

PREFACE:

Das folgende Schriftwerk wurde von mir für einige Freunde -sämtlich Physikstudenten (=Würstchen)- geschrieben. Es wurde daher von einem gewissen Kenntnisstand in Sachen Elektronik ausgegangen. Der Text wird für absolute Newcomer daher wenig geeignet sein.

Wer von mir das 'rundum glücklich Bausatzpaket' bekommen hat, ist fein raus: alle neben den normal vom Hersteller mitgelieferten Teile sind schon drin und 'vorgefummelt'. Für alle anderen gilt: es wird noch Material gebraucht. Falls die Bastelkiste das nicht hergibt, ist es für kleines Geld bei Conrad-Elektronik zu erstehen. Im einzelnen wären das:

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">> 1 Rolle (~10m) dünner, isolierter Schalt draht (keine Litze)> 2 Elkos 1000μF / 16V-, radial> 1 Elko 22μF / 16V-, radial> 1 Widerstand 10 Ohm, 5%, 0,25W> 1 Poti 1kOhm, linear, 6mm Achse> 1 Kippschalter mit Zentralbefestigung, 1 x UM> 4 Mignonzellen (werden eh' für den Bausatz gebraucht) |
|---|

Die in diesem Appendix angegebenen Schaltungsänderungen setzen den Aufbau des Gerätes entsprechend der Originalanleitung voraus. Natürlich sollte das Ding auch soweit funktionieren. Ich würde vor dem Aufbau empfehlen, den Appendix zuerst einmal 'zu überfliegen' (mit Ausnahme von Kap. 12). Wenn alles im Original aufgebaut ist und vernünftig geht, kann man 'voll einsteigen'.

Wichtige Anmerkung:

Bei allen Schaltungsänderungen sollten die Batterien entfernt werden, um Zerstörungen infolge Kurzschlüssen beim umverdrahten zu vermeiden.

Ansonsten:

Dieser Appendix entstand über einige Wochen dann wenn Zeit war -also meistens Nachts. Ich würde lügen, wenn ich behaupten würde, dabei immer voll zurechnungsfähig gewesen zu sein. Man möge mir das nachsehen. Alles entstand 'im freien Fall', also ohne die Schaltung überhaupt aufzubauen und in Betrieb zu nehmen, was hier angemerkt sei, jedoch weiterhin zu keine Problemen führen sollte.

Diese Beschreibung wird 'so wie sie ist' kostenfrei zur Verfügung gestellt. Für eventuelle Fehler oder Ungenauigkeiten wird keine Haftung übernommen. Sie dient ausschließlich zu Lehrzwecken.

Manche der aufgeführten technischen Gegebenheiten wurden nur gestreift, um einen Überblick zu geben. Hierdurch entstehende eventuelle Ungenauigkeiten lassen sich leider nicht vermeiden.

Kleinblittersdorf, 04-11-2005 V0.1

Appendezies für Radiobausatz

Die mitgelieferte Anleitung ist -selbst für den Preis- unglaublich übel, quillt vor heftigen Fehlern über, und vermittelt nur einen sehr geringen Informationsgehalt. Aus diesem Grund wurde dieser Anhang beigelegt. **Da in diesem Appendix an manchen Stellen hilfreiche Hinweise gegeben werden, sollte die Anleitung und der Appendix VOR dem Zusammenbau durchgelesen werden.**

Appendix 1: Elektrolytkondensatoren

Elektrolytkondensatoren (oder kurz Elko's) sind eine besondere Bauform in der Kondensatorfamilie. Sie vereinen sehr große Kapazitäten mit kleinem Raumbedarf. Die Kondensatorbeläge bestehen aus dünner Aluminiumfolie die durch einen leitenden Elektrolyten miteinander verbunden sind. Die erforderliche Isolierschicht zwischen den beiden Belägen wird durch eine hauchdünne Aluminiumoxydschicht auf einem der Beläge gebildet. Diese wurde bei der Fertigung per Elektrolyse erstellt ('Formierung'). Damit diese Isolierschicht während des Betriebes erhalten bleibt, muß am Kondensator eine permanente Polarisationsgleichspannung anliegen. Diese kann von einer Wechselspannung überlagert sein. Die Polarität dieser Gleichspannung ist wichtig und wurde bei der Fertigung festgelegt. Bei neuen, noch nicht eingebauten Kondensatoren, ist der positive Anschlußdraht (Anode) länger. Da beim Einbau (z.B. verlöten auf Platinen) die Drähte abgeschnitten werden, ist zusätzlich der negative Anschluß (Kathode) auf dem Gehäuse des Kondensators mit einer eindeutigen Markierung versehen. Beim Betrieb mit falscher Polung baut sich die isolierende Oxydschicht elektrolytisch ab -der Kondensator wird zerstört. Bei richtiger Polarität wird die Isolationsschicht permanent durch einen Elektrolyseprozess aufrechterhalten. Dieser Elektrolyseprozess verursacht einen kleinen Rest-Gleichstrom durch den Kondensator (i.d. Regel einige nA), der in der Schaltungspraxis meist jedoch bedeutungslos ist. **Beim Anschluß der Elkos ist also auf jeden Fall die richtige Polarität zu beachten!** Elektrolytkondensatoren werden für Betriebsgleichspannungen bis etwa 450V und mit Kapazitäten bis in den Faradbereich (!) gebaut. Die Aufschrift auf den Bauteilen gibt mindestens die maximale Betriebsgleichspannung und die Kapazität in μF an. Die Kapazitätstoleranzen liegen -sofern nicht anders angegeben- i.d. Regel bei $\pm 20\%$ vom aufgedruckten Nennwert. Für Sonderzwecke (z.B. Schwingkreise, Filterkreise o.ä.) werden auch Elkos mit Kapazitätstoleranzen von $\pm 5\%$ oder für den Betrieb an reinen Wechselspannungen (ohne Polarisationsgleichspannung) gefertigt. Diese besitzen 2 Isolationsschichten, sind viel teurer, bauen wesentlich größer und dürfen nur an reinen Wechselspannungen betrieben werden.

Appendix 2: Keramikkondensatoren

Diese Kondensatorausführung bietet -durch die besonderen Eigenschaften verschiedener Keramikmassen als Dielektrikum- ebenfalls verhältnismäßig große Kapazitäten auf kleinem Raum. Der Kondensator besteht meistens aus einer kleinen Scheibe (sog. Scheibenkondensatoren) aus Keramik, die das eigentliche Dielektrikum bildet, und auf beiden Seiten mit einem dünnen, leitenden Belag überzogen ist (i.d. Regel ein Silberbelag). Diese Beläge stellen die Kondensatorbeläge dar. Im Gegensatz zu Elkos ist im Betrieb keine Polarisationsgleichspannung erforderlich. Keramikkondensatoren (kurz KERKO's) werden für Gleichspannungen bis weit in den kV-Bereich und mit Kapazitäten bis etwa $1\mu\text{F}$ gefertigt. Durch die meist kleinen Bauformen wird häufig ein besonderer Bezeichnungsschlüssel für diese Bauteile verwendet. Bei Kondensatoren OHNE Spannungsangabe beträgt die zulässige Betriebsgleichspannung 50V. Die Kapazitäten werden in zwei verschiedenen Schlüsselungen angegeben, die sich jedoch leicht unterscheiden lassen. Diese beiden Bezeichnungsschlüssel für die Kapazität sind gebräuchlich:

- > die 'direkte Bezeichnung', z.B. $0,002 = 0,002\mu\text{F} = 2\text{nF} = 2000\text{pF}$
- > die 'indirekte Bezeichnung', z.B. 104. Hierbei geben die ersten beiden Stellen die Grundkapazität in pF dar, die dritte Stelle gibt einen Multiplikator an. Hier wäre dies 10 -und 4 Nullen, also $100\,000\text{pF}$ (oder 100nF , oder $0,1\mu\text{F}$). Ein Kondensator, der mit 221 bezeichnet wäre hätte folglich 22 -und 1 Null, also 220pF .

