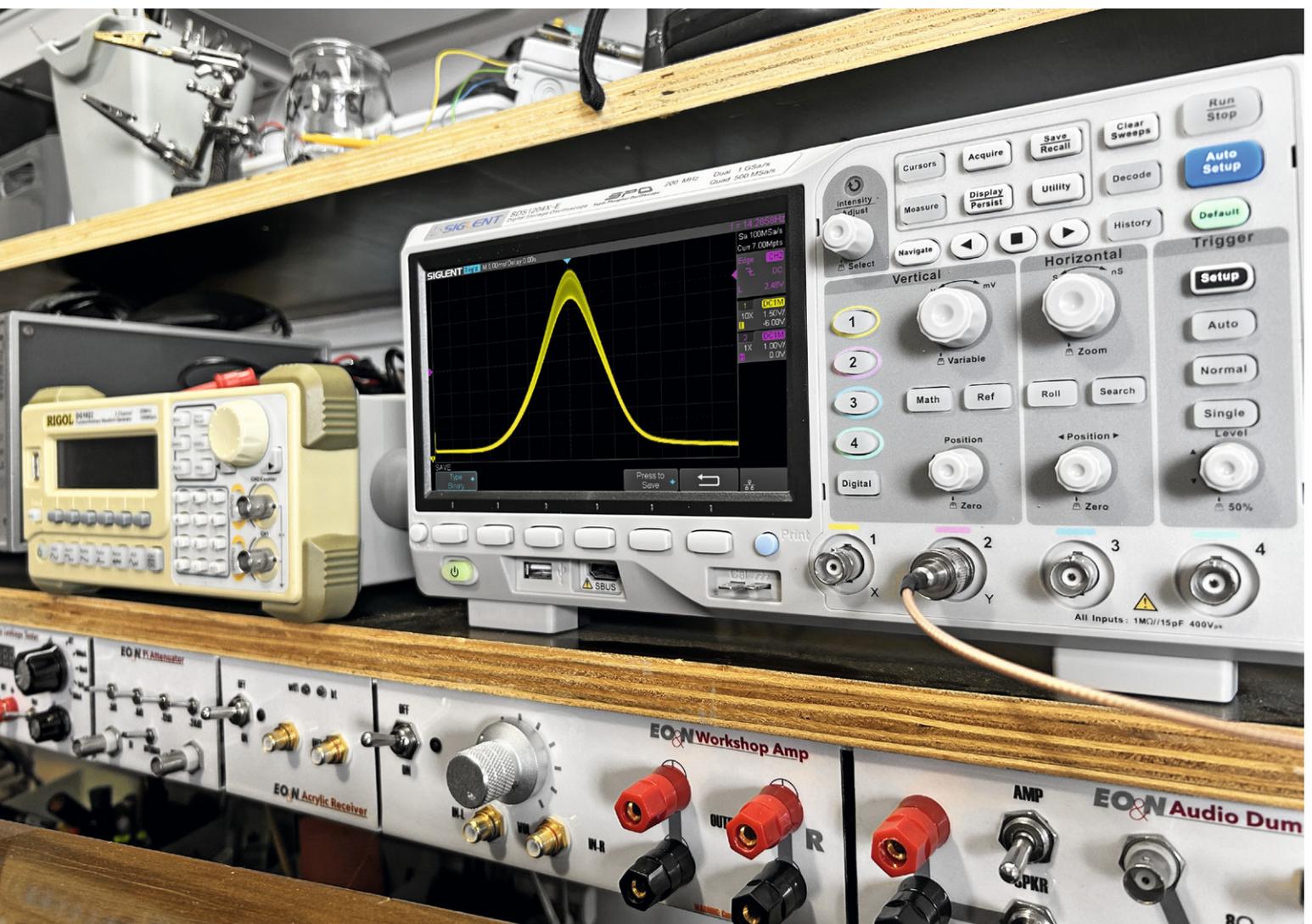


Wobbelgenerator

Visueller Frequenzabgleich mit einem Signalgenerator und einem Oszilloskop

von Manuel Caldeira

In den Abstimmmanweisungen für ältere Röhrenradios, insbesondere die komplizierteren, wird oft ein Gerät erwähnt, das als „Wobbelgenerator“ bekannt ist. Dieses Gerät dient(e) zur visuellen Ausrichtung des Zwischenfrequenz-Pfads dieser Röhrenradios. Aber was genau ist dieses Gerät, und wie können wir seine Funktion mit modernen Geräten nachbilden? In diesem Beitrag sollen diese Fragen geklärt werden, und wir werden untersuchen, wie wir die Funktion eines Wobbelgenerators nachbilden können. Dabei verwenden wir gängige Geräte wie einen Signalgenerator und ein Oszilloskop, die bei technisch interessierten Leser oft bereits in der Elektronikwerkstatt vorhanden sind.



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.

Er betreibt von seinem Wohnsitz auf Madeira aus mit mehr als 19700 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 500 Videos veröffentlicht, die über 2,75 Millionen mal abgerufen wurden.

Der „Wobbelgenerator“ für den Frequenzabgleich eines Empfängers

Wie der Abgleich der Zwischenfrequenz (ZF) eines (Radio-)Empfängers abläuft, ist relativ einfach zu verstehen. Er umfasst die Abstimmung der ZF-Transformatoren im ZF-Signalweg, um sie für die jeweilige Zwischenfrequenz zu optimieren. Diese Optimierung ist wesentlich, denn damit kann man die Empfindlichkeit und Selektivität des Empfängers verbessern. Hierzu können verschiedene Methoden eingesetzt werden, insbesondere bei der Betrachtung der Mittelwellenbänder:

- Einspeisung eines modulierten Trägers auf der Zwischenfrequenz in das Front-End des ZF-Pfads und Abstimmung der ZF-Transformatoren, um die Amplitude des Tons an den Lautsprechern zu maximieren
- Einspeisung eines unmodulierten Trägers mit der Zwischenfrequenz in den Eingangsbereich und Abstimmung der Transformatoren zur Maximierung der negativen Gleichspannung am AGC-Punkt (AGC = Automatic Gain Control) in der Detektorröhre
- Einspeisung eines Wobbelsignals in das Front-End, das bei einer Frequenz unterhalb der Zwischenfrequenz beginnt und bei einer Frequenz oberhalb der Zwischenfrequenz endet. Dabei wird das Signal ausgehend vom AGC-Punkt auf dem Oszilloskop beobachtet

