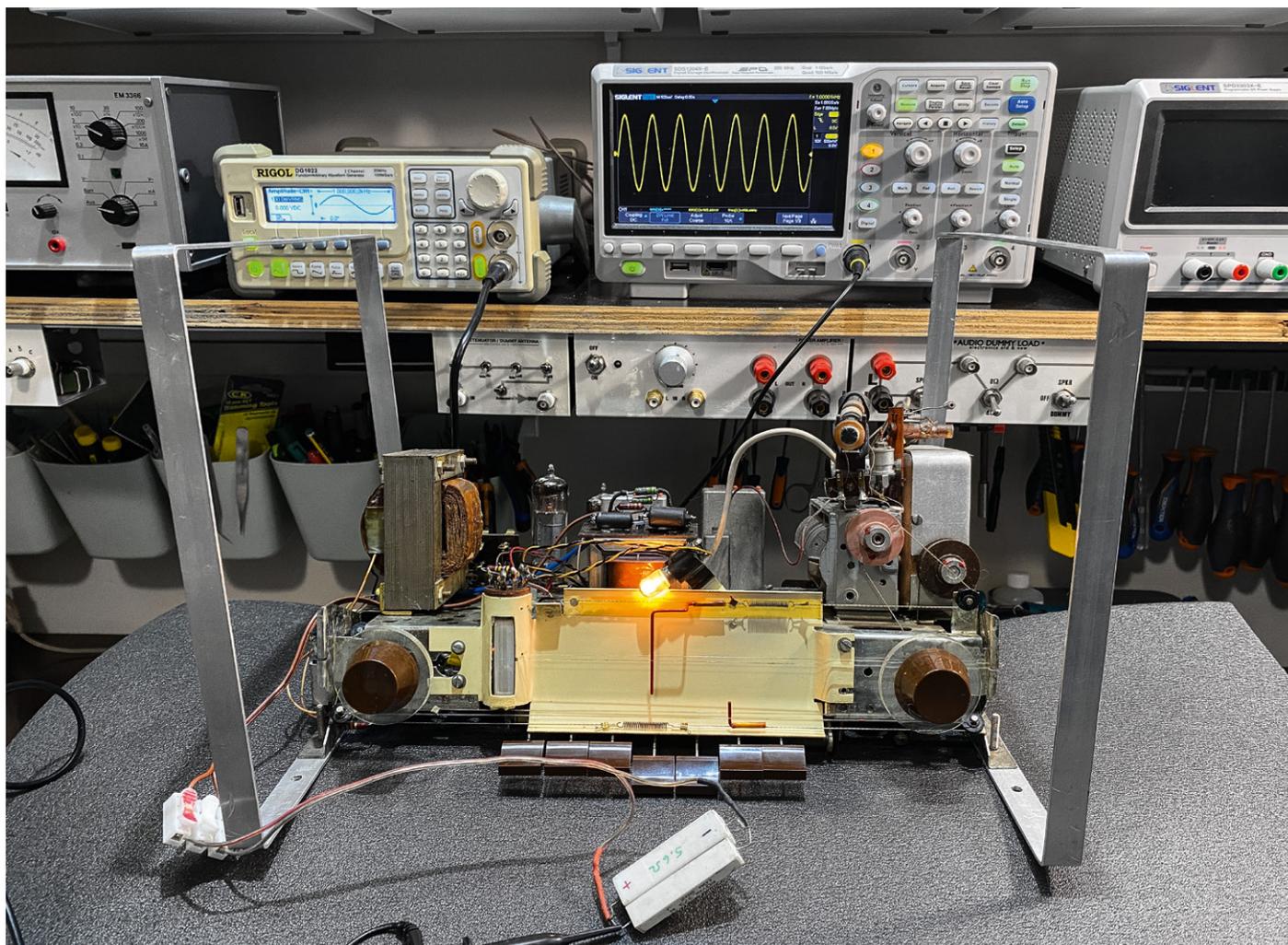


# Röhrenradio-Restaurierung

## Audiotests und Bluetooth-Anbindung

Teil 6

Nach der umfangreichen Überprüfung und Reparatur aller Schaltkreise der Audiostreamen sind wir nun in der Lage, diese Funktion des Radios zu testen, um zu sehen, ob sich die Vorarbeit gelohnt hat. Wie bereits erwähnt, bestehen die Audiostreamen aus einem Vorverstärker, einer Klangregelung und dem eigentlichen Endverstärker. Wir haben es hier mit einem einfachen, aber vollständigen Röhren-Audioverstärker zu tun, der für viel mehr als die Verstärkung der empfangenen Radiosignale verwendet werden kann.



### 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 14.200 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.



Bild 1: Reinigung der Knöpfe und Schalter mit Spülmittel und einer Zahnbürste

## Testen der Audioschaltkreise

Wir werden später ein Audiosignal in den TA-Eingang auf der Rückseite einspeisen und den Ausgang am Lautsprecher mit einem Oszilloskop überwachen. Unser Ziel ist es, die Audio-Baugruppe in allen Eigenschaften zu testen:

1. Sicherstellen, dass die Verstärkung rauschfrei ist
2. Messen der Leistung des Verstärkers
3. Überprüfen des Frequenzgangs
4. Bestimmen des Einflusses der Klangs Schaltkreise auf den Frequenzgang
5. Prüfen, wie eine externe Audioquelle sicher an das Gerät angeschlossen werden kann, um das Radio als Audioverstärker zu nutzen

## Anschluss des Testsignals

Wir wissen aus der vorherigen Untersuchung des Schaltplans, dass der TA/TB-Wiedergabeeingang des Geräts über Pin 3 (Signal) und Pin 2 (Masse) der DIN-Buchse auf der Rückseite des Geräts erfolgt. Wir wissen auch, dass dieses Signal zum oberen Ende des Lautstärkepotentiometers durchgeschaltet wird, wenn die Tasten LW und KW gleichzeitig geschaltet werden.

## Wann reinigen wir etwas?

**Die Antwort lautet: immer.**

Ich persönlich mag die Vorstellung nicht, endlose Stunden damit zu verbringen, die verschiedenen Teile des Radios zu reinigen, wenn ich ein Radio restauriere. Verstehen Sie mich nicht falsch: Die Reinigung ist ein wesentlicher Teil des Projekts. Es ist nur nicht mein Lieblingsteil. Daher ist es nicht verwunderlich, dass ich eine Gewohnheit entwickelt habe, die mir die Arbeit erleichtert.

Ich reinige kleine Teile des Radiogehäuses und Hardwareteile, wenn ich mich in der Reparatur- und Testphase mit ihnen beschäftige. Das habe ich getan, als ich die Komponenten des Ausgangstransformators ausgetauscht habe, und auch, als ich einige Komponenten auf der Unterseite ersetzt habe, wie in früheren Artikeln berichtet. Jetzt umfasst der Test der Audiostreame mehr Teile des Gehäuses und definitiv mehr Teile der Hardware, sodass die Aufgabe unvermeidlich ist.

## Reinigung von Knöpfen und Schaltern

Unser Radio hat sehr einfache Knöpfe und Schalter, die recht simpel zu reinigen sind. Ich weiche sie einfach in warmem Wasser mit etwas Geschirrspülmittel ein und bürste sie dann vorsichtig mit einer alten Zahnbürste ab (Bild 1). Nachdem die Teile getrocknet sind, prüfe ich, ob der gesamte Schmutz tatsächlich entfernt wurde. Falls nicht, wiederhole ich den Vorgang. Einige der älteren Radios haben Knöpfe, die sehr viel detaillierter und komplizierter sind als bei unserem Restaurationsobjekt. In diesen Fällen müssen andere Methoden verwendet werden. Isopropylalkohol kann helfen, den Schmutz zu lösen (Vorsicht: Alkohol kann farbige Beschriftungen anlösen und beschädigen), und sogar Zahnstocher können verwendet werden, um hartnäckige Verschmutzungen zu entfernen.



Bild 2: Audioröhren nach der Reinigung

Aus diesen Erkenntnissen heraus führen wir als Nächstes folgende Schritte durch:

- a) Reinigung der beiden Röhren (EL84 und EABC80), insbesondere ihre Pins und ihre Fassungen (siehe entsprechenden Abschnitt unten). Danach werden diese Röhren in ihre Fassungen eingesetzt (Bild 2).

## 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.

- b) Drücken Sie die Tasten LW und KW auf der Vorderseite. Dadurch wird der externe Audioeingang aktiviert. Es sind die vierte und fünfte Taste von links (Bild 3).
- c) Stellen Sie die Lautstärke ungefähr auf die mittlere Stellung.
- d) Stecken Sie einen DIN-Stecker in die DIN-Buchse mit herausragenden Drähten, so dass Sie freien Zugang zu den beiden benötigten Pins 3 und 2 haben (Bild 4).
- e) Stellen Sie einen Signalgenerator so ein, dass eine 1-kHz-Sinuswelle mit 100 mVRMS erzeugt wird (Bild 5). Dies ist das Eingangssignal, das Sie an die Drähte weiterleiten, die aus dem DIN-Stecker herausragen (Signal an Pin 3, Masse an Stift 2).