Kerko's können mit Gleich- oder Wechselspannungen beaufschlagt werden. Da die Spannungsfestigkeit in Gleichspannung angegeben wird, gilt bei SINUSFÖRMIGEN Wechselspannungen $U_{\sim} = (1/2U)/\text{Wurzel } 2$. U stellt hierbei die zulässige KondensatorGLEICHspannung dar, die Wurzel aus 2 ist ein sog. FORMFAKTOR, sie gilt nur bei SINUSFÖRMIGEN Spannungen. Ein 50V- Kondensator könnte also mit einer Sinuswechselspannung von rund 17,68V maximal belastet werden.

Appendix 3: Transistoren

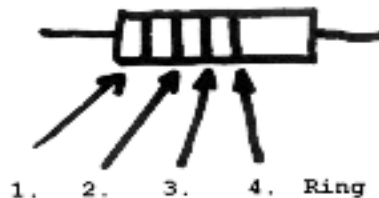
Transistoren sind Halbleiterbauelemente, i.d. Regel auf Basis von Silizium. Da Silizium eigentlich ein sehr guter Nichtleiter ist, muß der Kristall durch Fremdatome, die freie Elektronen liefern (z.B. Gallium, Arsen o.ä.) 'verunreinigt', werden. Diesen Vorgang nennt man DOTIEREN. In der Folge hat man einen Kristall, der unter bestimmten Umständen Strom leitet, unter anderen Umständen nicht -einen Halbleiter. In der Praxis sind solche Halbleiterkristalle in Schichten aufgebaut. Ein Transistor besteht immer aus 3 solcher Schichten. Jede ist mit einem Anschluß verbunden, daher hat der Transistor auch 3 Anschlüsse. Die Schichten können bei der Produktion positiv dotiert werden (=Mangel an freien Elektronen) oder negativ (=Überschuss an freien Elektronen), man spricht entsprechend von p oder n Schichten. Entsprechend dieser Schichten werden Standard-Transistoren in zwei 'Geschlechtern' gefertigt: npn und pnp.

Die drei Anschlüsse werden mit B=Basis (=Steuereingang), C=Collektor (=Betriebsspannungsanschluss/Ausgang) und E=Emitter (=spannungsmäßiger Null- oder Bezugspunkt) bezeichnet. Bei einem npn-Transistor müssen B und C positive Spannung gegenüber dem Emitter (E) führen, bei pnp-Transistoren negative.

Schaltungstechnisch betrachtet sind Transistoren sog. 'stromgesteuerte Bauelemente', d.h. ein Strom im Steuereingang (B, Basis) hat einen **größeren** Strom im Kollektorschluß zur Folge. Dieses Verhalten kann zur Verstärkung von Signalen ausgenutzt werden. Die im Bausatz benutzten Typen 2SC945 oder 2SC1815 sind einfach 'Feld-, Wald- und Wiesen'-nnp-Transistoren. Als Stromverstärkung wird für diese Typen von den Herstellern ein β (=Stromverstärkungsfaktor) von mindestens 150...200 garantiert. Das heißt nichts anderes, als daß z.B. ein Basisstrom von 1mA einen Collectorstrom von 150...200mA zur Folge hat. Die genannten Transistoren dürfen an Spannungen von max. 50V arbeiten -ansonsten 'schlagen sie durch' und gehen in die ewigen (Elektronik-) Jagdgründe ein. Transistoren werden gefertigt mit Verstärkungsfaktoren (β) im Bereich von etwa 10....750, für Spannungen bis etwa 500V und Ströme bis etwa 200A. Die im Bausatz vorhandenen Typen schreiben sich: npn, $\beta > 150$, 50V, 0.1A. Die auf den Bauteilen aufgedruckte Kurzform der Typenbezeichnung ist C945 oder C1815 -was nichts anderes bedeutet als 2SC945 oder 2SC1815 -so heißen die Dinger richtig. Die 2S.... Typenreihen sind japanischen Ursprunges.

Appendix 4: Widerstände

Die beiliegenden Widerstände sind sog. KOHLESCHICHT-Widerstände -und elektronischer Standard. Sie bestehen aus einem kleinen, nichtleitenden Keramikstab, auf dem eine dünne Graphitschicht aufgebracht ist, die den eigentlichen Widerstand darstellt. Die elektrische Toleranz der Widerstandsschicht beträgt i.d. Regel +/-5%. Der Widerstandswert -und die Toleranz- werden normalerweise wegen der Kleinheit der Bauteile in Farbringen angegeben. Die Codierung besteht aus insgesamt 4 Ringen. Gelesen wird wie folgt:



Hierbei gilt: die ersten beiden Ringe stellen die ersten beiden Ziffern des Widerstandswertes in OHM dar. Der Code ist wie folgt: braun=1, rot=2, orange=3, gelb=4, grün=5, blau=6, violett=7, grau=8, weiß=9, schwarz=0. Der dritte Ring gibt die Anzahl der folgenden NULLEN wieder: schwarz=keine Null, braun=1 Null, rot=2 Nullen, orange=3Nullen, gelb=4Nullen, grün=5 Nullen.....etc. (gleiche Reihenfolge wie vor). Der vierte Ring bezeichnet die Toleranz des Widerstandswertes: ohne Ring=20%, silber=10%, gold=5%, rot=2%, braun=1%.

Ein Widerstand mit den Ringen braun, schwarz, braun, gold hätte also 10 und noch eine 0 =100 Ohm bei einer Toleranz von 5%. Ein Widerstand mit den Ringen rot, rot, orange, gold hätte 22 und noch 3Nullen = 22000 ohm = 22kohm bei 5% Toleranz. Widerstände werden gefertigt in den Bereichen zwischen etwa 0,1 Ohm und 22MOhm bei Toleranzen zwischen 0,01.....10%. Bei Toleranzen >2% besteht die Widerstandsschicht i.d. Regel aus Kohle, bei Toleranzen <2% aus einem -sehr dünnen- aufgedampften Platinbelag.

Appendix 5: Transformator

Wie der Hersteller bei diesem Bauteil auf die Bezeichnung 'Transformator' verfallen ist, verliert sich im dunkeln. Gut, es sieht -beim ersten Anblick- aus wie einer. Bei genauerem Hinsehen hat es jedoch nur 2 Anschlüsse - also nur eine Wicklung. Daher ist es eine DROSSEL MIT EISENKERN. Genauer es darüber -insbesondere über die eigentliche Funktion in der Schaltung- steht in App. 10. "Zur Umwandlung des Stromes von den Batterien in die vom Radio benötigte Energie." steht hierzu in der Bauanleitung. Jedem Physiklehrer / -prof würden sich bei diesem Satz die Fußnägel aufrollen. Welche Energie, die vom Radio benötigt wird? Lageenergie? Bewegungsenergie?? Strahlung??? Que pasa?????

Appendix 6: Wie funktioniert das Radio?

