

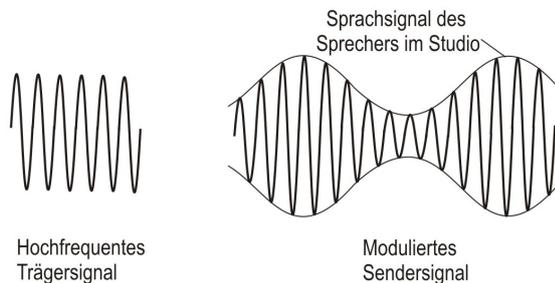
# Kurzwellen-Audion

Ein einfacher, aber wirkungsvoller Kurzwellenempfänger, mit dem man auf internationale Senderjagd gehen und sich die ersten Sporen im BC-DX (Rundfunkfernempfang) verdienen kann. Interessant ist, dass man zum Empfang keine spezielle Antenne benötigt. Allein die hochwertige Spule genügt, um eine Vielzahl von Sendern im Bereich von 49 m bis 16 m zu empfangen. Sie ermöglicht außerdem das Auspeilen von störenden Stationen- und mit etwas Fingerspitzengefühl können sogar Amateurfunkstationen empfangen werden.

**Hinweis:** Dieses Projekt ist für Anfänger nur bedingt geeignet. Elektronikeinsteiger sollten zuerst die Hinweise ab Seite 3 lesen. Es ist sehr hilfreich, wenn ein erfahrener Amateur beim Aufbau dabei ist.

## Das Prinzip der Radioübertragung auf Kurzwelle

Nehmen wir an, ein Sprecher sitzt in seinem Studio und spricht Nachrichten in ein Mikrofon. Dieses wandelt den Schalldruck (Sprache) in elektrische niederfrequente Schwingungen um, so dass man sie verstärken und über Leitungen zum Sender schicken kann. Der Sender hat zwei Aufgaben: Zum einen muss er ein hochfrequentes Signal in einem bestimmten Wellenbereich (Kurzwelle, Mittelwelle u. a.) erzeugen, das nach größerer Verstärkung über eine Sendeantenne als elektromagnetische Welle abgestrahlt wird. Zum anderen besteht die Aufgabe darin, das niederfrequente Signal (NF) des Studiosprechers so aufzubereiten, dass es dem hochfrequenten Sendesignal (HF) aufgeprägt wird, damit es gleichzeitig übertragen werden kann. Dieses Aufprägen nennt man Modulation. Dabei wird das technisch so realisiert, dass die



Hochfrequenz im Takt der NF schwingt (Bild 2). Die Größe der abgestrahlten Hochfrequenz (Amplitude) ändert sich dabei ständig mit der Lautstärke des Sprechers. Dieses Verfahren heißt Amplitudenmodulation und wird im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich angewendet. Auf der Empfängerseite muss die Hochfrequenz von der Niederfrequenz wieder getrennt werden, damit man die Sprache verstärken und über einen Lautsprecher oder Kopfhörer wiedergeben kann. Diese Methode bezeichnet man als Demodulation. Im einfachsten Fall kann man mit einem Schwingkreis die elektromagnetischen Wellen auf einer bestimmten Frequenz aufnehmen und dann mit einer Gleichrichterdiode die Demodulation durchführen. Sie trennt die Hoch- und Niederfrequenz, so dass man als Endergebnis die Sprache wieder hören kann.

## Bild2: Prinzip der Modulation

tischen Wellen auf einer bestimmten Frequenz aufnehmen und dann mit einer Gleichrichterdiode die Demodulation durchführen. Sie trennt die Hoch- und Niederfrequenz, so dass man als Endergebnis die Sprache wieder hören kann.

