

Kurzwellenempfänger Ln 21021 (Schwabenland)



Peter Treytl
Oktober 2008

Inhalt:

1. Einleitung	2
2. Netzteil	
2.1 Aufbau und Schaltungsbeschreibung	3
2.2 Restaurierung und Inbetriebnahme	4
2.3 Reparatur des Netzschalters	7
2.4 Messungen am Netzteil	8
3. HF-Verstärker, 1. Oszillator und Mischer	
3.1 Konzept und Schaltungsbeschreibung	8
3.2 Aufbau des HF-Teils	12
4. ZF-Verstärker, Demodulator und Regelspannungserzeugung	
4.1 Konzept und Schaltungsbeschreibung	13
4.2 Aufbau des ZF-Teils	20
5. Niederfrequenzverstärker	
5.1 Schaltung des NF-Verstärkers	21
5.2 Aufbau des NF-Verstärkers	21
6. Messwerk	22
7. Betriebsartenschalter	25
8. Restaurierung von Gehäuse und Frontplatte	26
9. Abgleich und Messung	
9.1 Verwendete Messgeräte	27
9.2 Abgleich und Messung des ZF-Verstärkers	28
9.3 Abgleich des HF-Teils	30
9.4 Messungen über alles	30
10. Zusammenfassung	32
11. Literatur	33
Anhang (Datenblatt RV12P2000)	34

1. Einleitung

Der Kurzwellenempfänger Ln 21021 „Schwabenland“ [1] der ehemaligen Deutschen Luftwaffe wurde baugleich bei der Deutschen Kriegsmarine unter der Bezeichnung EO 8268 eingesetzt. Der Empfänger wurde von der Firma C. Lorenz A.G. in den Jahren 1941/42 produziert. Er gehört zu den Spitzengeräten der damaligen Zeit und wurde in festen Bodenstationen, Fahrzeuganlagen, auf großen Schiffen und als Bestandteil der Adcock-Sichtpeilanlage 1124 (Fu Peil A70b) verwendet. Gespeist wurde der Empfänger aus dem Wechselstromnetz mit 125 – 240 V bei 40 – 60 Hz.

Insgesamt wurde nur die relativ geringe Anzahl von 1000 Geräten gebaut. Der vorliegende Empfänger trägt die Produktionsnummer 946. Verschiedene Datumsstempel am Gerät lassen auf einen Auslieferungstermin am 27. Dezember des Jahres 1942 und auf eine Produktion in der zweiten Hälfte des Jahres 1942 schließen.

Das Gerät, ein Einfachsuper mit zwei HF-Vorstufen und einer Zwischenfrequenz von 1,24 MHz, ist für den Empfang tonloser Telegrafie (A1), tönender Telegrafie (A2) und von Telefonie (A3) ausgelegt. Der Empfangsfrequenzbereich von 1,5 bis 25 MHz ist in acht Einzelbereiche unterteilt, die sich jeweils geringfügig überlappen. Zur Erhöhung der Selektivität kommt ein regelbares Quarzfilter zum Einsatz. Der zweite Oszillator ist quarzgesteuert. Er

macht tonlose Telegrafiesignale hörbar und wird zusätzlich als Eichgenerator genutzt. Bestückt ist der Empfänger mit 11 Röhren RV12P2000, einem Glimmstabilisator StV150/20 und einer Glimmlampe TE30 als Überspannungsschutz in der Antennen-Zuleitung. Die Anodenspannung wird mittels eines Selengleichrichters gewonnen.



Bild 1: Restaurierter Empfänger Ln21021 Schwabenland #946

Mechanisch besteht das Gerät aus Empfänger und Netzteil. Das Aufbaugesstell des Empfängers ist aus Elektron gefertigt, das Gehäuse des Netzteils aus Eisenblech hergestellt. Das Netzteil wird in das Empfängergestell eingeschoben. Die elektrische Verbindung erfolgt über Steckerleisten. Der Gesamt-Geräteblock ist in einem Kasten aus Panzerholz untergebracht. Obwohl der Gerätekasten sehr starke Korrosionsspuren aufwies (siehe Bild 35), befand sich der Empfänger noch in einem überraschend guten Zustand. Er war jedoch nicht betriebsfähig. Im Rahmen dieser Arbeit wird auf die Funktion der einzelnen Stufen des Empfängers ausführlich eingegangen und die Restaurierung des Gerätes detailliert beschrieben. Schließlich gelang es, das Gerät soweit wiederherzustellen, dass die im offiziellen Geräte-Handbuch des RLM [1] und in der Beschreibung der Firma C. Lorenz AG, Berlin [2] veröffentlichten Technischen Daten weitestgehend eingehalten werden.

2. Netzteil

2.1 Aufbau und Schaltungsbeschreibung

Das Netzteil des Ln21021, Bilder 2 und 3 mit entfernten Abschirmblechen, befindet sich in einem Gehäuse aus Eisenblech, das mit Schraubbolzen im Empfängergestell befestigt ist. Sowohl die Stromzuführung zum Empfangsteil als auch zum Netzstecker im Gerätekasten erfolgt mittels Steckleisten. Dem Schaltbild, Bild 5, ist zu entnehmen, dass der Eingang des Netzteils sorgfältig geschirmt und zusätzlich nach den Sicherungen (232, 233) und dem

Netzschalter (234) verdrosselt ist. Der Netztransformator ist primärseitig für Eingangsspannungen von 110, 125, 150, 220 und 240V umschaltbar. Sekundärseitig ermöglicht eine bei 230, 245 und 260V angezapfte Anodenspannungswicklung den Ausgleich von Alterungseffekten des Selengleichrichters (220). Nach Brückengleichrichtung wird die Anodenspannung geglättet (Drosseln 221 und 222, Kondensatoren 225, 226, 227). Die Gittervorspannung

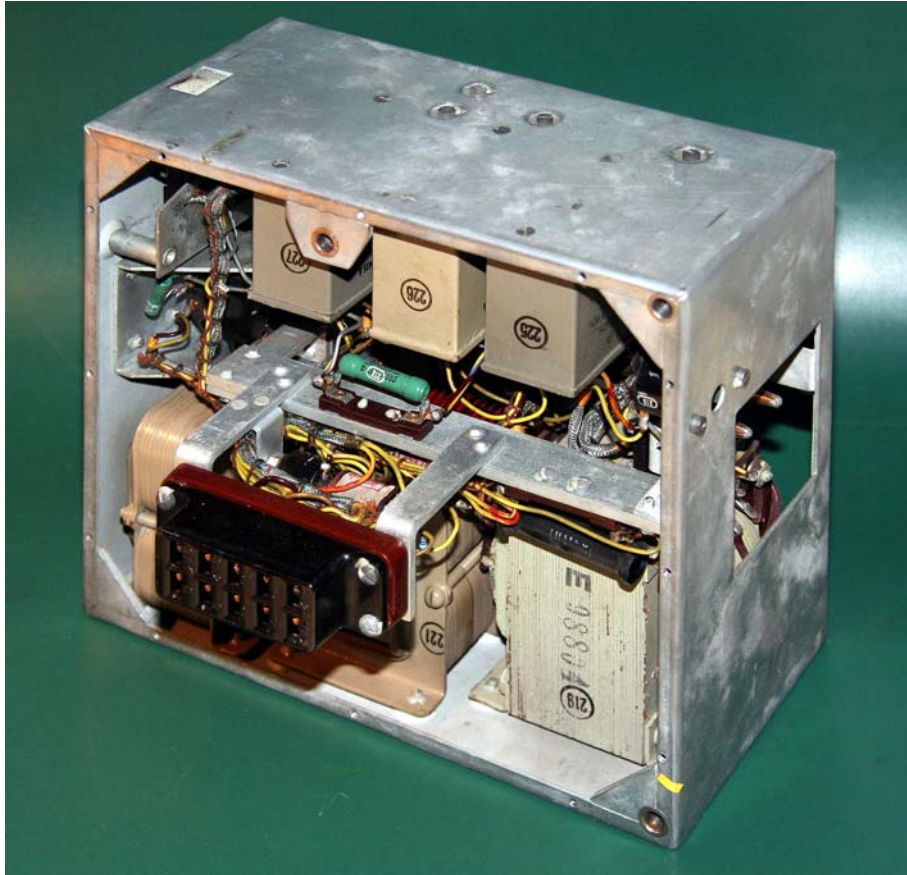


Bild 2: Offenes Stromversorgungsmodul, Ansicht von der Steckerseite.

Zu sehen sind neben dem Netztrafo (218) und den Glättungsdrosseln (221, 222) drei Becherkondensatoren (225, 226, 227) für die Siebung der Anodenspannung, zentral ein grüner Widerstand (212) zur Erzeugung der negativen Gittervorspannung sowie direkt hinter der Federleiste der Messgleichrichter für die Heizspannung samt Vorwiderstand.

–G fällt an einem vom Anodenstrom durchflossenen Widerstand (212) ab. Der Glimmstabilisator STV150/20 hält die Spannung SA1 für die beiden Oszillatoren konstant. Die Schaltung besteht aus Vorwiderstand (229), Zündwiderstand (236) und dem Stabilisator (228).

Sekundärseitig trägt der Transformator außerdem die Heizwicklung. Die Heizspannung lässt sich über einen Entbrummer (218) symmetrieren. Außerdem liegt im Heizspannungskreis ein Messgleichrichter (216) mit Messwiderstand (217) zur Kontrolle der Heizspannung im 15V-Bereich des Messinstruments (214). Ein Messwiderstand (215) dient als Vorwiderstand zur Messung der Anodenspannung im 220V-Bereich.

2.2 Restaurierung und Inbetriebnahme

Um am Netzteil Messungen durchführen zu können, wurde zunächst der in Bild 4 abgebildete Lastwiderstand aufgebaut. Passende Messerkontakte ermöglichen die Verbindung mit dem Federstecker des Moduls und damit Messungen unter Last.



Bild 3: Offenes Stromversorgungsmodul.

Zu sehen sind die beiden Spannungsumschalter am Transformator, der Selen-Gleichrichter und dahinter die beiden Siebdrosseln für die Anodenspannung. Darüber befinden sich die Stabilisatorröhre und die Netzsicherungen sowie außerhalb des Gehäuses der Betätigungshebel für den Netzschalter, der nach Einschieben des Moduls in das Empfängergestell mit dem Betriebsartenschalter gekoppelt ist. Links oben erkennt man die Netz-Eingangsdrosseln.

Erste Messungen zeigten, dass der Selengleichrichter irreparabel gealtert war. Die Anodenspannung lag selbst an der höchsten Anzapfung des Transformators nicht um die 200, sondern bei weniger als 90V. Auch der Messgleichrichter für die Heizspannung war gealtert. Durch Parallelschaltung eines Metallschicht-Widerstandes 91k Ω , 0,5W, 1% (217a) zum Messwiderstand (217) konnte dieser Fehler aber einfach behoben werden.

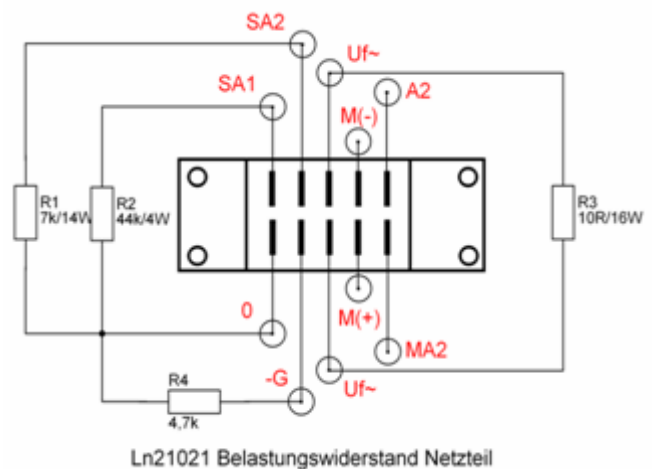
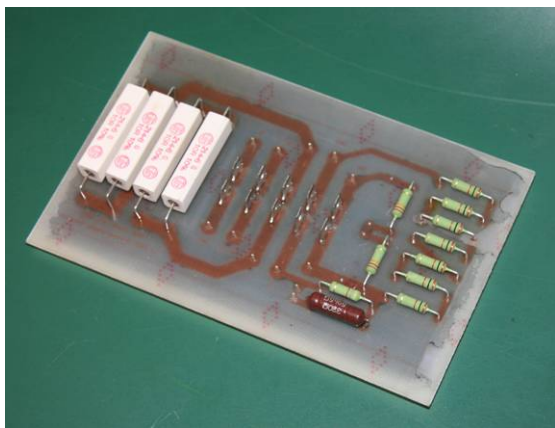


Bild 4: Lastwiderstand für Gitter-, Anoden- und Heizspannung

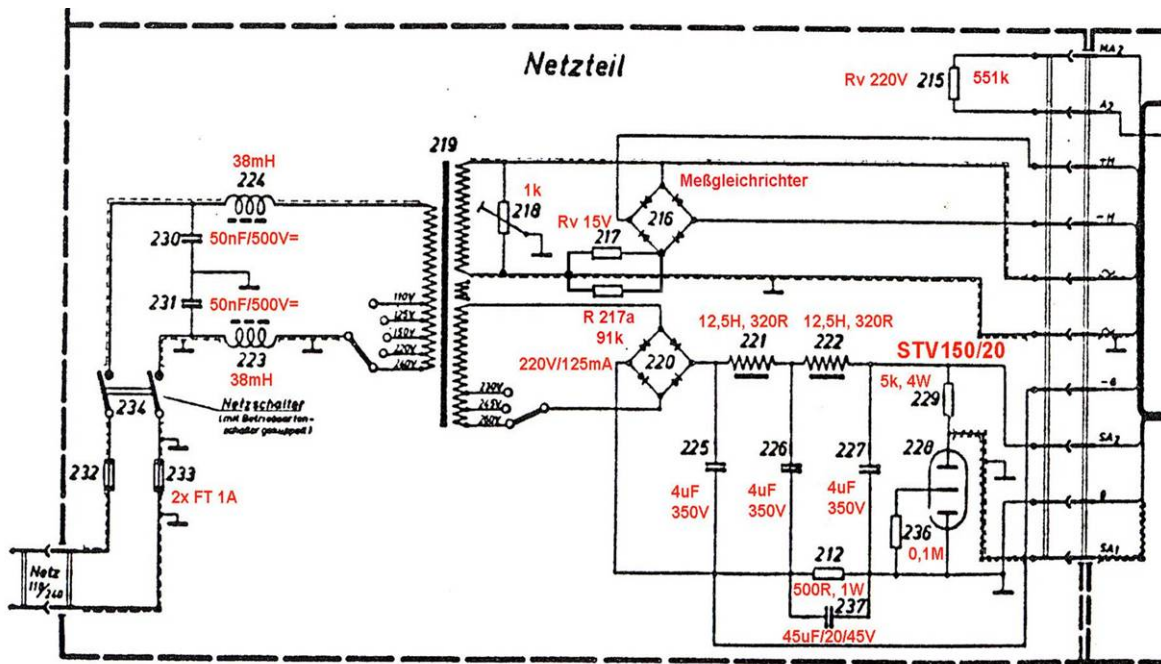


Bild 5: Schaltbild Netzteil

Schwieriger gestaltete sich der Ersatz des Anodenspannungsgleichrichters. Messungen an den Einzelplatten ergaben, dass die Zellen hochohmig geworden waren und auch durch längere Formierung nicht besser wurden. Mit Unterstützung durch meinen Sammlerfreund Hermann

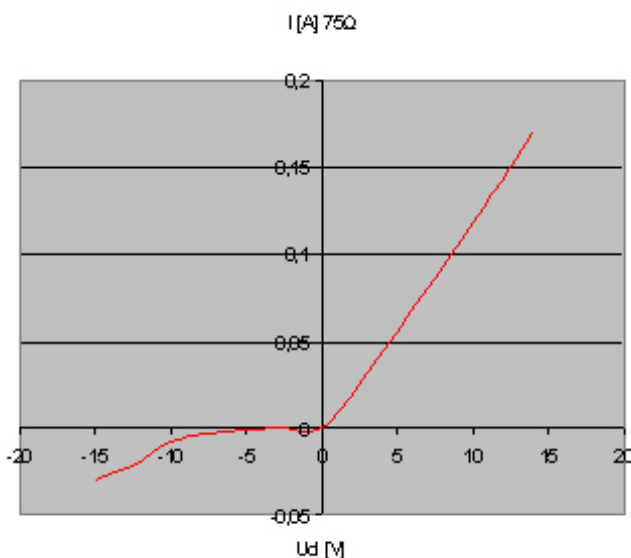


Bild 6: Kennlinie einer Einzelzelle

Rebers, eigenen Vorräten und viel Arbeitsaufwand gelang es dann doch noch, die erforderliche Anzahl von 64 funktionsfähigen Zellen mit 25mm Durchmesser aufzutreiben und damit einen authentischen Ersatz-Gleichrichter aufzubauen. Die Säulen wurden zunächst zerlegt und der Lack mit Nitro-Verdünnung entfernt. Jede Einzelzelle wurde 30 Minuten lang an einer Wechselspannung von 20Veff bei einem Lastwiderstand von 75Ω formiert. Anschließend wurde mit dem gleichen Lastwiderstand die Kennlinie aufgenommen. Ein Beispiel dafür sieht man in Bild 8. Insgesamt war die Ausbeute bei der Gewinnung von Ersatzzellen gut. Einige Zellen fielen durch zu hohen Sperrstrom aus, andere waren einfach im Laufe der Zeit irrever-

sibel hochohmig geworden oder mechanisch beschädigt. Problematisch gestaltete sich die Kontaktierung der Platten. Viele der hierfür vorgesehenen Federringe aus Messing waren angelautet (überhitzte Gleichrichter?) und hatten ihre Spannkraft fast vollständig verloren. Letztlich gelang es aber, die benötigte Anzahl von Einzelteilen zu beschaffen. Nach der Lackierung ist der Gleichrichter auch optisch nicht mehr vom Original zu unterscheiden.