In der Anleitung ist dies auch einer der fataleren Abschnitte! Die Anleitung schreibt hierzu im wie folgt:

Wenn ein Radiosender Sprache und Musik überträgt, sendet er diese als elektromagnetische Wellen in der sogenannten Niederfrequenz (NF). Diese Niederfrequenz wird von einer anderen Art der elektromagnetischen Welle getragen, die Hochfrequenzwelle (HF) genannt wird. Die Antenne des Radios nimmt diese Wellen auf. Die Wellen erzeugen einen kleinen, schwachen elektrischen Strom. Dieser Strom wird von der Antenne an den Stromkreis der Abstimmspule und den variablen Kondensator weitergegeben.

Das ist bis dahin vielleicht ein wenig verquer ausgedrückt, jedoch mit ein wenig wohlwollen soweit richtig. Dann wird jedoch weiterfabuliert:

Dieser Stromkreis trennt die Niederfrequenzwelle von der Hochfrequenzwelle. Die Niederfrequenzwelle wird verstärkt, indem sie durch den IC Niederfrequenzverstärkerstromkreis geschickt wird, so dass sie durch den Lautsprecher zu hören ist. (Bei Benutzung des Ohrstöpsels wird die Niederfrequenzwelle verstärkt, indem sie durch den Zwei-Transistoren-Verstärkerstromkreis geschickt wird.)

...(!).... und das ist nicht nur falsch sondern vollkommen daneben. Denn: senderseitig wird die Niederfrequenz (NF) in einem bestimmten Verfahren auf die Trägerfrequenz (HF) aufmoduliert. Dieses Verfahren ist bei Lang-, Mittel- und Kurzwellen i.d. Regel die Amplitudenmodulation (AM), bei UKW die Frequenzmodulation (FM). Der im Text bezeichnete 'Stromkreis' (in diesem Fall für Mittelwelle) ist nichts anderes als ein SCHWINGKREIS, bestehend aus fester Spule und veränderlichem Kondensator, der aus der Fülle der übertragbaren Trägerfrequenzen mehr oder minder genau eine aussieht. Hierbei kann die gewünschte Frequenz am Kondensator eingestellt werden. Bei einem einstellbaren Schwingkreis kann die Schwingfrequenz an einem der beiden Bauteile (Spule oder Kondensator) eingestellt werden. Dies funktioniert auch in diesem Fall, denn der Spulenkern kann in der Spule verschoben werden. Stell' bei ganz eingeschobenem Kern am Kondensator einen Sender ein. Durch mehr oder weniger starkes Herausziehen des Kernes aus der Spule kann nun -wie auch am Kondensator- der Sender wieder verstellt werden. Doch egal ob so oder so: abgestimmt ist abgestimmt! Am Ausgang des Schwingkreises liegt jedenfalls -anders als in der Anleitung beschrieben- nicht die 'Niederfrequenzwelle', sondern die -durch den Schwingkreis selektierte- modulierte Trägerfrequenz! Um aus dieser wieder -hörbare- Niederfrequenz entstehen zu lassen, muß diese Trägerfrequenz in einer elektronischen Schaltung zunächst DEMODULIERT werden. Im Bausatz ist dieser Demodulator in dem 'Vorverstärker IC' MK484 enthalten. Diese -äußerst wesentliche Eigenschaft des MK484- wird in der Anleitung nicht erwähnt.

Die in der Schaltung um den MK484 angesiedelten Bauelemente ermöglichen die Funktion des IC. Der 3,3kOhm Widerstand ist der 'Arbeitswiderstand' der Schaltung. Er liegt zwischen Batterie + und dem Ausgang der Stufe. An ihm fällt die Niederfrequenzspannung ab. Diese Wechselspannung ist der Betriebsgleichspannung überlagert. Die reine NF kann man daher mit einem Kondensator, der für Gleichspannung undurchlässig ist, hieraus entkoppeln. Dieser Kondensator ist übrigens der 1µF Elko, der im Eingang des Verstärkers sitzt. Der 0,1µF-Kerko, der den Eingang mit Masse verbindet, hat die Aufgabe eventuell vorhandene Reste der HF gegen Masse (Batterie -) kurzzuschließen, so daß nur noch die reine NF übrigbleibt.

Der 120kOhm Widerstand gibt eine Hilfsspannung (zum Einstellen des Spannungsarbeitspunktes des IC) vom + zum Eingang des IC's. Der 0,01µF-Kerko verhindert, daß diese Hilfsspannung durch die Empfangsspule (Anschlüsse 6 u. 7) gegen Masse (also Batterie -) kurzgeschlossen wird. Er läßt die empfangene HF durch, sperrt jedoch die Hilfs-Gleichspannung.

Appendix 6-1: Der UKW-Empfänger

Bei diesem Teil wird in der Anleitung stärkstes Understatement betrieben! Auf der kleinen Platine sitzen neben einem IC etliche Bauelemente -die zusammen bereits einen vollständigen Empfänger darstellen. **Die Platine bitte sorgfältig behandeln, insbesondere nicht an den kleinen Drahtspulen herumbiegen! Auch wenn sie poplig aussehen: das sind abgestimmte Schwingkreisspulen!! Die 'Verbiegungen' an denen sind gewollt und bewußt herbeigeführt!!!** Als IC wird der TA2003P verwendet, ein älterer Toshiba-Baustein. Da die Empfangsverhältnisse auf UKW komplizierter sind als bei Lang-, Mittel- oder Kurzwelle ist in dieses IC etliches eingebaut -von dem natürlich kein Wort berichtet wird.

Die Probleme beim UKW-Empfang können etwa so umrissen werden:

- > man bekommt in aller Regel nur kleine Antennenspannungen ($\sim 10\mu\text{V}$), was eine hohe Verstärkung erfordert,
- > die Sender liegen dicht aneinander, so daß einfache Empfangsanordnungen (z.B. nur ein Schwingkreis zur Senderselektion) nicht ausreichen.

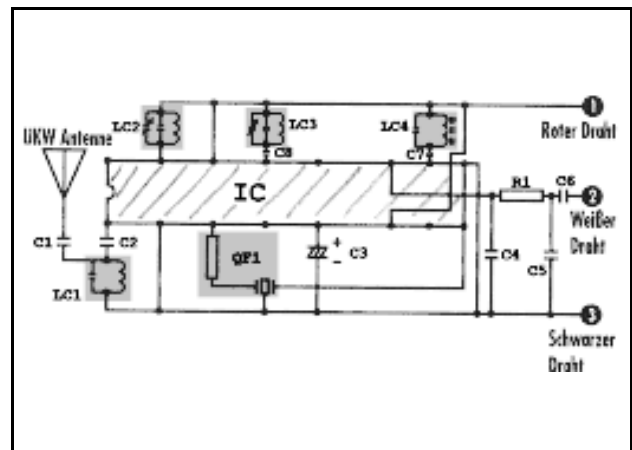
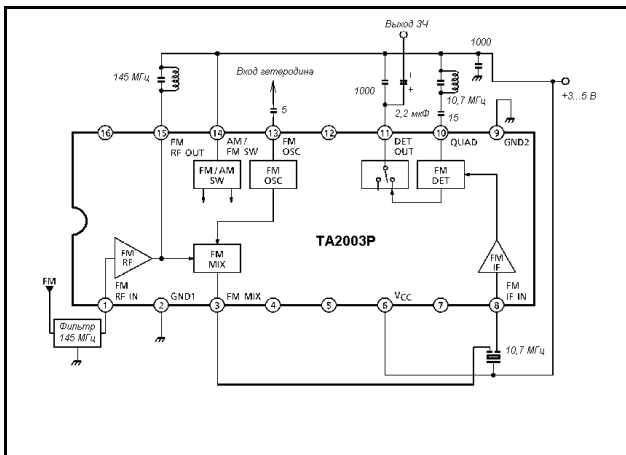
Um die Sender sauber zu trennen, müßte man mehrere Schwingkreise hintereinanderschalten -und alle gemeinsam auf den gleichen Sender abstimmen. Das ist mehr als umständlich und erfordert einen großen konstruktiven Aufwand. Man kam daher vor fast 80 Jahren bereits auf die Idee des 'Überlagerungsempfängers' (=Superheterodyne oder Superhet), der diese Probleme sehr elegant löst bzw. umgeht.

