

## EXPERIMENTIER-PRAXIS FÜR ANFÄNGER

Wer nur wenig Kenntnis von Elektronik-Grundlagen hat, kann trotzdem experimentieren mit meinen Vorschlägen.

Wir beginnen gleich mit dem Bau eines Oszillators.

Kommerzielle **Schwingkreis-Oszillatoren** bestehen immer aus einem **Verstärker**, welcher **rückgekoppelt** wird.

Es geht aber noch viel einfacher mit einem Bauteil, welches schon um 1960 kurz erhältlich war: **die Tunneldiode** (ich nenne sie hier **abgekürzt TD**)

Weil nirgends eine TD gekauft werden kann, bauen wir eine TD selbst.

Dazu brauchen wir zwei JFET (**J**unction **F**ield **E**ffect **T**ransistor), einen **P-Typ** (J176) und einen **N-Typ** (BF256).

Wie die TD einen Schwingkreis zur Oszillation anregt ist vorerst schwierig zu erklären.

Ein **Schwingkreis** besteht immer aus einer **Induktivität** und einer **Kapazität**.

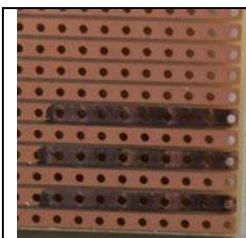
Die Induktivität ist meist ein isolierter Kupferdraht auf einen Ferrit (Eisenstaub) gewickelt, die Kapazität hingegen muss man sich als zwei Metallflächen vorstellen, welche durch Isolation getrennt sind. Damit diese nicht zu gross wird, werden zwei Alu-Folien aufgerollt (dazwischen z. B. Polyester-Folie).

Beim Schwingkreis sieht man nichts bewegen. Man kann sich die Funktion aber ähnlich vorstellen wie ein mechanisches Gewicht an einem Gummi oder Feder aufgehängt.

Wenn ich im richtigen Rhythmus (der **Resonanzfrequenz**) anstosse, liefert das Gewicht den grössten Ausschlag.

### Robuste Bauweise

- Wir löten die Kontakte auf Flächen, damit Prüfspitzen und Prüfklemmen an jedem Punkt möglich sind (kürzen die Drähte der Transistoren nicht)
- Ein Lay-out-Plan zeigt dem Anfänger, welche Punkte gelötet sind
- Artikel-Nummern helfen, Bauteile zu beschaffen
- Pro Modul nur eine Platte, damit es später auch für andere Zwecke verwendbar ist
- Zuletzt wird auch ein Schema geliefert, damit allmählich gelernt wird Fachliteratur zu verstehen



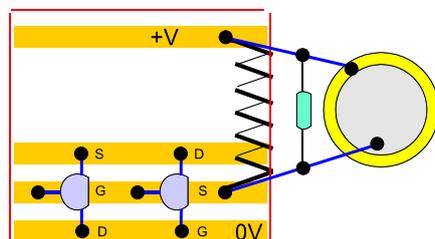
z. B. Artikel 530809 (Mit Laubsäge zuschneiden).

Es spielt keine Rolle, ob wir **Leiterbahnen** auf isolierende Platten aufkleben oder Laborplatinen verwenden.

Wenn die Leiterbahnen sehr eng aneinander liegen, bemalt man mit Vorteil jede zweite Bahn (einfach nicht benutzen, das reduziert Kurzschlüsse)

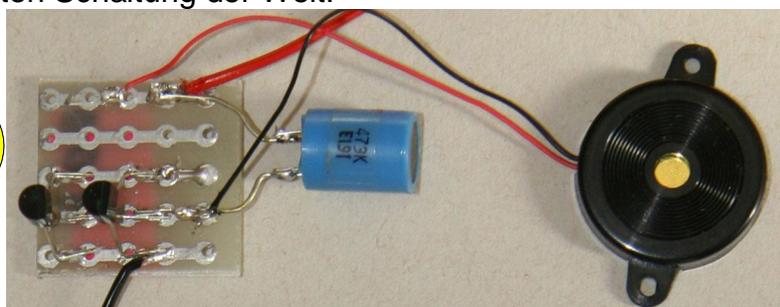
## EINFACHER GEHT ES NICHT MEHR

Wir beginnen mit der einfachsten Schaltung der Welt.



J176

BF256



Damit wir keine Messinstrumente kaufen müssen, funktioniert unser Oszillator im hörbaren Bereich.