## Wirkungsweise der Schaltung

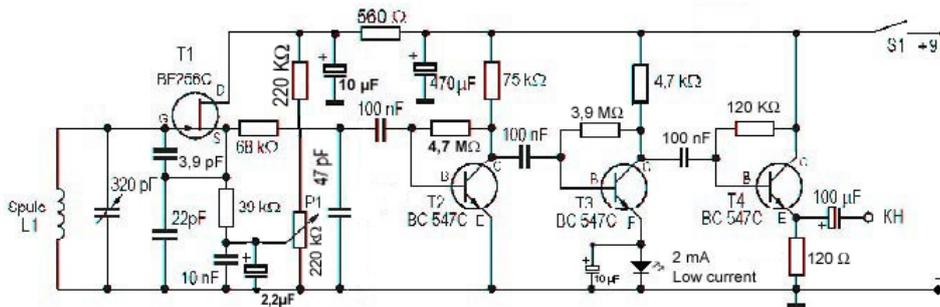
Schauen wir uns die Schaltung im Bild 3 an. Der abstimmbare Schwingkreis besteht aus der Spule L1 und dem Drehkondensator. Dieser nimmt elektromagnetische Wellen mit einer bestimmten Frequenz auf, d. h., je nach eingestelltem Kapazitätswert des Drehkondensators ist der Schwingkreis auf einer festen Frequenz in Resonanz. In unserem Fall überstreicht er den Bereich von etwa 5 MHz bis 22 MHz. Die Demodulation übernimmt der Feldeffekttransistor T1, der als Colpitts-Oszillator (Schwingungserzeuger) geschaltet ist. Man spricht hier von einer Rückkopplungs-Audionschaltung, da er an der Schwingungsgrenze arbeitet. Dadurch kann der Schwingkreis entdämpft und eine hohe Güte erreicht werden, was die Empfindlichkeit der Empfangsstufe sehr erhöht und die Bandbreite verringert (gute Trennung der Nachbarsender).

Mit Hilfe des Potentiometers P1 kann der Punkt gewählt werden, an dem die Stufe gerade noch nicht schwingt, also der Empfänger am wirkungsvollsten funktioniert. Vorteil des Feldeffekttransistors dabei ist, dass er durch entsprechende Schaltungsmaßnahmen (Drainstrom unter 100  $\mu$ A) im Kennlinienknick arbeiten und er einen negativen Widerstand erzeugen kann. Das wird einmal durch die Einstellung mit P1 und durch den kapazitiven Spannungsteiler 3.9 pF und 22 pF erreicht.



Bild 1: Ansicht des KW-Audions

**Bild 3: Stromlaufplan des Kurzwellen-Audions**



Die bipolaren Transistoren T2 bis T4 verstärken das im Millivoltbereich anliegende niederfrequente Signal am Ausgang des Audions auf Kopfhörerlautstärke. In unserem Fall benutzen wir einen simplen preiswerten Stereo-Kopfhörer, dessen Eingänge in Reihe geschaltet sind. Das hat den Vorteil, dass die Impedanz auf 64  $\Omega$  erhöht und der NF-Pegel angehoben wird. Eine Stellmöglichkeit der Lautstärke kann man sich sparen, da sehr stark einfallende Sender einmal durch Drehung des Geräts und zum anderen durch das Entdämpfungs-potentiometer im Pegel gesenkt werden können. Die Stromversorgung übernimmt eine 9-V-Blockbatterie, mit der man bei einem durchschnittlichen Gesamtstrom von 10 mA eine ganze Weile empfangen kann.