2.3 Reparatur des Netzschalters

Bei genauer Inspektion des Netzschalters zeigte sich, dass der gabelförmige Knebel des Schalters gebrochen und notdürftig mit Kleber zusammengefügt war. In Bild 7 sind der aus Pressstoff hergestellte Originalknebel und der aus Hartpapier (Phenolpapier) gefräste Ersatzknebel zu sehen. Mit den im Vordergrund abgebildeten Platten werden bzw. wurden die beiden Hälften des Schalters vernietet. Sie tragen im Zentrum ein M3-Gewindeloch zur Befestigung des Schalters im Netzteil-Gehäuse.



Bild 7: Netzschalter, Einzelteile und wiederhergestellter Schalter



Bild 8: Restauriertes Netzteil

2.4 Messungen am Netzteil

Die exakten Widerstandswerte des Belastungswiderstandes zeigt Tabelle 1. Der Widerstand im Heizkreis erhöht seinen Wert bei voller Belastung temperaturabhängig um bis zu 9%. Tabelle 2 sind die bei einer Netzspannung von etwa 235V und bei unterschiedlichen Anodenspannungsanzapfungen des Transformators gemessenen Spannungen, die überlagerten Brummspannungen, die mittels der gemessenen Lastwiderstände berechneten Lastströme sowie die Abweichung der Heizspannung von der Sollspannung (12,6V) zu entnehmen.

Belastungswiderstand	Bezeichnung	Wert
Heizkreis	R3	kalt 9,999Ω heiß 10,9Ω
Anodenspannung 2	R1	6,968kΩ
Anodenspannung 1	R2	43,75kΩ
Gittervorspannung	R4	4,677kΩ

Tabelle 1: Gemessene Werte der Belastungswiderstände

Anzapf Ua~	230 V	245 V	260 V
Ua2 [V]	214	227	238
Ua2~ [mV]	62	68	69
Ia2 [mA]	30,7	32,5	34,1
Ua1 [V]	154,8	157	157,7
Ua1~ [mV]	8,0	8,9	8,4
Ia1 [mA]	3,53	3,59	3,6
Ug [V]	-19,3	-20,7	-22,3
Ug~ [mV]	4,5	5,2	5,5
Ig [mA]	4,13	4,43	4,76
Uf [V]	12,22	12,2	12,14
ΔUf [%]	-3,0	-3,17	-3,7
If [A]	1,12	1,12	1,11

Tabelle 2: Ausgangsspannungen des Netzteils bei Belastung durch externen Belastungswiderstand nach Bild 4 und unterschiedlichen Anodenspannungsanzapfungen Ua~. Stellung des Netzspannungswählers auf 240V, Netzspannung etwa 235V/50Hz

3. HF-Verstärker, 1. Oszillator und Mischer

3.1 Konzept und Schaltungsbeschreibung

Das HF-Teil ist entsprechend Bild 9 konzipiert. Der Empfangsbereich ist in acht Einzelbereiche unterteilt. Die Umschaltung zwischen diesen geschieht durch eine mechanisch aufwändige Trommel, die Abstimmung mittels eines Vierfach-Drehkondensators. Drei abgestimmte Kreise vor der Mischstufe stellen ausreichende Selektion und Störstrahlungsfestigkeit sicher. Auf den abgestimmten Eingangskreis folgt die Eingangsstufe mit R011. Die Verstärkung kann von Hand mit einem Pegelsteller verändert werden. Über einen weiteren Einzelkreis

wird die geregelte zweite HF-Stufe angesteuert. Vor dem Mischer, R651, liegt ein weiterer Einzelkreis. Die Mischung erfolgt additiv mit dem von R671 bereitgestellten Oszillatorsignal. Im Ausgang der Mischröhre liegt das Quarzfilter QF1 mit stetig veränderlicher Bandbreite.

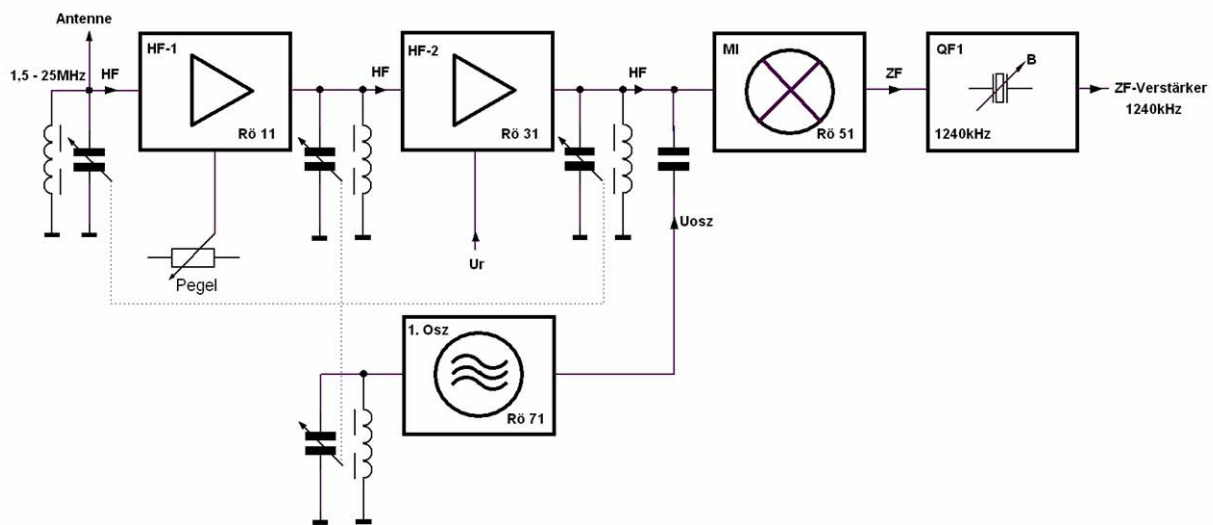


Bild 9: Konzept HF-Teil

Die Empfangsbereiche decken die angegebenen Frequenzbereiche ab. Zusätzlich überlappen sie sich etwas:

Bereich 1:	1500 – 2100 kHz
Bereich 2:	2100 – 3000 kHz
Bereich 3:	3000 – 4270 kHz
Bereich 4:	4270 – 6100 kHz
Bereich 5:	6100 – 8730 kHz
Bereich 6:	8730 – 12400 kHz
Bereich 7:	12400 – 17200 kHz
Bereich 8:	17200 – 25000 kHz

Die Zwischenfrequenz beträgt 1240 kHz.

Dem Schaltbild der Eingangsstufe, Bild 10, ist zu entnehmen, dass die von der Antenne gelieferte HF-Spannung dem Eingangskreis A entweder hochohmig (Ant. I) über C1 bzw. niederohmig (150Ω symmetrisch, Ant. II) über die Koppelspule B zugeführt wird. Die Glimmlampe TE 30 schützt den Eingangskreis vor Überspannungen. Der Antennentrimmer C5 gleicht unterschiedliche Antennenkapazitäten aus. Er ist von der Frontplatte zugänglich („A“) und kann mit einem Schraubendreher bedient werden.

Die Verstärkung der Vorstufe ist von Hand durch R211 „Eing.-Pegel“ einstellbar. Die Widerstände R 8 und R 13 führen die negative Vorspannung an das Gitter von R611.

Mittels C 20 wird im Betriebszustand „Eichen“ das Ausgangssignal fe des zweiten Oszillators eingespeist.

Die Heizanschlüsse sind verdrosselt (L16) und zusätzlich abgeblockt (C67, C168).

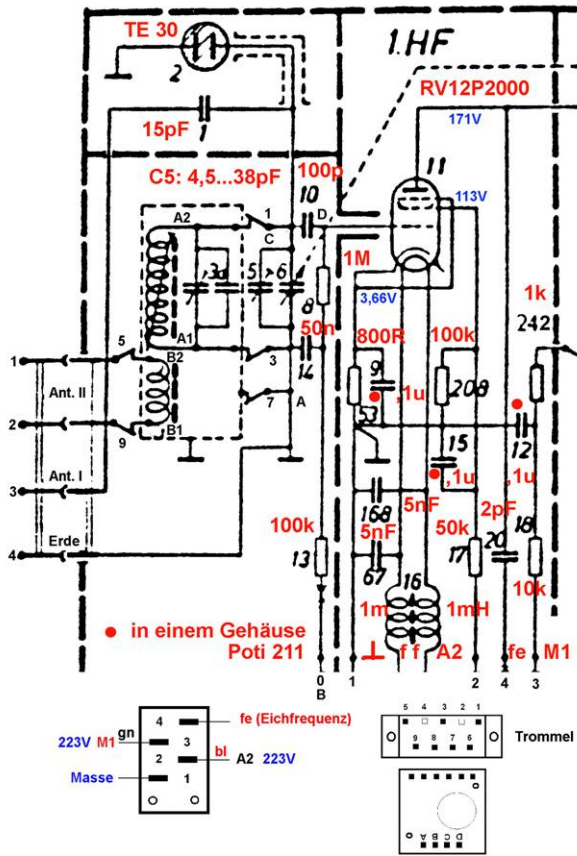


Bild 10: Eingangsstufe

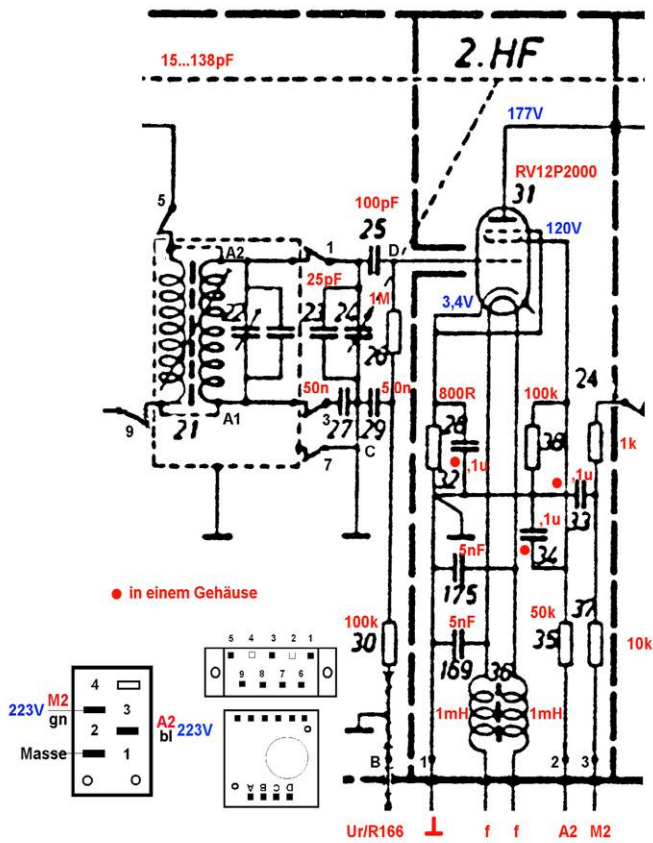


Bild 11: Zweite HF- Stufe

Mittels einer Spule im Anodenkreis (L21 in Bild 11) wird das von der Eingangsstufe verstärkte Signal an den ersten Zwischenkreis angekoppelt.

Die zweite HF-Stufe, Bild 11, ist wie die erste dimensioniert. Sie arbeitet ebenfalls mit fester Schirmgitterspannung (Spannungsteiler R35, R38, C34). Dadurch wird bei Abregelung der Röhre ein unzulässiges Ansteigen der Schirmgitterspannung verhindert. Über R30 und R26 wird die automatische Regelspannung zugeführt.

In der Anoden-Zuleitung liegt wieder eine Spule B (L39 in Bild 12), die das verstärkte Signal an den zweiten Zwischenkreis (dritter abgestimmter HF-Kreis) ankoppelt. Das HF-Signal wird über C42 an das Gitter der Mischröhre R51 geführt, das Signal des Überlagerungsoszillators über C43.

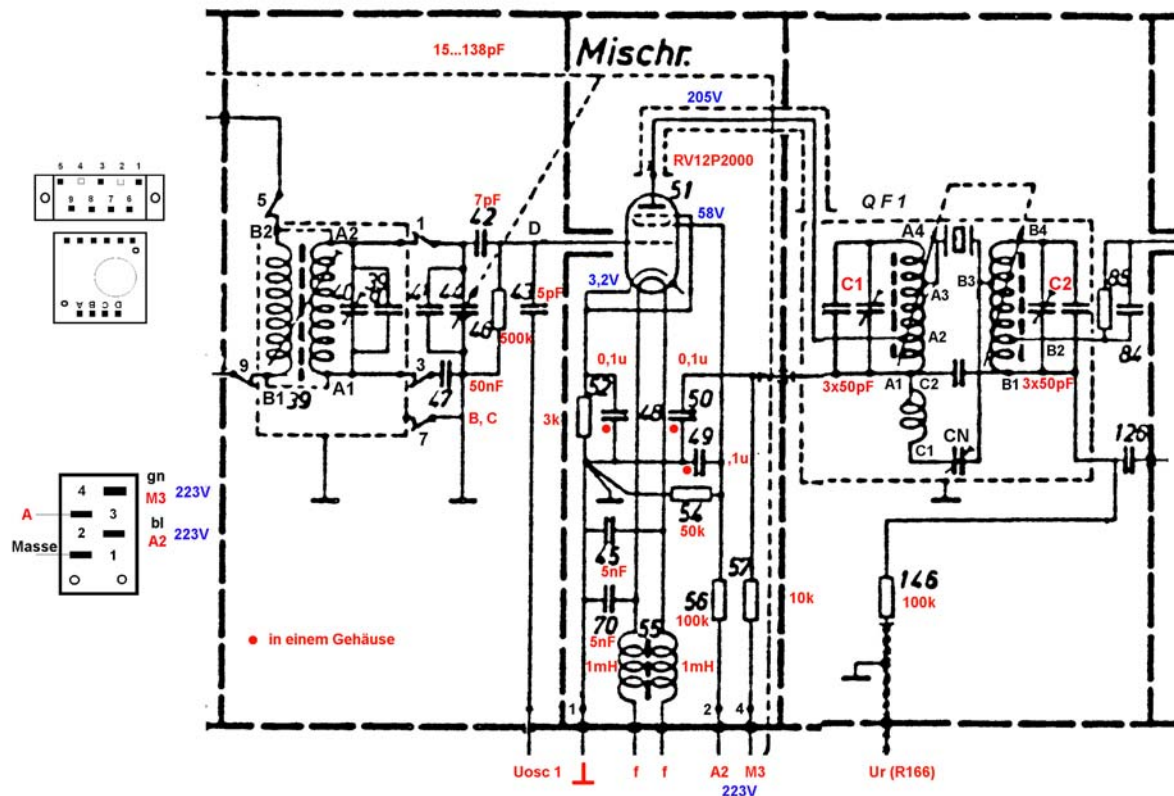


Bild 12: Mischstufe

Die Mischröhre arbeitet im stärker gekrümmten Teil der Kennlinie. Der Anodenstrom ist daher geringer als bei den beiden Vorstufen. Im Anodenkreis der Mischröhre siebt das Quarzfilter QF1 die Zwischenfrequenz von 1,24 MHz aus.

Der 1. Oszillator, Bild 13, ist nach Meißner geschaltet. Der frequenzbestimmende Schwingkreis (L59, C62, C63, C64, C66) liegt in der Anoden-Zuleitung. Die Mitkopplung erfolgt über eine Koppelspule und C65 an das Gitter von R51. Ausgekoppelt wird das Oszillatorsignal vom Schwingkreis L59 über R60. Die Oszillatordröhre arbeitet als Pentode ohne Kathodenwiderstand. Die negative Gitter-Vorspannung stellt sich durch Gittergleichrichtung der Oszillatorspannung und den dadurch verursachten Spannungsabfall am Gitter-Ableitwiderstand R69 automatisch so ein, dass die Schwingbedingung erfüllt ist. Mit dem Trimmer C64 „Eich“ (Eich-Korrektion) kann der Oszillator bei Eichung einzelner Empfangsbereiche mit einem Schraubendreher von der Frontplatte aus geringfügig nachgestimmt werden.

