

# VOM ERSTEN DEUTSCHEN RUNDFUNKSENDER ZUM HEUTIGEN GROSSENDER

Von Walter Schäffer

Walter Schäffer, Oberingenieur, Vorstand des Senderlaboratoriums. Bei Telefunken von 1916 — 1925. Z. Zt. (1928) beratender Ingenieur im Reichspostzentralamt, Berlin-Tempelhof. [1]

Der Artikel „Vom ersten Deutschen Rundfunksender zum heutigen Großsender“ erschien im „Rundfunk-Jahrbuch 1930“. [2] Er wurde für das Radiomuseum neu kompiliert und mit erklärenden Ergänzungen als Fußnoten und zusätzlichen Abbildungen versehen.

## Nach etwa fünfjährigem Rundfunkbetrieb

ist es von Interesse zu beobachten, in welchem Maße die Entwicklung der für die Zwecke des Rundfunks gebrauchten Sendertypen fortgeschritten ist.

Die ersten Rundfunksender waren fast alle von einfachster Schaltung und Bauart. Die Modulation wurde mit Hilfe der bekannten Gittergleichstrom-Beeinflussungsmethode durchgeführt, und zwar erfolgte die dafür erforderliche Einwirkung unmittelbar auf das die Schwingung erzeugende Rohr. Die einzelnen Teile des Senders und der Röhrensockel waren auf einen Tisch aufgeschraubt (Abb. 1). Diese Art der Montage hatte den besonderen Vorteil der guten Übersichtlichkeit.

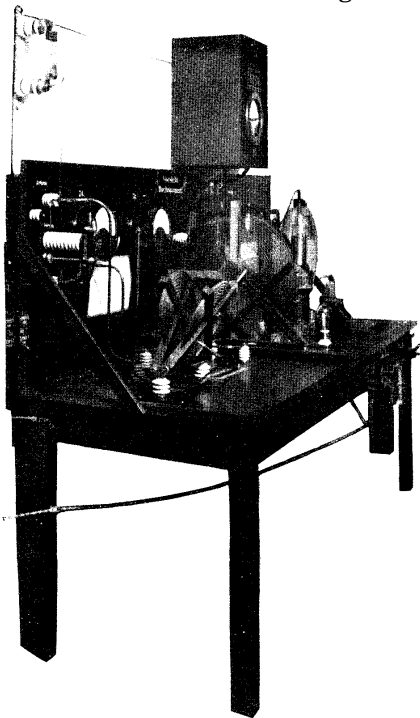
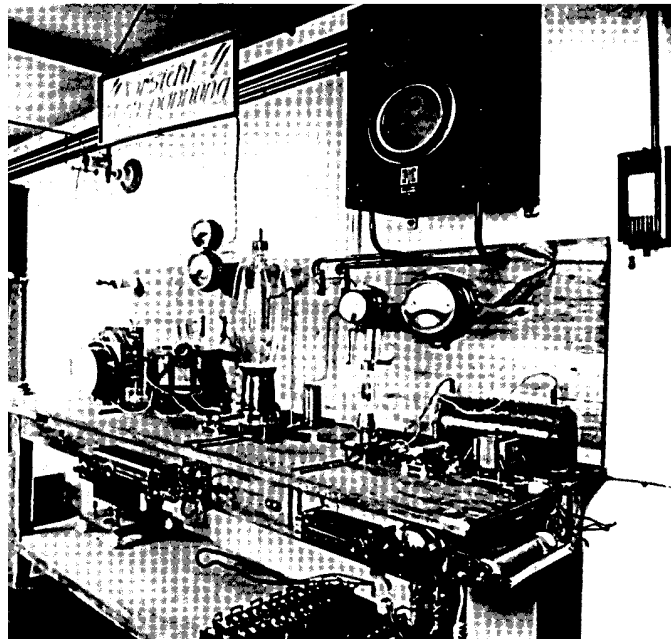


