

# Autoradios im Oldtimer - Eine kleine Abhandlung zur Rundfunktechnik

## Vorwort

Viele Fragen, auch in der jüngsten Vergangenheit nehme ich als Anregung, daß es durchaus sinnvoll ist, auch in einem Oldtimer-Forum mal ein paar Worte zum Thema Radiotechnik, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz im Oldtimer zu schreiben.

Daher veröffentliche ich diesen Bericht hier im Forum. Er soll Sammlern, Schraubern und auch „Nur-Fahrern“ in unserem zuweilen "rostigsten Hobby der Welt" ein paar Informationen, Hinweise und Tipps zu diesem sehr interessanten Randthema unserer Oldtimer geben.

Viele sehen Radios nur als „Kästen, die Musik machen“ – und das ist oft auch so OK. Aber es soll auch ein paar „Radio-Fachfremde“ unter den Oldtimer-Enthusiasten geben, die sich trotzdem für die Aspekte der Rundfunktechnik im allgemeinen und der (Röhren-) Autoradios im speziellen interessieren.

Ich weiß, daß ich in dieser kurzen Abhandlung niemals in die Tiefe der Rundfunktechnik und aller damit zusammenhängenden Themen einsteigen kann – und auch nicht möchte. Sehen wir es einfach im Vergleich zu einem Elektronikfachmann für Radios, der auch keine vollständigen Kenntnisse über z.B. Differentiale mit Hypoidverzahnung, Doppel- oder Registervergaser, Zentralschmieranlagen u.s.w. benötigt – sich aber trotzdem ein wenig dafür interessiert.

Den größten Teil dieses Textes habe ich im Wesentlichen bereits vor Jahren zusammengestellt um Sammlern, die neu in das Radio Hobby, speziell Röhrenradios, damals insbesondere Heimempfänger einsteigen möchten, ein paar erste Informationen und einen groben Überblick zu geben. Die entsprechende vertiefende Fachliteratur füllt viele Bände.

Die Schaltungstechnik von Heimempfängern unterscheidet zu Röhren-Autoradios sich im Wesentlichen nur in Bezug auf die Stromversorgung. Neben vielen Gemeinsamkeiten gibt es jedoch einen Aspekt, in denen sich Autoradios von Heimempfängern unterscheiden, daß sind alle Themen der Betriebssicherheit. Wer also schon mal einen Heimempfänger erfolgreich repariert oder restauriert hat, wird sich mit einem Autoradio nicht schwer tun. Der Radiobastler, der sich gut mit Heimempfängern

auskennt, wird aber wohl einige Tipps und Hinweise bezüglich der höheren Anforderungen an die Betriebssicherheit von Autoradios mitnehmen. Die Belastung aller Bauteile im Autoradio ist wesentlich höher, als bei Heimempfängern. Ein schneller „Not-Aus“ ist bei Autoradios nicht so einfach, wie bei einem Heimempfänger, wo man einfach nur den Stecker ziehen muß, und das Gerät ist stromlos.

Ich habe den Text nun insbesondere um die spezielle Thematik von Autoradios, deren Betrieb, aber auch im Hinblick auf die Reparatur solcher Geräte ergänzt.

Ich versuche alles in einfachen Worten allgemeinverständlich zu schreiben, es ist schließlich eine ganz andere Materie, als die üblichen Benzingsprache.

Insbesondere in den Abschnitten über Reparaturen habe ich einiges über Probleme und deren Lösungsansätze geschrieben und natürlich auch die entsprechenden Warnhinweise gegeben.

Dieser Beitrag soll nicht als Aufruf verstanden werden, dass sich auch ein absoluter Laie an die Reparatur eines (Röhren-) Autoradios heran wagen soll; ein Misserfolg wäre dann doch zu wahrscheinlich. Etwas Grundwissen und eine leichte „Affinität“ zur Elektrik und Elektronik setzte ich schon voraus. Wer sich ein wenig mit Elektrik, Elektronik und Radiotechnik auskennt, kann wohl einige der beschriebenen Arbeiten angehen.

Manches wird vielleicht den Eindruck erwecken, daß die Reparatur eines Röhrenradios zu kompliziert, der Betrieb zu riskant und eigentlich nicht zu empfehlen ist. Aber das kann so nicht pauschal gesagt werden. Auch eine Restauration eines Oldtimers stellt sehr hohe Anforderungen, geht es doch auch hierbei um sicherheitsrelevante Aspekte. Denken wir nur mal an die Themen Bremsen und Lenkung. Ein gut aufgearbeiteter Oldtimer ist betriebssicher. Gleiches kann man auch von einem gut aufgearbeiteten Röhrenradio sagen.

viel Spaß beim Lesen  
170Sb-Fahrer  
(Hermann)

**Inhaltsverzeichnis**

1 Einleitung – Beginn des Rundfunks in Deutschland.....	4
1.1 Geschichtliches, Autoradio Modelle, Typen, Baujahre.....	4
1.2 Reparatur oder Restauration - Eine nicht nur philosophische Frage.....	6
2 Radio-Empfangstechnik.....	7
2.1 Drahtlose Übertragung von Sprache und Musik.....	7
2.2 Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation.....	8
2.3 AM/FM Störverhalten im Vergleich.....	9
2.4 Warum heißen die Frequenzbereiche eigentlich LW, MW, KW und UKW.....	10
3 Empfängertechnik.....	11
3.1 Selektion.....	11
3.2 Geradeausempfänger.....	13
3.3 Überlagerungsempfänger.....	14
3.4 Demodulator.....	15
3.5 Verstärkung.....	15
4 Der schrittweise Übergang von Röhrengeräten zu Transistorgeräten.....	16
5 Sind Röhrenradios reparierbar.....	17
5.1 Einfache und komplizierte Gerätetypen.....	17
5.2 Sicherheitshinweise.....	17
5.3 Aufwand und Machbarkeit einer Reparatur.....	18
5.4 Vorsichtsmaßnahmen bei Einschalten von unbekannten Geräten.....	19
5.5 Entsorgen von Bauteilen.....	19
6 Bauteile.....	19
6.1 Kondensatoren.....	19
6.1.1 Kondensator Bauarten.....	21
6.1.2 Elektrolytkondensatoren formieren.....	22
6.1.3 Reparaturtipps, kritische Kondensatoren in der Stromversorgung.....	22
6.1.4 Reparaturtipps, kritische Kondensatoren im NF-Verstärker.....	23
6.2 Widerstände.....	24
6.2.1 Widerstände Bauarten.....	25
6.2.2 Farbcodierung von Widerständen.....	26
6.3 Spulen.....	27
6.4 Filter, Spulen und Abgleichkondensatoren.....	27
6.5 Gleichrichter.....	27
6.6 Röhren.....	28
6.6.1 Kennzeichnung von Röhren, Schemata.....	28
6.6.2 Einige Röhrentypen und Bauarten.....	30
6.6.3 Ersatz der ECC85 durch eine PCC88.....	30
6.6.4 Funktion einer Elektronenröhre.....	31
6.7 Anodenspannung, Stromversorgung, Wandler, Zehacker.....	34
6.7.1 Spannungswandler mit Zehackerpatrone.....	35
6.7.2 Zehackerpatronen, Lebensdauer, Ersatz .....	36
6.8 Schalter und Potentiometer (Potis).....	37
6.9 Mechanische Bauteile.....	37
6.10 Umschaltung zwischen 6V und 12V Betrieb .....	38
6.11 Drähte und Kabel.....	38
6.12 Hinweise zum Löten.....	39
6.13 Skalenseile.....	39
6.13.1 Ersatz von Skalenseilen.....	39
6.14 Zinkdruckguss, Zinkpest.....	40
7 Autoradios mit Sendersuchlauf.....	40

7.1 Sendersuchlauf mit Motor.....	40
7.2 Sendersuchlauf mit Federwerk-Mechanik.....	41
7.3 Vergleich Sendersuchlauf mit Motor versus Federwerk.....	42
8 Einspeisung externer Tonsignale (Kassettenspieler, MP3-Player, usw.).....	43
9 Entstörung eines KFZ.....	44
9.1 Elektrostatische Störungen.....	44
9.2 Grundprinzip der Entstörung, elektrische Störungen.....	45
9.2.1 Entstörung der Zündanlage.....	46
9.2.2 Beispiel eines einfachen Taktgebers.....	48
9.2.3 Entstörung der Lichtmaschine.....	49
9.2.4 Eine falsche Fährte bei der Störungssuche: Batterieladegeräte.....	49
9.3 Masseleitungen im KFZ.....	50
9.3.1 Antennenfuß.....	50
9.4 Weitere Störquellen.....	50
9.5 Antennenkabel.....	50
9.6 Drahtgebundene Störungen.....	50
9.7 Qualität von Entstörkondensatoren.....	51
9.8 Durchführungskondensatoren.....	52
9.9 Abschirmung von Störquellen.....	52
9.10 Wirksamkeit von Entstörmaßnahmen.....	52
10 Nachwort.....	53

**Bei allen Arbeiten an Röhrengeräten sind Sicherheits- und Warnhinweis zu beachten. Röhrenradios arbeiten mit hohen Spannungen bis zu 250V und bei einigen Geräten sogar noch höher. Das sind Spannungen, die lebensgefährlich sein können, zumindest aber einen heftigen Schreck auslösen können. Weiteres Hinweise, siehe im Kapitel 5.2 „Sicherheitshinweise“ auf Seite 17.**

## 1 Einleitung – Beginn des Rundfunks in Deutschland

Berlin 29. Oktober 1923, 20Uhr

**„Achtung! Hier Sendestelle Berlin Voxhaus, Welle 400.  
Wir bringen die kurze Mitteilung, daß die Berliner Sendestelle Voxhaus mit dem  
Unterhaltungsrundfunk beginnt.“**

Es folgten verschiedene klassische Musikstücke. Das war der Anfang des Unterhaltungsrundfunks in Deutschland.

Leider werden wir diese Ansage nie wieder in echter, drahtloser Übertragung auf der Welle 400m (750 kHz) hören können, denn alle deutschen LM und MW Sender sind abgeschaltet und demontiert. Die Gebäude zum großen Teil abgerissen, die Sendeanlagen

verschrottet und viele Sendemasten gesprengt.

Viele alte, historische Radios aber haben überlebt und sind heute, ebenfalls wie Oldtimer, technisches Kulturgut.

### 1.1 Geschichtliches, Autoradio Modelle, Typen, Baujahre

Zu einem stilechten Oldtimer gehört, wenn Autoradio, dann ein entsprechendes zeitgenössisches Autoradio. Das bedeutet, in einem Auto aus den Vorkriegsjahren bis zum Ende der Bauzeit der 170er und 220er sollte eigentlich ein Röhrengerät eingebaut werden.

Besitzer der wunderschönen, edlen Telefunken Rundskalenradios, der ersten Telefunken Speichertastenradios und der frühen Becker-Radios können jedoch leider nur noch ausländischen Sendern zuhören, da diese Radios über keine UKW-Bereiche verfügen. Wie es trotzdem möglich ist, mit diesen Radios Musik zu hören, wird später in diesem Bericht beschrieben.

Autoradios wurden in Deutschland, im Vergleich zu den USA, erst relativ spät angeboten. Das erste in Deutschland industriell hergestellte Autoradio war der 1932 auf der Internationalen Funkausstellung (IFA) in Berlin vorgestellte Baupunkt Autosuper AS-5.

Die spätere Firma Blaupunkt wurde 1923 als „*Ideal Radiotelefon- & Apparatefabrik GmbH Berlin*“ gegründet.

Die Geräte dieser Firma waren wegen ihrer sehr hohen Qualität bekannt und begehrt. Nach der Fertigung und Prüfung erhielten alle Geräte als Prüfsiegel einen blauen Aufkleber. Aufgrund der exzellenten Qualität verlangten Kunden die "Geräte mit dem blauen Punkt", was schließlich im Jahre 1924 ausschlaggebend für eine Änderung des Firmennamens in „*Ideal Blaupunkt Radio*“ war. Ab 1932 wurde als Marke nur noch der Begriff *Blaupunkt* verwendet.

Zum damaligen Zeitpunkt war ein Autoradio allein schon wegen des hohen Preises ein absoluter Luxusartikel, immerhin lag der Preis für einen Blaupunkt AS-5 bei 465 RM. Das Gerät wog stattliche 15 kg, mit Lautsprecher 19 kg und hatte ein Bauvolumen von über 10 Litern. Zur Erzeugung der Hochspannung für die Röhren kam eine sogenannte Anodenmaschine zum Einsatz. Das war ein rotierender Umformer, bestehend aus einem Elektromotor und einem damit gekoppelten Generator. Die später verwendeten Zerkhacker gab es noch nicht.

Vom Blaupunkt AS-5 wurde insgesamt nur knapp 400 Geräte produziert.

Der Blaupunkt AS-5 verfügte über 5 Röhren. Das sehr klein gebaute Bedienteil wurde entweder unter der Armaturentafel oder an der Lenksäule befestigt.

Da im Jahre 1932 die Autos noch nicht für den Einbau eines Radios vorgesehen waren, wurden die Empfänger, meistens mit eingebautem Lautsprecher, auf der Beifahrerseite im Fußraum eingebaut.

Zum Zeitpunkt der Präsentation des Blaupunkt AS-5 im Jahre 1932 wurden in den USA seit 1930 bereits mehrere Zehntausend Autoradios jährlich produziert.

Im Jahr 1937 gab es im Deutschen Reich erst etwa 3000 Autoradios. Die Hersteller waren Blaupunkt, Mende, Körting, Lorenz, Philips und Telefunken.

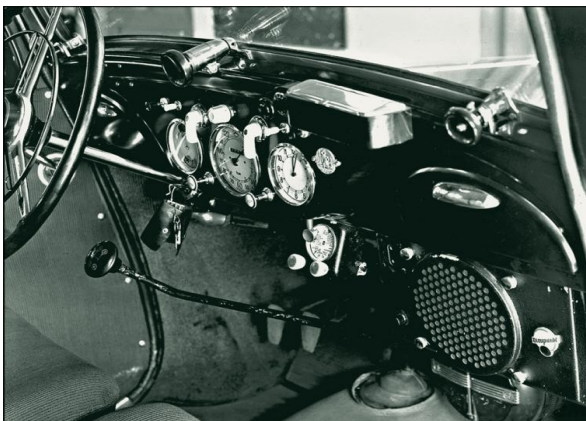


Abbildung 1.1: Blaupunkt AS-5 im Auto  
(Hat dieses Auto nicht irgendeine Ähnlichkeit mit einem 170v?)

Quelle: <http://www.zr.ru/zrfiles/images/article/ready/1/2/7/2/127240.jpg>

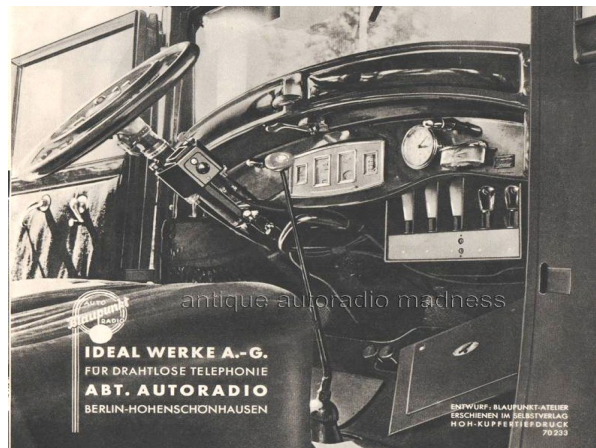


Abbildung 1.2: Blaupunkt AS-5 im Auto

Quelle: [http://antique-autoradio-madness.org/Blaupunkt/Blaup\\_01\\_Intro/Blaup\\_01-Intro.htm](http://antique-autoradio-madness.org/Blaupunkt/Blaup_01_Intro/Blaup_01-Intro.htm)

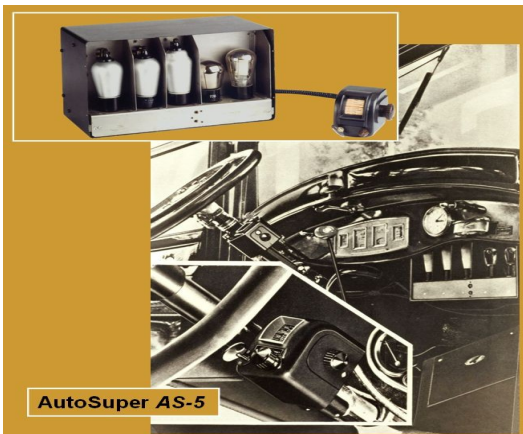


Abbildung 1.3: Blaupunkt AS-5, Werbebild

Quelle: [http://antique-autoradio-madness.org/Blaupunkt/Blaup\\_01\\_Intro/Blaup\\_01-Intro.htm](http://antique-autoradio-madness.org/Blaupunkt/Blaup_01_Intro/Blaup_01-Intro.htm)

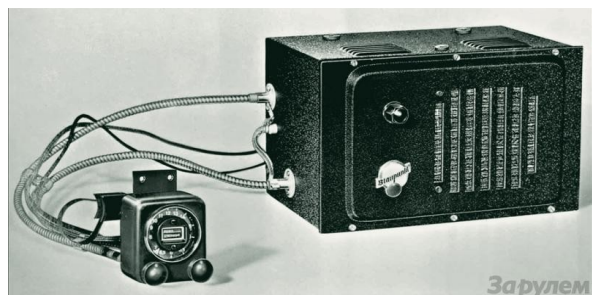


Abbildung 1.4: Blaupunkt Autosuper 7 A 78  
(Bj. 1937)

Quelle: <http://autoclub-cerato.ru/forum/46-nauka-i-tehnika/437-pervye-radiopriemniki-v-avtomobile.html>

Im Internet sind leider nur sehr wenige Bilder des Blaupunkt AS-5 zu finden. Ob heute überhaupt noch ein einziges dieser Geräte im Originalzustand existiert, ist unbekannt. Insofern dürften Telefonen-Rundskalengeräte dazu im Vergleich schon als "Massenartikel" gelten ;-).

Aus diesem Grund habe ich hier ein paar Bilder einkopiert, selbst wenn diese Geräte im 170er wohl eher extrem selten eingebaut wurden.

Ab 1953 kamen in Deutschland erste Autoradios mit UKW auf den Markt. Da unsere MB 170er und 220er bis 1955 gebaut wurden, ist es durchaus akzeptabel, in

diese Autos auch Radios späterer Baujahre einzubauen. Gleiches wurde auch bei neueren Autos bis in die späten 90er gemacht; solange jedenfalls, bis die Automobilhersteller sich vom genormten Einbauschacht aus „Design-Gründen“ verabschiedet haben.

Marketing-Gründe und das „Ziel“, inkompatible Lösungen schaffen, werden wohl auch ein wichtiger Grund gewesen sein. Die früher gegebene beliebige Austauschbarkeit der Autoradios widersprach wohl einem lukrativen Geschäftsmodell der Automobilhersteller.

Aber das soll hier kein Thema sein.

Es sollte also nichts dagegen sprechen, auch ein Radio mit Mischbestückung, Röhren in den HF-Stufen und Transistoren in den NF-Stufen, in einen 170er oder 220er einzubauen. Diese Geräte gab es bis ca. 1965 zu kaufen. Unsere Oldtimer wurden, da sehr solide und zuverlässig im Alltagsbetrieb, noch lange über diese Zeit hinaus gefahren.

Jüngere Geräte in der Armaturentafel eines Oldtimers sind stilistisch zumindest fragwürdig. Aber auch diese Diskussion soll nicht Thema dieser Abhandlung sein.

Röhrenradios bis zu den frühen Nachkriegsjahren verfügen nur über MW, LW und gegebenenfalls KW Bereiche und empfangen heute keine Deutschen Sender mehr – weil es die in diesen Wellenbereichen nicht mehr gibt. Die ersten verfügbaren Radios mit UKW-Bereich sind noch Vollröhrengeräte und passen auf jeden Fall zu diesen Autos. Mischgeräte passen aufgrund der Baujahre ebenfalls noch, das optische Erscheinungsbild sollte dann aber zum Stil der Armaturentafel passen, da einige Geräte dieser Baujahre bereits über Bedienknöpfe und Drucktasten verfügen, die in einer 170er Armaturentafel durchaus

etwas gewöhnungsbedürftig aussehen.

Volltransistorgeräte wurden zwar in einigen 170-ern, die zum Teil noch bis in die 70er Jahre gefahren wurden, ebenfalls eingebaut. Aber das waren dann für diese Autos bereits Einsatzbereiche, wo es nur noch darum ging „möglichst billig“ Auto zu fahren. Das war die Zeit der Studentenausos, die man für kleines Geld auch auf Schrottplätzen erwerben konnte. Aus heutiger Sicht eine glorreiche Zeit. Wobei ich leider – auch aus eigener Erfahrung – sagen muß, dass damals lieber zu einem VW-Käfer oder einem R4, als zu einem 170er gegriffen wurde. Der Grund hierfür war zum Teil die deutlich einfachere Konstruktion eines Käfers oder eines R4, aber auch das nicht so „altmodische“ Aussehen.

Wie sich die Zeiten ändern!

Daher blieben viele 170er verwaist auf den Schrottplätzen stehen und warteten dort auf ein sehr unerfreuliches Schicksal. Lang ist's her.

Einmal die Zeit zurückdrehen können und mit gut gefüllter DM-Brieftasche über einen der damaligen paradiesischen Schrottplätze gehen und einkaufen... ...

## 1.2 Reparatur oder Restauration - Eine nicht nur philosophische Frage

Einige der in diesem Beitrag beschriebenen Maßnahmen würden bei vielen Radiosammlern, die sich schwerpunktmäßig mit Heimempfängern beschäftigen, Proteste oder zumindest unverständliches Kopfschütteln provozieren. Bei Heimempfängern hat sich nämlich in den letzten Jahren, ich darf sagen zum Glück, mehr und mehr die Erkenntnis durchgesetzt, dass es besser ist, ein historisches Gerät unverändert im Originalzustand zu erhalten, als dieses durch den Einbau von modernen Ersatzteilen historisch zu entwerten; selbst wenn das bedeutet, daß Geräte im Originalzustand nur noch Anschauungsobjekte ohne Funktion sind. Viele Sammler sind zufrieden, einige wenige Geräte vorführbereit zu halten, während die meisten Radios im Originalzustand belassen werden, einschließlich der Patina aus vielen Jahrzehnten.

Manche Geräte werden jedoch auch im Originalzustand am Leben gehalten und sie spielen tatsächlich noch (etwas); wohl wissend, dass darin möglicherweise riskante Zeitbomben schlummern. Bei Heimgeräten, die nur unter ständiger Kontrolle und auch dann nur für kurze Zeit eingeschaltet werden, kann dies toleriert werden. Das dabei noch weitere Bauteile Schaden nehmen können, muß aber bewusst sein.

Generell gilt für Heimempfänger: Diese sollten schonend restauriert werden und dabei möglichst viel

des Originalzustandes erhalten bleiben.

Bei Autoradios liegt die Sache hingegen anders. Autoradios sind oft aufwendig hinter der Armaturentafel eingebaut. Die Wandler / Endstufen sind oft sogar noch besser versteckt. Wenn dann im Betrieb etwas anfängt zu „kockeln“, geschieht dies wohl meistens während der Fahrt. Ein schnelles Ausschalten, trennen der Stromversorgung vom Gerät, eventuell sogar einen Schwelbrand löschen, kann schwierig und problematisch werden. Im schlimmsten Fall kann ein Fahrzeugbrand die böse Folge sein. Daher sollte man bei der Reparatur von Autoradios besser keine technischen Kompromisse eingehen. Der Originalität ist genügend gedient, wenn bei der Reparatur auf eine Neulackierung der Gehäuse verzichtet und somit die äußerliche Patina erhalten wird.

Bei einer Reparatur wird das Hauptaugenmerk auf eine möglichst sichere Funktion gerichtet, wohl wissend, daß dabei mitunter die Originalität des Innenlebens „zeitweise“ auf der Strecke bleibt, wobei die Einschränkung „zeitweise“ bedeutet, dass eine solche Reparatur rückbaubar ist, der Originalzustand also wieder hergestellt werden kann. Dazu werden in manchen Fällen die ausgebauten, alten und defekten Bauteile aufbewahrt. Auch diese Bauteile nämlich sind ein Stück Technikgeschichte!

Das heißt jedoch nicht, dass der komplette Austausch des Innenlebens eines Radios gegen eine komplette neue Empfangstechnik noch als Reparatur zu bezeichnen ist. Dies ist eher ein Ausschlachten, Auskernern, Ausweiden und damit eine nicht wieder

rückgängig zu machende Zerstörung von historischem Kulturgut, die nur dann akzeptiert werden kann, wenn es sich um ein wirklich irreparables Schrottgerät handelt.

## 2 Radio-Empfangstechnik

### 2.1 Drahtlose Übertragung von Sprache und Musik

Das menschliche Gehör kann Schallschwingungen bis zu etwa 20 kHz hören, wobei mit zunehmendem Alter diese Obergrenze sinkt. Je niedriger die obere Frequenzgrenze liegt, umso dumpfer klingt die Tonwiedergabe, was vor allem bei Musik auffällt. Frequenzen in diesem Bereich bezeichnen wir als Niederfrequente (NF) Signale.

Zu drahtlosen Übertragung von Sprache und Musik als elektromagnetische Wellen sind diese NF-Signale aufgrund physikalischer Eigenschaften ungeeignet. Außerdem könnte man in diesem Frequenzbereich sowieso nur einen einzigen "Sender" gleichzeitig übertragen.

Daher moduliert man die zu übertragende NF-Schwingung auf Wellen mit höheren Frequenzen. Diese nennt man Trägerfrequenz. Man "verschiebt" praktisch die zu übertragende Niederfrequenz in einen höheren Frequenzbereich (Hochfrequenz, HF).

Im Mittelwellenbereich liegt diese Trägerfrequenz im Bereich zwischen 531 kHz bis 1611 kHz und im Langwellenbereich zwischen 153 kHz und 279 kHz.

Das Kanalraster, also der Abstand zwischen zwei Sendern, beträgt 9kHz (in den USA 10kHz). In diesen Frequenzbereichen lassen sich daher eine Vielzahl von Kanälen unterbringen, ohne dass sich diese gegenseitig stören.

Jede dieser Trägerfrequenzen „trägt“ die jeweilige Information als aufmoduliertes Niederfrequenz- (NF-) Signal. Im Mittelwellenbereich ist die obere Grenze für die zu übertragende NF, also der Tonumfang, auf 4.500Hz (4,5kHz) begrenzt, entsprechend dem halben Kanalabstand. Warum der Tonumfang nicht dem Kanalabstand von 9 kHz entspricht, hat technische Gründe (Seitenbänder links und rechts des Trägers), deren Erläuterung den Rahmen dieses Berichts aber sprengen würde.

Zum Vergleich: Im UKW-Bereich beträgt die Obergrenze der übertragenen Niederfrequenz (Tonfrequenz) 15.000Hz (15kHz). Daher ist die Klangqualität auf UKW gegenüber Mittelwelle deutlich besser.

UKW Übertragungen erfüllen die Anforderungen der alten HiFi-Norm DIN 45500.

Die Kanalbreite beträgt bei UKW nicht nur das Doppelte der zu übertragenden Niederfrequenz, das wären 30kHz, sondern 200kHz. Der Grund hierfür ist, daß neben der Niederfrequenz auch noch Signale für Stereo und weitere Informationen, z.B. RDS übertragen werden müssen. Der Kanalabstand (Kanalraster) ist sogar noch größer und beträgt in Deutschland 300kHz.

Die modulierte Hochfrequenzspannung wird über eine Sendeantenne als elektromagnetische Welle abgestrahlt und kann über weite Entfernungen empfangen werden. Das Prinzip der drahtlosen Übertragung elektromagnetischer Wellen hat der deutsche Physiker Heinrich Hertz (\*1857, +1894) experimentell nachgewiesen.

Die mathematisch-physikalischen Grundlagen hatte James Clerk Maxwell bereits (\*1831, +1879) geschaffen.

Guglielmo Marconi, \*1874, +1937) konnte auf der Basis der Arbeiten von Heinrich Hertz durch experimentelle Versuche weitere Erkenntnisse gewinnen und diese schließlich in erste reale Anwendungen umsetzen. Im Jahre 1895 gelang ihm erstmalig eine Übertragung über eine Entfernung von 1,5km in Schweizer Alpen. Diese Übertragung war jedoch keine Sprache oder gar Musik, sondern nur der Nachweis, das „Etwas“ angekommen ist.

Die Einheit der Frequenz, physikalisch „Schwingungen pro Sekunde“, ist benannt nach Heinrich Hertz (Hz).



## 2.2 Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation

Das Prinzip der Modulation ist recht einfach erklärt. Wir unterscheiden zwischen Amplitudenmodulation und Frequenzmodulation.

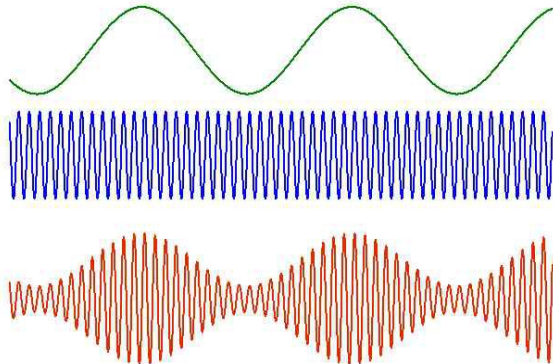


Abbildung 2.1: Amplitudenmodulation (AM)

Bei der Amplitudenmodulation (AM) wird die Amplitude, also die Höhe der Trägerfrequenz durch die Niederfrequenz gesteuert, während die Frequenz der Trägerwelle konstant ist.