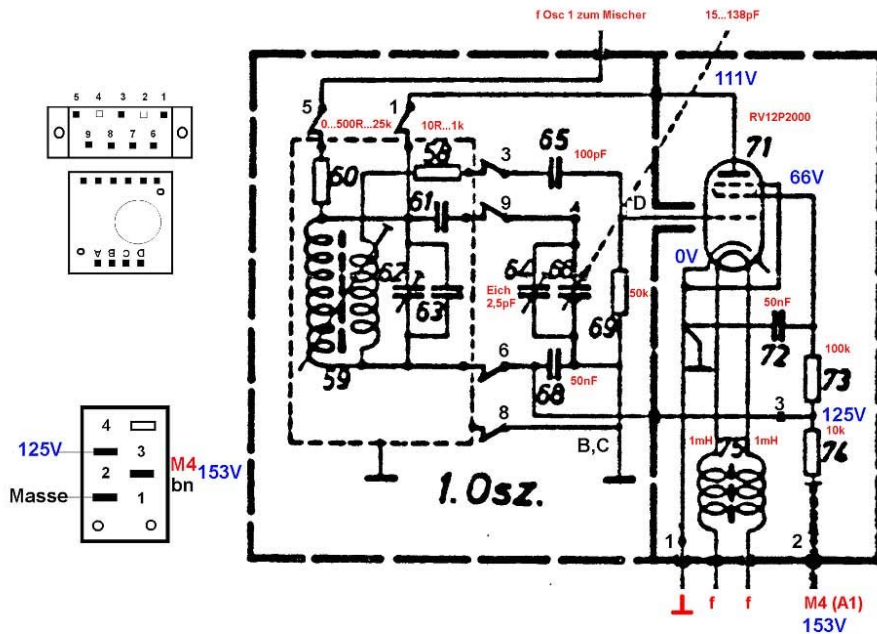


Bild 13: 1. Oszillator

3.2 Aufbau des HF-Teils

Die Baugruppen des HF-Teils sind in abgeschirmten Kammern des Elektron-Gehäuses untergebracht. Diese gruppieren sich um einen Trommeltuner, der die Induktivitäten und Trimmer-

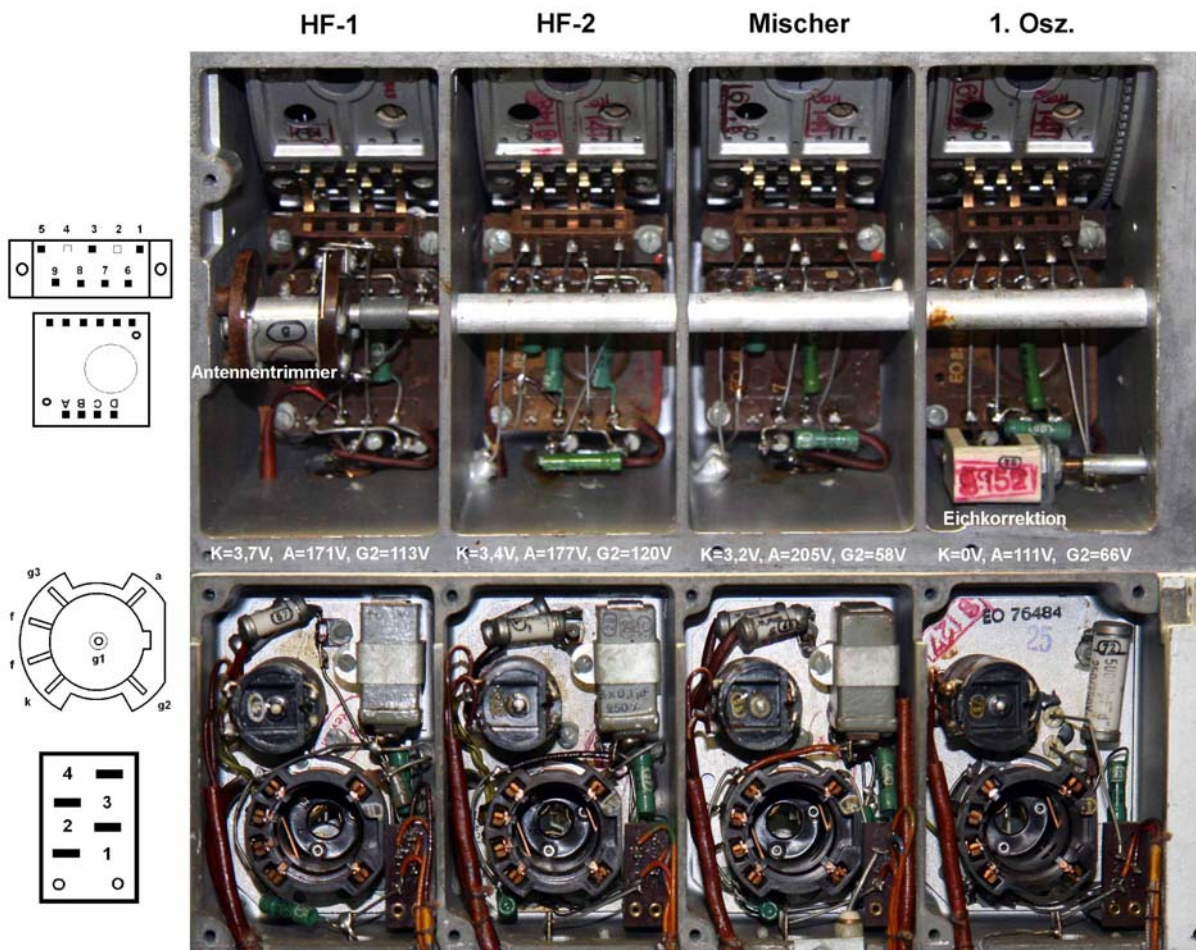


Bild 14: HF-Teil

kondensatoren für die einzelnen Empfangsbereiche enthält. In Bild 14 sind die Draufsicht auf die Kontaktsätze des Trommeltuners und auf die einzelnen Baugruppen in eine Ebene geklappt. Man erkennt von links nach rechts die beiden HF-Vorstufen, die Mischstufe und den 1. Oszillator. Ebenfalls gut zu sehen sind der Antennentrimmer (links) und der Trimmer zur Eichkorrektur, rechts, im oberen Teil des Bildes.

Der Trommeltuner, Bild 15, besteht aus 4 Segmenten mit jeweils acht Sektoren. Der Antrieb des Tuners erfolgt über den Bereichsschalter. Dieser zieht eine Feder auf, die ihrerseits die

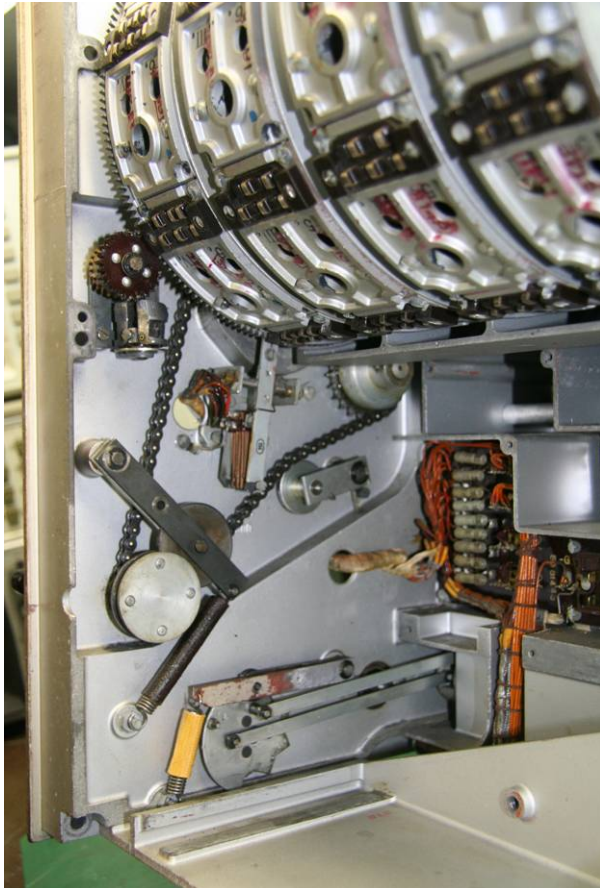


Bild 15: Trommel-Tuner

Trommel gewährleistet. Im unteren Teil von Bild 15, innerhalb der Kette, ist der Kontaktfedersatz zu erkennen, der während der Drehung der Trommel den NF-Ausgang kurzschließt und die Anodenspannung abschaltet. Die Kontakte des Trommeltuners wurden vorsichtig mit einem feinen Glasfaser-Stift gereinigt.

Trommel in eine langsame, von einem Fliehkraftregler gesteuerte, gleichmäßige Drehung versetzt. Eine Vierteldrehung des Bereichsschalters schaltet die Trommel um einen Sektor weiter. Da der Antrieb der Trommel nicht mehr zuverlässig funktionierte, wurde er zerlegt. Dabei stellte sich heraus, dass sich am Fliehkraftregler die Achse mit den Gewichten gelöst hatte. Nach Anfertigung einer neuen Achse und gründlicher Reinigung der mechanischen Komponenten arbeitete der Mechanismus wieder einwandfrei.

Einzelheiten des Antriebs zeigt Bild 15. Links unten erkennt man die Rastscheibe mit dem Rastrad des Bereichsumschalters. Die Bewegung wird mittels einer Kette auf den Aufzugsmechanismus der Trommel übertragen. Ein Spannrade verhindert das Durchhängen der Kette. Durch eine Vierteldrehung am Bereichsschalter wird zunächst eine Feder aufgezo-gen und anschließend die Trommel für eine Achteldrehung freigegeben. Die Trommel trägt einen Zahnkranz, in den das aus Hartgewebe gefertigte Antriebsrad des Fliehkraftreglers eingreift, gut zu sehen links oberhalb der Kette. Dadurch wird ein gleichmäßiger Lauf der

4. ZF-Verstärker, Demodulator und Regelspannungserzeugung

4.1 Konzept und Schaltungsbeschreibung

Der Empfänger arbeitet mit einer Zwischenfrequenz von 1,24 MHz. Am Eingang des ZF-Verstärkers befindet sich das Quarzfilter QF1, dessen 3dB-Bandbreite durch Variation der Kopplung B zwischen etwa 200 und 8000 Hz stetig verändert werden kann und das eine hohe Flankensteilheit seiner Durchlasskurve besitzt.

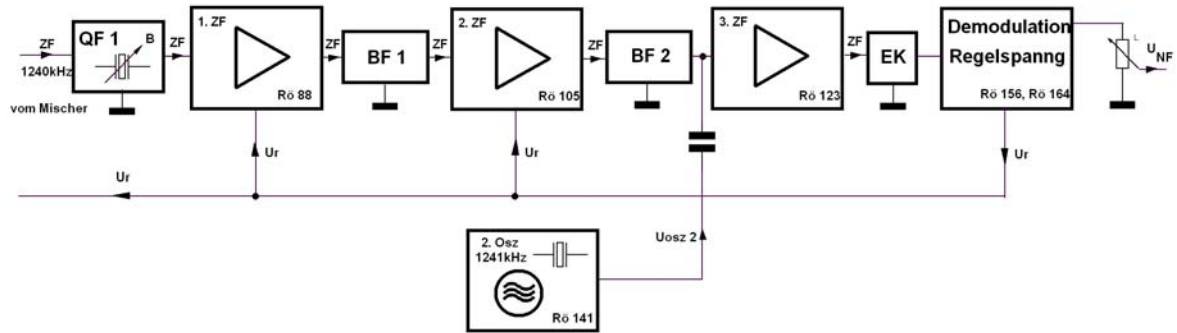


Bild 16: Konzept ZF-Verstärker, Demodulation und Regelspannungserzeugung.

Auf das Quarzfilter folgen drei ZF-Stufen. Die ersten zwei sind durch Bandfilter gekoppelt. Am Ausgang der dritten ZF-Stufe steuert ein Einzelkreis die Regelspannungserzeugung und den Demodulator an. Der quarzgesteuerte 2. Oszillator mit einer Frequenz von 1,241 MHz überlagert tonlose Telegrafiesignale und dient außerdem als Eichoszillator.

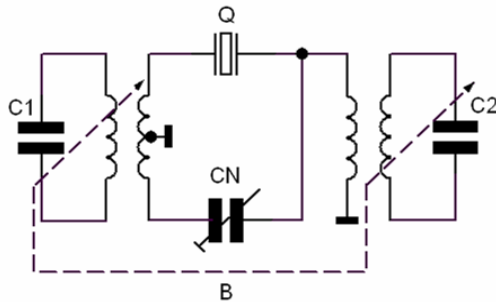


Bild 17: Konzept Quarzfilter

Beim Quarzfilter handelt es sich um ein Differential-Brückenfilter (Phasing- oder Lattice-Filter). Abhängig vom Verhältnis der Eigenkapazität des Quarzes zur Größe der Neutralisationskapazität C_N entstehen auf der Frequenzachse ober- bzw. unterhalb der Resonanzfrequenz Dämpfungspole, die zu Unsymmetrien der Durchlasskurve führen können. Beim Abgleich des Filters muss das beachtet werden.

Bedauerlicher Weise befand sich das Filter in nicht funktionsfähigem Zustand. Die Trimmer-Kondensatoren des Primärkreises und des Sekundärkreises waren irreparabel beschädigt und mussten ausgetauscht werden. Leider konnten keine baugleichen Keramik-Trimmer mit dem erforderlichen Kapazitätswert von etwa 30 pF beschafft werden, wohl aber solche mit 100 pF.

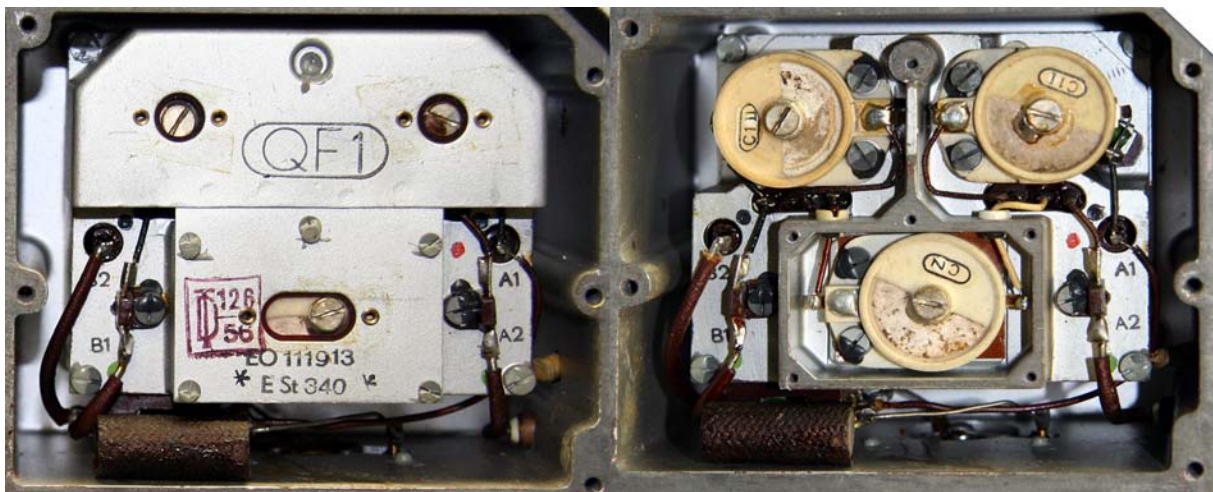


Bild 18: Aufbau Quarzfilter

Die den beiden Induktivitäten parallel geschalteten Festkapazitäten von jeweils dreimal 50 pF wurden deshalb um je einen Kondensator reduziert und die beiden Trimmer vor dem Einbau auf etwa 60pF voreingestellt. Sieht man davon ab, dass wegen der höheren Kapazität die Trimmer feinfühler abgeglichen werden müssen, war die Reparatur erfolgreich. Erneuert und justiert wurde auch das Stahlseil des Bandbreiten-Reglers für das Quarzfilter. Bild 19 zeigt die Mechanik hinter der Frontplatte. Die mit dem Trommeltuner mechanisch gekoppelte Skalenschablone für die einzelnen Bereiche (Bild oben links) und die Skalenscheibe selbst (Bild oben rechts) lassen sich abnehmen. Im Bild unten erkennt man links den Seiltrieb für die Bandbreitenregelung, rechts oben den Messstellenumschalter und von der Mitte nach links oben die Antriebsübertragung zum Drehkondensator