Abb. 1. Rundfunksender in einfacher Ausführung



Rechtes Bild: Der 2. Mittelwellensender (Telefunken) im Vox-Haus, Ende 1923 [3] [4] <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Der 2. Mittelwellensender im Vox-Haus ist der erste von Telefunken. Er ersetzte ab Dezember 1923 den 1. Mittelwellensender, der von der Reichspost stammte und von Friedrich Weichart erstellt wurde [6]. Der Telefunken-Sender wurde bereits im Juli 1924 außer Betrieb genommen, da der offene Aufbau sich im Betrieb als zu unsicher erwies. Er wurde abgelöst durch einen Nachbau dieses 2. Typs durch das TRA, der mit einem Berührungsschutz versehen war. Anfang 1925 wurde der Senderbetrieb im Vox-Haus eingestellt. [4]

Ein Schwingungskreis war vorhanden, der einerseits seine Energiezufuhr von der Röhre erhielt, und der andererseits an den angekoppelten Antennenkreis wiederum die Energie abgab. An jedem Sender wurde damals ein Schwingungsrohr benutzt, das bei 3000 Volt Betriebsspannung eine Hochfrequenzleistung von 500 Watt abzugeben in der Lage war. Diese Leistung kam bei der Telephonie nur in den Momenten höchster Lautstärke zur Wirkung, die mittlere, von der Röhre abgegebene Telephonieleistung betrug nur 125 Watt. Da der Wirkungsgrad der Übertragung vom Schwingungskreis zur Antenne etwa 50 % betrug, war die Antennenleistung nicht mehr als 60 Watt.

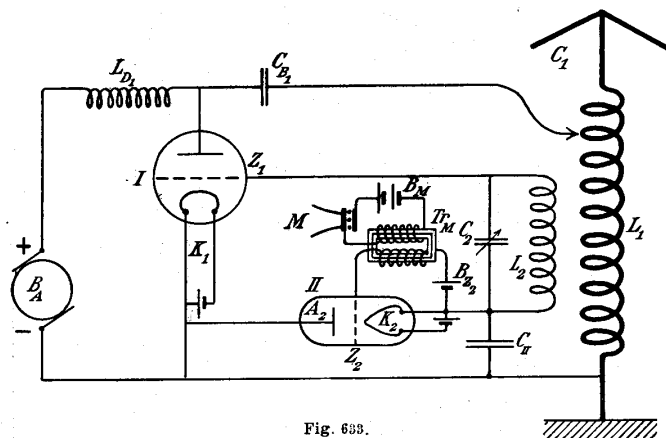


Fig. 633.

Prinzipschaltbild des 2. Vox-Haus Senders [5]<sup>2</sup>

Zur Zeit des Betriebes des ersten Rundfunksenders waren nur zwei Sender mit andersartiger Wirkungs- und Bauweise kurze Zeit im Betrieb. Der eine, eigentlich der erste, im Funkhaus, Potsdamer Str. 4, aufgestellte, arbeitete in der von Amerika und England übernommenen Heising-Latour-Schaltung.

Seine Arbeitsweise war aber nicht voll befriedigend, weil die deutschen Röhren die für diese besondere Schaltung erforderlichen Eigenschaften nicht hatten. Ebenso ging es einem zweiten, nach derselben Schaltung vorübergehend am Magdeburger Platz aufgestellten Heising-Sender.

Der zweite, zu den Ausnahmesendern gehörige Sendertyp, war ein Maschinensender, der auch am Magdeburger Platz versuchsweise vorübergehend in Betrieb war. Aber auch dessen Arbeitsweise war damals unbefriedigend. Es muß hierzu gesagt werden, daß Maschinensender für Rundfunkzwecke im Laufe der Zeit weiter entwickelt und vervollkommnet wurden, und daß jetzt in München ein Maschinensender größerer Leistung als Rundfunksender befriedigend arbeitet.