Grüne Kurve: Tonsignal, Niederfrequenz (NF)  
 Blaue Kurve: Trägerfrequenz (HF)  
 Rote Kurve: Amplitudenmoduliertes HF-Signal

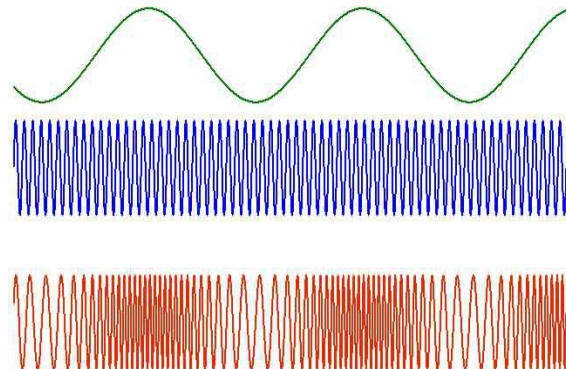


Abbildung 2.2: Frequenzmodulation (FM)

Bei der Frequenzmodulation (FM) wird die Amplitude der Trägerwelle konstant gehalten und die Frequenz durch die Niederfrequenz gesteuert.

Grüne Kurve: Tonsignal, Niederfrequenz (NF)  
 Blaue Kurve: Trägerfrequenz (HF)  
 Rote Kurve: Frequenzmoduliertes HF-Signal

Da die Amplitudenmodulation (AM) schaltungs-technisch deutlich einfacher zu realisieren ist, wurde diese von Anfang an für die Radiofrequenzbereiche LW, MW und KW verwendet. Bei der Amplitudenmodulation muß lediglich die Verstärkung einer HF-Stufe in Abhängigkeit der Niederfrequenz kontinuierlich verändert werden.

Die Erzeugung einer frequenzmodulierten Schwingung hingegen ist wesentlich aufwendiger. Praktikable Lösungen hierfür standen in den Anfangsjahren der Rundfunktechnik noch nicht zur Verfügung.

### Anmerkung:

Die seit Jahrzehnten aus dem anglo-amerikanischen Sprachbereich übernommenen und leider weltweit verbreiteten Begriffe AM und FM für die Empfangsbereiche LW, MW, KW einerseits, und UKW andererseits haben also, rein physikalisch und technisch gesehen, absolut nichts mit den wirklichen Frequenzbereichen zu tun. Aus rein technischer und meiner eigenen Sicht (meiner persönlichen Meinung) dürfen diese Bezeichnungen daher mit Fug und Recht als Blödsinn bezeichnet werden. Man könnte im UKW-

Bereich zum Beispiel auch AM und im Mittelwellenbereich FM verwenden, selbst wenn eine AM-Übertragung im UKW Bereich nicht sinnvoll wäre.

Auf den großen Vorteil der Störuneempfindlichkeit der Frequenzmodulation gegenüber der Amplitudenmodulation, und warum das so ist, wird im nächsten Kapitel eingegangen.



### 2.3 AM/FM Störverhalten im Vergleich

Ein wesentlicher Vorteil der Frequenzmodulation ist die größere Unempfindlichkeit gegenüber Störungen.

Warum ist das so?

Störungen können sich dort besonders stark auswirken, wo das Nutzsignal am schwächsten ist. Dies ist im Eingangsbereich des Empfängers der Fall, da dort die sehr geringen elektrischen Signale der Antenne verarbeitet werden.

Sehen wir uns die zu übertragenden Signale an. Die Information wird, wie vorhin beschrieben, durch Modulation des Nutzsignals auf eine Trägerwelle übertragen. Dieses elektrische Signal wird von der Sendeantennen ausgestrahlt und als elektromagnetische Welle drahtlos übertragen.

Störungen, zum Beispiel durch Schaltfunken (Zündanlagen), oder durch Elektromotore und Generatoren (z.B. eine Gleichstrom Lichtmaschine mit Regler), werden ebenfalls als elektromagnetische Welle

ausgestrahlt. Die Zuleitungen zu diesen Störern wirken dabei als Sendeantenne. Daher breiten sich diese Störungen in gleicher Weise wie die Nutzsignale aus. Die Antenne im Empfänger nimmt die Trägerwelle des Nutzsignales auf, aber leider auch die Störungen, denn sie kann nicht unterscheiden zwischen Nutzsignal und Störsignal. Am Antennenanschluß steht ein elektrisches Signal zu Verfügung, das ebenfalls Nutzsignal und Störsignalanteile enthält.

Die Störungen erzeugen Amplitudenspitzen, die sich der empfangenen, gewünschten HF-Schwingung überlagern, also deren Höhe (Amplitude) verändern.

Bei der Amplitudenmodulation (AM) wird das Niederfrequenzsignal wie in Kapitel 2.2 beschrieben, quasi direkt durch die Amplitude der HF-Schwingung abgebildet. Nach der Demodulation erhält man daher als „Abbild“ der Amplitude die Niederfrequenz, die somit leider auch alle Störimpulse enthält.

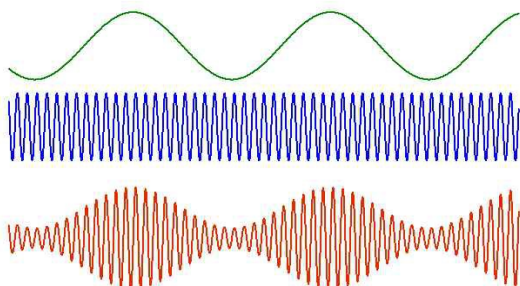


Abbildung 2.3: Vom Sender abgestrahlte Schwingung mit Amplitudenmodulation.

Rote Kurve.

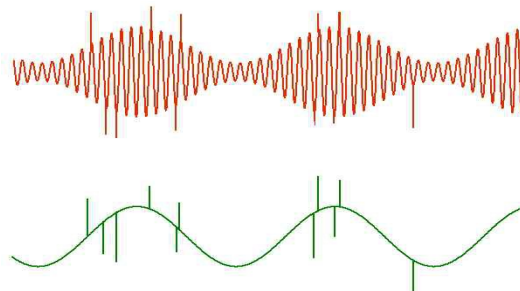


Abbildung 2.4: Störimpulse auf der Empfangsseite bei Amplitudenmodulation.

Rote Kurve: HF Schwingung im Radio, mit Störung  
Grüne Kurve: Nutzsignal, mit Störung

Bei der Frequenzmodulation hingegen bleibt die Amplitude der Trägerwelle unverändert, das Nutzsignal verändert nur die Frequenz. Störimpulse, wie vorhin beschrieben, beeinflussen aber nicht die Frequenz des übertragenen Signals, sondern die Amplitude. Nun wendet man im Empfänger einen einfachen Trick an, um diese Störimpulse zu unterdrücken. Man begrenzt einfach die Höhe der HF-Schwingung und schneidet

die Störimpulse dadurch einfach ab. Diese Begrenzung ist technisch sehr einfach machbar, man betreibt einfach eine Röhre, meistens eine Röhre im ZF-Verstärker, mit geringer Anodenspannung. Die Röhre wird dadurch übersteuert und klippt die Störimpulse weg. Bei Transistorgeräten wurden später auch zwei antiparallel geschaltete Halbleiterdioden als Begrenzer verwendet; der Erfolg ist der gleiche.

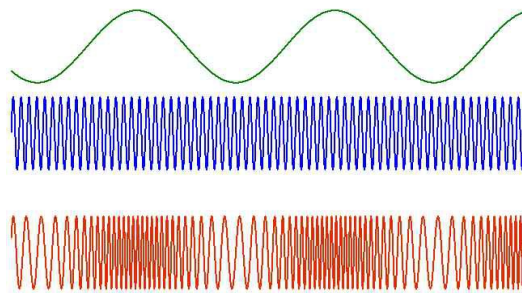


Abbildung 2.5: Vom Sender abgestrahlte Schwingung mit Frequenzmodulation

Rote Kurve.

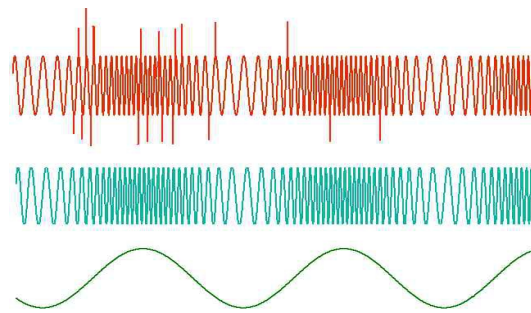


Abbildung 2.6: Störimpulse auf der Empfangsseite bei Frequenzmodulation.

Rote Kurve: HF Schwingung im Radio mit Störung  
 Hellblaue Kurve: Die Amplitudenbegrenzung klippt die Störimpulse  
 Grüne Kurve: Nutzsignal, Störungsfrei

Nun höre ich wohl die Frage, warum in einigen Autos auch bei UKW-Empfang trotzdem leichte Störungen hörbar sind. Die Antwort lautet: Auch durch direkte Einkopplungen können Autoradios gestört werden. Hierzu zählen z.B. Störimpulse auf der Bordspannung und Masseprobleme. Letztere können vor allem bei Röhrenradios leicht auftreten, da diese Geräte aus mehreren Teilgeräten bestehen, die durch Kabel miteinander verbunden sind. In diesen Kabeln befindet

sich eine Masseleitung. Zusätzlich werden die Gehäuse der Teilgeräte meistens ebenfalls mit Masse verbunden. Diese unterschiedlichen Massepunkte können Störschleifen bilden.

Oft hilft nur Suchen und Experimentieren, wenn sich eine Störung als sehr beseitigungsresistent erweist. Hinweise und Tipps zur Entstörung finden sich im Kapitel 9.

## 2.4 Warum heißen die Frequenzbereiche eigentlich LW, MW, KW und UKW

Wir haben im vorigen Abschnitt erfahren, daß die Kennzeichnung der Rundfunkbereiche auf Basis der Wellenlänge der Trägerfrequenzen festgelegt wurde. Im Sprachgebrauch waren daher lange Zeit Begriffe wie "lange Wellen" für LW, "Mittelwellen" für MW, "kurze Wellen" für KW, sowie "Ultra kurze Wellen" für UKW üblich.

Diese Abkürzungen wurden früher auf den Skalen der Rundfunkempfänger aufgedruckt und waren für jedermann verständlich. Sie wurden erst im Laufe der 70-er Jahre auch in Deutschland durch die Begriffe AM und FM ersetzt.

Aber wir haben vorhin auch erfahren, dass es eigentlich Frequenzen sind, die in Hz, kHz oder MHz gemessen werden, und nicht in Länge, deren Einheit Meter (m) ist.

Was ist nun richtiger?

Beides ist richtig.

Bei Rundfunkwellen handelt es sich um elektromagnetische Wellen.

Die Wellenlänge wird in Formeln mit dem griechischen Buchstaben für "L" ( $\lambda$ , Lambda) bezeichnet.

Der Zusammenhang zwischen der Frequenz und der Wellenlänge bei Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ist

$$c = \lambda * F$$

wobei F die Frequenz in Hertz (Hz) und c die Lichtgeschwindigkeit ist, für die in Luft mit 300.000.000 m/s gerechnet werden darf.

Der exakte Wert im Vakuum beträgt 299.792.458 m/s

Daraus berechnen sich für die verschiedenen Wellenbereiche folgende Zusammenhänge.

Bereich		Frequenz	zugehörige Wellenlänge		Frequenz	zugehörige Wellenlänge
LW	von	153 kHz	1961 m	bis	279 kHz	1075 m
MW	von	531 kHz	565 m	bis	1611 kHz	186 m
KW (49m-Band)	von	5,9 MHz	50,9 m	bis	6,2 MHz	48,4 m
UKW	von	85 MHz	3,53 m	(früher) bis	100 MHz	3 m
				(heute) bis	108 MHz	2,78m

1 kHz = 1000 Hz, 1 MHz = 1000 kHz

Tabelle 1: Wellenbereiche, Wellenlängen, Frequenzen

#### Anmerkung:

Hierher rührt übrigens auch der Begriff "Lambda-Viertel-Antenne". Autoantennen haben meistens eine Länge von ca. 75 cm, was im UKW-Bereich etwa  $\frac{1}{4}$  der Wellenlänge entspricht, wie der obigen Tabelle zu entnehmen ist.

### 3 Empfängertechnik

#### 3.1 Selektion

Es folgen nun ein einige Erläuterungen zur Funktion und Technik von Rundfunkempfängern. Ich versuche auch dies in einfachen Worten allgemeinverständlich zu schreiben, es ist schließlich eine ganz andere Materie, als die üblichen Benzingespräche.

Die von der Antenne empfangenen Radiowellen sind elektrische Signale mit sehr geringen Spannungen, die gefiltert und verstärkt werden müssen, um über einen Lautsprecher wieder als hörbare Schallwellen abgestrahlt zu werden.

Gefiltert, genauer gesagt, selektiert müssen diese Frequenzen, weil die Antenne eine Vielzahl verschiedener Sender (Trägerfrequenzen) empfängt. Dieser „Wellensalat“ wäre wahrlich kein Hörgenuss!

Verstärkt, weil die Signale viel zu schwach sind, um im Lautsprecher wieder gegeben zu werden. Ohne Verstärkung wäre höchstens Kopfhörerempfang möglich (Detektorempfänger).

Die Selektion erfolgt durch abstimmbare elektrische Schwingkreise. Die genaue Funktionsbeschreibung (Thomson'sche Formel) würde hier aber doch zu weit führen und eventuell langweilen.

Nur soviel sei hier gesagt: Da jeder Sender auf einer bestimmten Frequenz, genannt „Trägerfrequenz“

sendet, muß genau diese Frequenz aus dem empfangenen Frequenzgemisch herausgefiltert werden. Hierzu wird im einfachsten Fall ein Schwingkreis verwendet. Dieser besteht aus einem Kondensator und einer Spule. Eines dieser Bauelemente ist veränderbar und daher kann die Resonanzfrequenz des Schwingkreises verändert, auf den gewünschten Sender „abgestimmt“ werden. Das jeweils andere Bauelement hingegen ist nicht veränderbar.

In den allerersten Jahren wurden auch bei Autoradios, wie bei Heimempfängern üblich, für abstimmbare Schwingkreise Drehkondensatoren mit Luft als Dielektrikum (Isolator) verwendet. Aus konstruktiven Gründen hat sich aber bei Autoradios die induktive Abstimmung mittels veränderlichen Spulen (Variometer) über lange Zeit fast vollständig durchgesetzt. Hierbei taucht ein Kern aus einem speziellem Material (HF-Eisen, Ferrite, oft als Sintermaterial) in eine Spule und verändert somit deren Induktivität.

Ein schönes Beispiel für eine induktive Abstimmereinheit findet sich in den Philips Paladin Autoradios. Diese Geräte sind sehr übersichtlich aufgebaut, was der Servicefreundlichkeit zu Gute kommt. Diese Übersichtlichkeit wurde unter anderem

dadurch erreicht, daß im Frontbedienteil Empfangsseitig nur die HF-Eingangsstufen mit den abstimmbaren Schwingkreisen, die Oszillatorstufen mit den zugehörigen Mischstufen und das erste ZF-Filter vorhanden sind. Selbstverständlich ebenfalls im Bedienteil vorhanden ist der Ein/Aus-Schalter, der Lautstärke- und der Klangregler.

Alle weiteren ZF-Stufen, die Demulatoren, der komplette NF-Verstärker, sowie der Spannungswandler

befinden sich in der zweiten Komponente des Philips Paladin. Dieses Teil wird im 170er in dem dafür vorgesehenen Einbauschacht eingebaut. Beide Komponenten sind mit einem mehrpoligen, steckbaren Kabel verbunden.

Die vorhin verwendeten Begriffe wie Oszillatorstufen, Mischstufen, ZF-Filter und Modulatoren werden im Abschnitt 4.3 „Überlagerungsempfänger“ beschrieben.

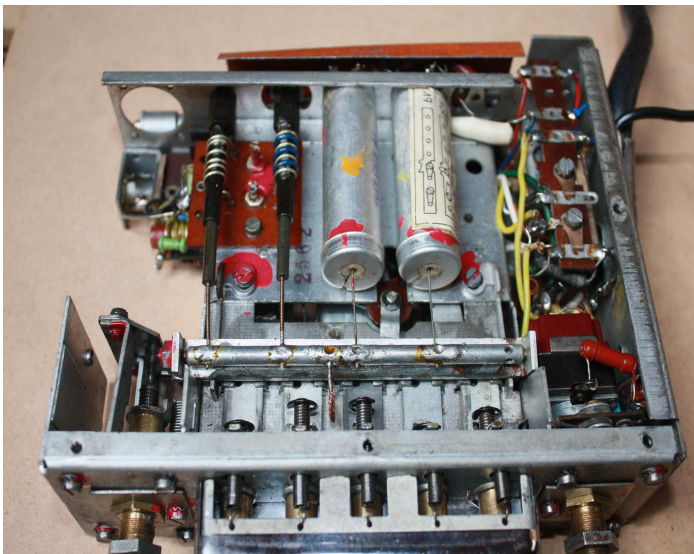


Abbildung 3.1: Abstimmereinheit des Philips Paladin ND 551

Das nebenstehende Bild zeigt die Abstimmereinheit eines Philips Paladin ND-551 in der ersten Version ab 1953.

Die späteren Versionen ND-551V und ND-551V-01 hatten als sogenannte Vorstufen-Super für die Wellenbereiche LW und MW einen zusätzlichen, abstimmbaren HF-Kreis und eine Röhre mehr.

Von links nach rechts sieht man die Spule für den UKW HF-Schwingkreis und die Spule für den UKW-Oszillator, beide erkennbar an den wenigen Windungen mit relativ dickem, versilberten Draht.

Daneben sieht man die Abschirmbecher aus Alu-Blech, in denen sich die HF-Spulen für LW, MW und die Oszillator-Spulen für LW, MW befinden.

In alle Spulen werden die Abstimmkerne eingeschoben.

Die Vorstufen Super Philips Paladin ND551-V und V01 erkennt man daran, daß rechts neben den beiden großen, zylindrischen Abschirmbechern ein zusätzlicher Abschirmbecher für die LW und MW HF-Vorkreise vorhanden ist, in den ebenfalls ein Abstimmkern eintaucht. Für die zusätzliche HF-Verstärkerröhre (EF89) ist in der kreisförmigen Aussparung, im Bild auf der hinteren linken Chassisseite zu sehen, ein Röhrensockel vorhanden.

Ganz im vorderen Bildteil sieht man die Mechanik der fünf Speichertasten. Ganz rechts ist das kombinierte Lautstärke- und Klangregler Potentiometer mit Ein-/Ausschalter zu sehen. Ganz links sieht man den mechanischen Antrieb zur Sendereinstellung, der mit einem Schneckenantrieb arbeitet. Dieser setzt die Drehbewegung des Abstimmknopfes in eine lineare Bewegung für die Abstimmkerne um.

Erst einige Jahrzehnte später kamen in Autoradios wieder vereinzelt Drehkondensatoren zum Einsatz, bis diese schließlich komplett durch Halbleiter in Form von Abstimmioden (varicaps) verdrängt wurden. Diese winzig kleinen Halbleiterdioden kommen ohne mechanisch bewegte Teile aus. Abstimmioden verändern ihre Kapazität durch Anlegen einer einstellbaren Gleichspannung. Diese kann zum Beispiel mit einem Potentiometer erzeugt werden (Handabstimmung), oder über einen Mikroprozessor für eine vollautomatische Abstimmung, z.B. einen Sendersuchlauf.

Da diese Geräte aber meiner Meinung nach in einem 170er nichts zu suchen haben, werde ich auf diese Gerätekonzepte hier nicht näher eingehen.

### 3.2 Geradeausempfänger

Die ersten Empfänger für den Heimgebrauch arbeiteten als sogenannte Geradeausempfänger; das gleiche Empfangsprinzip, wie zum Beispiel später auch beim Volksempfänger ab 1933 verwendet wurde. In der Frühzeit wurden vereinzelt Versuche unternommen, auch Autoradios nach diesem Prinzip zu entwickeln. Aber wegen der vielfältigen Probleme dieses Empfangsprinzips, vor allem im nicht-stationären Betrieb, konnten sich diese Geräte nie durchsetzen. Trotzdem soll an dieser Stelle deren Funktion kurz erklärt werden, um später die Besonderheiten des über viele Jahrzehnte ausschließlich eingesetzten Überlagerungsempfängers besser zu verstehen.

Aus dem von der Antenne kommenden HF-Signalgemisch wird, wie im vorigen Abschnitt beschrieben, die Frequenz des gewünschten Senders selektiert und danach aus dieser HF im Demodulator (Kapitel 3.4 auf Seite 15 ) das Nutzsignal (NF, Tonsignal, Musik und Sprache) gewonnen. Nach der Verstärkung im NF-Verstärker wird das Tonsignal auf den Lautsprecher gegeben. Der Signalverlauf ist über diese Strecke gradlinig, daher der Begriff Geradeausempfänger.

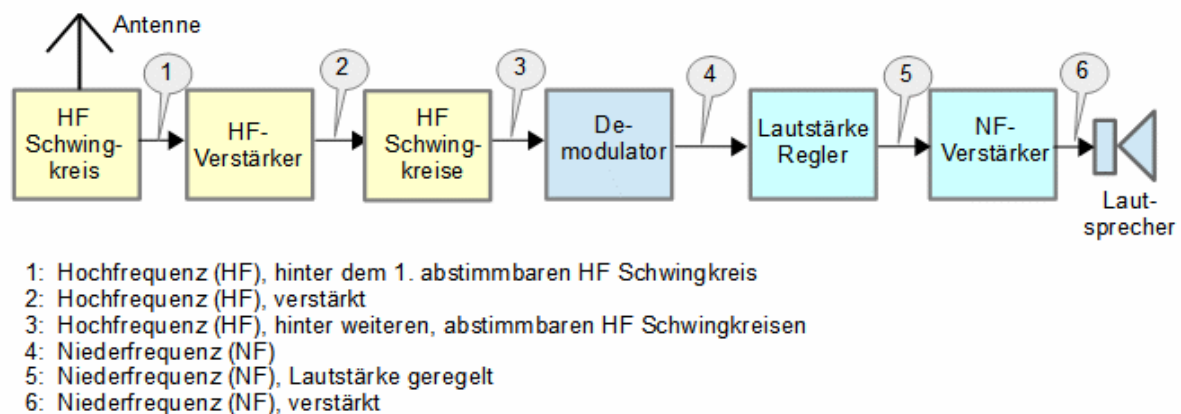


Abbildung 3.2: Blockschaltbild eines Geradeausempfängers

Die einfachsten Geradeausempfänger hatten nur einen einzigen Schwingkreis, (z.B. alle Volksempfänger).

Mit solch einem Schwingkreis kann man eine bestimmte Frequenz, also einen bestimmten Sender selektieren. Leider ist diese Selektion aus technischen Gründen nicht so optimal, daß man mit einem einzigen Schwingkreis auskommen würde. Die geringe Trennschärfe führt dazu, daß neben dem gewünschten Sender auch starke Nachbarsender, wenn auch leise, zu hören sind. Es müssen daher mehrere Schwingkreise hintereinander geschaltet werden, um die erforderliche Trennschärfe zu erreichen. Das Problem hierbei ist aber, daß alle diese Schwingkreise absolut auf genau die gleiche Empfangsfrequenz eingestellt werden müssen. Das nennt man Gleichlauf. Der technische Aufwand hierfür ist sehr hoch. Aus diesen Gründen ist es unwirtschaftlich, mehrere Schwingkreise auf

absoluten Gleichlauf zu fertigen. Toleranzen und Temperatureinflüsse sind nur zwei der vielen Probleme, die dabei auftreten. Heimempfänger nach diesem Prinzip hatten meistens für jeden einzelnen Schwingkreis Feinabstimmkondensatoren, die bei der Senderwahl händisch nachgestellt werden mußten. Es ist naheliegend, daß dies in einem Auto nicht praktikabel ist.

Auf die Besonderheiten von Geradeausempfängern mit einstellbarer Rückkopplung soll hier nicht eingegangen werden. Diese Geräte sind in der Bedienung kompliziert und für den Betrieb im Auto daher ebenfalls nicht geeignet.

Es liest sich wie eine Anekdote, entspricht aber der Wirklichkeit: In den ersten Jahren mußte der Radiohörer, der sich einen Empfänger mit Rückkopplung (Audion) zulegte, eine Art „Führerscheinprüfung für Radios“ ablegen; er mußte



nachweisen, daß er sowohl über die praktischen, technischen Kenntnisse, als auch über die theoretischen Grundlagen zum ordnungsgemäßen Betrieb eines

solchen Gerätes verfügte. Das entsprechende Dokument nannte sich im Amtsdeutsch „Audion-Versuchserlaubnis“.

### 3.3 Überlagerungsempfänger

Die Aufgabe, mehrere Filterkreise ohne Gleichlaufprobleme zu realisieren, läßt sich sehr elegant mit einem anderen Empfangsprinzip lösen, dem Überlagerungsempfänger (Superheterodyne, Superhet, oder kurz: Super).

Man „mischt“ die Empfangsfrequenz mit einer einstellbaren Hilfsfrequenz, der Oszillator-Frequenz, die im Radioempfänger selbst erzeugt wird, bildet über eine relativ einfache Schaltung die Differenz beider Signale.

#### Beispiel:

Empfangsfrequenz = 1439 kHz (früher Radio Luxemburg im Mittelwellenbereich).

Oszillatorfrequenz = 1907 kHz. Die Differenz beträgt  $1907 \text{ kHz} - 1439 \text{ kHz} = 468 \text{ kHz}$ .

Ein anderer Sender war zum Beispiel Deutschlandradio des Senders Britz im Süden Berlins, der früher auf 990 kHz gesendet hat. Die im Radio erzeugte Oszillatorfrequenz wird auf 1458 kHz eingestellt.

Die Differenz beträgt wieder 468 kHz.

Genauso verhält es sich mit allen anderen Empfangsfrequenzen.

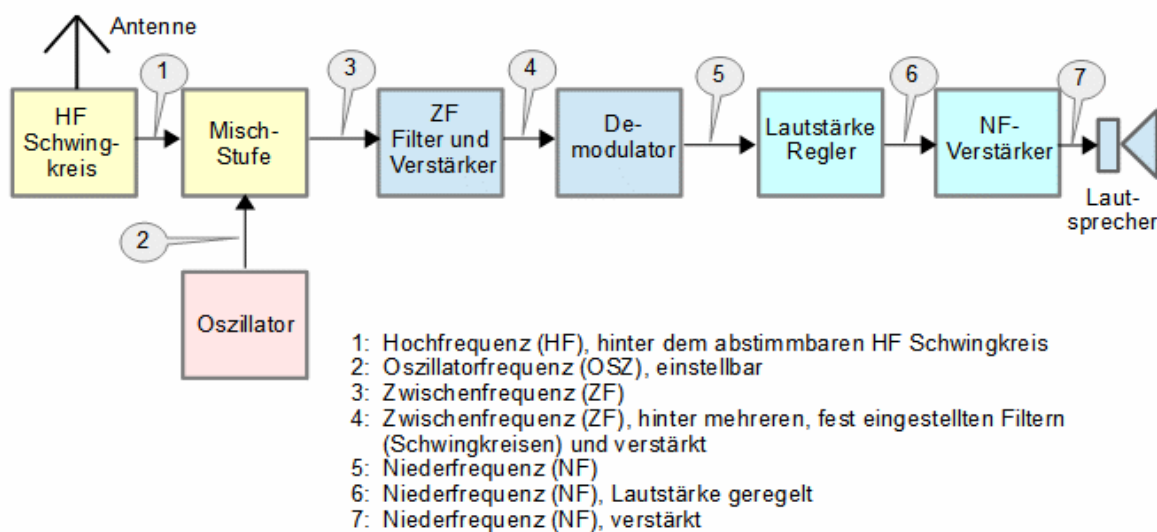


Abbildung 3.3: Blockschaltbild eines Überlagerungs-Empfängers

Der Gleichlauf zwischen gewünschter Empfangsfrequenz (HF-Schwingkreis) und Oszillatorfrequenz (OSZ-Schwingkreis) ist recht einfach zu realisieren, da es sich nur um zwei Schwingkreise handelt, die eingestellt werden müssen. Die entsprechenden Bauelemente, Drehkondensator oder abstimmbare Spulen, werden mechanisch gekoppelt und mit nur einem Knopf bedient.

Die Differenzfrequenz ist immer also gleich und nennt sich Zwischenfrequenz (ZF). Diese Zwischenfrequenz kann nun recht einfach mittels mehreren, auf die Zwischenfrequenz fest eingestellten (abgeglichenen) Schwingkreisen gefiltert werden. Diese fest eingestellten Schwingkreise nennt man ZF-Filter. Es gibt dabei kein Gleichlaufproblem mehr, da diese Filter nicht mehr verstellt werden.

Es ist verständlich, dass jeder Sender, dessen Frequenz nicht genau im Abstand von 468 kHz zur Oszillatorfrequenz liegt, eine ZF erzeugt, die diese Filterkette nicht passieren kann. Zum Beispiel ergäbe im obigen Beispiel des Deutschlandradios ein daneben liegender Sender auf einer Frequenz von 999kHz eine ZF von 459kHz ( $1458 \text{ kHz} - 999 \text{ kHz} = 459 \text{ kHz}$ ). Diese unerwünschte ZF würde mit den ZF-Filtern herausgefiltert.

