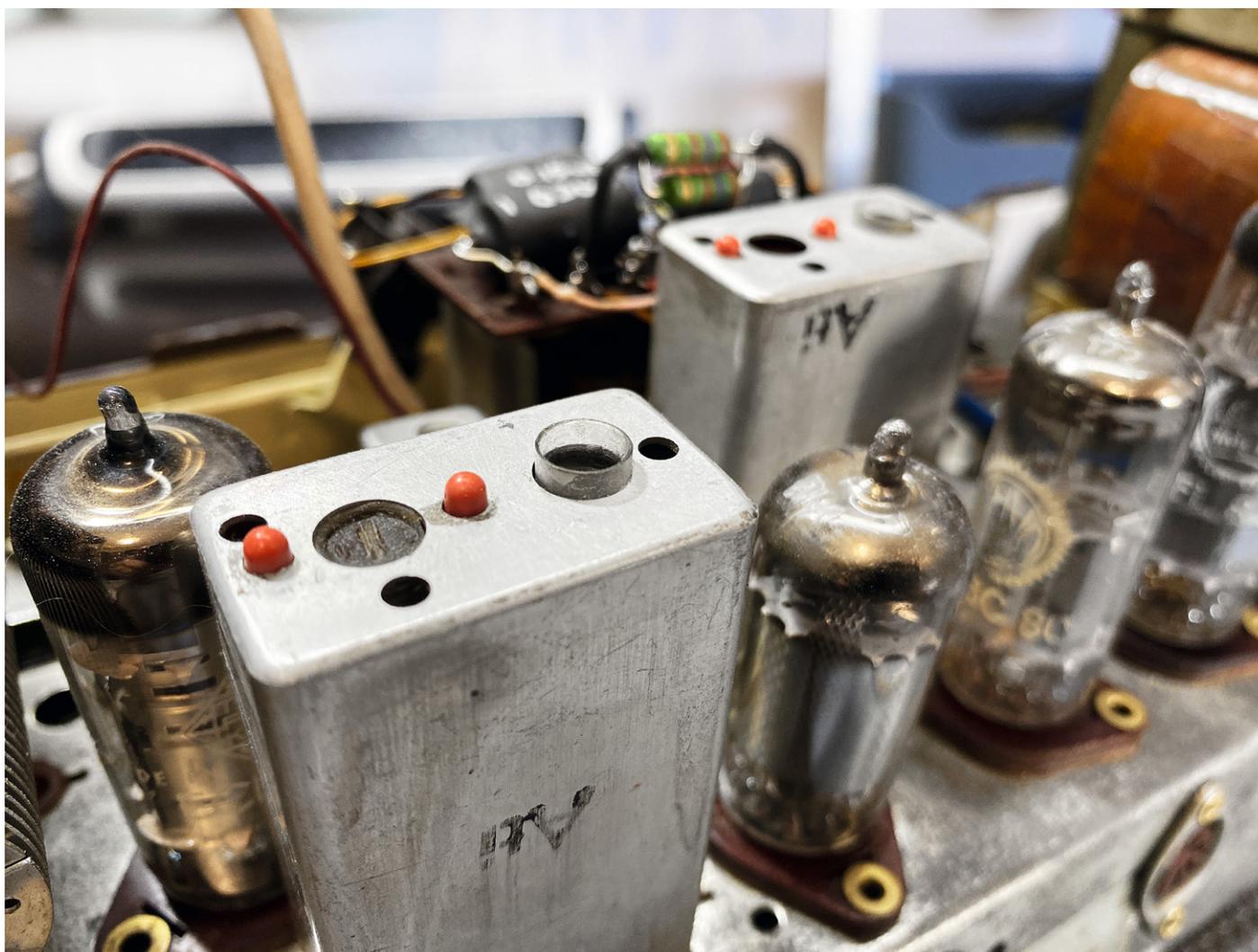


Röhrenradio-Restaurierung

Abstimmung der Zwischenfrequenz

Teil 8

Im vorhergehenden Beitrag dieser Artikelserie haben wir festgestellt, dass das Radio auf allen AM-Bändern im Mittelwellenbereich (LW, MW und KW) empfängt, was einen wichtigen Fortschritt für unser Restaurierungsprojekt bedeutet. Aber ist das empfangene und elektronisch verarbeitete Signal auch so gut, wie es praktisch möglich wäre? Dafür muss sichergestellt werden, dass das Radio in der Lage ist, den gewünschten Sender auszuwählen und ihn dann so wiederzugeben, dass das Signal klar durchkommt. Das erreicht man mit der Abstimmung der Zwischenfrequenz (ZF). Das Ziel dieses Arbeitsschritts ist es, das bestmögliche Signal mit optimierter Empfindlichkeit und Selektivität zu erhalten.



Über diese Serie bzw. die Beiträge

Diese Artikelserie soll dem Leser einen Einblick in die praktische Seite der Vollrestaurierung eines Röhrenradios geben.

Ein Grundig 2147 aus dem Jahr 1961 ist das Anschauungsobjekt dieser Serie, da es enorme Möglichkeiten bietet, die Fähigkeiten zu erlernen, die zur Restaurierung eines solchen Radios in der Zukunft dienen könnten.

Über den Autor

Manuel Caldeira schloss sein Studium der Elektrotechnik an der University of Natal (Durban) 1985 ab. Direkt nach der Universität begann er, bei Siemens (Südafrika) zu arbeiten. Danach ging er in die Wirtschaft, anstatt in der Technik zu bleiben. Schließlich kehrte er aus Spaß zur Elektronik zurück und genießt es, alte Röhrenradios zu restaurieren und an so ziemlich allem zu tüfteln, was ihm auf dem Gebiet der Elektronik gefällt. Das beinhaltet in der Regel einige Audioanwendungen, aber das ist keine Regel.

Er betreibt von seinem Wohnsitz auf Madeira aus mit mehr als 15.500 Abonnenten auf YouTube den Kanal „Electronics Old and New by M Caldeira“, der sich hauptsächlich mit Röhrenradios beschäftigt. In den vergangenen sechs Jahren hat er dazu mehr als 400 Videos veröffentlicht.

Sensitivität und Selektivität

Sensitivität

Radios wurden und werden so konzipiert, dass sie sowohl lokale als auch entfernte Radiosender empfangen können. Sie werden auch so konstruiert, dass sie die Signale von zwei Sendern trennen können, deren Frequenzen relativ nahe beieinanderliegen, sodass wir uns nicht mit schlechten Ergebnissen zufriedengeben müssen. Das Radio verdient es, perfekt abgestimmt zu sein, um es in einen optimalen Arbeitszustand zu bringen. Damit werden wir uns jetzt befassen.

Sensitivität (Empfindlichkeit) und Selektivität – diese beiden Begriffe werden oft missverstanden oder sogar fälschlicherweise für dasselbe gehalten. Sie beschreiben jedoch zwei sehr unterschiedliche Eigenschaften des Radios. Die Empfindlichkeit bezieht sich auf die Fähigkeit des Empfängers, einen schwachen Radiosender zu empfangen. Sie quantifiziert damit das Vermögen des Radios, das Signal eines schwachen Senders zu erkennen und eine wahrnehmbare Tonausgabe an den Lautsprechern zu erzeugen. Je höher die Empfindlichkeit ist, desto besser ist die Leistung des Radios, vor allem wenn es um das Auffangen von schwachen, weit entfernten Signalen geht. Für stärkere Sender ist eine gute Empfindlichkeit ebenfalls wichtig, da dadurch ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis erreicht wird, was zu einer besseren Audioqualität führt.

Bild 1 zeigt zwei Glockenkurven (Bell-Curves), die die Durchlassbereiche von zwei verschiedenen Radios darstellen, die auf einen Sender mit der gleichen Frequenz abgestimmt sind. Wenn wir uns nun vorstellen, dass das Signal auf der Frequenz A liegt, sehen wir deutlich, dass beide auf dieselbe Frequenz abgestimmt (oder optimiert) sind, die grüne Kurve aber ein stärkeres Signal als die blaue Kurve darstellt.