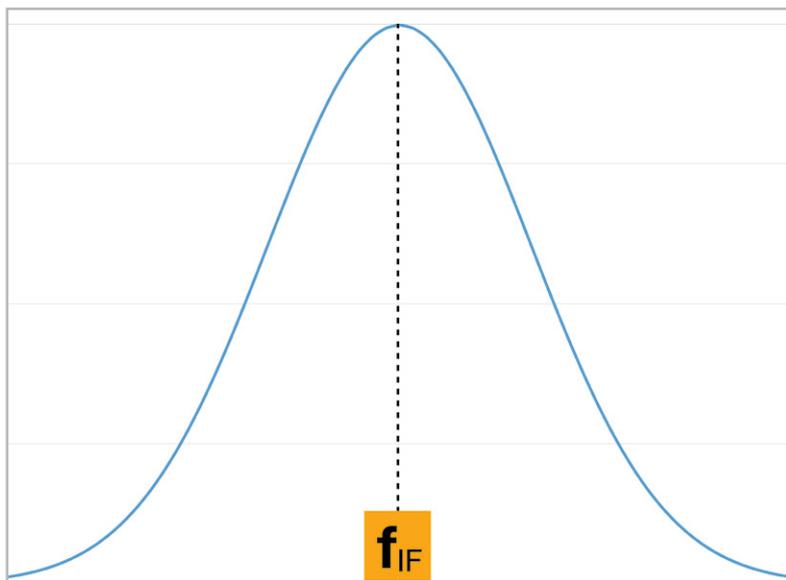


Bild 1: Reaktion des ZF-Schaltkreises im Idealfall (f_{IF} = Zwischenfrequenz)

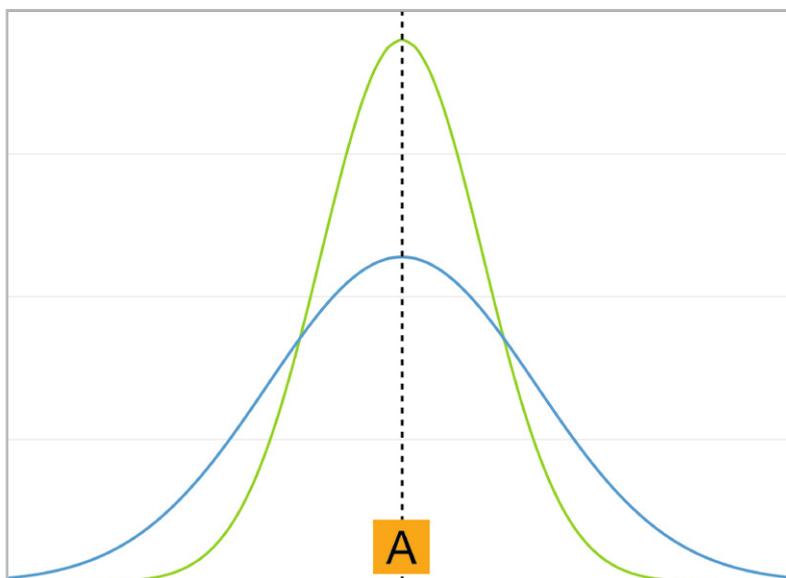


Bild 2: Niedrige versus hohe Empfindlichkeit

Die letzte Option (c) bezieht sich auf eine „visuelle Ausrichtung“ mithilfe des Wobbelgenerators. Die gewünschte Reaktion, die in Bild 1 dargestellt ist, zielt darauf ab, die Zwischenfrequenz durchzulassen, während niedrigere und höhere Frequenzen abgeschwächt werden, je weiter wir uns von der Zwischenfrequenz wegbewegen.

Obwohl die oben beschriebenen Methoden (a) und (b) zu einem gewissen Maß an Optimierung dieser Frequenzgangkurve beitragen, können Gleichmäßigkeit und Breite nicht ohne visuelle Abstimmung erreicht werden. Dieser visuelle Abgleich ist aus mehreren Gründen entscheidend.

Der Hauptzweck des ZF-Abgleichs ist es, sicherzustellen, dass der Funkempfänger den gewünschten Radiosender genau auswählen und klar wiedergeben kann, während gleichzeitig Empfindlichkeit und Selektivität optimiert sind. Dies garantiert die bestmögliche Signalqualität. Diese Radioempfänger wurden speziell entwickelt, um sowohl lokale als auch entfernte Radiosender zu empfangen und dabei die Signale von eng beieinanderliegenden Frequenzen zu trennen. Daher ist es wichtig, sich nicht mit minderwertigen Ergebnissen zufriedenzugeben. Es ist wichtig, den Empfänger genau abzustimmen, um eine optimale Leistung zu erreichen.

Empfindlichkeit und Selektivität eines Empfängers

Empfindlichkeit und Selektivität sind zwei unterschiedliche Eigenschaften eines Empfängers, die oft fälschlicherweise als austauschbare Begriffe angesehen werden. Sie beschreiben jedoch unterschiedliche Aspekte der Leistung des Empfängers.

Die Empfindlichkeit bezieht sich auf die Fähigkeit eines Radios, schwache Signale eines Radiosenders zu erkennen und eine hörbare Ausgabe an den Lautsprechern zu erzeugen. Ein Empfänger mit hoher Empfindlichkeit ist in der Lage, entfernte oder schwache Signale effektiv zu erhalten. Eine gute Empfindlichkeit ist nicht nur für schwache, sondern auch für stärkere Sender wichtig, da sie das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert, was zu einer besseren Audioqualität am Lautsprecher führt. Die Empfindlichkeit wird durch Faktoren wie die ZF-Abstimmkreise einschließlich der ZF-Transformatoren bestimmt.

Die relative Höhe der jeweiligen Glockenkurven in Bild 2 stellt die relative Empfindlichkeit der Empfänger dar, wobei höhere Kurven auf eine bessere Empfindlichkeit hindeuten. Bild 2 zeigt zwei Glockenkurven, die die Durchlassbereiche von zwei auf dieselbe Frequenz abgestimmten Radios zeigen. Die grüne Kurve zeigt ein stärkeres Empfangssignal im Vergleich zu der blauen Kurve. Während beide Empfänger das Signal erhalten können, zeigt die grüne Kurve einen niedrigeren Rauschpegel an, was zu einem besseren Signal-Rausch-Verhältnis und Empfang führt.

Die Selektivität hingegen bezieht sich auf die Fähigkeit eines Empfängers, einen Sender präzise einzustellen, der nahe der Frequenz eines anderen Senders liegt. Obwohl dies in der heutigen Zeit als

weniger kritisch angesehen werden kann, da die Sättigung der Sender im Mittelwellenband (MW) deutlich abgenommen hat, ist diese Vorstellung nicht ganz zutreffend. Das MW-Rundfunkband ist zum Beispiel in 9-kHz-„Kanäle“ unterteilt, und die Sender erhalten Lizenzen für die Ausstrahlung auf bestimmten Frequenzen innerhalb dieses Bands.

Diese Regulierungspraxis zielt darauf ab, Überschneidungen und Verschmelzungen zu verhindern, indem die zulässigen Frequenzen für die Sendestationen kontrolliert werden. In der Vergangenheit, als das MW-Band für den kommerziellen Rundfunk beliebt war, erteilten die Regulierungsbehörden Lizenzen für bestimmte Frequenzen, um sicherzustellen, dass keine zwei Sender im gleichen Gebiet dieselbe Frequenz nutzten.