Im Zwischenfrequenzteil eines Radios sorgen Ver-

stärkerbauelemente (Röhren oder Transistoren) für die erforderliche Verstärkung der sehr kleinen Eingangsspannungen. Näheres hierzu, siehe im Abschnitt „Verstärkung“ im Kapitel 3.5 auf Seite 15.

Das Überlagerungsprinzip hat sich aufgrund seiner vielfältigen und großen Vorteile über viele Jahrzehnte durchgesetzt, wurde auch in Fernsehempfängern verwendet und wird erst in jüngster Zeit durch rein digitale Verfahren abgelöst (software-defined-radio).

#### Hierzu noch eine Anmerkung:

Die ZF ist nicht für alle geographischen Bereiche auf genau den gleichen Wert festgelegt, sondern kann durchaus unterschiedlich sein. Der Hauptgrund hierfür ist meistens die Vermeidung von Interferenzen zwischen Oberwellen der ZF-Frequenz und regionalen Rundfunksendern. Solche Interferenzen können zu

störenden Pfeifgeräuschen führen. Die genaue ZF ist oft direkt auf den Chassis der Rundfunkempfänger eingeprägt, aufgestempelt oder im zugehörigen Schaltplan eingetragen und muß beim Abgleich eines Gerätes genau eingehalten werden.

### 3.4 Demodulator

Am Ende der ZF-Filterkette steht ein ZF-Signal mit gutem Pegel und sehr gut gefilterter Frequenz zur Verfügung. In unserem Beispiel, siehe im Kapitel 3.3 auf Seite 14, beträgt diese Frequenz 468kHz. Dieser ZF ist unser gewünschtes NF-Signal (Musik und Sprache) aufmoduliert. Also muß die NF noch von der ZF getrennt werden. Dies geschieht in einem Demodulator. Das war bei komplett mit Röhren bestückten Geräten eine Röhren-Diode, später kamen Halbleiterdioden zum Einsatz. „Demodulieren“ klingt kompliziert, aber eine Demodulation ist bei AM (Amplitudenmodulation) schon mit 3 Bauteilen möglich: eine Diode, ein Widerstand und ein kleiner Kondensator.

Das Empfangsprinzip ist vom Prinzip her für die LW, MW und KW Bereiche, sowie für UKW das Gleiche. Lediglich die Demodulatorstufe ist bei UKW wegen der Frequenzmodulation anders und etwas komplizierter aufgebaut.

Quasi als Ausgleich für den höheren Aufwand ist die Frequenzmodulation wesentlich toleranter gegenüber Störungen.

Die Schaltung eines FM-Demodulators (zum Beispiel Flankendemodulator, später Ratio-Detektor) zu erklären, würde den Rahmen dieses Reports sprengen und ist für das generelle Verständnis eines Radios nicht so relevant.

### 3.5 Verstärkung

Kommen wir nun zum Thema der erforderlichen Verstärkung. Die von der Antenne gelieferten Empfangssignale sind sehr schwach. Übliche Werte liegen in den Bereichen LW, MW bei 5 bis 20µV, bei UKW bei 10 bis 20µV, ( $1\mu\text{V} = 0,000001 \text{ V}$ ).

Bei solch kleinen Antennenspannungen wird sofort ersichtlich, warum es so wichtig ist, ein Auto zu „entstören“. Bereits kleine Störspannungen überlagern sich den Antennenspannungen (Nutzsignalen) und führen zu heftigen Störgeräuschen im Lautsprecher. Besonders kritisch ist dies bei den Wellenbereichen mit

Amplitudenmodulation (LW, MW und KW), während UKW aufgrund der Frequenzmodulation diesbezüglich deutlich toleranter ist, wie bereits erwähnt wurde.

Autos mit Dieselmotoren sind einfacher zu entstören als Benzin, da bei Dieselmotoren der Haupt-Störfried fehlt, nämlich die Zündanlage. Bei Autos mit Dieselmotor ist die Lichtmaschine der Haupt-Störsender, wobei Lichtmaschinen im Gegensatz zu Zündanlagen relativ leicht zu entstören sind.

Auf das Thema Entstörung wird im Kapitel 9.2.1 auf Seite 46 näher eingegangen.



Diese sehr kleinen Eingangsspannungen werden mittels Röhren (später Transistoren) verstärkt. Da Schwingkreise auch Verluste verursachen, müssen natürlich auch diese Verluste durch verstärkende Bauelemente ausgeglichen werden.

Sinnvollerweise werden daher Verstärkerröhren sowohl direkt am Eingang, als auch zwischen den einzelnen ZF-Schwingkreisen, sowie im Niederfrequenzzweig angeordnet.

Wie wir im Abschnitt „Demodulator“ erfahren haben, steht hinter der Demodulatorstufe die Niederfrequenz (Musik und Sprache) zur Verfügung, wenn auch mit noch recht geringem Signalpegel. Dieser Signalpegel würde bereits ausreichen für eine Kopfhörerwiedergabe oder zur Aufnahme auf einem Tonbandgerät oder

Kassettenrekorder. Für eine Lautsprecherwiedergabe ist dieses Signal aber noch viel zu schwach.

Daher folgt auf die Demodulatorstufe der Niederfrequenzverstärker, mit Lautstärkeregel und Klangregler.

Es ist nun verständlich, daß anstelle der vom Demodulator erzeugten Niederfrequenz auch eine extern eingespeiste Niederfrequenz, zum Beispiel von einem Kassettenspieler, Plattenspieler oder MP3-Player dem NF-Verstärker zugeführt werden kann. Dies wäre die einfachste und, weil jederzeit wieder rückbaubar, auch die sinnvollste und beste Modifikation eines historischen Radios, um „eigene“ Musik darüber wiederzugeben. Siehe hierzu Kapitel 8 auf Seite 43.

#### 4 Der schrittweise Übergang von Röhrengeräten zu Transistorgeräten

Allgemein gelten die US-Physiker William Shockley, John Bardeen und Walter Brattain, seinerzeit tätig in den AT&T Bell Labs (Murray Hill, nahe New York), als Erfinder des Transistor. Sie erhielten 1956 dafür den Nobelpreis,

Nahezu vollkommen ungekannt ist jedoch, das fast zeitgleich und unabhängig von den Arbeiten in den USA der Transistor auch in Deutschland erfunden wurde. Die beiden Physiker Heinrich Welker (\*1912, +1981) und Herbert Mataré (\*1912, +2011) hatten zu dieser Zeit in Deutschland für die französische *Compagnie des Freins et Signaux Westinghouse* gearbeitet. Im Rahmen ihrer Forschungen entwickelten sie den ersten Euroäischen Transistor, dem sie den Namen "Transistron" gaben. Eine Ehrung für ihre Erfindungen ist ihnen aber bis heute leider „erspart“ geblieben, wohl auch, weil in diesen frühen Nachkriegsjahren Deutschland andere Sorgen hatte, als Laborergebnisse zum Patent anzumelden.

Die ersten (Labor-) Transistoren waren lediglich für Gleichströme zu verwenden und arbeiteten noch sehr unzuverlässig. Bis Transistoren für industrielle Einsetze verfügbar waren, war noch viel Entwicklungsarbeit erforderlich, vor allem auf dem Gebiet der Erzeugung hochreiner Kristalle (Germanium und Silizium).

Probleme bestanden unter anderem darin, stabile und hohe Verstärkungsfaktoren zu erreichen und außerdem die technisch bedingten Grenzfrequenzen so zu erweitern, dass Transistoren auch für höhere Frequenzen einsetzbar waren.

Es dauerte daher noch Jahre, bis Transistoren mit guten Hochfrequenzeigenschaften zur Verfügung standen. Daher erfolgte der Übergang von Röhrengeräten hin zu Transistorgeräten schrittweise. Die ersten Geräte wurden in Mischbestückung noch mit Röhren in den HF, Osz und ZF Stufen bestückt, während in den Niederfrequenzstufen erste (Germanium-) Transistoren zum Einsatz kamen.

Nachdem schließlich auch Transistoren für HF-Anwendungen zur Verfügung standen, erfolgte der Übergang zu sogenannten Volltransistorgeräten, wobei einige Firmen recht zögerlich daran gingen, in den kritischen HF-Bereichen Transistoren einzusetzen.

Die Röhrentechnik war vollkommen ausgereift und ermöglichte hervorragende Gerätekonstruktionen. Die Transistortechnik stand, vor allem im Bereich der höheren Frequenzen mehr oder weniger noch in den Kinderschuhen, was sich dann aber bald ändern sollte. Röhrengeräte verschwanden dann sehr schnell vom Markt.

Der große Vorteil von Transistoren gegenüber Röhren besteht darin, daß Transistoren keine Heizleistung benötigen und die Betriebsspannung wesentlich geringer ist, als bei Röhren. Transistoren können daher bereits mit der damals noch weitestgehend üblichen Bordspannung von 6V betrieben werden.

In diesen Geräten mit Mischbestückung wurde dann auch als „Zerhacker“ für den Spannungswandler ein Transistor eingesetzt. Als bedeutender Vorteil erwies sich hierbei, daß dieser Spannungswandler nur noch die Hochspannung (Anodenspannung) für die mit Röhren

bestückten HF, Osz und ZF Stufen liefern musste. Die besonders leistungshungrige Endröhre war ja bereits durch Transistoren ersetzt worden. Somit konnte auch der Wandler deutlich einfacher und kompakter aufgebaut werden.

Als großer Vorteil der Geräte mit Mischbestückung ist die deutlich geringere Stromaufnahme zu sehen, da

der gesamte NF-Verstärker ohne Röhren auskommt und somit für diesen Schaltungsteil keine Heizleistung mehr benötigt wird. Allein die Einsparung der Heizleistung im NF-Verstärker spart ca. 1,2A Stromaufnahme.

(EL84:  $I_h = 760\text{mA}$ , EABC80:  $I_h = 480\text{mA}$ ).

## 5 Sind Röhrenradios reparierbar

Die häufige Frage, ob solche uralten Radios reparierbar sind, kann in den meisten Fällen mit JA beantwortet werden. Es sind keine Hexenwerke, wenn auch die Anzahl der Leute, die sich noch mit der Röhrentechnik auskennen, „biologisch bedingt“ leider immer geringer

wird. Ich vergleiche das mal mit dem know-how zu unseren Oldtimern. Wer von den derzeit ausgebildeten Automechanikern (Neudeutsch: Mechatronikern) kann noch einen ganz normalen Vergaser einstellen? Wie wird diese Situation in 20 Jahren aussehen????

### 5.1 Einfache und komplizierte Gerätetypen

Bei Röhren (Auto-)Radios gibt es, was den Reparaturaufwand aufgrund der Komplexität betrifft, eine große Bandbreite. Manche Geräte sind bezüglich der Schaltungstechnik durchaus "überschaubar", relativ einfach und schön übersichtlich aufgebaut. Dazu gehören die allermeisten Vorkriegsgeräte und frühe Nachkriegsgeräte, die nur über LW, MW und eventuell KW verfügen, fälschlicherweise mit "AM"-Bereich bezeichnet. Etwas komplizierter wurde es mit der

Einführung des UKW-Bereichs, ebenso fälschlich "FM"-Bereich genannt, wobei aber auch diese Geräte meistens noch gut zu reparieren sind.

Daneben gibt es aber auch recht komplizierte Geräte, z.B. solche mit automatischen Sendersuchlauf mit Motor oder mittels eines mechanischen Federwerks (Aufzugmechanik). Näheres zu diesem interessanten Thema findet sich in Kapitel 7.

### 5.2 Sicherheitshinweise

Die zum Betrieb der Röhren erforderliche Hochspannung wird mittels eines Wandlers (Zerhacker plus Transformator plus Gleichrichter) erzeugt. Der Zerhacker erzeugt aus der Gleichspannung der Autobatterie eine (pulsierende) Rechteckspannung. Diese wird mittels eines Transformators auf eine höhere Spannung umgesetzt. Hinter dem Transformator (Sekundärseite) richtet ein Gleichrichter diese

Wechselspannung gleich und nachgeschaltete große Siebkondensatoren (Elektrolytkondensatoren, Elkos) glätten diese Spannung. Röhrengeräte eignen sich daher eher nicht zum "Herumspielen". Die oft zu hörende Meinung, dass die Geräte „doch nur mit 6V oder höchstens 12V laufen und daher vollkommen ungefährlich sind“ ist falsch.

#### **Sicherheitshinweis, Warnhinweis:**

**! Röhrengeräte arbeiten mit hohen Anodenspannungen bis zu 250V. Das sind Spannungen, die durchaus lebensgefährlich sein können, zumindest einen heftigen Schreck auslösen können. !**

Bitte ebenso beachten:

**! Kondensatoren speichern Spannung auch wenn die Geräte ausgeschaltet sind und entladen sich nur langsam, wenn sie nicht durch den Röhrenstrom belastet werden. Je nach Kapazität kann diese Ladung noch sehr lange gespeichert werden. !**  
**■ Bei wirklich guten Kondensatoren können selbst nach Stunden noch über 80% der ursprünglichen Ladung gemessen werden. Das ist nicht ungefährlich!**

Insbesondere können Elektrolytkondensatoren große Mengen an elektrischer Energie speichern. Daher sollen diese Kondensatoren nach dem Ausschalten des Gerätes und vor weiteren Arbeiten an den Geräten entladen werden. Dies darf jedoch nicht durch einfaches Kurzschließen geschehen, auch wenn der kräftige Funke „schön knallt und blitzt“. Der hohe Kurzschlußstrom kann den Kondensator beschädigen. Vielmehr ist ein Entladewiderstand von ca. 4,7kOhm, eingelötet in Leitungen mit Krokodilklemmen an

beiden Enden, nützlich. Das Entladen sollte dann mit einem Multimeter überprüft werden.

Es sind also grundsätzlich immer entsprechende Vorsichtsmaßnahmen zu beachten. Bei eingeschaltetem Gerät und solange nicht sichergestellt ist, daß alle Kondensatoren entladen sind, keine Bauteile und kleine blanken Drähte, Lötstellen usw. mit bloßen Händen berühren.

**Vorsicht:**

**! Große und vor allem neue Kondensatoren können sich nach dem Entladen nach einiger Zeit wieder ein wenig aufladen, von selbst und ohne das eine externe Spannung angelegt wird. !**  
**■ Dieser Vorgang wird dielektrische Relaxation genannt.**

### 5.3 Aufwand und Machbarkeit einer Reparatur

Die wichtigste Frage nach dem möglichen Aufwand einer Reparatur, oder ob es sich überhaupt lohnt, ist: Was wurde an dem Gerät schon gemacht, gab es bereits (vergebliche) Reparaturversuche, wurde eventuell schon daran unfachgerecht gebastelt oder gar verbastelt?

Sodann stellt sich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit, wobei dazu in erster Linie der Wert eines Gerätes und dessen Seltenheit zu beachten ist. Ein Rundskalen-Telefunken Radio, ein Telefunkenradio mit Speichertasten, ein entsprechendes Becker Autoradio, ein Wandel und Goltermann oder ein Körting ist es eher wert, viele Stunden Zeit zu investieren, als zum Beispiel ein einfacheres Blaupunkt oder Philips Radio, soweit es sich hierbei nicht um seltenere Geräte mit Sendersuchlauf handelt.

Das kritischste sind bei Radios immer die Schwingkreise. Wenn die Spulen der Schwingkreise Ok sind (sind es meistens) und die Kreise nicht verstimmt sind, also kein Bastler daran "einfach so mal" herumgedreht hat, ist die Chance recht gut, ein solches Radio wieder zum spielen zu bringen. Bauteile gibt es noch, Hochvolt-Kondensatoren werden bei den bekannten Elektronikhändlern zwar auch langsam seltener, aber bei Firmen wie z.B. Bürklin sind die natürlich noch zu bekommen. Manche Radiosammler halten noch gute Bestände an Röhren; auch in der "elektronischen Bucht" werden zuweilen noch Röhren angeboten. Die gebrauchten Röhren in Autoradios sind oft noch gut und können auf Röhrenprüfgeräten gemessen werden. Der Verfasser verwendet hierzu ein Funke-W20.

#### 5.4 Vorsichtsmaßnahmen bei Einschalten von unbekannten Geräten

Sehr verlockend ist es, ein neu erworbenes Röhrenradio umgehend, aber ungeprüft "mal eben schnell" einzuschalten; vor allem wenn der Verkäufer gesagt hat "... als ich es ausgebaut habe, hat es noch gespielt." Danach hatte es aber 20 Jahre oder mehr auf dem Dachboden oder schlimmer, im feuchten Keller gelegen.

Generell gilt: Große Vorsicht ist beim Einschalten eines Röhrenradios geboten, wenn dieses lange gelagert wurde und wenn dessen Zustand unbekannt ist. Kondensatoren altern, vor allem bei Nicht-Benutzung der Geräte. Defekte Kondensatoren beschädigen oft andere Bauteile, z.B. die Endröhre. Aber diese kann man ersetzen. Richtig schlimm wird es, wenn ein Trafos beschädigt wird, zum Beispiel eine Wicklung durchbrennt. Das bedeutet dann meistens das Ende. Oder es wird seeeeeeeehr teuer. Es gibt kaum noch Firmen, die Transformatoren als Einzelstücke neu wickeln. Per Zufall einen, vor allem von den Abmessungen passenden, Ersatztrafo zu finden ist eine Art „Nadel im Heuhaufen“ suchen.

Im allerschlimmsten Fall kann durch ein defektes Bauteil in einem Röhrenradio sogar ein Brand ausgelöst werden - mit fatalen Folgen für das Auto. Ich habe bei Reparaturen schon etliche „angekockelte“

Widerstände gefunden, die aufgrund von durchgeschlagenen Kondensatoren überlastet wurden.

Daher sollten zumindest alle wichtigen Kondensatoren überprüft werden. Gewissenhafte Reparateure lassen keine Kompromisse zu und wechseln zweifelhafte Kondensatoren aus.

Ich wechsele grundsätzlich bei Röhrenradios alle kritischen Kondensatoren. Das ist oft mit sehr viel Arbeit und Zeitaufwand verbunden, da viele Röhrenautoradios aus Platzgründen extrem dicht verbaut sind. Bauteile werden in oft mehreren Ebenen übereinander liegend eingelötet und sind sehr schlecht zugänglich. Übersichtliche gedruckte Schaltungen gibt es bei diesen alten Radios noch nicht. Ich hatte schon Fälle, wo ich 2 Stunden brauchte, um die komplette Abstimmereinheit auszubauen, um nur 3 Kondensatoren zu erreichen und diese zu wechseln. Das Problem ist hierbei weniger das Ausbauen selbst, sondern der anschließende Zusammenbau. Wichtig ist immer eine sehr gute Dokumentation beim Ausbau, denn nach dem Einbau sollte alles wieder funktionieren, alle Leitungen und Drähte also wieder richtig angelötet sein.

Motto: „Lieber 10 Photos und Zeichnungen zu viel, als eine zu wenig“. Näheres zum Thema Kondensatoren findest sich in Kapitel 6.1 auf Seite 19.

#### 5.5 Entsorgen von Bauteilen

Die bei einer Reparatur ausgelöteten Bauteile dürfen, wenn sie nicht aufbewahrt werden sollen, nicht mit dem Hausmüll entsorgt werden. Besonders kritisch ist

dies bei Elektrolytkondensatoren, denn diese können für die Umwelt problematische chemische Stoffe enthalten.

### 6 Bauteile

Zu den Bauelementen und Konstruktionsteilen eines Radios gehören Kondensatoren, Widerstände, Spulen, Schalter, Potentiometer, Röhren, Transistoren, Halbleiterdioden und natürlich mechanische Komponenten, wie z.B. Seilzüge, Schieber, Hebel,

Zahnräder, Schneckenwellen, Federn – und auch nicht zu vergessen: Drähte und Kabel.

Da Kondensatoren zu den problematischsten Bauteilen gehören, gehe ich auf diese zuerst ein.

#### 6.1 Kondensatoren

Kondensatoren bestehen im Wesentlichen aus zwei Metallflächen (Metallfolien), die gegeneinander isoliert sind. Als Isolator wurde früher (ölgetränktes) Papier, später Kunststofffolien verwendet. Je größer die Fläche der Metallfolien ist und je kleiner deren Abstand

zueinander ist, umso größer ist die Kapazität des Kondensators. Die Metallfolien und die Isolationsfolien werden aufgewickelt, mit Anschlußdrähten versehen und mit einem Gehäuse umgeben.

Elektrolytkondensatoren (Elkos) verwenden als

Isolator eine dünne Oxidschicht. Diese entsteht durch eine elektrochemische Reaktion zwischen dem (flüssigen), elektrisch leitfähigen Elektrolyt und der Metallschicht.

Die ersten Elkos verwendeten noch „richtig flüssige“ Elektrolyte, man konnte es beim Schütteln hören. Später wurden mit Elektrolyt getränkte dünne Papierstreifen verwendet. Da die Oxidschicht im Vergleich zur Isolierschicht eines Folienkondensators viel dünner ist, kann man Elkos mit großer Kapazität sehr viel kleiner bauen, als dies bei Folienkondensatoren möglich ist. Sehr große Kapazitätswerte sind nur bei Elkos sinnvoll. Zu beachten ist, dass die meisten Elkos gepolt sind, d.h. Pluspol und Minuspol dürfen in einer Schaltung niemals vertauscht werden.

Die wichtigsten Kennwerte von Kondensatoren sind die Kapazität und die maximal zulässige Betriebsspannung. Die Kapazität wird gemessen in Farad, Formelzeichen „F“.

Gebräuchliche Werte sind jedoch kleinere Einheiten, z.B. pF (Piko Farad,  $10^{-12}$ ), nF (Nano Farad,  $10^{-9}$ ) und  $\mu$ F (Mikro Farad,  $10^{-6}$ ). Weitere Kennwerte, wie z.B. die Temperatur-abhängigkeit, Tangens-Delta, usw.

sollen hier nicht betrachtet werden.

Im Idealfall leiten Kondensatoren keinen Gleichstrom. Das trifft für Folienkondensatoren nahezu vollständig zu. Anders bei Elkos, diese haben einen gewissen, wenn auch sehr geringen Leckstrom. Bei neuen und bei guten Elkos kann dieser in den allermeisten Fällen vernachlässigt werden. Ältere Kondensatoren haben jedoch zum Teil unzulässig hohe Leckströme. Diese führen zur Erwärmung ( $P = U \times I$ ) und schädigen damit auf Dauer den Elko. Im schlimmsten Fall ist die Erhitzung so stark, daß der Elko explodieren kann.

Kondensatoren zählen, mit Ausnahme des elektromechanischen Zerhackers (siehe Kapitel 6.7 auf Seite 34), zu den Bauteilen, die im Laufe der Jahre die häufigsten Probleme verursachen. Der Grund hierfür ist, daß das Innenleben eines Kondensators zum Beispiel extrem empfindlich gegen Feuchtigkeit ist. Elektrolytkondensatoren leiden durch Austrocknen, der Elektrolyt dringt im Laufe der Zeit ins Freie. Zusätzlich kann Feuchtigkeit eindringen und das Werk der Zerstörung beschleunigen. Ein weiteres Problem bei Elkos ist der Abbau der Oxidschicht, siehe Kapitel 6.1.2 auf Seite 22.

Zu den Kondensatoren, die auf jeden Fall erneuert werden sollten, zählen

- Der Koppelkondensator zwischen der Anode der NF-Vorröhre und dem Gitter der Endröhre. Der Kapazitätswert ist bei Autoradios relativ unkritisch und kann problemlos zwischen 10nF und 33nF liegen. Sehr wichtig ist eine hohe Spannungsfestigkeit. Für diese Kondensatoren sollten solche mit mindestens 400 V, besser 630 V Betriebsspannung eingesetzt werden..
- Ebenso wichtig sind die Sieb-Elkos. Diese können im Fehlerfall sogar explodieren. Bei diesen Kondensatoren sollte man sich beim Wechsel halbwegs an den Kapazitätswerten der alten Typen orientieren, wobei durchaus Abweichungen von mehreren zig Prozent zulässig sind. Auch hier gilt: Auf ausreichende Spannungsfestigkeit achten. Am besten 450V Typen einsetzen. Wie bei allen Elkos unbedingt auf die richtige Polung achten.
- Sehr kritisch sind die Kondensatoren, die bei einigen Geräten parallel zur Hochspannungswicklung der Wandlertransformatoren geschaltet sind. Wenn diese schlechte Isolationswerte haben, oder sogar durchschlagen, brennt die Wicklung des Trafos durch.
- Sodann gibt es die vielen verschiedenen kleineren Siebkondensatoren. Deren Kapazitätswerte sind recht unkritisch, wobei hier gilt, lieber etwas zu groß, als zu klein. Im Zweifelsfall gilt immer: Erneuern.
- Extrem kritisch bezüglich den Kapazitätswerten sind alle Kondensatoren der Schwingkreise. Zum Glück sind hierbei Fehler und Defekte relativ selten. Wenn diese Kondensatoren in den Kapazitätswerten abweichen, wird das Radio nicht, oder nur schlecht spielen. Ein Neuabgleich ist dann erforderlich.
- Sehr unangenehm sind Fehler bei keramischen Abgleichkondensatoren, wenn diese als elektrisch leitfähige Schicht eine dünne Silberschicht haben. Diese Silberschicht korrodiert im Laufe der Jahrzehnte weg. Diese Abgleichkondensatoren sind dann zu ersetzen, was in den meisten Fällen einen teilweisen Neuabgleich erfordert. Kondensatoren gleicher Bauart sind seit vielen Jahren nicht mehr lieferbar. Alte „neue“ (NOS) Kondensatoren sind in der Regel ebenfalls schon korrodiert. Als Ersatz kommen idealerweise Abgleichkondensatoren mit Luft-Dielektrikum in Frage, alternativ auch handelsübliche Trimmkondensatoren mit Kunststoffolie als Dielektrikum.

Die in den ersten Jahren der Rundfunktechnik verwendeten Elektrolytkondensatoren mit flüssigem Elektrolyt wurden in Autoradios ab ca. 1935 nicht mehr verwendet. Trotzdem hier ein Warnhinweis: Die Flüssigkeiten dieser alten Elektrolytkondensatoren sind gesundheitsschädlich. Solche Kondensatoren nicht öffnen, sondern als Sondermüll entsorgen.

Elkos sind grundsätzlich zu überprüfen und sollten in Autoradios beim geringsten Verdacht auf zu hohen Leckstrom aus Sicherheitsgründen erneuert werden.

### 6.1.1 Kondensator Bauarten



Abbildung 6.1: Eine kleine Auswahl gängiger Kondensatoren aus der Zeit der Röhrenradios

Erste Reihe, von links nach rechts: Ein Elektrolytkondensator (Elko) mit Schraubbefestigung, alte Ausführung, die in älteren Geräten oft noch aus der Erstbestückung stammen. Daneben liegt eine neuere Ausführung.

Neben den beiden Elkos liegt ein alter WIMA Kondensator. Radiosammler nennen diese unbeliebten Dinge "Hustenbonbons". Grundregel: Diese braunschwarzen WIMA Kondensatoren sofort rausschmeißen, denn diese gehören zu schlechtesten Kondensatoren, die jemals hergestellt wurden. Die Vergussmasse wird im Laufe weniger Jahre rundum rissig, Feuchtigkeit dringt ein und zerstört das Innenleben.

Fast ebenso schlimm sind die beiden Kondensatoren rechts daneben. Bei dieser Ausführung liegt der Kondensatorwickel in einem Pertinax-, Glas-, oder Pappröhrchen, das an beiden Enden mit einer teerartigen Masse vergossen ist. Auch diese Kondensatoren sind meistens durch eingedrungene Feuchtigkeit defekt.

Der kleine gelbe Kondensator älterer Bauart rechts daneben ist hingegen recht dauerhaft, sollte aber sicherheitshalber überprüft werden. Es folgt ein keramischer Röhrenkondensator; sehr unkritisch. Das Keramikmaterial ist aber sehr spröde und bricht gerne bei mechanischer Beanspruchung. Diese Kondensatoren werden oft in Schwingkreisen verwendet, weshalb nach eventuellem Austausch ein Neuabgleich erforderlich wird. Rechts daneben liegt ein moderner Folienkondensator als aktueller Lieferung.

Untere Reihe, von links nach rechts: Ein etwas älterer Folienkondensator, aber ebenfalls sehr unkritisch. Daneben liegt ein STYROFLEX Kondensator. Diese Bauart gehört bezüglich seiner elektrischen Werten zum Besten, was es gibt ("tangens-delta" Wert, Temperaturunabhängigkeit, usw). Er wird aufgrund seiner Beständigkeit auch gerne in Filterkreisen verwendet.

Rechts daneben ein SIKATROP Kondensator, hermetisch dicht verlötet in einem Keramikröhrchen, tropenfest und extrem langlebig. Diese Typen sind besonders bei *HiFi-Freaks* sehr beliebt.

Es folgen drei weitere Bauformen von Folienkondensatoren aktueller Bauart und schließlich ein moderner Elko (10  $\mu$ F, 450 V).

### 6.1.2 Elektrolytkondensatoren formieren

Elkos können bereits durch langes Lagern Schaden nehmen. Wie vorhin erwähnt, besteht die Isolationschicht aus einer hauchdünnen Oxidschicht, die sich erst im Fertigungsprozess aufbaut. Im normalen Betrieb wird diese durch das elektrische Feld im Innern des Kondensators laufend reaktiviert. Bei sehr langer Lagerzeit baut sich jedoch diese Schicht langsam ab, wobei der innere Widerstand des Kondensators langsam sinkt, der Leckstrom steigt an. Sehr lange gelagerte Elkos können sich sogar wie ein Kurzschluß verhalten.