### Diese Bauteile benötigst Du:

- 1 Widerstand 120  $\Omega$ , 1 Widerstand 560  $\Omega$ ,
- 1 Widerstand 4,7 k $\Omega$ , 1 Widerstand 39 k $\Omega$ ,
- 1 Widerstand 120 k $\Omega$ , 1 Widerstand 68 k $\Omega$ ,
- 1 Widerstand 75 k $\Omega$ , 1 Widerstand 220 k $\Omega$ ,
- 1 Widerstand 4,7 M $\Omega$ , 1 Widerstand 3,9 M $\Omega$
- 1 Stück Potentiometer 220 k $\Omega$ ,
- 1 Kondensator 3,9 pF, 1 Kondensator 22 pF,
- 1 Kondensator 47 pF, 1 Kondensator 10 nF,
- 3 Kondensatoren 100 nF, 1 Elektrolytkondensator 10  $\mu$ F,
- 1 Elektrolytkondensator 2,2  $\mu$ F, 1 Elektrolytkondensator 100  $\mu$ F, 1 Elektrolytkondensator 470  $\mu$ F,
- 1 Stück Drehkondensator etwa 320 pF,
- 3 Transistoren BC 547 C, 1 Feldeffekttransistor (FET) BF 256 C,
- 1 LED Low current 2mA
- 1 Stück Miniaturschalter, 1 Stück Stereo-Klinkenbuchse 3,5 mm,
- 1 Stereokopfhörer (Walkman o. ä.), 1 Stück Batterieclip,
- 1 Stück Blockbatterie 9 V, 2 Stück passende Drehknöpfe

### Baumaterial:

- Etwas 140 cm langen Elektroinstallationsdraht NY1,5 mm Durchmesser ö. ä.
- ca. 40 Stück Reißzwecken, 0,5 mm dicken Schaltdraht, isolierter Litzendraht,
- 2 X Holzbrett etwa 210 mm x 100 mm, 8 mm dick,
- Senkkopfschrauben 2 mm und 3 mm,
- Kabelschelle für die Batteriehalterung,
- 1 doppelte Lüsterklemme
- Lötzinn und eventuell etwas Kolophonium

### Werkzeug:

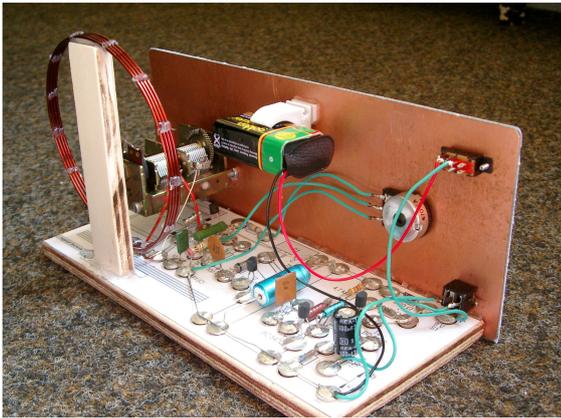
- Kleine Säge für das Brett, Frontplatte und die Leiste, kleiner Hammer, Reißnadel und Lineal, Lötcolben, Seitenschneider, Flachzange, Heißklebepistole und Klebesticks, Schere, Bohrmaschine und Bohrer 3 mm, 6 mm und 10 mm, verschiedene Schraubendreher, Lackkratzer, kleine Feilen

### Die einzelnen Arbeitsschritte

Der Aufbau erfolgt auf einem etwa 8 mm dicken Holzbrett mit den Maßen 210 mm x 100 mm. Wir kopieren die Vorlage im Anhang und kleben sie auf das Brett. Anschließend sind die Reißzwecken in die entsprechend markierten Kreise einzudrücken und mit einem kleinen Hammer einzuschlagen. Nun können wir alle nach und nach verzinnen.

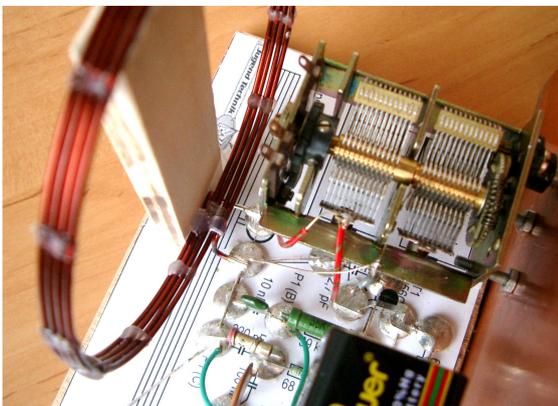
Dann kommen alle Leitungsverbindungen an die Reihe, die als schwarze Linien auf der Bestückungszeichnung gekennzeichnet sind. Dazu benutzen wir blanken Schaltdraht, der laut Plan auf die entsprechenden