In Bezug auf den Bau von Röhrensendern hatte man damals die Ansicht, daß es zweckmäßig sei, die technische Ausführung mehr an die Art der gewöhnlichen elektrotechnischen Einrichtungen anzulehnen,

<sup>2</sup>Nach [5] stammt die Senderschaltung von Walter Schäffer und stellt ein Beispiel für die „bekannte Gittergleichstrom-Beeinflussungsmethode“ dar. Es handelt sich um einen Oszillator mit der Röhre 1 (frei schwingender einstufiger Sender). Die Amplitude der erzeugten Schwingung wird bestimmt durch den Arbeitspunkt der Schwing-Röhre. Dieser kann durch die Größe des Gitterableitwiderstandes (Gitter  $Z_1$ ) beeinflusst werden. Wird dieser Widerstand in Abhängigkeit des Schalles verändert, läßt sich die abgegebene Schwingung in ihrer Amplitude modulieren. Die damals verwendeten Reiß'schen Kohlemikrophone ( $M$ ) stellten einen solchen variablen Widerstand dar. Allerdings ist der Widerstandswert zu gering für eine unmittelbare Verwendung. Daher war eine Röhre 2 erforderlich, die als gesteuerter Widerstand in der Gitter-Kathoden-Strecke der Röhre 1 diente. Der geeignete Wert dieses Widerstandes ließ sich über die Gittervorspannung ( $B_{Z_2}$ ) der Röhre 2 einstellen. In der Oszillator-Röhre (1) entsteht infolge der Rückkopplung eine negative Spannung am Gitter ( $Z_1$ ). Daher muß Röhre 2 mit ihrer Kathode potentialmäßig mit dem Gitter der Röhre 1 verbunden sein. Die Anode der Röhre 2 liegt auf Masse und ist damit positiv gegenüber ihrer Kathode. Für die Röhre 2 kann eine wesentlich kleinere Type als für die Röhre 1 verwendet werden.

Mit einer solchen Schaltung konnte nur ein relativ geringer Modulationsgrad erzielt werden. Auch war der Wirkungsgrad (Verhältnis von aufgenommener Gleichstrom-Leistung zu abgegebener Hochfrequenz-Leistung) der Anordnung sehr niedrig. Dafür soll die Modulation (im Vergleich zu anderen damaligen Methoden) relativ sauber geklungen haben.

Durch die Steuerung des Arbeitspunktes einer Oszillator-Röhre wird die Rückkoppelbedingung des Oszillators variiert. Da bei einem Oszillator die Kreisverstärkung immer den (reellen) Wert 1 haben muß, bedingt eine Veränderung der Phase der Rückkopplung eine Frequenz-Änderung der erzeugten Spannung, also eine unbeabsichtigte Frequenz-Modulation (FM). Der zur Demodulation verwendete Hüllkurven-Gleichrichter (Detektor) ist aber unempfindlich gegenüber FM, so daß dies nicht störend in Erscheinung trat. Bei der schwachen Belegung des Rundfunkbandes zum Beginn der Radioubertragungen spielte weder die Stör-FM noch die geringe Stabilität der Mittenfrequenz eines frei schwingenden Oszillators eine Rolle. Als die Senderdichte jedoch zunahm, mußte auf größere Stabilität der erzeugten Frequenz geachtet werden. Man ging dann über auf Schaltungen mit separatem (quarzgesteuertem) Oszillator, Trenn-Verstärker (zur Entkopplung) und Sender-Endstufe. Die meisten der dabei angewendeten Modulations-Methoden ergaben einen geringen Wirkungsgrad des Senders.

und so wurde allmählich aus dem mehr oder weniger laboratoriumsmäßigen Tischaufbau ein Sender in der sogenannten Schalttafel-form. Alle Instrumente und Bedienungshandgriffe wurden auf einer Marmortafel angeordnet, und hinter dieser wurden die Hochfrequenzteile des Senders und die Röhren aufgestellt.

Die Schaltung blieb im großen und ganzen dieselbe, als Senderöhre verwendete man aber bereits eine solche größeren Typs mit einer maximalen Leistungsabgabe von 1,5 Kilowatt bei einer zugeführten Anodenspannung von 4500 Volt. Ein solches Rohr war in der Lage, an den Antennenkreis als Spitzenleistung auf Grund des Wirkungsgradverlustes zwischen Schwingungskreis und Antenne noch 750 Watt, entsprechend einer mittleren Telephonieleistung von rund 180 Watt, abzugeben.

Sehr bald reichte aber auch die Größe dieses Sendertyps nicht mehr aus. Bei den nächst größeren Sendern wurden bereits sechs solcher Schwingungsröhren in Parallelschaltung verwendet. Bei der Ausführung dieser größeren Sender wurde die Schalttafel-form noch beibehalten (Abb. 2), dagegen die Schaltweise verändert.