Wenn die Stärke des Signals ausreichend ist, werden beide Radios das Signal empfangen, aber die grüne Kurve ist weniger verrauscht als die blaue, was ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis und damit einen besseren Empfang bedeutet. Die Empfindlichkeit kann im Hochfrequenz-Frontend (HF-Tuner) durch Hinzufügen einer HF-Verstärkerstufe vor dem Mischer (über den unser Radio nicht verfügt) erheblich verbessert werden, sie ist aber auch ein wichtiges Ergebnis der ZF-Abstimmungskreise des Empfängers (der ZF-Übertrager). Wir sehen also, dass die relative Höhe der Glockenkurven ein Hinweis auf die relative Empfindlichkeit des Radios ist – je höher, desto besser.

Achtung Gefahr! – Hochspannung!

Die Spannungen im Inneren eines Röhrenradios können sehr hoch sein – im Bereich von Hunderten von Volt, sodass äußerste Vorsicht geboten ist, um lebensbedrohliche Stromschläge zu vermeiden.

Die beschriebenen Arbeiten dienen nur als Anschauungsbeispiel und zum Verständnis der verwendeten Technologie und sollten nur von dafür qualifizierten Technikern durchgeführt werden.

Selektivität

Die Selektivität bezieht sich auf die Fähigkeit des Radios, einen Sender abzustimmen, der in der Frequenz sehr nahe an einem anderen Sender liegt. Dies ist heute weniger wichtig, da das Mittelwellen-Band nicht mehr vollständig mit Rundfunksendern gefüllt ist, wie es in der Vergangenheit der Fall war. Das ist allerdings nur zum Teil richtig. Sehen wir uns an, warum die Selektivität trotzdem ein wichtiger Faktor ist.

Das Mittelwellen-Rundfunkband ist in 9-kHz-Kanäle unterteilt. Sender, die auf diesem Band senden wollen, können hierfür Lizenzen erhalten. Die Idee dabei ist, die zulässigen Frequenzen zu regulieren und so Überschneidungen und Verwechslungen zu vermeiden. Dies war in der Vergangenheit äußerst wichtig, als die Mittelwelle eines der beliebtesten Bänder für den kommerziellen Rundfunk war. Die für die Frequenzverteilung zuständige Regulierungsbehörde konnte so einem Sender die Lizenz zur Nutzung einer bestimmten Frequenz zuweisen und

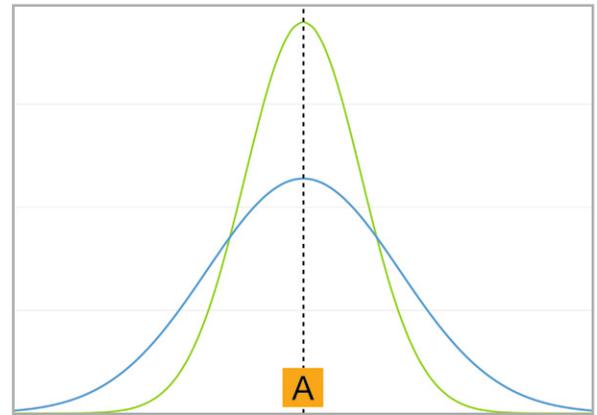


Bild 1: Empfindlichkeit des Zwischenfrequenz-Pfads

kontrollierte so die Nutzung des Bands. Keine zwei Sender in demselben geografischen Gebiet durften dieselbe Frequenz nutzen.

Das Problem ergibt sich aus der Definition des tatsächlichen geografischen Gebiets und der Sendeleistung, mit der jede Station betrieben wird. Da es den Signalen möglich ist, an der Atmosphäre abzuprallen, können Sender durch die Ausbreitung der „Raumwellen“ sehr weit entfernt empfangen werden. Sogar so weit, dass sie möglicherweise legal auf einer Frequenz senden, die sehr nahe an der eines lokalen Mittelwellensenders liegt, der durch die normale Ausbreitung über die Bodenwelle empfangen wird.

Vor allem nachts werden Sie feststellen, dass einige Teile des Frequenzbands voll mit Sendestationen zu sein scheinen, die sehr schwer zu empfangen sind, da sie scheinbar übereinanderliegen. Das gleiche Phänomen ist auf Kurzwelle zu finden, wo dies sogar noch deutlicher zu spüren ist. Unter diesen Umständen ist die Selektivität des Empfängers von entscheidender Bedeutung. Sie ermöglicht es Ihnen, sauber auf einen Sender abzustimmen, der möglicherweise von mehreren anderen Sendern flankiert wird. Eine gute Selektivität ermöglicht es, benachbarte Signale abzuschneiden, sodass Sie nur den Sender hören, den Sie wirklich empfangen wollen. Bild 2 veranschaulicht dies anhand von zwei Sendern auf den Frequenzen A und B, die recht nahe beieinanderliegen.

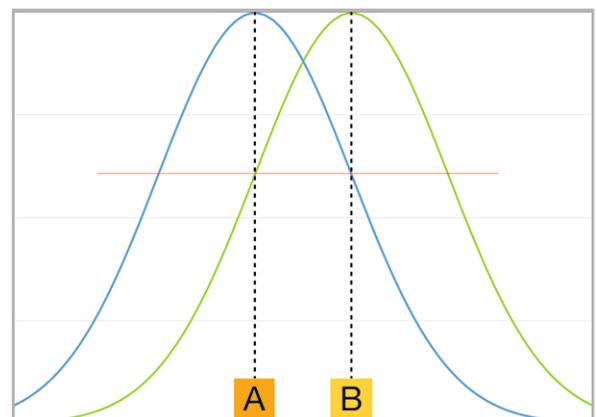


Bild 2: Geringe Selektivität – benachbarte Sender stören sich gegenseitig

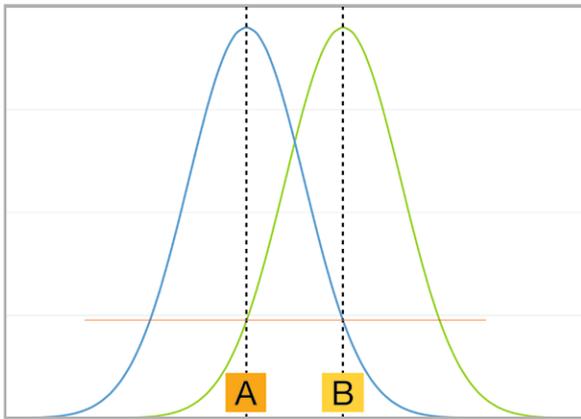


Bild 3: Hohe Selektivität – benachbarte Stationen stören sich nicht

Wenn Ihr Empfänger nicht sehr selektiv ist, werden Sie beim Einstellen von Sender A auch einen beträchtlichen Teil des Signals von Sender B empfangen. Dies ist an dem Pegel zu erkennen, bei dem die blaue Kurve die Mittenfrequenz von Signal B schneidet. Das Gleiche gilt, wenn Sie versuchen, Sender B einzustellen. Das Signal von Sender A wird durchschlagen und beeinträchtigt die Klarheit des Signals von Sender B, das an Ihren Lautsprechern ankommt.

Bild 3 zeigt die gleiche Situation mit einem Empfänger, der selektiver ist. Ein Teil des benachbarten Signals kann noch durchkommen, das liegt daran, dass kein Filter ideal ist – es ist eine Glockenkurve, sodass die Steigungen nicht vollständig vertikal sind. Die Stärke des unerwünschten Signals ist dabei so stark reduziert, dass Sie wahrscheinlich nicht einmal in der Lage sein werden, die Auswirkungen auf den Sender zu hören, den Sie eigentlich hören wollen.

Die beschriebene Notwendigkeit einer hohen Empfindlichkeit und Selektivität lässt vermuten, dass das Durchlassband des Pfads der Zwischenfrequenz eine möglichst scharfe Glockenkurve sein sollte, d. h. so hoch und so scharf wie möglich. Das ist jedoch nicht ganz richtig.