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.

Die Festlegung des geografischen Gebiets und die Sendeleistung für jede Station stellen eine Herausforderung dar. Bei bestimmten Bedingungen können Funksignale an der Atmosphäre abprallen, was dazu führen kann, dass entfernte Stationen durch die Ausbreitung von sogenannten „Bodenwellen“ empfangen werden. Diese entfernten Stationen können legal auf Frequenzen senden, die sehr nahe an denen der lokalen Mittelwellensender liegen, aber über Bodenwellen empfangen werden. In der Nacht können bestimmte Abschnitte des Mittelwellenbands mit Sendern überfüllt erscheinen, was es schwierig macht, sie sauber zu empfangen, da sie übereinandergestapelt zu sein scheinen.

In solchen Situationen ist die Selektivität des Empfängers von entscheidender Bedeutung. Sie ermöglicht eine saubere Abstimmung auf den gewünschten Sender, auch wenn er in der Nähe anderer Sender in dem Frequenzspektrum liegt. Dies ist entscheidend, weil dann benachbarte Signale die Klarheit des gewünschten Signals stören können. In Bild 3 sind zwei Stationen, A und B, dargestellt, die sich dicht nebeneinander im Frequenzspektrum befinden. Ohne ausreichende Selektivität würde die Abstimmung auf Sender A ungewollt einen Teil des Signals von Sender B auffangen und umgekehrt.

Dies würde zu einer Verschmelzung der Signale und damit zu einem schlechten Empfang beider Signale führen. Bild 4 zeigt dasselbe Szenario mit einem selektiveren Radio. Obwohl einige benachbarte Signale noch aufgenommen werden können, ist die Stärke des unerwünschten Signals sehr reduziert, was zur Klarheit des gewünschten Senders beiträgt.

Es ist wichtig zu wissen, dass kein Filter vollkommen perfekt ist, und es kann immer noch ein gewisses Maß an Signalverfälschung geben, aber mit einem selektiveren Empfänger werden diese Störungen erheblich verringert. Beim Abstimmen des ZF-Pfads eines Empfängers ist es wichtig zu verstehen, dass wir keinen übermäßig scharfen, steilflankigen Filter schaffen, der nur die exakte Frequenz durchlässt.

Empfindlichkeit und Trennschärfe sind zwar entscheidend, aber es ist auch die im ZF-Signal übertragene Audioinformation zu berücksichtigen, die eine gewisse Bandbreite für eine korrekte Wiedergabe benötigt. Wenn das Audiosignal beim Sender auf den Träger aufmoduliert wird, wird es zu einem zusammengesetzten Signal, das sich in beide Richtungen von der Trägerfrequenz ausbreitet. Diese Spreizung bleibt über und unter der ZF-Trägerfrequenz, wenn es zum ZF-Signal wird. Daher ist es erforderlich, einen schmalen Bereich von Frequenzen durch die ZF-Filter passieren zu lassen, anstatt ihn strikt auf die ZF-Frequenz allein zu beschränken.

Bild 5 zeigt ein Beispiel zur Veranschaulichung dieses Konzepts. Wenn wir zum Beispiel alle Frequenzen unterhalb von 4 kHz hören wollen, also dem typischen Frequenzbereich der menschlichen Sprache, sollte die Audioinformation auf dem Träger so moduliert sein, dass sie eine bestimmte Bandbreite umfasst. Sie sollte 4 kHz unterhalb der Trägerfrequenz beginnen und 4 kHz oberhalb der Trägerfrequenz

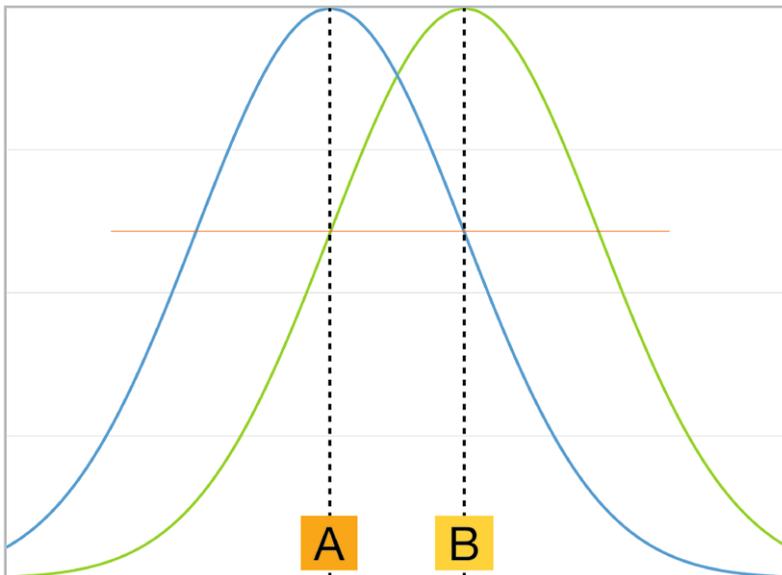


Bild 3: Niedrige Selektivität – nahe beieinanderliegende Stationen stören sich.

