

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»
(Ernst Erb)

Copyright Ernst Erb

BAUTEILE

Durch das Verständnis der im letzten Abschnitt behandelten Grundbegriffe kennen Sie die wichtigsten Bauteile eines Radios und deren Wirkungsweise. Wird berücksichtigt, dass als Widerstand ein Bauteil gilt, das den Strom absichtlich schlecht leitet, sind auch die am häufigsten anzutreffenden Teile bereits beschrieben. In der Reihenfolge der Häufigkeit in einem Empfänger kommen vor: Widerstände, Kondensatoren, Spulen bzw. Übertrager. Allerdings gilt es, eine grosse Zahl von Bauformen und Verwendungszwecken zu unterscheiden.

Zum Radio - nicht aber zum Detektor-Empfänger - ist ausserdem mindestens ein **aktives Bauelement** in Form der Radoröhre, des Transistors oder des Chips nötig sowie ein Lautsprecher oder Kopfhörer. Moderne Bauteile wie Transistoren, Dioden, Zenerdioden und Chips sind hier nicht berücksichtigt; darüber existiert genügend Literatur. Die moderneren der alten Radios weisen schon **Dioden** für Demodulations- oder Gleichrichtungszwecke im Netzteil auf. Beim Einsatz dieser Bauteile ist auf die richtige Polung zu achten. Hier erfahren Sie das Wichtigste über die Bauteile. Auch als Anfänger sollen Sie diese erkennen und damit umgehen können. Rechnerische Formulierungen kommen nur am Rande vor; sie finden sich in Elektronikbüchern. Hin und wieder ist ein Widerstand oder ein Kondensator zu kombinieren. Darum finden Sie die Formeln für Serien- und Parallelschaltung aufgeführt. Die Darstellung der **Schaltzeichen** in den 20er- und 30er Jahren weicht z.T. stark von der heutigen Darstellungsweise ab und kann von Hersteller zu Hersteller variieren.

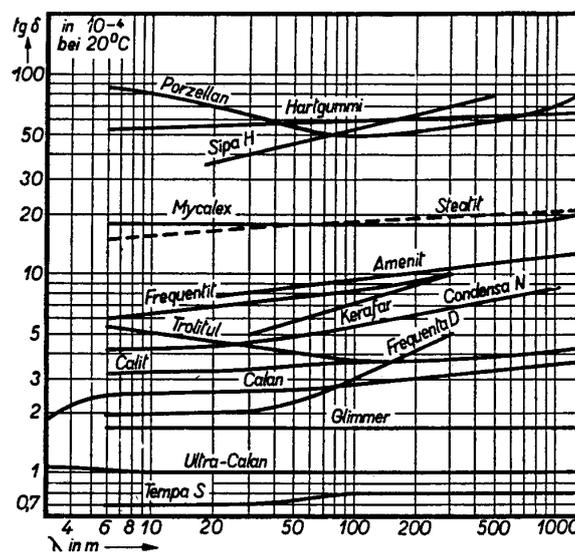
Isolator

Speziell bei alten Empfängern sind die erwähnten Bauteile direkt auf «nichtleitendem Material» aufgeschraubt. Holz ist kein idealer **Isolator** für hochfrequente Ströme! Für die Bauteile selbst kommen Isoliermaterialien mit sehr unterschiedlichen Verlustfaktoren und relativ auf Luft ($\epsilon=1$) bezogenen **Dielektrizitätskonstanten** zur Anwendung. Der **Verlustfaktor** bedeutet den Imaginärteil der Dielektrizitätskonstante und spielt vor allem für elektrische Felder eine Rolle. Die Dielektrizitätskonstante gibt den Grad der Verdichtung der elektrischen Feldlinien im Dielektrikum z.B. eines Kondensators an. Hier einige Materialien im Vergleich, wobei man den Verlustfaktor heute in einer anderen Einheit (Grösse) aufführt. Er ist zudem sehr frequenzabhängig.

Material	Dielektrizitätskonstante	Verlustfaktor (alte Bewertung)
Trolitul	2,2	3,7 - 5,4
Bakelit	2,8	100 - 200
Hartgummi	3	57 - 65
Amenit	3,5	
Quarzgut	3,9	
Quarz	4,7	
Pertinax, Porzellan	5,4	220 - 1000
Frequenta (D)	5,6	
Steatit, Calit, Calan	6,4 - 6,6	
Glimmer, Ultra-Calan	7 - 7,1	1,7
Mycalex	8	
Tempa N, Tempa S	12,5 - 14	0,7 - 0,8
Condensa, Kerafar	40 - 80	

Gemäss dieser Aufstellung eignet sich Trolitul für Spulenträger, Condensa aber als Dielektrikum für Kondensatoren hoher Kapazität mit kleiner Bauform vorzüglich [195].

Weitere Werte haben je nach Anwendung grössere oder kleinere Bedeutung - der **Oberflächenwiderstand**, die **Durchschlagsfestigkeit** etc.



Abhängigkeit des Verlustwinkels von der Wellenlänge bei HF-Isolierstoffen

Obige Daten genügen im allgemeinen für die Auswahl von Ersatzmaterial. Kunstharze wie Amenit, Pollopas, Trolitan, Trolitul, Trolon etc. lassen sich einfacher verarbeiten als die keramischen Isolierstoffe Porzellan, Calit, Calan, Frequentia, Condensa, Kerafar, Sipa oder Tempa.

