926 fand die Erste Kurzwellentagung deutscher Funkamateure und Gründung des D.S.D. (Deutscher Sende-Dienst) am Physikalischen Institut der Universität Jena statt. Prof. A. Esau wurde Vorsitzender des D.S.D. Auf dieser Veranstaltung wurde die erste öffentliche UKW-Sendung durch ihn auf 94 MHz mit bis ¾ kW Leistung durchgeführt. Bei all diesen Versuchen wurde noch mit AM gearbeitet [16][17]. An der Universität Jena wurde im Rahmen der Ausbildung der Hochfrequenztechniker eine Funkstation mit dem Rufzeichen EK4AAL betrieben (Bild 7). Aus dieser Zeit sind heute noch Versuchsaufbauten von Röhrensendern vorhanden (Bild 8). Sender und Empfänger wurden damals von Technikern und Amateuren selbst gebaut und damit experimentiert. Bilder und Beschreibungen von Laborgeräten wurden in der Funkpresse verbreitet (Bild 9) [18].

Am 26. September 1927 führt Prof. A. Esau auf der Tagung des Deutschen Funktechnischen Verbandes am Technisch-Physikalischen Institut der Universität Jena eine UKW-Vorführung durch. „So wurden Wellen vorgeführt bis zu 30 cm herunter, bei einer Energie von 70 Watt. Besonderen Beifall erweckte ein wohlgelungener Telegraphieverkehr auf 3 Meterwelle (100 MHz) zwischen der „Leuchtenburg“ und dem Hörsaal.“ [19]

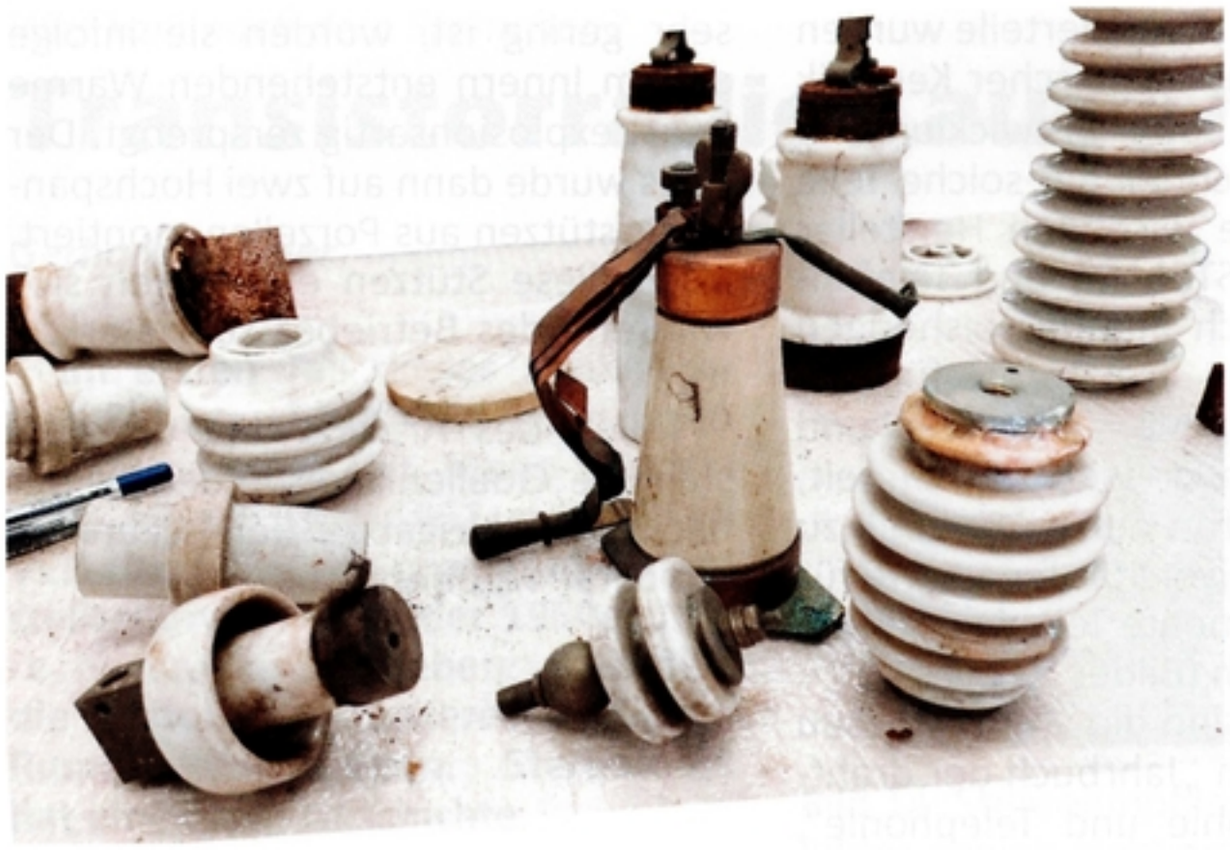


Bild 12: Keramik-Teile aus einem Fund der Friedrich Schiller Universität Jena im Institut für Festkörperphysik
Bild: P. Sperrhake



Bild 14: Technische Keramik für Isolierteile, produziert im Porzellanwerk in Hermsdorf, Werbung aus den 30er Jahren, Sammlung VRTG e.V.