**Bild 5: Ansicht von hinten**

und die Kopfhörerbuchse angeschlossen werden. Letztere verbinden wir mit zwei etwa 10 cm langen Litzendrähten so, dass die Stereokapseln der Hörers in Reihe geschaltet sind (beide äußere Anschlüsse der Buchse benutzen). Ist alles sauber aufgebaut, kann man den Hörer und die Batterie anklemmen. Berührt man die Basis vom Transistor T2 mit dem Finger, so muss (hoffentlich) ein lautes Brummen zu hören sein, ein sicheres Zeichen dafür, dass der Verstärker funktioniert.



**Bild 6: Detailansicht des Schwingkreises**

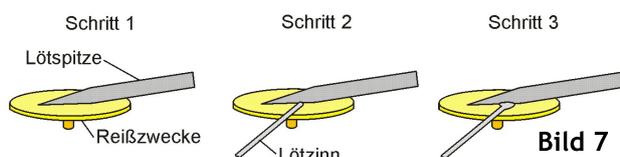
Anschlüsse angelötet sind, wird die Lüsterklemme auf dem Brett festgeschraubt.

Für die Frontplatte benutzen wir das 2. Brettchen mit den Maßen 210X100X8 mm. Für die LED ist ein 3mm Loch in die Frontplatte zu bohren, oder man läßt die LED zwischen Emitter T3 und Masse auf der Grundplatte. Anschließend sind die Löcher entsprechend dem ersten Bild im Anhang zur bohren. Der Achsendurchmesser des Drehkondensators richtet sich natürlich nach dem vorhandenen Typ. Anschließend montieren wir die einzelnen Bauteile auf die Frontplatte und kleben sie möglichst senkrecht und mittig an die Grundplatte. Nun müssen nur noch die Verbindungen zu den Bedienelementen verlötet sowie der Batteriehalter angeklebt werden - einer richtigen Funktionsprüfung steht jetzt nichts mehr im Weg. Funktioniert der Empfänger, kann man die Frontplatte kopieren und aufkleben. Eine selbstklebende durchsichtige Folie schützt zum Schluß das Bild vor Schmutz.

Die Bedienung des Audions bekommt man leicht in den Griff. Die ersten Erfolgserlebnisse stellen sich ein, wenn man behutsam mit der Rückkopplung umgeht und weiss, wie sie kurz vor dem Schwingungseinsatz reagiert.

## Hinweise für Neueinsteiger

### Vom richtigen Löten



**Bild 7**

Ader aus Kolophonium, das als Flussmittel dient und das Zinn besser mit den Metallen verbindet.

Kein Meister ist bisher vom Himmel gefallen, nur mit ein wenig Übung kann man gute Lötverbindungen

Reißzwecken aufgelötet wird. Manche Linien bilden eine Reihe, so dass man den Draht in voller Länge auflöten kann. Sie sind auf der Zeichnung nur unterbrochen, um die Markierungen für die Reißzwecken nicht zu verdecken.

Haben wir alle Drähte sauber aufgelötet, sollte alles auf korrekte Verdrahtung kontrolliert werden. Ist alles in Ordnung, kommen die Widerstände an die Reihe, dann die Kondensatoren und schließlich die Elkos (Elektrolytkondensatoren, hier auf richtige Polung achten!).

Geschickter Weise löten wir nun die Transistoren T2 bis T4 in richtiger Lage (Halbkreis beachten) ein, da zuerst ein kleiner Funktionstest des NF-Verstärkers erfolgen sollte. Dazu muss nur noch der Batterieclip (Pluspol rot)

Jetzt können wir noch den Feldeffekttransistor T1 einlöten. Das sollte sehr vorsichtig geschehen, da der Gate-Anschluss gegenüber statischen Aufladungen empfindlich ist. Am besten alle Beinchen erst mit einer der Reißzwecken berühren, dann vorsichtig biegen und möglichst zügig einlöten.