Widerstand

Das einfachste und am meisten benutzte Bauteil ist der **Widerstand** (R). Wie der Name sagt, setzt es dem Strom einen bestimmten Widerstand entgegen. Es gibt viele Formen von Widerständen. Ihre Eignung für eine bestimmte Anwendung hängt vom Widerstandswert, gemessen in Ohm, Kiloohm (1000 Ω , 1 K oder 1 k Ω) und Megohm (1000 K oder 1 M) und von der Belastbarkeit, gemessen in Watt, ab. Bei HF-Anwendungen spielt der Grad der **Induktionsfreiheit** eine Rolle. **Drahtwiderstände** kommen darum im HF-Teil nicht vor.

Jeder Leiter setzt dem Strom einen Widerstand entgegen, der sich bei Gleichstrom nach dem Durchmesser, der Länge und der spezifischen Leitfähigkeit richtet. Zum Vergleich einige Metalle in der Rangordnung ihrer **Leitfähigkeit**:

Silber	62,2
Kupfer	57,8
Gold	45,4
Chrom	39
Aluminium	35
Wolfram	18,9
Platin	9,5
Blei	4,8
Quecksilber	1
Wismut	0,855

Potentiometer sind regelbare Spannungsteiler. Ihr Widerstandswert, genauer ihre Spannungsaufteilung, lässt sich linear oder logarithmisch verändern. Den regelbaren Widerstand mit nur zwei verwendeten Anschlüssen nennt man **Rheostat**. Er dient bei Geräten der 20er Jahre als Heizregler. Beide Bauteile sind meist **Drehwiderstände** - als Draht- oder **Schichtwiderstand** ausgebildet. Sie können einen Endschalter aufweisen. Lautstärkereglern oder **Tonblenden** bestehen nahezu immer aus einem Potentiometer (kurz Poti genannt).

Trimpoti bedeutet die Abkürzung für «nur veränderbarer Spannungsteiler» (also nicht von aussen bedienbar). Es besteht aus einem Drahtwiderstand oder Schichtwiderstand mit Abgreifschelle oder ist mit einem Schraubenzieher veränderbar. Trimpotis dienen z.B. zur Einstellung der Gittervorspannung, als **Entbrummer** bei direkt geheizten Endröhren usw.

Die üblichen Widerstände sind mit ihrem Wert beschriftet oder Wert und **Toleranz** gehen durch **Farbringe** hervor. Bei moderneren Widerständen bezeichnen die ersten zwei Ringe die Ziffern und der nächste Ring die Anzahl Nullen dahinter. Ein weiterer Ring weist auf die Toleranz hin, die für Radios oft 20 (ohne Ring), 10 (Silberring) und gelegentlich 5 % (Goldring) beträgt. Ein Widerstand kann also von Haus aus innerhalb der bezeichneten Toleranz abweichen. Abzulesen beginnt man mit der Farbmarkierung, die sich nächst dem Widerstandsende befindet.

Ältere Widerstände aus den USA tragen als erste Ziffer die Körperfarbe, als zweite Ziffer einen Farbring am Ende des Widerstandes. Der gefärbte Punkt in der Mitte bedeutet die Anzahl Nullen. Wenn der Punkt der Körperfarbe entspricht, fehlt er. Die Farbcodes bedeuten:

0 = schwarz	5 = grün
1 = braun	6 = blau
2 = rot	7 = violett
3 = orange	8 = grau
4 = gelb	9 = weiss

Bild «Z1» Alte und neue Schaltzeichen für den Widerstand, abgleichbarer Widerstand (Trimpoti) und Regelwiderstand oder Potentiometer

Durch die Toleranzen haben sich **Reihen** von Werten gebildet. Die 6er-Reihe mit je 20 % **Toleranz** nach oben oder unten kommt sehr oft vor: 10, 15, 22, 33, 47 und 68. Die Zwischenwerte bei den 10 % Toleranzen sind: 12, 18, 27, 39, 56 und 82.

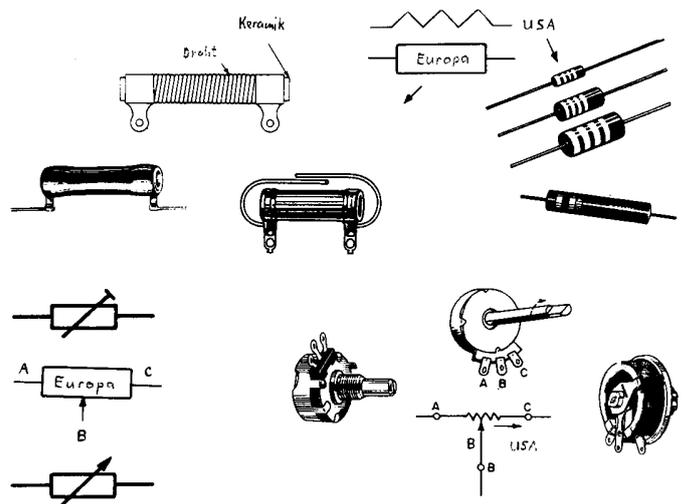


Bild «Z1» Widerstände, abgleichbare Widerstände und Potentiometer

Bei der Zusammenschaltung von Widerständen lassen sich die Widerstandswerte bei der **Reihen- oder Serienschaltung**, d.h. wenn der Strom einen Widerstand nach dem anderen zu durchfließen hat, einfach addieren. Sind die Widerstände parallel geschaltet, reduziert sich der Wert nach folgender Formel:

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Als Beispiel möchten wir den Gesamtwiderstand der Parallelwiderstände von 2, 6 und 9 Ohm wissen:

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9} = \frac{9}{18} + \frac{3}{18} + \frac{2}{18} = \frac{14}{18}; R = \frac{18}{14} = 1,286 \Omega$$

Im häufig vorkommenden Fall der **Parallelschaltung von zwei Widerständen** kann man die Werte einfach über einem Bruchstrich miteinander multiplizieren und unter dem Bruchstrich lediglich addieren, um zum Resultat des Gesamtwiderstandes zu kommen.