Wir brauchen dazu z. B. bei Conrad zu kaufen:

- Eine Induktivität von 33'000 $\mu$ H Artikel 440287
- Piezo-Schallwandler Artikel 5951105
- Ein JFET (N-Typ) BF256c Artikel 157210
- Ein JFET (P-Typ) J176 Artikel 1264456
- Eine Laborplatine mit Leiterbahnen falls man nicht selbst ein Muster kleben will wie der Layout zeigt

#### **Vorteile dieser Schaltung:**

- Braucht so wenig Strom, dass alte Batterien genügen (rund 1-2mA)
- Tonhöhe resp. Frequenz kann tiefer gemacht werden, indem wie blau angedeutet noch eine Kapazität dazu gelötet wird oder mit einem Schalter

#### **Nachteil dieser Schaltung**

- Die Frequenz ist auch abhängig von der Batterie. Wird die Batterie-Spannung erhöht, so steigt auch die Frequenz.
- Wird die Spannung zu hoch gewählt, schwingt es nicht an oder reisst ab
- Die Kapazität darf nicht beliebig gross gewählt werden

Damit die Batterie oder Netzgerät nicht falsch verbunden wird, empfehle ich, einen **roten Draht zum Plus zu löten** und einen **schwarzen Draht zum Minuspol**.

**Wer Messgeräte besitzt**, der kann die Bauteile prüfen. Die Induktivität besitzt ca. 61 Ohm, der Piezo-Schallwandler hat selbst eine Kapazität von ca. 7600pF (anders ausgedrückt: 7.6nF).

**Wer sogar ein Frequenzmessgerät besitzt**, kann eine **Resonanz-Frequenz** von ca. 5.3kHz messen.

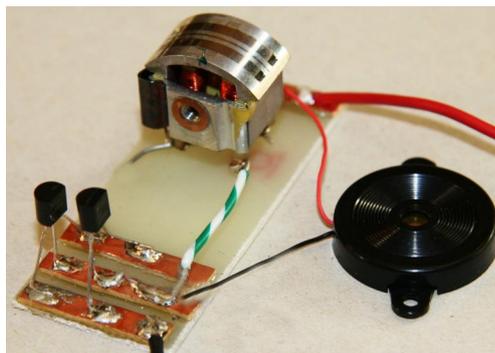
**Es sollte nicht höher als 5Volt als Batterie verwendet werden, da es sonst abreisst oder gar nicht anschwingt.**

Wird eine **kleinere Induktivität von 10'000  $\mu$ H** verwendet – mit Ohmmeter ca. 18 Ohm gemessen (Artikel 440142), so schwingt das Ding in einem Bereich von ca. 13 bis 16kHz, also für ältere Semester nicht mehr hörbar.

Weitere Möglichkeit mit einer **Induktivität 12'000 $\mu$ H** (resp. 12mH) Bestell-Nr 440500 ist auch möglich, wer entsprechend Kapazitäten probieren will. Höher als 27nF eher vermeiden.

Um die Funktion ausserhalb vom Hörbereich zu testen hilft ein **Zeigerinstrument** wie weiter unten gezeigt.

## **FASZINATION VON EXPERIMENTEN**



Anstelle Induktivitäten zu kaufen, kannst du Spulen aus defekten Bandgeräten etc. entnehmen. Allerdings bei Spulen mit weniger als 3 Ohm, kann es womöglich die Transistoren töten.

Rechts ist ein Beispiel wo ich einen Tonkopf aus einem alten Spulentonband als Spule verwendet habe.