Für die Luftspule benötigen wir eine Rolle o. ä. mit einem Durchmesser von etwa 130 mm (Wickelkörper runde CD-Box und z. B. breite Klebestreifen). Darauf werden drei Windungen unseres dicken Drahts aufgewickelt und mit einigen Klebestreifen fixiert. Bild 6 zeigt, wie die Anschlussbeine in etwa abgewinkelt werden müssen. Anschließend die Enden abisolieren, verzinnen und in der Lüsterklemme festschrauben. Nachdem beide

herstellen. Deshalb beginnen wir mit dem einfachen Verzinnen der Reißzwecken. Bild 7 verdeutlicht uns den Vorgang etwas besser: Am besten, man nimmt den LötKolben in die Hand wie einen Kugelschreiber. Die heiße Spitze des LötKolbens wird möglichst flach auf die Reißzwecke aufgelegt, um eine gute Wärmeübertragung zu ermöglichen (Schritt 1). Man wartet etwa drei bis vier Sekunden und berührt mit dem Lötzinn die Spitze so lange, bis es flüssig wird (Schritt 2). Nun wird so viel Zinn an die Stelle abgegeben, wie man für die gesamte Fläche benötigt (Schritt 3). Die Menge ist Gefühlssache, es reichen je nach Durchmesser des Zinns etwa 2 bis 3 Millimeter.

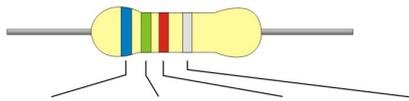
Nun verteilen wir das Zinn, indem die LötKolbenspitze unter leichtem Druck auf der Reißzwecke hin und her bewegt wird, bis die gesamte Oberfläche mit einer glänzend silbrigen Schicht überzogen ist. Damit ist das Verzinnen schon beendet. Mit der Zeit bekommt man auch das richtige Gefühl dafür.

Das anschließende Anlöten der Brücken (schwarze Linien zwischen den Reißzwecken) ist ebenfalls mit etwas Übung beherrschbar. Der verwendete Draht sollte möglichst gerade sein, um flach aufzuliegen. Achtung: Beim Löten wird auch der Draht heiß. Wir sollten in jedem Fall die Wärme mit einem geeigneten Werkzeug, z. B. einer kleinen Flachzange, ableiten. Mit ihr kann man dann den Draht so lange auf der Reißzwecke fixieren, bis er sich gut mit dem geschmolzenen Zinn verbunden hat. Beim Abkühlen der Lötstelle so lange nicht wackeln, bis das Zinn erstarrt ist! Anderenfalls kann es eine sogenannte kalte Lötstelle geben, die nicht glänzt und geringen Kontakt gibt.

Die Anschlüsse der Bauelemente biegt man sich vorher zurecht und kürzt sie entsprechend (z. B. bei den Widerständen). Die Positionen sind auf der Kopiervorlage gut zu erkennen. Wichtig: Dort, wo sich Leitungen kreuzen, dürfen sie sich nicht berühren, da sonst die Gefahr eines Kurzschlusses besteht. Eine Leitung muss mit einem Stück Isolierschlauch überzogen werden.

## Hinweise zu den wichtigsten Bauelementen

### Widerstände



Farbe	1. Ring Ziffer 1	2. Ring Ziffer 2	3. Ring Anzahl der Nullen (Multiplikator)	4. Ring Toleranz
schwarz	—	0	—	
braun	1	1	1	
rot	2	2	2	
orange	3	3	3	
gelb	4	4	4	
grün	5	5	5	
blau	6	6	6	
violett	7	7	7	
grau	8	8	8	
weiß	9	9	9	
silber				±10 %
gold				±5 %

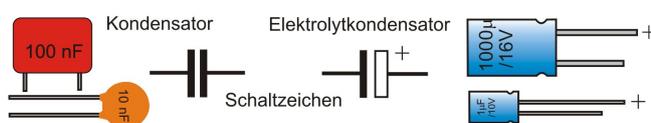
Widerstände leiten den Strom schlechter als normaler Draht. Sie haben die Aufgabe den Strom zu begrenzen, so dass über dem Widerstand eine bestimmte Spannung abfällt. Merke: Je höher der Widerstandswert, desto geringer ist bei gleicher Batteriespannung der Strom und um so höher die über dem Widerstand abfallende Spannung.