Zur groben Prüfung können Sie bei beiden Formeln kontrollieren, ob das Resultat kleiner ist als der kleinste verwendete Widerstand.

Ohmsches Gesetz

Wird an einen Widerstand eine konstante Spannung angelegt, durchfließt ihn ein Gleichstrom. Dieser steigt mit der anliegenden Spannung. Das **Ohmsche Gesetz** sagt, dass bei einem Widerstand R (in Ω ausgedrückt) der Strom zur anliegenden Spannung proportional ist. Eine Verdopplung der Spannung U (in Volt ausgedrückt) verdoppelt den Strom I (in Ampere ausgedrückt) usw. - wissenschaftlich drückt man dies zwar umgekehrt aus. Das ergibt eine vierfach höhere Arbeitsleistung P (in Watt ausgedrückt). Die Formel dafür heisst:

$$\text{Strom } I = \frac{U}{R} \text{ oder Widerstand } R = \frac{U}{I} \text{ oder } U = R \times I$$

Die Formel für die Leistung P lautet: $P = U \times I$. Diese Formel verknüpft Strom und Spannung. Durch Umformen erhalten Sie $U=P/I$ für Spannung und $I=P/U$ für Strom. Unter Zuhilfenahme des Ohmschen Gesetzes können Sie zudem die Leistung aus Strom und Widerstand oder aus Spannung und Widerstand errechnen.

Kondensator

Grundsätzlich besteht ein Kondensator aus drei Schichten, zwei leitfähigen und einer Isolierschicht dazwischen, die auch aus Luft bestehen kann. Das bedeutet für Gleichstrom eine absolute Barriere. Verluste durch schlechtes **Dielektrikum** oder von Durchschlägen wegen ungenügender Isolation können zum Leiten von Gleichstrom führen. Der Kondensator ist dann unbrauchbar.

Bei Wechselstrom fließt ein Strom für das Umladen der beiden leitenden Schichten. Mit zunehmender Frequenz nimmt der Wechselstrom-Widerstand (Impedanz = X) beim Kondensator ab. Die Formel für die Impedanz lautet: $X_C = 1/(Kreisfrequenz \times C)$. Die **Kreisfrequenz** errechnet sich aus $2 \times 3,14 \times$ Frequenz (f).

Als Grobwert hat die **Impedanz** (Schein- bzw. Blindwiderstand) am Netz von 50 Hz folgende Werte:

C	X_C (50 Hz)	Strom bei 4 Volt Wechselstrom
32 Mikrofarad	100 Ohm	40 mA
16	265	15
8	398	10
4	795	5
2	1.590	2,5
1	3.180	1,25
0,5	6.350	0,63
0,1 (90000 cm)	31.800	0,12
0,01 (10000 pF)	318.000	0,01

Der Strom durch den Kondensator ist proportional zur Änderungsgeschwindigkeit der anliegenden Spannung, die das elektrische Feld verändert. Es entsteht eine **Phasenverschiebung** zwischen Spannung und Strom. Beim idealen Kondensator beträgt die Phasenverschiebung 90 Grad. Im Maximum der Spannung findet bereits der absteigende Nulldurchgang des Stroms statt; man spricht von «vorausgehendem Strom». Ein Kondensator verhält sich umgekehrt zur Spule, die einer Spannung zuerst einen hohen Widerstand entgegensetzt!

Die elektrische Größe des Kondensators ist seine Kapazität (C) bzw. das «Fassungsvermögen». Die Einheit bildet das Farad (F), wobei man normalerweise mit dem millionsten Teil dieser **Kapazitäts-Einheit**, dem Mikrofarad (μF) und im Gebiet der HF mit dem billionsten Teil, dem Pico-Farad (pF) rechnet. Die Einheit dazwischen heisst Nanofarad (nF), was 1000 pF entspricht. In modernen Unterlagen erscheint der Kapazitätswert in Picofarad in folgender Form angegeben:

$10 \text{ pF} = 10$, $100 \text{ pF} = 101$, $1000 \text{ pF} = 102 \dots 105 = 1 \text{ MF}$. Der Buchstabe gibt die Toleranz an, das Dielektrikum kann durch Farben bezeichnet sein; der Rest sind Firmenzeichen.

In alten Unterlagen kommen Kapazitäten in «cm» vor. Ein **cm** bedeutet 1,1 pF. Da die Toleranzen bei Kondensatoren alter Radios unkritisch sind, können Sie die «cm» als pF nehmen. Parallel geschaltete Kapazitäten addieren sich. Das Schalten eines Kondensators in Serie mit der Antenne (oder einem anderen Kondensator) verkleinert die Kapazität und verändert damit die Resonanz des Kreises in Richtung höherer Frequenz.