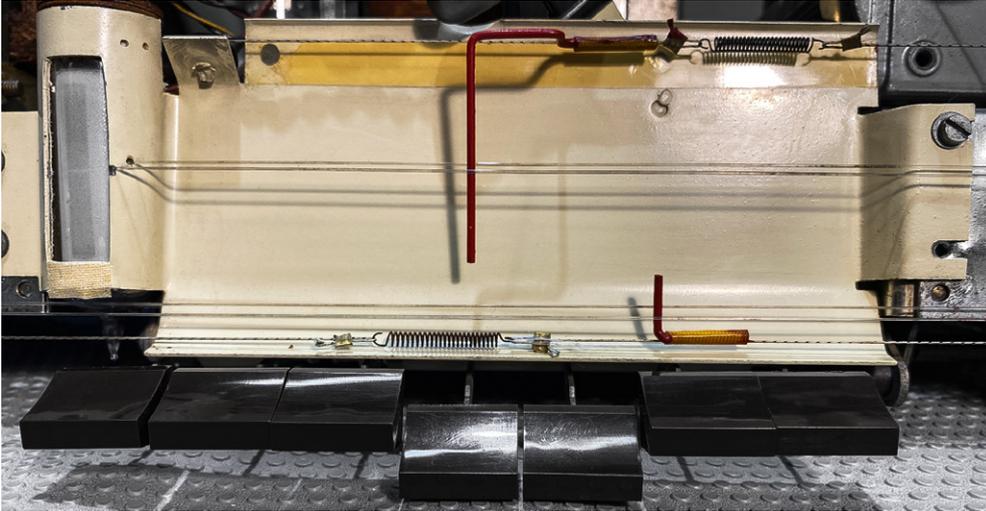


Bild 3: Wählen Sie den TA-Eingang durch gleichzeitiges Drücken der Tasten LW und KW.

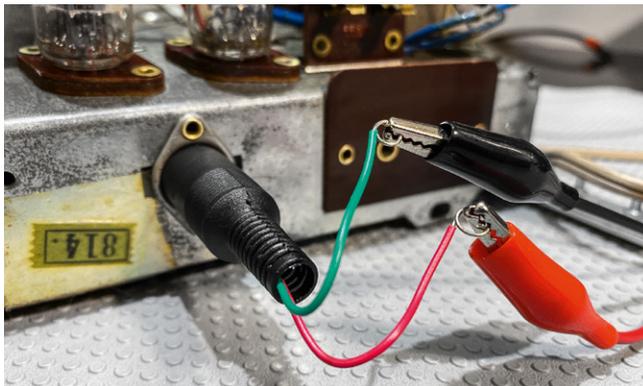
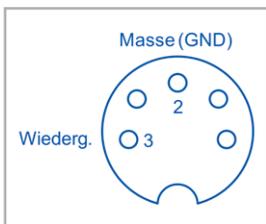


Bild 4: DIN-Stecker mit Drähten zu den Eingangsstiften

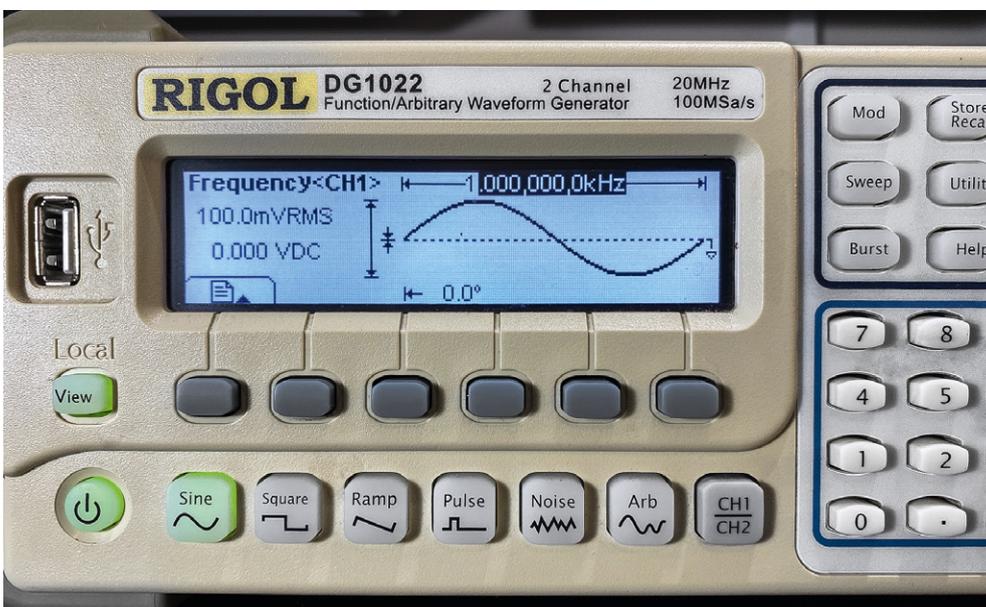


Bild 5: Signalgenerator zur Erzeugung des Testtons

- f) Schließen Sie den Lautsprecher des Radios an den Lautsprecherausgang an. Sie sollten ein Röhrenradio niemals ohne Last (Lautsprecher oder Ähnliches) einschalten, da dies den Ausgangstransformator beschädigen kann.
- g) Schließen Sie das Gerät an den im ELVjournal 5/2021 vorgestellten Glühlampenbegrenzer an und schalten Sie das Gerät ein. Denken Sie daran, dass Sie, da Sie bereits den TA-Eingang über die Tasten gewählt haben, damit auch den Netzschalter des Radios eingeschaltet haben. Seien Sie also vorsichtig, denn wenn Sie die Spannungszufuhr verbinden, schalten Sie gleichzeitig das Radio ein.
- h) Nun warten Sie eine Weile, bis die Röhren aufgewärmt sind, dann sollten Sie den vom Signalgenerator erzeugten Ton hören. Sie sollten die Lautstärke des Tons mit dem Lautstärkeregler einstellen können. Der Ton sollte klar und verzerrungsfrei sein, kann aber „verrauschen“, wenn Sie die Lautstärke zu hoch aufdrehen. Darauf kommen wir später noch zurück.

### Reinigung von Röhren und Röhrenfassungen

Die Röhren lassen sich von außen am besten mit einem trockenen Tuch reinigen. Falls unbedingt erforderlich, kann ein feuchtes Tuch verwendet werden. In jedem Fall muss sehr darauf geachtet werden, dass die Markierungen auf den Röhren nicht abgerieben werden! Diese Markierungen sind äußerst empfindlich und lassen sich sehr leicht abreiben (auch wenn man sie nur mit den Fingern berührt). Die Folge ist, dass die Röhre praktisch nicht mehr identifizierbar ist (Bild 6a).

Auch die Stifte an der Unterseite der Röhren müssen gereinigt werden. Nach Jahren in ihren Fassungen setzt sich viel Schmutz an den Stiften fest, was zu sporadischen Kontaktausfällen führen kann. Sehr oft ist eine „defekte Röhre“ nur aufgrund dieses Problems defekt, das leicht behoben werden kann.

Sie können die Stifte auf verschiedene Weise reinigen, am häufigsten mit einem in Isopropylalkohol getränkten Wattestäbchen. Alternativ kann man auch eine kleine Metallbürste verwenden oder eine Glasfaserbürste, wie in Bild 6b zu sehen. Jeder Stift sollte gründlich gereinigt werden und kann auch, falls erforderlich, vorsichtig begradigt werden. Es sollte immer darauf geachtet werden, so wenig Kraft wie möglich anzuwenden und die Röhrenbeschriftung nicht mit den Fingern anzufassen, um sie nicht versehentlich abzuwischen.

Das Reinigen der Röhrensockel ist eine weitere Aufgabe, die mit vielen verschiedenen Methoden durchgeführt werden kann. Ich verwende gerne Interdentälbürsten (Bild 6c), die es in unterschiedlichen Größen gibt und gute Arbeit leisten. Ich sprühe ein wenig Kontaktreiniger auf die Bürste und schiebe sie in jedes Loch des Rohrstützens. Die Idee gleicht der Methode, mit der man die wirklich alten Röhrenfassungen reinigt. Diese Buchsen sind normalerweise etwas größer, und hierbei können beispielsweise Pfeifenreiniger verwendet werden.

Es sollte darauf geachtet werden, dass man nicht die falschen Reinigungsflüssigkeiten für das Säubern der Buchsen verwendet. Alkohol, sofern es sich nicht um Isopropyl handelt, hinterlässt einen Rückstand, der in manchen Fällen eine Wölbung verursachen kann. Gleiches gilt, wenn Sie die richtige Flüssigkeit verwenden, ihr aber nicht genügend Zeit zum Trocknen geben. Die hier verwendeten Phenolrohrstützen können sich mit Flüssigkeit vollsaugen und die Feuchtigkeit einige Stunden lang halten. Wenn Sie das Radio zu früh einschalten und eine Wölbung entsteht, kann dies die Buchse dauerhaft beschädigen.