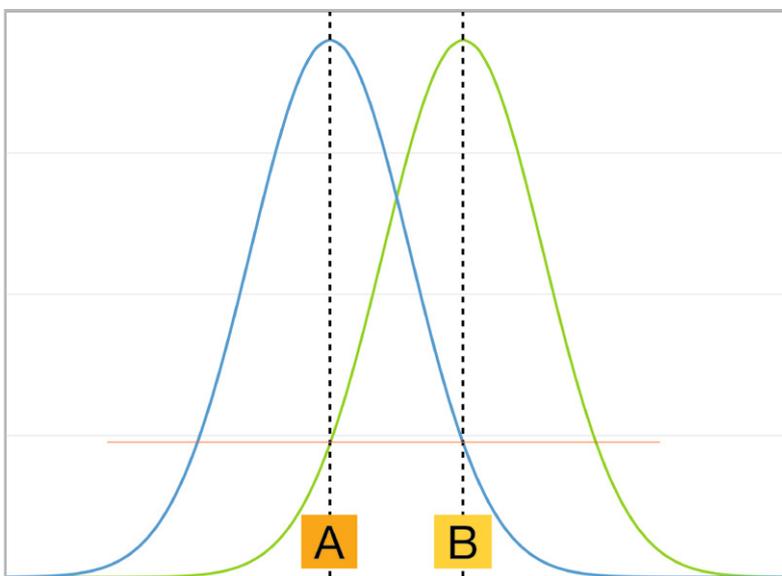


Bild 4: Höhere Selektivität eines Empfängers

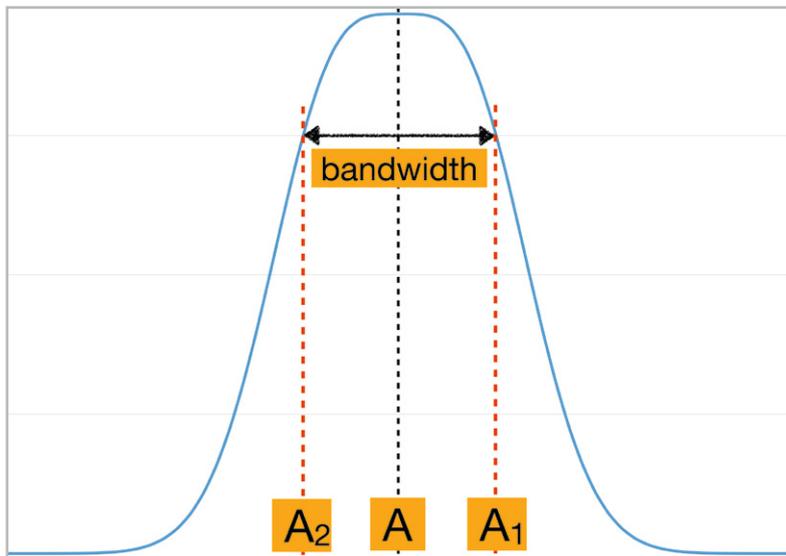


Bild 5: Die ZF-Ansprechkurve muss breit genug sein, damit die notwendigen Audioinformationen durchgelassen werden können.

quenz enden. Dies bedeutet, dass wir eine Bandbreite von 8 kHz benötigen, um die vollständigen Audioinformationen zu erfassen. Da es nicht machbar ist, einen perfekt scharfen Filter zu entwickeln, der lediglich diese spezifischen Frequenzen durchlässt, definieren wir die Bandbreite des Filters als die „-3-dB-Spanne“. Innerhalb dieser Bandbreite werden die Frequenzen durchgelassen, die die Audioinformationen bei relativ gleichem Signalpegel (innerhalb von 3 dB voneinander) enthalten, während alle anderen Frequenzen abgeschwächt werden, um hörbar zu sein. So wird sichergestellt, dass die gewünschten Audioinformationen erhalten bleiben, während der Einfluss von unerwünschten Frequenzen minimiert wird.

Die Form des ZF-Durchlassbereichs ist entscheidend

Aus der vorangegangenen Beschreibung, welche Eigenschaften des ZF-Bandpasses gewünscht sind, ist es offensichtlich, dass das einfache „Aufspitzen“ der ZF-Übertrager nicht zu optimalen Ergebnissen führt. Obwohl die Spitzenwert-Methode einfach ist, liefert sie keine Informationen über die Symmetrie der Kurve, die Genauigkeit der Spitze selbst oder die gewünschte Bandbreite.

Bild 6 veranschaulicht das Ergebnis des Abgleichs der Zwischenfrequenz eines Nordmende-Skandia-Radios mithilfe der oben erwähnten „Peaking“-Methode. Wie man sieht, weist die Kurve eine Reihe von Unzulänglichkeiten auf:

- i) Die Spitze liegt etwas unterhalb von 460 kHz (die Mitte der Anzeige)
- ii) Die beiden Seiten der Kurve sind nicht symmetrisch

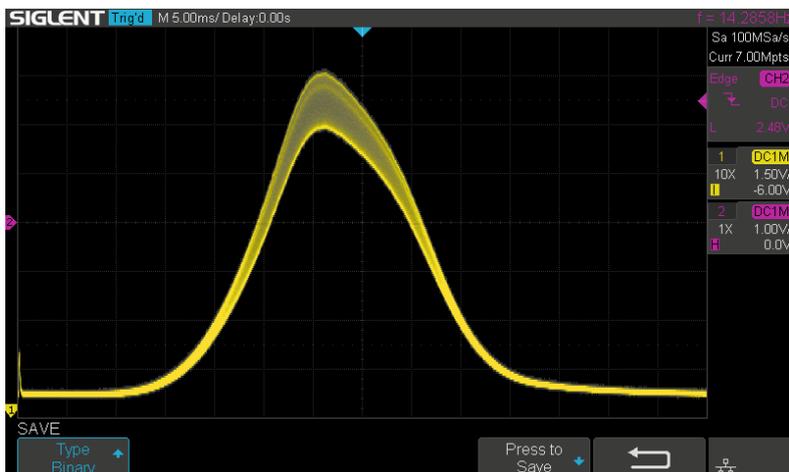


Bild 6: Die Form der Frequenzkurve nach Anwendung der „Peaking“-Methode

Eine visuelle Ausrichtung kann diese Situation verbessern. Also braucht man nur einen Wobbelgenerator, oder? Das ist leichter gesagt als getan, denn diese Geräte sind meist veraltet, und wenn sie noch als Gebrauchtgeräte erworben werden können, müssen sie aufwendig restauriert werden, um akzeptable Ergebnisse zu erzielen. Außerdem ist ihre Genauigkeit nicht zufriedenstellend. Glücklicherweise gibt es eine moderne Alternative. Lassen Sie uns diese im Folgenden erkunden.

Vorbereiten des Sweeps

Die meisten modernen Signalgeneratoren, insbesondere jene, die mit Modulationsfunktionen ausgestattet sind, verfügen auch über eine Sweep-Funktion. Mein Signalgenerator ist eines der günstigsten Geräte einer renommierten Marke und hat mir bei allen meinen bisherigen Projekten gute Dienste geleistet. Er bietet einen Frequenzbereich bis 20 MHz, ist zweikanalig und unterstützt FM- und AM-Modulation. Die Sweep-Funktion ist ebenfalls enthalten.

Das wichtigste Merkmal ist, dass diese Generatoren ein Synchronsignal liefern (zugänglich über eine BNC-Buchse an der Rückseite des Geräts), das mit der erzeugten Sweep-Wellenform harmonisiert. Diese Sync-Wellenform kann verschiedene Formen annehmen, aber in meinem Fall ist es eine Rechteckwelle mit einer Periode, und zwar die der eingestellten Sweep-Zeit. Sie zeigt eindeutig den Beginn und das Ende des Sweeps an und wird so lange wiederholt, wie der Sweep aktiv ist.

Für einen effektiven Sweep müssen mehrere Einstellungen vorgenommen werden, und als Beispiel soll ein Fall dienen, in dem die Zwischenfrequenz 460 kHz beträgt (Bild 7 von oben nach unten):

- Sweep-Typ: Wählen Sie „Linearer Sweep-Vorgang“
- Startfrequenz: Wählen Sie eine Frequenz unterhalb der Zwischenfrequenz, z. B. 446 kHz (14 kHz unter der ZF)
- Stopp-Frequenz: Wählen Sie eine Frequenz oberhalb der Zwischenfrequenz, z. B. 474 kHz (14 kHz über der ZF)
- Zeit: Ich verwende ein Vielfaches von 14, aus Gründen, die nachfolgend erläutert werden
- Sync an: Aktivieren Sie die Sync-Funktion des Generators

Nun wollen wir sehen, warum diese Werte gewählt wurden.