Die **Serienschaltung von Kondensatoren** können Sie nach folgender Formel errechnen:

$$\text{Formel: } \frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Als Beispiel möchten wir die Serienkapazität von 120 und 300 pF wissen:

$$\frac{1}{120} + \frac{1}{300} = \frac{5}{600} + \frac{2}{600} = \frac{7}{600} \quad \text{oder } C = \frac{600}{7} = \text{ca } 86 \text{ pF}$$

Zu dieser Formel können Sie sich merken: Das Resultat hat kleiner zu sein als der Wert des kleinsten Kondensators.

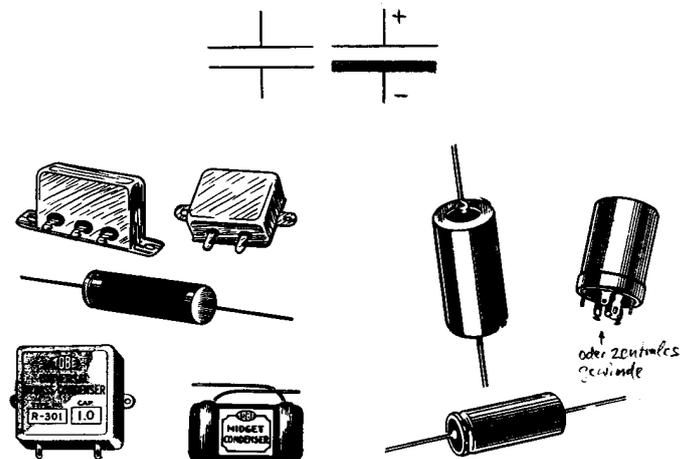


Bild «Z1» Kondensatoren

Bezüglich Dielektrikum und Bauform gibt es heute unzählige Ausführungen von Kondensatoren. **Durchschlagsfestigkeit** und **Verlustfaktor** des Dielektrikums sowie Grad der **Induktionsfreiheit** bestimmen im wesentlichen den Verwendungszweck. Kurz etwas über die häufigsten Typen in alten Radios:

Papierkondensatoren

Sie finden in Form von **Wickelkondensatoren** (Wickelblocks) in den niederfrequenten Stufen als Kopplungskondensatoren Anwendung, ferner als Entkopplungskondensatoren bei Spannungsteilern oder hinter Siebwiderständen im Netzteil. Im HF-Teil kommen **Papierkondensatoren** selten vor, da sie zuviel (unerwünschte) Induktivität aufweisen. Oft ist die nach aussen liegende Stanniolfolie des Wickels gekennzeichnet, um diesen Pol an Masse zu legen. Damit sinkt die **Streu-Induktionswirkung** wesentlich. Papierkondensatoren sind durch **Metallpapier-** oder **Kunststoffkondensatoren** ersetzbar. MP- oder MK-Ausführungen heilen bei Kurzschluss selbst.

Im Gegensatz zu Elkos halten Papierkondensatoren die Spannung lange Zeit nach Entfernung der Stromzuführung und können einen elektrischen Schlag bewirken.

Glimmer- und Keramik Kondensatoren

Wegen der guten Eigenschaften dieses Dielektrikums verwendet man diese Kondensatoren in den HF-Kreisen. Allerdings weisen sie selten mehr als 10000 pF auf. Glimmerkondensatoren dienen ebenfalls als Koppelkondensatoren. **Trimmer** bzw. Trimmkondensatoren enthalten oft Glimmer (mica) als Dielektrikum. Der Glimmertyp lässt sich durch den Keramik Kondensator ersetzen. In der Güte ist er allerdings etwas unterlegen (Verlustfaktor des Dielektrikums).

Luftkondensatoren

Meist kommen Luftkondensatoren in der Form von **Drehkos** in HF-Kreisen vor. Ursprünglich weisen Drehkos kreisrunde Platten auf. Ab 1925 wählt man mehr und mehr, später ausschliesslich den **Frequenzschnitt**, ein nierenförmiges Profil. Dieses ermöglicht eine quasi-logarithmische Kapazitätsänderung und somit eine gleichmässige Verteilung der Sendernamen auf der Empfängerskala. Um den Gleichlauf auf der ganzen Skala zu erreichen, teilt man die äusseren Platten des Rotors ab 1927 in biegbare Sektoren auf.

Die Isolation der mechanischen Halterung zwischen **Stator** und **Rotor** spielt eine wichtige Rolle. Hochwertige Isolationsmaterialien sind **Calit** und **Frequenta**, keramische, porzellanähnliche Stoffe mit ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften.

Elektrolytkondensatoren (kurz Elko)

Kondensatoren mit einer Oxydschicht als Dielektrikum können grosse Kapazitäten auf kleinem Raum erreichen. Diese Kondensatoren kommen in Siebketten des Netzteils und im NF-Teil zur Überbrückung des Kathodenwiderstandes vor.

Die **Polarität** der Elkos ist wichtig. Eine Verwechslung der Anschlüsse führt zur Zerstörung des Elkos. Für Elektrolytkondensatoren gilt darum ein spezielles Schaltzeichen.

Man unterscheidet zwischen Nass- und Trockenelkos. Die Elkos besitzen eine Aluminiumelektrode mit Oxydschicht als Dielektrikum. Diese entsteht durch **Formierung**. Als Gegenpol dienen u.a. Boraxlösungen. Statt Wasser als Lösungsmittel kann z.B. Glycerin dienen; es entstehen Halbtrocken- oder **Trocknelkos**.

Wegen Alterungserscheinungen verlieren Elkos einen Teil ihrer Kapazität. **Nasskondensatoren** sind in senkrechter Lage zu verwenden.