Die Audioinformationen, die im ZF-Signal übertragen werden (moduliert), benötigen auch eine gewisse Bandbreite (Bandwidth), sonst käme überhaupt kein Ton durch. Das Audiosignal, das dem Träger am Sender aufmoduliert wurde, wird zu einem zusammengesetzten Signal, das sich von der Trägerfre-

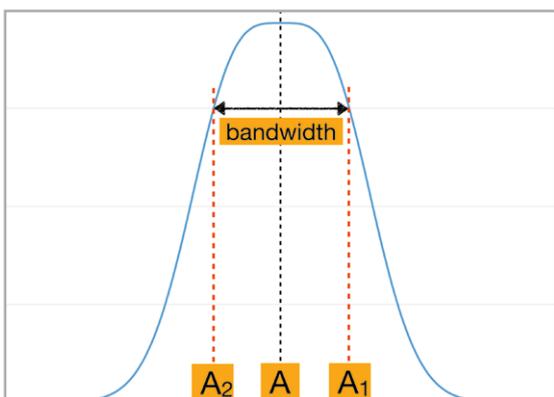


Bild 4: Die ZF-Kurve muss breit genug sein, damit die Audiosignale durchgelassen werden können.

quenz ausbreitet – und zwar in beide Richtungen (gespiegelte Spektren oberhalb und unterhalb der Mittenfrequenz).

Wenn das über die Antenne empfangene Signal den Mischer durchläuft und zum ZF-Signal wird, bleibt es als Spreizung oberhalb und unterhalb der ZF-Trägerfrequenz erhalten. Wir müssen daher eine kleine Spanne von Frequenzen durch die ZF-Filter passieren lassen und nicht nur die ZF-Frequenz allein. Bild 4 zeigt eine entsprechende Anschauung. Wenn zum Beispiel alle Frequenzen unter 4 kHz an den Lautsprechern zu hören sein sollen (dies ist ungefähr der typische Frequenzbereich der menschlichen Sprache), dann reicht die auf den Träger modulierte Audioinformation von 4 kHz unterhalb bis 4 kHz oberhalb der Trägerfrequenz. Die Bandbreite, die wir benötigen, beträgt daher 8 kHz.

Da wir keinen absolut scharfen Filter erstellen können, der nur diese Frequenzen durchlässt, definieren wir eine Spanne von -3 dB als Bandbreite des Filters. Innerhalb dieser Bandbreite werden die Frequenzen, die die Audioinformationen ausmachen, bei relativ gleichen Signalpegeln durchgelassen (mit einem Abstand von 3 dB zueinander). Alle anderen Frequenzen werden so abgeschwächt, dass sie nicht gehört werden.

Der Audio-Purist wird sofort feststellen, dass dadurch Musik in guter Qualität nicht voll zur Geltung kommt – das stimmt. Mittelwellensendungen sind ohnehin keine guten Quellen für eine qualitativ hochwertige Musikwiedergabe, da die Bandbreite der Signale weit unter 20 kHz liegt, die das obere Ende des menschlichen Gehörs definieren. Dies ist einer der Gründe, warum UKW die Mittelwelle in vielen Bereichen fast völlig abgelöst hat.

Abstimmung der ZF-Übertrager

Es gibt viele Möglichkeiten, die ZF-Transformatoren bzw. -Übertrager dieses Radios abzustimmen, aber wir werden hier die einfachste Methode anwenden. Sie ist auch in der Anleitung des Radios zum Abstimmen beschrieben.

Wir sollten immer darüber nachdenken, was wir eigentlich zu erreichen versuchen. Versteht man den Prozess, ist es viel einfacher, ihn auszuführen:

- Der ZF-Pfad in unserem Radio besteht aus vier abstimmbaren Schwingkreisen, die jeweils aus einem Kondensator und einer Spule parallel geschaltet wirken. Jede Induktivität hat einen einstellbaren Kern, der es ermöglicht, die Resonanzfrequenz des Kreises abzustimmen.
- Diese vier Filter sind physisch in zwei ZF-Transformorgehäusen platziert. Diese „Blechgehäuse“ enthalten zwar auch abstimmbare Schaltkreise für das UKW-Band, wir konzentrieren uns hier aber auf das Mittelwellen-Band (AM).
- Die Schaltungen arbeiten paarweise und bilden eine Primär- und Sekundärseite eines jeden ZF-Transformators. Wir sehen dies im Schaltplan in Bild 5, wo die Spulen mit den römischen Ziffern I bis IV gekennzeichnet sind.
- Aus dem Servicehandbuch (eigentlich für das Grundig 97A, das aber das gleiche Schaltungslayout hat), entnehmen wir genau, wo sich diese abstimmbaren Kerne befinden (Bild 6). Jeder Transformator hat einen Kern auf der Oberseite und einen, der von der Unterseite des Gehäuses zugänglich ist.
- Wir müssen diese Kerne anpassen, um den Transformator so abzustimmen, dass er nur das ZF-Frequenzsignal (mit einer geeigneten Bandbreite) durchlässt. Somit erkennt der Detektor das Audiosignal und leitet es an die Audiostufen weiter, damit es schließlich über unsere Lautsprecher wiedergegeben wird.
- Bild 7 zeigt uns, wie die verschiedenen Filterstufen aussehen könnten. Die graue Kurve ist korrekt auf die gewünschte ZF-Frequenz (in diesem Fall 460 kHz) abgestimmt, die anderen Kurven (grün, blau und orange) passen aber nicht gut für die ZF-Frequenz.

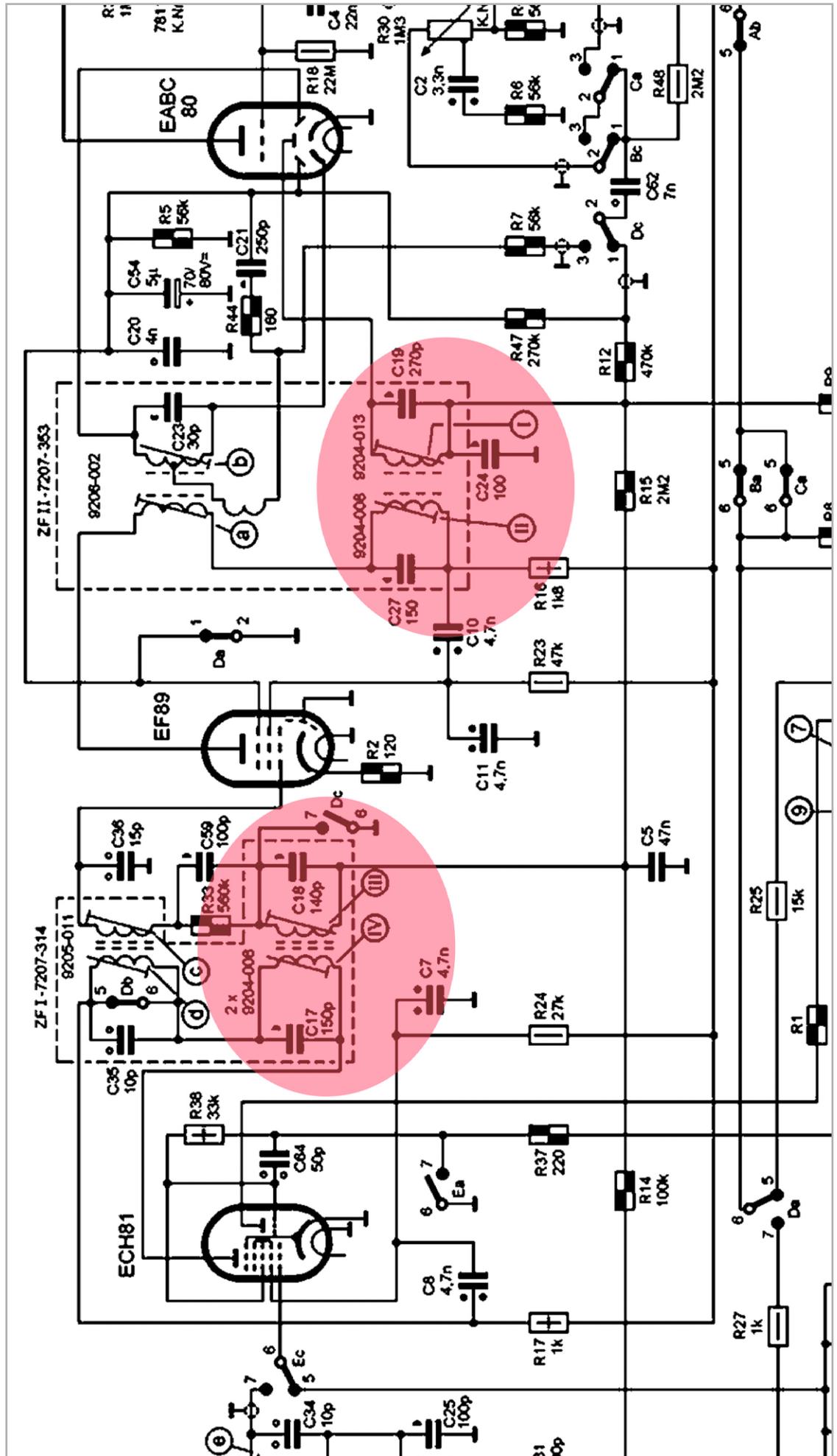


Bild 5: Die durchstimmbaren ZF-Transformatoren (I-IV) in unserem Mittelwellen-Signalwegs.