Signalgenerator-Sweep: Einstellungen

Einer der Faktoren, die diese Einstellungen bestimmt, hängt mit dem jeweils verwendeten Oszilloskop zusammen. Da beispielsweise das von mir verwendete Oszilloskop 14 horizontale Teilungen hat, bedeutet dies, dass sich sieben Bereiche links und sieben rechts von der Mittellinie auf dem Display befinden.

Wenn man einen linearen Sweep auswählt und die Start- und Stopp-Frequenz so einstellt, dass sie jeweils die gleiche Entfernung zur Zwischenfrequenz einnehmen, kann die Zwischenfrequenz genau in der horizontalen Mitte des Bildschirms positioniert werden. Es ist auch wichtig zu beachten, dass der volle

Bereich des Sweeps in diesem Fall auf 28 kHz (14 + 14) eingestellt wurde. Bei 14 verfügbaren Teilungen entspricht jede Teilung 2 kHz, was eine genaue Messung der gewünschten Bandbreite ermöglicht.

Die Sweep-Zeit von 70 ms wird im Verhältnis zu den 14 Teilungen des Oszilloskops gewählt. Als Beispiel: Wenn das Oszilloskop auf 5 ms/Div. eingestellt ist, entspricht jede Bildschirmbreite 70 ms (14 x 5 ms). Diese Konfiguration ermöglicht eine vollständige Anzeige des Sweeps, von Anfang bis Ende, sofern das Oszilloskop richtig getriggert wird.

Um die Synchronisation zu gewährleisten, muss die Sync-Funktion aktiviert werden, um die Erfassung der entsprechenden Sync-Wellenform vom Ausgang des Signalgenerators zu erhalten. Diese Wellenform dient als Triggersignal für das Oszilloskop. Das Sweep-Signal wird auf das Gitter der Misch-Oszillator-Röhre

(z. B. die ECH81 in vielen deutschen Röhrenradios) in der ZF-Signalkette des Empfängers geleitet, mit einem dazwischengeschalteten Gleichstrom-Sperrkondensator.

Es ist wichtig, eine relativ niedrige Amplitude des Signals zu wählen, um eine Übersteuerung des Systems und die Aktivierung der AGC (Automatic Gain Control - automatische Verstärkungsregelung) im Radio zu verhindern. Normalerweise wird die Signalamplitude auf den niedrigsten Pegel eingestellt, den der jeweilige Signalgenerator ausgeben kann, was in diesem Fall 1,4 mVRMS ist. Falls erforderlich, können nun Anpassungen vorgenommen werden, um eine klare Ansprechkurve zu erhalten.

Einstellungen des Oszilloskops

Der erste Schritt ist die Betrachtung des Sync-Signals, das vom Signalgenerator stammt. Dieses Signal wird direkt mit einem der Kanäle des Oszilloskops verbunden, in diesem Beispiel mit Kanal 2. Dieser Kanal wird dann als Triggerquelle für das Oszilloskop gewählt.

In Bild 8 oben wird die resultierende Wellenform mit folgender Einstellung angezeigt: Die Zeitbasis des Oszilloskops ist auf 10 ms/div eingestellt. Mit 14 Teilungen repräsentiert die Gesamtanzeige eine Dauer von 140 ms, sodass wir zwei vollständige Sweeps beobachten können. Das Ziel ist es jedoch, einen einzigen vollständigen Sweep auf dem gesamten Bildschirm, der 70 ms umfasst, anzuzeigen.

In Bild 8 unten sehen wir das gewünschte Ergebnis, bei dem die Zeitbasis auf 5 ms/div eingestellt ist. Diese Konfiguration stellt sicher, dass der gesamte Sweep von seinem Startpunkt bis zum Endpunkt auf dem Bildschirm sichtbar ist - die Anzeige wird alle 70 ms aufgefrischt.

Diese Kanalwellenform des Triggers kann unsichtbar gemacht werden, um die Anzeige zu verbessern, während sie weiter als Triggersignal aktiv ist.

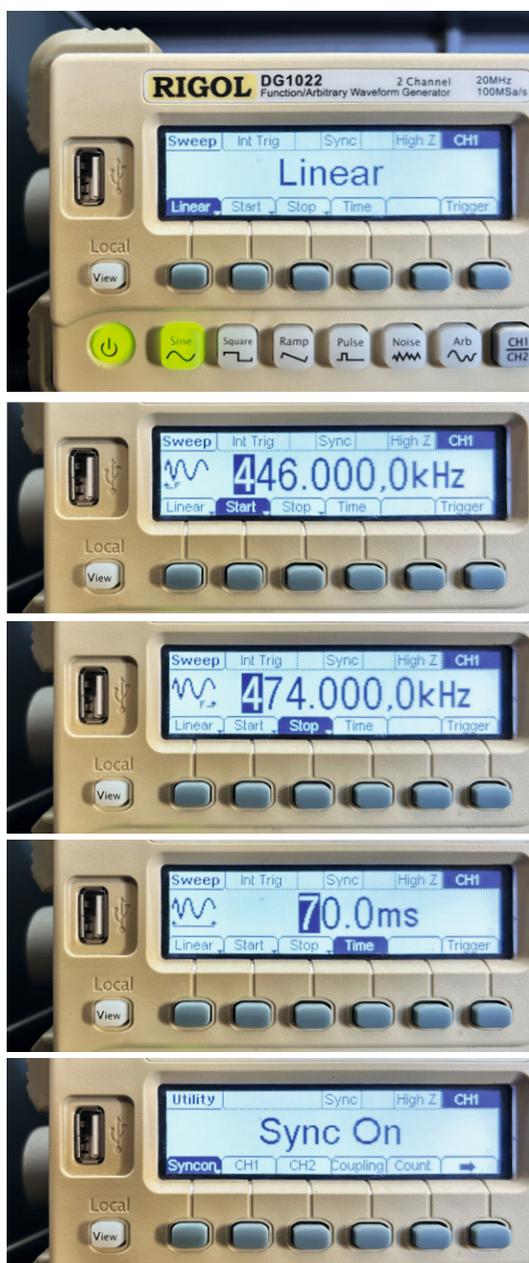


Bild 7: Typische Sweep-Einstellungen für einen visuellen Abgleich einer 460-kHz-Zwischenfrequenz



Bild 8: Das Sync-Signal vom Signalgenerator wird in einen Kanal des Oszilloskops eingespeist, der dann als Triggerquelle ausgewählt wird.