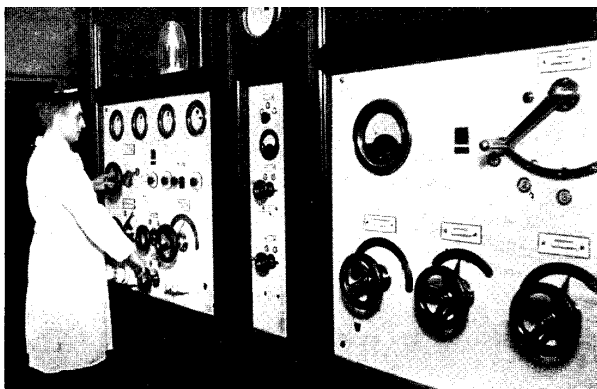


Abb. 2. 1,5 kW Rundfunksender in Schalttafel-form

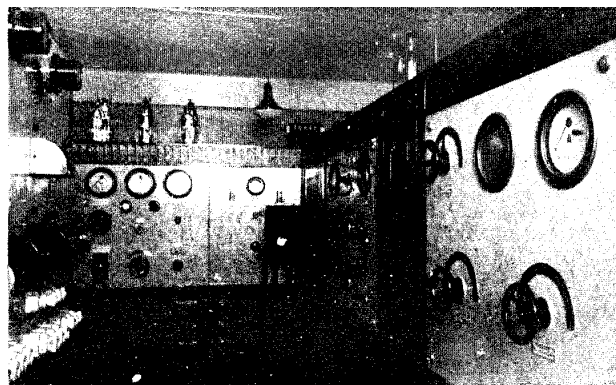


Abb. 3. 5 kW Rundfunksender mit Wasserkühlröhren

Um die Hochfrequenz möglichst konstant zu halten, benutzte man einen Steuersender, der die Aufgabe hatte, nur ungedämpfte Schwingungen zu erzeugen. Diese Hochfrequenzspannung wurde durch die Endstufe, die, wie erwähnt, aus sechs Röhren in Parallelschaltung bestand, verstärkt, und erst an dieser wurde die Modulation durch Anwendung der schon früher angewendeten Gittergleichstrom-Beeinflussung vorgenommen. Infolge der benutzten Fremdsteuerung war es möglich, die Antenne an den von den sechs Röhren gespeisten Zwischenkreis erheblich fester anzukoppeln als bei den früheren, selbst erregten Sendern, wodurch der Wirkungsgrad der Übertragung vom Zwischenkreis auf die Antenne wesentlich gesteigert werden konnte. Bei solchen Sendern war die an die Antenne abgegebene mittlere Telephonieleistung 1,5 Kilowatt. Sender dieser Leistung waren die normalen Rundfunksender in Deutschland. Ein vergrößerter Typ eines solchen Senders arbeitete längere Zeit in Königs Wusterhausen als der sogenannte „Deutschlandsender“. Bei diesem jetzt nur als Reserve benutzten älteren Deutschlandsender arbeiteten acht Röhren in Parallelschaltung auf den Zwischenkreis vor der Antenne mit einer Betriebsspannung von 10000 Volt und mit einer Maximalröhrenleistung von 2,5 Kilowatt für die Röhre, also insgesamt 20 Kilowatt. Demnach beträgt die mittlere Telephonieleistung im Antennenkreis 5 Kilowatt.

