

Bild 1. Seitenansicht mit Hf-Teil

FUNKSCHAU-Bauanleitung:

UKW-FM-Super

Ein Ultrakurzwellenempfänger für Frequenzmodulation (82 ... 106 MHz; 3,66 ... 2,83 m)

Der nachstehend beschriebene Empfänger gestattet die Aufnahme des Frequenzbandes von 82 MHz bis 106 MHz, entsprechend einer Wellenlänge von 3,66 m bis 2,83 m. Das Gerät ist für den Empfang frequenzmodulierter Sendungen eingerichtet, erlaubt also die Aufnahme der deutschen Versuchssender in Hannover und München. Der Empfänger stellt noch keine Ideallösung dar. Er wurde mit dem Ziel entwickelt, einen gewissen Spielraum für Versuche zu haben. Der Machbau kann Jedoch ohne Bedenken vorgenommen werden, denn die Schaltung arbeitet, wie Versuche und Messungen ergeben haben, durchaus zufriedenstellend. Wohl die meisten Radiotechniker haben sich mit UKW-FM-Empfang noch nicht beschäftigen können. Es ist vorteilhaft ein Gerät zu bauen, dessen Empfindlichkeit auch den Empfang schwacher Sender ermöglicht.

Schaltungseinzelheiten

Wie das Schaltbild zeigt, handelt es sich um einen Überlagerungsempfänger mit einer UKW-Vorstufe, einem Oszillator, einer Mischstufe, einer Zf-Stufe, einem Begrenzer, einem Diskriminator, einer Nf-Vorstufe und einer Endröhre. Es sind also insgesamt acht Röhren vorgesehen. Im Netzteil wird ein Selengleichrichter verwendet.

Die Vorstufe besteht aus einem von 82...106 MHz abstimmbaren Eingangskreis L_1, C_1 , einer Verstärker- röhre RV 12 P 2000, einem ebenso abstimmbaren Anodenkreis L_2, C_2 und den sonstigen Schaltmitteln. Genau wie bei einem Rundfunk-Superhet müssen diese Kreise mit dem Oszillatorkreis C_3, L_{12} Gleichlauf haben. Aus Vereinfachungsgründen wurde bei diesem Gerät auf Einknopfbedienung verzichtet. Die Kondensatoren C_1 und C_2 bestehen aus einstellbaren keramischen Trimmern; nur die Oszillatorkapazität C_3 ist als Drehkondensator ausgebildet. Es ist selbstverständlich durchaus möglich, alle drei Kapazitäten C_1, C_2 und C_3 als Drehkondensatoren auszubilden und mit einer gemeinsamen Achse zu bedienen. Handelsübliche Dreifachkondensatoren stehen jedoch z. Z. noch nicht zur Verfügung.

Die Vorstufe hat vor allem den Zweck, das Verhältnis zwischen der Amplitude des zu empfangenden Signals und dem Rauschen der Mischröhre zu verbessern. Die RV 12 P 2000 ist dafür out geeignet, da sie als Verstärker- röhre weniger rauscht als in der Mischstufe. Die Verstärkung hängt sehr von der Güte des verwendeten Kreises ab, wird jedoch ebenso stark von den Eingangs- und Ausgangswiderständen der Röhre bestimmt. Die verstärkte, am Schwingungskreis C_2, L_2 auftretende Spannung gelangt zum Steuergitter der nun folgenden Mischröhre (RV 12 P 2000 in Katodenmischung). In der Katodenleitung liegt eine kleine Koppelschleife L_{13} , die mit dem Oszillatorkreis C_3, L_{12} gekoppelt ist

Als Oszillatordröhre wurde eine RL 12 T 2 verwendet. Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß noch die meisten gewöhnlichen Rundfunkröhren bis zu etwa 1 m herab einwandfrei schwingen. Steht daher diese Röhre nicht zur Verfügung, so kann sie ohne weiteres durch eine andere ersetzt werden. Beispielsweise liefert eine P 2000, die man durch Verbinden von Anode, Schirmgitter und Bremsgitter zu einer Triode macht, vorzügliche Ergebnisse. Aber auch die Röhren EF 12, REN 904 usw. sind durchaus geeignet. Die Schaltung des Oszillators weist keine Besonderheiten auf. Es handelt sich um einen gewöhnlichen selbsterregten Sender, in dessen Gitterkreis die Rückkoppelungsspule L_{11} liegt. Die Zuführung der Anodenspannung geschieht über einen

möglichst kapazitätsfreien Widerstand von 0,03 Megohm. In Reihe mit der Koppelschleife L_{13} liegt der Katodenwiderstand der Mischröhre, der mit einer Kapazität von 10 000 pF überbrückt wird. Der Anodenschwingungskreis ist kapazitiv an die Anode der Oszillatordröhre gekoppelt. Das gilt auch für die Gitterspule L_{11} . Die Gittervorspannung tritt als Spannungsabfall am Gitterableitwiderstand der Oszillatordröhre auf, und zwar als Folge des im schwingenden Zustand fließenden Gitterstromes.

Im Anodenkreis der Mischröhre befindet sich der Primärkreis des ersten Bandfilters. Er besteht aus der Spule L_3 und der gesamten Röhren- und Schaltkapazi-