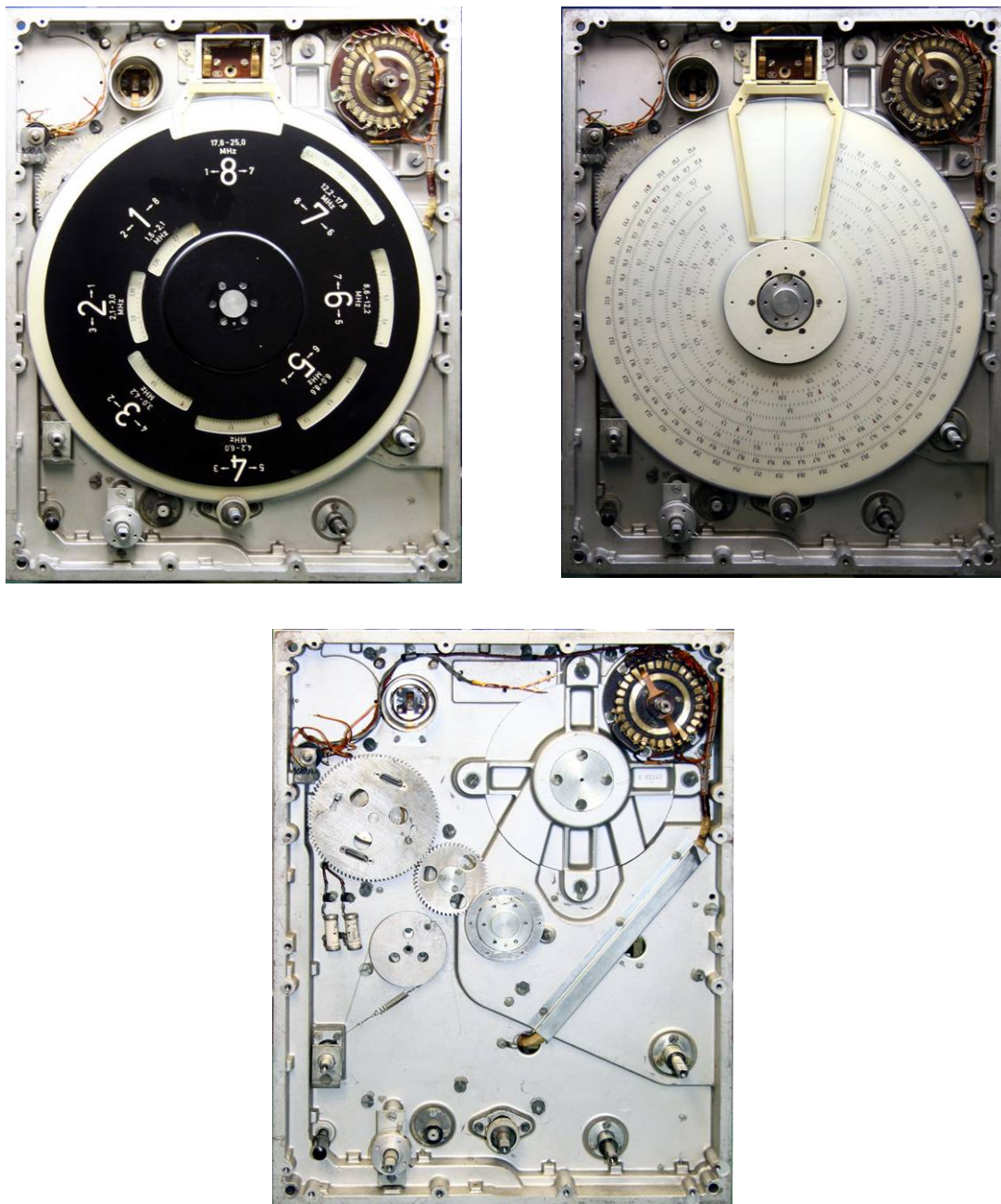


Bild 19: Mechanik hinter der Frontplatte

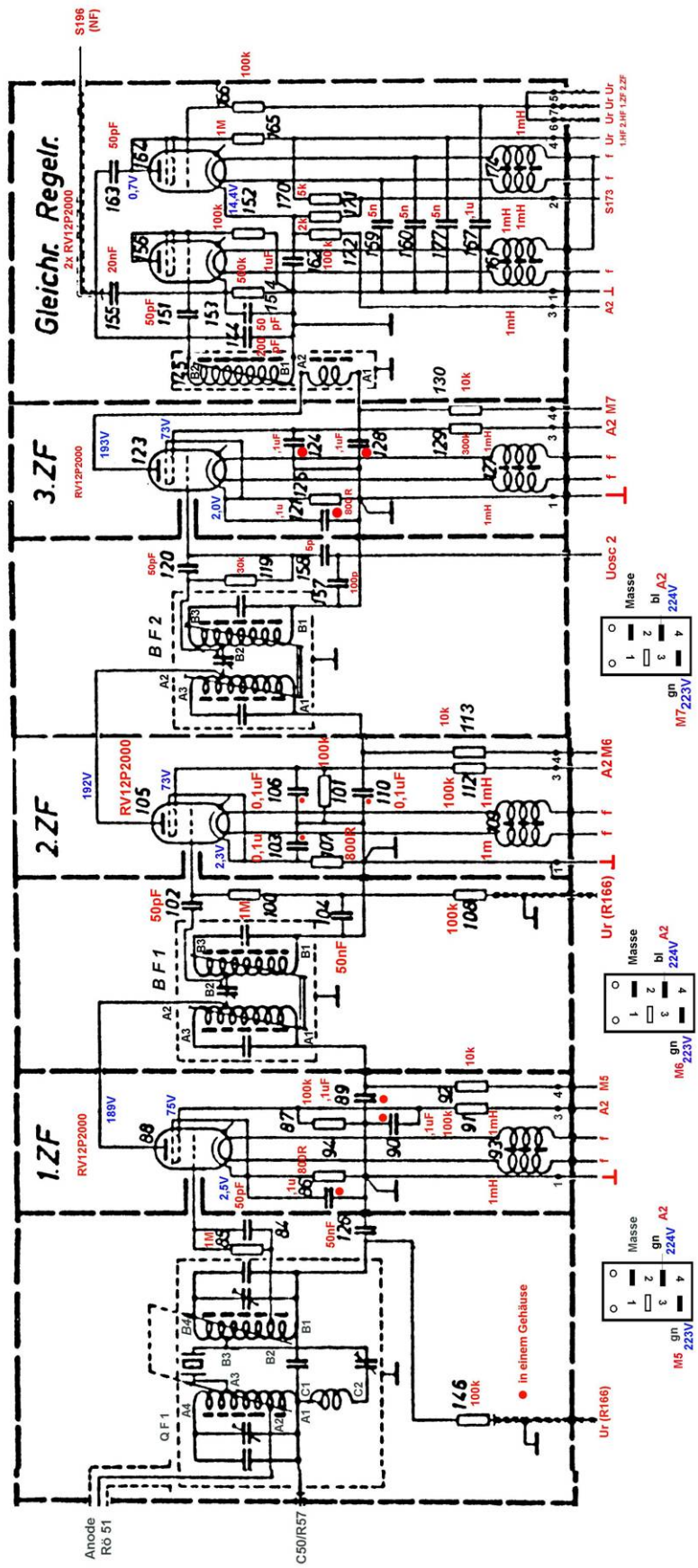


Bild 20: Schaltung von ZF-Verstärker, Demodulator und Regelspannungserzeugung

Die Schaltung des ZF-Verstärkers, des Demodulators und der Regelspannungserzeugung -- zeigt Bild 20.

Das Steuergitter der ersten ZF-Stufe erhält das Ausgangssignal des Quarzfilters über die Gitterkombination C84, R85. Die Regelspannung wird über R146 an das kalte Ende des sekundären Schwingkreises geführt.

Sieht man davon ab, dass die feste Schirmgitterspannung der ZF-Stufen niedriger als bei den HF-Vorstufen gewählt wurde, ist der Arbeitspunkt doch sehr ähnlich.

Die ZF-Bandfilter, Bild 21, sind mit Kappenkernen hoher Güte aufgebaut, die Kopplung wird mittels eines Trimmer-Kondensators eingestellt. Auch diese Trimmer-Kondensatoren waren defekt, konnten aber durch Originalbauteile ersetzt werden.

Das erste ZF-Bandfilter liegt im Anodenkreis der Röhre R088. Das Ausgangssignal gelangt über C102 an das Steuergitter der 2. ZF-Stufe R0105. Die Regelspannung wird über R108 und R100 direkt an das Gitter geführt.

Der Arbeitspunkt von R0105 entspricht dem Arbeitspunkt der ersten ZF-Stufe.

Das zweite ZF-Bandfilter liegt im Anodenkreis von R0105.

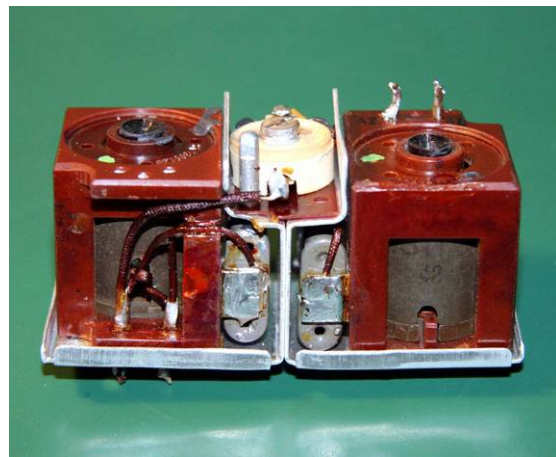


Bild 21: ZF-Bandfilter

Die letzte ZF-Verstärkerstufe ist ähnlich wie die beiden ersten aufgebaut. Im Gegensatz zu diesen ist sie nicht geregelt. Sie arbeitet deshalb auch mit gleitender Schirmgitterspannung. Über den kapazitiven Spannungsteiler C157, C158 wird das Signal des zweiten Oszillators dem Steuergitter von R0123 zur Mischung zugeführt.

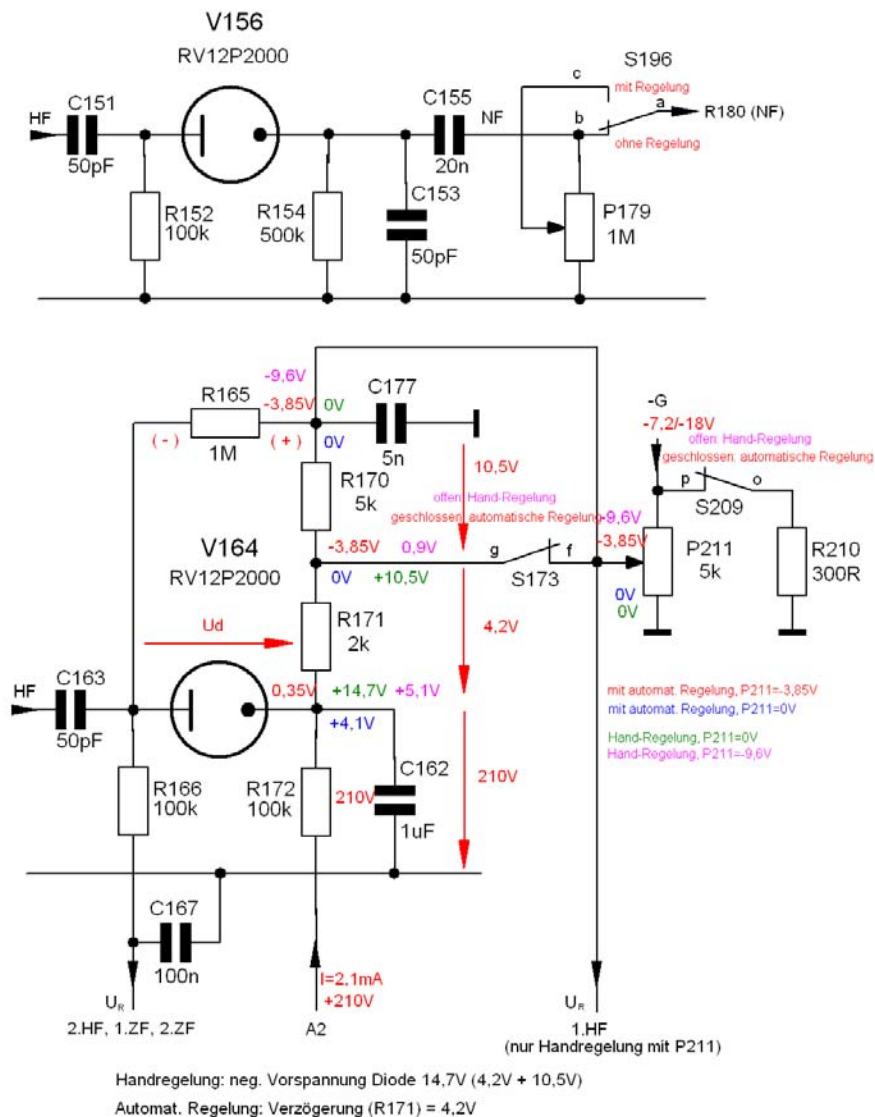
R0123 arbeitet anodenseitig auf den Einzelkreis L145, der den Demodulator und die Regelspannungsversorgung ansteuert.

Zum besseren Verständnis soll die Funktionsweise dieser Stufe anhand von Bild 22 erläutert werden. Zum Einsatz kommen zwei als Dioden geschaltete Röhren des Typs RV12P2000.

Die AM-Demodulation zeigt der obere Teil des Bildes. Der Lautstärkeregler ist nur im Falle der automatischen Regelung eingeschleift. Bei Handregelung („ohne Regelung“) wird die Lautstärke mittels des Pegelreglers P211 eingestellt.

Die Regelspannungserzeugung nimmt den unteren Teil des Bildes ein. Geregelt werden die zwei HF-Vorstufen und die ersten zwei von drei ZF-Stufen.

Die erste HF-Röhre erhält ihre Vorspannung vom Schleifer des Pegelreglers P211. Sie wird immer von Hand geregelt. In Abhängigkeit von der Betriebsart wird diesem Regler ein 300 Ω -Widerstand parallelgeschaltet, wodurch sich die maximale negative Vorspannung auf weniger als die Hälfte reduziert.



Ln 21021 Demodulation und Regelspannungsgewinnung

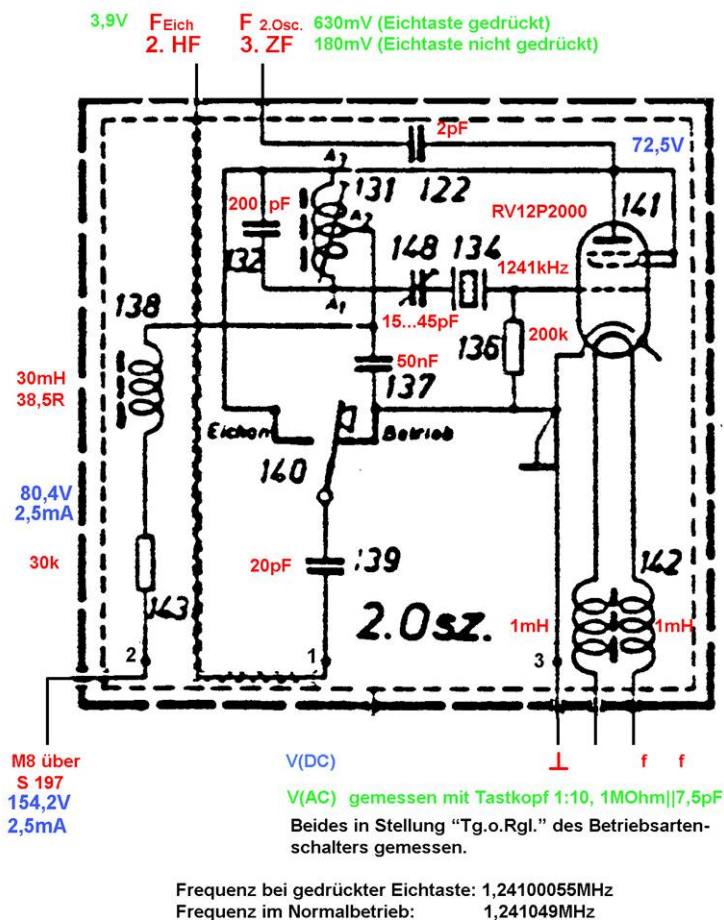
Bild 22: Demodulation und Regelspannungsgewinnung

Die zweite HF-Stufe sowie die beiden ersten ZF-Stufen erhalten ihre Vorspannung von der Anode der Regeldiode V164. Die Kathode der Regeldiode wird durch R172 positiv vorgespannt. In Verbindung mit dem Widerstand R171 und der Spannung am Regler P211 stellt sich zwischen Anode und Kathode der Regeldiode eine negative Vorspannung ein, die zunächst von der Amplitude der HF-Schwingung überwunden werden muss, bevor durch diese eine zusätzliche negative Regelspannung erzeugt werden kann. Diesen Effekt nennt man „Verzögerung“. Bei Handregelung werden die Schalter S173 und S209 geöffnet. Der zusätzliche Spannungsabfall an R170 in Höhe von etwa 10V sperrt dann die Regeldiode, so dass nur noch die Schleiferspannung von P211 über R165 den geregelten Stufen zugeführt wird. Folgende Spezifikationen aus dem Geräte-Handbuch konnten bei Messung des restaurierten Empfängers verifiziert werden:

Regelbereich bei automatischer Regelung: $1 : 10^6$ entsprechend 120dB, zusätzlich Veränderung der Eingangsverstärkung mittels des Pegelreglers P211 im Verhältnis $1 : 200$, das entspricht 46dB.

Regelbereich bei Handregelung : $1 : 10^7$, entsprechend 140dB.

Der zweite Oszillator erfüllt zwei Aufgaben. Zum einen erzeugt er bei A1-Betrieb den Überlagerungston von etwa 1000 Hz, zum anderen die Eichfrequenz. Wie das Schaltbild, Bild 23, zeigt, handelt es sich um einen quarzstabilisierten Oszillator in induktiver Dreipunktschaltung (Hartley).



Frequenzbestimmendes Element ist ein Quarz (134), dessen Frequenz mittels eines Trimmer-Kondensators (148) in geringem Maße verändert werden kann. Dieser Trimmer ist durch eine Bohrung in der Abdeckung der ansonsten vollständig geschirmten Schaltung zugänglich. Im Normalbetrieb liegt der Kondensator (139), der das Eichsignal mit der Anode der ersten und damit auch mit dem Gitter der zweiten HF-Röhre verbindet, über die Kontakte der Eichtaste (140) auf Masse. Drückt man die Eichtaste, wird das Signal des 2. Oszillators der zweiten HF-Stufe zugeführt. Dabei kann sich die Frequenz aufgrund der veränderten kapazitiven Belastung des Schwingkreises geringfügig ändern. Es ist deshalb bedeutend, die Oszillatorfrequenz mittels C148 bei gedrückter Eichtaste auf den genauen Sollwert von 1,241MHz abzugleichen.