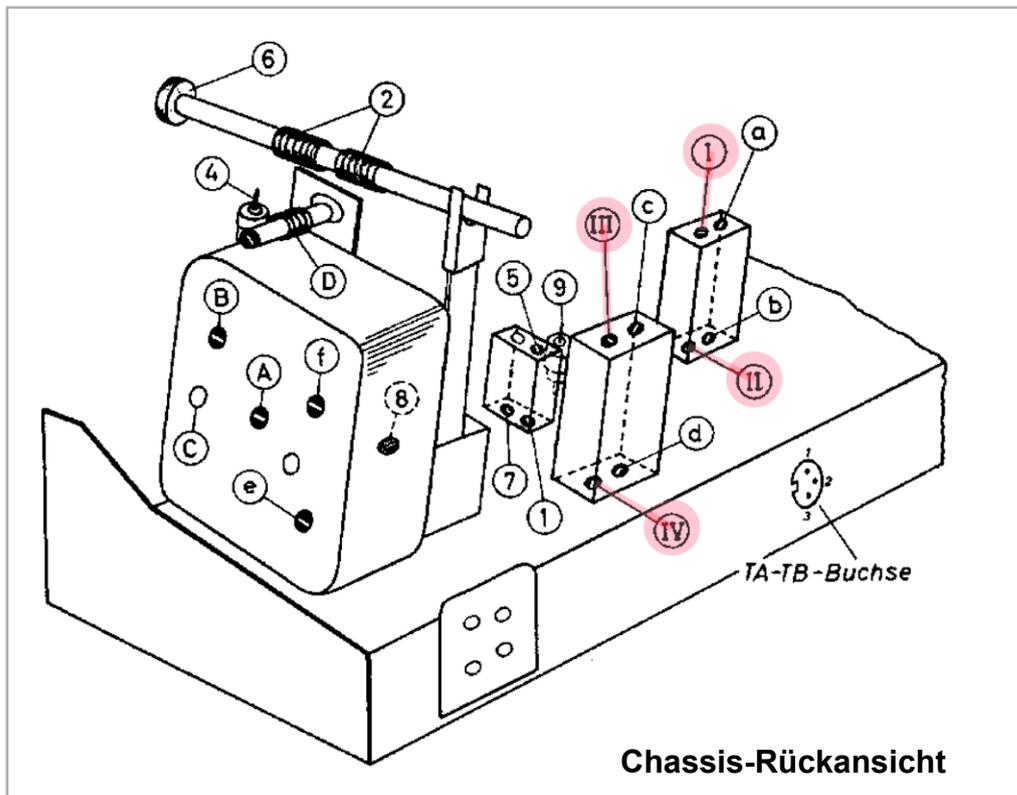


Bild 6: Die Positionen der Mittelwellen-ZF-Transformatorkerne

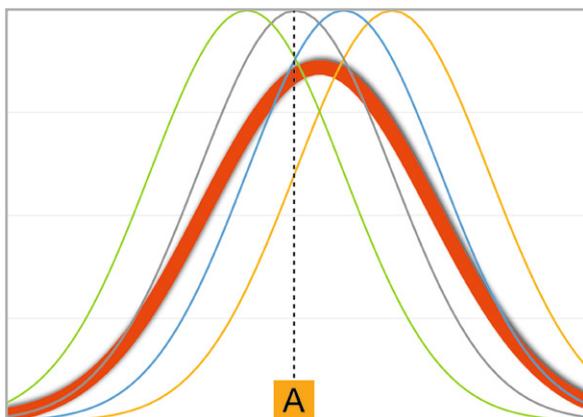


Bild 7: So könnten die Einstellungen vor dem Abgleich aussehen.

- g) Wenn wir die kombinierte Reaktion dieser vier Kurven messen, erhalten wir etwa die rote Kurve (mit zu Demonstrationszwecken angepasster Amplitude), die eine breitere Kurve (mehr Bandbreite) besitzt, aber nicht korrekt auf die ZF-Frequenz zentriert ist. Die Leistung unseres Radios wäre daher nicht optimal.
- h) Wir müssen daher alle Kurven auf die Mittenfrequenz verschieben, um eine optimale Ausrichtung der beiden ZF-Transformatoren für die ZF-Frequenz von 460 kHz zu erreichen.

Abgleich-Anleitung

Wenn wir uns die Anweisungen im Servicehandbuch ansehen, die in Bild 8 zu sehen sind, erkennen wir, dass der eigentliche Vorgang in drei Schritten abläuft. Diese Anleitung setzt jedoch ein gewisses Maß an Wissen über das Verfahren voraus, denn es wird nicht viel darüber gesagt, was genau Sie tun müssen.

Das Wartungshandbuch beschreibt, dass wir das Signal in das Gitter 1 der EF89-Röhre einspeisen und (I) und (II) auf ein Maximum einstellen sollen, aber es wird nicht beschrieben, was das tatsächlich bedeutet. Dann wird uns gesagt, wir sollen das Signal in das Gitter 1 der ECH81-Röhre einspeisen und das Gleiche mit den anderen beiden Transformator-Einstellkernen durchführen. Die letzte Anweisung schließlich verlangt von uns, ein Signal in die Antenne einzuspeisen und (V) auf ein Minimum einzustellen.

Bei der Interpretation dieser Anweisungen hilft es uns, die Funktionsweisen des Radios zu verstehen. Bild 9 zeigt uns, was die Anweisungen bedeuten.

Die Serviceanweisungen verlangen weiterhin, dass wir ein 460-kHz-Trägersignal in das Gitter der ZF-Verstärkerstufe – kurz vor dem letz-

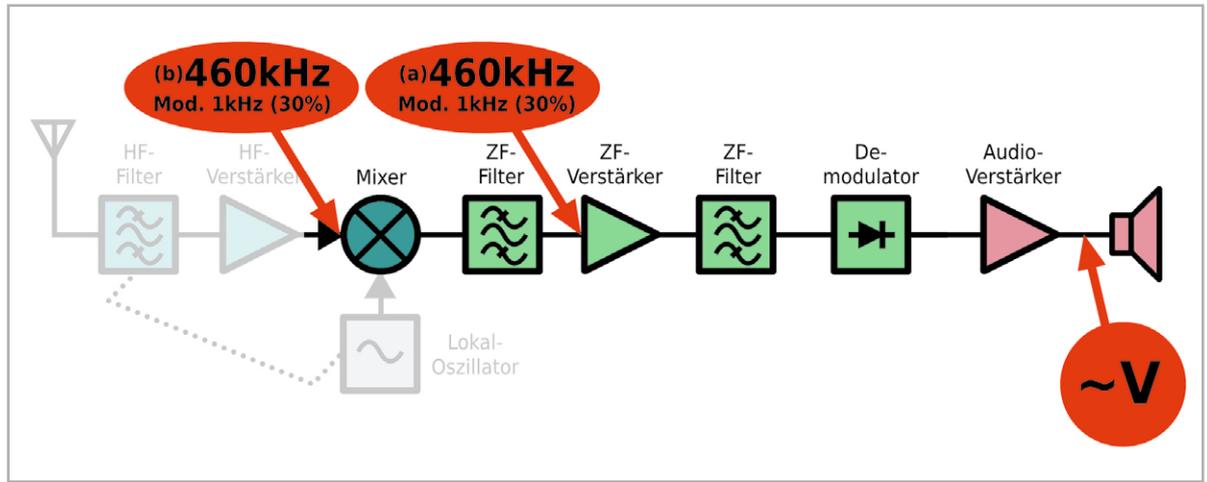
Abgleich - Anleitung

AM-ZF-Abgleich 460kHz

Bereich, Drehko-Stellung	Ankopplung des Meßsenders	Abgleich	Bemerkungen
LW, eingedreht	G ₁ EF 89	(I) und (II) Maximum	Mit wechselseitiger Bedämpfung (10kΩ und 5 nF Reihe) abgleichen.
	G ₁ ECH 81	(III) und (IV) Maximum	
MW, eingedreht	an Antenne	(V) Minimum (entgeh. Flansch)	