Die gebräuchlichen Typen bestehen aus einem Keramikrohr, auf dem eine Kohleschicht aufgedampft ist. Je nach Schichtdicke besitzen sie unterschiedliche Widerstandswerte, die international in Ohm ( $\Omega$ ) angegeben werden. Außer Ohm sind auch Werte in  $k\Omega$  (Kilohm) und  $M\Omega$  (Megaohm) üblich. Widerstände sind je nach Baugröße für verschieden starke Ströme bzw. Spannungen ausgelegt. Deshalb ist auch deren Leistungsangabe in W (Watt) entscheidend. In normalen Elektronikschaltungen sind kleine Typen zwischen 0,1 W und 0,25 W sehr gebräuchlich. Hochlastwiderstände ab etwa 4 W sind nicht mehr mit einer Kohleschicht versehen, sondern besitzen Wicklungen aus Widerstandsdraht.

**Bild 8: Farbcode bei Widerständen**

In der Regel besitzen Widerstände zwei axiale Anschlüsse. Es gibt Typen, bei denen die Werte als Zahlen aufgedruckt und direkt ablesbar ist. Anders bei denen, die mit einem sogenannten Farbcode gekennzeichnet sind. Bild 8 zeigt die entsprechende Tabelle. Die ersten beiden farbigen Ringe geben den Zahlenwert an, der dritte ist der Multiplikator (Anzahl der Nullen).

### Kondensatoren



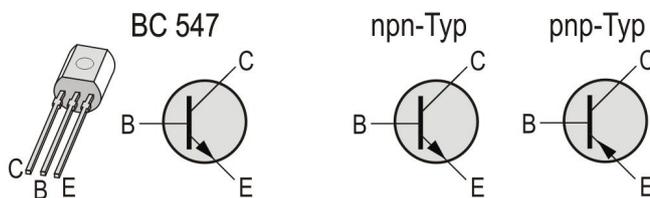
**Bild 9: Bauform und Schaltzeichen von Kondensatoren**

Das einfachste Bauelement dieser Gruppe besteht aus zwei gegenüber liegenden Metallplatten. Legt man an sie eine Gleichspannung an, so fließt kein Strom, sondern die Platten laden sich auf und wirken sozusagen als Speicher, die eine bestimmte Kapazität aufnehmen können. Je größer die Fläche der Platten, um so mehr Kapazität - die übrigens in Farad (F) angegeben wird - können sie speichern.

Wenn man die Spannung vom Kondensator trennt und die Platten mit einem Draht kurzschließt, entladen sie sich wieder. Bild 9 zeigt zwei unterschiedliche Bauformen: Links der normale Kondensator, rechts der Elektrolytkondensator, auch kurz als Elko bezeichnet. Dieser kann durch seine Aufbauweise wesentlich mehr Kapazität aufnehmen und speichern, da ein chemisches Substrat (Elektrolyt) integriert ist. Wichtig: Die Anschlüsse des Elkos sind gepolt, d. h., sie dürfen nicht vertauscht werden. Deshalb ist auch das Schaltzeichen anders. Die positive (Plus-)Seite besitzt ein weißes Feld, die negative ist schwarz. Da in der Praxis Kapazitäten in der Größe von Farad ganz selten vorkommen, werden die Bauelementwerte in  $\mu\text{F}$  (Mikrofarad), nF (Nanofarad) und pF (Pikofarad) angegeben. Außer der Kapazität ist auch die Spannungsfestigkeit von Bedeutung. Bei Elektrolytkondensatoren wird sie stets mit angegeben. Zum Beispiel bedeutet 100/16, dass das Bauteil eine Kapazität von 100  $\mu\text{F}$  besitzt und für eine maximale Spannung von 16V ausgelegt ist. Bei den gebräuchlichsten Keramik- oder Folienkondensatoren bis 63 V ist meist nur die Kapazität aufgedruckt.