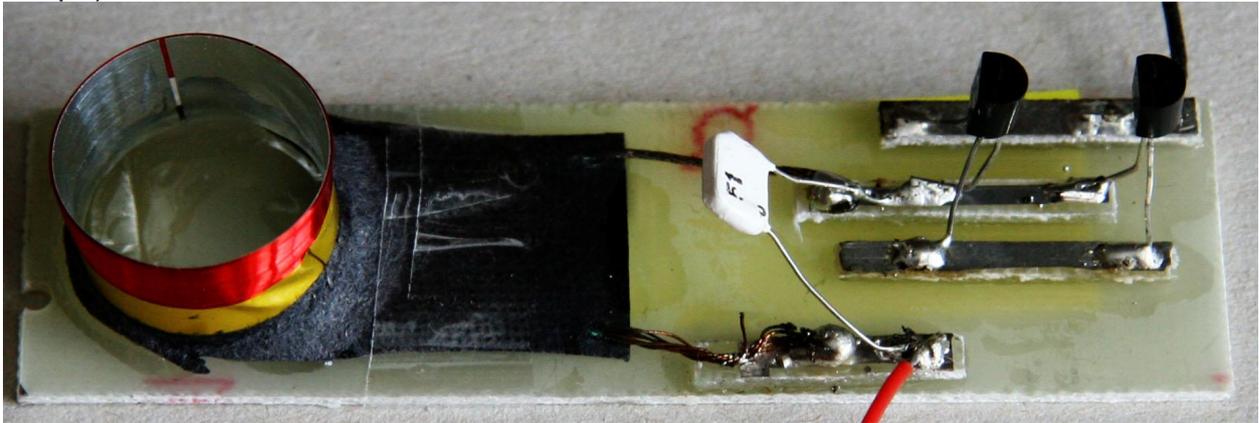
Links ist eine kunstvolle Spule aus einem alten Röhren-TV, welche nun als Metall-Detektor dient (je nach Metall, welches sich nähert, ändert sich die Frequenz).

Allerdings spricht das Ding nur auf starke Objekte also eher als Näherungs-Detektor gedacht.

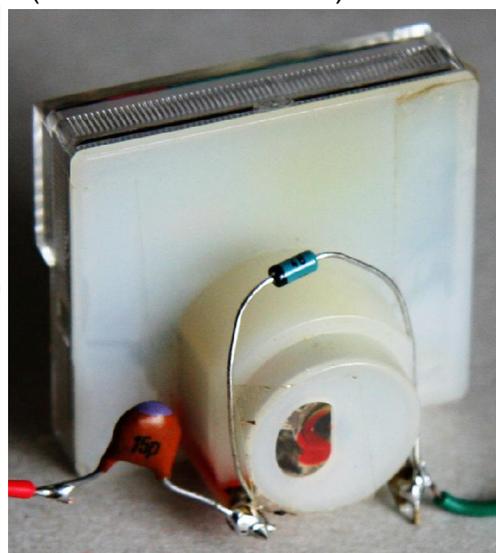
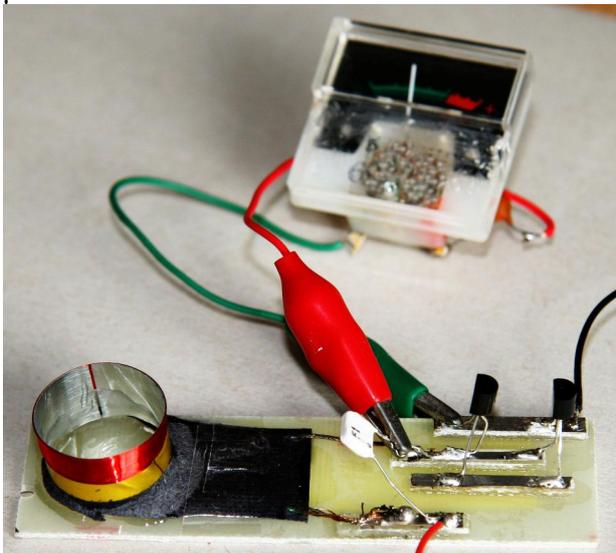
## FÜR SEHR GESCHICKTE BASTLER

Wer sehr begabt ist, entnimmt einem ausgedienten Lautsprecher dessen Spule und kann damit einen **Test-Oszillator für Mittelwelle** bauen.

Man darf aber die Anschluss-Drähte nicht kürzen weil sich die Litze kaum löten lässt. Damit mein Exemplar von 1.3 MHz auf 1.05MHz geändert werden konnte, ist hier zusätzlich eine Kapazität von 51pF parallel zur Spule gelötet. Die Erfahrung hat gezeigt, dass einzelne Lautsprecherspulen ohne weiteres auf 3.5 MHz schwingen, also entsprechend grosse Kapazität benötigen, um auf 1.3 MHz hinunter zu kommen (bis 500pF).



Bevor man mit einem Radio das Signal sucht (falls kein Frequenzmessgerät verfügbar ist), kann man auch ein Zeigerinstrument aus einem alten Recorder ausbauen oder ein  $\mu$ A-Galvano-Meter Einbau Instrument kaufen (z. B. Conrad 077799).