Durch sogenanntes Neuformieren lässt sich die Oxidschicht oft wieder aufbauen. Dieser Prozess ist

jedoch etwas kompliziert, da das Neuformieren mit einer strombegrenzten Spannungsquelle erfolgen muß. Bei Heimempfängern hilft als Trick das Vorschalten einer Glühlampe. Bei Autoradios mit Zerracker geht das nicht, denn dieser schwingt erst bei einer bestimmten Spannung an und liefert dann, wenn er noch ausreichend funktioniert, sofort eine zu hohe und vor allem nicht strombegrenzte Spannung. Kondensatoren in Autoradios müssen daher mit separat eingespeister Spannung formiert werden. Grundsätzlich lehne ich bei Autoradios ein Neuformieren sowieso ab und erneuere in diesen Fällen aus Sicherheitsgründen den Elko.

### 6.1.3 Reparaturtipps, kritische Kondensatoren in der Stromversorgung

In den folgenden beiden Kapiteln gehe ich nun etwas konkreter auf das Thema Erneuerung von Kondensatoren ein und nenne die kritischsten Schaltungsteile und die zugehörigen Kondensatoren.

Dazu ist es notwendig, nun doch etwas tiefer in die Schaltungsdetails einzusteigen.

In allen Bildern sind die kritischsten Kondensatoren rot gekennzeichnet

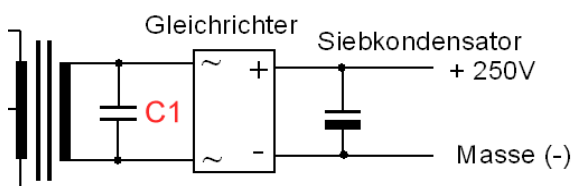


Abbildung 6.2: Kritischer Störschutzkondensator bei Selengleichrichter

Nebstehendes Bild zeigt einen Anodenspannungsgleichrichter mit z.B. einem Selengleichrichter oder als Brückengleichrichter bestehend aus 4 Einzel Si-Dioden.

Der Kondensator C1 liegt parallel zur Hochspannungswicklung des Transformators. Wenn dieser Kondensator defekt ist, wird die Hochspannungswicklung überlastet und kann durchbrennen.

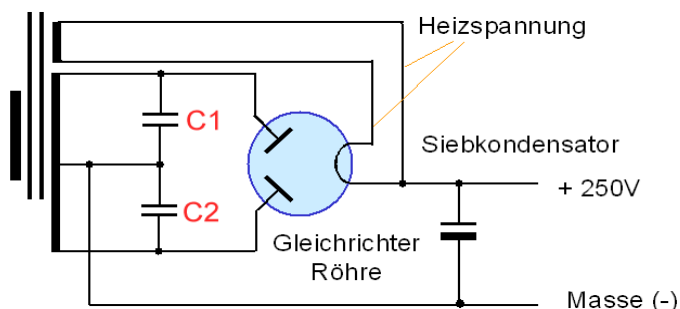


Abbildung 6.3: Kritischer Störschutzkondensator Zweiweggleichrichter mit Röhre.

Dieses Bild zeigt einen Anodenspannungsgleichrichter mit einer Doppelgleichrichterröhre, hier eine direkt geheizte Röhre.

Bei einer direkt geheizten Gleichrichterröhre benötigt diese eine separate Heizwicklung, da der Heizfaden auf Hochspannungspotential liegt.

Die Kondensatoren C1 und C2 liegen parallel zur Hochspannungswicklung des Transformators. Wenn auch nur einer dieser Kondensator defekt ist, wird die Hochspannungswicklung überlastet und kann durchbrennen.

Oft werden diese Störschutzkondensatoren ausgebaut, das Gerät spielt trotzdem. Besser ist aber auf jeden Fall, diese Kondensatoren durch sehr gute Folienkondensatoren zu ersetzen.



#### 6.1.4 Reparaturtipps, kritische Kondensatoren im NF-Verstärker

Zu den Schaltungsteilen eines Radios, in dem sich, neben der Stromversorgung, die meisten kritischen Kondensatoren befinden, gehört auch der NF-Verstärker.

Das folgende Bild zeigt einen typischen zweistufigen NF-Verstärker für Lautsprecherwiedergabe. Sowohl die Schaltung, als auch die Röhrenbestückung entspricht dem Schaltungsstandard der meisten Heimempfänger und Autoradios. An Stelle der EL84 wird oft auch eine EL41 eingesetzt. Die gleiche Schaltung ist auch mit einer Kombi-Röhre, z.B.

einer ECL86 möglich. Unverständlicherweise wurde diese aber nicht in Autoradios eingesetzt. Prinzipiell gilt die Schaltungsbeschreibung auch für NF-Verstärker mit der ECL86.

Obwohl dieser Bericht in einem Oldtimer-Forum veröffentlicht wird, will ich die Schaltung kurz erklären.

Unkritische Schaltungsteile habe ich in der Zeichnung und der Beschreibung der Einfachheit halber weggelassen: Die Heizkreise (Hzg) und die Beschaltung der Kathoden (K).

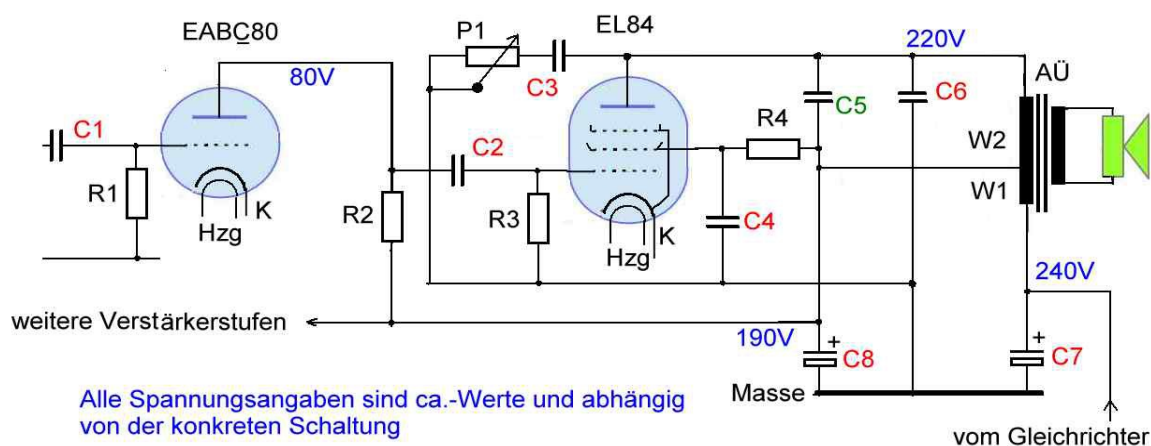


Abbildung 6.4: 2-stufiger NF-Verstärker

Das NF-Signal, z.B. vom Demodulator, wird über C1 auf das Gitter der 1. Röhre (Triodensystem der EABC80) gegeben.

Der Kondensator C1 ist unkritisch, spannungsmäßig kaum belastet und selten unbrauchbar. Trotzdem sollte der Leckstrom gemessen werden, er ist zwar nicht sicherheitsrelevant, kann aber zum Rauschen im Lautsprecher führen.

Der Gitterableitwiderstand R1 ist relativ unkritisch, sollte aber erneuert werden, wenn hier ein alter Kohleschichtwiderstand eingesetzt wird. Wenn auch mit einem Kohleschichtwiderstand, der im Defektfall seinen Wert vergrößert hat, das Gerät mit Sicherheit noch spielen wird, kann dieser Widerstand ebenfalls ein starkes Rauschen erzeugen.

R2 ist der Arbeitswiderstand der Vorstufenröhre und sollte überprüft werden, denn der Wert ist wichtig für

die Funktion. Kohleschichtwiderstände der frühen Baureihen auf jeden Fall auswechseln.

Der Kondensator C2 ist extrem kritisch. Falls dieser auch nur einen geringen Leckstrom hat, gelangt eine positive Spannung auf das Gitter der Endröhre EL84, wodurch diese stark überlastet wird. Außerdem bewirkt die Arbeitspunktverschiebung starke Verzerrungen. Bei einer stark überlasteten Endröhre können sogar die Anodenbleche rot glühen, ein eindeutiges Warnzeichen. Daher ist C2 grundsätzlich erneuern.

Für R3 gibt das gleiche, wie für R1.

Die Kombination aus P1 und C3 ist der Klangregler, hier in der einfachsten Ausführung. Wenn C3 defekt ist, gelangt Anodenspannung an das Potentiometer, dieses wird überlastet, die Kohleschicht kann durchbrennen. Hörbar ist ein defekter C3 durch Kratzgeräusche bei Betätigen des Potentiometers. Ich

empfehle, auch diesen Kondensator grundsätzlich zu erneuern, denn ein durchgebranntes Poti in alter Bauform ist kaum zu ersetzen.

Im Anodenkreis der Endröhre liegt der Ausgangsübertrager (Ausgangstrafo) AÜ. Dieser sorgt für die Anpassung der Impedanz des Anodenkreises an den Lautsprecher.

Bei fast allen Geräte ist ein Kondensator C6 von der Anode nach Masse geschaltet. Dieser dient zur Begrenzung der oberen Grenzfrequenz des Verstärkers. Das soll unter anderem ein "wildes Schwingen" der Endstufe verhindern. C6 wird mit der Anodenspannung der Endröhre belastet. Wenn C6 durchschlägt, kann die Wicklung W2 des Ausgangsrafos durchbrennen, was in den meisten Fällen den GAU für das Radio bedeutet. Abhilfe ist leicht möglich: Erstens wird der Kondensator erneuert und zweitens sorgt eine kleine Schaltungsänderung für dafür, daß auch bei einem vollständig durchgeschlagenen Kondensator, also Kurzschluß, der Trafo nicht mehr beschädigt werden kann. Im Schaltbild ist das wie folgt eingezeichnet: C6 entfällt und wird durch einen Kondensator mit gleichem Wert C5 ersetzt. C5 liegt aber parallel zur Wicklung W2 des Ausgangsrafos. Hat C5 Kurzschluß, wird der Kurzschlußstrom quasi an der Wicklung W2 vorbei geleitet, Die Wicklung W2 ist also geschützt. Die dadurch überlastete Endröhre ist ersetzbar. Warum diese risikobehaftete Schaltung bei vielen Geräten überhaupt verwendet wurde, ist vielen Radiosammlern unverständlich.

Der Widerstand R4 ist nicht bei allen derartigen Schaltungen vorhanden, er dient ebenfalls zur Stabilisierung gegen Schwingneigung der Endstufe. Wichtig ist, das dieser Widerstand nicht defekt (durchgebrannt) ist. Der Verdacht liegt nahe, wenn sich der Widerstand durch die Hitze verfärbt hat. Der Kondensator muß auf jeden Fall geprüft werden; sicherheitshalber erneuern.

Die Kondensatoren C7 und C8 sind die Sieb-Elkos der Stromversorgung und ebenfalls sehr kritisch. Siehe hierzu Kapitel 6.1 auf Seite 19 und Kapitel 6.7.1 auf Seite 35.

Diese Schaltung weist eine Besonderheit auf, die in sehr vielen Radios verwendet wurde: Die Brummkompensation. Um kostentreibende Siebmittel zu sparen, wird ein simpler Trick verwendet, den der Neuling der Radiotechnik oft nicht sofort erkennt. Die Hochspannung wird mit C7 geglättet, zeigt aber noch geringe Reste der Wechsellspannung, also eine Restwelligkeit. Mit dieser Spannung wird über die Wicklung W2 die Endröhre versorgt. Die Restwelligkeit würde im Lautsprecher einen leisen Brummtönen erzeugen.

Die Anodenspannung zum Siebkondensator C8 wird ebenfalls über den Ausgangstrafo geleitet, und zwar über die Wicklung W1. Diese ist gegensinnig zur Wicklung W2 und wird daher vom Anodenstrom der Vorröhren gegenphasig zur Wicklung W2 durchflossen. Die Brummanteile des Anodenstromes der Endröhre und die Brummanteile des Anodenstroms zum C8 kompensieren sich daher im Ausgangstrafo.

## 6.2 Widerstände

Widerstände leiten den Strom je nach Widerstandswert mehr oder weniger gut. Widerstände werden in Ohm, bzw. kOhm (kilo Ohm,  $10^3$  Ohm), MOhm ( $10^6$  Ohm) gemessen.

Wichtig bei Widerständen ist auch die Belastbarkeit, angegeben in W (Watt). Fließt Strom durch den Widerstand, dann entsteht an dem Widerstand ein Spannungsabfall, gemessen in V (Volt).

Aus Strom und Spannung berechnet sich die Leistung in Watt, die in dem Widerstand in Wärme umgesetzt („verbraten“) wird, der Widerstand wird heiß. Wenn er zu knapp dimensioniert ist, brennt er durch.

Der Spannungsabfall am Widerstand berechnet sich gemäß dem Ohm'schen Gesetz zu

$$U = I \times R$$

Die im Widerstand in Wärme umgesetzte Leistung berechnet sich zu

$$P = I \times R$$

Die meisten Bauarten sind unkritisch. Ärger bereiten zuweilen aber

- Drahtwiderstände, wenn deren Widerstandsdraht sich unter den Metallkappen gelockert hat. Zur Fehlersuche klopft man diese Widerstände vorsichtig mit einem dünnen Kunststoffstab ab. Kracht es dann im Lautsprecher, sollte der Widerstand ausgetauscht werden. Nachbiegen der Metallkappen mit einer Zange ist keine dauerhafte Lösung.
- Kohleschichtwiderstände der ersten Zeit sind sehr kritisch. Diese haben meistens ihre Ohm-Werte stark verändert (erhöht), was sich mit einem einfachen Multimeter nachprüfen lässt. Zu erkennen sind diese Widerstände an dem braunen, zylindrischen Körper mit Farbringen. Raus damit und Neue rein.

Es versteht sich von selbst, daß bei allen Widerständen auf eine ausreichende Belastbarkeit (Watt) zu achten ist. Sonst werden diese zu heiß und können durchbrennen.

Aber auch, wenn zu schwach dimensionierte Widerstände nicht durchbrennen, erzeugen sie auf der

Oberfläche eine große Hitze. Zu schwach dimensionierte Widerstände sind in der Bauform in der Regel kleiner, daher bewirkt die „verbratene“ Leistung eine größere Hitze auf kleiner Fläche, was andere, in der Nähe befindliche Bauteile beschädigen kann.

### 6.2.1 Widerstände Bauarten



Oberste Reihe, von links nach rechts: Die ersten drei Typen sind sehr alte Lastwiderstände aus den Baujahren bis ca. 1928, die in den typischen Radios für unsere 170er und 220er nicht mehr verwendet wurden.

Die nächsten beiden Widerstände sind Drahtwiderstände für höhere Belastbarkeit. Diese werden zum Teil in den für uns interessanten Radios als Siebwiderstände eingesetzt. Rechts daneben ein moderner Lastwiderstand, wie er z.B. als Ersatz für durchgebrannte Lastwiderstände älterer Bauart eingesetzt werden kann.

Abbildung 6.5: Widerstände älterer Bauart

In der unteren Reihe sind links drei typische Widerstände zu sehen, wie sie in vielen Telefunken, Becker und anderen Autoradios verwendet wurden. Diese Widerstände sind eigentlich recht langlebig. Gelegentlich kann aber die Verbindung der Endkappen Probleme machen, was durch leichtes (!) Anklopfen im Betrieb mit einem Kunststoff-Stab (!) geprüft werden kann. Dann sind die Widerstände auszuwechseln.

Rechts daneben liegen zwei Kohleschicht-, bzw. Kohlemassewiderstände älterer Bauart, aber schon mit Farbkodierung. Auch diese Typen wurden in vielen

Röhrenradios eingesetzt. Der rechte dieser beiden ist als sehr kritisch zu sehen, da er sehr oft Probleme durch Veränderung seines Widerstandswertes macht; er wird dann hochohmig. Philips hat diese Widerstände häufig eingebaut. Am besten alle diese Widerstände ersetzen!

Ganz rechts ist ein moderner Miniatur-Widerstand mit einer Belastbarkeit von  $\frac{1}{4}$  Watt zu sehen. Diese Widerstände können als Ersatz für die sehr problematischen Kohleschicht-Widerstände verwendet werden.

### 6.2.2 Farbcodierung von Widerständen

Aufgrund der Miniaturisierung ist bei Widerständen moderner Bauart der Widerstandswert nicht mehr im Klartext aufgedruckt, sondern durch Farbringe angegeben.

Farbe	1. und 2. Ring = Ziffer	3. Ring = Anzahl Nullen (Multiplikator)	4. Ring = Toleranz (+/-)	(*1)
	1. , 2. und 3. Ring = Ziffer	4. Ring = Anzahl Nullen (Multiplikator)	5. Ring = Toleranz (+/-)	(*2)
schwarz	0	x 1	Nicht belegt	
braun	1	x 10	1 %	
rot	2	x 100	2 %	
orange	3	x 1.000	Nicht belegt	
gelb	4	x 10.000	Nicht belegt	
grün	5	x 100.000	0,5 %	
blau	6	x 1.000.000	0,25 %	
violett	7	x 10.000.000	0,1%	
grau	8	Nicht belegt	Nicht belegt	
weiß	9	Nicht belegt	Nicht belegt	
gold	Nicht belegt	x 0,1	5 %	
silber	Nicht belegt	x 0,01	10 %	

Tabelle 2: Internationaler Farbcode für Kohleschichtwiderstände (\*1) und Metallschichtwiderstände (\*2).

Beispiel: Farbringe braun-schwarz-rot-silber = 1.000 Ohm ( 1 kOhm) mit +/- 10% Toleranz  
 Farbringe gelb-violett-orange-silber = 47.000 Ohm (47 kOhm) mit +/- 10% Toleranz

Eine häufig verwendete Schreibweise für Dezimalstellen ist, die Tausenderstellen hinter dem Multiplikator zu schreiben.

Beispiel: 3K9 = 3.900 Ohm = 3,9 kOhm  
 1M8 = 1.800.000 Ohm = 1,8MOhm

Die Reihenfolge der Farbringe ist bei Widerständen mit 4 Farbringen wegen des silbernen oder goldenen Toleranzringes einfach zu erkennen.

Viele Metallschichtwiderstände haben fünf Farbringe, wobei die ersten 3 Ringe den Ziffernwert angeben, der 4. Ring den Multiplikator und der 5. Ring die Toleranz angibt. Daraus folgt, daß diese Widerstände mit höherer Genauigkeit spezifiziert sind. Metallschichtwiderstände werden, bei entsprechend geringem Toleranzwert, auch als Messwiderstände bezeichnet.

Beispiel: Farbringe gelb-braun-braun-rot-grün = 41.100 Ohm (41,1 kOhm) mit +/- 5 % Toleranz

Die Reihenfolge der Farbringe ist bei Widerständen mit 5 Farbringen etwas schwieriger zu erkennen, da der Toleranzring die gleiche Farbe wie einer der Ziffern- und Multiplikatorringen aufweisen kann. Erkennungsmerkmale sind z.B. ein etwas größerer Abstand zu den

Ziffern- und Multiplikatorringen. Manchmal ist der Toleranzring auch etwas breiter. Im Zweifelsfall wird der Widerstandswert mittels eines Ohmmeters (Multimeter) annähernd bestimmt und dadurch die plausible Größe der Farbkodierung erkannt.

### 6.3 Spulen

Spulen, auch Induktivitäten genannt, bestehen aus mehreren Drahtwindungen, die auf einem Spulenkörper aufgewickelt sind. Gemessen wird die Induktivität in der Einheit H (Henry), bzw. in mH (milli Henry,  $10^{-3}$ ) und  $\mu\text{H}$  (Mikro Henry,  $10^{-6}$ ).

Die einfachste Spule ist die Luftspule, wobei der Draht freitragend in Luft gewickelt wird. Luftspulen wurden früher in Autoradios aus Stabilitätsgründen für Verwendung als Filterspulen nicht verwendet, sondern es wurden grundsätzlich Kunststoff-Wickelkörper verwendet.

Um höhere Induktivitätswerte bei kleinem Bauvolumen zu erreichen, werden die Drahtwindungen auf, oder in Spulenkörper aus einem speziellen Metall oder Ferrit gewickelt.

Koppelt man zwei Spulen magnetisch miteinander, entsteht ein Übertrager, als Sonderform auch unter der Bezeichnung Transformator bekannt. Die Bauformen von Übertragern sind extrem vielfältig; darauf näher einzugehen, würde den Rahmen dieser Abhandlung sprengen.

### 6.4 Filter, Spulen und Abgleichkondensatoren

Schaltet man eine Spule und einen Kondensator zusammen, ergibt sich ein Schwingkreis oder Filter. Jedes Filter ist gekennzeichnet durch seine Resonanzfrequenz. Daher gilt hier der Grundsatz: Finger weg von diesen Bauteilen, wenn man nicht über ausreichende Kenntnisse und entsprechende Messgeräte verfügt. Ein einzelnes Filter läßt sich noch

relativ problemlos abstimmen. Ein kompletter Neuabgleich eines total verstimmten Gerätes ist hingegen sehr aufwendig. Zum Glück verstimmen sich diese Kreise im Laufe der Jahre kaum von selbst. Aber keine Regel ohne Ausnahme: Die keramischen Abgleichkondensatoren, siehe hierzu im Abschnitt über Kondensatoren (Kapitel 6.1 auf Seite 19).

### 6.5 Gleichrichter

In den meisten Röhren-Autoradios werden Selengleichrichter verwendet. Diese bestehen intern aus 4 Gleichrichterstreifen, die in einer sogenannten Brückenschaltung angeordnet sind. Selengleichrichter sind recht langlebig, können aber im Laufe der Jahre doch Defekte aufweisen, zum Beispiel hochohmig werden. Dies bewirkt eine deutliche Erwärmung der Gleichrichter, was den Schadensprozess fördert.

Defekte Selengleichrichter erkennt man oft an dem penetranten Geruch, daher werden diese Gleichrichter auch „gleich-riecht-er“ genannt.

Als Ersatz für Selengleichrichter können vier preisgünstige Silizium-Dioden (Si-Dioden) vom Typ 1N4007 in Brückenschaltung eingelötet werden. Dabei ist unbedingt auf eine gute und sichere Isolation der Anschlußdrähte zu achten (Schrumpfschlauch!).

Si-Dioden haben im Vergleich zu Selengleichrichtern einen deutlich geringeren Innenwiderstand, weshalb in Serie mit den Si-Dioden ein Längswiderstand von 220

bis 470 Ohm zu schalten ist. Dieser muß für eine ausreichende Leistung dimensioniert werden, mindestens 2 Watt.

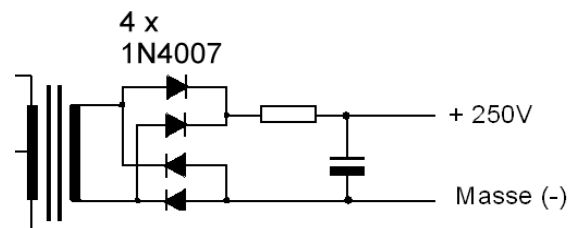


Abbildung 6.6: Brückengleichrichter mit 1N4007

Besonders ist darauf zu achten, daß dieser Widerstand stabil montiert wird, er führt die volle Anodenspannung und ein Kurzschluß gegen Masse kann böse Folgen haben.

Der alte Selengleichrichter sollte eingebaut bleiben, er wird aber vollständig abgeklemt.

## 6.6 Röhren

Viele (Hobby-) Reparateure prüfen zuerst die Röhren, ich konzentriere mich lieber zuerst auf die Kondensatoren, da diese im Fehlerfall mitunter den größten „Unfug“ anrichten können. Nach der „Kondensator-Kur“ und gegebenenfalls Erneuern der Zershackerpatrone wird das Radio in vielen Fällen bereits (zumindest leise) spielen, denn in den meisten Fällen sind die Röhren noch gut bis zumindest brauchbar.

Ausnahme: Wenn ein M-L-U Empfänger auf MW und LW spielt, hingegen auf UKW keinen Ton bringt, ist oft die Röhre im UKW-Oszillator defekt, meistens eine ECC85. Ersatz ist noch lieferbar, aber die Preise ziehen an.

Wenn die anderen Bauteile, wie oben beschrieben, überprüft sind, kann man sich den Röhren widmen. Prüfen auf einem speziellen Röhrenprüfgerät gibt präzisen Aufschluß über Emission, Steuerbarkeit und einwandfreies Vakuum.

### Bitte beachten:

Nicht immer bringt der Ersatz durch eine neue Röhre mit exzellenten Prüfwerten auch die gewünschte Verbesserung im Gerät, wenn diese Röhre in einer HF-Stufe steckt. Ursache hierfür ist dann in der Regel eine etwas andere Gitter-Kathodenkapazität, als die alte Röhre hatte. Dies kann durch vorsichtiges Nachtrimmen des zugehörigen Schwingkreises ausgeglichen werden. Siehe hierzu den wichtigen Hinweis im Abschnitt „Filter und Spulen und Abgleichkondensatoren“, Kapitel 6.4 auf Seite 27.

### 6.6.1 Kennzeichnung von Röhren, Schemata

Als Orientierung bei der Zuordnung der Röhren in einem unbekannten Radio kann, wenn kein Schaltplan vorliegt, folgende Zusammenstellung dienen. Diese Typenkennzeichen wurden bei Röhren deutscher, österreichischer und einiger anderer westeuropäischer Firmen verwendet.

Der 1. Buchstabe kennzeichnet Heizspannung, bzw. den Heizstrom der Röhren. Es gibt Röhren mit gleicher Heizspannung innerhalb einer Typenreihe. Deren Heizfäden werden in den Geräten parallel geschaltet und somit mit gleicher Spannung betrieben.

Andererseits gibt es Röhren, deren Heizfäden innerhalb einer Typenreihe auf gleichen Strom ausgelegt sind. Diese werden in den Geräten in Serie geschaltet und somit mit gleichem Strom betrieben. Diese Röhren kommen in Autoradios aber nicht vor. Beispiele für seriell geheizte Röhren sind U-Röhren (100mA Heizstrom), P-Röhren (300mA Heizstrom) und V-Röhren (50mA Heizstrom).

Die für Autoradios wichtigsten Röhren sind E-Röhren mit 6,3V Heizung, früher auch A-Röhren mit 4V Heizung. D-Röhren und K-Röhren, beide mit sehr niedrigen Heizspannungen, wurden nur extrem selten in Autoradios eingesetzt.

E-Röhren werden in Autoradios direkt mit der 6V Bordspannung im Parallelbetrieb aller Heizfäden betrieben. Die Heizfäden sind relativ tolerant gegenüber den üblichen Schwankungen der

Betriebsspannung im Auto. Die Radios spielen auch noch bei stehendem Motor, wenn die Bordspannung bei 6V oder knapp darunter liegt. Andererseits ertragen diese Röhren auch die höhere Bordspannung bei mit höheren Drehzahlen laufendem Motor, wenn die Lichtmaschine die Batterie lädt und die Bordspannung durchaus 7,4 V betragen kann.

Zum Betrieb in einer 12V Umgebung werden im Radio jeweils 2 geeignete Röhren in Serie geschaltet, wobei schaltungstechnisch dafür gesorgt wird, daß beide Röhren den gleichen Heizstrom benötigen. Ansonsten wäre die Spannungsaufteilung zwischen beiden Röhren ungleich. Geringe Unterschiede werden durch Parallelwiderstände zu den Heizfäden ausgeglichen. Auch Skalenlämpchen werden in vielen Autoradios hierfür verwendet.

Die Kennzeichnung der verschiedenen Röhrentypen erfolgt durch die, auf den ersten Buchstaben folgende Buchstaben-Ziffern Kodierung.

Es gibt Röhren, die nur ein System beinhalten, zum Beispiel EF80 (HF-Pentode, EL41 (NF-Pentode als Endröhre), und solche, die mehrere Systeme in einem Glaskolben beinhalten. Dazu zählen zum Beispiel die ECH81 (HF-Triode und HF-Hextode), die EAF41 (Demodulator-Diode und HF-Pentode), sowie die EABC80. Diese enthält eine Duo-Diode für FM-Demodulator, eine Einzeldiode als AM-Demodulator und eine Triode als NF Vorverstärker.

## Kennzeichencodes der Röhrensysteme (2. und weitere Buchstaben)

Buchstabe	System
A (**)	Einzeldiode für Demodulator
B (**)	Duo-Diode für Demodulator (z.B. EAA91)
C	Triode (z.B. EC92, ECC81, ECC85, ECC83)
D	Leistungstriode, meist als Doppeltriode gebaut (z.B. EDD11)
F	HF-Pentode (z.B. EF42, EF80)
H	Hexode (z.B. ACH 1, ECH 3, ECH 11), Heptode (z.B. ECH 4, ECH 21, ECH 81)

Buchstabe	System
K (*)	Oktode (z.B. AK2, EK2)
L	NF Leistungspentode (z.B. EL41, EL84, EL34)
M (*)	Magisches Auge (z.B. EM4, EM84)
Q (*)	Enneode (EQ80)
Y (*) (**)	Einweg Gleichrichter (z.B. VY2)
Z (**)	Zweiweg Gleichrichter (z.B. AZ1, EZ11)

Tabelle 3: Kennzeichnung Röhrensysteme

- (\*): diese Röhrentypen wurde in Autoradios, soweit bekannt, nie eingesetzt.  
Die Ziffern bezeichnen Versionen, Baureihen, Sockelausführung, Entwicklungsstände usw.
- (\*\*): Bei diesen Systemen handelt es sich zwar vom Prinzip her um Dioden, es wird aber unterschieden zwischen Dioden zur Kleinsignalverarbeitung (z.B. Demodulation) und Leistungsdiode, die als Gleichrichter eingesetzt werden.