Weitere wichtige Ereignisse bei der Entwicklung des UKW-Rundfunks

1927 beginnt Edwin Howard Armstrong in den USA die Entwicklung der technischen Grundlagen für UKW-Rundfunk mit Breitband-Frequenzmodulation. Diese ermöglichte später erst eine Übertragung im gesamten menschlichen Höhrbereich, bald „HiFi“ genannt [16].

Hans Bredow, Direktor des Reichspostministeriums seit 1919, wies bei einer Tagung in Wien 1930 darauf hin, dass zur störungsfreien Verbreitung von Rundfunk-Programmen im Nahbereich UKW-Sender eingesetzt werden könnten [18].

Im Dezember 1930 nimmt die Telefunken-Gesellschaft einen Sender mit 7,05 m (42,5 MHz) in Betrieb. Dieser soll Dienstag. bis Donnerstag. von 17.00 Uhr bis 19.30 Uhr das Berliner Mittelwellen-Programm parallel senden. Ebenso eröffnet das Reichspost-Zentralamt in Tempelhof einen Sender auf 6,7 m (44,7 MHz). In 12 km Entfernung konnten beide Sender mit „Lautsprecherempfang“ über einen „einfachen Dreiröhren-Widerstandsempfänger mit Rückkopplung“ gehört werden [20].

1931 berichtet Lothar Rohde, ein Mitarbeiter und Student von Prof. Esau, über eine Funk-Life-Reportage aus Jena zum Leipziger Funkhaus [16].

Probleme mit Röhren und Isolierteilen bei hohen Frequenzen und Leistungen

„Schaltungen, die auf Wellenlänge 5 m (60 MHz) noch einwandfrei arbeiteten, versagten bei 4 m (75 MHz) oder 3 m (100 MHz). Nicht einmal die tausendfach erprobten und bewährten Rückkopplungsanordnungen wollten mehr schwingen.“ [18] Schaltungen und Röhren mussten also verändert werden. Senderöhren wurden kleiner und verlustärmer entwickelt, Fassungen brauchten andere Materialien (Bild 10). Für UKW-Empfänger wurden besonders konstruierte Röhren entwickelt. Bei Aufbauten von Sendern und Empfängern für hohe Frequenzbereiche kam es mit zunehmender Leistung und Frequenz zu Problemen mit den Isolierbauteilen in den HF-Baugruppen. Nach Verwendung von Porzellan wurde der Beginn der Entwicklung technischer Keramik für den HF-Bereich angeregt. Einen Überblick über die Verbesserung, die sich mit hochwertigen keramischen Isolierwerkstoffen im Empfängerbau erzielen lässt, zeigt Bild 11. Addiert man die Einzelverluste, die in der Isolierung aller Bauteile entstehen, kann man die Gesamtverluste erkennen. Die Überlegenheit der neuen keramischen Massen über die bisher gebräuchlichen Isoliermaterialien wird offensichtlich. Die dielektrischen Verluste sind in ihrer Größe von der Höhe der Spannung abhängig, sie steigen mit dem Quadrat der Spannung an.

In Rundfunkempfängern sind Isoliermaterialien nur sehr kleinen Spannungen ausgesetzt, die Verluste haben kaum äußere Wirkungen, sie zeigen sich aber in einer stumpferen und weniger steilen Resonanzkurve, wodurch kleinere Verstärkung und schlechtere Trennschärfe folgt.



Bild 13: Aus einem Fund, Packschein der HESCHO und ein Paket von Telefunken an Prof. Esau.
Bild: P. Sperrhake

Grundsätzlich anders ist das in einem Sender: Es treten sehr hohe HF-Spannungen auf, so dass die Verlustleistungen große Werte annehmen, der Wirkungsgrad wird schlechter und die Isolierteile sind starker Erwärmung ausgesetzt. Bei ungeeigneten Isolierstoffen kann die Erwärmung so groß werden, dass es zu einer Zerstörung der Isolierteile führt. Infolge kräftiger Streufelder befinden sich viel mehr Konstruktionselemente im kräftigen Hochfrequenzfeld. Die Verluste wachsen stark an, weil der dielektrische Verlust mit der dritten Potenz der Kreisfrequenz ansteigt. Die Verwendung verlustarmer Steatit-Materialien (tech. Keramik aus Magnesium-Silikat) ist aus diesem Grunde dort geboten, wo hohe Feldstärken auftreten, so bei Isolierteilen innerhalb der Schwingkreise, bei Kopplungsteilen und HF-Leitungen. Stützen für Spulen, Kondensatoren, Instrumente, Widerstände, Drosseln, Durchführungen, Drehachsen und Dielektrika von Kondensatoren sollten aus hochwertigem keramischen Material bestehen. Die Verlustminderung durch keramisches Material ist also nötig, vor allem bei Sendern. [8]

Die Elektroindustrie in Deutschland entwickelte sich in den Jahren rasant. Firmen wie Siemens, Telefunken, AEG u.a. wurden Hersteller von Röhren- und Hochfrequenztechnik. Die benötigten HF-Isolierteile wurden zunehmend aus technischer Keramik hergestellt. In den Entwicklungslaboren wurde schnell auf solche Teile umgestellt. Die wichtigen Hersteller wie HESCHO, STEMAG und Telefunken haben sich aus der bisherigen Produktion von Isolatoren für die Energieübertragung, Telegrafie und Telefonie heraus weiterentwickelt, um den Bedarf in der HF-Technik zu decken. Die Universität Jena hatte für ihre HF-Experimente Teile von diesen Firmen bezogen (Bilder 12 bis 14).