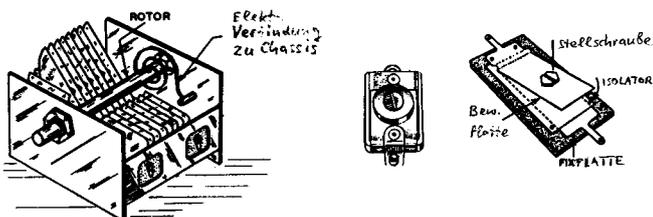
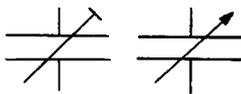


Bild 691 Schaltzeichen und Abbildungen von Drehkondensator und Trimmer

Allgemeine Bemerkungen: Beim nassen Elko führen Durchschläge nicht unbedingt zur Zerstörung, da sich sofort wieder eine isolierende Schicht bildet. Die meisten anderen Kondensatoren sind nach Durchschlägen defekt. Die **Arbeitsspannung** ist aufgedruckt; dazu kommt bei Trockenelkos oft die Angabe einer **Spitzenspannung** als Maximum der Belastbarkeit bzw. der **Durchschlagsfestigkeit**. Höchstbelastungen treten besonders im Moment des Einschaltens eines Apparates auf (siehe im Kapitel über die Reparatur).

Elkos als Überbrückungsblocks von Gleichstrom-Netzanschlussgeräten sind so konstruiert, dass zwei Kondensatoren in Serie mit den beiden positiven Elektroden in der Mitte zusammenliegen. Für diese spielt die Polarität für Wechsel- oder Gleichspannungen keine Rolle, da in jeder Richtung einer der beiden Kondensatoren seine Sperrichtung hat. Auch **Entstör-Elkos** baut man so auf.

Die **Vergussmassen** - besonders für Rollblocks - besitzen meist sehr niedrige Schmelztemperaturen. Darum ist vorsichtig zu löten [123].

Der gleichstromabhängige Verlust (**power-factor**) kann sich - speziell bei Elkos - mit zunehmendem Alter derart erhöhen, dass der Kondensator zu ersetzen ist; er beginnt Strom durchzulassen. Ein guter Elko verliert als **Leckstrom** 0,065 mA pro Mikrofarad.

Spule, Transformator und Filter

Eine Spule besteht aus Windungen eines Drahtes. Die Anzahl Windungen kann zwischen einer und vielen Tausend liegen. Ordnet man zwei Spulen so an, dass sie sich durch ihre Magnetfelder gegenseitig beeinflussen, entsteht ein Transformator. Die Wirkung bzw. **Induktivität** (L) der Spule bedeutet den Grad des Vermögens, beim Durchfluss von Wechselstrom ein wechselndes elektromagnetisches Feld zu erzeugen und auf sich selbst zurückwirken zu lassen (**Selbstinduktion**). Mit zunehmender Frequenz eines die Spule durchfliessenden Wechselstroms nimmt der Widerstand der Induktivität zu. Die Formel für die Induktivität in Henry (H) lautet: $X_L = \text{Kreisfrequenz} \times L$ (**Kreisfrequenz** = $2 \times 3,14 \times f$, also wieder zwei mal \ddot{O} mal Frequenz wie beim C)

Als Grobwert beträgt der **Scheinwiderstand** am Wechselstromnetz von 50 Hz folgende Werte:

L	X_L (50 Hz)	Strom bei 4 V Wechselstrom
0,01 H (10 mH)	3,14 Ohm	1273 mA
0,02	6,28	637
0,1	31,4	127
1	314	13
5	1570	2,5
20	6280	0,63
100	31400	0,12

Im Gegensatz zum Widerstand verursacht die Spule eine **Phasenverschiebung**, jedoch umgekehrt als der Kondensator. Eine ideale Spule verursacht 90 Grad Phasenverschiebung, wobei im Maximum der Spannung der aufsteigende Nulldurchgang des Stroms stattfindet. Spulen erreichen in der Praxis diesen idealen Winkel viel weniger als Kondensatoren. Beim Zusammenbrechen des Magnetfeldes gibt die Spule einen Strom ab. Die Induktivität L erhöht sich im Quadrat der

Windungszahl. Spulen in Reihenschaltung addieren den Wert. Parallele Spulen sind sinngemäss wie Kondensatoren in Reihe zu rechnen.

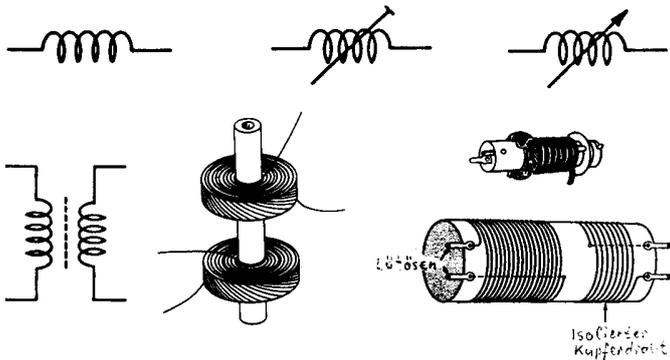


Bild «Z1» Schaltzeichen Spule, abgleichbare Spule, Trafo (Übertrager)

Die Einheit der Selbstinduktion bildet das Henry (H). In der Praxis rechnet man meist mit Milli-Henry (mH) oder Mikro-Henry (μH), wobei die alte Masseinheit «cm» ein tausendstel μH bzw. ein nH bedeutet.