Ein besonderer Typ ist der Drehkondensator. Hier greifen mechanisch zwei Metall-Plattenpaare ineinander ein, deren Winkel und Tiefe durch eine drehbare Achse geändert werden können. Dadurch erhält man je nach Stellung der Achse unterschiedliche Kapazitätswerte, die in unserem Fall zur Frequenzeinstellung genutzt werden. Drehkondensatoren für Lang-, Mittel- und Kurzwelle besitzen einen Bereich zwischen etwa 20 pF bis 500 pF.

### Transistoren



**Bild 10: Bauform und Anschlüsse bei BC 547 sowie Schaltzeichen von Transistoren**

Diese Bauelemente bilden sozusagen das Herzstück unserer Schaltung. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Transistortypen (siehe Schaltzeichen), die sich in der Polarität unterscheiden. Bedingt durch die Reihenfolge der internen Halbleiterschichten (nnp = negativ-positiv-negativ, pnp = positiv-negativ-positiv), fließen die Ströme in jeweils entgegengesetzter Richtung. Im Grunde ist das Funktionsprinzip von npn- bzw. pnp-Transistoren aber gleich.

toren aber gleich.

Sie besitzen in der Regel drei Anschlüsse, die als Basis (B), Emitter (E) und Kollektor (C) bezeichnet sind. Diese Bauelemente können entweder als Verstärker oder als Schalter arbeiten und werden als bipolare Transistoren bezeichnet. Werden in einer Schaltung zwei Transistoren von Typ npn und pnp eingesetzt, die bis auf ihr Aufbauschema (Polarität) sonst die gleichen Daten (Stromverstärkung u.s.w.) aufweisen, nennt man beide komplementär.

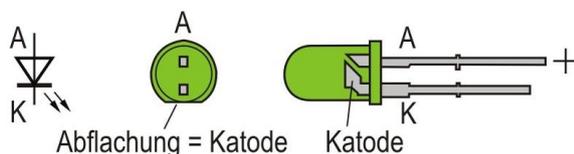
**Merke:** Beim pnp-Transistor zeigt der Stromrichtungspfeil des Emitters zur Basis, beim npn-Transistor zeigt er von der Basis weg. Die Transistoren und deren Anschlüsse dürfen nicht verwechselt werden, da sonst Zerstörungsgefahr besteht!

### Feldeffekttransistoren

Im Gegensatz zu bipolaren Transistoren benötigen FET's (Abkürzung) sehr wenig Strom bzw. Leistung zur Ansteuerung. Auch der Eingangswiderstand ist sehr hoch, so dass, wie in unserem Fall der Eingangsschwingkreis kaum bedämpft wird. Das hat den Vorteil, dass die hohe Güte erhalten bleibt. Feldeffekttransistoren werden oft da eingesetzt, wo sehr kleine Spannungen verstärkt werden sollen.

Die Bezeichnungen der Anschlüsse ist ebenfalls anders: Gate, Source und Drain.