Betrachten wir nun die tatsächliche Reaktion der Schaltung, wobei Kanal 1 für die Anzeige der Ergebnisse verwendet wird. Mehrere entscheidende Details müssen in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden. Der Oszilloskop-Tastkopf wird an das Ende der ZF-Kette angeschlossen, und zwar hinter der AM-Detektordiode der Röhre, die für diese Funktion zuständig ist. An diesem Anschlusspunkt der Schaltung wird das AGC-Signal erzeugt, wie es in Bild 9 für den Fall des Nordmende Skandia dargestellt ist.

Das AGC-Signal ist eine negative Gleichspannung, die eine Amplitude aufweist, die proportional der Stärke des empfangenen Signals entspricht. Da wir die Zwischenfrequenz durchlaufen, erwarten wir eine Glockenkurve, die ihre Amplitude bei oder in der Nähe der tatsächlichen Zwischenfrequenz erreicht. Diese Kurve erscheint als eine invertierte Kurve aufgrund der negativen Natur der erzeugten AGC-Spannung.

Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, ist es ratsam, die Signalkurve für diesen Kanal zu invertieren. Die Zeitbasis des Oszilloskops sollte auf die gewünschten 5 ms/div eingestellt werden, sodass der gesamte 70-ms-Sweep auf dem Bildschirm dargestellt werden kann. Für eine optimale Visualisierung sollte das Oszilloskopsignal gleichspannungsgeko-

pelt sein. Zusätzlich kann der DC-Offset eingestellt werden, um die unteren Extremwerte des Signals mit dem unteren Rand des Bildschirms auszurichten. Gleichzeitig kann die vertikale Skala angepasst werden, um eine geeignete visuelle Erweiterung der Kurve entlang der Y-Achse zu ermöglichen.

Dieses Verfahren kann, wie viele andere Aspekte der Reparatur und Restaurierung von Röhrenradios, komplex erscheinen, wenn man es in Worten beschreibt. Doch in der Praxis ist es viel einfacher auszuführen. Bild 10 veranschaulicht die in diesem Beitrag beschriebene Methode. Durch die visuelle Darstellung der Informationen wird das Konzept leichter verständlich und nachvollziehbar.

Wie sieht die Kurve aus?

Nachdem alle notwendigen Einstellungen vorgenommen wurden, ist es Zeit, das Radio einzuschalten und die Wellenform zu beobachten. Anfänglich kann die angezeigte Wellenform verwirrend erscheinen und nicht der erwarteten sauberen Glockenkurve ähneln. Dies ist jedoch zu erwarten und kann darauf zurückgeführt werden, dass weitere Einstellungen notwendig sind.

Die vertikale Empfindlichkeit sollte präzise abgestimmt werden, und die Wellenform sollte am unteren Bildschirmrand positioniert werden, um den Sichtbereich für eine bessere Analyse zu optimieren. Sobald diese ersten Anpassungen vorgenommen wurden, sollte die resultierende Wellenform der in Bild 6 dargestellten Kurve ähneln. Sie sollte klar und deutlich erscheinen, was anzeigt, dass für die nachfolgenden Einstellungen der Abgleich bereit ist, um die gewünschte „perfekte“ Ansprechkurve zu erreichen.

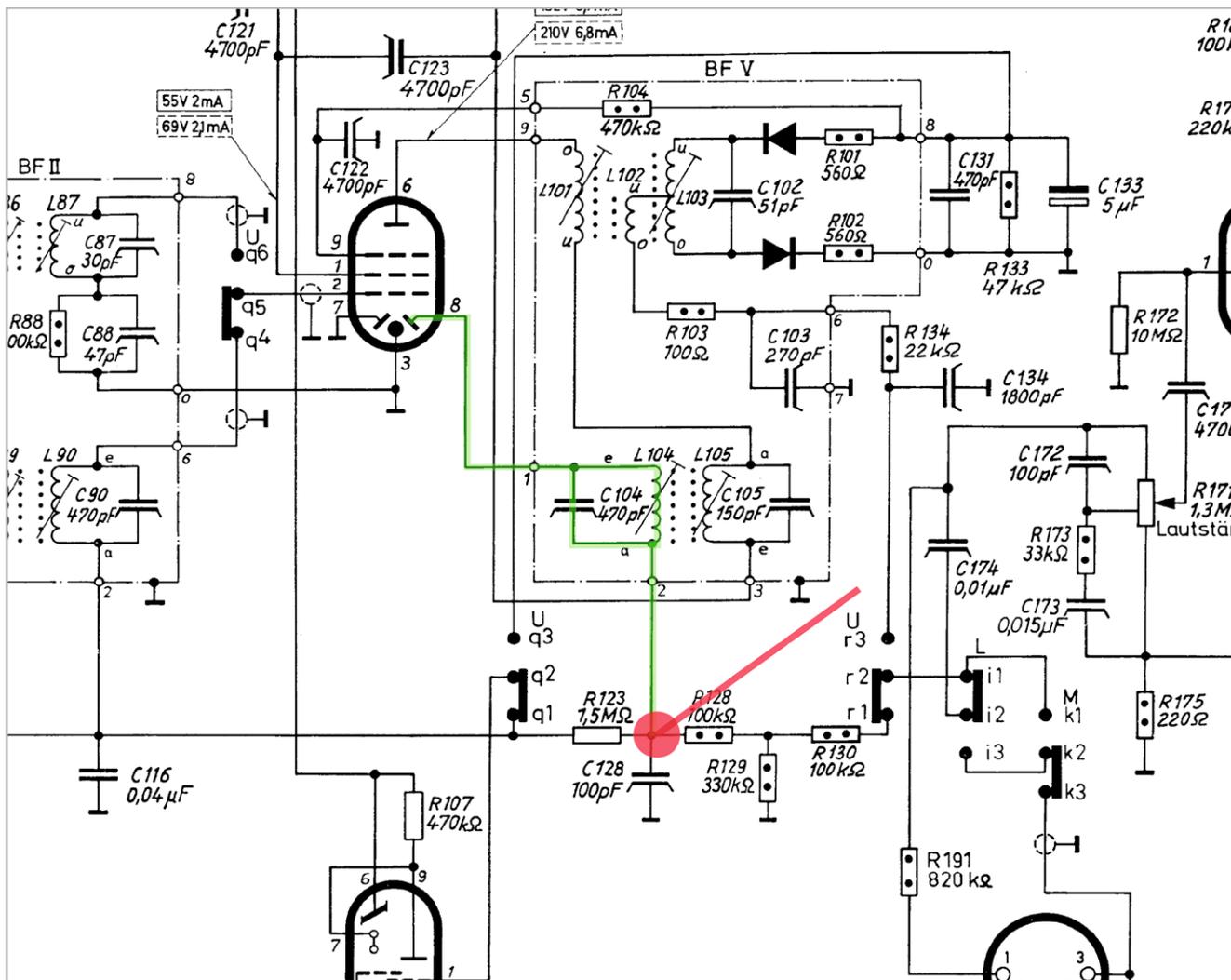
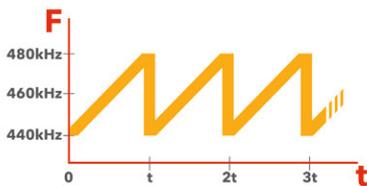


Bild 9: Die Reaktion in der Schaltung wird am Ende der ZF-Kette gemessen, hinter der AM-Detektor-Diode der zuständigen Röhre.