Spule

Die Induktivität (L) hängt von der **Windungszahl** (w) der Spule, der **Länge der Wicklung** (l), dem **Durchmesser** der Windungen (d), dem **Formfaktor** der Spule (K) und der **Permeabilität** (μ) eines eventuell vorhandenen Kerns ab. Es gibt Tabellen und Nomogramme zur Berechnung der Induktivität. Der Nachbau von Spulen kommt selten in Frage, darum folgen hier keine Formeln zur Berechnung von Spulen. Wichtig ist zu wissen, dass je nach Spulenform eine grössere oder kleinere Eigenkapazität auftritt. Die Spule wirkt bei ihrer Eigenresonanz als Parallelschwingkreis. Grosse **Eigenkapazität** entsteht, wenn Windungen mit hohen Spannungsdifferenzen nahe beieinander liegen und sich wie Platten eines Kondensators verhalten. Eine Zylinderspule mit zwei Lagen - eine Lage hin-, eine zurückgewickelt - hat bei einer Selbstinduktion von 0,244 mH eine Eigenkapazität von ca. 160 pF. Sie schwingt bei einer Wellenlänge von gegen 400 m, während die gleiche Spule in Honigwabenausführung 0,218 mH und 37 pF aufweist und etwa bei 170 m in Resonanz ist.

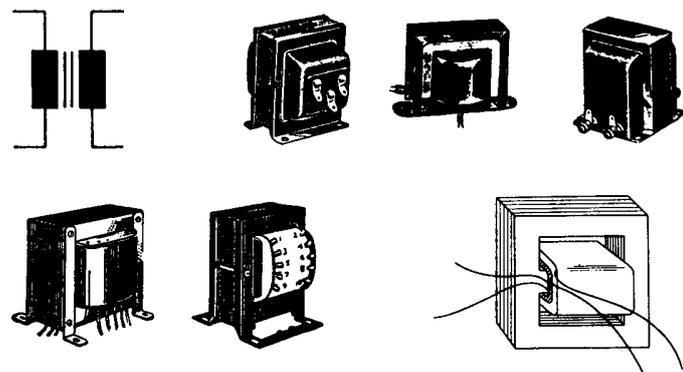


Bild «Z1» Spulen und Trafos (Übertrager)

Mit **HF-Litze** und **HF-Kern** lässt sich eine wesentliche Qualitätsverbesserung der HF-Spule erreichen. HF-Litzen bestehen aus einer grossen Zahl feinsten, untereinander isolierter Drähte. Beim Lötten von Spulen hat jeder der sehr dünnen Drähte elektrisch verbunden zu sein. Andernfalls entstehen grosse Verluste. Zum **Abisolieren** können Sie die Enden mit einem Streichholz oder Feuerzeug bis zur Rotglut erhitzen und sofort in Spiritus tauchen. Moderne HF-Litzen lassen sich allerdings ohne vorheriges Abisolieren verlöten. Für Frequenzen im Bereich der Kurzwellen oder UKW ist ein dicker, wenn möglich versilberter Draht der HF-Litze vorzuziehen, denn HF-Litze ist für diese Frequenzen ungeeignet. Auch die Isolierung oder «Verklebung» von Spulen mit Schellack eignet sich wegen dem beträchtlichen dielektrischen Verlust - trotz guter Isolationswirkung - nicht [106]. Übrigens beträgt die Eindringtiefe des Stromes im Draht bei KW wegen den auftretenden Wirbelströmen nur noch 0,0042 (bei 6 m Wellenlänge) bis 0,01 mm (bei ca. 45 m Wellenlänge) [169]. Schon zu Beginn des Funkwesens gibt es einige typische **Spulenformen** mit treffenden Namen. Die einfache Luft-, Zylinder- (bzw. Schiebe-) und Spinnwebsspule (siehe unter Detektor), die Flach-, Honigwabens- und die Korbbodenspule bilden die wichtigsten Vertreter früherer Spulenformen. Die drei letzten Spulen sind meist steckbar ausgeführt und einander ähnlich. **Ledionspulen** weisen wesentlich weniger Dämpfung auf als Honigwabenspulen (Prospekt Dr. Georg **Seibt**), denn durch Auslassen von jeweils zwei Stiften beim Wicklen erreicht man einen «luftigeren» Aufbau. Bei der **Korbbodenspule** sieht man honigwabentartige Verflechtungen auf dem Umfang, während die Spulenseiten eine korbbodenähnliche Fläche aufweisen. **Spinnwebspulen** zeigen ebenfalls eine solche Fläche und gelten darum gerne auch als Korb- oder Korbbodenspulen. Bei der **Honigwabenspule** zeigen sich die Verhältnisse der Korbbodenspule gegenüber umgekehrt. **Flachspulen** sind ohne Luftkammern, also einfach, jedoch mehrlagig gewickelt. **Spulenkoppler** dienen zum gegenseitigen Annähern von zwei oder drei Schwingkreisen; **Variometer** führen zur Veränderung der Induktion in der Spule selbst. Variometer sind elektrisch eine, mechanisch aber mehrere Spulen; Zylinder- oder Kugelvariometer kommen vor. Die einfachste Form der Induktionsveränderung erfolgt mit einer **Schiebespule** oder einer Spule mit verschiedenen Anschlüssen, was oft auch als Variometer bezeichnet ist. Seltene, aufwendige Geräte weisen eine konische Schiebespule auf; eine lineare Aufteilung der Frequenzen resultiert daraus. Über Variometer und Dimensionierung von einfachen Spulen gibt es im Text über Detektorgeräte weitere Hinweise. Bei Spulenkopplern handelt es sich um zwei oder drei getrennte Spulen, die gegeneinander zu verändern sind. Wichtig ist, dass Koppelspulen den richtigen Wicklungssinn aufweisen, da auch das Umdrehen einer Spule im Stecker nichts nützt, wenn die Lötstellen der Sockel vertauscht wurden.