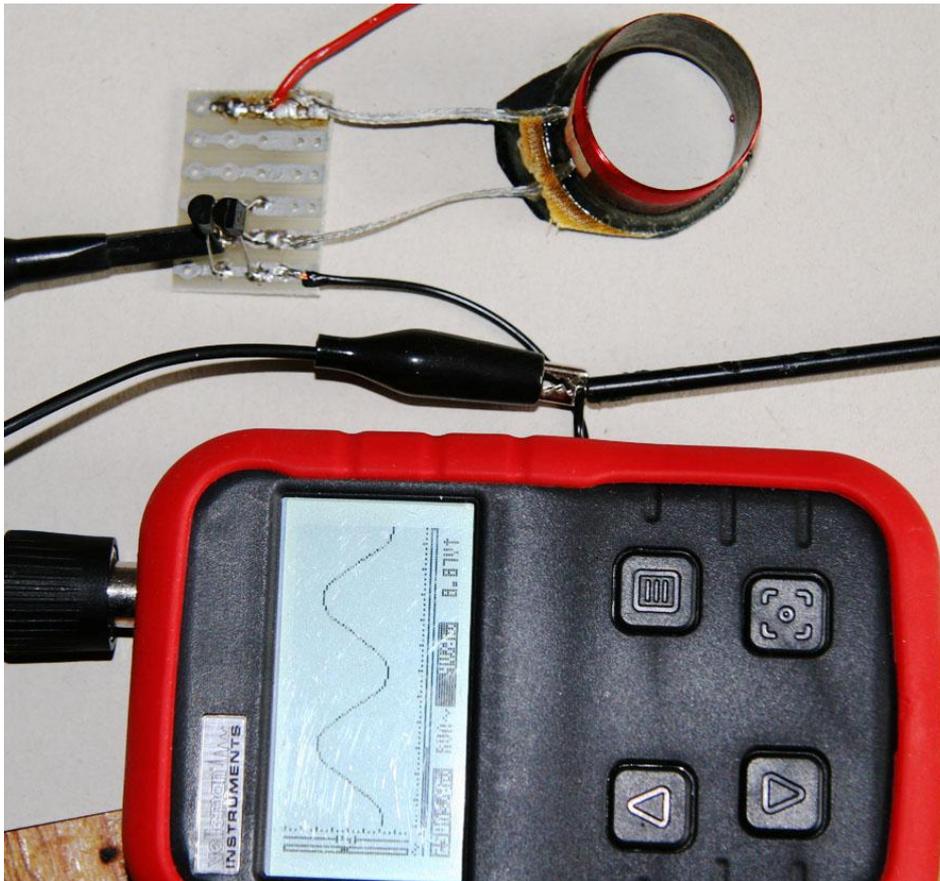


Das Foto rechts zeigt die Rückseite, wo eine Germanium-Diode (z.B. BAT48) aufgelötet ist, (schwarzer Ring an +) und von dort über einen 15pF Kondensator. Auf gar keinen Fall Siliziumdioden. Falls der Zeiger stärker ausschlagen soll, 33pF oder grösser wählen.

Nicht vergessen: die Frequenz wird verfälscht - die Messung senkt die Frequenz!

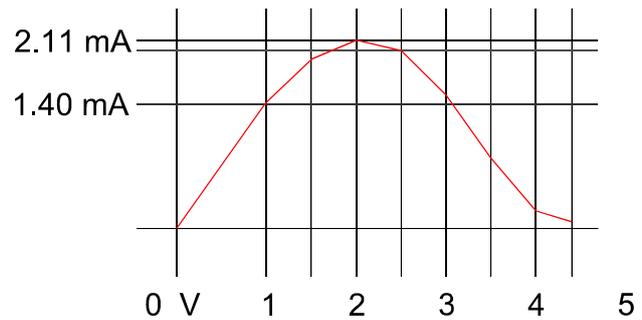
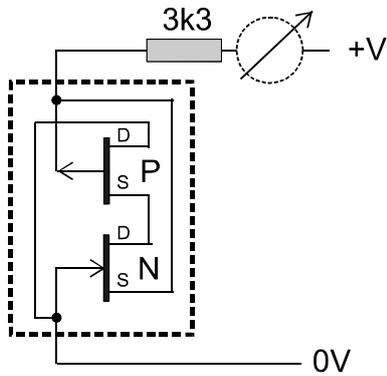
Anstelle vom J176 würde auch ein 2N5460, 2N5461 oder 2N5462 funktionieren. Allerdings sind die Beine beim 2N5460 (linker JFET) sehr ungünstig angeordnet, dass man die beiden Transistoren nicht gleich anordnen kann. IC-Fassungen sind unter Bestell-Nr 189626 zu finden.