Bild 8: Die Abstimmungsanweisungen aus dem Wartungshandbuch

Bild 9: Interpretation der Abstimmweisungen



ten ZF-Transformator – einspeisen sollen, das mit einem hörbaren Frequenzton moduliert ist (z. B. 1 kHz, siehe Bild 10). Wir müssen dies über einen Kondensator (z. B. 1 nF) tun, um zu verhindern, dass der Signalgenerator die Bedingungen der Gleichstromvorspannung (DC-Bias) am Gitter dieser Röhre stört. Die Masse des Signals ist mit unserer Haupterde verbunden, wie z. B. dem Chassis des Radios.

Das Signal wird von der EF89-Röhre verstärkt und läuft über den ZF-Transformator. Dieser Transformator ist nun so abgestimmt, dass nur das mit 460 kHz modulierte Signal von der Primärseite zur Sekundärseite gelangt und alle anderen Frequenzen abgeschwächt werden. Das Signal geht dann zur Detektordiode und wird in das ursprünglich auf den Träger modulierte Audiosignal (in diesem Fall ein 1-kHz-Ton) umgewandelt. Das demodulierte Signal kann dann über die Lautsprecher gehört werden, wo wir seine Amplitude mit einem Wechselspannungsmessgerät bestimmen können.

Die Stärke (Amplitude) des Audiosignals, die mit dem Voltmeter am Lautsprecher gemessen wird, sagt uns, wie stark das Signal ist, das durch die vorangehenden Schaltungen und insbesondere durch den ZF-Transformator läuft. Unser Ziel ist es nun, die Transformatorspulen so einzustellen, dass wir die maximale Signal-Amplitude an den Lautsprechern erhalten, d. h., dass wir die höchste Wechselspannung auf dem Voltmeter registrieren.

Danach gehen wir mit der Vorstufe auf die gleiche Weise vor und stellen den ersten ZF-Transformator so ein, dass er das 460-kHz-Signal optimal durchlässt. Dieses Signal wird am Gitter der Mixer-Röhre eingespeist. Es zeigt, was passiert, wenn sich unser HF-Eingangssignal mit unserem Oszillatorsignal mischt, um die Differenz bei 460 kHz zu erzeugen. Das Ganze zusammen mit dem aufmodulierten Audiosignal.

Es ist wichtig, dass der Signalpegel, den wir einspeisen, so niedrig wie möglich ist. Sie sollten gerade in der Lage sein (und dies auch mit

dem Voltmeter messen), den hörbaren 1-kHz-Ton über dem Rauschen mit dem Lautstärkereglern auf oder nahe dem Maximum zu identifizieren. Dies soll sicherstellen, dass die automatische Verstärkungsregelung (AGC – Automatic Gain Control) nicht eingreift und dadurch Ihre Einstellungen verfälscht.

Schließlich soll das Signal in die Antennenbuchse eingespeist und die Spule (V) auf ein Minimum eingestellt werden. Doch worum geht es dabei genau? Dies ist der sogenannte ZF-Block des Radios, wobei sich die Spule (V) normalerweise in der Nähe der Antenneneingangsbuchse befindet.

Die Spule erfüllt zwei Funktionen:

1. Sie verhindert, dass ein Signal mit einer Frequenz von 460 kHz in unser Radio eindringt und somit in unseren ZF-Signalweg gelangen würde. Wir wollen nur die 460 kHz in unserem Schaltkreis sehen, die von unserem Mischer erzeugt werden. Daher wäre ein externes Signal mit dieser Frequenz für uns nicht von Interesse. So ein Signal könnte beispielsweise von einem anderen Radio in unmittelbarer Nähe zu unserem oder von einer anderen unerwarteten Quelle abgestrahlt werden.
2. Wir wollen auch verhindern, dass ein 460-kHz-Signal aus unserem Radio austritt und damit andere Radios in der Umgebung beeinflusst. Dieser Filter dient effektiv als Band-Stopp-Filter bei 460 kHz, und wenn wir die Spule (V) einstellen, stimmen wir sie genau auf diese Frequenz ab.

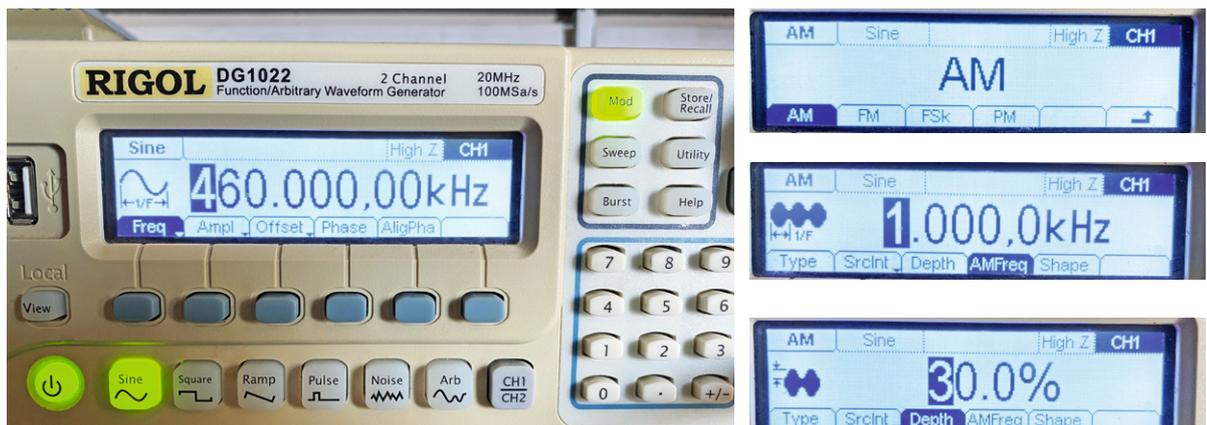


Bild 10: Wir übertragen eine 460-kHz-Trägerwelle, 30 % amplitudenmoduliert (AM) mit einem hörbaren Ton (1 kHz).

Generelle Tipps zum Abstimmvorgang

- Halten Sie den Pegel des Signalgenerators sehr niedrig, um eine AGC-Aktivierung zu vermeiden.
- Verbinden Sie das Signal vom Signalgenerator über einen DC-Sperrkondensator mit dem entsprechenden Einspeisepunkt am Radio.
- Verwenden Sie keine Einstellwerkzeuge aus Metall, um eine Beschädigung der Spulenkerne zu vermeiden, da diese weich sind und leicht beschädigt werden können. Zu diesem Zweck gibt es spezielle Abgleichstifte aus Kunststoff.
- **Vorsicht!** An den Teilen, die die Einstellpunkte umgeben, können hohe Spannungen anliegen!
- Sie sollten den Vorgang einige Male wiederholen, um eine bestmögliche Abstimmung zu erreichen.



Bild 11: Der Signalgenerator erzeugt die Trägerwelle mit AM-Modulation für die ZF-Abstimmung.



Bild 12: DIY-Dämpfungsglied zur Reduzierung der Signalamplitude



Bild 13: Für den Abgleich eignet sich ein analoges AC-Voltmeter sehr gut.