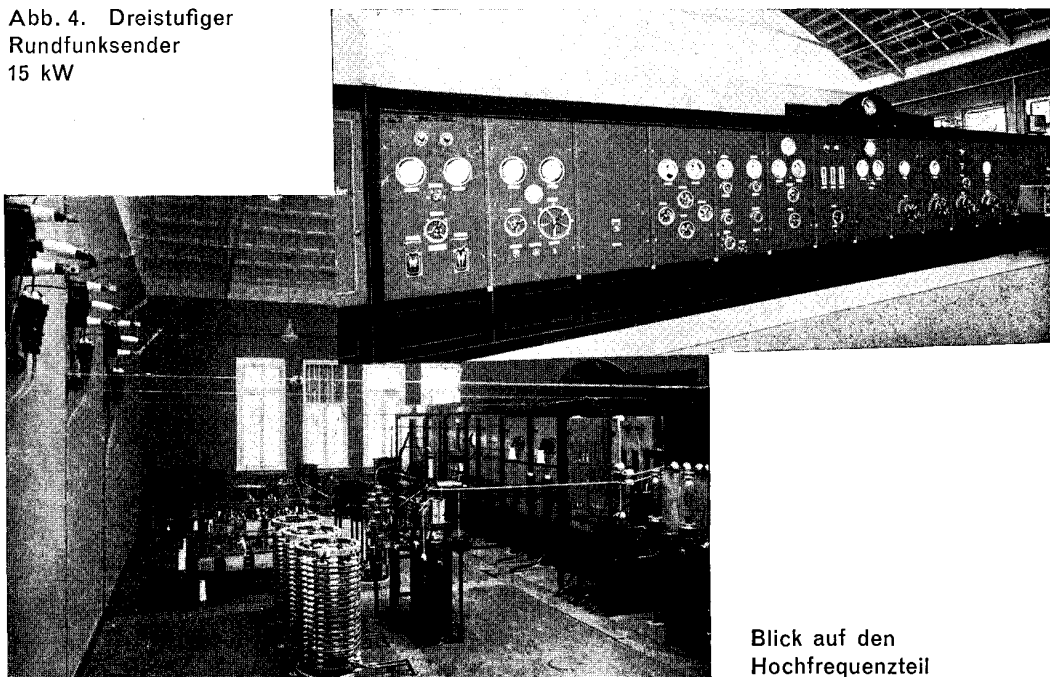
Zur weiteren Vergrößerung der Senderleistung wäre die Parallelschaltung einer noch größeren Zahl von Röhren erforderlich gewesen. Je mehr Röhren aber bei einem Sender parallel geschaltet sind, um so größer sind auch die Fehlerquellen beim Betriebe. Die Industrie war deshalb bemüht, Röhren mit größerer Einzelleistung herzustellen.

Glasröhren mit größerer Einzelleistung sind aber unausführbar, weil die in jeder Röhre freiwerdenden Wärmemengen so groß wurden, daß Temperaturen, die Glas nicht mehr verträgt, entstanden. Man mußte Mittel finden, um die entstehende Wärmemenge abzuleiten. So kam man zur wassergekühlten Röhre. Als Aufbaumaterial konnte bei diesen aus naheliegenden Gründen nicht Glas verwendet werden, infolgedessen ging man zu den jetzt bei größeren Sendertypen in Betrieb befindlichen wassergekühlten Röhren über, bei denen das Gehäuse der Röhren an demjenigen Teile, wo die Kühlung erfolgen muß, aus Metall besteht.

Der Rundfunksender Gleiwitz (Abb. 3) hat zwei Schwingungsröhren dieser Art, von denen jede eine Spitzenleistung von 20 Kilowatt abzugeben vermag. Seine mittlere Telephonieleistung beträgt aber nur etwa 5 Kilowatt, da er nicht mit voller Spannung betrieben wird. Dieser Sender ist noch vollständig in der Art der Schalttafel-Sender aufgebaut. Seine Schaltung ist gegenüber den nächst kleineren Typen unverändert geblieben. Er arbeitet mit einer Steuerstufe, die Modulation wirkt auf die zweite Stufe des Senders, an die der Antennenkreis über den Schwingungskreis angekoppelt ist.

Der nächst größere Sendertyp ist der des Langenberger Senders (Abb. 4). Bei diesem arbeiten in der letzten Stufe drei 20 Kilowatt-Röhren mit Wasserkühlung in Parallelschaltung. Schaltung und Aufbau des Senders sind gegenüber den früheren Typen wesentlich verändert.