Falls es das Budget erlaubt, ist es sehr empfehlenswert, ein Vellenmann HPS140i anzuschaffen (Conrad Artikel 122450). Weil wir mit wenigen Volt experimentieren wird die Mess-Sonde auf 1x gestellt. Zudem jeweils **auf AC geschaltet**, denn bei Oszillatoren handelt es sich um Wechselstrom.



Mit einem günstigen Oszilloskop kann man die Qualität der Schwingung prüfen. Die Frequenz hingegen ist einfacher mit einem Frequenzmesser zu ermitteln.

## NUN ETWAS THEORIE: BETREFFEND TUNNELDIODE



Woher der Ausdruck Tunnel diode?

Es wäre zu aufwändig, wenn Fachleute Lay-out-Zeichnungen mitliefern müssten wie ich es hier mache. Deshalb verwendet man elektrische Symbole.

Im gestrichelten Feld sind deshalb die zwei JFETs in Symbolform dargestellt, wie diese untereinander verbunden sind, damit sie zusammen eine Tunnel diode bilden.

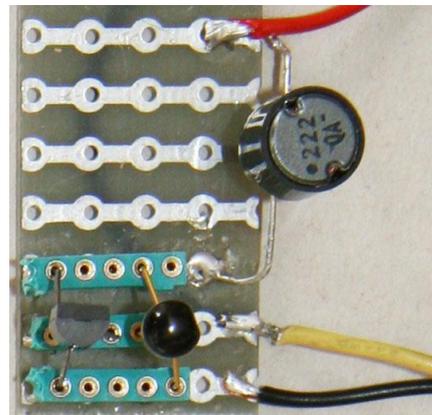
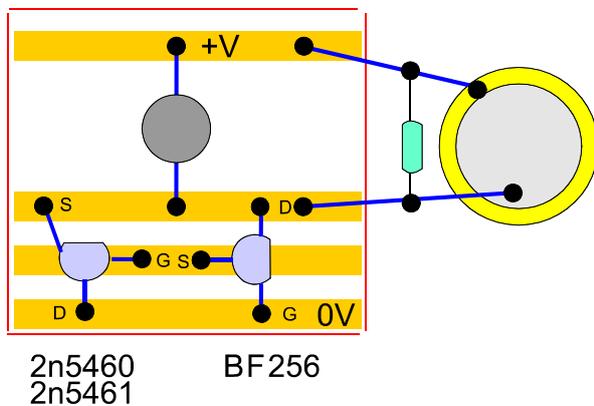
Das Rechteck darüber ist das Symbol für einen Widerstand (darüber dessen Wert 3300 Ohm). Der Kreis mit einem Pfeil ist das Symbol für ein Messgerät.

Bei meinen Transistoren - als Tunnel diode in Serie mit einem Mikro-Ampere-Meter und einem 3300 Ohm Widerstand, an ein Netzgerät angeschlossen (weil die Batterie nur eine fixe Spannung liefern kann) habe ich festgestellt:

Bei 1 Volt 1.4mA, Bei 2 Volt 2.11mA, Bei 3 Volt wieder ca 1.4mA

Bei 4 Volt fast nichts mehr. Auf einer Tabelle eingezeichnet und rot verbunden ergibt sich dann die Kurve.

Eine wichtige Lehre ist daraus zu ziehen, falls bei den Experimenten mit einer zu hohen Spannung begonnen wird, tut sich gar nichts. Wird beim ersten Experiment die Spannung langsam erhöht, so schwingt der Oszillator womöglich bis hinauf zu 15 Volt.



## WENN VIEL KAPUTT GEHT

Für riskante Versuche mit diversen Spulen, lohnt es sich, IC-Buchsenleisten zu verwenden (auflöten). Foto ohne Piezo.

Vor allem, wenn falsch gepolt wird oder ungünstige Spulen ausprobiert werden, kann es mal einen Transistor kaputt machen. Zu langes Erhitzen oder eine zu grosse Kapazität parallel zur Spule kann auch schaden.