Hierbei wird eine -über einen Schwingkreis vorabgestimmte Empfangsfrequenz- in einem MISCHER mit einer gesondert erzeugten Oszillatorfrequenz gemischt. Das Besondere dabei ist, daß die Oszillatorfrequenz so eingestellt wird, daß sie immer **einen genau definierten Unterschied** zur gewünschten Empfangsfrequenz hat. Möchte man z.B. in einem UKW Empfänger 90MHz empfangen, so läßt man den Oszillator mit z.B. 100,4MHz schwingen (also mit 10,4MHz mehr). Möchte man im gleichen Empfänger 100MHz empfangen, so läßt man den Oszillator mit 110,4MHz schwingen -wieder 10,4MHz mehr. Die Oszillatorfrequenz wird durch einen Schwingkreis bestimmt -wie die Empfangsfrequenz auch. Diese beiden Kreise koppelt man nun mechanisch miteinander, so daß man sie gleichzeitig verstellen kann -und die Frequenzdifferenz immer 10,4MHz beträgt. Diese Koppelei von nur 2 Kreisen ist relativ einfach zu bewerkstelligen.

Was geschieht nun weiter? Beide Frequenzen werden also im Mischer miteinander überlagert. Am Ausgang des Mixers entsteht durch die Überlagerung -die Differenzfrequenz!!! Diese ist -durch vorgenannte Maßnahmen- aber für alle Sendereinstellungen FEST -hier z.B. 10,4MHz!!! Alle folgenden Stufen und Schwingkreise können daher FEST auf eine Frequenz abgeglichen werden!! Enorme Vereinfachung!! Die aus dem Mischer entnommene Frequenz wird Zwischenfrequenz (ZF) genannt. Bei UKW-Empfängern beträgt sie in der Regel 10,4MHz, bei Empfängern für Lang-, Mittel- oder Kurzwelle (weil's sehr gut geht wird das auch dort oft gemacht) meist 470kHz. Prinzipiell kann man sich bei der Konstruktion des Empfängers aber zusammenrechnen wie man will.

Der TA2003 ist so ein Superhetempfänger und wir wollen die Funktion nun genauer betrachten.

Hier zuerst einmal links das interne Blockschaltbild des IC's (von einer russischen Website ausgerechnet), rechts daneben das Schaltbild des UKW-Bausteins. Das IC selbst ist in den Umrissen jeweils gleich gezeichnet.



Die Empfangsspannung der Antenne gelangt zunächst über C1 (Achtung: die Bauteilbezeichnungen des Schaltbildes stimmen nicht mit den Bezeichnungen auf der Platine überein!) zum Eingangsschwingkreis LC1. Dieser 'sortiert' zunächst den gesamten UKW-Bereich grob aus dem Empfangsmenge der Antenne. Von dort aus geht es über C2 an Pin 1 des IC, das Signal gelangt nun in den Eingangs- (Antennen-) verstärker (FM-RF). Dieser verstärkt das gesamte Band vor. Hinter dem Vorverstärker wird durch den abstimmbaren Kreis LC2 (an Pin 15) der gewünschte Sender grob aus dem ganzen UKW-Band herausselektiert. Das vorgefilterte Sendersignal gelangt nun an den ersten Mischereingang (FM MIX).

Parallel mit LC2 wird LC3 abgestimmt. Dies geschieht über zwei veränderliche (Dreh-) Kondensatoren, die auf einer gemeinsamen Achse sitzen. LC3 (an Pin 13) bestimmt die Schwingfrequenz des im IC eingebauten Oszillators (FM OSC), der immer im Versatz von 10,4MHz zur gewünschten Empfangsfrequenz schwingt. Die Oszillatorfrequenz wird ebenfalls dem Mischer zugeführt. Am Mischerausgang entsteht nun die ZF von 10,4MHz, diese gelangt aus Pin 3 an den Keramikfilter QF1.

Keramikfilter verhalten sich ähnlich wie Schwingkreise, sind jedoch viel selektiver (etwa um den Faktor 10), d.h. arbeiten viel genauer. Sie können jedoch nur für FESTE Frequenzen gebaut werden und sind nicht auf andere Frequenzen abgleichbar. Der Einsatz dieser -sehr guten Filter- ist also auf Superhetschaltungen begrenzt.

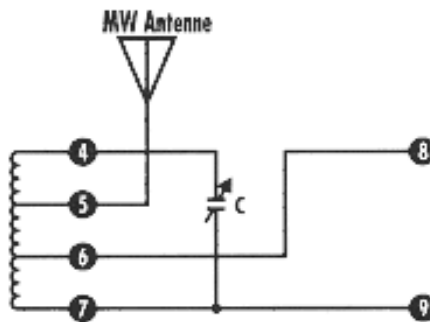
Vom Keramikfilter geht die -inzwischen sauber selektierte- ZF über Pin 8 wieder in's IC. Von dort gelangt das Signal in den ZF-Verstärker (FM-IF).

In diesem Verstärker findet der weitaus größte Teil der Verstärkung statt. Technisch ist dies am einfachsten, da hier nur genau 10,4MHz verstärkt werden müssen, und nicht wie im Eingangsverstärker 88.....108MHz, also das gesamte UKW-Band. Die verstärkte ZF gelangt nun in den Demodulator, der die Niederfrequenz wieder zum Vorschein bringt. Der Schwingkreis LC4 an Pin 10 sorgt dafür, daß der Demodulator möglichst nur genau die ZF von 10,4MHz demoduliert -und eventuelle Störungen nicht. Am Ausgang des Demodulators (Pin 11) kommt die NF ins Freie. Die Kombination aus R1, C4 und C5 entfernen eventuelle HF-Reste -und senken die hohen Töne ab, denn diese wurden senderseitig vor der Ausstrahlung angehoben. Der Empfang rauscht durch diesen Kunstgriff weniger, denn das Rauschen entsteht ja erst nach der Ausstrahlung und wird im Empfänger -zusammen mit den Höhen- abgesenkt. C6 sorgt dafür, daß nur die reine Tonwechselspannung (NF) herauskommt und eventuelle Gleichspannungsanteile, die sich aus der Demodulation ergeben können, drin bleiben.

Diese Beschreibung des Bausteines gibt nur die wesentlichen Punkte der eigentlichen Schaltung wieder. Soviel zu 'so einfach dieser Bausatz auch ist.....!' In dem UKW-Teil steckt einiges an Technik drin, auch wenn das Meiste davon von Ingenieuren in einem kleinen, schwarzen Kästchen mit 16 Beinchen untergebracht wurde.