Abb. 4. Dreistufiger  
Rundfunksender  
15 kW



Blick auf den  
Hochfrequenzteil

Man ging dazu über, nicht mehr mit zwei Stufen zu arbeiten, sondern mit drei Stufen. Die Modulation wurde nicht wie bisher durch Einwirkung auf die letzte Stufe, sondern auf die vorletzte erwirkt. Die dritte Stufe benutzt man, um eine größere Wellenkonstanz zu erzielen. Die erste Stufe ist für die Frequenz der ausgehenden Wellen maßgeblich, und durch Benutzung einer Zwischenstufe zwischen der ersten und dritten Stufe sind Rückwirkungen vom Antennenkreis oder der letzten Stufe ausgehend auf die erste, die Schwingung erzeugende, in hohem Maße vermindert. Wie bei den früher beschriebenen Sendern wird auch hier die Modulation mit Hilfe von Gittergleichstrom-Beeinflussung durchgeführt, aber man wirkt zu diesem Zweck nicht auf die Röhren der letzten Stufe, sondern auf die der vorletzten Stufe ein. Hierdurch erzielt man den Vorteil, daß man zur Durchführung der Modulation mit verhältnismäßig sehr wenig umfangreichen Mitteln auskommt, da die zu beeinflussenden Röhren in der vorletzten Stufe geringerer Größe und kleinerer Zahl sind als die Röhren der letzten Stufe.

Die erste und zweite Stufe des Senders sind in Schalttafel form gebaut. Beim Aufbau der dritten Stufe ist man jedoch von dieser Form abgegangen und hat, um eine leichtere Zugänglichkeit und bessere Übersicht zu erreichen, die zur dritten Stufe gehörigen Einzelteile und ebenso diejenigen Hochfrequenzteile, welche zwischen letztern Röhren-Schwingungskreis und Antennenkreisen liegen, und die Teile des Antennenkreises frei im Raum, ohne konstruktiven Zusammenhang mit der eigentlichen Schalttafel aufgestellt.

Meßinstrumente und Bedienungsmittel sind jedoch, wie bei den früheren Sendern, auf der Schalttafel angeordnet. Der freie Aufbau im Raum hat sich als vorteilhaft erwiesen und entspricht offensichtlich mehr dem Bedürfnis der Hochfrequenztechnik.

Während bei den vorher erwähnten Sendertypen der Antennenkreis an den Röhrenkreis der letzten Stufe angekoppelt war, hat man beim Langenberger Sendertyp zwischen Röhre und Antennenkreis noch einen weiteren Kreis geschaltet, und die Antenne ist an diesen Kreis kapazitiv angekoppelt. Der Zweck dieser Schaltung, die sich gut bewährt hat, ist die Verminderung von Oberwellen in der Antenne. Die Spitzenleistung der drei Röhren der letzten Stufe ist etwa 60 Kilowatt, bei einer Betriebsspannung von etwa 12000 Volt, so daß sich für den Langenberger Sender im Antennenkreis eine mittlere Telephonieleistung von etwa 15 Kilowatt ergibt.

Der jetzt in Betrieb befindliche Deutschlandsender (Abb. 5), der in Zeesen bei Königs Wusterhausen aufgestellt ist, hat dieselbe Schaltung wie der Langenberger Sender. Sein Aufbau ist jedoch ein gänzlich anderer. Man ist von der Schalttafel form vollständig abgegangen; alle zum Sender gehörigen Hochfrequenzteile sind

frei im Raum aufgestellt und an Stelle der Schalttafel ist ein Schaltpult benutzt, das die Übersicht über den ganzen Raum nicht hindert.