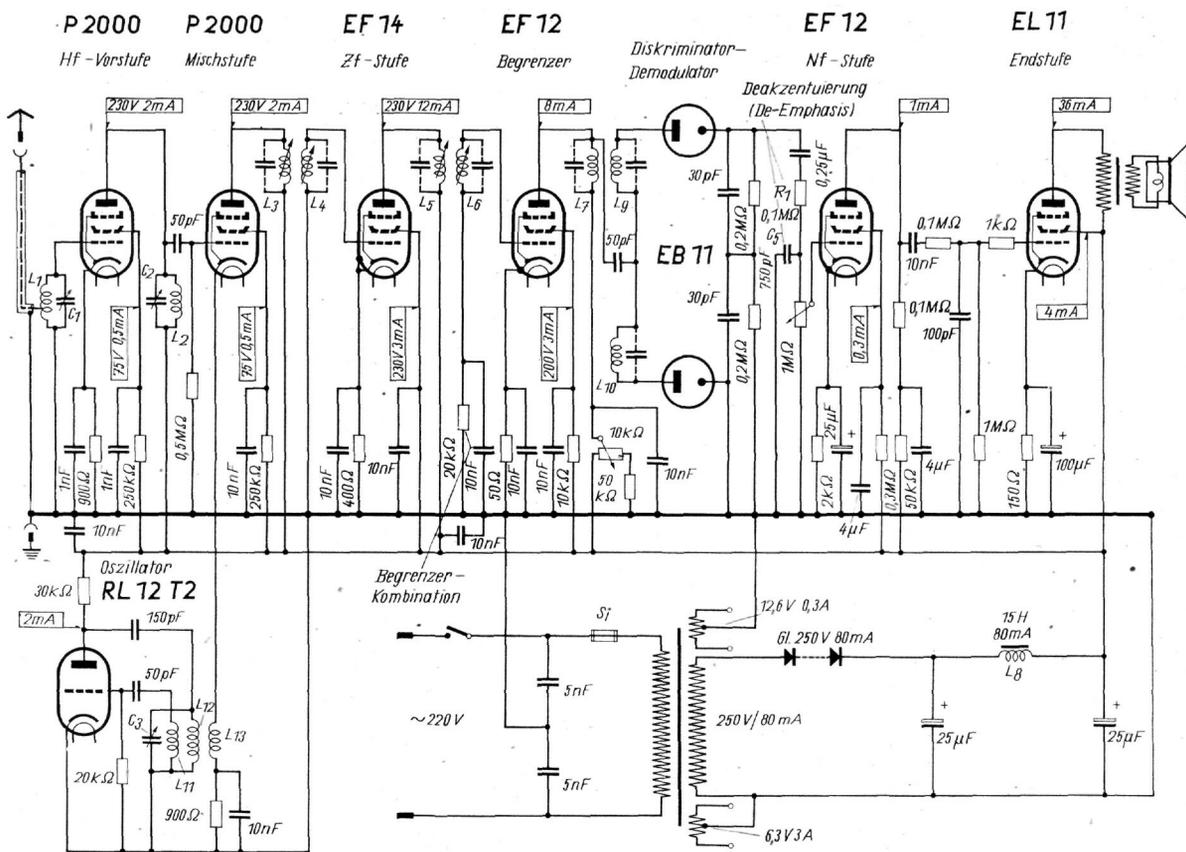


Bild 2.

Schaltbild des UKW-FM-Superhets

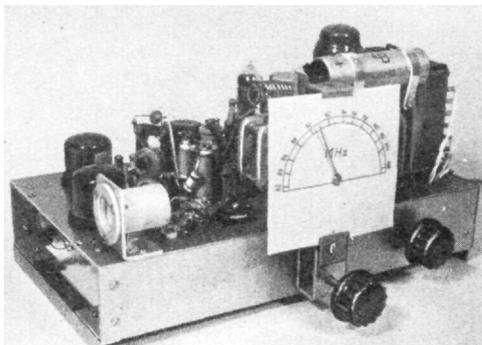


Bild 3. Chassisansicht von vorne

Spulen - Wickeldaten

Spule	Windungen	Draht	Durchmesser mm
L ₁	3½ ¹⁾	Cu blank	1,5
L ₂	4	Cu blank	1,5
L _{3...L₆}	je 4x8 ²⁾	Cu SS	0,25
L ₇	5 ⁴⁾	Cu SS	0,25
L ₉	5x5+6 ⁵⁾	Cu SS	0,25
L ₁₀	5x5+6 ⁵⁾	Cu SS	0,25
L ₁₁	2½ ³⁾	Cu blank	1,5
L ₁₂	4	Cu blank	1,5
L ₁₃	1	Cu blank	1,5

- ¹⁾ Anzapfung nach einer halben Wdg. vom Nullpunkt aus gesehen.
- ²⁾ Gleichsinnig mit L₁₂ gewickelt.
- ³⁾ Kammern 1...4. ⁴⁾ Kammer 1. ⁵⁾ Kammer 2...6+7.

Kondensatoren - Werte

Kondensator	Ausführung
C ₁ , C ₂	Hescho-Trimmer Typ 2509, evtl. mit zusätzlicher Parallel-Festkapazität bis zu 10 pF.
C ₃	UKW-Drehkondensator max. 20 pF, bestehend aus einer Statorplatte und zwei Rotorplatten (Hopt) Oszillatorfrequenzbereich C ₃ , L ₁₁ , L ₁₂ = 72...96 MHz.

tat, die gestrichelt angedeutet ist. Man kann selbstverständlich auch eine variable Abstimmkapazität vorsehen, muß dann jedoch die Selbstinduktion der Spule L₃ entsprechend kleiner wählen. In vielen Empfängern findet sich eine solche zusätzliche Abstimmkapazität. Vorteilhaft ist dabei, daß die Kreise bei einem Röhrenwechsel nicht so leicht verstimm werden, weil sich kleine Kapazitätsschwankungen um so weniger bemerkbar machen, je größer die gesamte Kreiskapazität ist. Als Nachteil ist zu werten, daß man bei gegebener Bandbreite nicht die maximal mögliche Verstärkung je Stufe erhält, denn diese ist der Kreiskapazität umgekehrt proportional. Deshalb wurde im vorliegenden Empfänger auf eine abstimmbare Kapazität verzichtet. Die Abstimmung geschieht durch Verstellen des Eisenkerns der Zf-Spulen. Bei dem Mustergerät erschien diese Maßnahme unbedenklich, da eine eventuell erforderliche Nachstimmung bei Röhrenwechsel stets ohne Schwierigkeit vorgenommen werden kann. Der Sekundärkreis des Bandfilters ist mit dem Primärkreis induktiv gekoppelt, und zwar so, daß sich eine

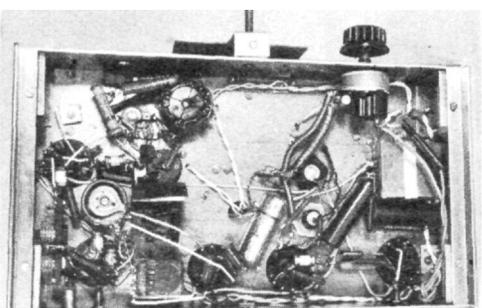


Bild 4. Blick in die Verdrahtung

Bandbreite von etwa 200 kHz ergibt. Da die deutschen Sender mit einem Frequenzhub von 75 kHz (links und rechts vom Träger) arbeiten, ist sogar noch eine gewisse Reserve bei einer Gesamtbreite von 200 kHz vorhanden. Die Zwischenfrequenz selbst liegt bei etwa 10 MHz. In Deutschland soll der Wert von 10,7 MHz genormt werden. Bei dieser Zwischenfrequenz bereitet das Einstellen der erforderlichen Bandbreite keine nennenswerten Schwierigkeiten.