Die in Klammern angegebenen Röhren sind nur eine kleine Auswahl gängiger Röhren.

Die Kombination mehrerer, auch verschiedener Systeme in einem gemeinsamen Glaskolben ergibt die sogenannten Mehrfach-, oder Verbundröhren. Diese sparen Platz und vereinfachen die Verdrahtung der Geräte.

Interessante Anmerkung:

Bei Transistoren deutscher Fertigung hat man sich an die Bezeichnungen der Röhrenschemata angelehnt:

1. Buchstabe O = „ohne Heizung“. Später hat man als ersten Buchstaben A für Germanium und B für Silizium verwendet.

Der 2. Buchstabe C kennzeichnet den Transistor als 3-poliges Verstärkerbauteil, vergleichbar mit einer Triode.

Während Germaniumtransistoren, z.B. OC77, heute sehr selten geworden sind und nur noch gebraucht oder als NOS (new-old-stock) zu ziemlich hohen Preisen erhältlich sind, gibt es Siliziumtransistoren, zum Beispiel den BC237 problemlos und sehr kostengünstig aus laufender Fertigung.

Aber sie kommen schon lange nicht mehr aus einer deutschen Fertigung.



### 6.6.2 Einige Röhrentypen und Bauarten



Abbildung 6.7: Verschiedene Röhren Bauarten

Daneben liegt eine ECC85, HF-Eingangsröhre mit selbstschwingender Mischstufe für UKW. Die letzte Röhre in der oberen Reihe ist eine EL84 Endstufenpentode, die in sehr vielen Heimempfängern und auch in vielen Autoradios eingesetzt wurde. Eine andere, oft in Autoradios eingesetzte Endröhre war die EL41.

In der unteren Reihe, wieder von links nach rechts, sind zwei Subminiaturröhren zu sehen. Diese stellen quasi die letzte Entwicklungsstufe dar. Es handelt sich hierbei um Röhren mit extrem geringer Heizleistung. Mit Röhren dieser Bauart hätte man sehr schöne, sehr kompakte Röhrenempfänger bauen können – wenn die Zeit nicht reif für eine völlig neue Technologie

Obere Reihe, von links nach rechts:  
Eine EL11 (Leistungs-Endpentode),  
daneben eine Stahlröhre ECH11, mit  
6,3V Heizspannung, die in Vorkriegs-  
und frühen Nachkriegs Superhet-  
Empfängern verwendet wurde. Der  
Triodenteil (C) wird als Oszillator und  
der Hexodenteil (H) als Mischstufe  
verwendet.

Rechts daneben liegt eine Röhre gleicher Funktion, aber jüngerer Typenreihe, die ECH42.

Daneben liegt eine EABC80, die Standardröhre für Demodulation und NF-Vorverstärkung.

gewesen wäre: Die Transistoren. Daher liegen, nicht nur zufällig direkt neben diesen Röhren, ein paar Transistoren. Im kleinen schwarzen Glasgehäuse ein sehr früher Germaniumtransistor OC 77 (Telefunken), daneben liegt ein Kleinleistungstransistor AC117K (Telefunken). Diesen Transistor gab es auch als AC117 – aber ohne „K“. Das „K“ steht für Kühlkörper. Diese Transistoren waren vorbereitet für die Montage auf einem Kühlblech. Soweit hatten Entwickler damals gedacht. Es folgt rechts ein Germanium Leistungstransistor. Daneben liegen zwei moderne Siliziumtransistoren: Eine BC 308-Vergleichstype und ein BC107 und als letztes Bauteil in dieser Reihe eine Siliziumdiode 1N4148.

### 6.6.3 Ersatz der ECC85 durch eine PCC88

Die ECC85 (Doppeltriode) fällt erfahrungsgemäß am schnellsten aus. Der UKW-Oszillator schwingt dann nicht mehr an und das Radio bleibt auf UKW stumm. Leider ziehen seit einiger Zeit die Preise für neue ECC85 (NOS) recht deutlich an.

Es gibt eine „Ersatzröhre“, die einige Jahre später in nahezu allen Schwarz/Weiß Fernsehgeräten im VHF-Tuner eingesetzt wurde: Die PCC88. Diese wird mitunter noch etwas günstiger angeboten, als die ECC85, wenn auch die Preise für NOS PCC88 inzwischen langsam anziehen.

Die PCC88 war die erste Röhre mit Spanngittertechnik, die in Großserie produziert wurde. Sie ist als Spezialröhre ausgelegt für sehr hohe Frequenzen. Entsprechend hat diese Röhre ganz hervorragende Eigenschaften im UKW Bereich.

Diese Röhre kann (oft, aber nicht immer) als Ersatz für die ECC85 eingesetzt werden. Sie ist pinkompatibel zur ECC85. Die PCC88 bietet als großen Vorteil eine höhere Steilheit als die ECC85, was meistens zu einer höheren Empfindlichkeit der Geräte im UKW-Bereich führt.

Allerdings müssen beim Austausch ein paar schaltungstechnische Besonderheiten beachtet werden.

1. Die maximale Anodenspannung der PCC88 beträgt nur 130V Anodenspannung, daher muß gegebenenfalls der Vorwiderstand in den Anodenkreisen beider Röhrensysteme geändert werden.
2. Des Weiteren sind die Verhältnisse im Heizkreis zu beachten. Die ECC85 benötigt 6,3V Heizspannung und zieht einen Heizstrom von 435mA, während die PCC88 eine Heizspannung von 7V benötigt und einen Heizstrom von 300mA zieht. Beim Betrieb in Geräten mit 6V Einstellung ist dies unerheblich. Beim Betrieb mit 12V Einstellung muß jedoch durch Parallelschalten eines Ausgleichswiderstandes dafür gesorgt werden, daß die Aufteilung der Heizspannungen beider in Serie geschalteter Röhren angepasst wird.
3. Die Gitter-Kathodenkapazitäten und die Gitter-Anodenkapazitäten der PCC88 haben andere Werte als die ECC85, daher muß beim Austausch der HF-Eingangskreis und der UKW-Oszillatorkreis meistens etwas nachgestimmt werden.

Wenn auch bereits gesagt wurde, dass historische Empfänger möglichst nicht verändert werden sollten, kann dies ausnahmsweise toleriert werden, da diese Änderungen leicht rückbaubar sind.

#### 6.6.4 Funktion einer Elektronenröhre

Die Röhren-Technologie und das Wissen darüber, hat in den letzten Jahrzehnten bereits das Schicksal erlebt, daß dem Wissen um viele Aspekte der historischen Automobiltechnik in ein paar Jahren ebenfalls unweigerlich droht: Es wird vergessen. Wer von den heutigen Auto-Mechatronikern kann noch eine normale, kontaktgesteuerte Zündung oder einen Vergaser einstellen? Das Wissen geht verloren.

Daher will ich an dieser Stelle etwas vom Hauptthema Autoradio abschweifen und ein wenig auf die prinzipielle Funktion von Elektronenröhren, kurz Röhre genannt, eingehen. Ohne jedoch zu tief ins Detail zu gehen und auch ohne die vielen

verschiedenen Röhrensysteme im Detail zu erklären. Wir sind bei unseren 170-ern auch (meistens) zufrieden, einen einfachen Vergaser einstellen zu können und erheben wohl kaum einen Anspruch, auch einen mit 4 Weber-Vergasern ausgerüsteten Motor einstellen zu wollen. Daher soll hier auch die Erklärung der einfachsten Verstärkerröhre, nämlich der Triode, für das grundlegende Verständnis der physikalischen Zusammenhänge ausreichen.

Passend zum unserem Haupt-Hobby-Thema zeigt sich eine sehr schöne funktionelle Analogie zwischen einem Vergaser und einer Triode, siehe die Gegenüberstellung weiter unten in diesem Abschnitt auf Seite 34.

##### Physikalische Grundlagen:

In einem evakuierten Raum, z.B. einem Glaskolben, befindet sich ein Heizdraht, der durch einen elektrischen Strom erhitzt wird. Der Heizdraht in einer Elektronenröhre wird Kathode genannt. Ab einer bestimmten Temperatur treten aus diesem Draht Elektronen aus und bilden in der Nähe des Heizdrahtes eine Elektronenwolke, genannt Raumladung. Dieser Effekt wurde im Jahre 1884 von Thomas Alva Edison (\*1847, +1931) entdeckt.

In der Nähe des Heizdrahtes befindet sich ein (kaltes) Metallblech, genannt Anode. Wenn dieses Blech mit einer positiven Spannung gegenüber der Kathode verbunden wird, "zieht" das durch die Spannung erzeugte elektrische Feld die Elektronen der

Raumladungswolke hin zur Anode. Die Anode nimmt diese Elektronen auf und leitet sie weiter zur Spannungsquelle. Die beheizte Kathode liefert ständig neue Elektronen nach. Es fließt ein Strom, genannt Anodenstrom ( $I_a$ ).

Würde die Spannung zwischen Kathode und Anode umgepolt, die Kathode also positiv und die Anode negativ, dann könnte kein Strom fließen, da die Anode nicht beheizt wird und somit aus dieser auch keine Elektronen austreten können. Wir haben also bereits die einfachste Elektronenröhre mit einer „echten“ Funktion, die Diode. Diese wird z.B. als Gleichrichterröhre verwendet.

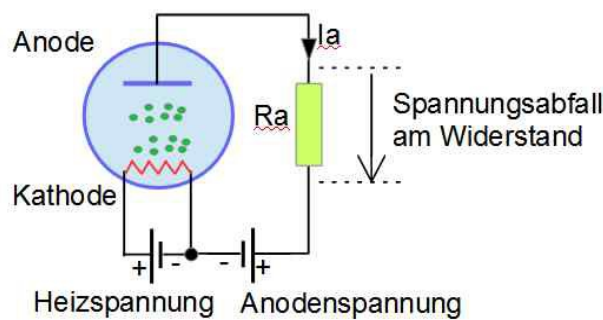


Abbildung 6.8: Diode

Die Anodenspannung ist üblicherweise erheblich höher, als die Heizspannung. Wir nehmen als Beispiel 100V an. Die Heizspannung soll 6,3V betragen. Daher kann die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Anschlüssen des Heizfadens (6,3V) auch bei direkt geheizten Röhren, wie im nebenstehenden Bild gezeichnet, gegenüber der Anodenspannung vernachlässigt werden.

Bei indirekt geheizten Röhren liegt der Heizfaden isoliert in einem Röhren und heizt dieses auf. Dieses Röhrrchen ist dann die Kathode.

Nun wird zwischen Kathode und Anode ein gelochtes Blech montiert, genannt Steuergitter, oder kurz Gitter. Wenn dieses Gitter gegenüber der Kathode an eine negative Spannung ( $U_g$ ) gelegt wird, verhindert dies, daß Elektronen zur Anode gelangen können. Bildlich ausgedrückt kann man sagen, das negative Gitter

verblockt den Elektronen des Weg zur Anode. Das Gitter dient also zur Steuerung des Elektronenflusses zwischen Kathode und Anode. Anstelle des Bleches wird bei den meisten gängigen Röhren ein sehr dünner Draht verwendet, der auf Stege gewickelt ist. Die Funktion und Wirkung ist die selbe.

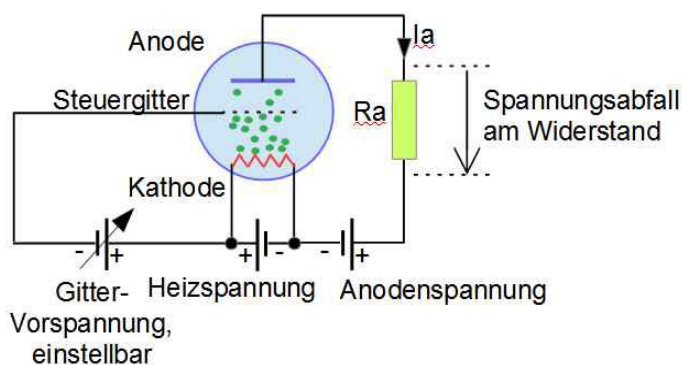


Abbildung 6.9: Triode mit Ansteuerung durch eine einstellbare Gleichspannung

Durch die einstellbare negative Gittervorspannung wird der Anodenstrom gesteuert.

Je weniger negativ das jedoch Gitter ist, umso besser können Elektronen durch das Gitter fließen und zur Anode gelangen.

Über das Gitter kann bei negativer Vorspannung kein Strom fließen ( $I_g = 0$ ). Daher wird für die Ansteuerung einer Elektronenröhre keine Steuerleistung benötigt ( $P = U_g \times I_g = 0 \text{ Watt}$ ).

Nun wird der negativen Gittervorspannung eine kleine Wechsellspannung überlagert, die resultierende Gitterspannung ( $U_g$ ) wird also pulsieren. Entsprechend pulsiert auch der durch das Gitter gesteuerte Elektronenstrom in der Röhre und somit der auch Anodenstrom ( $I_a$ ) im äußeren Stromkreis. Dieser fließt durch den Widerstand ( $R_a$ ) und erzeugt an diesem einen Spannungsabfall, der ebenfalls pulsiert. Nehmen wir als Beispiel an, die Gitterspannung pulsiert von -5V bis -2V, hat also eine Amplitude von 3V. Durch die Steuerwirkung des Gitters pulsiert der Anodenstrom ( $I_a$ ) zum Beispiel von 2mA bis 5mA, hat also eine Stromamplitude von 3mA. Dieser pulsiert

Anodenstrom wird über einen Widerstand  $R_a$  geleitet, zum Beispiel  $R_a = 20.000 \text{ Ohm}$  (20kOhm). Dann erzeugt dieser pulsiert Strom einen ebenfalls pulsierten Spannungsabfall von 60V ( $0,003A \times 20.000\text{Ohm} = 60V$ ). Wir haben also eine 20-fache Spannungsverstärkung. Die Ansteuerung erfolgt leistungsfrei, die Energie im Ausgangskreis wird der Batterie der Anodenspannung entnommen. Die pulsierte Gitterspannung könnte zum Beispiel von einem Mikrophon erzeugt werden, oder von einem Plattenspieler, oder MP3-Eingang, oder, oder, .... Am Ausgang der Röhren-Verstärkerstufe steht dann das verstärkte Signal zur Verfügung.

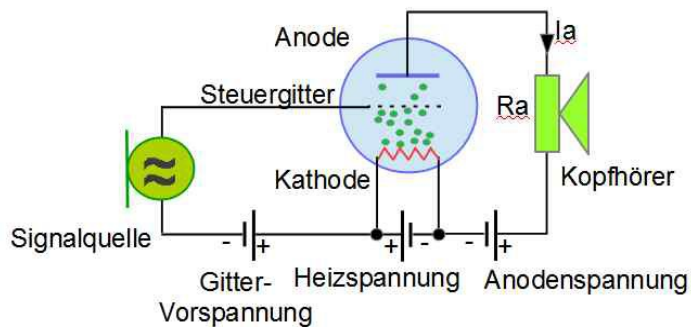


Abbildung 6.10: Prinzipschaltbild eines einstufigen Verstärkers.

Dieses Bild zeigt eine stark vereinfachte Prinzipschaltung eines Verstärkers. Als Signalquelle wird ein Mikrophon und als Ausgang ein Kopfhörer angenommen. Alle Bauteile, die den Arbeitspunkt der Röhre festlegen, ebenso alle Siebkondensatoren wurden bewusst weggelassen, denn diese sind für das grundlegende Verständnis nicht relevant.

In der Praxis werden mehrere Verstärkerstufen hintereinander geschaltet um die gewünschte Verstärkung und Ausgangsleistung zu erreichen.

Die Triode in der oben beschriebenen Form wurde von Robert von Lieben (\*1878, +1913, Österreichischer Physiker) erfunden. Die *Liebenröhre* verwendet jedoch kein vollkommenes Vakuum, sondern hatte eine leichte Anreicherung mit Quecksilberdampf. Von Lieben nannte seine Erfindung Kathodenstrahlrelais und erhielt darauf das Patent im Jahre 1906. Unabhängig und gleichzeitig erfand der Amerikaner Lee De Forrest dieses Prinzip, dass er Audion nannte und sich ebenfalls patentieren ließ.

Bald schon wurde die Anordnung, bei der die verschiedenen Elektroden übereinander angeordnet waren, durch die günstigere Anordnung ersetzt, bei der die Elektroden um die Kathode herum angeordnet sind. Das ergab einen einfacheren, kompakteren und mechanisch stabileren Aufbau bei gleichzeitig geringeren Abständen der Elektroden.

Da Elektronenröhren beheizt werden müssen und außerdem der Elektronenstrom in der Röhre, genauer: in der Anode für eine zusätzliche Erwärmung sorgt (die Anodenverlustleistung), werden Röhren im Betrieb

heiß, daß man sich richtig heftig die Finger daran verbrennen kann, insbesondere bei Leistungs-Endröhren und Gleichrichterröhren

!

**Vorsicht: Elektronenröhren werden im Betrieb heiß!**

!

Nun komme ich zur der vorhin erwähnten interessanten Analogie der Funktionen, der Gegenüberstellung von Vergaser und Elektronenröhre.

<b>Vergaser</b>	<b>Elektronenröhre</b>
Bereitstellung des Gasgemischs im Mischrohr des Vergasers.	Bereitstellung von freien Elektronen durch die beheizte Kathode in der Röhre.
Ansaugen von Gasgemisch durch den Unterdruck des Zylinders.	„Ansaugen“ von Elektronen durch das von der Anodenspannung erzeugte elektrische Feld.
Drosselklappe zum Einstellen des Gasmenge die in dem Zylinder strömt.	Steuergitter zum Einstellen der Menge an Elektronen die zur Anode fließen.
Die gesteuerte Gasmenge strömt über den Ansaugkanal in den Motor.	Die gesteuerte Menge an Elektronen fließt von der Anode über die Drahtverbindung in den Lastwiderstand.
Umwandlung der gesteuerten Energieform: Der Verbrennungsmotor erzeugt ein Drehmoment.	Umwandlung der gesteuerten Energieform: Der Stromfluß durch den Widerstand erzeugt Wärme, oder über einen Lautsprecher Schallwellen.
Leistungsfreie Ansteuerung: Nur zum Bewegen der Drosselklappe wird eine Leistung benötigt, diese ist im Vergleich zur Motorleistung verschwindend gering. Wenn die Drosselklappe auf eine bestimmte Stellung eingestellt bleibt, wird zum Einhalten dieser Stellung keine weitere Leistung mehr benötigt. (Arbeit = Kraft x Weg = 0. Der Weg ist = 0) (*)	Die Ansteuerung einer Röhre über das Steuergitter erfolgt leistungsfrei, da kein Gitterstrom fließt.  ( $P = U_g \times I_g = 0$ . Da $I_g = 0$ )
Bereitstellung der Energie: Tank	Bereitstellung der Energie: Batterie oder Netzteil
Bei Vergasern gibt es komplizierte Ausführungen, bei denen mehrere Übergangs- und Ausgleichsbohrungen, mehrere Einspritzröhrchen der Beschleunigungspumpe für spezielle Kennlinien sorgen. (**)	Bei den Röhren gibt es Ausführungen mit mehreren Gittern, die für spezielle Kennlinien sorgen. (**)

(\*) den ermüdenden Gasfuß vergessen wir mal. In physikalischem Sinne ist das keine Leistung.

(\*\*) Dieses Thema soll hier aber nicht weiter vertieft werden, denn für das prinzipielle Verständnis eines Vergasers, bzw. einer Röhre sind diese speziellen Kennlinien nicht erforderlich.

## 6.7 Anodenspannung, Stromversorgung, Wandler, Zerkacker

Röhren benötigen, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, eine hohe Anodenspannung von bis zu mehreren hundert Volt. Die Bordnetze der KFZ haben üblicherweise eine Spannung von 6V oder 12V, was zwar zum Heizen der Röhren reicht, nicht aber für die Anodenspannung. Daher muß diese Hochspannung eigens erzeugt werden, was üblicherweise direkt im Autoradio erfolgt.

Die ersten Autoradios verwendeten eine Kombination aus einem Elektromotor an den ein Generator gekoppelt war. Diese sogenannte „Anodenmaschinen“ erzeugte die erforderliche Hochspannung, war aber sehr aufwendig, großvolumig und teuer. Es mußte also eine andere Lösung gefunden werden.

### 6.7.1 Spannungswandler mit Zerhackerpatrone

Da sich Gleichspannung nicht transformieren lässt, muß dieser zuerst in eine Wechselspannung umgewandelt werden. Dazu wurde über viele Jahre ein elektromechanischer Zerkacker verwendet. Dieser benutzt ein Verfahren, ähnlich des *Wagner'schen Hammers* früherer Hausklingeln. Ein Elektromagnet zieht einen Anker an, der dann über einen Schaltkontakt, Steuerkontakt genannt, den Stromkreis des Elektromagneten unterbricht. Sofort verschwindet das Magnetfeld, der Anker schwingt zurück und schließt den Schaltkontakt wieder. Der Elektromagnet schaltet wieder ein und zieht den Anker wieder an. Dieses Spiel wiederholt sich fortlaufend. Das System hat aufgrund seiner Masse und der Federwirkung des Ankers, sowie des Kontaktabstandes der Steuerkontakte eine Eigenfrequenz, es handelt sich um ein sogenanntes

Masse-Feder-System. Diese Frequenz läßt sich mittels einer kleinen Schraube am Anker in kleinen Grenzen einstellen.

Mit dem Anker sind zusätzliche Kontakte gekoppelt, die sich im gleichen Takt wie der Steuerkontakt öffnen und schließen. Diese Kontakte schalten den Gleichstrom, der auf die Eingangswicklungen (Primärwicklungen) eines Transformators geführt wird. Für optimale Übertragungseigenschaften wird die sogenannte Gegentaktschaltung verwendet. Das heißt, der Strom wird wechselweise auf zwei Primärwicklungen, die gegensinnig gewickelt sind, geschaltet. Fertigungstechnisch ist eine solche Wicklung sehr einfach herzustellen: Man wickelt einfach die doppelte Windungszahl und bringt genau in der Mitte eine Anzapfung an.

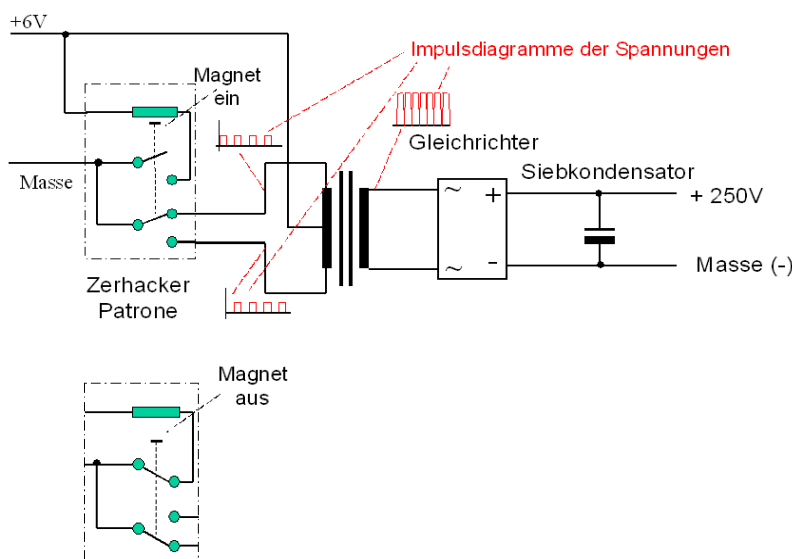


Abbildung 6.11: Spannungswandler mit Zerkacker Transformator und Halbleitergleichrichter

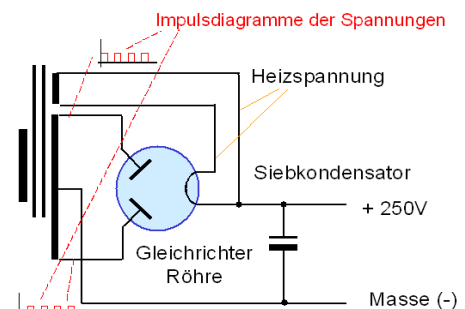


Abbildung 6.12: Gleichrichter mit einer Gleichrichterröhre

Als Nachteil dieser Schaltung mit einer Zweigweg-Gleichrichterröhre fällt auf, dass der Transformator eine doppelte Hochspannungswicklung benötigt, um eine gegenphasige Wechselspannung zu erzeugen.

Auf der Sekundärseite des Transformators entsteht eine hohe Wechselspannung, die gleichgerichtet werden muß. Einige Zerkackerpatronen haben ein zusätzliches Schalterpaar, dieses wurde anfangs bei einigen Geräten als mechanischer Gleichrichter verwendet, was sich aber nicht bewährte. Dann wurden vorübergehend Gleichrichterröhren, aber sehr bald und über längere Zeit Selengleichrichter eingesetzt.

Diese Gleichspannung pulsiert aber noch sehr stark und würde im Lautsprecher einen unerträglich lauten Brummtönen ergeben. Daher wird diese Gleichspannung mit großen Siebkondensatoren geglättet. Übliche Werte

dieser Kondensatoren liegen im Bereich von  $8\mu\text{F}$  bis  $32\mu\text{F}$ , in Autoradios seltener auch  $50\mu\text{F}$ . Die Kondensatoren sind für die hohe Spannung ausgelegt, z.B. 450V. Da die Anodenspannung etwa 240V bis 250V beträgt, sind die Siebkondensatoren auf ausreichende Reserve dimensioniert. Trotzdem verschleßen die Kondensatoren im Autoradio schneller, als in Heimempfängern. Der Grund hierfür sind die starken Temperaturschwankungen, im Winter Frost, im Sommer bei Sonneneinstrahlung auf z.B. schwarzem Lack, sehr hohe Temperaturen.



### 6.7.2 Zerhackerpatronen, Lebensdauer, Ersatz

Wegen der hohen Schaltströme verschleiben die Kontakte des Zerhackers relativ schnell. Die Kontakte eines Zerhackers werden bei 6V Bordspannung stärker belastet, als der Unterbrecherkontakt der Zündanlage. Schutzkondensatoren verringern das Kontaktfeuern und damit den Kontaktabbrand zwar etwas, aber trotzdem kann eine Betriebsdauer von 500 Stunden für eine Zerhackerpatrone schon als „lang“ angesehen werden. Daher sind die Zerhackerpatronen steckbar und somit „leicht“ austauschbar. Dieses „leicht“ ist sehr zu relativieren, denn das entsprechende Gerät muß zum Erneuern der Zerhackerpatrone ausgebaut und geöffnet werden. Wer ein Röhrenradio, bestehend aus mehreren Teilgeräten schon mal ein- / und ausgebaut hat, kennt diese Prozedur.

Meistens sind bei Röhren-Autoradios die Zerhackerpatronen schlecht oder defekt. Eine zu niedrige oder sogar fehlende Anodenspannung ist die Folge. Das Gerät wird dann entweder sehr schlecht oder gar nicht spielen.

Zerhackerpatronen werden seit Jahrzehnten nicht mehr hergestellt und inzwischen quasi in "Gold" aufgewogen. KACO-Patronen sind mitunter noch zu kriegen, aber teuer. Brauchbare NSF-Patronen habe ich seit vielen Jahren nicht mehr gesehen.



Abbildung 6.13: Zerhackerpatrone (KACO) mit neuem, elektronischem Innenleben

Wegen der Nachteile dieser elektromechanischen Zerhacker, insbesondere der schlechten Beschaffungssituation, habe ich vor etlichen Jahren eine elektronische Ersatzschaltung entwickelt, die vollkommen verschleißfrei und somit wartungsfrei arbeitet. Diese Schaltung ist auf einer kleinen Baugruppe (Platine) in Form einer gedruckten Schaltung aufgebaut und so kompakt, daß sie problemlos in einer ausgehöhlten Patrone Platz findet.

Als Leistungstransistoren kommen MOS-FETs zu Einsatz, die aufgrund ihres extrem niedrigen ON-Widerstandes von wenigen mOhm (milli Ohm, nicht Mega Ohm) kaum Leistung „verbraten“ und somit kalt bleiben. Ein Kühlblech ist daher nicht erforderlich.

Schutzschaltungen überwachen die Funktion und schalten gegebenenfalls den Wandler ab. Eine Einschaltverzögerung von ca. 30 Sekunden verhindert eine Überlastung der Siebkondensatoren durch Überspannung, solange die Röhren noch nicht geheizt sind. Dies ist wichtig, denn die elektronischen Zerhacker haben einen deutlich besseren Wirkungsgrad, als die elektromechanischen. Die Folge ist, daß im Leerlauf, wenn die Röhren noch kalt sind und noch keinen Strom „ziehen“, die Hochspannung höher ansteigt, als bei bei elektromechanischen Zerhacker.

Nebenstehendes Bild zeigt eine modifizierte KACO Zerhackerpatrone mit elektronischem Innenleben. Zum Umbau wird der Abschirmbecher (Alu) aufgebördelt. Einige Patronen sind zusätzlich im Bereich des Sockel verklebt.

Das elektromechanische Innenleben wird dann entfernt und die Elektronikbaugruppe (Platine) mit starkem (!! ) Draht stabil auf die Sockelstifte gelötet.

Danach wird die Elektronik mit dünnen Pappdeckel mehrfach umwickelt und sodann in den Alubecher eingeschoben. Der Sockel wird dann wieder gebördelt. Fertig.

#### Anmerkung:

Da die Elektronikschaltung kontaktlos arbeitet, entstehen keine Schaltfunken. Der Einbau der Elektronikplatine wäre daher problemlos auch ohne Abschirmbecher möglich. Sogar ein direktes Einlöten

der Elektronik ohne Sockel wäre möglich. Aus optischen Gründen ist jedoch die vorhin beschriebene Lösung zu bevorzugen; auch aus Gründen eines möglichst einfachen späteren Rückbaus.