Transformator

Der Transformator besteht aus einer Primär- und einer Sekundärwicklung. Bei Wechselstrom- oder NF-Trafos realisiert man mit einem beide Spulen umfassenden **Eisenkern** eine enge Kopplung. **HF-Trafos** sind entweder kernlos oder enthalten einen stabförmigen, meist mit Gewinde versehenen **Ferritkern**. Der HF-Trafo dient z.B. zur induktiven Ankopplung von HF-Stufen. Dabei spielt der **Kopplungsgrad** (k) eine grosse Rolle. Er ist frequenzabhängig und wächst bei grösserer Frequenz. Zunehmender Abstand verringert die Kopplung und vergrössert die Streuverluste. Kritische Kopplung besteht bei einer Streuung von 50 %. **Autotransformator** heisst der Trafo, bei dem Primär- und Sekundärwicklung nicht getrennt sind. Es besteht keine «galvanische Trennung». Ein solcher Trafo trennt das Netz nicht von den durch ihn erzielten Spannungen.

Hoch- und Tiefpass

Niedrige oder hohe Frequenzen lassen sich mit einer Kombination von Kondensator mit Spule (LC) oder Widerstand (RC) sperren oder fördern. Der **Tiefpass** lässt tiefe Frequenzen passieren und sperrt die hohen. Er besteht aus Spule (LC) oder Widerstand (RC) im Leiter (in Serie), gefolgt von einem parallelen Kondensator (zwischen den Leitern oder zwischen Leiter und Erde).

Mit dem Verständnis der Funktion von Spule (L setzt hohen Frequenzen hohen Widerstand entgegen) und Kondensator (schliesst die hohen Frequenzen zusätzlich kurz) ist auch die Wirkungsweise dieser Anordnung leicht begreifbar.

Beim **Hochpass** sind die Bauteile vertauscht angeordnet. Die Frequenz, bei der ein «Pass» vom Durchlassen zum Sperren übergeht (nach der Formel $1/(R \times C)$ bei RC-Pässen) heisst **Sperrfrequenz**.

Filter aus Schwingkreis

Ein Parallelkreis in Serie bzw. im Signalweg selbst, dient als **Sperrkreis**. Mit diesem hat man früher häufig den Lokalsender ausgeblendet, um frequenznahe, schwächere Stationen zu empfangen. Der **Saugkreis** schliesst eine unerwünschte Frequenz nach Masse kurz. Er besteht aus einem Serienresonanzkreis zwischen Signalweg und Masse. Mit dem Saugkreis vermindert man ebenfalls die hohe Eingangsspannung des Ortssenders oder reduziert die Passage der Zwischenfrequenz zum Empfängereingang.

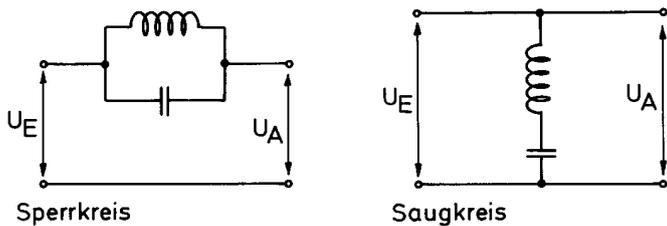


Bild «Z1» T49 [144-44]
Sperr- und Saugkreis als Sperrfilter.

Ein einzelner Parallelkreis zwischen Signalweg und Masse ist für die gewünschte Frequenz hochohmig und leitet höhere und niedrigere Frequenzen nach Masse ab. Diese Anordnung heisst **Einzelkreis**. Als **Leitkreis** gilt der Serienresonanzkreis im Signalweg. Er lässt die erwünschte Frequenz durch und sperrt andere Frequenzen. Beide Anordnungen heissen Durchlassfilter.

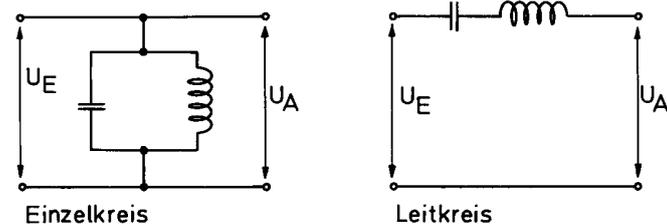


Bild «Z1» T50 [144-44]
Einzel- und Leitkreis als Durchlassfilter.

Durchlassfilter vereinigt man zu einem besonders selektiven Bandpassfilter. Dieser lässt einen Frequenzbereich um die Resonanzfrequenz seiner Schwingkreise passieren und schwächt alle anderen Frequenzen stark ab.

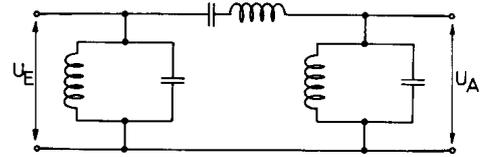


Bild «Z1» T51 [144-45]
Bandpassfilter

Zwei Einzelkreise zusammengekoppelt ergeben das in Empfängern viel verwendete **Bandfilter**, auch **Bandpass** genannt. Es ist ein Selektionsglied für einen vorgegebenen Frequenzdurchlassbereich.