Das in die zweite HF-Stufe

Bild 23: Schaltbild des zweiten Oszillators

eingespeiste Eichsignal erzeugt bei seinen harmonischen Vielfachen Pfeifstellen, die in den Bereichen 2 bis 8 mit den roten Eichmarken auf der Skala in Übereinstimmung gebracht werden müssen. Das wird mittels Feinabgleichs des ersten Oszillators mit dem Einstellregler „Eich.“ (Eichkorrektur) rechts oberhalb des Anzeigeinstrumentes erreicht.

Um unerwünschte Kopplungserscheinungen bzw. eine Abstrahlung des Signals auszuschließen, ist der zweite Oszillator besonders sorgfältig abgeschirmt. Der Deckel des Gehäuses besitzt einen Schieber, wodurch der Röhrenwechsel vereinfacht wird. Eine Bohrung ermöglicht die Betätigung des Trimmers C148 zur präzisen Einstellung der Eichfrequenz bei geschlossenem Gehäuse.

Der Abgleich erfolgt nach hochohmigem Anschluss eines Frequenzmessers an C122. Der Betriebsartenschalter muss sich in der Stellung „Telegrafie ohne Regelung“ befinden, da nur in der Betriebsart A1 der zweite Oszillator über den Betriebsartenschalter S197 mit Strom versorgt wird. Die spezifizierte Eichfrequenz von 1,241MHz wird bei gedrückter Eichtaste eingestellt und gemessen. Bei losgelassener Taste kann die Frequenz des Oszillators geringfügig davon abweichen. Der Einfluss auf die Höhe des Überlagerungstons ist aber unerheblich.

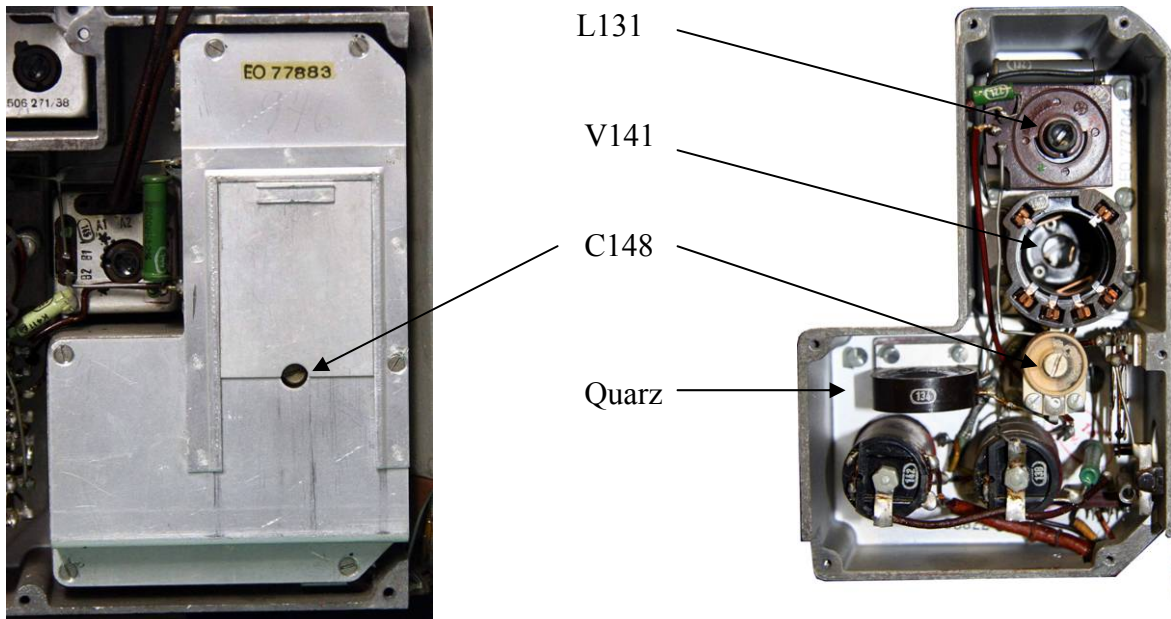


Bild 24: 2. Oszillator

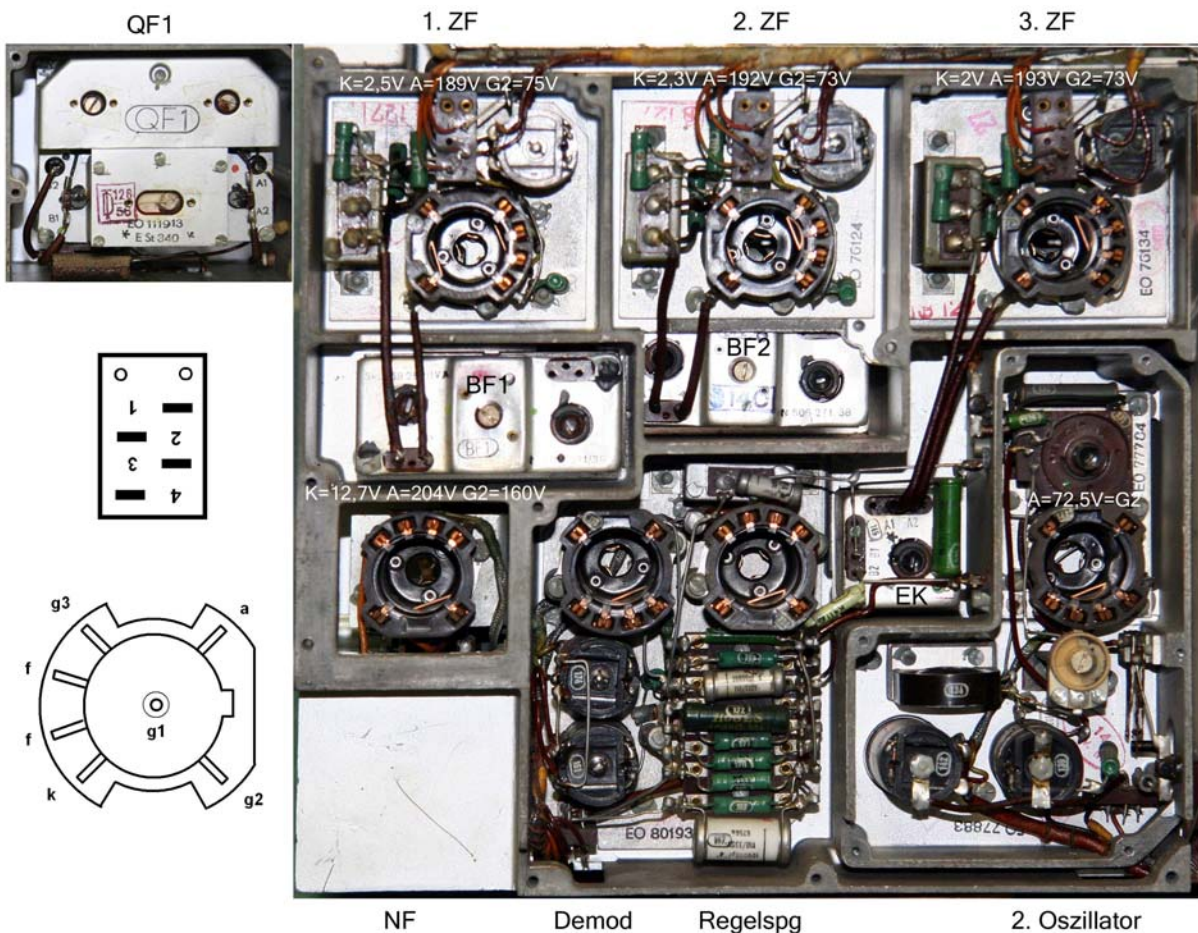


Bild 25: ZF-Teil, Demodulator und 2. Oszillator

4.2 Aufbau des ZF-Teils

Auch der ZF-Verstärker, der 2. Oszillator und der Demodulator samt Regelspannungserzeugung sind, wie in Bild 25 gezeigt, in abgeschirmten Kammern des Elektron-Gehäuses unter-

gebracht. Das ZF-Teil liegt im Gerät unter dem HF-Teil. Zwischen HF- und ZF-Teil befindet sich der gekapselte Drehkondensator. Das Quarzfilter ist an der Rückseite des Gehäuses befestigt. Es wurde in Bild 25 optisch um 90° in die Ebene des ZF-Verstärkers gedreht. In der oberen Reihe befinden sich von links nach rechts die drei ZF-Röhren, darunter der NF-Verstärker, der Demodulator, die Regelspannungserzeugung und in einem zusätzlichen Abschirmgehäuse der 2. Oszillator.

5. Niederfrequenzverstärker

5.1 Schaltung des NF-Verstärkers

Der NF-Verstärker, Bild 26, ist konventionell aufgebaut. Die demodulierte NF-Spannung wird über den Betriebsartenschalter und das Siebglied R180, C181 zum Gitter der NF-Verstärkerröhre RÖ184 geführt. Ausgangsseitig passt ein Transformator die Röhre an die Impedanzen 4000Ω unsymmetrisch und 600Ω symmetrisch bei 800Hz an. Der 4000Ω-Ausgang ist gegen das Eindringen von Störspannungen mit C191, L192 und C193 verdrosselt. Die Komponenten des NF-Verstärkers und der Steckverbinder für die Ausgänge sind, wie in Bild 27 gezeigt, von der Rückseite des Empfängers unterhalb des Quarzfilters zugänglich, die Röhre von der Seite (siehe auch Bild 25).

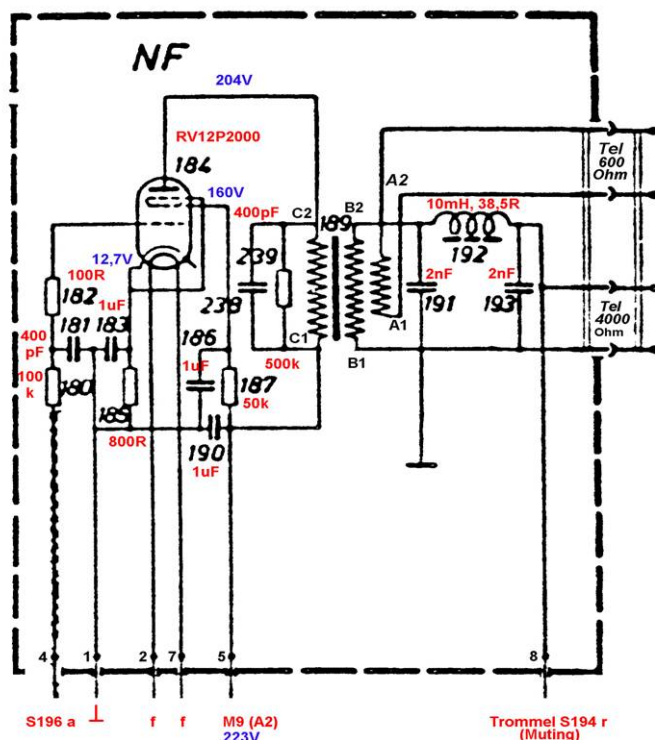
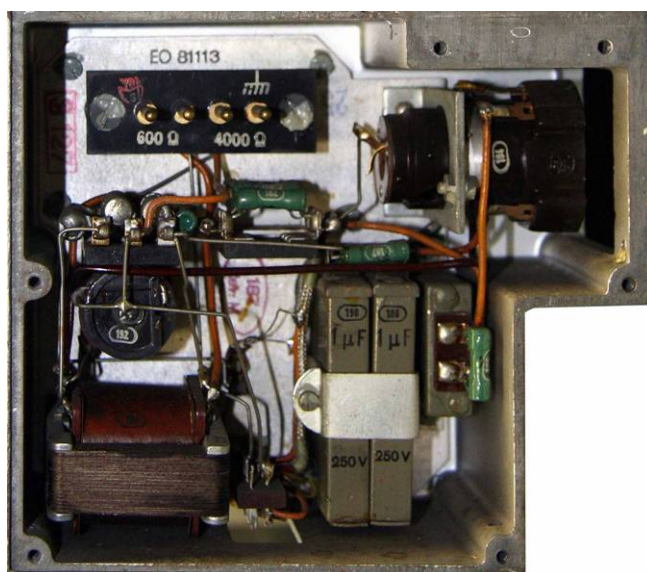


Bild 26: Schaltung NF-Verstärker

5.2 Aufbau des NF-Verstärkers



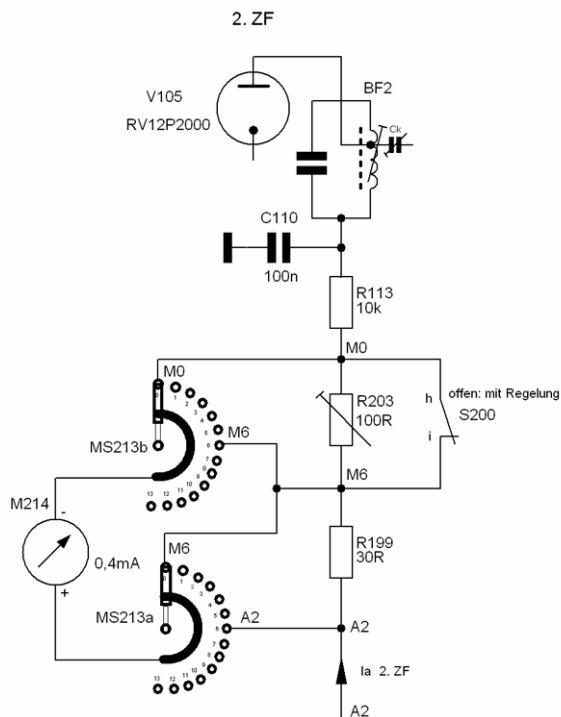
Man erkennt rechts oben die Patronenfassung der NF-Röhre, links unten den Ausgangstrafo, darüber die Heizdrossel, daneben die beiden Siebkondensatoren C186, C190 und die Kathodenkombination C183/R185.

Bild 27: NF-Verstärker

6. Messwerk

Mit dem Messwerk werden die Betriebsspannungen und Anodenströme der Elektronenröhren überwacht. Spannungen und Ströme können mit einem Messstellenschalter, Bild 29, angewählt werden. Außerdem wird das Instrument zur Abstimmmanzeige genutzt.

In die Anodenleitungen der einzelnen Röhren sind Widerstände unterschiedlicher Größe (R207...R198) eingeschleift, die so bemessen sind, dass das Kontrollinstrument auf der Front-



Stellung 0: Abstimmung, Ia V105
Stellung 6: Anodenstrom Röhre 105

platte bei guten Röhren, d.h. ausreichendem Anodenstrom, in den blauen Bereich ausschlägt. Die Heizspannung wird über einen Messgleichrichter im Netzteil gemessen, die Anodenspannung über einen Vorwiderstand, der ebenfalls ins Netzteil integriert ist. Besonderer Erläuterung bedarf die Aussteuerungsanzeige, die den von der Aussteuerung abhängigen Strom der zweiten ZF-Röhre anzeigt. Bild 28 zeigt das Prinzip.

In der Ruhestellung des Messbereichsschalters MS213a/b misst das Instrument M214 in den Betriebsarten „mit Regelung“, also bei geöffnetem Schalter S200, den Anodenstrom der zweiten ZF-Röhre. Mit zunehmender Eingangsspannung wird die Regelspannung negativer und der Anodenstrom geht zurück. Der Widerstand R203 wird mit dem Schraubendreher an der Frontplatte links unterhalb des Instruments so eingestellt, dass bei einer Betriebsart mit Regelung und ohne Eingangssignal der Zeiger am Instrument auf Vollausschlag steht.