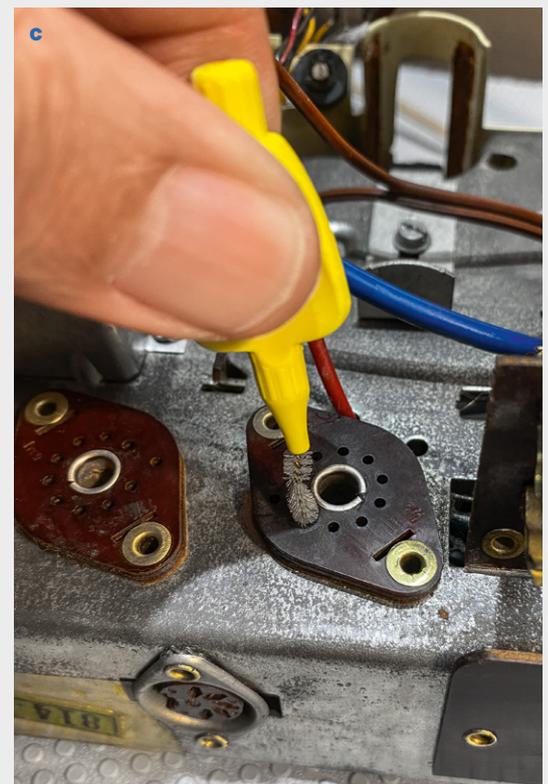


Bild 6: Reinigung der Röhren und Röhrenfassungen

Die erste Phase des Experiments ist damit abgeschlossen. Wir haben einen funktionierenden Röhren-Audioverstärker. Lassen Sie ihn einige Zeit in Betrieb, um sicherzustellen, dass er weiterhin richtig funktioniert und dass keine Überhitzung der Komponenten auftritt. Die Röhren werden natürlich sehr heiß werden, aber das ist normal.

Wir sind jetzt bereit, einige quantitative Tests durchzuführen.

## Überprüfung mit einem Oszilloskop

Um den Test zu erleichtern, werde ich das Ausgangssignal mit einem Oszilloskop überprüfen. Dies geschieht einfach, indem der Tastkopf des Oszilloskops an den Lautsprecher angeschlossen wird.

Allerdings ist hier Vorsicht geboten durch das Problem der Erdung über den Signalgenerator und das Oszilloskop. Wenn Sie nicht vorsichtig sind, können Sie den Ausgang des Verstärkers kurzschließen und den Ausgangstransformator beschädigen. Wir können dieses Phänomen mithilfe von [Bild 7](#) besser verstehen.

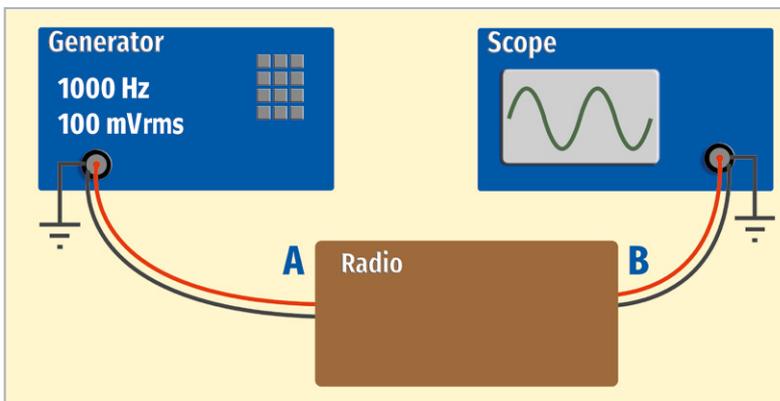


Bild 7: Das Problem der Masseschleife

Wenn wir den Signalgenerator an das Radio (A) anschließen, verbinden wir das Signal und seine Masse mit dem TA-Eingang des Radios. Das bedeutet, dass die Masse des Radios nun eins ist mit der Masse des Signalgenerators. Der Signalgenerator hat – wie die meisten anderen auch – seine Masse aber intern mit der Netzerde verbunden. Das bedeutet, dass wir effektiv die Masse des Radios direkt mit der Netzerde verbinden. Soweit ist erst einmal alles in Ordnung, und es sollte ohne Probleme funktionieren.

Wenn wir jedoch den Signalausgang mit einem Oszilloskop abtasten, verbinden wir normalerweise die Masse des Oszilloskops mit dem Chassis und den Tastkopf des Oszilloskops mit dem Signal, das wir überwachen wollen. Das war bisher kein Problem.

Aber was ist, wenn wir den Tastkopf an einen der beiden Drähte anschließen, die zu den Lautsprechern führen? Bei diesem Radio sind diese nicht eindeutig gekennzeichnet – wir wissen also nicht, welches die Masse und welches das Signal ist.

Wir sollten das Signal trotzdem sehen, da der Ausgang ein Wechselspannungssignal hat, das eigentlich keine Polarität hat, richtig? Das funktioniert so leider nicht! Das Ergebnis dieser Prüfung könnte entweder eine schöne Sinuswelle auf dem Oszilloskop sein oder ein lauter Knall!

Die Masse des Oszilloskops ist auch intern mit der Netzerde verbunden. Wir müssen also diese „Polarität“ respektieren, wenn wir den Ausgang sicher abtasten wollen. Stellen Sie sich vor, Sie verbinden die Erdungsklemme des Oszilloskops mit dem Draht, der eigentlich der Signalausgang des Lautsprechers ist. Sie haben damit den Ausgangstransformator praktisch komplett kurzgeschlossen, und das ist nicht gut. Sie müssen extrem vorsichtig sein, und dies zu vermeiden, ist eigentlich recht einfach.

Nachfolgend die Schritte, die dazu nötig sind:

1. Schließen Sie die Erdungsklemme des Oszilloskops NICHT an irgendetwas an.
2. Verbinden Sie die Oszilloskop-Sonde (die Spitze) mit einem der Lautsprecherdrähte. Wenn es die „richtige“ Leitung ist, erscheint ein Signal auf dem Oszilloskop. Es kann ein wenig verrauscht sein, aber es sollte deutlich sichtbar sein. Dieses Kabel ist der korrekte Lautsprecherausgang, den Sie überprüfen wollen.
3. Versuchen Sie, die Sondenspitze des Oszilloskops an das andere Lautsprecherkabel anzuschließen. Sie sollten kein Signal erhalten, außer vielleicht ein kleines Rauschen. Dieses Kabel ist die Masseleitung des Lautsprechers.
4. Verbinden Sie die Sondenspitze wieder mit dem richtigen Ausgangskabel. Danach können Sie die Erdungsklemme des Oszilloskops mit dem Erdungskabel des Lautsprechers verbinden, das sie vorher identifiziert haben. Beachten Sie: Auch wenn die Erdung des Oszilloskops nicht angeschlossen ist, hat das Oszilloskop die Erdungsreferenz intern über die gemeinsame Masseverbindung mit dem Signalgenerator. Dadurch kann das Oszilloskop das Signal sehen, wenn auch mit etwas Rauschen, da das Oszilloskop bevorzugt eine lokale Erdung über seine Erdungsklemme herstellt.

## Nutzen einer Blindlast

Um umfangreiche Messungen des Ausgangssignals mithilfe des Oszilloskops durchzuführen, ist es meist einfacher, den Lautsprecher durch eine ohmsche Last zu ersetzen. Diese ermöglicht, das Rauschen zu vermeiden, das beim Testen des Signals erzeugt wird. Außerdem wird das Testen dadurch angenehmer, da Sie weder sich selbst noch andere in der Umgebung mit lauten Testtönen belästigen.

Aus dem Schaltplan ([Bild 8](#)) geht hervor, dass der Lautsprecher auf  $5,8\ \Omega$  ausgelegt ist. Um dies zu erreichen, müssen wir nur einen korrekt bemessenen Widerstand an die Lautsprecherklemmen anschließen und dann das Oszilloskop (mit der gleichen Sorgfalt wie zuvor beschrieben, um Kurzschlüsse zu vermeiden) mit den Widerstandsanschlüssen verbinden.

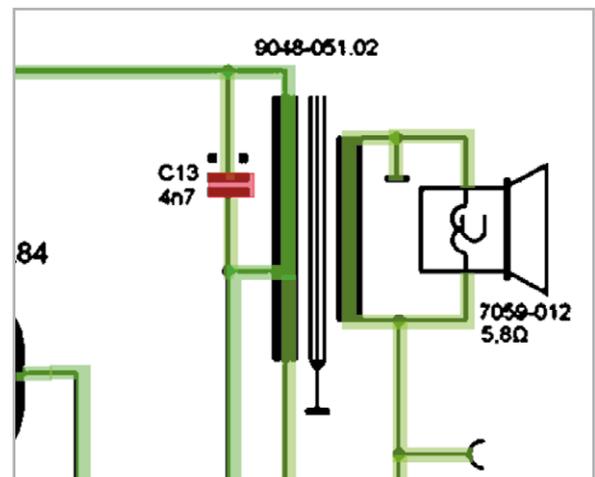


Bild 8: Die Lautsprecher-Impedanz gemäß Schaltplan

Obwohl der Lautsprecher eine hochinduktive Last ist und der Widerstand nicht, können die Betriebsbedingungen zufriedenstellend überwacht werden. Der Widerstand muss einen Wert von 5,8 Ω aufweisen und auf eine Leistung von 5 W ausgelegt sein, um einen sicheren Spielraum zu haben und eine zu starke Erwärmung zu vermeiden.