Bandfilter

Normalerweise besteht das Filter aus einer Kombination von zwei LC-Resonanzkreisen (Schwingkreise, wie behandelt - auch RC-Kreise möglich), die in ihrer Resonanzfrequenz versetzt oder überkritisch verkoppelt sind. Die wichtigsten Filter-Parameter heissen **Bandbreite**, **Mittelfrequenz**, **Durchlassdämpfung** und **Flankensteilheit**. Als Bandbreite gilt der Durchlassbereich bei Scheitelwert der Kurve $\times 0,7$.

Die Schwingkreise schaltet man entweder induktiv, kapazitiv oder galvanisch zusammen.

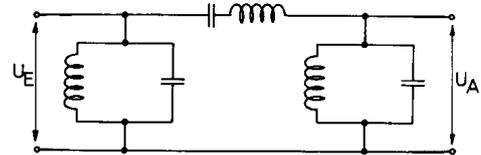


Bild «Z1» T52 [144-45]
Verbindung von Schwingkreisen zu Bandfiltern:
induktive Kopplung, wie bei ZF-Filtern üblich

Sind beide Schwingkreise in einem Bandfilter auf die gleiche Frequenz abgestimmt, entzieht der Sekundärkreis dem ersten Energie und wirkt somit dämpfend. Damit besitzt die resultierende Resonanzkurve des Filters eine grössere Bandbreite als die eines Schwingkreises.

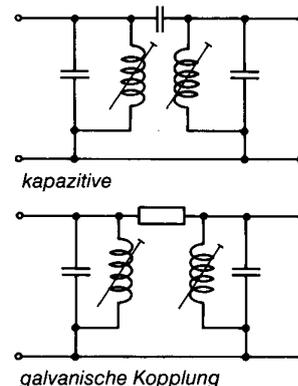


Bild «Z1» T53 [144-45]
Kapazitive und galvanische Kopplung von Schwingkreisen

Hat ein Schwingkreis eine hohe **Güte**, ist er sehr trennscharf. Seine Resonanzkurve zeigt steile Flanken und eine zugespitzte Form. Dadurch kann es beim Radio zum Abschneiden der hohen Töne kommen, denn der Kreis hat die Tendenz, nur eine bestimmte Frequenz gut darzustellen. Durch grössere Dämpfung flacht die (konische Form der) Resonanzkurve ab; die Trennschärfe verringert sich, d.h. der Kreis hat eine «kleine Güte».

Das Bandfilter, wie es z.B. bei den ZF-Stufen vorkommt, erzielt Resonanzkurven, die eine nahezu rechteckige Form aufweisen. Damit wirken sie sehr selektiv und lassen zugleich das gesamte Spektrum der Modulation passieren. Durch den Grad der Kopplung verändert sich die Form der **Durchlasskurve** bzw. **Resonanzkurve**. Filter mit drei Kreisen kommen gelegentlich zum Einsatz, besonders für ZF-Stufen mit variabler Bandbreite.

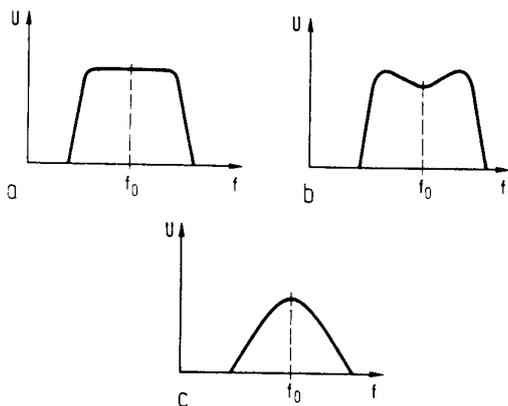


Bild «Z1» T54
Vergleich der Resonanzkurven
a) kritische, b) überkritische,
c) unterkritische Kopplung

Ein besonders steilflankiges Filter stellt der **Quarz-** oder **Keramikfilter** dar. **Aktive Filter** mit Operationsverstärkern (Chips) sind heute das «non plus ultra» für Sprachfrequenzen.

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»
(Ernst Erb)

Wir haben die Seitennummerierung so eingesetzt, dass sie dem Buch entspricht. Damit können sich Leerstellen (zu Beginn oder am Ende) ergeben.

Sie sind eingeladen, Fehler in diesem Buch zu melden oder den fachartikeln Zusätze in Ihrem Namen anzufügen. Dazu können wir Ihnen die Schreibrechte einstellen. Fehlerkorrekturen möchten wir in einem günstigen Arbeitsbuch mit einfließen lassen, sobald die jetzige Form (3.Auflage) ausverkauft ist. Zusatzartikel verbleiben aber hier, da wir die Seiteneinteilung grundsätzlich auch im neuen Buch einhalten wollen.

Benutzen Sie das Feldstecher-Symbol, um Suchbegriffe sofort zu finden.

Kritiken über das Buch finden Sie über www.amazon.de. Bestellen können Sie es direkt bei der Verlagsauslieferung, die täglich per Post gegen Rechnung Bücher ausliefert: HEROLD-Oberhaching@t-online.de oder HEROLD@heroldva.de. Da ist auch der Radiokatalog Band 1 zu haben.

Copyright Ernst Erb

www.radiomuseum.org