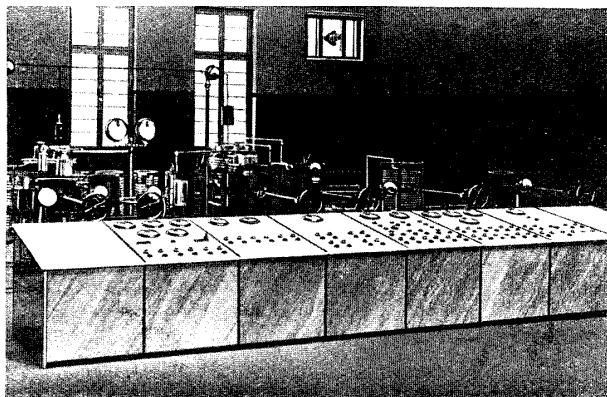


Abb. 5. Schaltpult des jetzigen Deutschlandsenders

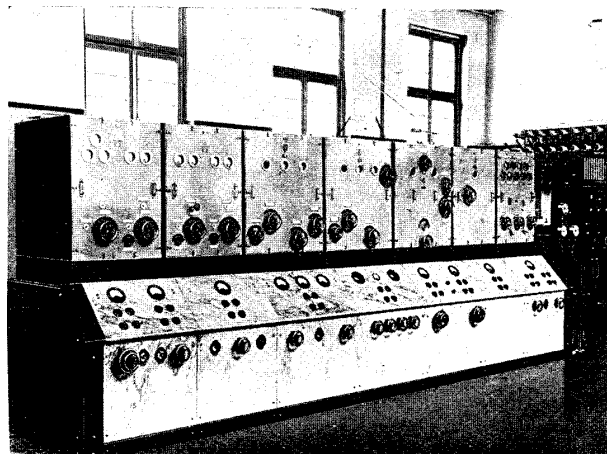


Abb. 6. Der neue deutsche Kurzwellen-Rundfunksender Königs Wusterhausen

Vom Schaltpult aus werden aber nur die Antriebsmaschinen betätigt. Schaltmittel und Meßinstrumente des Hochfrequenz-Senderteiles sind frei im Raum, ganz nahe zu denjenigen Senderteilen, zu denen sie gehören, montiert, um lange Zuleitungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Der Sender arbeitet in der letzten Stufe mit zwei Gruppen von je drei parallel liegenden Röhren in Gegentakt-Schaltung. Da jedes Rohr 20 Kilowatt Spitzenleistung abzugeben vermag, ist die der Antenne zu geführte mittlere Telephonieleistung etwa 30 Kilowatt.

Die Betriebsspannung beträgt 12000 Volt. Die Stromquellen für einen solchen Sender entsprechen in der Größe schon fast denjenigen eines kleinen Elektrizitätswerkes, so daß solche Sendeeinrichtungen schon als umfangreiche elektrische Anlagen anzusehen sind.

Außer diesem Deutschlandsender ist in Zeesen noch der deutsche Kurzwellen-Rundfunksender (Abb. 6) untergebracht, dessen Aufgabe es ist, den deutschen Rundfunk über die ganze Erde zu verbreiten. Sein Aufbau ist ähnlich dem des Zeesener Langwellensenders, nur besteht er aus einer noch größeren Zahl von Stufen, und es sind Mittel besonderer Art angewendet, um seine Wellenlänge während des Betriebes, so wie es für den Kurzwellenverkehr notwendig ist, besonders konstant zu halten. In seiner letzten Stufe arbeiten 2 Röhren zusammen, und die von dem Antennenkreis abgegebene mittlere Telephonieleistung ist etwa 8 Kilowatt.

Außer den beschriebenen, normal betriebenen, in natürlicher Entwicklung entstandenen Sendertypen ist, wie eingangs erwähnt, auch der Typ, des Maschinensenders weiter fortentwickelt worden, und ein solcher Maschinensender mit einer mittleren Telephonieleistung von 1,5 Kilowatt ist in München in zufriedenstellender Weise in Betrieb.

Eine weitere Gruppe von Sendern sind die sogenannten Gleichwellensender.<sup>3</sup> Bei ihnen sind besondere Mittel angewendet, um zu ermöglichen, daß eine bestimmte Gruppe von Sendern das gleiche Programm auf gleicher Welle ausstrahlt. Hierzu ist es aber erforderlich, daß die Wellenlänge mit sehr großer Genauigkeit bei den Sendern einer Gruppe konstant gehalten wird. Bekanntlich sind Sender solcher Art bereits in Berlin O, Stettin und Magdeburg in Betrieb. Zur Aufrechterhaltung gleicher Wellenlänge bei allen drei Sendern werden sie mittelfrequenz über Leitungen ferngesteuert. Jeder Sender besteht aus vielen Stufen, um einerseits die Frequenzvervielfachung von der Mittelfrequenz zur Hochfrequenz zu erreichen, und um andererseits schädliche Rückwirkungen unter allen Umständen zu vermeiden. Solche Sender haben einen für ihre Zwecke angepaßten besonderen Aufbau (Abb. 7), sie arbeiten in der letzten Stufe mit 2 Röhren von 1,5 Kilowatt, und die von ihnen an den Antennenkreis abgegebene mittlere Telephonieleistung beträgt 0,5 Kilowatt.