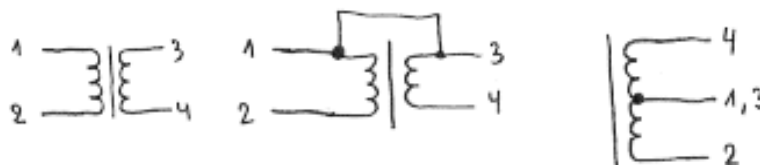
Appendix 7: Empfangsschwingkreis (Mittelwelle)

"So einfach dieser Bausatz auch ist..." beginnt die mitgelieferte Anleitung auch an dieser Stelle zu fabulieren. Erstaunlicherweise ist sogar der Eingangskreis des AM-Teiles eigentlich bereits eine 'advanced' Konstruktion. Das Schaltbild zeigt hierzu folgendes:



Zunächst einmal bildet die GESAMTE Spule zwischen den Anschlüssen 4 und 7 mit dem Drehkondensator C einen abstimmbaren Schwingkreis, der auf die Empfangsfrequenz abgestimmt werden kann. Die Abstimmung erfolgt durch variation der Kapazität von C. Eigentlich würde das bereits zum Empfang ausreichen. Richtige Anpassung von Antenne und 'Vorverstärker' ermöglicht jedoch eine bessere Ausnutzung der Empfangsenergie -das Gerät wird empfindlicher. Da gibt es in der Physik den schönen Satz, der behauptet daß 'an einer Last die größte Energie aufgenommen wird, wenn der Widerstand der Last dem Innenwiderstand der Speisequelle entspricht.'. Genau darum geht es dabei. **Eine brauchbare MW-Antenne** (in diesem Fall die Speisequelle) **besteht z.B. aus einigen Metern isoliert ausgespanntem Draht**. Der Innenwiderstand einer solchen Antenne kann mit ausreichender Genauigkeit mit ~200 Ohm angenommen werden. Die Anpassung erfolgt -per transformation. Man sieht das nicht auf den ersten Blick, doch genau das ist es. Die Spule hat Anzapfungen (5, 6), die diese elektrisch in mehrere in Reihe geschalteten Spulen auftrennen. Durch den gemeinsamen Kern sind diese Einzelwicklungen jedoch magnetisch miteinander verkoppelt. Magnetische Kopplung ein Einzelwicklungen -das klingt schon stark nach Trafo. Da die einzelnen Wicklungen elektrisch nicht von einander getrennt sind, spricht man von einem sogenannten SPARTRAFO.

Wie der zustande kommt, kann man sich am einfachsten so vorstellen:



Ganz links ist ein normaler Trafo gezeichnet. Verbindet man die beiden Wicklungen elektrisch miteinander (mittleres Bild), dann entsteht etwas, was im Ersatzschaltbild aussieht, wie das was rechts gezeichnet ist. So sieht auch die Empfangsspule aus. Spartrafos können verwendet werden, wo keine galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgang erforderlich ist. Sie haben geringere Verluste als ein 'richtiger' Trafo mit zwei getrennten Wicklungen, sind kleiner, billiger und einfacher zu bauen.

Auch wenn die Spule ein 'Spartrafo' ist, so ist sie gleichzeitig eine Spule -und kann deshalb gemeinsam mit dem Kondensator C einen Schwingkreis bilden. Es ist anzumerken, daß die gelieferte Spule qualitativ sogar gar nicht mal schlecht ist. Sie ist nicht mit einfachem, lackisoliertem Kupferdraht gewickelt, sondern mit sog. 'HF-Litze'. Der Sinn hiervon ist folgender:

Wird ein massiver Leiter von Gleichstrom durchflossen, so verteilt sich der Stromfluss gleichmäßig auf den gesamten Leiterquerschnitt. Dies gilt prinzipiell auch bei Wechselstrom. Hat man es jedoch mit hochfrequenten Wechselströmen zu tun, so wird der Stromfluss durch den Leiter mit steigender Frequenz immer mehr nach aussen an die Leiteroberfläche gedrückt, im Leiterinneren fließt mit zunehmender Frequenz immer weniger Strom, an der Oberfläche immer mehr. Dieser Effekt wird SKINEFFEKT genannt. Bei sehr hohen Frequenzen ist das Leiterinnere schließlich völlig stromfrei, d.h. es dient der Fortleitung des Stromes nicht mehr. In der Praxis kommt dies einer Verringerung des Leiter-querschnittes gleich. Anstelle eines dicken Leiters benutzt man deshalb mehrere parallelgeschaltete dünne Leiter, die jedoch voneinander isoliert sein müssen. Die vielen dünnen Leiter haben -im Verhältnis zu dem einen dicken Leiter- bei gleichem Gesamtquerschnittsvolumen eine größere Oberfläche -und damit in der Praxis bei hohen Frequenzen einen geringeren Widerstand. Durch den verringerten Leiterwiderstand verbessert sich das Resonanzverhalten des Schwingkreises, da die Resonanz durch die Leiterwiderstände nicht mehr so stark bedämpft wird: der Schwingkreis funktioniert besser, die Selektivität steigt.

Da die gesamte Senderselektion im AM-Teil nur durch diesen einen Schwingkreis erledigt wird (im Gegensatz zu der Superhetchaltung im UKW-Teil), kann dieser eine Schwingkreis gar nicht gut genug sein. Der Hersteller hat dem mit der Verwendung der HF-Litze sogar Rechnung getragen. Die HF-Litze besteht aus vielen sehr dünnen, parallelaufenden Kupferdrähten, die einzeln durch einen dünnen Lacküberzug voneinander isoliert sind. Das gesamte 'Leiterbündel' wird durch eine äußere Umspinnung aus dünnen Seidenfäden zusammengehalten. Die Litzenenden sind verlötet, um den Anschluß zu ermöglichen. Die Litzenenden der Spule sollten -insbesondere an den Ansatzpunkten der Lötstellen- einigermaßen vorsichtig behandelt werden, denn wenn nur eines der feinen Drähtchen in der Litze bricht, geht die Spule schlechter, als wenn sie mit einem Massivdraht gewickelt wäre. Die Empfangleistung würde entsprechend darunter leiden.

Am Ausgang des Eingangskreises (Anschluß 6) geht die modulierte Sender-HF zum 'Vorverstärker'. Am Anschluß 5 kann eine -wie oben beschriebene- Drahtantenne zur Verbesserung des Empfanges angeschlossen werden. Durch Anschluß einer Betriebserde (z.B. Heizkörper einer Zentralheizung) an Anschluß 7 kann die Empfindlichkeit noch weiter gesteigert werden. Der Empfang von stark einfallenden Sendern ist auch ohne Antenne und Erde möglich, der -relativ große- Ferritkern der Spule wirkt hierbei als Antenne.

Appendix 8: 'Vorverstärker'

Das mitgelieferte IC MK484 ist -laut Bauanleitung- ein 'Vorverstärker'. Diese Aussage wird alleine schon daher als falsch widerlegt, weil die vom Eingangskreis gelieferte, abgestimmte Senderspannung noch demoduliert werden muß, d.h. die NF, also der Ton, muß von der Trägerwelle getrennt werden. Ein 'Vorverstärker' macht das, was der Name sagt: verstärkern -aber nicht demodulieren. Hinter diesem kleinen, schwarzen Teil, das aussieht wie ein Transistor, muß also mehr dahinter stecken. Eine kurze Internetrecherche hat ergeben, daß das MK484 eine weiterentwickelte und verbesserte Variante des IC ZN784 der italienischen Halbleiterschmiede Ferranti ist, die diesen Baustein bereits 1971 (!) auf den Markt gebracht haben. Der Hersteller schreibt über dieses IC folgendes (leider konnte ich kein Innen-Blockschaltbild finden):

"Ein monolithisch-integrierter Baustein mit sehr geringer äußerer Beschaltung zum erstellen von kleinen, leistungsfähigen AM-Empfängern mit sehr geringem Energieverbrauch. Das IC besitzt zwei Hochfrequenzverstärkerstufen, einen AM-Demodulator und eine NF-Ausgangsstufe. Ferner ist eine AGC-Schaltung integriert. Der Baustein kann für Empfangsfrequenzen im Bereich von 100kHz bis 3MHz verwendung finden".