Das Signal aus dem Signalgenerator erzeugt nun Wärme am Widerstand und nicht mehr Schall aus dem Lautsprecher, sodass die Verlustleistung berücksichtigt werden muss. Ein 5,6-Ω-Widerstand ist zwar ein Standardwert und liegt ziemlich nahe an unserem benötigten Wert für alle praktischen Zwecke. Trotzdem habe ich eine Testvorrichtung mit zwei parallel geschalteten Widerständen gebaut, mit Klemmen für die Lautsprecherkabel, und Laschen für den Anschluss des Oszilloskops (Bild 9). Die zwei verwendeten Widerstände hatte ich herumliegen: 15 Ω/17 W und 10 Ω/5 W parallel geschaltet.

Das theoretische Ergebnis ist 6 Ω, aber der tatsächliche Wert, den ich gemessen habe, ist 5,9 Ω. Und damit mehr als ausreichend für die gewünschten Zwecke. Die Leistung dieser Dummy-Last ist auch weit größer als die maximale Leistung, die das Radio abgeben kann, sodass wir keine Probleme mit der Erwärmung haben sollten.

### Wie sieht unser Signal aus?

Wir können nun das Oszilloskop an die Blindlast anschließen und damit beginnen, die resultierende Wellenform zu beobachten. Ist sie sauber? Können wir Rauschen oder harmonische Verzerrungen erkennen? Gibt es eine Übersteuerung? In Bild 10 sehen wir ein sehr gutes Ergebnis. Es gibt keine offensichtliche Verzerrung und schon gar keine Störspitzen, die auf hochfrequentes Rauschen hindeuten. Allerdings ist dies bei einem recht niedrigen Ausgangsleistungspegel gemessen. Es fallen 2 VRMS über den 5,9-Ω-Lastwiderstand ab, sodass wir weniger als 1 W Leistung haben ( $P=U^2/R$ ).

Was passiert nun, wenn wir die Lautstärke erhöhen, und wann kommt es zur Übersteuerung?

Wir sehen in Bild 11 eine sehr offensichtliche Verzerrung sowohl im oberen als auch im unteren Teil der Wellenform. Dies ist ein klares Zeichen für eine fast symmetrische Übersteuerung, was darauf hindeutet, dass die Röhre recht gut vorgespannt ist.

Idealerweise würden wir gerne genau dasselbe Verzerrungsmuster sowohl im oberen als auch im unteren Teil der Wellenform sehen, aber das hier gemessene Signal ist trotzdem nicht schlecht. Es zeigt uns auch ein Signal, das für unsere Ohren wahrscheinlich merklich verzerrt wäre, und wir können daher feststellen, dass der Verstärker diesen Pegel an Ausgangsleistung, der

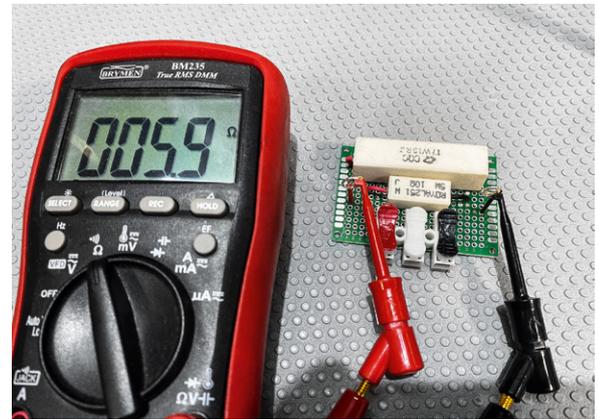


Bild 9: Blindlast mit parallel geschalteten Widerständen

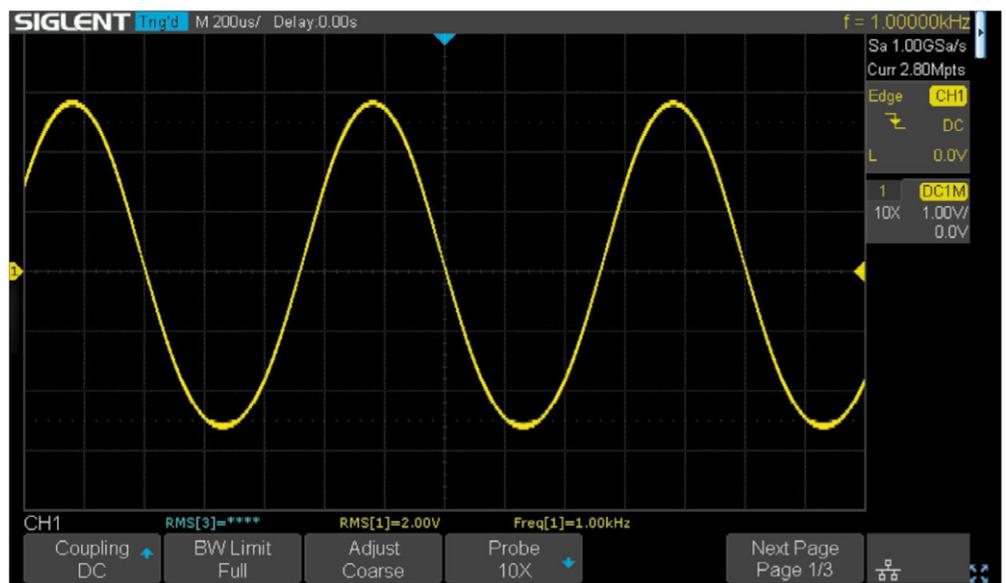


Bild 10: Die resultierende Wellenform bei einem Ausgangspegel von 2,00 VRMS

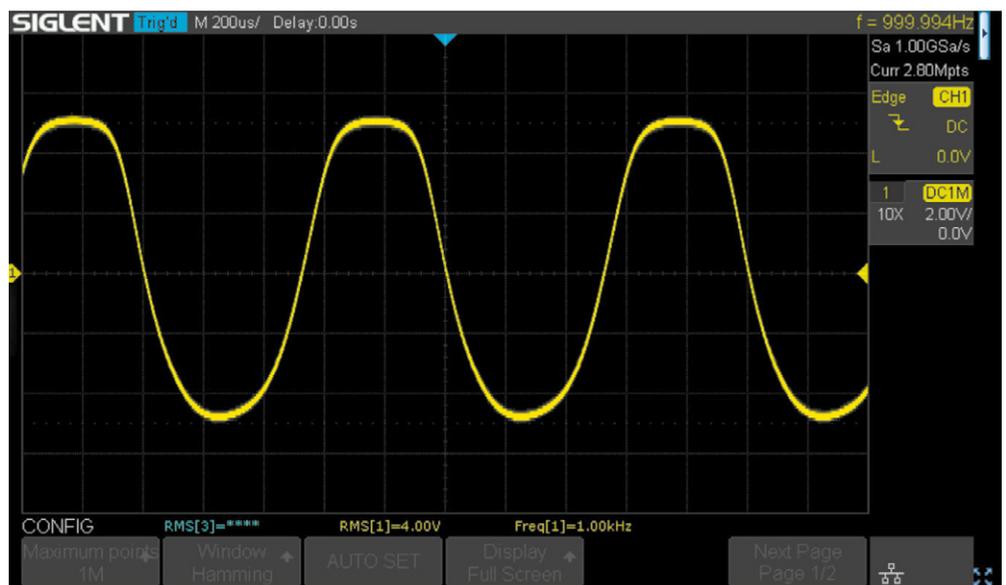


Bild 11: Offensichtliche Verzerrung bei 4,00 VRMS Ausgangspegel

etwa 2,7 W beträgt, nicht bereitstellen kann. In der Tat liegt der tatsächlich gemessene „saubere“ Pegel bei etwa 2,3 W (Ausgangsleistung bei 3,7 VRMS), wenn das Radio ohne Glühlampenbegrenzer betrieben wird.

Was bedeutet das im Vergleich zu unseren Erwartungen? Nun, in den Produktdaten steht, dass die Leistung des Radios 4 W beträgt, aber es wird nicht angegeben, welcher Verzerrungsgrad akzeptiert wird, um dies zu erreichen. Außerdem ist es immer überraschend, wenn jemand eines dieser Geräte zum ersten Mal bei hoher Lautstärke hört. Der Klang ist gewaltig! Es ergibt keinen Sinn, wenn man weiß, wie wenig berechnete Leistung man hört. In der Tat ist es am besten, diese „kleine“ Leistung zu vergessen und den Klang aus diesen alten Röhrenradios zu genießen. Es wird Sie wirklich überraschen.