Signalgenerator mit Sweep-Funktion



Ein Sweep-Signal wird vom Signalgenerator erzeugt. Es beginnt bei einer Frequenz unterhalb der Zwischenfrequenz und endet bei einer Frequenz oberhalb der Zwischenfrequenz. Die Zeit T ist so eingestellt, dass sich dieser Vorgang alle T-Sekunden wiederholt.

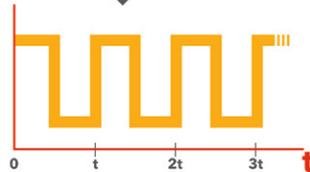


Dieses Signal wird durch einen DC-Blocker-Kondensator an den Beginn der ZF-Kette geleitet - normalerweise das Steuer-Gitter des Mischerschalters (ECH81 in vielen deutschen Röhrenradios).

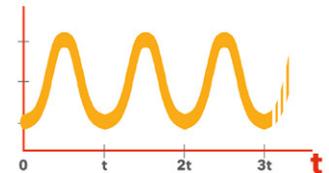


Der Abgleich erfolgt durch Abstimmung der ZF-Transformatorkerne, wobei die Ausgabe auf dem Oszilloskop im Auge behalten werden muss, um das Ergebnis der Einstellungen zu sehen.

Oszilloskop mit mindestens zwei Kanälen



Die meisten Signalgeneratoren, die eine Sweep-Funktion bieten, verfügen auch über einen Sync-Ausgang, der eine Rechteckwelle darstellen kann, mit einer Periode, die der Sweep-Zeit T entspricht und als Triggersignal für das Oszilloskop verwendet werden kann.



Die resultierende Reaktion wird an dem Punkt erkannt, an dem sie auf der Transformator-Sekundärseite der Zwischenfrequenz ausgegeben wird, und lässt sich am besten mit dem Oszilloskop beurteilen, indem man die Gesamtzeit auf dem Bildschirm auf T einstellt, um einen vollständigen Durchlauf auf dem Bildschirm zu sehen.

Bild 10: Das Verfahren graphisch dargestellt

Beginn des Abgleichs

Bild 11 bietet eine visuelle Darstellung der ZF-Transformatorkerne, die abgestimmt werden müssen, um die Frequenzgang-Antwortkurve des Nordmende Skandia zu verändern. Es ist wichtig zu beachten, dass die spezifischen Kerne, die angepasst werden müssen, für jedes Radio unterschiedlich sein können, aber die Abgleichanweisungen vereinfachen in der Regel den Prozess der Identifizierung.

Um die Kurve zu modifizieren, sollten Anpassungen an allen Kernen vorgenommen werden. Das Erreichen des optimalen Ergebnisses erfordert oft mehrere Iterationen von Anpassungen an jedem Kern. Der Oszilloskop-Bildschirm zeigt die Auswirkungen dieser Anpassungen an - dies ist ein wesentlicher Vorteil dieses Systems: Es entsteht die Möglichkeit, eine visuelle Echtzeitdarstellung der Anpassungen zu sehen. Dies ermöglicht eine präzise Abstimmung und gewährleistet einen genauen Abgleich des Röhrenradios.

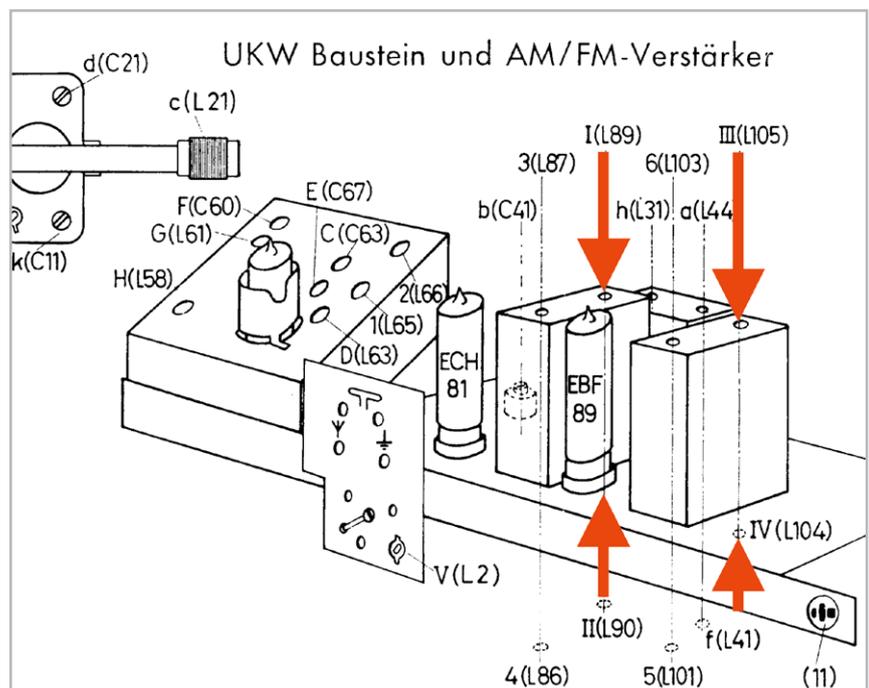


Bild 11: Die abzustimmenden ZF-Übertragerkerne

Welche Ergebnisse gibt es?

Bild 12 und Bild 13 veranschaulichen die Ergebnisse, die mit dieser Methode erreicht werden können. Bild 12 veranschaulicht das Ergebnis leichter Anpassungen an einem System mit der in Bild 6 dargestellten anfänglichen Reaktionskurve. Die resultierende Kurve ist perfekt symmetrisch, wobei sich der Spitzenwert genau in der Mitte des Bildschirms befindet. Dies zeigt die optimale Abstimmung für die 460-kHz-Zwischenfrequenz in unserem System. Die Kurve ist sehr scharf und bietet eine ausgezeichnete Empfindlichkeit für die Erkennung schwacher Signale, allerdings mit einer geringeren Bandbreite.