Die Spannung des Sekundärkreises des ersten Zf-Filtersteuers nun das Gitter der ersten Zwischenfrequenzstufe. Als Röhre wurde eine EF 14 vorgesehen. Im Anodenkreis dieser Röhre liegt der Primärkreis des zweiten Zf-Bandfilters (Spule L₅), die wiederum induktiv mit der Spule L₆ des Sekundärkreises gekoppelt ist. Die Spannung des Sekundärkreises wird dem Gitter der Begrenzeröhre EF 12 zugeführt. In Reihe mit dem Bandfilterkreis liegt die sogenannte Begrenzerkombination RC₄, deren Zeitkonstante so bemessen ist, daß alle vorzugsweise in amplitudenmodulierten Störpulsen steckenden Frequenzen unterdrückt werden. Der einsetzende Gitterstrom des Begrenzers drückt den Arbeitspunkt der EF 12 so weit ins Negative, daß die Steilheit der Röhre entsprechend zurückgeht. Dann kommt die Störung im Anodenkreis praktisch nicht mehr zur Auswirkung. Unterstützt wird die Begrenzerwirkung durch passende Wahl des Verhältnisses zwischen Anodenspannung und Schirmgitterspannung. Dieses Spannungsverhältnis wird mit Hilfe des Potentiometers P von 10 000 Ω entsprechend eingestellt. Man kann übrigens an Stelle der Röhre EF 12 auch eine Regelröhre, z. B. die EF 11 oder EF 13, verwenden. Bei diesen Röhren ändert sich die Steilheit bekanntlich besonders stark mit der Gittervorspannung. Im Anodenkreis der Begrenzeröhre liegt eine mit der Schaltkapazität auf die Zwischenfrequenz abgestimmte Spule L₇, die mit der Spule L₉ des Diskriminatorsteuers gekoppelt ist. Aus der Vielzahl der Diskriminator-schaltungen wurde eine möglichst einfache Anordnung gewählt, die aus den beiden Kreisen mit den Induktivitäten L₉ und L₁₀ und den Schaltkapazitäten besteht. Mit der Begrenzeröhre sind diese Kreise außerdem kapazitiv über einen Kondensator von 50 pF gekoppelt. Die beiden Diskriminatorkreise werden genau auf die Zwischenfrequenz eingestellt. Ist die Frequenzabweichung Null, so liefern die beiden Kreise eine gleich große Spannung. Bei Frequenzabweichungen nach oben oder unten haben die Spannungen abweichende Werte, was in einer entsprechenden Veränderung der Richtspannung zum Ausdruck kommt. Auf diese Weise wird sowohl eine Verwindung der Frequenzmodulation als auch eine Amplitudenmodulation, als auch gleichzeitig die erforderliche Demodulation bewirkt. Die Doppeldiode EB 11 läßt sich für diese Schaltung verwenden, weil sie zwei getrennte Katoden besitzt. Die beiden im Schaltbild getrennt gezeichneten Röhren sind also in einem Röhrenkoben vereinigt. Die EB 11 erlaubt außerdem die Verwirklichung anderer Diskriminator-schaltungen, was in einem Versuchsgerät stets zweckmäßig ist. Da bei frequenzmodulierten Sendern die hohen Töne stark angehoben werden, muß diese Anhebung im Empfänger wieder rückgängig gemacht werden. Diesem Vorgang, der Deakzentuierung oder De-Emphasis genannt wird, dient ein RC-Glied R₁; C₅, das eine Zeitkonstante von 75 Mikrosekunden aufweist. Dieser Wert ist ebenfalls genormt. Die nunmehr deakzentuierte Niederfrequenz liegt an einem Lautstärkeregelung von 1 MΩ und wird über diesen dem Gitter der NF-Vorstufe EF 12 zugeführt. Bei ausreichend großen Feldstärken kann sie fortfallen, in diesem Fall wird die Niederfrequenzspannung über eine entsprechend bemessene Zf-Sperre direkt zum Gitter der Endröhre geleitet. Es ist jedoch vorteilhaft, wenn man die Vorstufe mit einbaut, damit hinterher nicht wieder Änderungen erforderlich sind. Der Anodenaußenwiderstand der EF 12 wurde relativ klein gewählt, damit auch noch die hohen Töne gut wiedergegeben werden. Zwischen dem Anodenkreis der EF 12 und dem Gitter der Endröhre EF 11 liegt eine Zf-Sperre in Form eines Längswiderstandes von 0,1 MΩ und einer Querkapazität von 100 pF.

Spulen- und Trimmerdaten

Die genauen Daten der Spulen und Trimmer sind in Tabellenform zusammengestellt. Es wird nicht immer möglich sein, dieselben Eisenkernspulen zu erhalten. Dann müssen andere Windungszahlen vorgesehen werden. Selbstverständlich spielt auch der Aufbau eine große Rolle, weil die ohnehin vorhandenen Schaltkapazitäten die Resonanzlage der Schwingungskreise weitgehend bestimmen.

Aufbaueinzelheiten

Unten links sehen wir die Steckfassung für das UKW-Kabel (Fassung: Fabrikat Rohde & Schwarz). Rechts davon befindet sich der UKW-Eingangskreis, daneben ist der Gitteranschluß der Vorröhre (P 2000) zu sehen. Die Schwingkreisspule ist freitragend ausgeführt und wird unmittelbar in den Aufbau gelötet. In der Mitte des Chassis befindet sich der Oszillatordrehkondensator C₃, auf dessen Anschlüsse die Schwingkreisspule L₁₂ gelötet wird. Daran schließt sich die Gitterspule L₁₁ an. Links ist die Koppelschleife L₁₃ zu sehen, die einerseits mit der Katode der Mischröhre (P 2000), andererseits mit dem Überbrückungskondensator für den Katodenwiderstand verbunden ist. Die Oszillatorröhre (RL 12 T 2) befindet sich unmittelbar hinter dem Oszillatorkondensator. Die Röhre soll so montiert werden, daß die erforderlichen Verbindungen mit dem Schwingungskreis denkerbar kurz ausfallen. Das Bild läßt außerdem die keramischen Gitter- und Anodenkondensatoren deutlich erkennen.