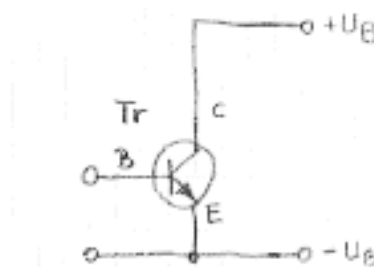
AGC bedeutet 'Automatic Gain Control'. Mittelwellensender sind AM-moduliert, d.h. amplitudenmoduliert. Die Niederfrequenz verändert die Höhe (=Amplitude) der Senderhochfrequenz. Dies bedeutet jedoch, daß ein schwach einfallender Sender leiser ist als ein stark einfallender. Schwankt die Empfangsfeldstärke sogar, dann schwankt auch die Lautstärke des Senders -unangenehm. Aus diesem Grund ist in dem IC sogar eine AGC-Schaltung integriert, die solche Schwankungen bis zu einem gewissen Grad ausgleicht. In der Praxis können derartige Schwankungen ein Verhältnis von 1:1000000 haben. Ein vollständiger Ausgleich ist daher -mit einer so einfachen Schaltung- nicht möglich.

Die Bauanleitung geht natürlich mit keinem Wort auf die Eigenschaften dieses -soweit ich auf die Schnelle feststellen konnte recht gut beleumundeten IC's- ein. Es sieht jedoch ganz danach aus, als ob die Kombination aus dem -relativ ordentlichen- Eingangsschwingkreis, dem 'Vorverstärker'-IC MK484 und dem nachgeschalteten Niederfrequenz-verstärker einen durchaus brauchbaren Empfänger abgeben würde.

Appendix 9: Der Endverstärker

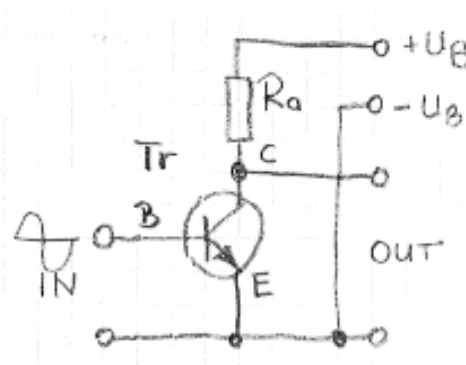
Zunächst wollten wir uns vor Augen führen, um was es bei diesem Schaltungsabschnitt eigentlich geht: Eine NF-Spannung von kleiner Höhe und kleiner Energie soll in eine NF-Spannung von größerer Höhe und größerer Energie verwandelt werden, die dann am Ausgang bereitgestellt wird. Niederfrequenz(NF)spannungen sind reine Wechselspannungen. Bedingt durch den Umstand, daß am Verstärkerausgang ein Signal mit größerer Energie als das Eingangssignal abgegeben werden soll ist klar, daß diese zusätzlich erforderliche Energie dem Verstärker aus einer dritten Quelle zugeführt werden muß. Als erforderliche Energiequelle stehen Batterien zur Verfügung, die eine Gleichspannung -die Betriebsspannung des Verstärkers- abgeben. Als aktive -also verstärkende- Bauelemente sollen Transistoren benutzt werden.

Die dem Bausatz beigelegten Transistoren sind sog. npn-Transistoren. Npn-Transistoren werden mit positiven Spannungen betrieben und gesteuert, was die ganze 'Denkerei' einfacher macht, als bei pnp-Transistoren (die zwar dasselbe machen, jedoch hierfür mit negativen Spannungen betrieben und gesteuert werden). Die Transistoren haben 3 Anschlüsse: Basis (B), Collector(C) und Emitter (E). Die Basis ist der Steuereingang des Bauelementes. Wird zwischen Basis und Emitter eine positive Spannung gelegt, so wird der Transistor angesteuert, eine negative Spannung hat keine Auswirkung, der Transistor bleibt inaktiv.



Legt man nun zwischen den Kollektor- und den Emitteranschluß eine positive Betriebsspannung, z.B. aus den Batterien, so fließt in der Collectorleitung zunächst kein Strom -so lange, bis der Transistor gleichzeitig an der Basis wie oben beschrieben angesteuert wird. Das wesentliche dabei ist, daß der Kollektorstrom, der vom Basisstrom hervorgerufen wird, wesentlich größer ist, als der Strom, der in den Basiseingang fließt. Es findet eine Verstärkung statt. Die Höhe dieser Verstärkung hängt von der Transistortype ab. Die Typen 2SC945 und 2SC1815 werden von den Herstellern mit einer Mindest-Stromverstärkung (β) von 150 angegeben. Dies heißt, wenn in die Basis ein Steuerstrom von $1\mu\text{A}$ fließt, hat dies einen Collectorstrom von $150\mu\text{A}$ zur Folge (mindestens).

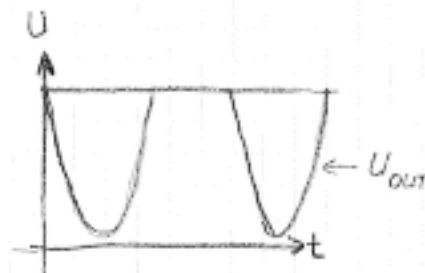
In der bisher beschriebenen Schaltung, haben wir jedoch noch keinen Ausgang, an dem das verstärkte Signal abgenommen werden könnte. Hierzu muß noch ein Bauteil eingefügt werden: ein Widerstand. Es ergibt sich dann folgende Schaltung:



Gedanklich schließen wir nun an die Betriebsspannungsanschlüsse + und - U_B unsere Batterie an. Der Eingang IN erhält zunächst keine Spannung. Hierdurch wird der Transistor nicht angesteuert -und es fließt im Collector kein Strom. Hierdurch fällt am Widerstand R_a keine Spannung ab -und am Ausgang OUT kann die Betriebsspannung gemessen werden. Steuern wir den Eingang nun mit einer positiven Spannung an, so fließt Strom in den Collector -und damit durch den Widerstand R_a . Dies hat in R_a einen Spannungsabfall zur Folge, der analog zum fließenden Strom ist. Da der Verstärkerausgang HINTER dem Widerstand abgegriffen wird, wird die meßbare Spannung am Ausgang KLEINER, da sie um den Betrag des Spannungsabfalles an R_a absinkt.

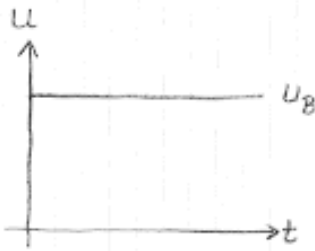
Ein positiver Betrag am Eingang hat also einen negativen Betrag am Ausgang zur Folge. Dies nennt man Phasenumkehr -und wir lassen das im Augenblick einfach so stehen und kommen später wieder darauf zurück.