Los geht's

Meine Vorgehensweise ist ziemlich standardisiert und läuft nach folgendem Schema ab:

1. Ich löte zwei kurze isolierte Drähte an die Gitter (Pin 2) der Röhren ECH81 und EF89, um die Einspeisung des Signals zu erleichtern.
2. Der Signalgenerator wird so eingestellt, dass er eine Sinuswelle mit 460 kHz und der kleinsten Amplitude erzeugt, die möglich ist. In meinem Fall ist das 1,4 mV RMS. Darauf wird eine Amplitudenmodulation mit einem 1-kHz-Signal und einer Modulationstiefe von 30 % (Bild 10) aufmoduliert. Ich verwende für diesen Test einen Signalgenerator Rigol DG1022 (Bild 11), den ich seit vielen Jahren besitze und der sich dafür sehr gut eignet. Grundsätzlich ist aber jedes Gerät geeignet, mit dem man das Trägersignal mit Amplitudenmodulation erzeugen kann.
3. Ich speise dieses Signal in ein geschaltetes DIY-Dämpfungsglied (Bild 12), welches es mir ermöglicht, die Amplitude des Signals so weit zu reduzieren, dass man den Ton gerade noch über dem Rauschen hört, wenn die Lautstärke auf Maximum steht. Dieses Dämpfungsglied hat auch einen Kondensator in Reihe, um Gleichspannung zu blockieren.
4. Ich schließe ein analoges AC-Voltmeter (Bild 13) an die Lautsprecheranschlüsse an, um die Amplitude des Tons zu messen. Ein analoges Messgerät ist meine bevorzugte Option, da es einen klaren Hinweis auf die Spitzenwerte des Signals gibt, was mit einem digitalen Messgerät nicht so einfach zu erreichen ist.
5. Ich entferne jegliches Wachs von den Köpfen der Trafokerne, das dort angebracht wurde, um Drift zu verhindern. Dieses Wachs sollte vorsichtig entfernt werden. Etwas Wärmezufuhr mit einer Heißbluftpistole ist dabei sehr hilfreich, bis man die Kerne sehen und das Einstellwerkzeug in sie einpassen kann. In diesem Fall verwende ich einen Keramik-Schraubendreher, der perfekt in die Kerne passt. Verwenden Sie für die Einstellung keine Metallwerkzeuge, da sie die Einstellungen beeinträchtigen und es dazu kommen kann, dass die Abstimmung falsch ist, wenn Sie das Werkzeug entfernen. Metallwerkzeuge können auch die Kerne beschädigen, die sehr zerbrechlich sind.
6. Stellen Sie das Radio auf Langwelle (LW) und die Lautstärke auf Maximum.

7. Führen Sie das Signal vom Signalgenerator (durch das Dämpfungsglied) an den Draht, der am Gitter des EF89 angelötet ist. Die Masse des Signalgenerators ist mit dem Gehäuse verbunden.
8. Schalten Sie die Stromversorgung des Radios ein und warten Sie auf einen hörbaren Ton.
9. Stellen Sie die Amplitude des Signals so ein, dass Sie den Ton schwach über dem Rauschen hören. Dies kann man durch die Einstellung der Amplitude am Signalgenerator erreichen oder indem man die Dämpfung des Pegels erhöht.
10. Beginnen Sie mit der Spule (I), bis Sie einen Maximalwert auf dem Voltmeter erhalten (Bild 14). Dann machen Sie dasselbe mit der Spule (II) (Bild 15). Wiederholen Sie den Vorgang mit der Spule (I) und mit der Spule (II), bis Sie den absolut höchsten möglichen Signalpegel erhalten.
11. Verringern Sie die Signalamplitude und schließen Sie das Signal an den Draht, der an das Gitter des ECH81 gelötet ist. Stellen Sie den Signalpegel erneut ein, bis nur noch ein schwach hörbarer Ton durch das Rauschen dringt.
12. Stellen Sie die Spule (III) ein, bis Sie ein Maximum auf dem Voltmeter ablesen. Dann machen Sie dasselbe mit der Spule (IV). Wiederholen Sie den Vorgang mit der Spule (III) und mit der Spule (IV), bis Sie den höchstmöglichen Signalpegel erhalten.
13. Schließen Sie das Signal an die AM-Antennenbuchse an der Rückseite des Radios an und erhöhen Sie den Signalpegel, bis Sie den Ton hören können. Dafür kann ein recht starkes Signal erforderlich sein.
Idealerweise sollten Sie eine sogenannte Dummy-Antenne zwischen dem Signalgenerator und der Antennenbuchse nutzen. Mein schaltbares Dämpfungsglied hat eine solche integriert, also benutze ich diese. Im Internet finden Sie einfache Schaltungen für eine Dummy-Antenne. Sie benötigen normalerweise nur einen Widerstand und einen Kondensator, um solch eine „Kunstantenne“ herzustellen.
14. Stellen Sie die Spule (V) auf der Unterseite ein (Bild 16, in der Nähe der Antenneneingangsbuchse), bis Sie ein minimales Audiosignal durch den Lautsprecher erhalten.

Gute Ergebnisse auch ohne Dämpfung

Die Anleitung im Wartungshandbuch beschreibt, dass wir einen der Schwingkreise dämpfen sollen, wenn wir den anderen am Transformator abstimmen. Dies geschieht mit einem 10-k Ω -Widerstand, der mit einem 5-nF-Kondensator in Reihe geschaltet ist. Diese Anordnung ist mit den entsprechenden Pins des ZF-Transformators auf der Unterseite des Gehäuses verbunden.

Der Grund für die Dämpfung ist, dass die gedämpfte Schaltung weniger empfindlich ist und damit die Abstimmung des abzustimmenden Schaltkreises nicht beeinflusst. Letztendlich ermöglicht dies eine feinere Anpassung des gesamten ZF-Transformator-Signalwegs und damit eine höhere Empfindlichkeit. Ich habe dies aus zwei Gründen nicht getan:

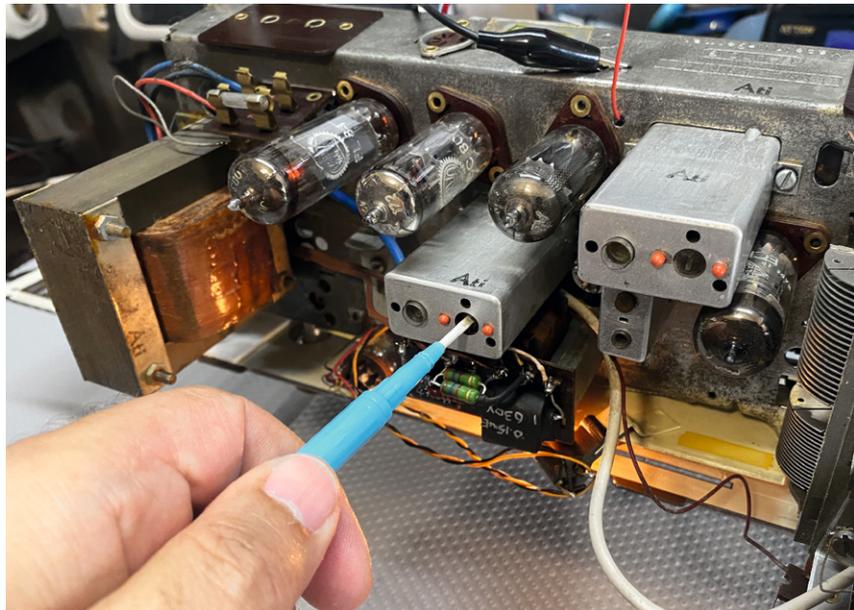


Bild 14: Einstellen einer Spule auf der Oberseite mit einem nichtmetallischen Einstellwerkzeug