Bild 28: Schaltung der Abstimmmanzeige

Das im Empfänger vorhandene Instrument wurde, wahrscheinlich nach einem Defekt des Messwerks, durch ein modernes 100µA-Profilinstrument ersetzt. Original vorhanden waren noch das Gehäuse und die Bodenplatte mit den beiden Umschaltern für die Anoden- und die Heizspannung. Da kein Original-Ersatzteil aufzutreiben war, wurden zunächst Bilder des Original-Instruments beschafft. Eine Recherche im Internet führte zu John Staaland, einem norwegischen Funkamateurliebhaber, der eines der seltenen Exemplare des Empfängers besitzt. Er erklärte sich bereit, Fotos des Instruments in seinem Empfänger zu machen, so dass eine originalgetreue Ersatzskala angefertigt werden konnte. Zusätzlich wurde nach einem geeigneten Messwerk gesucht. Dieses fand sich in einem 100µA-Einbauminstrument der Fa. Radlett mit einem Innenwiderstand von 1,1834kΩ. Die Grundplatte wurde zur Aufnahme dieses Messwerks adaptiert. Bild 30 zeigt das montierte Messwerk, das mit einem originalgetreuen Zeiger und einem dazu passenden Gegengewicht für vertikalen Betrieb versehen wurde. Man erkennt die beiden Messstellen-Umschalter und den Wickelkörper mit Vor- und Parallelwiderstand

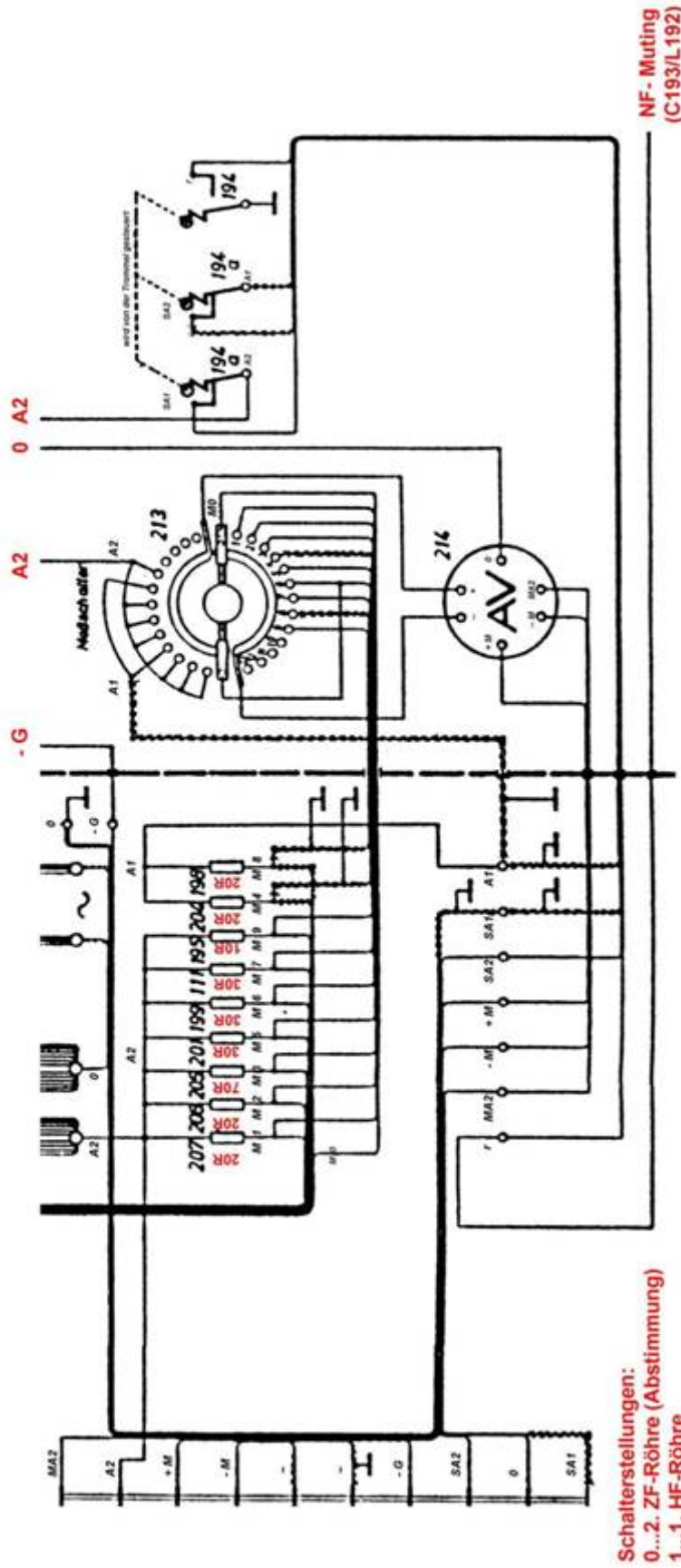
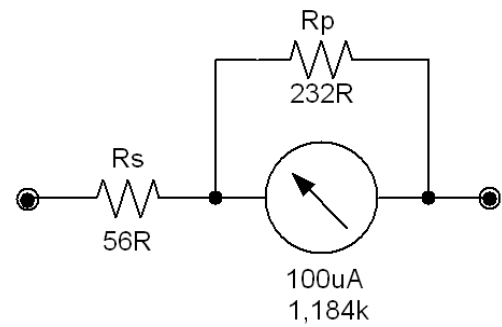


Bild 29: Messstellenschalter



Bild 30: Messwerk



Meßwerk 100mV, 0,4mA, 250R

Bild 31: Schaltbild Messwerk

Das Messwerk wurde entsprechend Bild 31 beschaltet. Zunächst wurde mittels eines Parallelwiderstandes R_p der Strommessbereich an die 0,4mA des Originalinstrumentes angepasst. Anschließend wurde die verbleibende Differenzspannung zu den 100mV des Originalinstrumentes durch den Vorwiderstand R_s vernichtet.

Zur Herstellung der Widerstände wurde seidenumspinnener Widerstandsdraht mit 100 Ω /m verwendet. Der Spulenkörper wurde aus Hartgewebe gefertigt. Lötösen an beiden Enden sowie ein Anschluss in der Mitte des Spulenkörpers ermöglichen eine sichere Fixierung des Widerstandsdrahtes und Befestigung des Spulenkörpers auf der Grundplatte.

Die Konstruktion der Skala und farbliche Unterlegung der Messbereiche erfolgte mittels TurboCAD am Computer. Das Ergebnis wurde auf mattweißem Fotopapier (160g) ausgedruckt und mit UHU-Alleskleber auf einem Skalenträger aus dünnem Alu-Blech fixiert. Die fluoreszierenden Markierungen wurden mit einem dünnen Pinsel aufgetragen. Als Farbe diente eine nicht radioaktive hellgrüne Leuchtpaste aus dem Uhrenfachhandel.



Vom Instrumentengehäuse musste der Original-Lack vollständig entfernt werden. Neu lackiert wurde mit einem härtbaren schwarzen Autolack. Da über den beiden Messbereichstastern die Lackschicht graviert wird, wurde die Vorderfront mehrmals dick mit dem Pinsel gestrichen. Nach der Härtung wurde der Lack geschliffen und poliert. Die Gravur selbst wurde einer Fachwerkstatt übertragen.

Bild 32 zeigt das fertig gestellte Ersatzinstrument, das sich optisch und elektrisch nicht vom Original unterscheidet.

Bild 32: Rekonstruiertes Instrument

7. Betriebsartenschalter

Der Stromlauf in den einzelnen Betriebsarten kann den Bildern 33 und 34 entnommen werden.

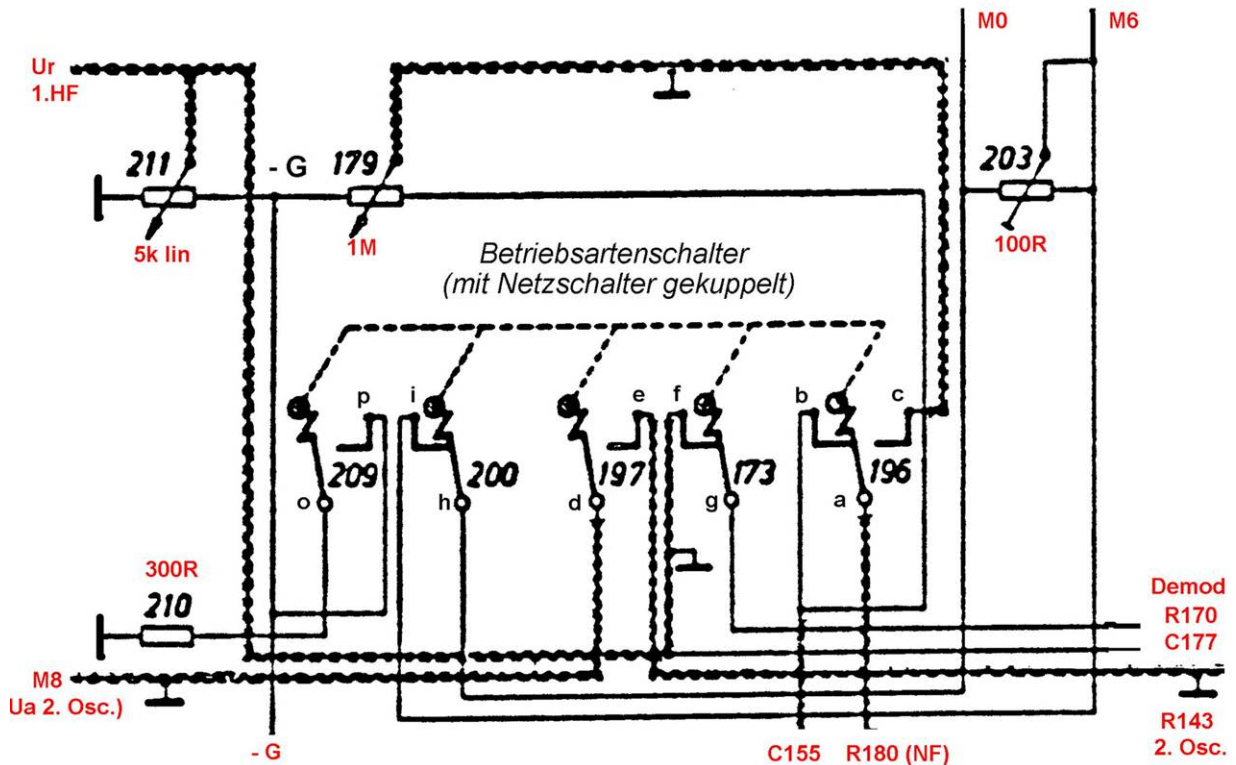


Bild 33: Betriebsartenschalter

Tabelle zum Betriebsartenschalter, einschl. Netzschalter

		Aus	Tl a Rgl	Tl m Rgl	Tg a Rgl	Tg m Rgl
Netzschalter	Pos. 236					
	Pos. 209					
Betriebsarten-schalter	Pos. 200					
	Pos. 197					
	Pos. 173					
	Pos. 196					
	Pos. 196					

Bild 34: Stromlaufplan für den Betriebsartenschalter

Folgende Betriebsarten können gewählt werden:

1. Aus
2. Telefonie ohne Regelung
3. Telefonie mit Regelung
4. Telegrafie ohne Regelung
5. Telegrafie mit Regelung

Der Betriebsartenschalter ist mit dem Netzschalter mechanisch gekoppelt. In Bild 15 unten ist der von einem Gestänge betätigte Schaltstift zu sehen, der über einen Schalthebel am Netzteil (Bild 3, rechts oben) in den gabelförmigen Knebel des Netzschalters eingreift.

Um den Netzschalter nicht zu beschädigen, ist beim Einschieben des Netzteils darauf zu achten, dass sich der Betriebsartenschalter in der Stellung „Tg. M. Rgl.“, und der Schalthebel auf der roten Markierung befindet. Man beachte hierzu auch den Aufdruck am Netzteil (Bild 8).

8. Restaurierung von Gehäuse und Frontplatte

Von allen Arbeiten war diese die aufwändigste. Zunächst wurden vom Panzerholzkasten alle Einbauten entfernt, ebenso die Deckel zum Tausch der Röhren, die Gummidichtungen und die Gummipuffer zur vibrationsfreien Aufstellung. Von der Frontplatte wurden das Typenschild, die Abdeckklappen zur Abdeckung des Antennentrimmers etc. und die gravierten Beschriftungsschildchen abgenommen. Frontplatte und Gehäuse wurden daraufhin mit einem „CKW-



freien Abbeizer“ (Obi CLASSIC) behandelt. Die Beize wurde mit einem weichen Pinsel satt aufgetragen. Nach gut einer Stunde lösen sich Lack und Grundierung gut von der Grundfläche. Sie wurden mit einem Spachtel bzw. mittels eines in Universalverdünnung getauchten Lappens entfernt. An hartnäckigen Stellen wurde die Prozedur wiederholt. Abschließend wurden Reste der Beize mit heißem Wasser entfernt, die Metallteile mit Stahlwolle abgerieben, um die erheblichen Korrosionsspuren zu beseitigen und, soweit erforderlich, mit einem feinen Glasfaserpinsel nachbearbeitet. Nochmaliges Reinigen mit Verdünnung stellte sicher, dass die Flächen absolut frei von Lack-, Staub- und Fettresten waren. Damit waren die Teile bereit für eine Neulackierung.

Bei der Auswahl der Lacke war Herr Jürgen Kiroff von der Firma Farben-Kiroff-Technik sehr hilfreich. Die Firma Kiroff [3] produziert noch Flugzeuglacke nach den Spezifikationen des ehemaligen Reichsluftfahrtministeriums (RLM), die z.B. vom

Bild 35: Vor der Restaurierung

Deutschen Museum in München zur Restaurierung von Flugzeugen aus dem zweiten Weltkrieg verwendet werden.

Mit diesen Lacken wurden auch die von der Luftwaffe eingesetzten nachrichtentechnischen Geräte lackiert. Dem Herstellungsjahr des Empfängers entsprechend, wurden als Grundierung der KIROL-Flieglack 7142, rot, seidenmatt und für die Lackierung der KIROL-Flieglack 7122 entsprechend RLM 66 schwarzgrau, seidenmatt, beide in der 400ml Spraydose, gewählt. Zunächst wurden die Teile grundiert, nach guter Durchtrocknung anschließend dreimal dünn mit Lack besprüht.

Die seitlichen Verschlussklappen für den Röhrenwechsel und der Gerätekasten wurden mit Lackstiften „paint marker“ der Firma Edding vorbildgetreu beschriftet. Zum Einsatz kamen die Stifte 750 weiß (2mm Strichstärke) und 780 weiß (1mm Strichstärke).

Anstelle des nicht mehr vorhandenen Original Netzanschlusses, Original-Stecker und Buchse konnten auch nicht beschafft werden, wurde auf der Fräsmaschine ein Einsatz für eine dreipolige Kaltgeräte-Steckverbindung angefertigt, der jederzeit gegen die Original-Steckverbindung getauscht werden kann.

Die Bilder 35 und 36 geben eine Vorstellung vom Zustand des Empfängers vor und nach der Restaurierung.



Bild 36: Der restaurierte Empfänger

9. Abgleich und Messung

9.1 Verwendete Messgeräte

Der Abgleich des Empfängers wurde mit folgenden Messgeräten durchgeführt:

Skalarer Network-Analyzer bestehend aus den Komponenten:

Signalgenerator R&S SMS2, 100 kHz – 520 MHz

Leistungsmesser R&S NRVS mit Tastkopf URV5-Z7 (20kHz – 1 GHz)

Digitales Multimeter Keithley DMM 2000

IEC-Bus-Controller mit PC unter WIN 98 SE

Oszilloskop hp 180D mit Einschüben 1804A und 1821A

Digitales Multimeter Peaktech 4015A

9.2 Abgleich und Messung des ZF-Verstärkers

Für den Abgleich wurden die Abschirmbleche über dem HF-, dem ZF/NF-Teil und dem Quarzfilter (Geräte-Rückseite) abgenommen. Zunächst wurde der ZF-Verstärker ohne das Quarzfilter in der Betriebsart „ohne Regelung“ abgeglichen. Das mit 50Ω abgeschlossene Wobbelsignal wurde über einen Keramikkondensator von 0,1µF in den Anschluss B2 des Quarzfilters (entspricht dem Anschluss an G1 von R088, der ersten ZF-Stufe) eingespeist. Gemessen und als Durchlasskurve im logarithmischen Maßstab (dB) dargestellt wurde das demodulierte Signal (DC) an der Kathode der Demodulatorröhre, R0156.

Abgeglichen wurden die beiden ZF-Bandfilter und der Einzelkreis im Ausgang der dritten ZF-Stufe (siehe auch Bild 25). Die Kopplung der beiden Bandfilter wurde so eingestellt, dass sich eine möglichst flache Kurvenform (kritische Kopplung) ergibt. Bei der Messung wurde

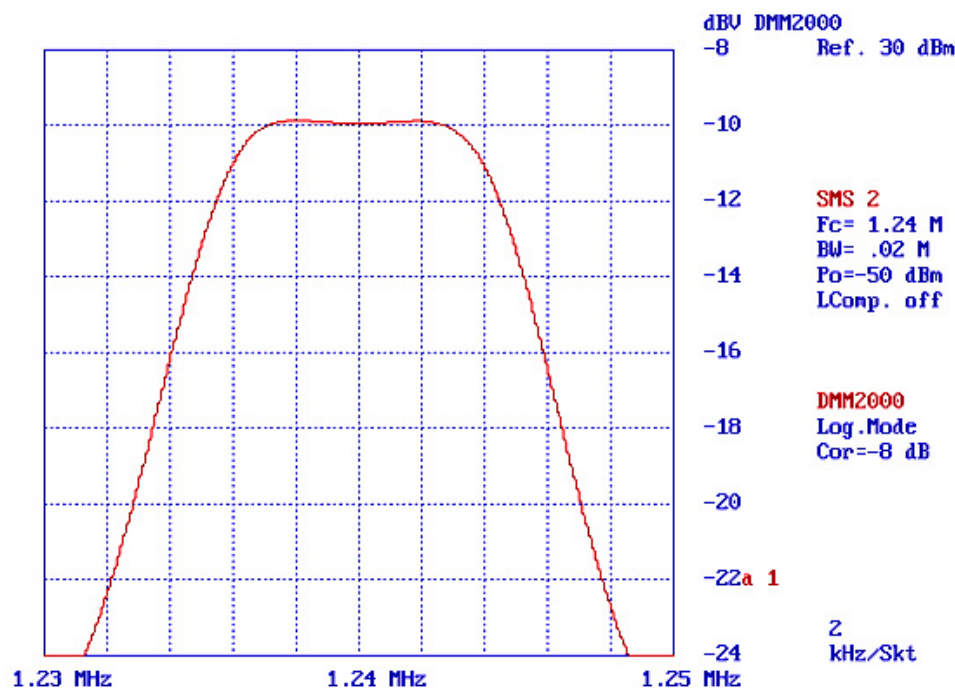


Bild 37: Durchlasskurve des ZF-Verstärkers ohne Quarzfilter

die manuelle Pegelregelung (P211) auf größte Verstärkung gestellt. Das Eingangssignal wurde so weit reduziert, dass der ZF-Verstärker noch im linearen Bereich arbeitete. Die nach dem Abgleich gemessene ZF-Durchlasskurve ohne das Quarzfilter zeigt Bild 37. Der Pegel der Eingangsspannung lag dabei bei -50dBm. Die Charakteristik zeichnet sich durch hohe Symmetrie aus. Die 3dB-Bandbreite beträgt 10 kHz. In einem weiteren Schritt wurde der ZF-Verstärker einschließlich Quarzfilter gemessen. Dazu wurde der Messsender entsprechend Bild 38 an das Steuergitter der Mischröhre R051 angekoppelt. Die Abdeckung über den Kontaktsätzen der Trommel musste bei dieser Messung entfernt werden (siehe auch Bild 14). Gemessen wurde wieder an der Kathode der Demodulatorröhre R0 156 ohne Regelung und bei höchster Verstärkung.