Im jetzigen Zustand der Schaltung können wir mit einer kleinen Eingangsspannung eine größere Ausgangsspannung beeinflussen, dies gilt jedoch nur für Gleichspannungen. Wir wollen jedoch WECHSELSPANNUNGEN verstärken. Der Transistor spricht ja nur auf positive Spannungen an, die negative Halbwelle einer Wechselspannung würde er also geflissentlich ignorieren, die positive Halbwelle jedoch tatsächlich verstärken. Das am Verstärkerausgang entstehende Signal würde in etwa so aussehen:



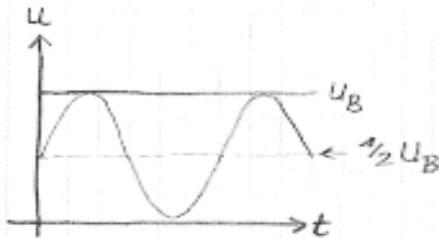
Mit der angelegten, sinusförmigen Eingangsspannung hat das nicht mehr viel zu tun -es ist unbrauchbar. Doch schon vor etwa 90 Jahren ist man auf einen Trick gekommen, das Problem zu umgehen -und BEIDE Halbwellen der Wechselspannung verstärken zu können. Der Trick ist sogar einigermaßen billig: die gewünschten Wechselspannungen werden der vorhandenen Gleichspannung einfach überlagert.

Stell' Dir einfach ein Oszillogramm der Ausgangsspannung am Ausgang OUT bei nicht angesteuertem Transistor vor. Das sieht einfach so aus:



Die Spannung am Verstärkerausgang entspricht -weil der Transistor nicht angesteuert wird- der Batteriespannung, die als Betriebsspannung am Verstärker anliegt.

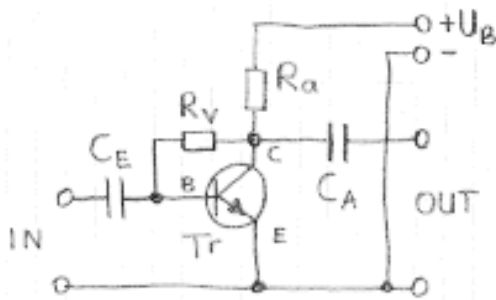
Projizieren wir nun gedanklich die gewünschte Ausgangsspannung in das Oszillogramm, so sehen wir folgendes:



Mit überlagelter Wechselspannung kann man sich die Ausgangsspannung so vorstellen, als würde diese zwischen U_B und 0 schwanken -mit der halben Betriebsspannung U_B als Mittelpunkt -oder Nulllinie für die Wechselspannung.

Um den Verstärker so ansteuern zu können, muß also lediglich die Schaltung so verändert werden, daß der Transistor ohne Ansteuerung nicht mehr inaktiv wird, sondern daß er in diesem Zustand halb durchgesteuert ist, so daß am Ausgang eine Spannung von $1/2 U_B$ steht.

Dies wird dadurch realisiert, daß dem Basiseingang des Transistors ein kleiner Hilfsstrom aufgedrückt wird, der so bemessen ist, daß dieser den Transistor halb öffnet. Die Schaltung dazu sieht so aus:



Der Widerstand R_V liefert den Hilfsstrom an den Steuer-eingang (B) des Transistors. Die beiden Kondensatoren bitte im Augenblick noch nicht beachten.

Prinzipiell könnte man den Strom durch R_V auch direkt von $+U_B$ abgreifen, jedoch haben Transistoren große Toleranzen in der Stromverstärkung (β). Diese betragen typischerweise mehrere 100%.

Daher müßte man R_V für jeden einzelnen Transistor, den man verbaut, neu auslegen -und den β von jedem Transistor hierfür messen. Das ist mehr als umständlich. In der Praxis greift man daher R_V nicht von $+U_B$, sondern vom Collector des Transistors ab, denn: hat der Transistor einen höheren β als garantiert, so würde er weiter aufgesteuert werden, als berechnet. Dies hat jedoch zur Folge, daß die verfügbare Spannung am Collector sinkt -und dadurch wird auch der Hilfsstrom in die Basis wieder kleiner. Der Transistor sperrt also mehr, die Spannung am Collector würde wieder steigen, was den Hilfsstrom wieder steigen -und den Transistor wieder weiter aufsteuern würde. Hierdurch stellt sich -automatisch- ein bestimmter Arbeitspunkt ein, der durch das Verhältnis von R_V und R_A bestimmt wird -und in weitem Bereich von β unabhängig ist. Diesen Vorgang nennt man GEGENKOPPLUNG. Mit richtig berechneten Widerstandswerten für R_A und R_V kann man somit den Arbeitspunkt der Schaltung -auch bei großen Toleranzen von β - mit nur geringstem Aufwand konstant halten.

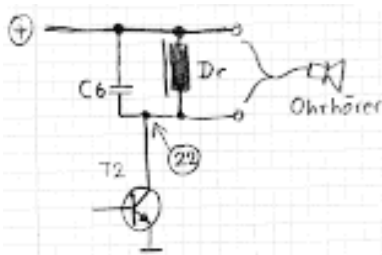
Nun zu den Kondensatoren: C_E verhindert, daß die Hilfsspannung durch R_V an den Eingang gelangt -und so in die vorherige Stufe-, C_A verhindert daß das Gleichspannungspotential am Collectoranschluß an den Ausgang

-und somit in die folgende Stufe- gelangt. Damit wären wir bei der im Bausatz befindlichen Schaltung angekommen. In dem Bausatzverstärker sind zwei solcher Verstärkerstufen hintereinandergeschaltet. Die Verstärkungen beider Stufen multiplizieren sich hierbei. Hat Stufe I z.B. eine Verstärkung von 10 und Stufe II eine Verstärkung von 5 so ist die Gesamtverstärkung $V=50$.

Die im Bausatz enthaltene Drosselspule mit Eisenkern wird im Text fälschlicherweise als Transformator oder Aufwärtstransformator bezeichnet. Schaltungstechnisch gehört sie jedoch zum Verstärker. Die gesamte Funktionsbeschreibung des Verstärkers folgt daher im nächsten Kapitel.

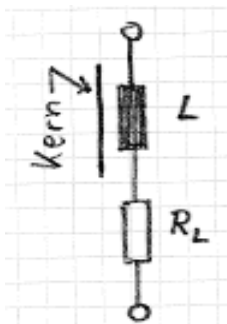
Appendix 10: Der 'Aufwärtstransformator'

Wie bereits dargelegt, handelt es sich hierbei nicht um einen Trafo, sondern um eine Drossel. Diese wird als Arbeitswiderstand im Collectorkreis des Ausgangstransistor verwendet. Da am Ausgang des Verstärkers zum Betrieb des Ohrhörers schon eine etwas größere Leistung verlangt wird, hat die Verwendung einer Drossel Vorteile gegenüber einem einfachen Arbeitswiderstand. Da im Verstärkerschaltbild der Anleitung die Drossel -warum auch immer- ausgespart wurde, habe die Ausgangsstufe umgezeichnet. Das sieht dann so aus:



T2 ist der Ausgangstransistor, C6 ($0,022\mu\text{F}$) filtert eventuelle HF-Reste und sorgt so für ein stabiles Arbeiten des Verstärkers. Dr ist die Ausgangsdrossel, die den Arbeitswiderstand ersetzt. Der Spannung für den Ohrhörer wird parallel zur Drossel abgegriffen.