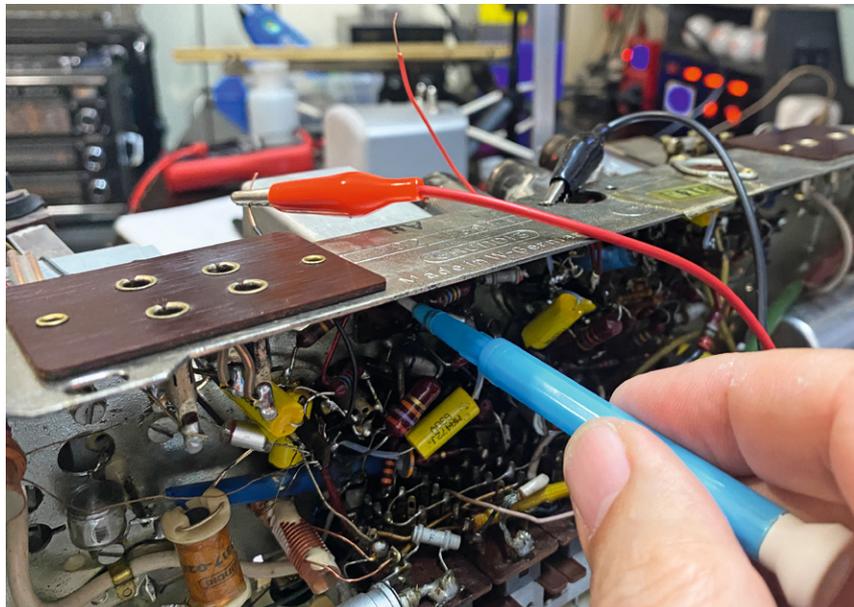


Bild 15: Einstellen einer Spule vom Boden des Radios aus mit einem nichtmetallischen Einstellwerkzeug



Bild 16: Die Spule (V) befindet sich auf der Unterseite in der Nähe der Antenneneingangsbuchse.

1. Ich habe festgestellt, dass ich mit einer sorgfältigen und wiederholten Einstellung der Spulen die beste Empfindlichkeit auch ohne das vorgenannte Verfahren zur Dämpfung erreiche.
2. Die eigentlichen Stifte auf der Unterseite der Transformatoren sind manchmal schwer zu erreichen (oder gar zu identifizieren), sodass man einen Fehler machen und das RC-Glied an die falschen Pins anschließen könnte. Sie könnten auf der Unterseite auch einen Kurzschluss erzeugen, v. a. mit den sperrigen Krokodilklemmen, die Sie normalerweise für den Anschluss des RC-Glieds verwenden.

Auch wenn ich weiß, dass ich damit Abstriche mache, bevorzuge ich meine einfachere Methode. Sie hat mir gute Dienste geleistet und noch nie zu einer geringen Empfindlichkeit der ZF-Stufe geführt.

Wie gut ist unsere Glockenkurve?

Ich habe erwähnt, dass es viele Möglichkeiten für die Abstimmung gibt. Ich wählte (wie angewiesen) die einfachste, indem ich den Pegel des Audiosignals als Indikator für die Genauigkeit der Abstimmung gewählt habe. Eine andere Möglichkeit ist die visuelle Methode, die die Verwendung eines Sweep-/Wobbelgenerators erfordert. Hier ist die Reaktion

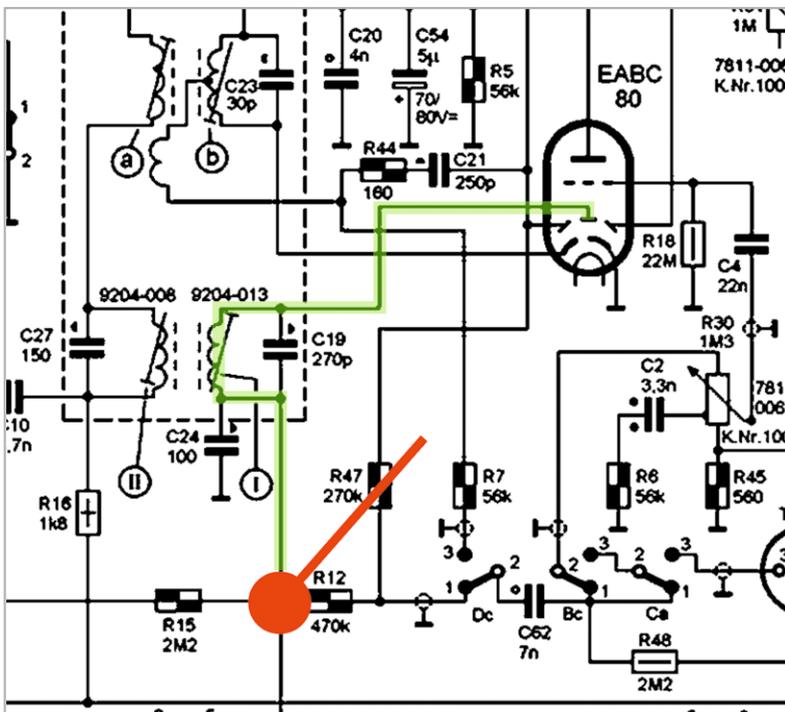


Bild 17: Anschluss des Tastkopfes des Oszilloskops

der Schaltung auf dem Bildschirm eines Oszilloskops zu sehen, während die ZF-Stufe mit einem Signal unterschiedlicher Frequenzen durchlaufen wird, das unterhalb der ZF-Frequenz beginnt und oberhalb dieser Frequenz endet.

Diese Methode beruht auf der Tatsache, dass die Detektordiode das Audiosignal „erkennt“, indem sie das ZF-Signal gleichrichtet. Das Ergebnis ist eine Spannung, die von einer Gleichspannungskomponente und einer Wechsellspannungskomponente überlagert wird, die das Audiosignal darstellt, nach dem wir suchen. Das Verfahren besteht nun darin, die Gleichspannungskomponente zu blockieren und nur die AC-Komponente durchzulassen, denn das ist die Audioinformation, die wir hören wollen. Diese Gleichspannungskomponente eignet sich jedoch gut, um die Stärke des durchgelassenen Signals zu bestimmen.

Tatsächlich handelt es sich um eine negative Gleichspannung, die als AGC-Spannung an die vorhergehenden Röhren zurückgeführt wird, um ihre Verstärkung zu verändern und somit den Signalpegel auf einen Mittelwert zu bringen. Das Ergebnis ist die Anhebung der Signale von schwächeren Sendern und die Absenkung der Signale von sehr starken Sendern, um zu versuchen, die Audiopegel im gesamten Band ungefähr gleich zu halten.

Diese Gleichspannung bietet uns auch eine einzigartige Möglichkeit, die Stärke eines empfangenen Signals durch Messung der Gleichspannung (negativ) beim Einspeisen eines Signals am vorderen Ende der ZF-Stufe zu messen, d. h. am Gitter des ECH81. Je höher die Gleichspannung, desto stärker ist das Signal, das durchkommt.

Wenn wir nun ein Signal (Wobbelnsignal) einspeisen, das bei 450 kHz beginnt (10 kHz unterhalb der ZF-Frequenz) und über einen bestimmten Zeitraum auf 470 kHz ansteigt (10 kHz über der ZF-Frequenz) und wir die Gleichspannungen aufzeichnen, die sich daraus ergeben, erhalten wir eine Darstellung der Reaktion der Filter in der ZF-Stufe. Was wir sehen möchten, ist eine Glockenkurve wie oben beschrieben, mit der Spitze bei der Mittenfrequenz von 460 kHz, also unserer ZF-Frequenz.