In einem weiteren Schritt wurde der ZF-Verstärker einschließlich Quarzfilter gemessen. Dazu wurde der Messsender entsprechend Bild 38 an das Steuergitter der Mischröhre R051 angekoppelt. Die Abdeckung über den Kontaktsätzen der Trommel musste hierzu entfernt werden (siehe auch Bild 18). Gemessen wurde wieder an der Kathode der Demodulatorröhre R0 156 ohne Regelung und bei höchster Verstärkung. In der Stellung „breit“ des Bandbreitenreglers wurde der Trimmer C_N des Quarzfilters so verstimmt, dass der Dämpfungspol in gleichem Abstand unterhalb und oberhalb der Resonanzfrequenz zu liegen kam.

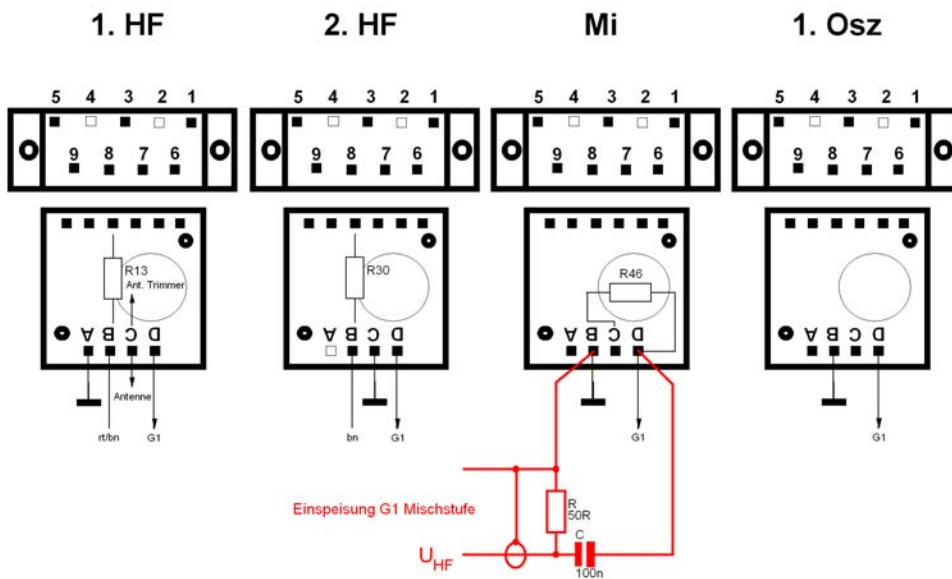


Bild 38: Einspeisung des HF-Signals zum Abgleich des Quarzfilters

Die Stellung des Schraubenschlitzes des Trimmers wurde jeweils mit einem Bleistift markiert. Die richtige Einstellung von C_N liegt etwa in der Mitte zwischen beiden Markierungen. Anschließend wurde das Filter in der Stellung „breit“ mit den beiden Kreiskapazitäten auf bestmögliche Symmetrie und Bandbreite abgeglichen. Als Ergebnis erhält man die Gesamtdurchlasskurve des ZF-Verstärkers (Bild 39).

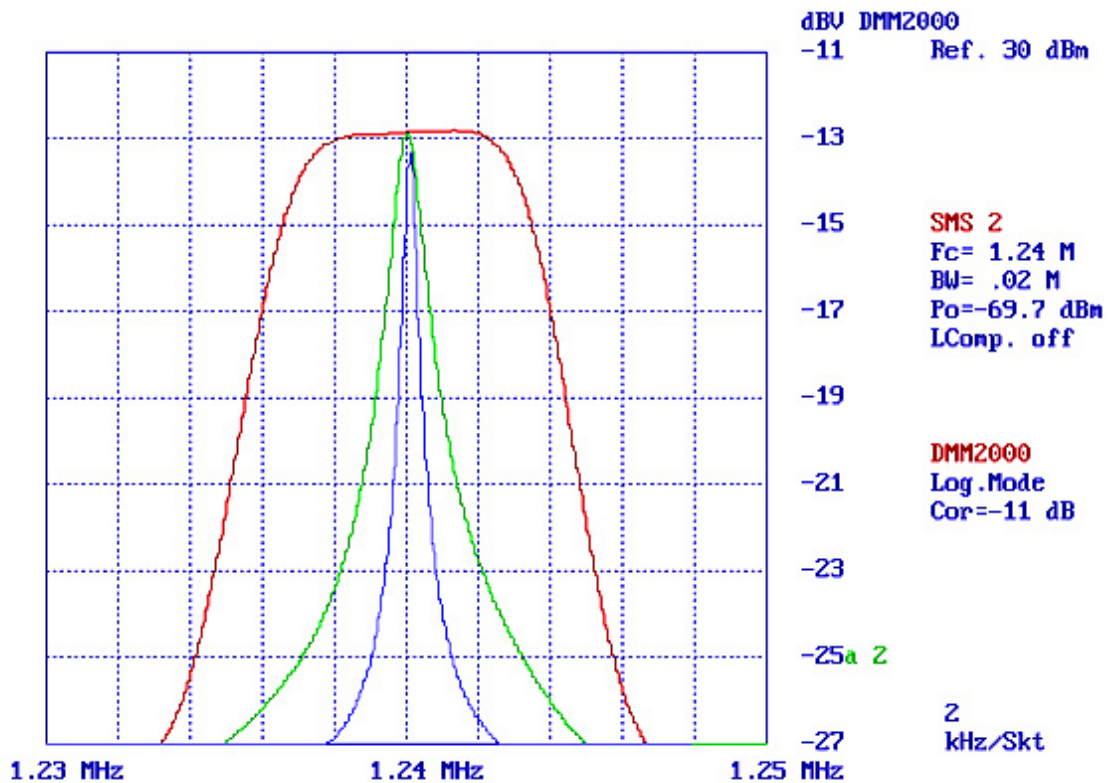


Bild 39: Gesamt-Durchlasskurve des ZF-Verstärkers mit Quarzfilter
3dB-Bandbreiten: breit: 7,5kHz, schmal 1kHz und 450Hz

9.3 Abgleich des HF-Teils

In die Antennen-Anschlussbox im Gerätekasten wurde zur Anpassung des symmetrischen Antenneneinganges AII (etwa 150Ω) auf die heute üblichen 50Ω ein Balun mit $(5+5)/8$ Wdg $0,25$ CuL Draht auf einem Amidon Ringkern FT37-43 eingebaut. Außerdem wurden entsprechend Bild 40 zwei Adapter von Bananenstecker auf N angefertigt.

Zunächst wurde der 1. Oszillator abgeglichen. Dazu wurde am Antenneneingang an der Rückseite des Empfängers (Bild 41) in jedem der acht Empfangsbereiche ein quarzgenaues, mit 1000Hz amplitudenmoduliertes Signal zunächst am unteren und dann am oberen Bereichs-



Bild 40: Adapter von Bananenstecker (Ln21021) auf N-Connector

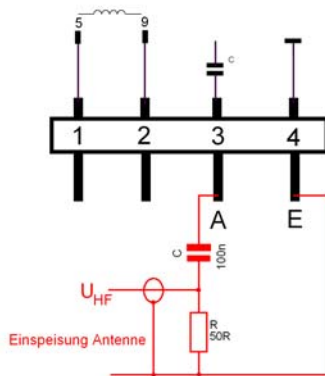


Bild 41: Antenneneingang

Bereichsende wiederum mit den Induktivitäten und am oberen Bereichsende mit den Trimmerkondensatoren.

Nach dem Abgleich von HF- und ZF-Teil konnten am Empfänger die Messungen über alles durchgeführt werden. Dazu wurden die Abschirmbleche wieder angeschraubt.

9.4 Messungen über alles

Die Durchlasscharakteristik des Empfängers wird wesentlich vom ZF-Verstärker bestimmt. In Bild 42 ist beispielhaft die Durchlasskurve bei $6,15\text{MHz}$ dargestellt.

ende eingespeist. Gemessen wurde die Spannung an der Kathode der Demodulatorröhre in der Betriebsart Telefonie ohne Regelung. Abgeglichen wurde am oberen Bereichsende mit dem Trimmer und am unteren mit der Schwingkreis-Induktivität. Beide befinden sich gut zugänglich in dem der Frontplatte nächstgelegenen Segment der Trommel, rechts in Bild 14. Der Abgleich wurde so lange wechselweise wiederholt, bis beide Frequenzen exakt mit der Skala des Empfängers übereinstimmten. Nach dem Abgleich des Oszillators folgten in einem zweiten Schritt die drei abgestimmten Schwingkreise des HF-Verstärkers.

Abgeglichen wurde analog zum Oszillator auf maximales Ausgangssignal bei der jeweiligen Frequenz, am unteren

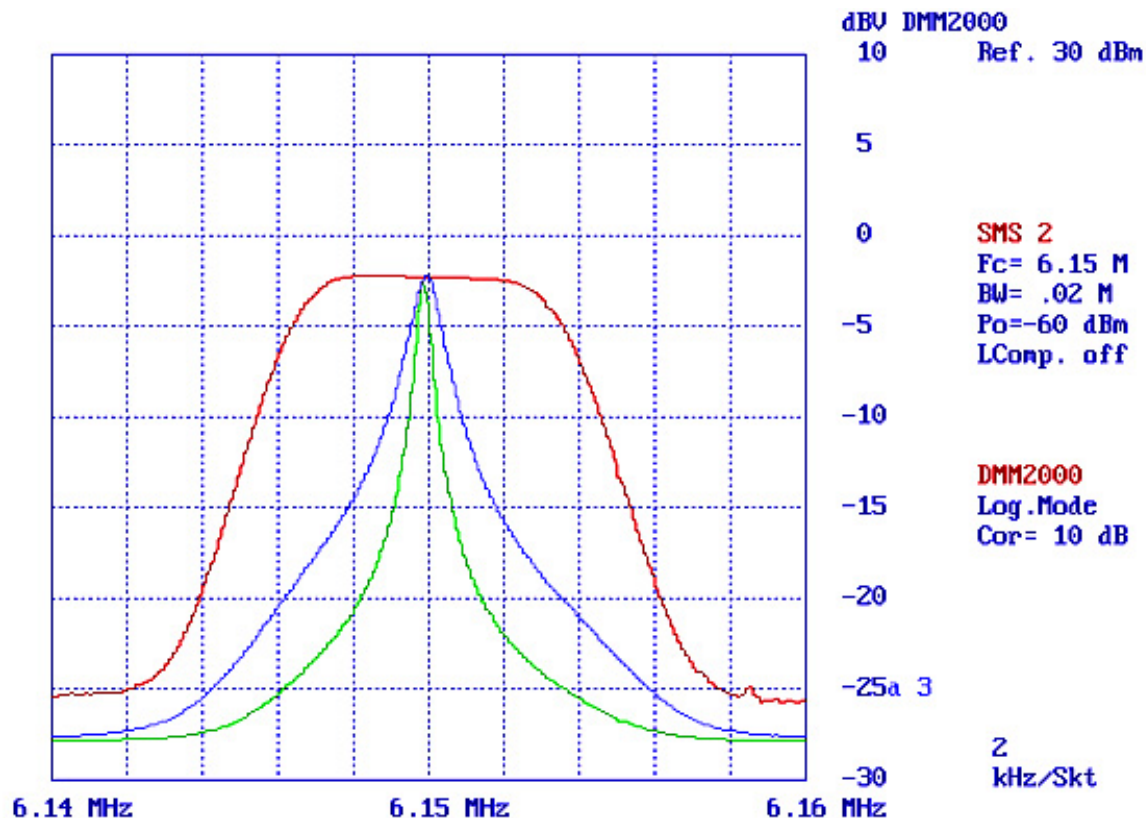


Bild 42: Durchlasskurven des Empfängers bei 6,15MHz

Die Ergebnisse der Empfindlichkeitsmessung bei jeweils optimaler Einstellung des Antennentrimmers sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Gemessen wurde bei Ansteuerung des hochohmigen Antenneneingangs mit einem Generator-Innenwiderstand von 50Ω

Band	f[MHz]	Empf. Tf o.R.	Empf. Tg o.R.	bei f	Störpegel	Trennschärfe
		[uV]	[uV]			
		B = breit	B = schmal			B = breit
1	1,5 - 2,1	0,45	0,13	1,8	0,35	5
2	2,1 - 3,0	0,63	0,15	2,625	0,2	3,7
3	3,0 - 4,27	0,9	0,2	3,6	0,22	3
4	4,27 - 6,1	0,72	0,1	5,05	0,32	2,6
5	6,1 - 8,73	0,32	0,1	7,2	0,3	1,7
6	8,73 - 12,4	0,63	0,1	10,3	0,26	1,1
7	12,4 - 17,2	0,35	0,1	15	0,35	4,1
8	17,2 - 25,0	1,1	0,27	22	0,3	0,5
Spez.		1 - 1,5	0,2 - 0,5	-	0,3	1 - 5‰

Tabelle 3: Ergebnis der Empfindlichkeitsmessungen, Generatorwiderstand 50Ω

anstelle der im Handbuch angegebenen 150Ω. Die NF-Ausgangsspannung an 4000Ω betrug $1V_{eff}$ bei einer Modulationsfrequenz von 1kHz und einem Modulationsgrad von $m=50\%$ in der Betriebsart A3 bzw. mit unmoduliertem Träger in der Betriebsart A1 mit BFO. In der Betriebsart A1 wurde außerdem die Bandbreite auf schmal gestellt. Die Ergebnisse stimmen im Rahmen der Messgenauigkeit mit den im Geräte-Handbuch publizierten Daten gut überein.

ZF- und Spiegelfrequenzdämpfung, Tabelle 4, sind in den meisten Empfangsbereichen besser als im Handbuch spezifiziert bzw. unterschreiten die spezifizierten Werte nur unerheblich.

f [MHz]	a ZF [dB]	a Spiegel [dB]
1,8	97,2	100,5
2,6	103,6	97,5
3,65	102,2	97,3
5,14	100	92,4
7,3	100,3	94
10,4	98	89,5
15	100	78,1
21,1	101,4	71,8
Spez.	>100	>80

Tabelle 4: ZF- und Spiegelfrequenzdämpfung

Zuletzt wurde der Eingangswiderstand an dem durch den nachträglich hinzugefügten Balun und den Adapter aus Bild 40 modifizierten symmetrischen Antenneneingang AII gemessen. Der Antennentrimmer wurde jeweils auf maximale Ausgangsspannung am Demodulator eingestellt. Das Ergebnis ist in Bild 43 dargestellt.

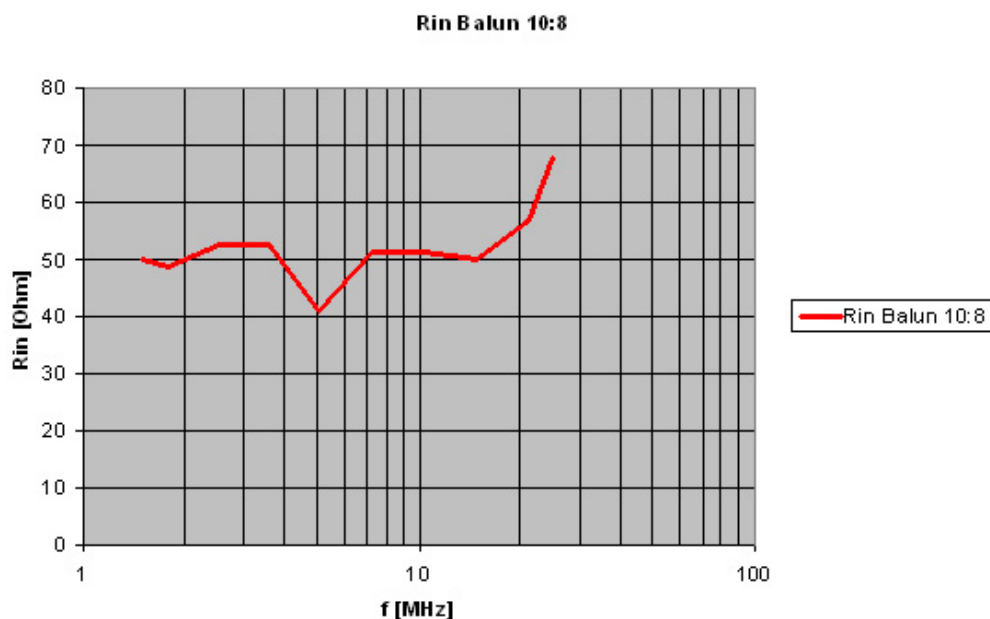


Bild 43: Eingangswiderstand an AII mit Balun 8:10 und Adapter auf N-Connector

Abgesehen von einem starken Anstieg des Eingangswiderstandes im obersten Bereich ist die Übereinstimmung mit dem Sollwiderstand von 50Ω sehr gut.