### Der „Röhrenklang“

Liebhaber von Röhrenverstärkern sprechen oft von dem „warmen“ Klang, der nur mit Röhrenverstärkern erreicht werden kann. Diese Beschreibung ist trügerisch, denn sie widerspricht eigentlich dem anderen Ziel eines guten Verstärkers, das darin besteht, so wenig Verzerrung wie möglich zu erreichen, und der „warme“ Klang ist oft das Ergebnis einer harmonischen Färbung, die von den Röhren selbst stammt.

Eines der Merkmale einer Elektronenröhre ist, dass sie eine gleichmäßige Verzerrungscharakteristik aufweist. In [Bild 11](#) sehen wir, dass die Sinuswelle offensichtlich verzerrt ist (oder in die Übersteuerung geht), aber eher sanft als mit scharfen Abschneidekanten. Das bedeutet, dass die erzeugten Obertöne als angenehmer für das Ohr empfunden werden können, als es sonst der Fall wäre. Diese Verzerrung ist in der Tat der gewünschte klangliche Effekt, den Gitarrenverstärker anstreben, weshalb Röhrenverstärker in der Gitarrenwelt am begehrtesten sind. Das ist natürlich nicht das, was wir in einem Verstärker suchen, der den Radioempfang verstärken soll, aber es macht den Klang spürbar weicher, unabhängig vom Signalpegel, den wir hören.

### Frequenzgang

Das Ziel eines jeden guten Verstärkers ist es, einen „flachen/linearen“ Frequenzgang über den gesam-

ten Audiofrequenzbereich zu erreichen. Im Allgemeinen wird dieser Bereich mit 20 Hz bis 20 kHz angegeben, der als „normaler“ menschlicher Hörbereich für Frequenzen betrachtet wird. Mit zunehmendem Alter sinkt diese Obergrenze im Allgemeinen.

Dieses Ziel wird theoretisch nie erreicht, auch nicht von sehr teuren Verstärkern, aber einige kommen diesem Ziel sehr nahe. In der Tat gehen einige Verstärker weit über die angegebene Obergrenze hinaus, wobei der gesamte Durchlassbereich auf einige Zehntel Dezibel begrenzt ist. Das bedeutet, dass die gesamte Frequenzbandbreite, die von der Quelle erzeugt wird, mit absoluter Klangtreue und ohne Verfärbung an die Lautsprecher weitergegeben wird.

Bei unserem getesteten Verstärker ist der Frequenzgang nicht ganz optimal. [Bild 12](#) zeigt uns einen relativen Frequenzgang von 20 Hz bis 20 kHz, wobei die Lautstärke auf Maximum eingestellt ist (um zu vermeiden, dass die Lautstärkepotentiometer den Klang beeinflussen) und der Klang ebenfalls. Um Verzerrungen zu vermeiden, wird der Eingangssignalpegel abgesenkt, bis wir ein sauberes Ausgangssignal erhalten.

Wir sehen einen deutlichen Abfall bei den unteren Frequenzen, mit -3 dB bei etwa 70 Hz, bezogen auf den Pegel bei 1 kHz. Außerdem gibt es einen deutlichen Buckel, bei 6 kHz +3 dB, was bedeutet, dass der Klang bei maximaler Einstellung ein wenig zu viele Höhen hat. Der Frequenzgang beginnt dann recht schnell abzufallen, sodass die höheren Frequenzen als nicht mehr vorhanden angesehen werden können.

Diese Frequenzgangkurve kann als schlecht bezeichnet werden, aber sie muss im Zusammenhang analysiert werden.

Das Signal für unsere Kennlinie wurde am Lastwiderstand gemessen und nicht an dem realen im Gehäuse verbauten Lautsprecher. Die beiden letztgenannten Elemente spielen eine sehr wichtige Rolle für den endgültigen Klang, den wir von dem Gerät hören werden, denn das gesamte System ist als Ganzes konzipiert, d. h., Lautsprecher und Gehäuse sind aufeinander abgestimmt.

Um zu sehen, welche Wirkung die Klangregelung hat, zeigt [Bild 13](#) den Frequenzgang, wenn der Klangregler auf Minimum gestellt ist. Wir erkennen einen deutlich basslastigeren Frequenzgang im Vergleich zum vorherigen Diagramm. Die Schaltung verstärkt dabei nicht die Bassfrequenzen, sondern schneidet eher die Höhen ab, bevor sie das letzte Ausgangselement erreichen. Wir sehen den Beginn dieses Abfalls bei etwa 1 kHz, sodass der resultierende Klang (sehr) dumpf sein wird. Es zeigt jedoch gleichzeitig sehr gut die Extremwerte der Klangregelung.

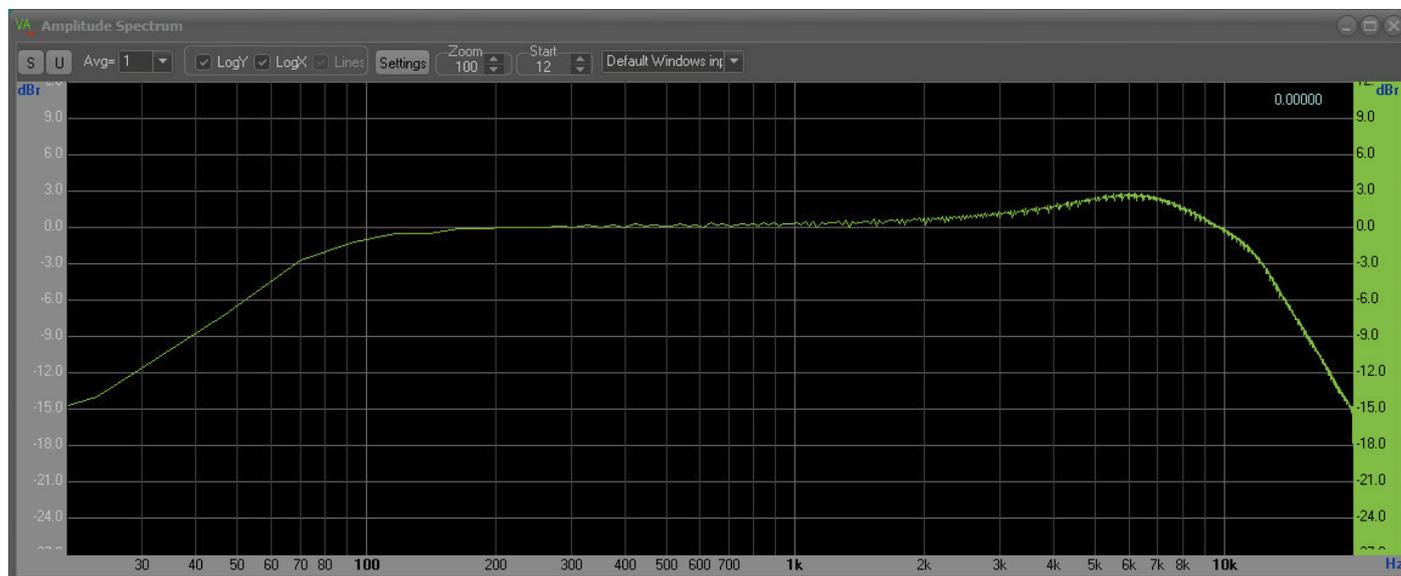


Bild 12: Frequenzgang bei voller Lautstärke und maximaler Einstellung des Klangreglers