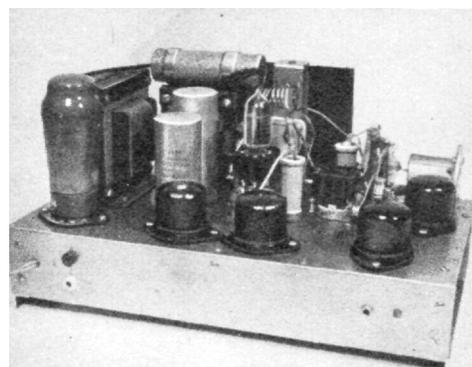


Bild 5. Chassis-Rückansicht

Links von der Mischröhre ist das erste Zwischenfrequenzfilter L₃, L₄ zu sehen. Die Spulen nach Bild 6 sind auf einem Pertinaxbrettchen mit Schlitzloch montiert, um den Kopplungsgrad bequem einstellen zu können. Links vom Zwischenfrequenzfilter befindet sich die Zf-Röhre EF 14. Wie das Bild erkennen läßt, ergeben sich bei diesem Aufbau sehr kurze Verbindungsleitungen zwischen Misch- und Zf-Röhre. Etwas oberhalb der Zf-Filter befindet sich die Bedienungsaachse des Potentiometers P für die Anodenspannung der Begrenzeröhre. Diese Röhre ist wiederum oberhalb des Potentiometers zu sehen. Rechts von der Begrenzeröhre befindet sich die Doppeldiode EB 11, anschließend die NF-Vorröhre. Schließlich ist ganz rechts die Endröhre EL 11 zu erkennen.

Die rechte Seite des Chassis wird vom Netzteil ausgefüllt. Wir sehen die beiden Elektrolytkondensatoren, den Netztransformator und die Siebdrössel mit dem Selengeleichrichter.

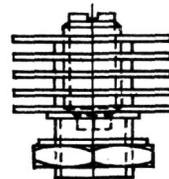
Bild 3 zeigt eine Vorderansicht des Gerätes, Bild 4 die Chassis-Untersicht. Wir sehen zunächst ganz links unten das zweite Zwischenfrequenzfilter L₅, L₆

Oberhalb davon befindet sich die Zf-Röhre EF 14. Rechts vom Bandfilter sind die Begrenzeröhre EF 12 und das Anodenspannungspotentiometer P zu erkennen. Noch weiter oben befindet sich die Vorstufe (P 2000) mit ihrem Anodenkreis. Die Schwingkreisspule und der Abstimmtrimmer sind deutlich zu sehen. Unterhalb dieser Stufe sind die beiden Diskriminator-spulen angeordnet, deren Achsen senkrecht zueinander orientiert sind. Rechts davon befindet sich die Fassung der EB 11. Der rechte Teil des Chassis enthält die Schaltorgane des NF- und Netzteils. Wir erkennen rechts unten die NF-Vorstufe EF 12, anschließend die Endstufe EL 11. Oberhalb dieser Röhre sind die beiden Siebkondensatoren (je 4 µF) zu sehen. An der Schmal-seite ist rechts der Lautstärkeregelung mit kombiniertem Netzschalter angebracht.

Der Aufbau eines UKW-Gerätes ist für das einwandfreie Funktionieren fast genau so entscheidend wie die richtig bemessene Schaltung selbst. Man könnte den Aufbau noch wesentlich verbessern, beispielsweise dadurch, daß man jede Stufe in ein besonderes Abschirmkästchen setzt, um Kopplungen mit Sicherheit zu vermeiden. Im vorliegenden Gerät wurde jedoch im Interesse eines möglichst kleinen mechanischen Aufwands davon abgesehen. Bekanntlich sind schädliche Kopplungen um so gefährlicher, je mehr Stufen zwischen den beiden spannungsführenden koppelnden Punkten liegen. Dieser Tatsache wurde beim Aufbau des Gerätes entsprechend Rechnung getragen. So ist beispielsweise eine Abschirmung der beiden Zf-Filter nicht erforderlich, weil die Chassisplatte selbst für eine ausreichende Trennung sorgt. Um die Diskriminator-spulen gegenüber dem Eingang der Mischstufe zu entkoppeln, wurde ein kleines Abschirmblech angebracht. Die Drahtführung ist von allergrößter Wichtigkeit. Im Schaltbild wurde bereits angedeutet, daß zunächst sämtliche zu einer Stufe gehörenden Nullpunkte auf einen gemeinsamen, vom Chassis isolierten Anschluß geführt werden müssen. Die so entstehenden einzelnen Nullpunkte werden dann über kräftige Leitungen mit einem gemeinsamen Anschluß verbunden, der Kontakt mit dem Chassis hat. Diese Stelle ist in Bild 4 rechts oberhalb des Anodenspannungspotentiometers zu sehen. Als Nullpunkte für die einzelnen Stufen dienen freie Anschlüsse der Röhrensockel. Die Heizleitungen werden zweckmäßigerweise verdrillt ausgeführt. Es soll nicht zu schwacher Schaltdraht verwendet werden. Am wichtigsten ist bei der Verdrahtung die schon wiederholt betonte aller kürzeste Leitungsführung. Das gilt auch z. B. für die Anschlüsse der Entkopplungskondensatoren. Es ist nicht gleichgültig, ob die Anschlüsse dieser Kapazitäten eine Länge von z. B. 1,5 cm

(Schluß Seite 72)

Bild 6. Aufbauskinne der Bandfilterspulen



UKW-Technik und Frequenzmodulation

1. Teil. Ausbreitung der Ultrakurzwellen

Die mit diesem Aufsatz beginnende Beitragsreihe hat den Zweck, den Leser in die Technik der Ultrakurzwellen und der Frequenzmodulation einzuführen. Die UKW-Technik wurde besonders während des Krieges nicht nur im Ausland, sondern auch in Deutschland eifrig gefördert, und es liegen zahlreiche Ergebnisse und Erfahrungen vor, von denen jedoch in Deutschland nur ein sehr beschränkter Personenkreis Kenntnis hat. Der Grund hierfür ist in der strengen Geheimhaltung während des Krieges zu suchen. In Deutschland waren die diesbezüglichen Bestimmungen ganz besonders scharf, während man sie im Ausland etwas großzügiger handhabte. Indessen war die ausländische Literatur auch nur wenigen Deutschen zugänglich. So kommt es, daß die jetzt plötzlich in den Westzonen einsetzende praktische Verwertung der Ultrakurzwellen den Rundfunktechniker und Radioamateur fast vollkommen unvorbereitet antrifft.

Nach den neuesten Angaben sollen bereits im Herbst dieses Jahres die ersten UKW-FM-Empfänger in Form von kompletten Anlagen und Vorsatzgeräten auf den Markt kommen. Schon im Frühjahr des nächsten Jahres tritt außerdem der Kopenhagener Wellenplan in Kraft. Infolgedessen wird das Interesse am UKW-FM-Rundfunk sehr schnell in breiten Volksschichten wach werden. Der Radiotechniker hat sich dann nicht nur mit der Reparatur defekter Geräte zu befassen, sondern muß auch die neue Technik in ihren Einzelheiten verstehen, wenn er mit der Zeit gehen will.