Tipp:

Wenn eine alte, defekte Zerhackerpatrone zum Umbau nicht vorhanden ist, oder die vorhandene Patrone zur Verwahrung als Originalteil nicht geöffnet werden soll, kann für KACO-Nachbaupatronen auch der Sockel einer (defekten) EL34 Leistungs-NF-Pentode verwendet werden.

Diese Röhren werden noch heute in sehr vielen (Gitarren-) Verstärkern eingesetzt. Wie oben erwähnt, kann auf den Abschirmbecher verzichtet werden. Leider werden defekte Zerhackerpatronen oft einfach in den Müll geworfen.

### 6.8 Schalter und Potentiometer (Potis)

Weitere Übeltäter sind oft verschmutzte Schaltkontakte und Potentiometer. Hier hilft in der Regel ein gutes Kontaktspray. Ich habe beste Erfahrungen mit TESLANOL gemacht. Es hat sehr eine gute Reinigungswirkung und hält lange vor. Vor allem ist TESLANOL säurefrei.

Das absolut ideale Mittel wäre jedoch das gute, alte

Siemens Wählerfett aus der Zeit, als Telefon-Vermittlungsanlagen noch mit Relais und EMD-Wählern (Edelmetall-Motor-Heb-Drehwählern) ausgestattet waren. Dieses Mittel ist vom Markt seit Jahrzehnten vollkommen verschwunden. Die Basis-substanz soll Vaseline gewesen sein, aber die anderen Beimischungen????

### 6.9 Mechanische Bauteile

Hierzu gehören Schieber, (Zahn-)Räder, Schneckenräder, aber auch die Lager von Potis und Drehkondensatoren (falls vorhanden), sowie Lager von Drehschaltern. Wie alle beweglichen mechanischen Teile freuen diese sich auch im Autoradio über gelegentlich etwas Öl oder Fett. Bei Potis und Schaltern ist darauf zu achten, daß kein Fett oder Öl an die elektrischen Kontaktflächen gelangt.

Sinnvollerweise sollten alle mechanischen Bauteile vor dem Ölen oder Fetten erst mal gereinigt werden, weg mit altem Fett und Schmutz und erst dann neu fetten oder ölen. Zum Reinigen kann man durchaus Bremsenreiniger verwenden, man sollte aber aufpassen, daß nichts davon in die Filtertöpfe und erst recht nichts in die Potentiometer gelangt. Danach sehr gut ausdünsten lassen.

Oft sitzen Achsen von Potis und Schaltern durch verhartetes Öl derart fest, daß es ohne Gewaltanwendung – oder mit einem Trick - nicht möglich ist, diese zu betätigen. Gewaltanwendungen können jedoch die Bauteile beschädigen, was im schlimmsten Fall das ganze Autoradio zum Schrott verurteilt. Ersatz für solche Potis ist nur mit größtem Glück zu finden, zum Beispiel in Ausschlachtgeräten.

Also nicht mit einer Rohrzange versuchen eine Poti-Achse gewaltsam gangbar zu machen.

Bewährt hat sich Erwärmen mit einem Lötkolben. Das verhartete Öl oder Fett wird dabei etwas weich und die Achse lässt sich etwas drehen. Dabei kann eine Flachzange, vorsichtig angesetzt, helfen. Eventuell

etwas Pappdeckel zum Schutz der Achse zwischen legen. Bei dieser Prozedur kommt uns ein besonderes Konstruktionsmerkmal alter Bauteile zu Nutze: Damals wurde bei diesen Bauteilen noch kein Plastik (Thermoplast) in heute üblichem Umfang verwendet. Vielmehr kamen verschiedene Metalle, Pertinax und Bakelit zum Einsatz. Pertinax ist ziemlich hitzebeständig, solange man nicht zu sehr „brät“. Bakelit ist ein Duroplast und daher sehr hitzebeständig. Daher kann man die Bauteile recht gut erwärmen. Aber Vorsicht: Ausnahmen bestätigen die Regel, daher übernimmt der Verfasser keine Verantwortung dafür, wenn durch Überhitzung doch einmal ein Bauteil kaputt geht. Wenn das Bauteil gut warm ist und sich die Achse bereits, wenn auch noch schwergängig, etwas drehen lässt, ein möglichst dünnflüssiges Öl darauf geben und während des Erkaltes fleißig weiter drehen. Vorsicht, auf keinen Fall über den Endanschlag drehen!

Der Vorgang Erwärmen, Ölen, Erkalten muß solange wiederholt werden, bis sich die Achse irgendwann auch nach vollständigen Abkühlen einwandfrei und ohne Werkzeug leicht drehen lässt.

Am besten wird diese Prozedur ein paar Tage wiederholt. Es ist ein Geduldsspiel, aber der Verfasser hat mit dieser Prozedur bislang fast alle Potis wieder gangbar gemacht.

Welches Öl oder Fett sollte verwendet werden?

Zum Ölen ist ein harzfreies Öl zu empfehlen, z.B. Nähmaschinenöl. BALLISTOL ist z.B. ebenfalls geeignet. Als Fett kommt ein z.B. Mehrzweckfett in Frage.

Tipp:

Wenn eine Poti-Achse total fest sitzt, woher weiß ich dann, ob das Poti nicht zufällig in einer Richtung bereits am Anschlag steht? Über den Anschlag hinaus weiterdrehen kann das Innenleben irreparabel beschädigen.

Hier hilft ein kleiner Trick: Den Wert des Potis ablesen, er ist irgendwo am Gehäuse eingeprägt oder aufgedruckt. Dann mit einem Ohmmeter den Widerstand zwischen Schleifer und beiden Endpunkten messen. Der Schleifer ist mit der mittleren Lötöse, die beiden Endanschlüsse sind mit den beiden danebenliegenden Lötösen verbunden. Der gemessene Widerstandswert darf weder Null Ohm, noch den aufgedruckten Wert ergeben.

#### 6.10 Umschaltung zwischen 6V und 12V Betrieb

Die Umschaltung zwischen 6V und 12V Betrieb erfolgt innerhalb der Geräte mittels mehreren umlötbaren Brücken, oder – seltener – umsteckbaren Brücken. Daher muß zum Umschalten in den meisten Fällen das Radio geöffnet werden, was einen recht hohen Aufwand mit sich bringt, denn die Umschaltung muß sowohl im Wandler / Verstärkerteil, als auch im

Lassen Sie sich nicht irritieren, wenn das Poti vier oder sogar fünf Lötösen hat. Das sind feste Abgriffe, die zur gehörigen Lautstärkeinstellung gehören. Die ersten Drehversuche müssen dann unbedingt in Richtung, weg von Null Ohm und auch weg vom Maximalwert erfolgen.

Falls das Poti mit einem Ein/Aus-Schalter kombiniert ist und in AUS-Stellung verhärtet ist, wird als erste Drehrichtung in Richtung EIN gedreht. Das ist bei den meisten Potis in Draufsicht auf die Achse der rechte Drehsinn.

Front-Bediengerät erfolgen. Dies wird zuweilen übersehen und führt dann zu sehr schlechtem oder überhaupt keinem Empfang, oder zu durchgebrannten Röhren. Die Vorschriften zum Umschalten sind oft in den Geräten mittels Aufkleber oder in der Bedienungsanleitung / Schaltplan beschrieben.

#### 6.11 Drähte und Kabel

Selbst so einfache Dinge, wie Leitungen, Drähte und Kabel können in alten Radios Probleme bereiten. Besonders bei Autoradios kommen als Ursache für Ausfälle bei Leitungen und Kabeln neben Temperatureinflüssen auch Feuchtigkeit und vor allem Erschütterungen hinzu. Besonders kritisch sind die mehrpoligen Verbindungskabel zwischen den verschiedenen Geräteteilen bei Röhrenradios. Röhren-Autoradios bestehen aus dem Frontbedienteil, das neben der Abstimmrichtung und den Lautstärke- und Klangreglern auch die HF-Stufen enthält und dem Wandlerteil, in dem oft auch der NF-Verstärker, bei einigen Geräten auch der ZF-Teil enthalten ist, z.B. bei Philips Paladin Autoradios. Bei besonders aufwendigen Geräten, z.B. mit Sendersuchlauf, ist oft sogar noch ein drittes Geräteteil erforderlich, um alle Funktionen unter zu bringen, z.B. beim Philips Paladin ND661 und ND671. Viele Leitungen in diesen Kabeln sind sowohl Strom-, als auch spannungsmäßig hoch belastet. Kurzschlüsse zwischen einzelnen Leitungen können schnell böse Folgen haben. Daher sollten diese Kabel im Zuge einer Reparatur überprüft werden, auch wenn

sich (noch) kein Fehler messtechnisch finden lässt. Die Isolation alter Kabel kann z.B. brüchig geworden sein (Gummi, ölgetränkte Gewebeschläuche, usw.). Im Zweifelsfall erneuern, was jedoch eine sehr aufwendige Arbeit ist. Ein Hauptproblem besteht darin, geeignete Kabel überhaupt zu finden. In der Regel muß man solche Kabel selbst herstellen, wobei unbedingt auf eine ausreichende Spannungsfestigkeit und Strombelastbarkeit zu achten ist. Die in solchen Kabeln verwendeten abgeschirmten Leitungen müssen genau wie im Urzustand wieder hergestellt und angeschlossen werden. Abgeschirmte Leitungen findet man z.B. bei den bekannten Elektronik-Händlern. Im Prinzip gleicht die Herstellung eines solchen Kabels der Herstellung eines Kabelbaums für's Auto, ist aber deutlich einfacher, weil es kein „Baum“ ist, sondern eine „End-to-End“ Verbindung.

Sehr wichtig und wirklich dringendst zu empfehlen ist eine ausführliche und präzise Dokumentation des ursprünglichen Zustands, sonst wird der Zusammenbau extrem schwierig; dann heißt es tief in die Schaltung einsteigen und diese verstehen.

### 6.12 Hinweise zum Löten

Zum Löten an und in elektronischen Geräten sollte ein (Temperatur geregelter) FeinlötKolben verwendet werden. Ein „dicker“ 100W LötKolben ist ungeeignet. Als LötZinn muß ein für elektronische Schaltungen geeignetes LötZinn verwendet werden, z.B. in der Zusammensetzung Sn 60% Pb 38%. Wichtig ist, daß dieses LötZinn eine Seele mit Flußmittel enthält. Bitte kein LötFett, LötWasser oder dergleichen verwenden. Diese Hilfsmittel erleichtern zwar das Löten, enthalten

aber Säureanteile, die elektronische Bauteile beschädigen. Bleifreies LötZinn ist für diese Reparaturzwecke nicht erforderlich und aufgrund der höheren Schmelztemperatur auch nicht empfehlenswert. Wenn die für bleifreies LötZinn erforderliche höhere Löttemperatur nicht eingehalten wird, besteht die Gefahr sogenannter „kalter Lötstellen“, die keine sichere und dauerhafte Lötqualität sicherstellen.

### 6.13 Skalenseile

Die meisten Autoradios verwenden eine Hebelmechanik zum Bewegen des Skalenzeigers. Zum Glück, darf man sagen. Aber es gibt, gerade aus den frühen Jahren, auch etliche Autoradios, die Seilzüge verwenden.

Viele Radiosammler haben mit Recht größten Respekt vor Skalen-Seilzügen. Es ist bestimmt nicht übertrieben, zu behaupten, dass sich Heerscharen von Radiosammlern schon die Haare gerauft haben, wenn sie ein Skalenseil wieder auflegen wollten. Wenn es erneuert werden muß, weil das alte Seil gerissen war, kann man nur hoffen, daß eine gute Dokumentation, eine Service-Anleitung vorliegt. Ohne eine solche wird es richtig schwierig werden. In solchen Fällen helfen sich Radiosammler zuweilen gegenseitig, indem sie anderen Sammlern Skizzen und Zeichnungen zur Verfügung stellen, oder sogar – auch schon erlebt – ein funktionsfähiges Referenzgerät. Aber das setzt sehr großes Vertrauen voraus.

Falls das Skalenseil aber noch vorhanden ist und auch noch richtig aufliegt, sollte es trotzdem überprüft und im Zweifelsfall erneuert werden. Lässt man es nämlich so, wie es ist und reißt es dann irgendwann, steht man genau vor dem Problem, wie vorhin beschrieben.

Ich kann nur wieder mal dringendst empfehlen, vom Seillauf viele Photos und Zeichnungen anzufertigen. Wichtig ist hierbei vor allem, die Anzahl der Windungen und den Drehsinn auf den jeweiligen Achsen und Rädern genau zu notieren. Auch die genaue Anordnung der Spannfedern ist wichtig. Wenn beim Auflegen des neuen Seils irgend ein Fehler gemacht wird, wird der Seilzug schlimmstenfalls niemals richtig funktionieren. Ich kann aus eigener Erfahrung sagen, einen Skalenzug ohne jegliche Dokumentation und ohne Vergleichsgerät zu rekonstruieren, kann viele Tage dauern, ohne das der Erfolg garantiert ist.

#### 6.13.1 Ersatz von Skalenseilen

Was tun, wenn das Skalenseil vollkommen unbrauchbar geworden ist. Ein gleichwertiges neues Seil zu beschaffen ist mehr als Glückssache. Auch bei den bekannten Elektronikhändlern gibt es so was nicht mehr. Ersatz durch ein „normales“ Seil, Bindfäden oder Zwirn wird in den seltensten Fällen zum Erfolg führen. Meistens werden diese Surrogate auf den Achsen durchrutschen. Auch der Tipp, das Ersatzseil mit Kolophonium einzureiben, hilft nur zeitweilig. Zuweilen hört man den Ratschlag, dass die Antriebsachse aufgeraut werden sollte, um ein Durchrutschen des Skalenseils zu verhindern. Davon

kann ich nur dringend abraten. Die Rauigkeit führt zum schnellen Verschleiß jedes neuen Skalenseils.

Als Notbehelf kann man die Achse Papier umkleben. Dieses muß straff und faltenfrei aufgelegt werden und darf auch nur dünn auftragen. Eine solche Konstruktion kann aber durchaus etliche Jahre funktionieren.

Eine Quelle, um eventuell an Originalseile zu kommen, ist der Sperrmüll oder ein Wertstoffhof. Noch immer, wenn auch immer seltener, landen alte Heimempfänger aus der Nachkriegszeit im Sperrmüll, oder werden verschrottet. Das wären wertvolle Ersatzteilträger.

#### 6.14 Zinkdruckguss, Zinkpest

Zu den „ekelhaftesten“ Materialien, die in einigen Radios verwendet wurden, gehört ohne Zweifel Zinkdruckguss. Etliche Firmen, unter anderem SABA (*"Schwarzwälder-Geräte-Bau-Anstalt"*, 1986 aufgelöst), haben zeitweise aus diesem Mist Drehkondensatoren gebaut. Aber auch Lautsprecherkörbe und Getriebebauteile, wie z.B. Zahnräder wurden aus diesem Zeug hergestellt, weil es sich so gut verarbeiten ließ. Das Material hat aber die Eigenschaft, bereits durch geringe Luftfeuchtigkeit im Laufe der Jahre zu „wachsen“. Es wird dabei spröde und rissig, verändert seine Form und letztendlich zerbröckelt das Zeug. Viele edle Heimempfänger, die noch spielfähig wären, sind zum funktionslosen Anschauungsobjekt verurteilt, weil Mehrfach-Drehkondensatoren durch Zinkpest zum Schrott wurden. Identischer Ersatz ist in der Regel nicht zu finden, ein Nachbau viel zu kompliziert, Austausch durch andere Mehrfachkondensatoren

meistens nicht möglich wegen unterschiedlichem Plattenschnitt, Thema Gleichlauf.

Zum Glück wurden in Autoradios recht selten mechanische Bauteile oder Drehkondensatoren aus Zinkdruckguss hergestellt. Falls Sie trotzdem einmal solch ein Gerät zur Reparatur haben, und das Zinkdruckgussteil noch soweit brauchbar ist, aber vielleicht schon leichte Risse hat, dann gilt es, den Zustand so gut wie möglich zu konservieren. Ich habe schon solche Teile in Zaponlack getaucht. Andere Bastler schwören auf Loctide, wieder andere auf (dünnflüssige) Zweikomponentenkleber. Im Internet finden sich Infos, daß man Zinkdruckguss auch löten kann. An dieser Stelle muß ich passen, denn das habe ich noch nie versucht. Ich habe bislang nur das Zaponlack-Bad verwendet, oder die Geräte als Anschauungsobjekt belassen.

### 7 Autoradios mit Sendersuchlauf

Die heutigen modernen, rein elektronischen Funktionsprinzipie eines Sendersuchlaufs sollen hier nur der Vollständigkeit halber und auch nur ganz kurz erwähnt werden. Erste Schaltungen dieser Art verwendeten Abstimmioden, die mittels Gleichspannung, die über einen Kondensator mit geregelter Nachladung gesteuert wurden. Abstimmioden wirken in diesen Schaltungen wie ein Kondensator und verändern ihre Kapazität in Abhängigkeit von der angelegten Spannung, siehe Schwingkreis (Kapitel 3.1 auf Seite 11). Dieses einfache Prinzip hat – wenn auch mehr schlecht-als-recht – funktioniert.

Das später entwickelte PLL-Prinzip, bestehend aus

einem Referenzoszillator, einem programmierbarem Frequenzteiler, einem Frequenz-/Phasenvergleichler und letztendlich ebenfalls einer Diodenabstimmung arbeitet hingegen perfekt, hat sich durchgesetzt und wird bis heute verwendet. Zwischenzeitlich gibt es ganz neuartige Konzepte, die gänzlich ohne Spulen, und Schwingkreise auskommen und mittels Digitaler Signalverarbeitung arbeiten. Stichwort hier zu ist Software Defined Radio (SDR). All diese Konzepte sollen hier aber nicht weiter betrachtet werden, da der Schwerpunkt in diesem Bericht bei historischen Radios für unsere Oldtimer liegt.

Bei den mechanischen Sendersuchlaufkonzepten gibt es im wesentlichen zwei grundverschiedene Prinzipie:

- Sendersuchlauf mit Motor und
- Sendersuchlauf mit Federwerk-Mechanismus.

#### 7.1 Sendersuchlauf mit Motor

Ein Sendersuchlauf mittels Motor ist mechanisch recht einfach gebaut, die Komplexität liegt bei diesen Geräten hauptsächlich bei der Elektronik zum Ansteuern des Motors. Diese Elektronik hat die Aufgabe, den Motor zu starten und beim Auffinden eines Senders zu stoppen. Meistens wird danach der Motor auch noch zur automatischen Nachregelung und

kontinuierlichen Feinabstimmung verwendet, also tatsächlich eine AFC. Bei Röhrenradios für's Wohnzimmer wurden als Motoren Synchronmotoren verwendet (SABA). Man spürt bei diesen Geräten beim Berühren des Abstimmknopfes ständig ein leichtes Vibrieren. Bei Autoradios, wo keine 50Hz Netzfrequenz zur Verfügung stehen, kommen als

Motoren in der Regel Gleichstrommotoren zum Einsatz, die über eine aufwendige Röhren-Elektronik angesteuert werden. Optisch spektakulär ist es, wenn sich der Abstimmknopf, wie von Geisterhand betätigt, dreht (Philips Paladin ND661). Die eigentliche Mechanik dieser Geräte ist recht einfach: Der Motor betätigt über ein Untersetzungsgetriebe die Abstimmung. Bei Autoradios hat über sich einen längeren Zeitraum die Variometer-Abstimmung (Spulen mit veränderlicher Induktivität) durchgesetzt,

siehe Kapitel 3.1 (Seite 11). Der Vorteil von abstimmbaren Spulen liegt zum Beispiel in der einfacheren Herstellung. Besonders aber wirkt sich bei einstellbaren Spulen die lineare Bewegung der Abstimmkerne aus. Diese vereinfacht die Konstruktion von Radios mit Senderspeichern (Tasten) und Sendersuchlauf. Beim Sendersuchlauf erzeugt der Motor über das Untersetzungsgetriebe in Verbindung mit einem Schneckenantrieb diese lineare Bewegung.

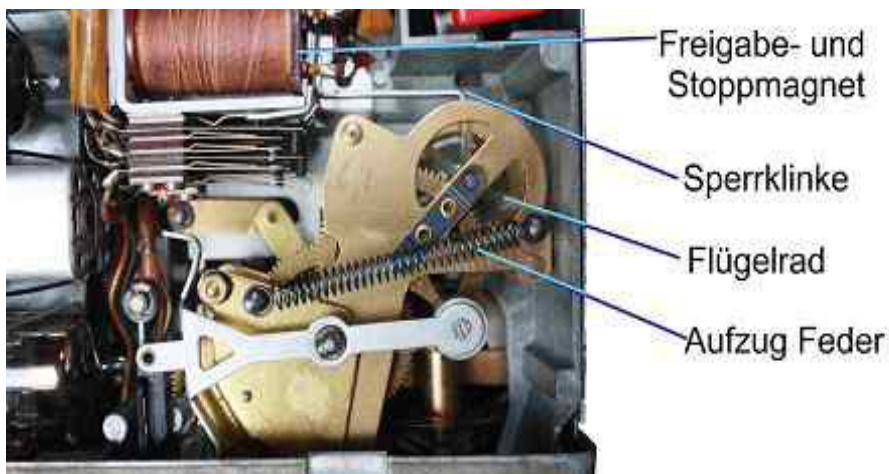
## 7.2 Sendersuchlauf mit Federwerk-Mechanik

Gänzlich anders arbeiten Geräte mit einem Federwerk Sendersuchlauf. Das sind wahre Prachtstücke an präziser Feinmechanik, aber bei Defekten am Sendersuchlauf mitunter schwierig zu reparieren.

Als bekannteste Beispiele sind hier Becker Mexiko und Blaupunkt Köln zu nennen. Interessanterweise weisen die Geräte beider Marken bezüglich der Mechanik große Ähnlichkeiten aus.

Die Funktion ist wie folgt: Eine (starke) Feder speichert mechanische Energie. Nach dem Drücken der Sendersuchlaufaste gibt ein Elektromagnet mittels einer Sperrklinke ein Flügelrad frei. Die Feder treibt dann dieses Flügelrad über ein Übersetzungsgetriebe an. Das Flügelrad dreht mit hoher Drehzahl und

stabilisiert über die Luftverwirbelung an den Flügeln die Drehzahl und somit die Verstellgeschwindigkeit des Suchlaufs. Sobald ein Sender gefunden wird, löst das bereits erwähnte Elektromagnet aus, die Sperrklinke stoppt sofort und nahezu verzögerungsfrei das Flügelrad. Der Suchlauf stoppt. Sobald die Suchlaufaste erneut betätigt wird, beginnt der ganze Vorgang von Neuem. Am Ende der Skala betätigt die Mechanik einen Anschlagschalter. Dieser schaltet einen starken Elektromagnet ein, der die Feder erneut spannt, das "Werk" also quasi neu aufzieht. Diese Auszugsbewegung zieht gleichzeitig den Skalenzeiger komplett an das andere Ende der Skala, besser gesagt, an den Anfang der Skala.



Der starke Aufzugmagnet ist auf diesem Bild nicht sichtbar, er liegt verdeckt unter der Grundplatte des Aufzugmechanik.

Abbildung 7.1: Federwerk Suchlaufmechanik des Blaupunkt Köln TR.



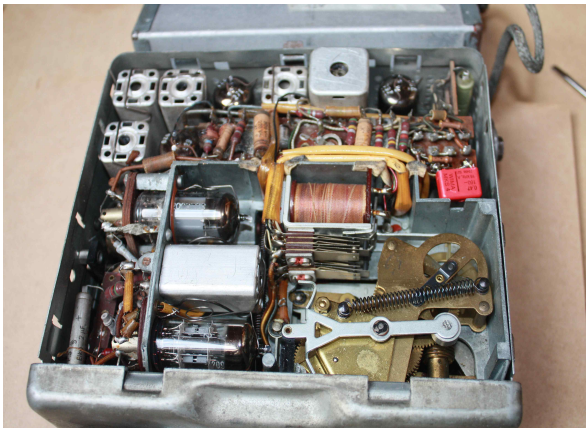


Abbildung 7.2: Oberseite eines Blaupunkt Köln TR mit Sendersuchlauf.



Abbildung 7.3: Unterseite eines Blaupunkt Köln TR

Bei diesem Gerät sind die kleineren Bauteile, wie z.B. Widerstände und Kondensatoren recht gut zugänglich eingelötet.



Abbildung 7.4: Frontplatte des Blaupunkt Köln TR

Hier sind noch die "Reparaturplatz-Drehknöpfe" montiert.



Abbildung 7.5: Rückseite des Endstufen- und Wandlerteils eines Blaupunkt Köln TR

Dieses Gerät ist mit Mischbestückung Röhren und Transistoren. Von links nach rechts sieht man die beiden Leistungstransistoren der Gegentaktendstufe und den Transistor des Wandlers zur Erzeugung der Hochspannung für die Empfängerröhren.

### 7.3 Vergleich Sendersuchlauf mit Motor versus Federwerk

Das Federwerk Aufzugprinzip hat gegenüber dem Motorkonzept zwei entscheidende Nachteile:

Erstens: Es ist ersichtlich, daß der Suchlauf immer nur in einer Richtung suchen kann, da das Federwerk nur in eine Richtung zieht.

Zweitens, und das ist ebenso verständlich: Dieses Prinzip erlaubt keine automatische Nachregelung der

Sendereinstellung, wie dies bei der Motorabstimmung einfach realisierbar ist.

Der Vorteil beim Federwerk Suchlauf ist, daß die erforderliche Elektronik etwas einfacher ist, als bei der Motorsteuerung. Dies ist besonders bei Röhrengeräten wichtig, da jede zusätzliche Röhre zu einem höheren Stromverbrauch des Autoradios führt.

## 8 Einspeisung externer Tonsignale (Kassettenspieler, MP3-Player, usw.)

Um mit einem alten Röhren Autoradio "eigene" Musik zu hören, muß dieses nicht ausgeweidet werden und es muß auch keine moderne Elektronik eingebaut werden. In einem Oldtimer darf (sollte) durchaus auch die Musikwiedergabe dem damaligen "Sound" entsprechen. Ebenso, wie der Motor aus damaliger Zeit anders klingt, als heutige Motoren leise „säuseln“. Zusammen mit einem guten Lautsprecher klingen Röhren Autoradios sogar sehr gut, wenn auch nur in Mono, da es Stereo Röhren-Autoradios nicht gab.

Mit geringem Aufwand lässt sich ein Autoradio so modifizieren, dass sich externe Tonsignalquellen problemlos anschließen lassen. Wenn bei dieser Modifikation darauf verzichtet wird, den Anschluß über eine fest eingebaute Buchse zu realisieren und statt dessen ein Kabelanschluß nach außen gelegt wird,

kann dieser Umbau später sehr einfach wieder rückgängig gemacht und der originale Zustand wieder hergestellt werden. Für die Kabeldurchführung ist natürlich ein Loch im Gehäuse notwendig. Hierfür kann eventuell ein vorhandenes Lüftungsloch verwendet werden. Fall ein solches nicht vorhanden ist, muß leider ein Loch gebohrt werden.

Wichtig ist, daß für das nach außen gelegte Kabel eine Zugentlastung eingebaut wird.

Um jederzeit zwischen originalem Radioempfang und externer NF-Einspeisung umschalten zu können, empfiehlt sich der (versteckte) Einbau eines Umschalters im Auto, z.b. in einem kleinen Kästchen unter der Armaturentafel.

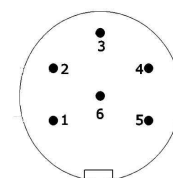
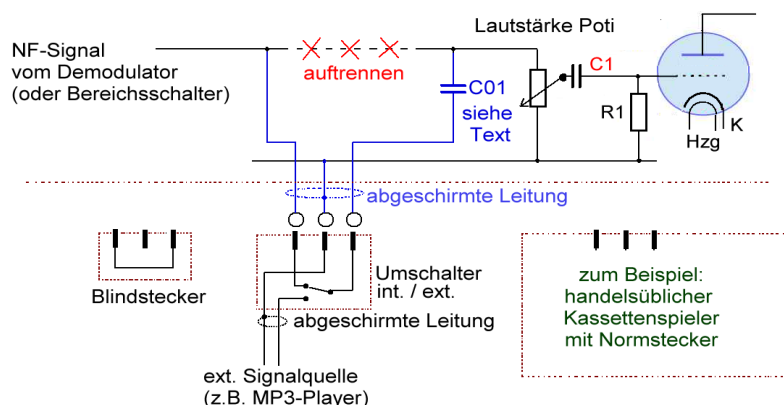


Abbildung 8.2: DIN-Stecker

- PIN - Signal
- 1 - NF vom Radio
  - 2 - NF zum Radio
  - 3 - Masse
  - 4 - Betriebsspannung
  - 5 - Masse
  - 6 - (frei lassen)

Abbildung 8.1: Prinzipschaltung Anschluß einer externen NF-Einspeisung

Der Umbau im Radio ist recht einfach. Die NF-Leitung am Lautstärke-Potentiometer (sogenanntes „heißes Ende“) wird unterbrochen. Die vom Demodulator, bzw. vom Bereichsschalter kommende Leitung wird nach außen geführt. Wie im Kapitel 3.4 (Seite 15) beschrieben, verwenden die Bereiche LM, MW und KW einen anderen Demodulator (AM), als der UKW-Bereich (FM). Daher werden die NF-Signale der beiden Demodulatoren bei Geräten mit UKW-Bereich über den Bereichsschalter geführt. Das nach außen gelegte NF-Signal führt zum externen Umschalter. Dieser kann im einfachsten Fall direkt angeschlossen werden, was aber nicht zu

empfehlen ist. Besser ist es allemal, den externen Umschalter steckbar zu machen.