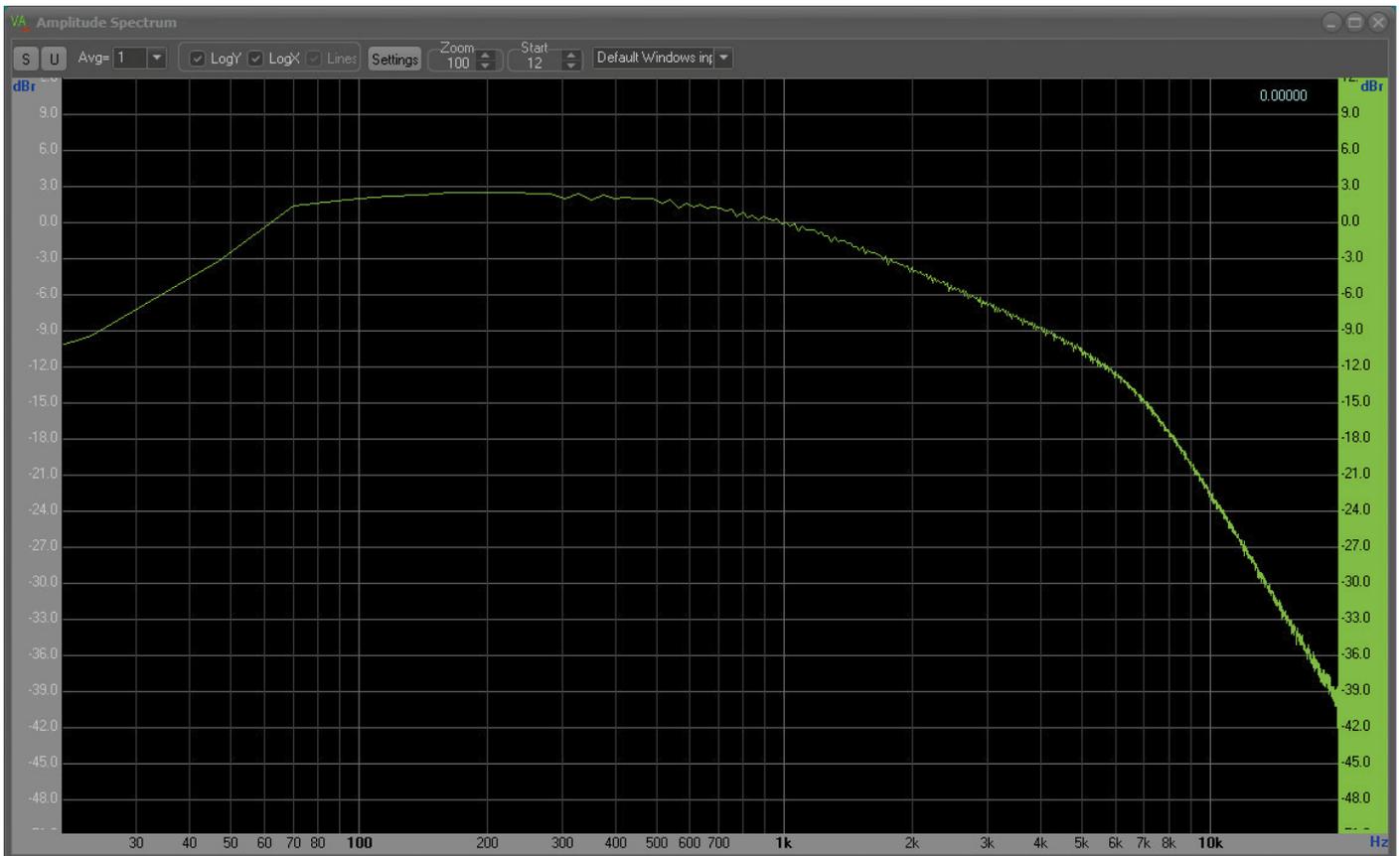


Bild 13: Frequenzgang bei voller Lautstärke und minimaler Einstellung des Klangreglers

### Das „Loudness-Feature“

Wir haben bereits gesehen, dass der Lautstärkereger einen Abgriff hat, von dem aus eine R-C-Schaltung Richtung Masse verbindet. Dies dient zur Änderung des Frequenzgangs bei niedrigeren Lautstärken, wodurch ein „Pseudo-Loudness“-Effekt entsteht, bei dem mehr Bass durchkommt. Wie sieht dieser Effekt aus, wenn wir einen Frequenzdurchlauf (frequency sweep) durchführen? Nun, wenn wir uns Bild 14 ansehen, sehen wir einen Einfluss dieser Funktion.

Die Kurve wurde mit einer Einstellung des Lautstärkeregers auf etwa 50 % seines Maximalwerts aufgezeichnet. Wenn wir dies mit Bild 12 (volle Lautstärke) vergleichen, sehen wir eine deutliche Verschiebung zu den unteren Frequenzen. Dies hat den Effekt, dass der Klang bassreicher wird, wodurch der Eindruck eines volleren Klangs entsteht.