Dem nur aus Liebhaberei am UKW-Rundfunk interessierten Radioamateur eröffnet sich ein neues und außerordentlich reizvolles Betätigungsfeld, dem er sich kaum wird entziehen können. Auch für ihn ist die in diesem Heft der „FUNKSCHAU“ beginnende Aufsatzreihe gedacht. Sie soll ihm in leicht verständlicher Form all die Kenntnisse vermitteln, die er für die erfolgreiche Durchführung seiner Versuche benötigt und die ihn befähigen, sich selbst Empfänger für Ultrakurzwellen zu bauen.

I. UKW-Technik

1. Ausbreitung der Ultrakurzwellen

Die Ultrakurzwellen reichen bekanntlich von 1...10 m, entsprechend einem Frequenzbereich von 300...30 MHz. Das Verhalten dieser Frequenzen weicht von dem der Rundfunkwellen und Kurzwellen ganz erheblich ab. Während für die Ausbreitung der Wellen über 10 m vor allem die Ionosphäre, in der sich Schichten größerer elektrischer Leitfähigkeit befinden, eine große Rolle spielt, tritt dieser Einfluß bei Ultrakurzwellen fast vollkommen in den Hintergrund.

Boden- und Raumwelle

Man unterscheidet ganz unabhängig von der Frequenz zwischen Boden- und Raumwelle. Die Bodenwelle spielt bei der Ausbreitung im allgemeinen eine um so größere Rolle, je tiefer die Frequenz ist. Jeder Rundfunkhörer kann sich davon ein Bild machen, denn er weiß, daß er die Langwellenstationen nicht nur nachts, sondern auch tagsüber mit großer Gleichmäßigkeit empfangen kann. Das ist ein Zeichen dafür, daß vorwiegend die Bodenwelle an der Ausbreitung der elektromagnetischen Energie beteiligt ist. Die Bodenwelle gelangt auf direktem Wege vom Sender zum Empfänger, wird also von den reflektierenden Schichten der Ionosphäre überhaupt nicht beeinflusst und unterliegt daher auch in nur sehr geringem Maße den gefährdeten Schwunderscheinungen. Anders ist es schon im Gebiet der normalen Rundfunkwellen. Bei diesen sind Bodenwelle und Raumwelle in gleichem Maße für die Größe der resultierenden Feldstärke am Empfangsort verantwortlich. Daraus erklärt sich die Tatsache, daß man weiter entfernte Rundfunksender, besonders solche kleinerer Leistungen, am Tage überhaupt nicht hört, während sie abends und nachts mit großer Laut-

stärke einfallen. Tagsüber sind nämlich die Reflexionsverhältnisse in der Ionosphäre für diese Frequenzen derart, daß die reflektierte Energie praktisch überhaupt nicht in die in Betracht kommende Empfangszone fällt. Es bleibt daher nur die Bodenwelle übrig, die jedoch vom Untergrund relativ stark absorbiert wird und daher zur Erzeugung einer ausreichenden Empfangsfeldstärke nicht mehr genügt. Nachts dagegen fällt die nunmehr von der Ionosphäre stark reflektierte Raumwelle am Empfangsort ein und ruft Feldstärken hervor, die auch mit verhältnismäßig unempfindlichen Empfängern einen ausreichenden Empfang gewährleisten. Wirken Boden- und Raumwelle zusammen und haben sie annähernd die gleiche Größenordnung — diese Voraussetzungen sind vor allem während der Dämmerung gegeben —, so kommt es zu den jedem Rundfunkhörer zur Genüge bekannten Schwunderscheinungen, die nicht nur Lautstärkechwankungen, sondern auch recht unangenehme und starke Modulationsverzerrungen zur Folge haben. Das ist auf Überlagerungen (Interferenzen) beider Komponenten zurückzuführen.

Beim Kurzwellenempfang tritt der Einfluß der Ionosphäre noch mehr in den Vordergrund. Die großen erzielbaren Reichweiten bei erstaunlich kleinen Senderleistungen verdanken wir lediglich der totalen Reflexion der Raumwelle an den einzelnen Ionosphären-Schichten. Die Bodenwelle, die noch wesentlich stärker als im Rundfunkwellenbereich absorbiert wird, tritt nur in der nächsten Umgebung des Kurzwellensenders in Erscheinung. Da die Raumwelle nur sehr wenig Verluste erleidet, ist die Überbrückung großer Entfernungen ohne weiteres möglich. Wir kennen zwar auch im Kurzwellenbetrieb Schwunderscheinungen, die jedoch fast ausschließlich auf Vorgänge in der Ionosphäre, nur selten dagegen auf Interferenzen mit der Bodenwelle zurückzuführen sind.

Quasioptische Wellen

Bei den Ultrakurzwellen unterhalb 10 m liegen die Verhältnisse gänzlich anders. Diese Wellen durchstoßen aus Gründen, von denen wir hier nicht weiter sprechen wollen, die reflektierenden Schichten der Ionosphäre fast vollständig. Im Ultrakurzwellenbetrieb ist außerdem praktisch nur noch die Raumwelle wirksam, denn die Bodenwelle erfährt bei diesen Frequenzen außerordentlich starke Absorptionsverluste und tritt daher überhaupt nicht in Erscheinung. Wir können also nur mit der Raumwelle rechnen, nicht jedoch auf die Mitwirkung der Ionosphäre bei der Ausbreitung.

Aus diesen Erklärungen geht zwanglos hervor, daß sich die Ultrakurzwellen ähnlich wie Lichtstrahlen verhalten müssen. Denkt

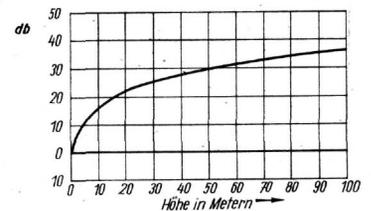


Bild 2. Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Höhe auf beiden Seiten als Funktion der Höhe

man sich einen Scheinwerfer gegen den Himmel gerichtet, so würde das Licht, wenn man die Verluste in der Atmosphäre außer Betracht läßt, fast beliebig weit in den Weltraum fallen. Richtet man den Scheinwerfer parallel zum Erdboden, so fallen die Lichtstrahlen an die Stelle, auf die der Scheinwerfer gerade gerichtet ist. Ähnlich steht es bei der Ausbreitung der ultrakurzwellen. Es kommt stets darauf an, daß die Raumwelle den Empfangsort auch wirklich erreichen kann. Mit Hilfe geeigneter Antennen ist es ohne weiteres möglich, die Raumwellenenergie zu einem verhältnismäßig scharfen Strahl zu bündeln eine Aufgabe, die in der Optik der Scheinwerfer übernimmt. Die Ultrakurzwellen verhalten sich allerdings keineswegs genau so wie Lichtstrahlen; dafür ist ihre Frequenz noch zu klein. Man spricht aus diesem Grunde auch von quasioptischen Wellen, d. h. von einer Strahlung, die in ihrem Verhalten dem Licht ähnlich ist. Je weiter man jedoch die Frequenz steigert, um so mehr gelten die rein optischen Gesetze. Das ist z. B. bei den Zentimeter- und Millimeterwellen fast der Fall.