Im Gegensatz dazu zeigt Bild 13 die Möglichkeiten, wenn man sich für eine größere Bandbreite entscheidet. Allerdings geht diese Wahl auf Kosten der Empfindlichkeit. Diese Abstimmungskonfiguration ist besser geeignet, wenn das Ziel der Empfang von starken Lokalsendern ist, und bietet gleichzeitig die höchste Audioqualität des Systems. Beide Anforderungen haben ihre Vorzüge, und der Benutzer kann entscheiden, welchen Aspekt er verbessern möchte: Empfindlichkeit oder die Klangtreue. Entscheidend ist, dass beide Ziele mit einem soliden Verständnis des Systems und einer gehörigen Portion Geduld erreicht werden können.

Was ist mit UKW?

Das Verfahren für die UKW-Ausrichtung ist in der Tat dem des Mittelwellenbands ziemlich ähnlich, obwohl einige Unterschiede zu beachten sind, insbesondere wegen der größeren Bedeutung der Bandbreite beim UKW-Empfang. Mit einiger Erfahrung des visuellen MW-Abgleichs kann experimentiert werden, um ähnliche Prinzipien auf den UKW-Abgleich anzuwenden. Hier gibt es ein paar bemerkenswerte Unterschiede:

- Der Sweep ist auf die UKW-Zwischenfrequenz zentriert, typischerweise um 10,7 MHz
- Der Sweep-Bereich ist breiter, in der Regel um 200 kHz
- Der Einspeisepunkt für das Wobbelsignal liegt an der Röhre in der UKW-Front-End-Schaltung, mit einer leichten Kopplung
- Der Messpunkt befindet sich typischerweise am Verhältnisdetektor-Kondensator

Das Ausrichten der Endstufe und das Erreichen einer perfekten „S-Kurve“ für den UKW-Abgleich kann jedoch etwas schwieriger sein. In den Abgleichanleitungen wird zwar oft vorgeschlagen, das gesamte System abzustimmen, es kann alternativ auch eine einfachere Methode angewandt werden. Dabei wird ein FM-modulierter Ton verwendet, der am Laut-

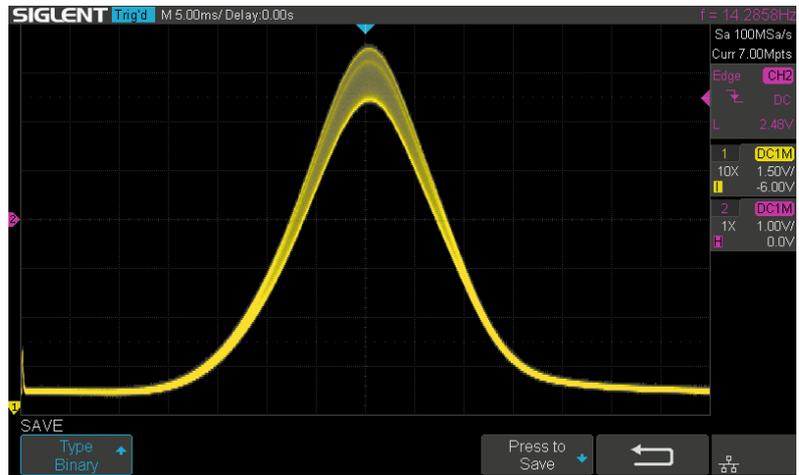


Bild 12: Das Ergebnis eines visuellen Abgleichs - Verbesserung der Kurve in Bild 6

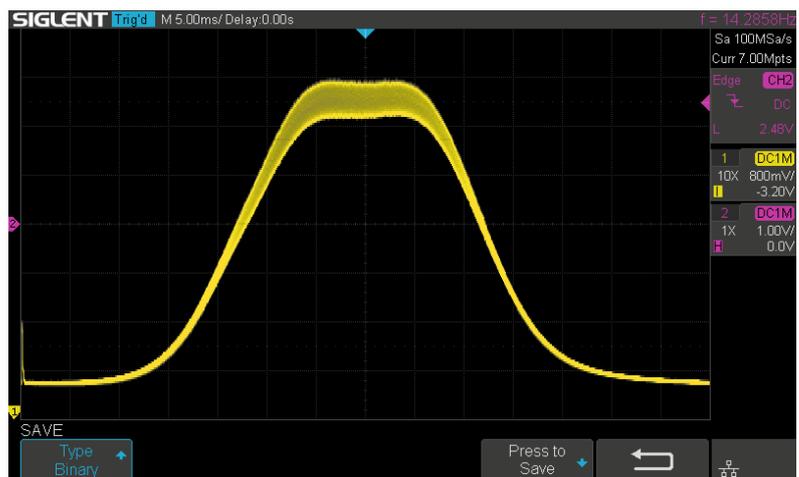


Bild 13: Das Ergebnis, wenn man versucht, die Bandbreite der ZF-Kette zu verbessern: Der Preis ist eine geringere Empfindlichkeit.

sprecher gemessen und auf dem Oszilloskop angezeigt wird. Ziel ist es, die Verzerrung so gering wie möglich zu halten.

Fazit

Bei der Arbeit mit Röhrenelektronik und alten Geräten ist es nicht ungewöhnlich, dass Herausforderungen kreatives Denken erfordern, um Lösungen zu finden.

Diese Geräte wurden vor dem Aufkommen der Transistoren entwickelt, und daher sind viele der seinerzeit verwendeten Techniken möglicherweise nicht mehr durchführbar oder praktikabel. Um diese Hindernisse zu überwinden, müssen moderne Alternativen eingesetzt werden. Aus der Sicht des Autors spricht nichts gegen deren Nutzung.

Das primäre Ziel ist es, die Erhaltung und Funktionalität dieser geschätzten Artefakte zu gewährleisten. Um sie betriebsbereit und voll funktionsfähig zu halten, können wir ihre historische Bedeutung weiterhin schätzen und ihre einzigartigen Eigenschaften auch den künftigen Generationen vermitteln, wenn wir innovative Wege suchen und neue Lösungen anwenden. **ELV**

Die 11-teilige Artikelserie von Manuel Caldeira zur Röhrenradio-Restaurierung finden Sie im ELVshop:

Teil 1	Ein praktischer Ansatz	Artikel-Nr. 252098
Teil 2	Grundlagen und erste Messungen	Artikel-Nr. 252171
Teil 3	Die Spannungsversorgung	Artikel-Nr. 252227
Teil 4	Prüfen von Bauteilen und Verbindungen	Artikel-Nr. 252344
Teil 5	Audio-Schaltkreise	Artikel-Nr. 252463
Teil 6	Audiotests und Bluetooth-Anbindung	Artikel-Nr. 252591

Teil 7	Der Mittelwellenbereich - Langwelle, Mittelwelle und Kurzwelle	Artikel-Nr. 252716
Teil 8	Abstimmung der Zwischenfrequenz	Artikel-Nr. 252785
Teil 9	Hochfrequenz- und Oszillatorabstimmung (Mittelwelle)	Artikel-Nr. 253012
Teil 10	Restaurierung und Abstimmung	Artikel-Nr. 253154
Teil 11	Restaurierung des Gehäuses	Artikel-Nr. 253238