Anstelle vom Artikel 120324 von Distrelec habe ich kurzerhand IC-Sockel abgezwickelt und jeweils in Reihe auf eine Leiterbahn gelötet.

Auf dem Foto ist links ein 2N5460 JFET, P-Typ eingesetzt wird. Vorsicht: In diesem Fall muss dann die Induktivität an die dritte Reihe gelötet sein.

Anstelle vom BF256 ist hier ein E113 verwendet. Das Ding funktioniert auch dann, wenn beim BF256 D mit S vertauscht sind.

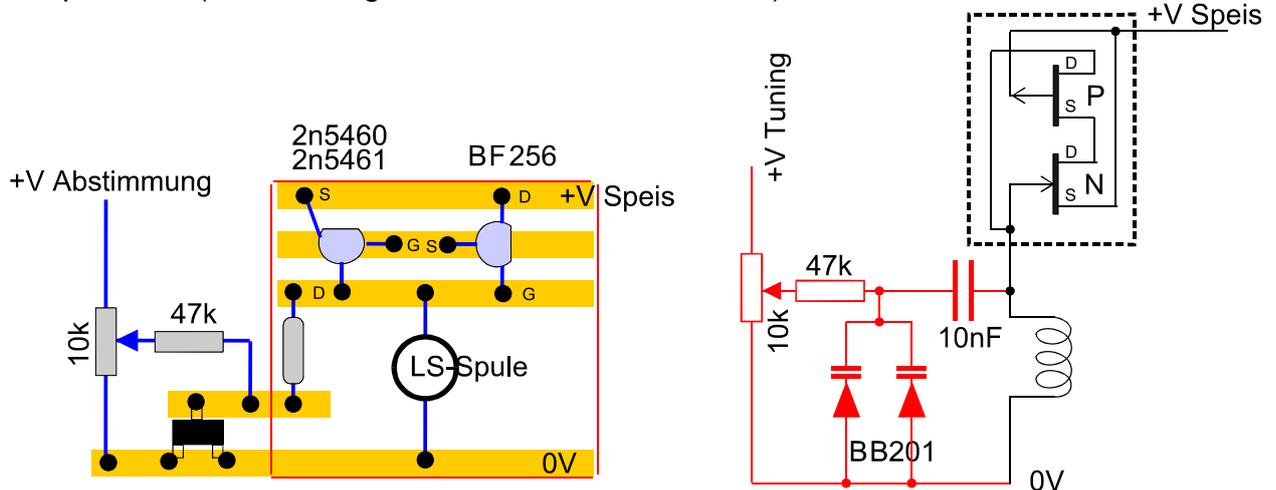
Beim anderen Transistor hat so ein Fehler gleich zum Tod geführt.

## ABSTIMMDIODEN

Die einfachste Schaltung, wie eingangs gezeigt wurde, ist leider nicht abstimmbar wegen den Festkapazitäten.

Leider sind heute keine grösseren Drehkondensatoren mehr erhältlich (parallel zur Spule), damit die Frequenz abgeglichen werden kann. Weil selbst Abstimmioden praktisch nur noch als SMD erhältlich sind zeige ich hier eine mögliche Variante, die allerdings viel Geschick abverlangt.

Ich habe ein BB201 verwendet, weil dieser **nur maximal 15 Volt benötigt** und 2-fach 100pF liefert (also einen grossen Bereich überstreicht).