Wie man sieht, ist der Übergang vom quasioptischen zum rein optischen Verhalten verhältnismäßig verworren. Die Ultrakurzwellen stellen einen Grenzfall dar; einerseits beobachtet man besonders im Gebiet der längeren Ultrakurzwellen mitunter noch schwache Reflexionserscheinungen an der Ionosphäre, die zu außergewöhnlich großen Reichweiten führen können. Auch erfahren die Wellen längs der Erdoberfläche eine gewisse Beugung, die eine größere Reichweite liefern, als es der rein optischen Sicht entspricht. Andererseits macht man besonders bei den höheren Frequenzen des UKW-Betriebs die Beobachtung, daß die Feldstärken nach Überschreiten der optischen Sicht sehr schnell abfallen. Die optischen Gesetze sind also dann schon von erheblichem Einfluß. Auch die Tatsache, daß die oberen Schichten der Atmosphäre bei der Ausbreitung eine gewisse Rolle spielen, erinnert an das Verhalten von Lichtstrahlen.

Die Ausbreitungsverhältnisse ultrakurzer Wellen sind seit vielen Jahren Gegenstand eingehender theoretischer und praktischer Untersuchungen. Man kann heute die Vorgänge auf diesem Frequenzgebiet als ausreichend geklärt betrachten. Es würde zu weit führen, wollten wir die genaue Theorie besprechen oder auch nur einen Teil der im In- und Ausland angestellten Messungen wiedergeben. Für den Praktiker ist vor allem die Tatsache wichtig, daß die Reichweite zwischen Sender und Empfänger um so größer ist, je höher die beiderseitigen Antennen angeordnet sind. Der beste Empfang ist stets dann gegeben, wenn zwischen Sender und Empfänger rein optische Sicht besteht. In der Praxis wird das sehr häufig nicht der Fall sein. Man kann jedoch, wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, auch dann noch mit Empfang rechnen. Selbstverständlich spielt die Leistung des Senders ebenso wie die Empfindlichkeit des Empfängers, auf die wir in einem späteren Aufsatz noch genauer zu sprechen kommen, bezüglich der erzielbaren Reichweiten eine gewisse Rolle. Die Reichweite ist jedoch der Senderleistung N nicht unmittelbar proportional, sondern sie wächst nur mit \sqrt{N} . Hat z. B. ein Sender mit einer Antennenleistung von 1 kW bei bestimmter Antennenhöhe eine bestimmte Reichweite, so geht diese Reichweite auf den halben Wert zurück, wenn man die Senderleistung auf den vierten Teil herabsetzt. „Reichweite“ ist übrigens ein etwas fragwürdiger Begriff; wir wollen darunter diejenige Mindestfeldstärke

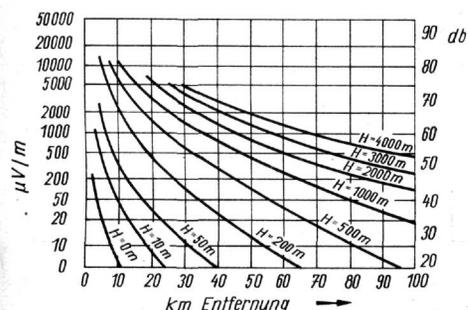


Bild 1. Feldstärke als Funktion der Entfernung für eine gebeugte 4-m-Welle über Erde (H = Höhe der Sender- oder Empfangsantenne)

am Empfangsort verstehen, die zur Übermittlung der ausgestrahlten Nachricht gerade noch ausreicht.

Abschätzung von Reichweiten

Für den Radiotechniker sind Unterlagen wichtig, die ihm einen wenigstens ungefähren Überblick über die zu erwartenden Reichweiten verschaffen. Wir bringen daher in Bild 1 eine Kurvendarstellung¹⁾, der man die am Empfangsort zu erwartenden Feldstärken in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Sender und Empfänger und der Höhe H (entweder der Sender- oder Empfangsantenne) entnehmen kann. Diese Kurven beruhen auf Rechnungen, die jedoch mit den praktischen Verhältnissen weitgehend übereinstimmen. Die Erdkrümmung ist in diesen Rechnungen bereits berücksichtigt, nicht jedoch die durch die Troposphäre verursachte Beugung. Die angegebenen Kurven gelten für eine Welle von 4 m (75 MHz), können jedoch auch noch zur Abschätzung der Ausbreitung einer 3-m-Welle, wie sie uns vorzugsweise interessiert, verwendet werden. Es ist dabei Erde als Untergrund (Dielektrizitätskonstante $\epsilon = 5$, Leitfähigkeit $\sigma = 10^{13}$ CGS) angenommen. Selbstverständlich berücksichtigen diese Kurven keineswegs Unebenheiten des Geländes oder zwischen Sender und Empfänger liegende Wasserflächen, Häusermassen usw. Derartige Einflüsse lassen sich überhaupt nur in jedem speziellen Fall meßtechnisch erfassen. Immerhin erlauben die Kurven eine Abschätzung, ob bei einer bestimmten Entfernung vom Sender ein Empfang möglich ist.

Die Kurven (Bild 1) gelten für den Fall, daß sich entweder der Sender oder der Empfänger auf dem Erdboden befindet. Die für jede Kurve gültige Höhe H bezieht sich daher entweder auf die Höhe der Senderantenne; dann ist die Höhe der Empfangsantenne Null. Man kann aber auch die Höhe H auf die Empfangsantenne beziehen. Dann gelten die Kurvenwerte für den Fall, daß sich die Senderantenne in Höhe des Erdbodens befindet. Um beide Antennenhöhen richtig erfassen zu können, braucht man noch eine Zusatzkurve nach Bild 2.