10. Zusammenfassung

Ein Empfänger „Schwabenland“ Ln21021 der ehemaligen Deutschen Luftwaffe aus dem Jahr 1942 wurde von Grund auf restauriert. Schaltung, Aufbau, Reparatur und Abgleich des Empfängers werden ausführlich beschrieben. Die abschließenden Messergebnisse entsprechen den im Gerätehandbuch veröffentlichten Daten.

11. Literatur

- [1] Kurzwellenempfänger Ln 21021 (Schwabenland)
Gerätehandbuch (Dienstanweisung)
D. (Luft) T. 4415, August 1942
Der Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe
Technisches Amt
GL/C – E4/(LF)

- [2] Beschreibung, Wirkungsweise und Bedienung
Kurzwellenüberlagerungs-Empfänger „Schwabenland“
Beschreibung 75/628,
C. Lorenz Aktiengesellschaft, Berlin, März 1942

- [3] Farben.Kiroff.Technik
www.kiroff.de

Anhang

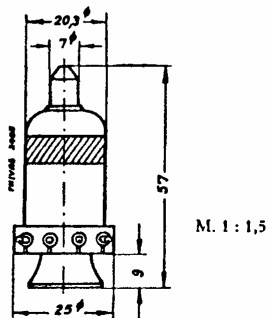
Datenblatt RV12P2000

TELEFUNKEN

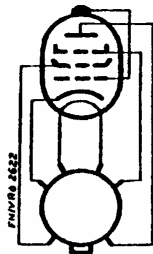
RV12 P 2000

HF-Pentode Technische Daten und Streuwerte

1. Abmessungen der Röhre



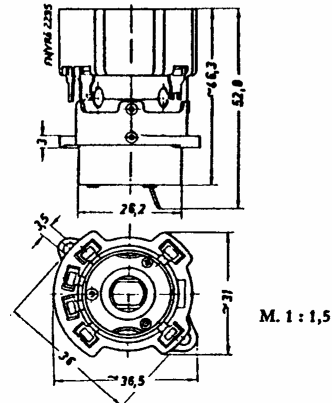
Verbindliche Angaben über die äußeren Abmessungen sind der Heereszeichnung 24 b D 705 zu entnehmen.



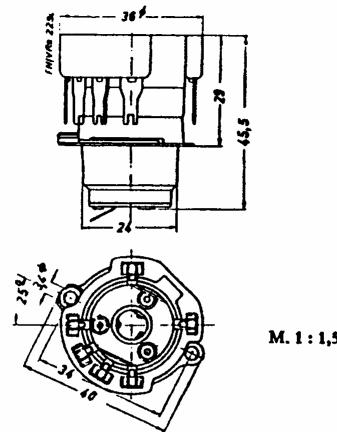
Sockelanschlüsse gegen den Sockelknopf gesehen.

Verbindliche Angaben für Wehrmacht-Entwicklungen sind den Technischen Lieferbedingungen TL 24 b 7211 (herausgegeben vom OKH.) zu entnehmen.

2. Röhrenfassungen



Fassung nach Heereszeichnung 024 b D 3602.
Telefunken Lg.-Nr. 1679.



Fassung nach Heereszeichnung 024 b D 3730.
Telefunken Lg.-Nr. 1735.

Außerdem besteht für die RV 12 P 2000 noch eine Flanschfassung nach Heereszeichnung 024 b D 3795.



Wendel

3. Allgemeine Daten

Die RV 12 P 2000 ist zur Hochfrequenzverstärkung bis zu etwa 1 m Wellenlänge geeignet.

Heizspannung	12,6 V
Grenzwerte der Heizspannung	10,8 ... 14,6 V
Heizstrom	70 ... 78 mA

Oxydkathode, indirekt geheizt.

Reihenschaltung der Heizdrähte zum Betrieb aus 25-V-Starterbatterien ist unter der Bedingung zugelassen, daß der Mittelpunkt der Reihenschaltung stets die halbe Batteriespannung erhält, indem er entweder direkt mit einer Mittelanzapfung der Batterie oder mit der Mittelanzapfung eines Spannungsteilers verbunden wird, der parallel zur Batterie liegt. Der Gesamtwiderstand des Spannungsteilers einschließlich der parallel liegenden Röhren muß dabei $\leq 25 \Omega$ sein. Bei ungerader Röhrenzahl ist als Ersatz der zur Reihenschaltung fehlenden Röhre ein Widerstand von $170 \Omega \pm 5\%$ zu verwenden.

Kapazitäten (statisch, bei kalter Röhre):

C_{Eingang}	3 ... 3,6 pF
C_{Ausgang}	2,85 ... 3,4 pF
$C_{\text{Gitter/Anode}}$	$\leq 5 \cdot 10^{-3}$ pF

Die an den Klemmen gemessenen Kapazitäten gehorchen bei kurzen Wellen angenähert den folgenden Beziehungen:

$$C_{\text{Eingang}} = 3,3 \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{0,3}{\lambda}\right)^2} \text{ pF.}$$

$$C_{\text{Ausgang}} = 3,15 \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{0,3}{\lambda}\right)^2} \text{ pF.}$$

$$C_{\text{Gitter/Anode}} = 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot \left[1 - \left(\frac{4}{\lambda}\right)^2\right] \text{ pF.}$$

Dabei ist die Wellenlänge λ in m einzusetzen. Infolge der Raumladung erhöht sich C_{Eingang} bei Betrieb entsprechend 6. um etwa 0,7 pF.

Isolation Faden +/Schicht — $\geq 20 \text{ M}\Omega$
gemessen bei einer Spannungsdifferenz von 25 V.

4. Anodenruhestrom

Bei Anodenspannung	210 V
Schirmgitterspannung	75 V
Gitterspannung	0 V
Bremsgitterspannung	0 V
Heizspannung	12,6 V

beträgt:
Anodenstrom (mittel) etwa 7 mA
Grenzwerte 4,75 ... 9 mA
(Bei Heizspannung 10,8 V: $I_{A0} \geq 3,75 \text{ mA}$)

5. Anodenschwanzstrom

Bei Anodenspannung	210 V
Schirmgitterspannung	75 V
Bremsgitterspannung	0 V
Heizspannung	12,6 V
Gittervorspannung	-7 V

beträgt:
Anodenstrom $\leq 0,1 \text{ mA}$

6. Gitterstromeinsetzung

Bei Anodenspannung	210 V
Schirmgitterspannung	75 V
Bremsgitterspannung	0 V
Heizspannung	12,6 V
Gitterstrom	$3 \cdot 10^{-7} \text{ A}$

beträgt:
Gitterspannung -1,2 ... 0 V

7. Bremsgitterkennlinie

Bei Anodenspannung	150 V
Schirmgitterspannung	75 V
Steuergitterspannung	0 V
Bremsgitterspannung	-70 V
Heizspannung	12,6 V

beträgt:
Anodenstrom $\leq 0,1 \text{ mA}$

8. Maximale Betriebsdaten

a) für Anfangsstufen:

Anodenspannung	220 V ^{*)}
Schirmgitterspannung	140 V ^{*)}
Schirmgitterverlustleistung	0,3 W
Kathodenstrom	4 mA
Spannung Faden +/Schicht —	100 V
Gitterwiderstand	
bei fester Vorspannung	1 M Ω
bei automatischer Vorspannung	1,5 M Ω
Bremsgitterwiderstand	
bei fester Vorspannung	1 M Ω
bei automatischer Vorspannung	1,5 M Ω

^{*)} Einschaltspannung kalt max. 250 V.

b) für NF-End- und Senderstufen:

Anodenspannung	250 V ^{**)}
Schirmgitterspannung	225 V
Anodenverlustleistung	2 W
Schirmgitterverlustleistung	0,7 W
Kathodenstrom (Gleichstrom)	11 mA
Kathodenstrom (Spitzenwert)	35 mA
Gitterwiderstand	0,5 M Ω
Bremsgitterspannung	+10 V
Spannung Faden +/Schicht —	100 V

^{**) Anodenspannung bei kalter Röhre 300 V.}

Die Einschaltung anderer Schaltmittel zwischen Faden und Schicht als solcher, die zur Erzeugung der Gittervorspannung dienen, ist unzulässig.

9. Normaler Arbeitspunkt für Anfangsstufen^{*)}

Heizspannung	12,6 V
Anodenspannung	210 V
Schirmgitterspannung	75 V
Bremsgitterspannung	0 V
Gittervorspannung	-1,7 ... -3 V
Anodenstrom	2 mA
Schirmgitterstrom	0,4 ... 0,7 mA
Steilheit	1,3 ... 1,7 mA/V
Innerer Widerstand	$\geq 1 \text{ M}\Omega$
Schirmgitterdurchgriff	etwa 5,5 %
Kathodenwiderstand	
zur autom. Gittervorspannung ..	900 Ω
Äquivalenter Gitterauschwiderstand ..	etwa 4,5 k Ω

^{*)} Dieser Arbeitspunkt sollte immer automatisch durch Kathodenwiderstand eingestellt werden. Bei Entnahme der Schirmgitterspannung aus einer Spannungsquelle von 210 V soll bei gleichem Kathodenwiderstand der Schirmgittervorwiderstand 240 k Ω betragen. Der Eingangswirkwert der Röhre beträgt in diesem Arbeitspunkt bei einer Wellenlänge von $\lambda \text{ m}$ angenähert

$$G = \frac{1,3 \cdot 10^{-8}}{\lambda^2} \text{ Siemens}$$



Bei Wechselspannungsheizung beträgt die Brummspannung, bezogen auf das Gitter der Röhre bei festem Anschluß der Kathode an Mitte der Heizspannungsquelle mit 50periodigem Heizstrom für
 Gitterwiderstand 0,1 M Ω etwa 15 μ V
 Gitterwiderstand 1 M Ω etwa 20 μ V

Bei Heizung mit 500periodigem Heizstrom betragen diese Werte etwa 25 bzw. 150 μ V.

10. Normaler Arbeitspunkt bei NF-A-Schaltung als Pentode

Bei Betriebsspannung	250 V
Schirmgittervordwiderstand	20 k Ω
Kathodenwiderstand	500 Ω
Anodenstrom	etwa 8,2 mA
Schirmgitterstrom	etwa 2,1 mA

beträgt:

bei 10% Klirrfaktor:

Gitterwechselspannungsbedarf	etwa 2,3 V eff
Nutzleistung	etwa 550 mW

bei Aussteuerung bis zum

Gitterstrom-Einsatzpunkt:

Gitterwechselspannungsbedarf	etwa 3,3 V eff
Nutzleistung	etwa 910 mW

11. Normaler Arbeitspunkt bei NF-A-B-Schaltung (2 Pentoden in Gegentakt)

Bei Anodenspannung	225 V
Schirmgitterspannung	225 V
Bremsgitterspannung	0 V
Kathodenwiderstand	2 · 600 Ω
Außenwiderstand von Röhre zu Röhre	35 k Ω

beträgt bei Aussteuerung

bis zum Gitterstrom-Einsatzpunkt:

Anodenruhestrom	etwa 2 · 8,2 mA
Schirmgitterstrom	etwa 2 · 2,1 mA
Gitterwechselspannungsbedarf	etwa 2 · 5 V eff
Nutzleistung	etwa 2,75 W
Klirrfaktor	etwa 8 %

12. Triodenschaltung

Zweckmäßig werden Schirmgitter und Bremsgitter mit Anode verbunden. Dabei ergeben sich folgende Kapazitäten:

C _{Eingang}	etwa 1,3 pF
C _{Ausgang}	etwa 1,9 pF
C _{Gitter/Anode}	etwa 1,55 pF

Normaler Arbeitspunkt für Endstufen:

Bei Betriebsspannung	210 V
Kathodenwiderstand	1400 Ω
Außenwiderstand	20 k Ω

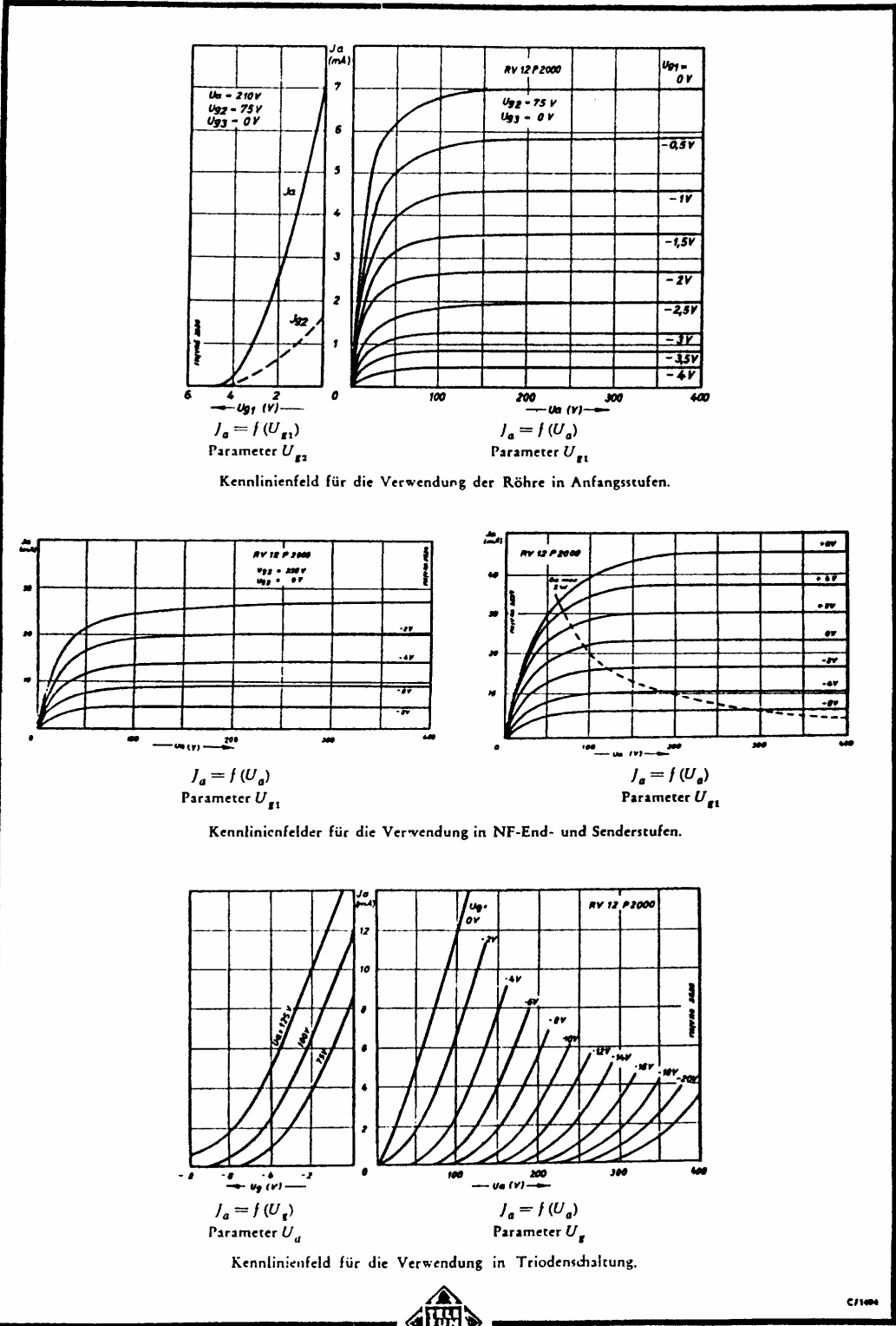
beträgt:

Gittervorspannung	etwa -7 V
Anoden- und Schirmgitterstrom	etwa 5 mA
Gitterwechselspannungsbedarf	etwa 7 V eff
Nutzleistung	etwa 200 mW
Klirrfaktor	etwa 8 %

13. Senderbetrieb (Langwellen)

Anodenspannung	250 V
Schirmgitterspannung	200 V
Gittervorspannung	-10 V
Gitterwechselspannung (HF-Scheitel)	etwa 15 V
dabei betragen	
Nutzleistung	etwa 1,2 W
Kathodenstrom	etwa 11 mA
Anodenstrom	etwa 8 mA
Schirmgitterstrom	etwa 3 mA
Anodenverlustleistung	etwa 0,8 W
Schirmgitterverlustleistung	etwa 0,6 W
Außenwiderstand	etwa 20 k Ω





G. R. B. 3 D III (30CC).

Für Lieferung unverbindlich.
Ausgabe vom



Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet.
März 1944

C/1494 FN/V R8