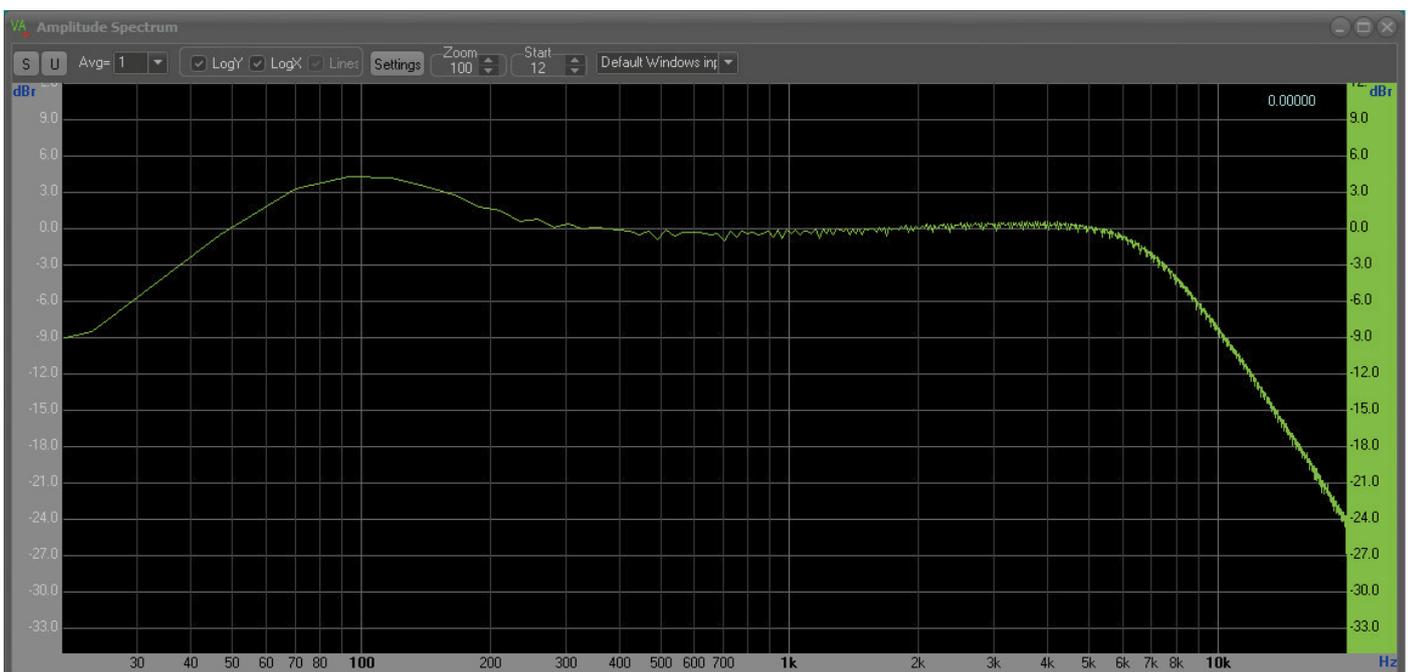


Bild 14: Lautstärke bei 50 % - Klangregler am Maximum

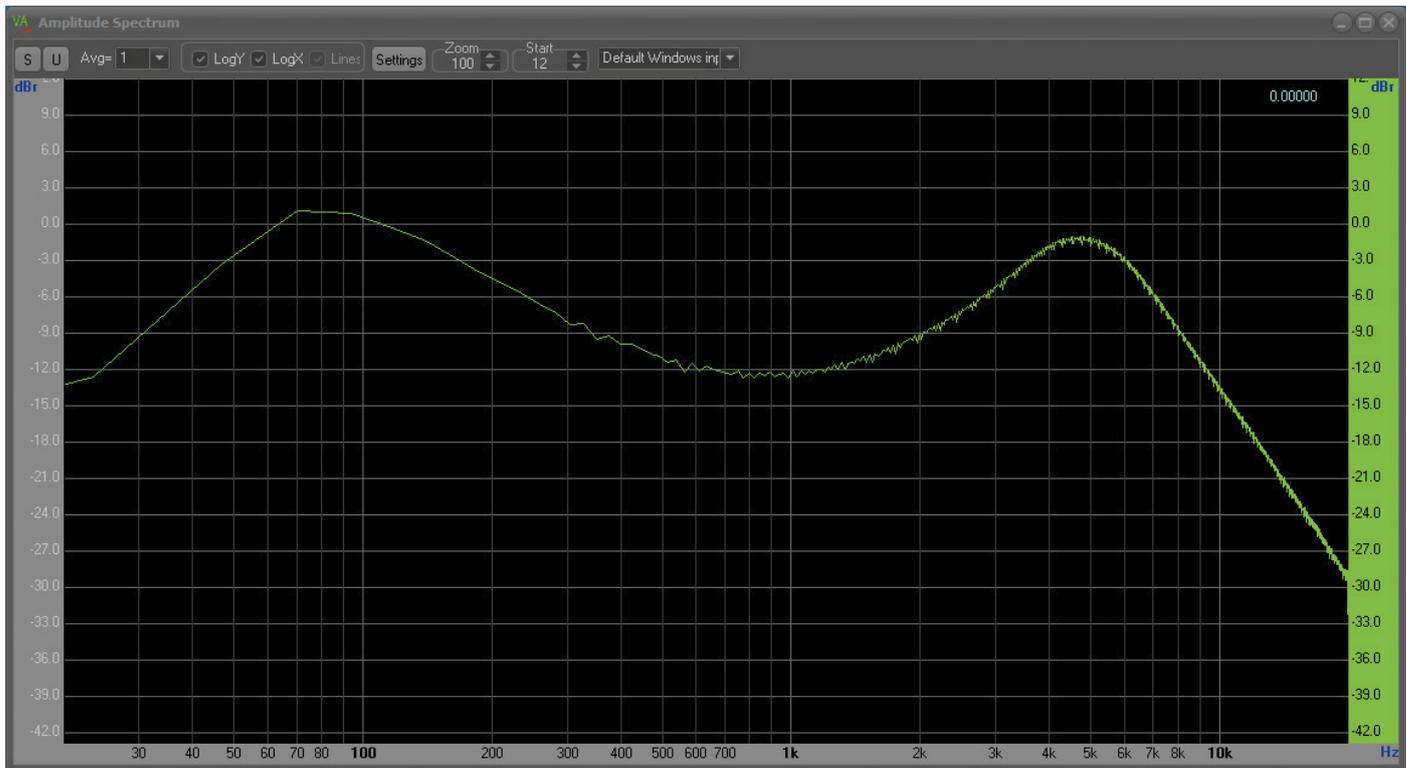


Bild 15: Lautstärkereglern bei 20 %, Klangregler am Maximum

Die in Bild 15 gezeigte Kurve demonstriert einen noch deutlicheren Effekt. Hier ist die Lautstärke auf etwa 20 % der vollen Lautstärke eingestellt, und wir sehen, dass die Bässe und Höhen angehoben werden, während der Mitteltonbereich abgesenkt wird. Das Ergebnis ist ein Klang, der bei diesen niedrigen Lautstärken voll und klar ist und einen noch stärkeren „Loudness“-Effekt erzeugt.

Es gibt keine exakte Position am Lautstärke-Potentiometer, die sofort diesen Effekt auslöst, denn es handelt sich um ein komplettes System, das „fließend“ von einem Extrem (kein Effekt bei voller Lautstärke) zum anderen Extrem (Anhebung der Bässe) reicht.

Es muss dabei betont werden, dass all dies mit einem einfachen Widerstand und einem Kondensator erreicht wird, die an einem bestimmten Teil des Lautstärkepotentiometers verbunden sind, aber die Idee und Umsetzung des Designs ist einfach genial. Das gesamte System, einschließlich der Lautsprecher und des Gehäusedesigns, erzeugt so einen erstaunlichen Klang aus einem Verstärker mit relativ geringer Leistung.

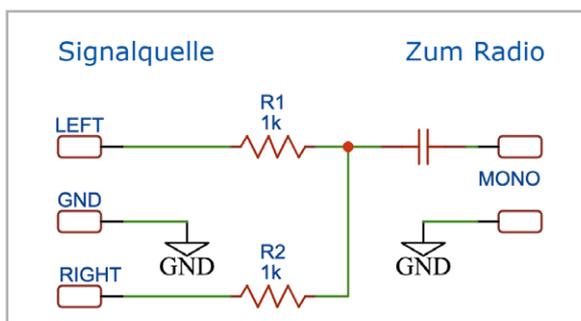


Bild 16: Erzeugen eines Monosignals aus einer Stereoquelle

Die Diagramme wurden mit der Visual-Analyser-Software erstellt, die die Soundkarte des Computers zur Überwachung der Eingangssignale nutzt. Mein spezielles System ist nicht kalibriert und liefert keine Ergebnisse, denen ich quantitativ vertrauen kann. Es ist aber sehr gut geeignet, um Trends und relative Reaktionen zu sehen, was hier auch meine Absicht war.

### Anschluss einer Audioquelle an den Verstärker

Einen Röhrenverstärker zu haben ist toll, aber wie kann ich ihn benutzen? Die offensichtliche Antwort ist der Anschluss einer Audioquelle an den TA-Eingang auf der Rückseite, aber wie genau wird dies gemacht? Da es sich um einen Monoverstärker handelt – wie kann ich hier eine Stereoquelle anschließen?

Um die volle Bandbreite eines Stereosignals zu genießen, müssen wir es von einer beliebigen Audioquelle mit Line-Pegel in ein Monosignal umwandeln. Dieses Signal wird dann an die entsprechenden Stifte des DIN-Steckers zugeführt, wie wir es mit dem Signalgenerator in den vorangegangenen Tests gemacht haben.

Auf dem Markt gibt es eine Reihe von Kabeln, die Stereo in Mono umwandeln oder ein Monosignal in zwei Signale aufteilen, die einen Stereoeingang speisen. Leider werden bei einigen dieser Kabel einfach die beiden Signalleitungen kurzgeschlossen, sodass eine Signalleitung entsteht, die dann als Monosignal bezeichnet wird. Das ist keine besonders gute Idee, aber zum Glück gibt es eine gute Alternative, ein passendes Kabel, das sehr leicht selbst herzustellen ist.

### Stereo-zu-Mono-Umwandlung

Einfach die beiden Signale kurzschließen, um ein Monosignal zu erhalten, ist in Ordnung, wenn Sie wissen, wie die Stereoausgänge der Quelle intern verdrahtet sind. Wir wissen das in der Regel aber nicht, daher müssen wir etwas Vorsicht walten lassen.

Je nach den verwendeten Komponenten, die die beiden Signale an der Quelle treiben, könnte man diese beschädigen, wenn man sie einfach kurzschließt. Wenn diese jeweils von Operationsverstärkern gesteuert werden und Sie sie kurzschließt, könnten die beiden Operationsverstärker Strom ineinanderfließen lassen, was sie beschädigt

oder ein Signal erzeugt, das eigentlich keine echte Darstellung des summierten linken und rechten Signals ist, das benötigt wird, um ein echtes Monosignal zu erhalten.

Der beste Weg, dies zu erreichen, ist das Einfügen eines Widerstands in jeden Signalweg (den linken und den rechten), um damit das Summensignal für den Mono-Eingang zu erhalten. Bild 16 zeigt, wie einfach dies ist. Im Inneren des Radios wird das Eingangssignal direkt mit der Oberseite des Lautstärkereglers verbunden und dann an die Vorverstärkungsstufe AC gekoppelt, sodass am TA-Eingang keine Gleichspannungen anliegen, die unsere Audioquelle in irgendeiner Weise beschädigen könnten.

Wenn Sie sich jedoch wirklich sicher sein wollen, können Sie einen Kondensator in die Leitung einfügen, der jeden Gleichstrom blockiert, der dort auftreten könnte. Dieser Kondensator muss keine hohe Kapazität besitzen (100 nF sollten genügen), aber es wäre ratsam, einen Kondensator mit einem ausreichenden Spannungswert zu wählen, der Ihre Geräte wirklich vor versehentlichen Kurzschlüssen im Inneren des Radios schützen kann. Ich würde einen 0,1- $\mu$ F/400-V-Folienkondensator von guter Qualität für diesen Zweck vorschlagen.

### Signalpegel und Entzerrung

Der TA-Eingang an diesem und an vielen anderen Röhrenradios war für die Verwendung mit älteren Tonabnehmertypen gedacht, nicht mit den MM- oder MC-Tonabnehmern (<https://de.wikipedia.org/wiki/Tonabnehmer>), wie wir sie heute kennen. Das bedeutet, dass dieser Eingang einen viel höheren Spannungspegel benötigt, als wir erwarten würden.

Audioquellen mit Line-Pegel wie CD-Player, MP3-Player usw. sind hier eigentlich ganz gut geeignet, denn ihr Signalpegel liegt näher an dem für den TA-Eingang notwendigen Pegel. Außerdem sind wir daran gewöhnt, dass moderne Phono-Eingänge über eine Entzerrungsschaltung verfügen, um die Art der Schallplattenaufnahme zu kompensieren (RIAA-Entzerrung), aber wie wir gesehen haben, hat dieser Eingang nichts von alledem. Das macht es für uns aber gleichzeitig sehr viel einfacher, ihn so zu verwenden, wie er ist, ohne uns um die Kompensation solcher Standards kümmern zu müssen.

### Bluetooth-Empfänger

Hier betreten wir gefährliches Terrain. Viele Restauratoren von Röhrenradios lehnen es leidenschaftlich ab, irgendwelche Änderungen am Radio vorzunehmen, und bestehen darauf, dass es so original wie möglich bleiben soll. Ich habe eine andere Meinung, respektiere aber diejenigen, die diese Meinung vertreten.

Ich bin der Meinung, dass ein Radio wie dieses viel mehr genutzt wird, wenn es neben dem Empfang von Radiosendungen auch als kabelloser Bluetooth-Lautsprecher fungiert. Meine persönliche Erfahrung hat mir gezeigt, dass die jüngere Generation diese Funktion liebt. Sie hören ihre Musik hauptsächlich über ihre Handys, die heutzutage alle über Bluetooth-Funktionen verfügen.

Die Möglichkeit, ihre Lieblingsmusik einfach von ihren Handys auf einem cool aussehenden Vintage-Radio abzuspielen, ist etwas, das sie sehr gerne tun. Ich sehe dies als einen Weg, um diese Oldtimer-Radios für eine weitere Generation von Nutzern attraktiver zu machen und damit sicherzustellen, dass mehr von diesen Radios restauriert und benutzt werden, anstatt dass sie auf der Müllhalde landen.