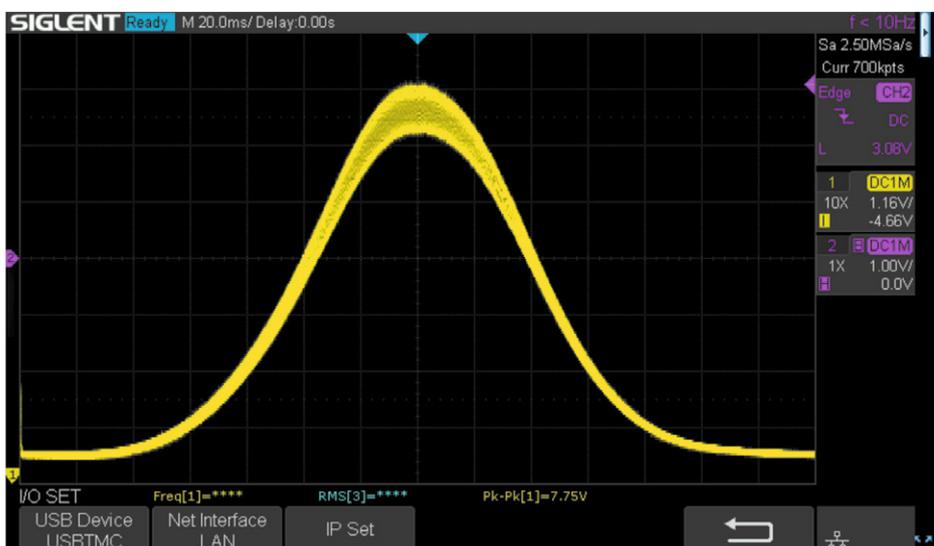


Bild 18: Die Glockenkurve als Ergebnis unserer Abstimmung

Wie man einen visuellen Abgleich einrichtet

Eine visuelle Abstimmung wurde traditionell mit einem Gerät namens Wobulator durchgeführt. Ich besitze keinen Wobulator, ich brauche ihn nicht, da mein Signalgenerator eine Wobbelfunktion hat. Ich habe ihn so eingestellt, dass er einen Sweep von 450–470 kHz über 280 mS erzeugt. Der Signalgenerator „wobbelt“ über diesen Frequenzbereich und wiederholt den Sweep, bis ich ihm sage, dass er stoppen soll. Außerdem erzeugt er ein Trigger-Ausgangssignal in Form einer Rechteckwelle am Triggerausgang auf der Rückseite des Geräts, das eine Periode von genau 280 mS hat (entsprechend der von mir eingestellten Sweep-Zeit), wobei jede Welle am Anfang des Sweeps beginnt und am Ende des Sweeps endet.

Diese Triggerwellenform wird in Kanal 2 des Oszilloskops eingespeist, und ich verwende diesen Kanal zum Triggern des Oszilloskops. Die Zeitbasis des Oszilloskops ist auf 20 mS pro Teilung eingestellt, sodass ein kompletter Sweep gut auf meinen Bildschirm passt (meiner hat 14 Teilungen). Dann verbinde ich den Tastkopf des Oszilloskops für Kanal 1 mit einem Punkt an dem Radio, wo die erwähnte Gleichspannung leicht erkannt werden kann. Bild 17 zeigt, wo ich meinen Tastkopf an diesem Radio angeschlossen habe. Sie müssen die Messkurve invertieren (da es sich um eine negative Gleichspannung handelt) und den Nullpunkt nach unten verschieben, damit die Grundlinie an den unteren Rand des Bildschirms gebracht wird. Durch Einstellen der vertikalen Verstärkung auf dem Oszilloskop können Sie das Ergebnis des Signals gut auf den Bildschirm bringen.

Was haben wir durch die Abstimmung gelernt?

Nun, urteilen Sie selbst. Bild 18 zeigt die Glockenkurve, die sich aus dem Abgleich ergibt, der wie beschrieben durchgeführt wurde. Der Audiopegel diente als Indikator. Gar nicht so schlecht, oder? Da der Sweep von 10 kHz unterhalb bis 10 kHz oberhalb der 460-kHz-ZF-Frequenz läuft und ich einen linearen Sweep gewählt habe, weiß ich, dass sich die 460-kHz-Marke genau in der Mitte des Bildschirms befindet. Hier liegt die Spitze der Kurve, was bedeutet, dass wir einen perfekt ausgerichteten ZF-Pfad haben.

Die Abstimmergebnisse fallen nicht immer so gut aus wie in diesem Fall, aber dieses Mal hatten wir Glück. Wenn überhaupt, dann ist die Kurve vielleicht ein wenig zu scharf, was eine hohe Empfindlichkeit und Selektivität bedeutet, aber vielleicht nicht genug Bandbreite, wie wir vorher beschrieben haben. Wir können den oberen Teil der Kurve verbreitern und eine höhere Bandbreite

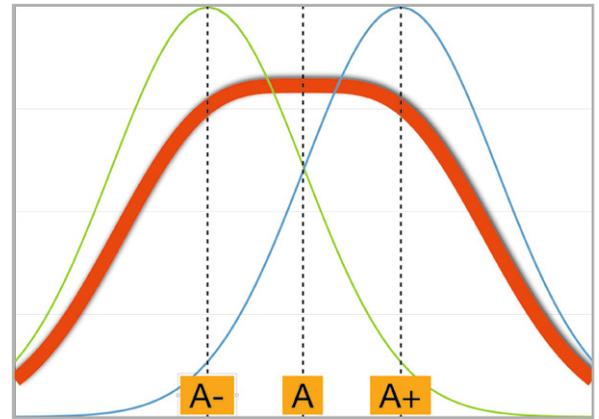


Bild 19: Abgestuftes Abstimmen der ZF-Stufe

erhalten, indem wir die Transformatoren absichtlich abseits von der 460-kHz-Marke abstimmen. Dies wird als „abgestuftes Abstimmen“ der Transformatoren bezeichnet. Das Konzept kann man in Bild 19 sehen.

Wenn wir einen der Transformatoren etwas unterhalb der ZF-Frequenz (A-) und den anderen etwas darüber (A+) abstimmen, können wir eine resultierende Kurve mit einem flachen Abschnitt an der Spitze (die rote Kurve) erhalten, was eine geringere Empfindlichkeit bedeutet, aber eine höhere Bandbreite. Dies kann vorteilhaft sein, wenn eine bessere Audioqualität gewünscht ist.

Ich habe versucht, mit unseren Spulen während des Sweeps zu spielen, um das in Bild 20 gezeigte Ergebnis zu erzielen. Diese Kurve zeigt deutlich eine verbesserte Bandbreite, allerdings auf Kosten einer gewissen Empfindlichkeit. Letztendlich kann man experimentieren und sehen, welche Option dem eigenen Wunsch entspricht. Ich persönlich bevorzuge die erste Option, da sie mir einen ausreichend klaren Ton und eine viel bessere Empfindlichkeit für den Empfang entfernter Sender ermöglicht.

Ausblick

Der nächste Beitrag wird die HF-Abstimmung der Mittelwellen-Bänder und die ZF-/HF-Abstimmung des UKW-Bands behandeln. **ELV**

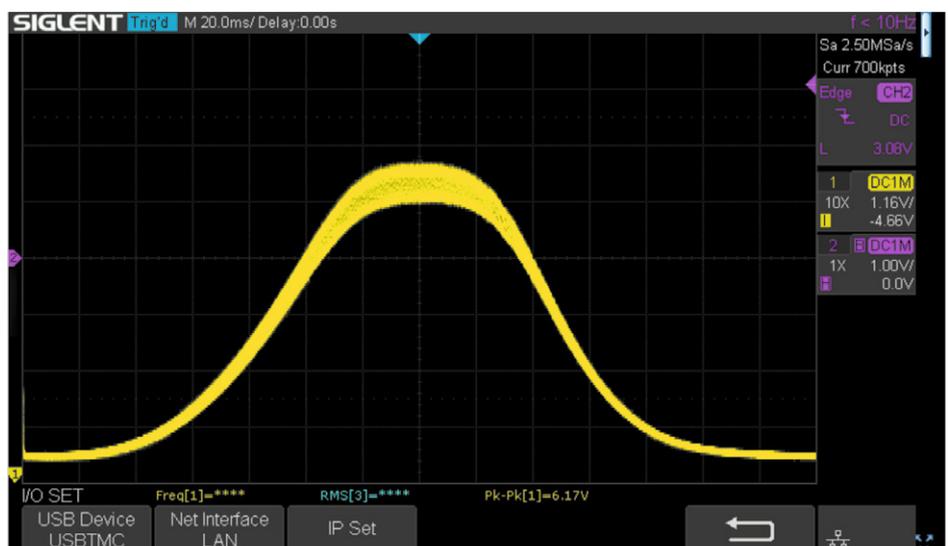


Bild 20: Das Ergebnis der abgestuften Abstimmung unseres Radios