Wir wollen die Handhabung der beiden Kurven an einem Beispiel besprechen und den Münchener Sender mit einer Leistung von 0,25 kW annehmen. Die Strahlerhöhe des Senders beträgt z. Z. rund 100 m. Wie wird die Station in einer Entfernung von 50 km — flaches Gelände zwischen Sender und Empfänger vorausgesetzt — zu empfangen sein? Nehmen wir an, der Empfangsdipol befindet sich praktisch in Höhe des Erdbodens. Dann bekommen wir für eine Höhe der Senderantenne von 100m eine Feldstärke von etwa 10 μ V/m. Dieser Wert muß noch durch 2 dividiert werden, weil sich die Kurven auf eine

Senderleistung von 1 kW beziehen. Die Feldstärke beträgt also 5 μ V/m. Der Sender wird demnach nur noch mit einem sehr empfindlichen Gerät aufzunehmen sein.

Die Verhältnisse werden besser, wenn wir den Empfangsdipol an einem höheren Punkt anordnen können. Nehmen wir an, es stünde uns ein 20 m hoher Mast zur Verfügung. Wir lesen nun aus der Kurve Bild 2 den zu einer Höhe von 20 m gehörenden Faktor ab, um den die Feldstärke am Empfangsort wächst. Das sind ungefähr 22 Dezibel. Aus einer der üblichen Umrechnungstabellen entnehmen wir, daß diesem Wert ein Spannungs- bzw. Feldstärkeverhältnis von 1:12,6 entspricht. Wir multiplizieren nunmehr die zuerst ermittelte Feldstärke von 5 μ V/m mit 12,6 und erhalten einen Wert von 63 μ V/m. Das gibt bereits einen ganz brauchbaren Empfang. Können wir den Empfangsdipol höher aufhängen, so wird die Sachlage noch günstiger. Steht z. B. ein Maibaum von 40 m Höhe zur Verfügung, so beträgt der Umrechnungsfaktor 27 Dezibel, was einem Spannungsverhältnis von etwa 22,4 entspricht. Die Feldstärke erreicht dann bereits einen Wert von über 110 μ V/m.

In ähnlicher Weise lassen sich alle anderen Fälle abschätzen. Es sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dem Entwurf der Kurven ideale Verhältnisse zu Grunde liegen.

UKW-Sendernetz

Die vorstehenden Ausführungen mögen genügen, um zu zeigen, was wir vom zukünftigen Ultrakurzwellenrundfunk erwarten können. Wir sehen jedenfalls, daß ein Fernempfang im landläufigen Sinne auf ultrakurzen Wellen keineswegs möglich ist. Will man also die ganzen Westzonen gleichmäßig versorgen, so ist ein ziemlich dichtes Sendernetz erforderlich. Man spricht von etwa 20 Sendern für Bayern und 50 Sendern für alle Westzonen. Werden die Stationen an hinreichend hohen Punkten aufgestellt, so ist anzunehmen, daß der größte Teil des Landes Ultrakurzwellen empfangen kann. Als Vorteil ist dabei zu werten, daß man angesichts der geringen Reichweite der einzelnen Sender grundsätzlich zur Abstrahlung verschiedener Programme auf der gleichen Welle in der Lage ist. Ob man davon Gebrauch machen wird, steht heute noch nicht fest.

ES sei noch erwähnt, daß die Ultrakurzwellen von festen Gegenständen, z. B. größeren Bäumen, Häusern usw. beträchtlich reflektiert werden können. Am Empfangsort muß man daher — geeignete Verhältnisse vorausgesetzt — unter Umständen mit einer direkten und einer reflektierten Welle rechnen. Beim Empfang von Tonsendungen macht sich das u. a. in Form von Lautstärkechwankungen bemerkbar. Beim Fernsehbetrieb sind solche Erscheinungen — nebenbei bemerkt — wesentlich störender.

(Fortsetzung folgt)

Ing. H. Richter

Aus der Industrie

Entwicklung der Grundig Radio-Werke

Die Grundig Radio-Werke GmbH Fürth, haben sich aus einer kleinen Transformatorfabrik nach und nach in zäher Aufbauarbeit zur größten Radiofabrik der Westzone entwickelt, die heute über 800 Beschäftigte und über eine nutzbare Arbeitsfläche von 11 500 qm. verfügt. Gegen Mitte des Jahres 1946 kam das erste „Heinzelmann“-Gerät — zunächst als Radio-Baukasten — heraus. Bereits ein Jahr später wurde der 6-Kreis-4-Röhrensuper „Weltklang“ in die Fertigung gegeben. Infolge des ständig steigenden Absatzes ging der Gründer der Firma, Herr Grundig, dazu über, eine großzügig entworfene Fabrikationsanlage zu errichten, die heute die neuesten Fabrikationseinrichtungen der Westzone besitzt. Mit dem im Monat Januar 1949 gefertigten 10 500 Radiogeräten hatte die Firma einen Marktanteil von 20 Prozent. Sie steht damit an der Spitze der deutschen Radioindustrie. Diese außergewöhnliche Leistung war dadurch möglich, daß fast sämtliche Einzelteile in den eigenen Werksanlagen mit modernsten Einrichtungen hergestellt werden. Anläßlich eines Presseempfanges gab die Firma der Öffentlichkeit Gelegenheit, die erstklassigen Fabrikationseinrichtungen kennenzulernen, deren Zweckmäßigkeit und besondere Eignung für einen Großbetrieb allgemein anerkannt wurden. Das zukünftige Fabrikationsprogramm der Grundig-Werke erfaßt vier verschiedene Typen, einen preiswerten Einkreiser in Allstromausführung und hochwertiger Ausführung (DM. 168.—), den „Weltklang“-Kleinsuper 268 GW (DM. 268.—), den „Weltklang“-Mittelklassensuper mit 6 Kreisen in Wechselstrom- und Allstromausführung und einen Spitzensuper mit 7 Kreisen, Magischem Auge und vier Wellenbereichen, der für verwöhnteste Ansprüche entwickelt ist. Mit diesem abgerundeten Geräteprogramm, dem sich noch UKW-Vorsatzgeräte und UKW-FM-Empfänger anschließen werden, ist es der Firma möglich, monatlich etwa 11 000 Geräte herzustellen. Die Prüfeinrichtungen sind mit großer Sorgfalt aufgebaut. Jedes Gerät, das die Fabrik verläßt, hat 84 Prüfungen durchlaufen und beweist damit die hohe Qualität der Grundig-Geräte-Fabrikation.