Normalerweise verwende ich eines dieser kleinen Bluetooth-Empfängermodule (Bild 17), die überall im Internet erhältlich sind, und baue es in das Radio ein, von wo es dort mit dem TA-Eingang verbunden wird. Die 6,3-VAC-Heizungsversorgung speist eine kleine Stromversorgungsplatine, die die 5 VDC liefert, die die meisten dieser Module zum Betrieb benötigen.

Aufgrund des elektrischen Rauschens, das diese Module verursachen, kann die Stromversorgung des Radios gestört werden, was sich als hörbares Summen äußert. Um dies zu verhindern, können wir einen isolierten DC-DC-Wandler verwenden. Diese Methode funktioniert hervorragend und sorgt für eine rauschfreie Versorgung für das Modul, das bei Kopplung per Bluetooth mit einem Smartphone oder einer anderen Musikquelle den TA-Eingang zu einer wirklich großartigen funktionalen Ergänzung des Radios macht.

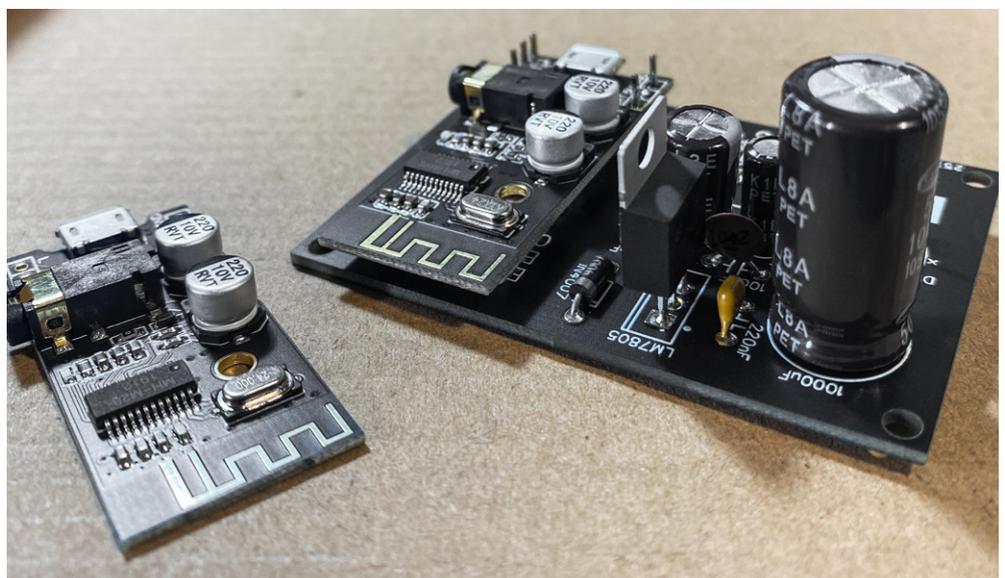


Bild 17: Bluetooth-Empfängermodul auf einer Stromversorgungsplatine zum Einbau in das Innere des Radiogehäuses

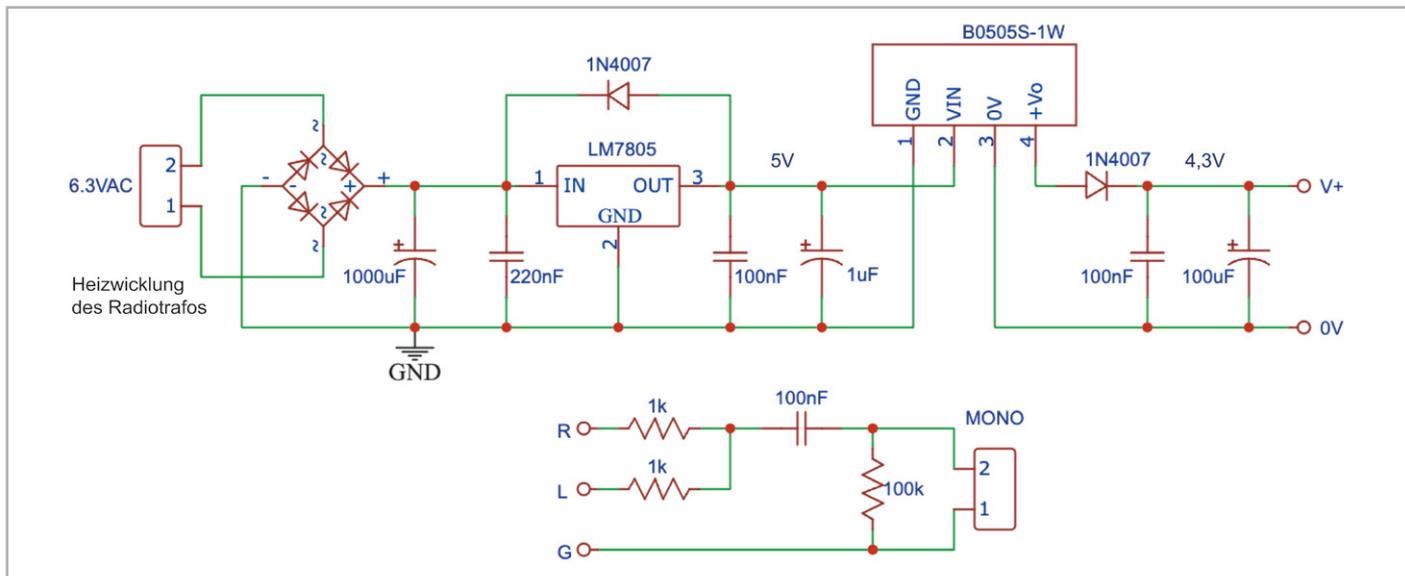


Bild 18: Die isolierte Stromversorgung für das Bluetooth-Modul, die von der Heizungsversorgung des Radios gespeist wird

Das Schaltbild der Versorgungsschaltung ist in Bild 18 zu sehen. Bild 19 bietet einen Vorschlag für ein PCB-Lay-out. Ein entsprechendes Schaltungsdesign kann daraus für ein eigenes PCB abgeleitet werden.

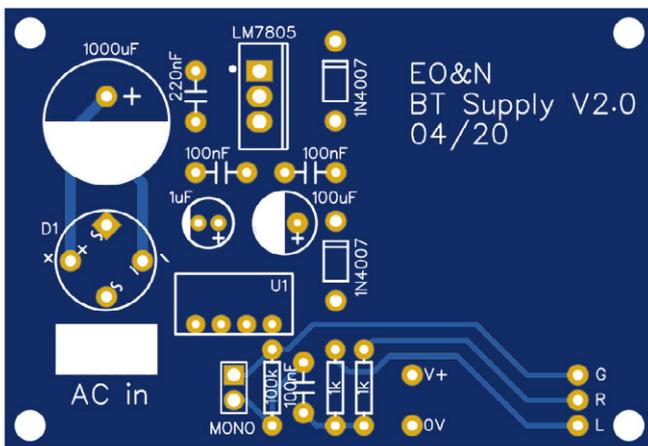


Bild 19: Das Platinenlayout für die Spannungsversorgung

Es wird ein B0505S-1W-DC-DC-Wandler verwendet, um die Masse zu isolieren und jegliches Rauschen zu reduzieren. Der große Vorteil dieser Anpassung ist, dass sie leicht umkehrbar ist, falls jemand das Radio in Zukunft wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückversetzen möchte. Dazu muss man buchstäblich nur die beiden Heizungsversorgungsdrähte und die beiden Drähte entfernen, die an der Rückseite der TA-EingangsdIN-Buchse angeschlossen sind.

Dies ist meiner Meinung nach eine der einfachsten Möglichkeiten, unser Grundig 2147 oder jedes andere Röhrenradio in dieser Art auf den heutigen Stand zu bringen. Für die Puristen ist es komplett umkehrbar und beeinträchtigt in keiner Weise die Originalität des Radios, sollte man es in der Zukunft doch wieder im Original betreiben wollen.

### Ausblick

Der nächste Schritt in diesem Projekt ist die Überprüfung der Radio-Frequenzbereiche, beginnend mit den AM-Bändern. Wir werden sehen, was ausgetauscht werden muss, testen den Empfang und werden den Abgleich vornehmen. **ELV**

## Immer auf dem neuesten Stand

ELV Newsletter abonnieren und Vorteile sichern!

Abonnieren Sie jetzt unseren regelmäßig erscheinenden Newsletter und Sie werden stets als einer der Ersten über neue Artikel und Angebote informiert.

- ▶ Neueste Technikrends
- ▶ Sonderangebote
- ▶ Tolle Aktionen und Vorteile
- ▶ Kostenlose Fachbeiträge



[de.elv.com/  
newsletter](https://de.elv.com/newsletter)



[ch.elv.com/  
newsletter](https://ch.elv.com/newsletter)