### Lichtemitterdioden - LEDs

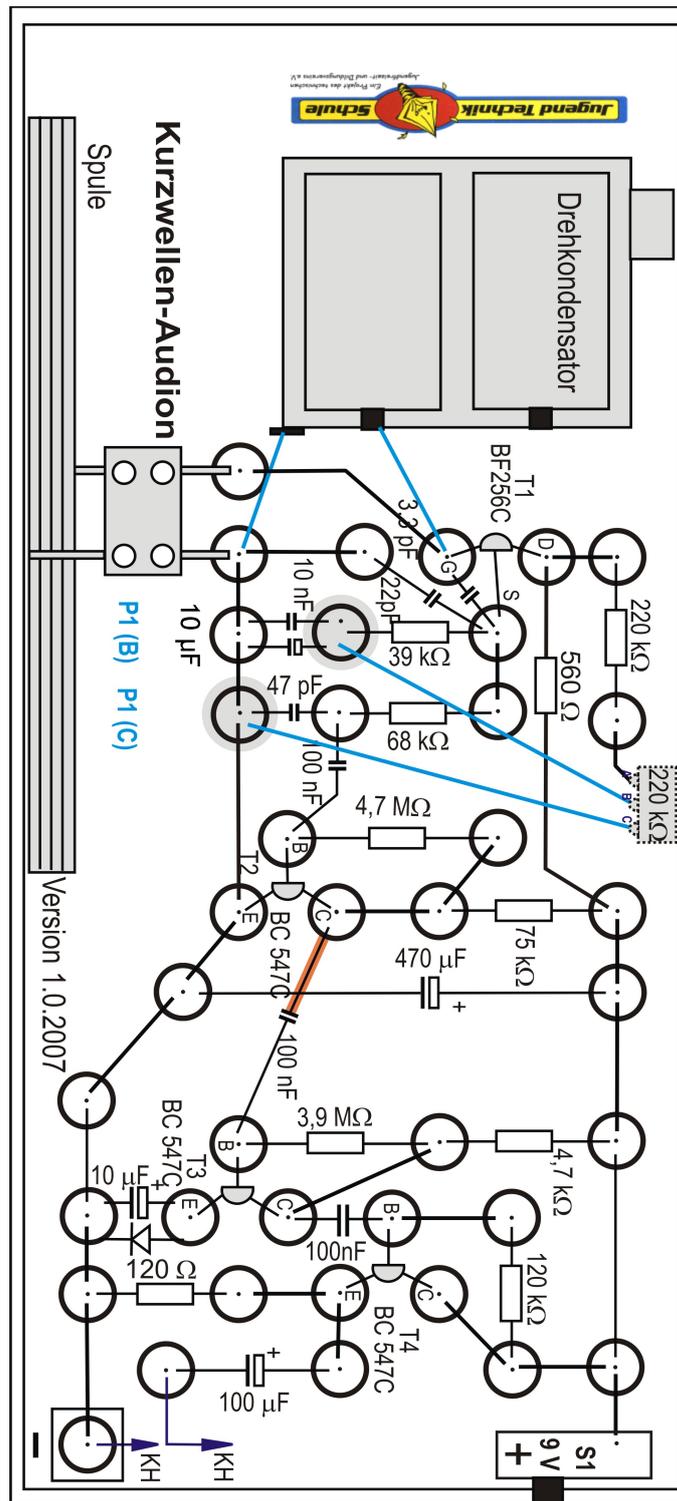


LEDs sind Dioden, bei denen das Licht durch Elektronenübergänge an Halbleitern zu Stande kommt. Geht ein Elektron von einem höheren in einen niedrigeren Energiezustand über, wird dabei Energie in Form von farbigem Licht frei. Ist das Halbleitermaterial ein Gemisch aus Galliumarsenid

und Galliumphosphid, wird rotes Licht ausgestrahlt. Ein mit Stickstoffatomen versetztes ("dotiertes") Galliumphosphid ergibt grünes Licht. Blaues Licht erhält man mit Silicium-Carbid.

Eine LED verhält sich im Stromkreis wie jede andere Diode, sie lässt den Strom nur in eine Richtung durch (Durchlassrichtung); anders herum sperrt sie (Sperrichtung). Das Schaltsymbol deutet die Richtung ziemlich eindeutig an. Die LED leuchtet, wenn in Durchlassrichtung Strom fließt. Deshalb auf richtige Polung achten! Da sie zum Betrieb nur eine Spannung zwischen 1,6 V und 3,5 V braucht, benötigt sie meist einen Vorschaltwiderstand, der den Strom begrenzt.

# Anhang: Frontplatte Bemaßung, Bestückungsplan und Frontplatte



# Kurzwellen-Audion



KH



Rückkopplung