Viele Autoradios der 60-er bis 80-er Jahre hatten solche Stecker, die den Anschluß von Kassettenspielern ermöglichen. Wenn als Steckverbindung ein Stecker entsprechend dieser Norm(en) verwendet wird, ist ein Kassettenspieler wie früher üblich, sehr einfach anzuschließen. Diese Geräte haben bei Kassettenwiedergabe sogar selbsttätig umgeschaltet.

Wenn ein moderner walkman oder ein MP3-Player angeschlossen werden soll, muß jedoch ein entsprechender Umschalter verwendet werden.

Das vom externen Umschalter ins Autoradio eingespeiste Tonsignal wird über den Kondensator C01 auf das Lautstärke-Potentiometer geführt. Dieser Kondensator ist als Schutz vorhanden. Er trennt eventuelle Gleichspannungsanteile ab. Diese könnten von externen Signalquellen stammen, falls diese keinen gleichspannungsfreien Ausgang haben. Falls dieser Kondensator fehlt und das speisende Gerät keinen gleichspannungsfreien Ausgang hat und hinter dem Lautstärke-Poti keine RC-Kombination vor dem Gitter der Röhre liegt, besteht die Gefahr von Kratzgeräuschen. Zugegeben: Es sind viele „wenns“, aber eine möglichst universelle Schaltung sollte möglichst viele eventuelle Probleme ausschließen. Der Kapazitätswert dieses Kondensators ist recht unkritisch und kann im Bereich von 10nF bis 47nF liegen. Für diesen Kondensator reicht ein 63V Typ vollkommen aus.

Wichtig ist, daß die Masse der NF-Einspeisung und das Abschirmgeflecht an den Massepunkt des Potis angelötet wird (sogenanntes „kalten Ende“).

Die Zugentlastung für das Kabel bitte nicht vergessen, denn beim Einbau eines Autoradios geht es mitunter etwas „robust“ zu.

Autoradios aus den 60ziger bis 80ziger Jahren verfügen meistens über eine 5 oder 7-polige DIN-Buchse, entweder direkt auf der Rückseite des Gehäuses eingebaut oder am Ende eines kurzen Kabels. Auf dieser Buchse sitzt ein kleiner Stecker in dem sich eine Brücke befindet. Bei Stereo sind es zwei Brücken, je eine für Stereo-L und Stereo-R. Zum Anschluß eines externen Kassettenspielers wurde der Abschlußstecker entfernt und an dessen Stelle der Kassettenspieler angeschlossen.

Es ist zu empfehlen, diese Buchse mit genau der gleichen Steckerbelegung für unsere externe NF-Einspeisung zu verwenden. Dann können z.B. Kassettenspieler, die mitunter preisgünstig in der "Bucht" ersteigert werden können, schnell und einfach an das Autoradio angeschlossen werden. Ein MP3-Player o.ä. kann ebenfalls an diesen Norm-Stecker angeschlossen werden, wobei ein Adapterkabel erforderlich wird, da MP3-Player meistens eine Klinkenbuchse für den NF-Ausgang haben.

Wichtig: Grundsätzlich immer alle Steckerbelegungen überprüfen, bevor irgendwelche unbekannten Geräte angeschlossen werden. Nicht alle Firmen haben sich an festgelegte Steckerbelegungen gehalten. Schlimmstenfalls liegt auf einem Steckerpin eine Betriebsspannung, die ein angeschlossenes Gerät beschädigen kann. Daher bitte grundsätzlich alle Spannungen nachmessen.

## 9 Entstörung eines KFZ

Ein wichtiges Thema beim Betrieb von Radios im Auto ist die Entstörung. Fahrzeugen mit Motor vorne sind bezüglich Störungen besonders kritisch. Die LW, MW und KW Bereiche sind wegen der in diesen Bereichen verwendeten Amplitudenmodulation besonders störempfindlich, während der UKW Bereich mit

Frequenzmodulation wesentlich unempfindlicher ist. Bei Fahrzeugen mit Heckmotor sind oft keine zusätzlichen Entstörmaßnahmen notwendig, da die Hauptstörquelle, die Zündanlage sehr weit von der Antenne und dem Radio entfernt ist.

Die Ursache der Störungen wird grob unterschieden zwischen

- elektrostatischen Störungen,
- Störungen durch elektromagnetische Wellen und
- drahtgebundene Störungen.

### 9.1 Elektrostatische Störungen

Elektrostatische Störungen entstehen z.B. durch Reibung von Kunststoff oder Gummiteilen. Bekannt ist z.B. die statische Aufladung von Kraftfahrzeugen beim Fahren auf trockener Straße; man spürt dies bei

trockenem Wetter z.B. beim Aussteigen aus dem Auto. Das elektrostatisch aufgeladene Rad mit Felge kann sich über das Kugellager nicht sicher genug gegenüber der Karosserie entladen. Es kann zu sporadischen



Entladevorgängen kommen. Diese können sich im Autoradio durch nicht-rhythmisches Prasseln bemerkbar machen. Einige Autos, z.B. unsere 170er und 220er

haben daher in den Radnabenkappen kleine Federn, die auf das Lager drücken. Diese Federn dienen zur Ableitung elektrostatischer Ladungen.

## 9.2 Grundprinzip der Entstörung, elektrische Störungen

Eine perfekte Entstörung von Kraftfahrzeugen, insbesondere von Benzinern, wird manchmal zur echten Geduldsprobe; „mal eben schnell machen“ geht in der Realität leider nicht immer. Es gibt jede Menge Hinweise, Ratschläge und Anleitungen. Alle raten dazu, grundsätzlich Störschutzkondensatoren an der Zündspule und an der Lichtmaschine zu montieren. Aber damit sind leider nicht immer alle Störungen beseitigt. Dann fängt die eigentliche Arbeit erst an.

Bei allen Entstörmaßnahmen ist grundsätzlich auf perfekte Anschlüsse und Masseverbindungen zu achten. Schlecht leitende Verbindungen vermindern die Wirkung der Entstörkondensatoren.

Alle elektrischen Schaltvorgänge erzeugen durch steilflankige Änderungen von Strom- und Spannungswerten hochfrequente Wellen in Form von schnellen Strom- und Spannungsschwankungen (Schwingungen). Dies trifft besonders für Schaltvorgänge zu, die über mechanische Kontakte erfolgen, z.B. der Unterbrecherkontakt der Zündanlage, der Kollektor einer Gleichstromlichtmaschine, der Regler der Gleichstromlichtmaschine, der Scheibenwischermotor, usw. Bei Kontaktschaltvorgängen kommt zusätzlich der Schaltfunke (Lichtbogen) hinzu. Diese hochfrequenten Wellen werden über die angeschlossenen Kabel, also die Stromzuführung abgestrahlt. Die Kabel wirken dabei als Sendeantenne. Daher müssen zur Entstörung diese hochfrequenten Wellen, bildlich

gesprochen, vom Kabel ferngehalten werden. Dies kann z.B. erreicht werden, indem diese Störspannungen nach Masse kurzgeschlossen werden. Kondensatoren haben für Gleichstrom einen unendlich hohen Widerstand, leiten diesen also nicht. Für Wechselspannung hingegen haben Kondensatoren einen Widerstand, der umso niedriger ist, je höher die Frequenz ist. Der Wechselstromwiderstand wird Blindwiderstand genannt, Formelzeichen  $Z$ . Wenn also an der Stelle, wo die hochfrequenten Störspannungen entstehen, diese über einen Kondensator nach Masse abgeleitet, also quasi kurzgeschlossen werden, wird verhindert, dass die Störwellen über das angeschlossene Kabel abgestrahlt werden.

Daher sind Kondensatoren das einfachste und preisgünstigste Mittel zur Entstörung. Um quasi das Übel an der Quelle zu bekämpfen, sollen Entstörkondensatoren möglichst nahe an der Störquelle angeordnet werden.

Alle Verbindungsleitungen zu Entstörkondensatoren sind grundsätzlich so kurz wie möglich zu halten, wobei unbedingt darauf geachtet werden muß, daß mechanische Schwingungen nicht zu Kabelbrüchen aufgrund von Materialermüdung führen können. Enge Knickstellen der Leitungen sind zu vermeiden. Gegebenenfalls hilft Umhüllen mit schwarzem Schrumpfschlauch, das sieht im Oldtimer sogar richtig gut aus.

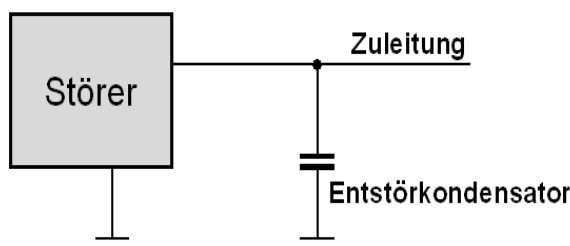


Abbildung 9.1: Entstörkondensator

Der Wechselstromwiderstand eines Kondensators wird als Blindwiderstand bezeichnet.

Berechnung des Blindwiderstandes eines Kondensators

$$Z = \frac{1}{2\pi F C}$$

mit  $\pi \approx 3,1415$

F Frequenz (Hz)

C Kapazität (F)

Auch eine Spule (Induktivität) kann zur Entstörung verwendet werden, in dieser Anwendung Drosselspule genannt, kurz Drossel. Eine Spule leitet Gleichstrom

besser als Wechselstrom. Für Gleichstrom besitzt eine Spule nur den Wert des Kupferwiderstandes, ist also recht niederohmig. Für Wechselstrom hingegen ist der

Widerstand umso höher, je höher die Frequenz ist. Daher können auch Spulen zum Entstören verwendet werden, da die Störungsschwingungen eine höhere Frequenz haben. Der Nachteil ist aber, daß die Spule vom gesamten Strom im Stromkreis durchflossen wird

und daher zur Vermeidung von Verlusten möglichst niederohmig sein muß. Niederohmige Spulen erfordern jedoch dicke Kupferdrähte. Daher sind Drosselspulen für hohe Ströme recht groß und auch teuer in der Herstellung.

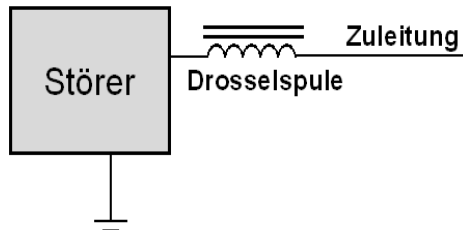


Abbildung 9.2: Entstörung mit Drosselspule

Der Wechselstromwiderstand einer Spule wird als Blindwiderstand bezeichnet.  
Berechnung des Blindwiderstandes einer Drosselspule

$$Z = 2 \pi F L$$

mit  $\pi \approx 3,1415$   
 F Frequenz (Hz)  
 L Induktivität (H)

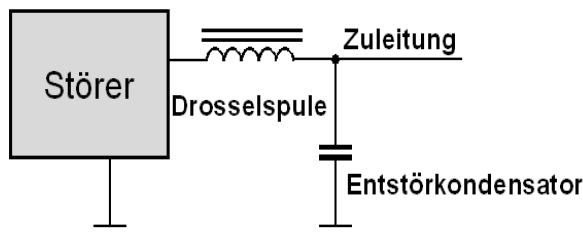


Abbildung 9.3: Entstörung mit Filter (Drosselspule und Kondensator)

Ideal sind Kombinationen aus Drosselspule und Kondensator. Diese Schaltung wird Filter genannt. Allerdings ist dies auch die aufwendigste und teuerste Lösung.

**! Ich weise an dieser Stelle darauf hin, daß alle Arbeiten an der Verkabelung des KFZ auf eigene Verantwortung des Lesers erfolgen. !**

Dieselmotoren sind Selbstzündler, benötigen also keine Zündanlage. Damit fällt bei Dieselfahrzeugen eine starke Störquelle von vorn herein weg. Das Kapitel 9.2.1 ist daher für Diesel KFZ nicht relevant.

### 9.2.1 Entstörung der Zündanlage

Der schlimmste Störer ist bei Benzinmotoren zweifellos die Zündanlage. Daher wird man sinnvollerweise hier mit den Entstörmaßnahmen beginnen. Grundsätzlich gehört an die Zündspule

Klemme 15 (Plus) ein Kondensator nach Masse. Gebräuchliche Werte sind 2,2µF bis 4µF, mindestens 160V BOSCH, am besten ein NOS (new-old-stock).

#### Bitte beachten

Dieser Störschutzkondensator hat absolut nichts zu tun mit dem Kondensator am Unterbrecherkontakt, der meistens in oder außen am Verteilergehäuse montiert ist. Wenn hier ein Störschutzkondensator dieser Größe angeschlossen wird, sind Probleme mit dem Motorlauf fast garantiert - falls er überhaupt anspringt.

Oft werden für die Hochspannungsleitungen der Zündanlage Widerstandskabel empfohlen. Früher hatten diese Kabel einen schlechten Ruf, wie ich mich noch an die Zeit meiner Studentenautos erinnere. Die Seele, das ist die leitende Verbindung im Kabel, bestand damals aus einem mit Graphitpulver bestäubten Faden, der gerne durchbrach. Zündaussetzer waren die Folge. Viele Fahrer haben damals diese fehlerträchtigen Kabel durch solche mit richtiger Kupferseele ersetzt. Die heute angebotenen Widerstandskabel sind deutlich besser.

Des weiteren sollten Zündkerzenstecker mit eingebautem Entstörwiderstand verwendet werden. Die zuweilen verwendeten Metallabschirmungen der Kerzenstecker sehen erstens auf einem seiten-gesteuerten Motor, wo die Kerzenstecker so schön sichtbar sind, ganz schlecht aus, und zweitens neigen diese zu Überschlägen.

Eine weitere Maßnahme ist die Verwendung von entstörten Verteilerfingern. Leider habe ich die kleine Bauform, die für meinen 170Sb passt, noch nicht mit Entstörwiderstand gefunden. Ich weiß nicht, ob es solche überhaupt gibt.

Wenn diese Maßnahmen eingebaut wurden, sind mit Sicherheit schon viele Störungen beseitigt, bzw. deutlich verringert. Falls aber noch immer Störungen vorhanden sind, die von der Zündanlage herrühren,

wird es aufwendiger – nun beginnt nämlich das Suchen nach der try-and-error Methode.

Oft wird hierbei häufig der Motor angelassen und eventuell auch für längere Zeit laufen gelassen. Schließlich will man ja die Wirkung der verschiedenen Versuche prüfen. Den Motor längere Zeit laufen zu lassen, ist aber weder für den Motor gut, noch für den Frieden mit der Nachbarschaft förderlich. Man bräuchte eine Störquelle, die auch bei stehenden Motor absolut die gleichen zündanlagenbedingten Störimpulse erzeugt.

Ich habe mir so etwas gebaut: Es ist ein einfacher, elektronischer Taktgeber, der ein Relais schaltet. Das Relais simuliert die Schaltvorgänge des Unterbrecherkontaktes. Die komplette Zündanlage im Auto ist damit in Betrieb, aber bei stehendem Motor.

Den Schaltplan des Taktgebers habe ich im Kapitel 9.2.2 auf Seite 48 einkopiert und kurz beschrieben.

Eine Alternative zum elektronischen Taktgeber könnte eine Konstruktion aus einem Blinkgeber sein, der mit schwächeren Glühlampen als üblich betrieben wird. Das ergibt eine etwas höhere Schaltfrequenz. Der Blinkgeber schaltet ein (normales KFZ-) Relais. Diese „Bastellösung“ wird ebenfalls funktionieren, aber ich habe diese nicht getestet, da sie für mich nicht erforderlich ist.

**! Bei den folgenden Arbeiten sicherheitshalber die Handbremse anziehen, man kann ja nie wissen. !**

Die Zündanlage mit abgeklemmten Hochspannungsleitungen zu betreiben sollte vermieden werden. Durch die unbelastete Zündspule kann es innerhalb dieser zu Überschlägen kommen, die die Isolation beschädigen können.

**! Bitte beachten Sie: Bei abgeklemmten Hochspannungsleitungen arbeitet die Zündspule ohne Last, die Hochspannung innerhalb der Zündspule kann durch Überschläge die Isolation in der Zündspule beschädigen. !**

Um die gleichen Bedingungen, wie beim echten Motorlauf zu haben, muß die ganze Zündanlage arbeiten, als würde der Motor tatsächlich laufen.

Zuerst wird ein Stück (sauberes) Papier zwischen die Unterbrecherkontakte geklemmt, damit dieser den Zündkreis nicht schließen kann.

Dann wird der Verteilerfinger auf eine Position gestellt, bei der ein Zylinder zünden würde, der Zündfunke muß an der Zündkerze überspringen, z.B. Zylinder 1. Diese

Position ist am Verteilergehäuse meistens mit einer Kerbe gekennzeichnet, sichtbar bei abgenommener Verteilerkappe. Durch Drehen an der Riemenscheibe wird die Position eingestellt, genauso wie bei der statischen Zündpunkt Einstellung. Danach wird die Verteilerkappe wieder aufgesetzt. Alle Hochspannungs-zündkabel bleiben gesteckt.

Am Motor darf nun nicht mehr gedreht werden!

Nun wird der Taktgeber angeschlossen. Die beiden Relaisanschlüsse werden mit Masse und der Klemme 1 der Zündspule verbunden. Leitungen mit Krokodilklemmen sind hierfür ideal. Die Leitung zwischen Klemme 1 der Zündspule und dem Verteiler (Unterbrecherkontakt) darf nicht abgeklemmt werden, da sonst der Kondensator am Verteiler ebenfalls abgeklemmt würde. Die Stromversorgung des Taktgebers kann der Autobatterie entnommen werden. Dann wird die Zündung eingeschaltet. NICHT den Anlasser betätigen.

Nun wird der Taktgeber eingeschaltet. Über das Potentiometer des elektronischen Taktgebers ist die Taktfrequenz einstellbar. Damit lässt sich sowohl das Tuckern im Leerlauf, als auch ein schneller Motorlauf simulieren.

Man wird sogleich die Überschlüge hören, die im Verteilerdeckel zwischen dem Verteilerfinger und dem Abnehmerkontakt überspringen. Es handelt sich beim Verteiler um einen kontaktlosen Hochspannungsschalter. Die Zündfunken an der Zündkerze im Zylinder wird man nicht hören.

Im Lautsprecher des Autoradios hört man nun die Störungen, insbesondere in den Bereichen mit Amplitudenmodulation (LW, MW, KW).

Nun kann man in aller Ruhe, ohne Abgase in der Garage und ohne die Nachbarn zu nerven, weitere Maßnahmen zur Entstörung der Zündanlage prüfen und einbauen.

**! Diese Motorlauf Simulation erzeugt die gleiche Hochspannung, wie beim echten Motorlauf. Alle Leitungen führen also Hochspannung. Auch die Relaisleitungen nicht berühren, hier stehen die Primär-Schaltimpulse an, die deutlich über der Bordspannung liegen! !**

### 9.2.2 Beispiel eines einfachen Taktgebers

Der Bau eines Taktgebers ist einfach, erfordert aber etwas Elektronik. Für Schrauber mit Elektronik Kenntnissen wird das kein Problem sein, daher gebe ich hier einen Musterschaltplan.

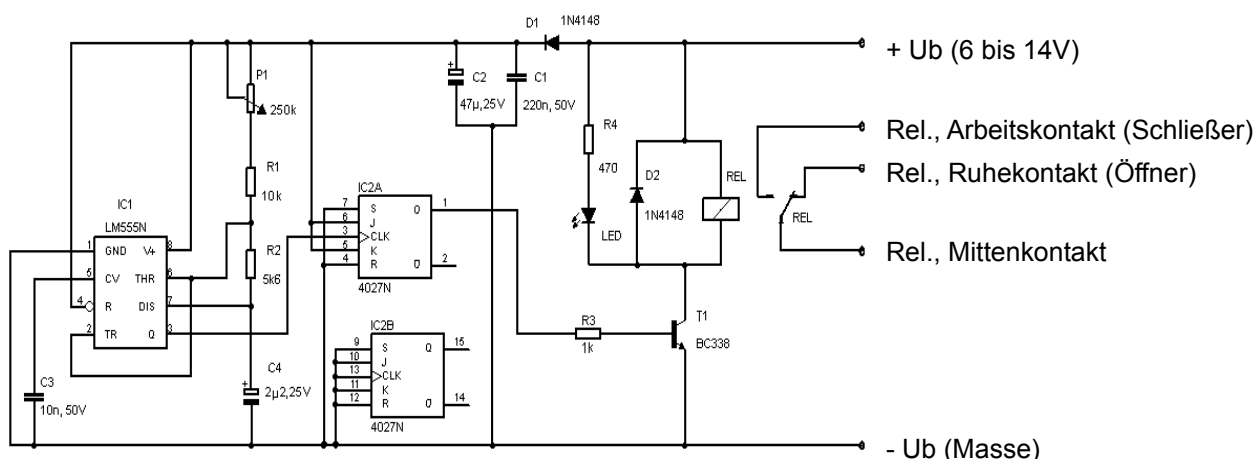
Alle verwendeten Bauteile sind leicht zu beschaffende und preisgünstige Standardbauteile.

#### Kurze Beschreibung der Schaltung:

Ein Timer-IC (Typ: NE555) erzeugt Taktpulse, deren Frequenz mit dem Poti P1 einstellbar ist. Die Werte des Potis P1 und des Kondensators C4 bestimmen die

Taktfrequenz. Da der NE555 keine Impulse mit einem exaktem Tastverhältnis von 1:1 liefert, ist ein Teiler nachgeschaltet (IC2, 4027), der am Ausgang Taktpulse mit einem präzisen Tastverhältnis von 1:1 liefert. Der Transistor verstärkt diese Impulse und schaltet das Relais REL. Die Freilaufdiode D2 schützt den Transistor gegen Spannungsspitzen beim Ausschalten des Relais (Selbstinduktion).

Die Leuchtdiode LED zeigt die Funktion an, sie blinkt im Takt mit dem Relais.



Abbildungung 9.4: Elektronischer Taktgeber

Als Relais kann nahezu jedes Kleinrelais mit einer Spulenspannung von 6V oder 12V verwendet werden, je nach Bordspannung. Die Kontakte müssen für ausreichende Strombelastung ausgelegt sein, denn diese schalten den Strom der Zündspule. Gängige KFZ Relais sind geeignet. Alle drei Relaiskontakte sind nach außen geführt. Somit kann der Taktgeber auch für

### 9.2.3 Entstörung der Lichtmaschine

Auch die Lichtmaschine erzeugt Störungen, insbesondere eine Gleichstromlichtmaschine mit Kontaktregler. Zur Entstörung reicht oft ein 2,2µF Kondensator an der Plus-Klemme der Lichtmaschine.

### 9.2.4 Eine falsche Fährte bei der Störungssuche: Batterieladegeräte

Der stundenlange Betrieb eines (Röhren-)Autoradios bei stehendem Motor kann die Autobatterie entladen. Dies ist natürlich auch bei der Motorlauf-Simulation der Fall. Daher ist es naheliegend, während der Entstörarbeiten die Autobatterie über ein Ladegerät zu puffern.

Dabei kann folgender Effekt auftreten: Die Störungen werden bei eingeschaltetem Ladegerät deutlich stärker. Was ist die Ursache hierfür?

Der Gleichrichter im Ladegerät erzeugt diese zusätzlichen Störungen, hervorgerufen an der gekrümmten Kennlinie der Gleichrichterstrecken, in oft

manche andere Aufgaben verwendet werden.

Die Stromversorgung wird zum Beispiel der Autobatterie entnommen. Ebenso kann aber auch eine andere Batterie oder ein Netzgerät verwendet werden. Die maximale Betriebsspannung beträgt 14V. Die Diode D1 dient als Schutz gegen Verpolung.

In schwierigen Fällen kann ein 0,5µF Kondensator an Klemme 61 und eine Siebdrossel in der DF-Leitung eine Verbesserung bringen. Achten Sie auch bei diesen Kondensatoren auf ausreichende Spannungsfestigkeit.

„normaler“ Effekt bei Netzgeräten mit Gleichrichtern. Diese Störungen reichen bis weit in die Rundfunkbereiche.

Zur Vermeidung dieser Effekte werden in Netzgeräten oft kleine Kondensatoren parallel zu den Gleichrichterstrecken geschaltet. Typische Werte dieser Kondensatoren sind 22nF bis 47nF, als Spannungsfestigkeit sind bei Ladegeräten 63V ausreichend.

Wenn solche Kondensatoren in das verwendete Ladegerät eingebaut werden, sind die Störungen, die das Ladegerät verursacht, stark vermindert, bzw. oft unhörbar.

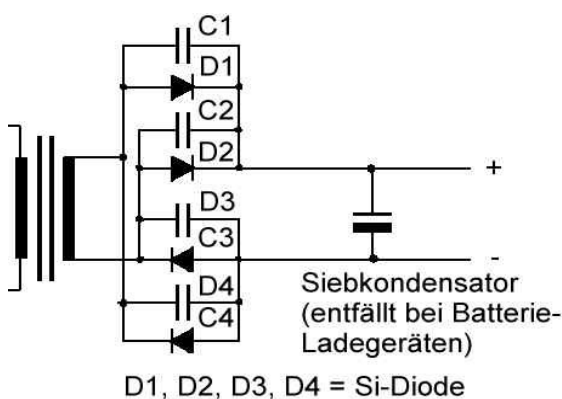


Abbildung 9.5: Störschutzkondensatoren bei Einzeldioden

Bei geringen Lastströmen können anstelle dieser Parallelkondensatoren auch Serienwiderstände im Bereich von einigen 100 Ohm verwendet werden, wie im Kapitel 6.5 beschrieben. Bei hohen Lastströmen ist

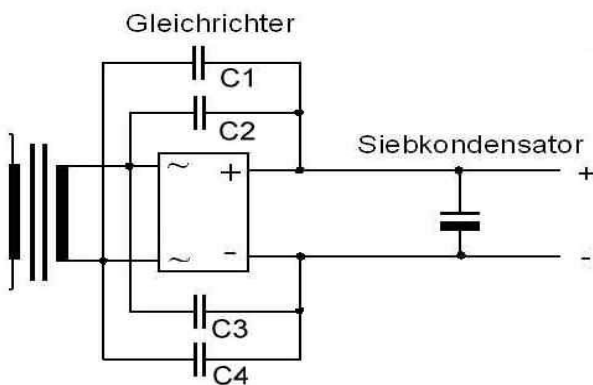


Abbildung 9.6: Störschutzkondensatoren bei Brückengleichrichter

dies aber nicht zu empfehlen, da an diesen Serienwiderständen inakzeptabel hohe Spannungsverluste entstehen würden.

### 9.3 Masseleitungen im KFZ

Oft wird vergessen, wie wichtig es ist, daß alle Karosserieteile gut leitend miteinander verbinden sind. Auf jeden Fall müssen Motorblock, Aufbau und Rahmen durch ausreichende, flexible Kupferleitungen (Geflechte) gut miteinander verbunden werden.

Wichtig ist auch eine gute Masseverbindung der Motorhaube und beider Seitenteile des 170 / 220. Ganz besonders betrifft dies das Seitenteil, an dem die Antenne befestigt wird. Schließlich muß der Antennenfuß eine gute Masseverbindung haben.

#### 9.3.1 Antennenfuß

Wichtig für gute Empfangseigenschaften und einen störungsfreien Betrieb des Autoradios ist eine gute Masseverbindung am Fußpunkt der Antenne. Auch wenn's schwer fällt, für diese Masseverbindung muß auf der Innenseite des (Seiten-)Blechtes etwas Lack

abgekratzt werden. Nach der Montage der Antenne sollte diese Stelle aber mit Fett oder Vaseline versorgt werden, damit der Rost hier keine Chance hat. Ich habe dieser Stelle wegen seiner hervorragenden Kriechwirkung etwas Mike-Sanders Fett spendiert.

### 9.4 Weitere Störquellen

Hierzu zählen zum Beispiel der Scheibenwischermotor, Blinkgeber und Anlasser. Da diese Einrichtungen aber nicht ständig betrieben werden, kann gegebenenfalls auf eine besondere Entstörung verzichtet werden. Oldtimer-Freunde, die lange Strecken fahren und sich auch vor Regenfahrten nicht scheuen, sollen trotzdem überlegen, auch den Scheibenwischermotor zu entstören. Hier reicht oft ein Kondensator mit 2,2µF bis 4µF, mind. 160V vom Plus Anschluß nach Masse, angeschlossen unmittelbar am Scheibenwischermotor.

### 9.5 Antennenkabel

Für das Antennenkabel sollte ein hochwertiges, abgeschirmtes Kabel verwendet werden. Bitte darauf achten, daß das Antennenkabel möglichst weit entfernt von anderen Leitungen verlegt wird. Insbesondere möglichst weit weg von allen Leitungen der Zündanlage. Falls es notwendig ist, das Antennenkabel

zu verlängern, sollten nur sehr gute HF-Stecker verwendet werden. Bei allen Arbeiten ist besonders darauf zu achten, daß das Abschirmgeflecht des Antennenkabels lückenlos die Seele umschließt und auch in den Steckern eine sehr gute Verbindung zur äußeren Hülse des Koax-Steckers hat.

### 9.6 Drahtgebundene Störungen

Störungen werden aber nicht nur drahtlos zur Antenne übertragen, sondern können auch direkt über die Stromversorgung eingeschleppt werden. Zwar haben Autoradios mehr oder weniger umfangreiche Filter in der Stromzuführung, Schutzkondensatoren, oft auch eine Siebdrossel, aber in besonders hartnäckigen Fällen kann man noch etwas nachhelfen, indem man zusätzliche externe Filter verwendet. Diese kann man natürlich selbst aus Einzelteilen, wie Siebdrossel und Kondensatoren zusammenbauen, was aber schon einige Fachkenntnisse erfordert. Einfacher ist es, fertige Filter zu kaufen.