Interessant sind die von Prof. Esau bereits 1930 im „Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie", S.10, mitgeteilten Erfahrungen, die er beim Bau eines Laboratorium-Senders, λ = 4 m (75 MHz), Leistung = 800 Watt, sammelte:

„Es war zunächst sehr schwierig, eine haltbare Montage des Sekundärkreises auszuführen, da sich bei Messungen, die mehr als 10 Minuten dauerten, die stützenden Isolatorteile derart erwärmten, das sie sich entweder deformierten, oder zu Bruch gingen. Insbesondere durften weder Hartgummi noch ähnliche Materialien in das Feld zwischen den Platten gebracht werden, weil sie sich darin außerordentlich stark erwärmten. Da an der Oberfläche solcher Isolatoren eine Abkühlung durch die Luft stattfindet und ihr Wärmeleitvermögen sehr gering ist, wurden sie infolge der im Innern entstehenden Wärme meist explosionsartig zersprengt. Der Kreis wurde dann auf zwei Hochspannungsstützen aus Porzellan montiert. Auch diese Stützen erwärmten sich während des Betriebes sehr stark..." [8]

Teil 2 des Artikels und die vollständige Quellenliste werden in der nächsten Ausgabe der „Funkgeschichte" veröffentlicht.

Autor: Peter Sperrhake
E-Mail: peter@sperrhake.com

Quellen:

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/Kopenhagener_Wellenplan, abgerufen am 3. Juli 2026, 10.03 Uhr
[2] Kuczerca, Josef: Heinrich Herz, S.28 bis 51, 1975, BSB B.G.Teubener Verlagsgesellschaft
[3] https://de.wikipedia.org/wiki/Telegrafencode, abgerufen am 3. Juli 2026, 10.05 Uhr
[4] Erb, Ernst: Radios von Gestern, S. 26, 1989, M+K Computerverlag (CH)
[5] Hill, Jonathan: RADIO! RADIO!, expanded third edition, S. 8, 1996, Sunrise Press (GB)
[6] Wunder, L.: Streifzüge im Reiche der Elektritzität, S.187 bis 191, 1910, Peter J. Oestergaard Verlag
[7] Schnetzler, Eberhard: Elektronisches Experimentierbuch, S.230 bis 273, 1909, Union Deutsche Verlagsgesellschaft
[8] Bergmann, Ludwig: Versuche mit hochfrequenten, ungedämpften elektrischen Schwingungen und kurzen elektrischen Wellen, S. 20 bis 25, S. 74, 1932, Ferd. Dümmlers Verlag Berlin u. Bonn
[9] https://de.wikipedia.org/wiki/Genfer_Wellenplan_(1975). abgerufen am 3. Juli 2026, 10.09 Uhr
[10] Tschestnow, F.: Aus dem Reiche der Radiowellen, S. 62 bis 74, 1953, Verlag Degtis Moskau
[11] Aus den Vereinen und Verbänden - Funktechnischer Verein e.V., in FUNK Heft 35 Jahr 1924 S. 34-36
[12] Hoffmann, Dieter, Stutz, Rüdiger: Grenzgänger der Wissenschaft, S.136-179, 2003, Böhlau Verlag Köln Weimar Wien
[13] Riegler, Thomas: Meilensteine des Rundfunks (Band 2) S.75, 2008, Siebel Verlag
[14] Die Entwicklung der Radiotelephonie, Vortrag A. Esau Jenaer, in Volksblatt No 236, 36. Jg. 8. Oktober 1925
[15] Versuche mit kurzen elektrischen Wellen, in Elektrotechnische Zeitschrift, VDE Berlin, 47. Jg, Heft 11, 10. März 1926.:
[16] Pfau, Hagen: MDR Radiogeschichten, UKW-Die Welle der Freude, S 239-241, 2000, Verlag Klaus-Jürgen Kamprad
[17] Die Wünsche der deutschen Kurzwellensender, S. 63, zur Tagung des D.S.D, in FUNK Heft 8 Jahr 1926
[18] Conrad, Walter: Forscher – Funker – Ingenieure, Auf allen Wellen, S.129 bis 140, 1967, VEB Fachbuchverlag Leipzig.
[19] DAS NEUESTE Die Tagung des Deutschen Funktechnischen Verbandes, S. 7, in FUNK Heft 40 Jahr 1927:
[20] Erster UKW-Rundfunk-Empfangsversuch, „Lautsprecherempfang auf Anhieb" Funk-Bastler Heft 5 Jahr 1931, S. 72