<sup>3</sup>Bei AM Sendern hat sich der Gleichwellen-Betrieb nicht bewährt. In Gebieten, wo die Sender gleich stark ankommen, entsteht ein „Verwirrungs-Gebiet“. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, daß sich im Spektrum des Empfangssignals selektive Löschungen ergeben. Sobald dadurch die Amplitude der Trägerlinie geschwächt wird, entsteht eine Übermodulation, was zu unangenehmen (nichtlinearen) Verzerrungen führt. Infolge von Ausbreitungseffekten wandern die Gebiete wo der Träger entsprechend geschwächt wird. Dadurch gibt es schwankenden Empfang mit immer wiederkehrenden Verzerrungen. Erst bei einer digitalen Übertragung gibt es Methoden, diese Verwirrungsgebiete bei Gleichwellenbetrieb (hier Single Frequency Network genannt) zu vermeiden.

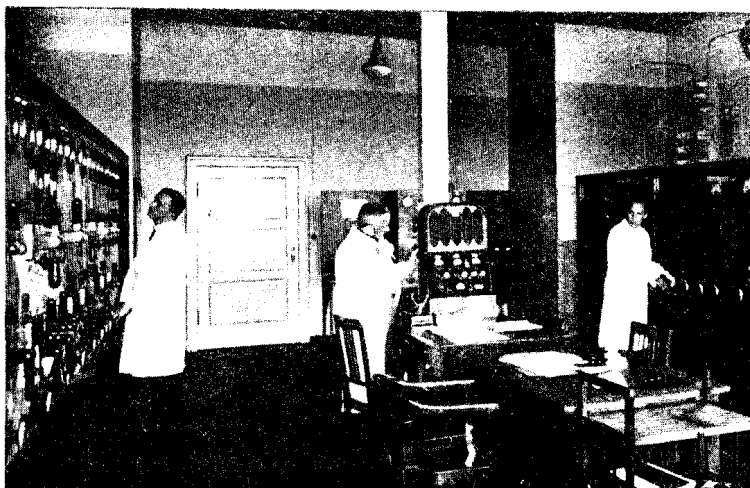


Abb. 7. Rundfunk-Gleichwellensender

Da die Leistung der ausländischen Sender immer mehr und mehr erhöht wird, rückt die Frage näher, ob es nicht über kurz oder lang auch notwendig sein wird, die Leistung der deutschen Sender zu steigern, und die Industrie arbeitet zur Zeit bereits an der Entwicklung von Sendertypen mit einer mittleren Telephorieleistung von 60, ja sogar 120 Kilowatt.

## Literatur

- [1] *25 Jahre Telefunken*, Festschrift der Telefunken-Gesellschaft 1903 — 1928
- [2] *Jahrbuch des Deutschen Rundfunks 1930*, herausgegeben von der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft Berlin, S. 307 — 317, Union Deutsche Verlagsgesellschaft, 1930
- [3] Hermann, S.; Kahle, W.; Kniestedt, J.: *Der Deutsche Rundfunk, Faszination einer technischen Entwicklung*, R. v. Decker's Verlag 1994
- [4] Klawitter, G.: *100 Jahre Funktechnik in Deutschland, Band 2: Funkstationen und Messplätze rund um Berlin*, Wissenschaft und Technik Verlag, 2002
- [5] Zennek, J.; Rukop, H.: *Lehrbuch der Drahtlosen Telegraphie*, 5. Auflage, Enke, 1925
- [6] Weichart, F.: In 14 Tagen einen Sender für Berlin, *Jahrbuch des Deutschen Rundfunks 1930*, herausgegeben von der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft Berlin, S. 43 — 52, Union Deutsche Verlagsgesellschaft, 1930 (s. Beitrag im Radiomuseum)



**UNSACHGEMÄSSE RÜCKKOPPLUNG  
EINE QUAL  
FÜR BENACHBARTER HÖRER**