Die Funktion ist nun folgende: T2 wird -wie auch T1- mit einer Hilfsspannung am Steuereingang versehen, ist daher im Ruhezustand halb aufgesteuert. Hierdurch fließt ein Strom durch die Drossel Dr in den Transistor. Dieser Strom hat ein Magnetfeld im Eisenkern der Drossel zur Folge. Der durch den Strom hervorgerufene Spannungsabfall an der Drossel ist nur sehr gering, wie anhand des Ersatzschaltbildes der Drossel feststellbar ist. Die hierdurch entstehende, kleine Gleichspannungskomponente braucht daher nicht mit einem Kondensator vom Ohrhörer ferngehalten zu werden.



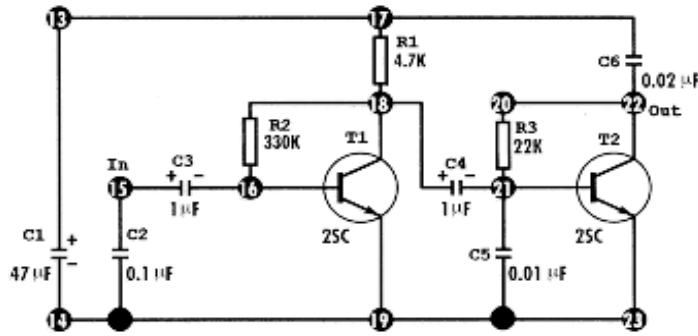
Ersatzschaltbild Drossel:

Die Spule auf dem Kern bildet die Induktivität L. Der zum Wickeln benutzte Kupferdraht hat natürlich einen -ohmschen- Widerstand. Dieser Drahtwiderstand R_L ist der Induktivität in Reihe geschaltet. Bei Gleichstromdurchgang im Ruhezustand des Verstärkers (ohne Ansteuersignal) ist L wirkungslos. Es fällt nur eine kleine Spannung an R_L ab. Wird der Verstärker jedoch angesteuert, und es fließt eine Wechselstromkomponente durch die Drossel, so wird L wirksam. Der hierbei entstehende Scheinwiderstand der Induktivität für den Wechselstrom ist sehr hoch gegenüber dem ohmschen Anteil von R_L , d.h. es fällt viel mehr Wechsel- als Gleichspannung an der Drossel ab.

In der Praxis läuft das auf folgendes hinaus: der Ruhegleichstrom des vorgespannten Transistors hat in der Drossel ein Magnetfeld zur Folge. Wird der Transistor angesteuert, so daß der Strom größer wird, so fällt -wegen L- erheblich mehr Spannung an der Drossel ab, die an den Ohrhörer abgegeben wird. In der negativen Halbwelle des Steuersignales sinkt der Strom durch den Transistor -und durch die Drossel. Das in der Drossel aufgebaute Magnetfeld beginnt zusammenzubrechen, die im Feld gespeicherte Energie muß daher abgegeben werden. Dies geschieht derart, als das zusammenbrechende Feld eine Induktionsspannung in der Induktivität L verursacht. Diese Induktionsspannung hat nun das umgekehrte Vorzeichen, wie der Strom, der ursprünglich das Magnetfeld hervorgerufen hatte -die an der Drossel abfallende Spannung kehrt hierdurch ebenfalls ihr Vorzeichen um -wir haben wieder reinen Wechselstrom! Dieser wird an der Drossel abgegriffen und vom Ohrhörer in Schall umgewandelt.

Gegenüber einem einfachen Widerstand kann dadurch -bei gleichem Ruhestrom- eine wesentlich höhere Leistung am Ausgang abgegeben werden, ohne daß dafür mehr Energie von der Batterie aufgewandt werden muß. Dies liegt daran, daß im Widerstand alle abfallende Spannung in Wärme verwandelt wird, d.h. in Energie die nicht mehr zugänglich ist. In der Drossel wird die Energie als Magnetfeld gespeichert -und 'recycelt'.

Hier nun noch die gesamte Beschreibung des Verstärkers:



C1 liegt parallel zur Batterie und hat eine relativ große Kapazität. Er sorgt dafür, daß -besonders bei nicht mehr frischen Batterien- die durch die Aussteuerung des Verstärkers hervorgerufenen Stromänderungen keine Spannungsänderungen auf der Betriebsspannung hervorrufen. Dies ist wichtig, da sich ansonsten Wechselfspannungen von der 2. Stufe (die mehr Energie braucht) über die Betriebsspannung auf die erste Stufe überlagern, und die Funktion der ersten Stufe beeinträchtigen würde. C2 und C5 verhindern daß an den Steuereingängen der Transistoren Hochfrequenz stehen kann. Sie würde -durch die Kondensatoren deren Widerstand bei steigender Frequenz sinkt- gegen Masse, also den Null-Bezugspunkt der Schaltung- abgeleitet werden. Dies ist wichtig, damit der Verstärker unter allen Betriebsbedingungen sauber arbeiten kann. C6 macht das Gleiche im Ausgang des Verstärkers, nur wird die HF hier gegen den + der Betriebsspannung kurzgeschlossen. HF-mäßig führen + und Masse jedoch das gleiche Potential, da sie über C1 miteinander verbunden sind. R1 ist der Arbeitswiderstand für T1, R2 stellt die erforderliche Vorspannung zur Verfügung. C3 sorgt dafür, daß die Vorspannung vom Eingang her nicht beeinflusst werden kann. Das durch den ersten Transistor verstärkte Signal wird an Punkt 18 über C4 ausgekoppelt und der 2. Stufe zugeführt. C4 trennt dabei die beiden -unterschiedlichen- Gleichspannungspotentiale voneinander, damit sich diese nicht beeinflussen können. Die Wechselfspannung wird jedoch durchgelassen. R3 sorgt für die Vorspannung an T2. Durch T2 fließt ein wesentlich höherer Strom als durch T1, beachte daß R3 daher viel niederohmiger ist als R2, der in der ersten Stufe die gleiche Funktion hat. Im Collectorkreis von T2 liegt C6, die Drossel und der Ohrhörer, die hier jedoch nicht eingezeichnet sind. Die Funktionsabläufe im Ausgangskreis wurden jedoch bereits am Anfang des Kapitels behandelt.

Wie unter App. 9 bereits beschrieben, findet in jeder Verstärkerstufe ein Phasendrehung von 180° des Eingangssignales statt. Durch die Hintereinanderschaltung der beiden Stufen wird das Signal jedoch um $2 \times 180^\circ$ gedreht -und kommt am Ausgang wieder 'richtigherum' zum Vorschein. Für die Anwendung hier würde das jedoch keine Rolle spielen. Wenn man beim Anschluß die beiden Leitungen des Ohrhörers vertauscht, wird das Signal ja auch um 180° gedreht. Probiere es einfach aus: es macht keinen Unterschied hierbei. Selbstverständlich gibt es in der Elektronik jedoch Anwendungen, wo es sehr wohl einen Unterschied machen würde (z.B. Verstärker in Oszilloskopen o.ä.).

Die in dem Gerät ablaufenden Vorgänge sind nun im wesentlichen beschrieben. Ich möchte jedoch anmerken, daß auch diese Beschreibung die wahren Sachverhalte zum Teil vereinfacht dargestellt hat und nicht immer auf alle Details eingegangen werden konnte, da dies Umfang und Rahmen sprengen würde.

Wer die Schnauze nun noch immer nicht voll hat, findet auf den folgenden Seiten noch die Erklärung, wie eigentlich die NF demoduliert wird. Da der Bausatz, wie wir gesehen haben, technisch gar nicht mal soooo schlecht ist, werde ich ferner Beschreiben, wie man aus dem Teil ein für den praktischen Betrieb taugliches Gerät machen kann (z.B. als Kloradio), die hierfür erforderlichen Teile können im Zweifelsfall über mich bezogen werden.