Die in den meisten Autoradios eingebauten Eingangfilter aus Drosselpulen und Kondensatoren sind aus Platzmangel meistens ein Kompromiss, insbesondere bezüglich der Drosselpulen. Eine ausreichend hohe Induktivität bei gleichzeitig niederohmiger Wicklung und geringe Baugröße sind widersprüchliche Anforderungen.

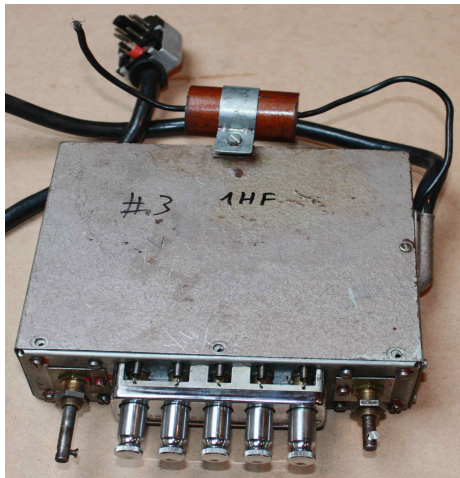


Abbildung 9.7: Philips Paladin ND551 mit externer Filterdrossel

Manche High-End-Freaks, deren Stereoanlage im Auto schon fast mehr Leistung bringt, als der Motor ;-), empfehlen, die Stromversorgung (Plus und Masse) zwischen der Musikanlage und der Batterie direkt zu

verlegen und hierfür mindestens 2,5mm Kabel zu verwenden. Ich denke, das ist für unsere Oldtimer nicht erforderlich und auch aus Originalitätsgründen abzulehnen.

#### 9.7 Qualität von Entstörkondensatoren

Die Stromkreise der Entstörkondensatoren an der Zündspule und an der Lichtmaschine sind nicht abgesichert. Wenn ein hier angeschlossener Kondensator durchschlägt, fließt ein unbegrenzter Kurzschlußstrom. Es droht ein Kabelbrand. Daher müssen alle Kondensatoren, die zur Entstörung verwendet werden, eine sehr hohe Qualität aufweisen. Sparen ist hier wirklich falsch!

Leider sind gute Entstörkondensatoren mit Befestigungslasche inzwischen Mangelware geworden. Die im Handel erhältlichen Kondensatoren kommen heute meistens aus Fernost-Produktion, auch wenn bekannte Produktnamen daraufstehen. Über die Qualität dieser „Dinger“ spreche ich lieber nicht – man darf sich denken, warum.

Zuweilen findet man in der „Bucht“ noch original-verpackte neue-alte BOSCH Kondensatoren (NOS).

Achten Sie beim Kauf auf die Betriebsspannung! Sie sollte mindestens 160V betragen. Einige Elektronik Versandhändler bieten Entstörkondensatoren für KFZ mit einer Spannungsfestigkeit von 250V an.

Höre ich die Frage: „Warum mindestens 160V, wir haben doch nur 6V oder 12V Bordspannung?“ Stimmt.

Aber wir haben in Verbraucherstromkreisen große Induktivitäten, z.B. die Zündspule. Diese erzeugt auch auf der Primärseite sehr kurze Impulsspitzen von mehreren hundert Volt. Es kann nicht verhindert werden, daß sich diese kurzzeitigen Transienten über das Bordnetz ausbreiten. Es wäre nicht der erste Kondensator, der aufgrund solcher Spannungsspitzen durchschlägt. Um das zu vermeiden, müssen Entstörkondensatoren für eine hohe Impulsspannung ausgelegt sein.

Aber auch alte, gebrauchte Kondensatoren können gefährlich werden, insbesondere in nicht abgesicherten Stromkreisen. Folgendes habe ich im Jahre 2014 bei meinem 170Sb selbst erlebt und danach im Forum darüber berichtet: An Klemme 15 der Zündspule war ein schöner originaler Kondensator, die alte runde Bauform im Alubecher, geschaltet. Den wollte ich aus Nostalgiegründen drinnen lassen. Eine Prüfung zeigte aber einen erheblichen Kapazitätsverlust. Daher hatte ich einige Monate vorher einen modernen, aber gebrauchten Entstörkondensator eingebaut. Die Prüfwerte waren OK, auch die Spannungsfestigkeit ergab keinen Befund.

Als ich im Sommer 2014 laufendem Motor im Motorraum beschäftigt war, gab's es mit einem Mal



eine Rauchwolke aus Richtung Zündspule und einen Augenblick später brannte die Isolierung des Drahtes munter mit einer richtigen Flamme. Sofort Zündung aus und Flamme ausgepustet.

Was war passiert? Der neomodische Kondensator war durchgeschlagen. Die spätere Messung ergab 0,1 Ohm, also ein satter Kurzschluß. Die dünnste Leitung in diesem nicht abgesicherten Zündstromkreis war die Leitung von Klemme 15 zum Kondensator. Diese Leitung gab es danach nur noch in „Gasform“.

Glück gehabt, ich möchte lieber nicht daran denken, was geschehen wäre, wenn dieser Kondensator während der Fahrt durchgeschlagen wäre. So ist zum Glück kein weiterer Schaden passiert.

Nach dem Reinigen der Kockel-Umgebung habe ich dort einen neuen Kondensator eingebaut.

### 9.8 Durchführungskondensatoren

Die meisten verwendeten Kondensatoren haben zwei Anschlüsse, bei Entstörkondensatoren ist das der Leitungsanschluß und der Masseanschluß; letzterer in der Regel als Schraubschelle ausgeführt. Die besten Entstörkondensatoren sind aber sogenannte Durchführungskondensatoren. Bei diesen wird die zu

Der Zündkreis ist nicht abgesichert, üblicherweise wohl bei keinem Auto. Ein Kurzschluß kann schlimme Folgen haben. Eine Beschädigung des teuren Zündschlosses durch den Kurzschlußstrom wäre noch der geringste Schaden. Daher habe ich bei meinem 170Sb vor die Klemme 15 eine 8A Sicherung in einem Leitungs-Sicherungshalter aus Bakelit geschaltet.

Am besten Sicherungen aus echter (!) Keramik verwenden, heutige Torpedosicherungen aus Thermoplast können sich bei Erwärmung verformen. Der Kontaktdruck lässt dann nach, was die Übergangswiderstände weiter erhöht, die weitere Erwärmung ist die Folge. Schließlich unterbricht die Sicherung aufgrund der Kontaktprobleme, der Motor bleibt stehen. Bei Keramiksicherungen kann das nicht passieren.

entstörende Leitung durch den Kondensator hindurchgeführt. Diese Kondensatoren haben daher drei Anschlüsse: Eingang, Ausgang und Masse. Leider gibt es diese Kondensatoren in der Bauform mit Masseschelle nicht mehr im Handel.

### 9.9 Abschirmung von Störquellen

Eine weitere Möglichkeit zur Entstörung soll hier nur kurz angesprochen werden: Die Abschirmung. Das Prinzip des Faraday'schen Käfigs kann man auch zur Abschirmung verwenden. Der Störer wird von einer metallischen Hülle umschlossen, die Störwellen können nicht ins Freie gelangen.

Diese Abschirmung ist sehr aufwendig, wenn Störquellen auf Leitungen abgeschirmt werden sollen. Im Bezug auf eine Hochspannungs-zündanlage würde dies bedeuten, daß alle Hochspannungsleitungen und die Leitungen zur Lichtmaschine mit einem Abschirmgeflecht umhüllt werden müßten, oder in Metallrohren verlegt werden müßten. Ein sehr hoher und teurer Aufwand, der meiner Meinung auch nicht unbedingt zu empfehlen ist. Erstens sehen abgeschirmte Zündkabel im Oldtimer nun wirklich nicht gut aus. Und zweitens kann eine solche

Abschirmung zu Problemen führen. Schon winzigste Löcher und Haarrisse in der Ummantelung der Hochspannungsleitungen erleichtern Spannungsüberschläge von der Seele auf das Abschirmgeflecht. Autofahrer berichten mitunter von Funkenüberschlägen zwischen Zündkabeln auf Rohre, wenn in diesen die Zündkabel „zum Schutz“ verlegt sind. .

Abgeschirmte Leitungen werden vorzugsweise auf der Seite der Niederspannungssignale verwendet, z.B. das Antennenkabel, aber auch Kabel vom MP3-Player zum Autoradio. Da letzteres aber Spezialfälle sind, will ich hier nicht näher darauf eingehen.

Zum Thema Antennenkabel siehe Kapitel Fehler: Referenz nicht gefunden auf Seite Fehler: Referenz nicht gefunden.

### 9.10 Wirksamkeit von Entstörmaßnahmen

Es ist technisch unmöglich, eine absolut hundertprozentige Entstörung zu erreichen, geringe Störeinflüsse bleiben immer. Das Ziel ist aber, diese restlichen Störungen soweit zu reduzieren, daß

einwandfreier Radioempfang möglich ist. Hierbei kommt uns die Frequenzmodulation zu Gute, wie in verschiedenen Kapiteln bereits erwähnt wurde.

## 10 Nachwort

Ich denke, nach der Lektüre dieses Beitrags wird Vielen das interessante Thema Rundfunkempfang mit seinen vielen zugehörigen technischen Aspekten etwas besser bekannt sein. Selbstverständlich kann ich in einem solchen kurzen Beitrag nicht in die Tiefe einstigen, dafür ist das Thema viel zu vielseitig und technisch komplex.

Vielleicht trägt dieser Aufsatz auch dazu bei, daß der Ein oder Andere bei einer Verhandlung mit einem (professionellen) Radio-Reparateur ein paar Worte mitreden kann und nicht als absoluter Laie dasteht und sich das bekannte X für ein U vormachen läßt.

Bei der Reparatur von Röhrenradios geht unter Umständen sehr viel Zeit drauf. Das erklärt zum Teil die hohen Preise für gut erhaltene / gut restaurierte Röhren Autoradios. Aber so manche Preisvorstellungen, die man so im Internet und sonstigen Angeboten liest, möchte ich trotzdem als recht "grenzwertig" bezeichnen. Bei diesen Preisen ist es durchaus angebracht, etwas mitreden können und nicht alles glauben zu müssen, was man so hört.

Nochmals möchte ich zum Schluß wiederholen: Dieser Beitrag soll nicht als Aufruf verstanden werden, dass sich auch ein absoluter Laie an die Reparatur eines (Röhren-) Autoradios heran traut; ein Misserfolg wäre dann doch zu wahrscheinlich. Etwas Grundwissen und eine leichte „Affinität“ zur Elektrik und Elektronik setzte ich schon voraus. Wer sich ein wenig mit Elektrik, Elektronik und Radiotechnik auskennt, kann wohl einige der beschriebenen Arbeiten angehen.

Was ich auf keinen Fall möchte, das hier eine Anregung gegeben wird, um es „mal eben zu versuchen“ und zu „basteln“. Das führt nicht selten zu einem total verbasteltem Radio, dass dann auch von einem Fachmann nur noch mit großen Aufwand wieder zu reparieren ist. Viele Geräte haben auf diesem Weg schon endgültig das sogenannte zeitliche gesegnet und blieben für immer stumm.

170Sb-Fahrer  
(Hermann)

Quellenangabe zu den Bildern:

Alle Bilder, soweit nicht mit einer Quellenangabe versehen, sind eigene Bilder des Verfassers.

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1.1: Blaupunkt AS-5 im Auto .....	5
Abbildung 1.2: Blaupunkt AS-5 im Auto .....	5
Abbildung 1.3: Blaupunkt AS-5, Werbebild .....	5
Abbildung 1.4: Blaupunkt Autosuper 7 A 78 .....	5
Abbildung 2.1: Amplitudenmodulation (AM).....	8
Abbildung 2.2: Frequenzmodulation (FM).....	8
Abbildung 2.3: Vom Sender abgestrahlte Schwingung mit Amplitudenmodulation.....	9
Abbildung 2.4: Störimpulse auf der Empfangsseite bei Amplitudenmodulation.....	9
Abbildung 2.5: Vom Sender abgestrahlte Schwingung mit Frequenzmodulation.....	10
Abbildung 2.6: Störimpulse auf der Empfangsseite bei Frequenzmodulation.....	10
Abbildung 3.1: Abstimmereinheit des Philips Paladin ND 551.....	12
Abbildung 3.2: Blockschaltbild eines Geradeausempfängers.....	13
Abbildung 3.3: Blockschaltbild eines Überlagerungs-Empfängers.....	14
Abbildung 6.1: Eine kleine Auswahl gängiger Kondensatoren aus der Zeit der Röhrenradios.....	21
Abbildung 6.2: Kritischer Störschutzkondensator bei Selengleichrichter.....	22
Abbildung 6.3: Kritischer Störschutzkondensator Zweiweggleichrichter mit Röhre.....	22
Abbildung 6.4: 2-stufiger NF-Verstärker.....	23
Abbildung 6.5: Widerstände älterer Bauart.....	25
Abbildung 6.6: Brückengleichrichter mit 1N4007.....	27
Abbildung 6.7: Verschiedene Röhren Bauarten .....	30
Abbildung 6.8: Diode.....	32
Abbildung 6.9: Triode mit Ansteuerung durch eine einstellbare Gleichspannung.....	32
Abbildung 6.10: Prinzipschaltbild eines einstufigen Verstärkers.....	33
Abbildung 6.11: Spannungswandler mit Zehnhackert Transformator und Halbleitergleichrichter.....	35
Abbildung 6.12: Gleichrichter mit einer Gleichrichterröhre.....	35
Abbildung 6.13: Zehnhackertpatrone (KACO) mit neuem, elektronischem Innenleben.....	36
Abbildung 7.1: Federwerk Suchlaufmechanik des Blaupunkt Köln TR.....	41
Abbildung 7.2: Oberseite eines Blaupunkt Köln TR mit Sendersuchlauf. ....	42
Abbildung 7.3: Unterseite eines Blaupunkt Köln TR .....	42
Abbildung 7.4: Frontplatte des Blaupunkt Köln TR.....	42
Abbildung 7.5: Rückseite des Endstufen- und Wandlerteils eines Blaupunkt Köln TR.....	42
Abbildung 8.1: Prinzipschaltung Anschluß einer externen NF-Einspeisung.....	43
Abbildung 8.2: DIN-Stecker .....	43
Abbildung 9.1: Entstörkondensator .....	45
Abbildung 9.2: Entstörung mit Drosselspule .....	46
Abbildung 9.3: Entstörung mit Filter (Drosselspule und Kondensator).....	46
Abbildung 9.4: Elektronischer Taktgeber .....	48
Abbildung 9.5: Störschutzkondensatoren bei Einzeldioden.....	49
Abbildung 9.6: Störschutzkondensatoren bei Brückengleichrichter .....	49
Abbildung 9.7: Philips Paladin ND551 mit externer Filterdrossel.....	51

## Stichwortverzeichnis

Abgleich.....	15	Differenzfrequenz.....	14	Filtertöpfe.....	37
Abgleichkondensator.....	20, 27	Diode.....	12, 15, 27ff., 31	Flügelrad.....	41
Abschirmbecher.....	36	Diodenabstimmung.....	40	Flußmittel.....	39
Abstimm-diode.....	12, 40	Doppeltriode.....	29f.	FM.....	8, 10, 17
Abstimmeinheit.....	12, 19	Draht.....	25	FM-Demodulator.....	28
Abstimmkern.....	12, 41	Drähte.....	18f., 38	Folienkondensator.....	21
Abstimmknopf.....	40	Drahtwiderstände.....	25	Frequenz-/Phasenvergleich.....	40
AFC.....	40	Drahtwindung.....	27	Frequenzbereich.....	7f.
AM.....	8, 10, 15, 17	Drehkondensator.....	11f., 14, 37, 40	Frequenzgemisch.....	11
AM-Demodulator.....	28	Drossel.....	45	Frequenzmodulation.....	8f., 15
Amplitudenmodulation.....	8, 15	Drosselspule genannt.....	45	Frequenzteiler.....	40
Amplitudenspitzen.....	9	Drucktasten.....	6	Gedruckte Schaltung.....	19
Anlasser.....	50	Durchführungskondensatoren.....	52	Gegentaktschaltung.....	35
Anode.....	31	Duroplast.....	37	Geradeausempfänger.....	13
Anodenmaschine.....	4, 34	EABC80.....	23	Germanium.....	16, 30
Anodenspannung.....	16f., 23, 27, 31, 34f.	ECC85.....	28ff.	Germaniumtransistor.....	30
Anodenstrom.....	31	ECL86.....	23	Gewebeschläuche.....	38
Antenne.....	11, 13, 15	Eigenfrequenz.....	35	Gitter.....	32
Antennenfuß.....	50	Ein-/Ausschalter.....	12	Gitter-Anodenkapazität.....	31
Antennenkabel.....	50	Einbauschacht.....	5	Gitter-Kathodenkapazität.....	28, 31
Antennenspannungen.....	15	Einschaltverzögerung.....	36	Gitterspannung.....	32
Antiparallel geschaltet.....	9	Einweg Gleichrichter.....	29	Gittervorspannung.....	32
Arbeitspunkt.....	23	EL34.....	37	Gleichlauf.....	13f., 40
Armaturentafel.....	4, 6	Elektrolyt.....	20	Gleichrichter.....	17, 27
AT&T Bell Labs.....	16	Elektrolytkondensator.....	17, 19f., 22	Gleichrichterröhre.....	35
Aufzugmagnet.....	41	Elektromagnet.....	41	Gleichspannung.....	17
Aufzugmechanik.....	17, 41	Elektromagnetische Welle.....	7, 9f.	Gleichstromlichtmaschine.....	45, 49
Ausgangstrafo.....	24	Elektromagnetische Wellen.....	44	Grenzfrequenz.....	16
Ausgangsübertrager.....	24	Elektromotor.....	4	Halbleiterdiode.....	12, 15, 19
Ausschlachten.....	7	Elektronen.....	31	Handabstimmung.....	12
Austauschbar.....	5	Elektronenröhren.....	31	Heimempfänger.....	6, 11, 13, 22, 39f.
Autoantenne.....	11	Elektrostatische Störungen.....	44	Heinrich Welker.....	16
Autobatterie.....	17	Elko.....	19ff.	Heizdraht.....	31
Automechaniker.....	17	Emission.....	28	Heizleistung.....	16
Autosuper AS-5.....	4	Empfängertechnik.....	11	Heizspannung.....	28, 31f.
Bakelit.....	37	Empfangsfrequenz.....	13f.	Heizstrom.....	28, 31
Baupunkt.....	4	Empfangsprinzip.....	13, 15	Heptode.....	29
Bauvolumen.....	4	Empfangssignal.....	15	Herbert Mataré.....	16
Becker.....	41	Empfangstechnik.....	7	Hertz.....	10
Bedienknöpfe.....	6	Endröhre.....	17, 19f., 28	Hextode.....	28f.
Belastbarkeit.....	24f.	Endstufen.....	6	HF-Eisen.....	11
Betriebsspannung.....	16, 20, 28	Entstörkondensator.....	51	HF-Kreis.....	12
Blaupunkt Köln.....	41	Entstörung.....	15, 44	HF-Stufe.....	6, 28
Blindwiderstand.....	45	Entstörwiderstand.....	47	Hilfsfrequenz.....	14
Blinkgeber.....	50	Ersatzschaltung.....	36	Hochfrequenz.....	7
Bordnetze.....	34	Ersatztrafo.....	19	Hochfrequenzeigenschaften.....	16
Bordspannung.....	16, 28	Fahrzeugbrand.....	6	Hochspannung.....	4, 16f., 34, 42
Bremsenreiniger.....	37	Farad.....	20	Hochspannungswicklung.....	20
Brückenschaltung.....	27	Farbcodierung.....	26	Impulsspitze.....	51
Brummtön.....	35	Federwerk.....	17, 40ff.	Induktive Abstimmung.....	11
Demodulator.....	13, 15f., 28f.	Feinabstimmung.....	40	Induktivität.....	11, 27, 41
Detektorempfänger.....	11	Feinlötkolben.....	39	Innenwiderstand.....	27
Deutschlandradio.....	14f.	Ferrit.....	11, 27	Interferenz.....	15
DF-Leitung.....	49	Filter.....	14f., 27	John Bardeen.....	16
Dielektrikum.....	11	Filterkette.....	15	Kabel.....	19, 38
Dieselfahrzeugen.....	46	Filterkreis.....	14, 21	Kabelbaum.....	38
Dieselmotoren.....	46	Filterspule.....	27	KACO.....	36

Kanal.....	7	MW.....	6, 8, 12, 15, 17, 28	Rundfunkempfänger.....	10f., 15
Kanalabstand.....	7	Nachbarsender.....	13	Rundfunkwellen.....	10
Kanalraster.....	7	Nachkriegsgeräte.....	17	Rundskalen.....	18
Kapazitätswert.....	20	Nachregelung.....	40, 42	Rundskalenradio.....	4
Kassettenrekorder.....	16	Nachtrimmen.....	28	SABA.....	40
Kassettenspieler.....	16	Nano Farad.....	20	Schallwellen.....	11
Kathode.....	31	Neuabgleich.....	20, 27	Schalter.....	19, 37
Klangregler.....	12, 16, 23	Neulackierung.....	6	Schaltfunken.....	9
Kohleschicht.....	25	NF-Signal.....	15	Schaltkontakte.....	37
Kohleschichtwiderstand.....	23	NF-Stufe.....	6	Schaltplan.....	15, 38
Kohleschichtwiderstände.....	25f.	NF-Verstärker.....	13, 16, 23	Schaltvorgänge.....	45
Kolophonium.....	39	Niederfrequenz.....	7f., 16	Scheibenwischermotor.....	50
Kondensator.....	11, 18ff., 27f., 40, 42	Niederfrequenzverstärker.....	16	Schieber.....	19
Kontaktspray.....	37	Niederfrequenzzweig.....	16	Schmelztemperatur.....	39
Kopfhörer.....	11, 16	Niederohmige Spule.....	46	Schrottgerät.....	7
Koppelkondensator.....	20	Nobelpreis.....	16	Schutzschaltung.....	36
Körting.....	18	NSF.....	17, 36	Schwingkreis 11f., 14, 16, 18, 20f., 27f., 40	
Kratzgeräusche.....	23	Nutzsignal.....	13, 15	Schwingkreis.....	13
Krokodilklemmen.....	18	Oberwellen.....	15	Seilzüge.....	19, 39
Kulturgut.....	7	Ohm.....	24, 26	Sekundärseite.....	35
Kupferwiderstand.....	45	Ohm'schen Gesetz.....	24	Selektion.....	11, 13
Kurzschluß.....	22	Originalzustand.....	5f.	Selengleichrichter.....	27
KW.....	6, 8, 15, 17	Oszillator.....	12, 14	Sendeanlagen.....	4
Lambda.....	10f.	Oszillatorfrequenz.....	14f.	Sendeantenne.....	45
Lambda-Viertel-Antenne.....	11	Oxidschicht.....	20, 22	Sendemast.....	4
Längswiderstand.....	27	Parallelwiderstände.....	28	Sender.....	4, 6f., 11ff., 17, 40, 42
Langwellenbereich.....	7	Patent.....	16	Sendereinstellung.....	12, 42
Lastwiderstände.....	25	Patina.....	6	Senderspeicher.....	41
Lautsprecher.....	4, 11, 13, 15f., 25	PCC88.....	30f.	Sendersuchlauf.....	17f., 38, 40f.
Lautstärkeregler.....	16	Pegel.....	15	Sendersuchlaufaste.....	41
Lebensgefährlich.....	3, 17	Pentode.....	28f.	Si-Dioden.....	27
Leckstrom.....	20f., 23	Pfeifgeräusch.....	15	Sicherheitshinweis.....	3, 17
Lee De Forrest.....	33	Philips.....	12, 18	Sicherungshalter.....	52
Leistungs transistor.....	30, 36, 42	Philips Paladin.....	11f., 38, 41	Sieb-Elkos.....	20
Lichtgeschwindigkeit.....	10	Piko Farad.....	20	Siebdrossel.....	49
Lichtmaschine.....	15, 28	Plastik.....	37	Siebkondensator.....	17, 20, 35f.
Loctide.....	40	Platine.....	36	Siemens Wählerfett.....	37
Löten.....	39	Plattenspieler.....	16	Signalgemisch.....	13
Lötfett.....	39	PLL.....	40	Signalpegel.....	16
Lötkolben.....	37, 39	Potentiometer.....	12, 19, 23, 37	SIKATROP.....	21
Löttemperatur.....	39	Potis.....	37	Silberschicht.....	20
Lötwasser.....	39	Primärwicklungen.....	35	Silizium.....	16, 27, 29
Lötzinn.....	39	Prüfsiegel.....	4	Siliziumtransistor.....	30
Luftspule.....	27	Radio Luxemburg.....	14	Sintermaterial.....	11
LW.....	6, 8, 12, 15, 17, 28	Radiowelle.....	11	Skala.....	41
Magisches Auge.....	29	Radnabenkappen.....	45	Skalen.....	4, 10
Masseleitung.....	50	Raumladung.....	31	Skalenlämpchen.....	28
Masseprobleme.....	10	Rechteckspannung.....	17	Skalenseil.....	39
Mechanischer Gleichrichter.....	35	Referenzoszillator.....	40	Skalenzeiger.....	39, 41
Mechatroniker.....	17	Reparatur.....	6	Software Defined Radio (SDR).....	40
Messwiderstände.....	26	Reparaturaufwand.....	17	Spanngittertechnik.....	30
Metallschichtwiderstände.....	26	Resonanzfrequenz.....	11, 27	Spannungsaufteilung.....	28
Mikro Farad.....	20	Restauration -.....	6	Spannungsfestigkeit.....	20, 38, 51
Mischbestückung.....	6, 16, 42	Robert von Lieben.....	33	Spannungsverstärkung.....	32
Mittelwelle.....	7f., 10	Röhrengerät.....	3f., 6, 16f.	Spannungswandler.....	16
Mittelwellenbereich.....	7f., 14	Röhrenprüfgerät.....	18, 28	Speichertaste.....	12, 18
Modulation.....	8	Röhrenradio.....	6, 19	Sperrklinke.....	41
MOS-FET.....	36	Röhrentechnik.....	16	Sprachbereich.....	8
MP3-Player.....	16, 43	Rotierender Umformer.....	4	Sprache.....	13, 15f.
Multimeter.....	18, 25	Rückkopplung.....	13	Spule.....	11f., 14, 18f., 27, 40f.
Musik.....	13, 15f.	Rundfunk.....	10f.		

Spulenkörper.....	27	Überspannung.....	36	Wandlertransformator.....	20
Steuergitter.....	32	Übertrager.....	27	Warnhinweis.....	3, 17
Störgeräusch.....	15	UKW.....	4ff., 11f., 15, 17, 28, 30	Wechselspannung.....	17, 35
Störimpulse.....	9	UKW-Oszillator.....	28, 30	Wechselstromwiderstand.....	45
Störspannung.....	15	Unterbrecherkontakt.....	46f.	Wellenlänge.....	10
Störungen.....	9, 15	Varicaps.....	12	Wellensalat.....	11
Strombelastbarkeit.....	38	Variometer.....	11, 41	Wicklung.....	19f.
Stromversorgung.....	6	Vaseline.....	37	Widerstand.....	22, 24
Superhet.....	14	Verharztes Öl.....	37	Widerstände.....	19, 24f., 42
Superheterodyne.....	14	Verstärker.....	33	Widerstandsdraht.....	25
Telefunken.....	4f., 18, 30	Verstärkerröhre.....	16	Widerstandskabel.....	47
TESLANOL.....	37	Verstärkerstufe.....	32	Widerstandswert.....	24
Thermoplast.....	37	Verstärkung.....	11, 13, 15	William Shockley.....	16
Thomson'sche Formel.....	11	Verstärkungsfaktoren.....	16	Zahnräder.....	19
Toleranzwert.....	26	Verteilerfinger.....	47	Zaponlack.....	40
Tonbandgerät.....	16	Verteilergehäuse.....	46f.	Zerhacker.....	4, 16f., 20, 22, 34, 36
Tonsignal.....	8, 13	Verteilerkappe.....	47	Zerhackerpatrone.....	28, 36f.
Tonumfang.....	7	Volksempfänger.....	13	ZF-Filter.....	14f.
Torpedosicherungen.....	52	Vollautomatische Abstimmung.....	12	ZF-Schwingkreis.....	16
Trägerfrequenz.....	7f., 11	Vollröhrengerät.....	6	Zinkdruckguss.....	40
Trägerwelle.....	8	Volltransistorgerät.....	6, 16	Zinkpest.....	40
Transformator.....	17, 19, 27	Vorkriegsgerät.....	17	Zündanlage.....	15, 46
Transienten.....	51	Vorsichtsmaßnahmen.....	18	Zündkerzenstecker.....	47
Transistor.....	6, 15ff., 19, 29, 42	Vorstufen-Super.....	12	Zündspule.....	46, 51
Transistorgerät.....	16	Vorwiderstand.....	31	Zweiweg Gleichrichter.....	29
Transistron.....	16	Wagner'schen Hammers.....	35	Zwischenfrequenz.....	14f.
Trennschärfe.....	13	Walter Brattain.....	16	.....	8, 14, 21, 39
Triode.....	28f., 33	Wandel und Goltermann.....	18		
Überlagerungsempfänger.....	12ff.	Wandler.....	6, 17, 34, 38, 42		