Telefunken-Röhrengarantie

Am 1. Februar d. J. ist das Lebensdauer-Garantieverfahren für Erstbestückungsröhren in Radiogeräten von Telefunken wieder eingeführt worden. Von diesem Zeitpunkt an werden die Radiogeräte der deutschen Industrie, soweit sie mit Telefunken-Röhren bestückt sind, wieder mit den aus früherer Zeit bekannten „Garantieakten“ versehen sein. Die Dauer des Garantieanspruches und der Leistung und die Abwicklung des Ersatzverfahrens werden in unveränderter Form wieder aufgenommen. Die Garantie erstreckt sich also auf sechs Monate, gerechnet vom Verkaufsdatum des Gerätes durch den Handel an den Verbraucher. Treten innerhalb dieser Frist an den Bestückungsröhren des Gerätes Fehler auf, so hat der Käufer Anspruch auf Ersatzlieferung fehlerfreier Röhren.

Ersatzansprüche für Bestückungsröhren, die nicht aus Radiogeräten stammen, sowie für lose Röhren — sogenannte Handelsröhren — werden bis auf weiteres nach den Richtlinien des Ersatzverfahrens der Nachkriegszeit weiterbehandelt. Der Grund für diese verschiedene Form des Ersatzes liegt nicht in einer unterschiedlichen Qualität der Röhren, sondern in der Art ihrer Verwendung. Beispielsweise ist hier der Betrieb von Röhren in kommerziellen Geräten, wie Antennenverstärkern, Bahn- und Postanlagen mit häufig pausenloser Inanspruchnahme zu erwähnen, oder der Einsatz von Röhren unter nichtnormalen Betriebsbedingungen. Die Einbeziehung auch dieser Röhren in ein Garantieverfahren wird trotzdem angestrebt. Mit der Wiederaufnahme der Lebensdauer-Garantie für Radioröhren wird einem oftmals geäußerten Wunsch entsprochen, denn die klare Bestimmung von Anspruch und Leistung ist eine Sicherung für Fabrik, Fachhandel und Verbraucher. Die Garantie-Karte war auch in einer Reihe von europäischen Ländern eingeführt und hatte allgemein die Bedeutung eines Gütezeichens der deutschen Radioindustrie errungen. Darum soll ihr Wiedererscheinen auch in diesem Sinne begrüßt werden.

Eine neue Philips-Fabrik

Die „Zweigstelle Spezialgerätefabrik der Philips Valvo Werke“ hat in den bisherigen Räumen der Hauptverwaltung in Hamburg unlängst ihre Tätigkeit aufgenommen. Zunächst wird das bekannte „Philoscop“, eine Meßbrücke, hergestellt. In Kürze folgt die Fertigung eines Ladegleichrichters. Das Fabrikationsprogramm umfaßt ferner Service-Oszillatoren, Service-Oszillografen sowie Spezialmeßgeräte. Die Anschrift der neuen Fabrik lautet: Philips Valvo Werke GmbH, Zweigstelle Spezialgerätefabrik Hamburg, (24a) Hamburg 11, Gr. Burstah 52 (Rödingsmarkt), Telefon 35 28 45/48.

Billigere deutsche Radioröhren

Die westdeutsche Rundfunk- und Röhrenindustrie hat in vorbildlicher Zusammenarbeit eine erfreuliche Initiative durch die Herstellung billiger Kleinsuper-Geräte und durch die jetzt laufende Umtauschaktion bewiesen, die eine erhebliche Verbilligung beim Kauf neuer hochwertiger Rundfunkempfänger ermöglicht. Mit Wirkung vom 1. April 1949 werden die Röhrenpreise um ca. 15 Prozent gesenkt, eine Maßnahme, die von den Röhrenherstellern (Philips und Telefunken) in dem Bestreben, die Preissenkungsmaßnahmen nach besten Kräften zu unterstützen, gleichzeitig beschlossen wurde.

Diese Preissenkung ergibt für Radioröhren gegenüber dem Stand vor dem Kriege ein um 40 bis 80% höheres Niveau, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht:

Röhrentyp	Preis v. Sommer 1939 (gültig bis 27. 7. 39)	%	Preis vom 1. 4. 49	%
AF 3	8.30	100	15.—	181
AF 7	7.95	100	14.—	176
AL 4	11.15	100	20.—	179
CF 3	10.20	100	16.50	162
CF 7	10.20	100	15.50	152
EL 11	11.15	100	20.—	179
EL 12	13.55	100	24.—	177
L 416 D	6.30	100	11.—	175
AZ 1	4.—	100	6.—	150
AZ 11	4.25	100	6.—	141
AZ 12	7.10	100	10.—	141

Die Preise für Valvo-Röhren wurden kurz vor Ausbruch des Krieges — ab 28. Juli 1939 — reduziert. Dieser

Preissenkung fehlte jedoch die wirtschaftliche Grundlage. Sie war auf Grund eines Produktionsprogramms festgesetzt, das infolge des Kriegsausbruchs nicht mehr durchgeführt werden konnte. Diese Preise mußten daher nach dem Kriege entsprechend den gestiegenen Kosten revidiert werden.

Nach der Währungsreform ergab sich zunächst eine indirekte Preissenkung dadurch, daß der Rabatt für den Handel, der als unzureichend angesehen wurde, erhöht wurde. Nachdem bereits am 1. September 1948 eine Reihe von Typen im Preis gesenkt worden war, erfolgte zum 1. April 1949 die erwähnte Herabsetzung der bis dahin geltenden Preise um ein Sechstel. Die Philips-Valvo-Werke sind mit ihrer Hamburger Fabrik Deutschlands größter Radioröhrenhersteller. Die Produktion an Valvo-Röhren hatte um die Jahreswende die 200 000-Stück-Grenze je Monat bereits überschritten und bewegt sich in ständig ansteigender Linie. Es ist sicher, daß die Versorgung des Handels in diesem Jahr eine fühlbare Verbesserung erfährt, nachdem bisher die Belieferung der apparatebauenden Industrie den Vorrang haben mußte.

Die neue Preissenkung der Radioröhren wird sich auf die Preisgestaltung der Apparate bauenden Industrie vorteilhaft auswirken und es ermöglichen, die vom Publikum gewünschte Verbilligung der Geräte ohne Qualitätssenkung durchzuführen. Andererseits wird den Reparaturwerkstätten die Möglichkeit gegeben, die in Verbindung mit dem Röhrenersatz auszuführenden Reparaturen zu einem günstigeren Preis auszuführen. Wenn es sich auch hier in der Regel nur um verhältnismäßig kleine Beträge handeln dürfte, wird der Kunde die Verbilligung zu schätzen wissen.