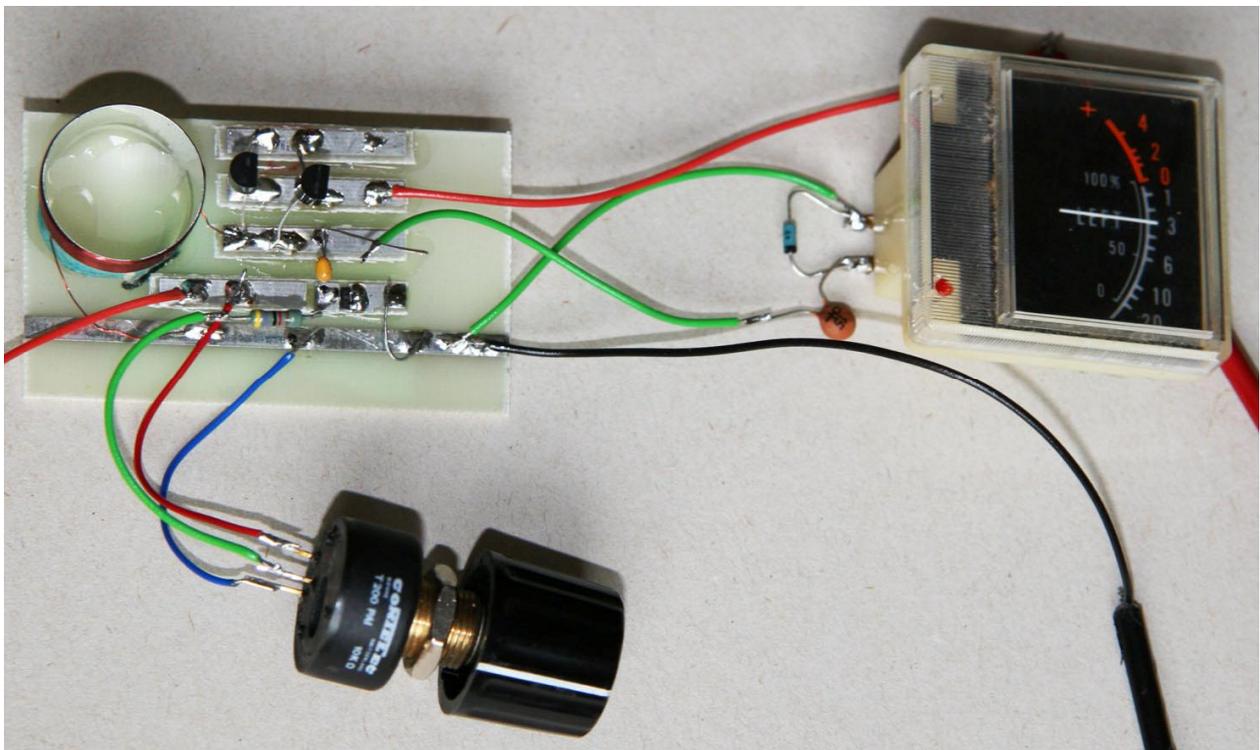
**Vorsicht:** Damit die BB-Abstimm-Diode den gleichen Nullpunkt verwenden kann wie der Oszillator, ist die Tunnel-Diode oberhalb der Spule eingefügt.

Die Dioden sind parallel geschaltet, was total rund 208pF ergibt. Um den Schwing-Kreis zu schliessen ist eine 10nF Kapazität nötig, welche die Gleichspannungen von einander trennt (dessen Wert ist völlig unkritisch). Für die Abstimmung können ausgediente 9 Volt-Batterien dienen, weil nur das Poti (10k-Widerstand) etwas Strom braucht. Es geht deshalb auch mit einem 25k Poti.

Je nachdem ob eine kleine oder grosse Lautsprecher-Spule verwendet wird, kann die Frequenz bei Frequenzen unter 100kHz liegen bis hinauf zu 3 MHz.

Wer die Frequenz mit einem Frequenzmesser testet, muss berücksichtigen, dass dabei eine tiefere Frequenz resultiert, als wenn man einen Radio in der Nähe zum abhören benützt.

Wer zwei solcher Oszillatoren genau gleich aufbaut, kann diese als **Schwebungs-Summer** verwenden, wenn beide gleichzeitig am Radio abgehört werden.



Ich habe hier anstelle eines Frequenzmessers ein Mikroammeter aus einem alten Radio angeschlossen zur Kontrolle, ob der Oszillator schwingt.

Wer kein so altes Ding findet kann sich bei Conrad Artikel 77799 Galvanometer beschaffen für 9.75

Unbedingt beachten, dass die schwarze Markierung der Diode am + vom Zeigerinstrument liegt und dass unbedingt über ein 15pF an die Spule angeschlossen wird weil sonst das Galvanometer kaputt gehen könnte.

Die Frequenz liegt dann allerdings tiefer, weil mindestens weitere 5pF parallel zum Schwingkreis liegen.

Das wichtigste Bauteil BB201 (Conrad 1113579) ist fast nicht sichtbar auf dem Foto (rechts neben dem gelben 10nF, das schwarze Rechteck). Das Foto täuscht, die Leiterbahn unter dem BB201 muss unterbrochen sein (mit Diodentester prüfen falls es nicht funktioniert).

Weil der BB201 winzig klein ist, hat es sich gezeigt, dass mit der magnetisierten Klinge eines Sackmessers das Ding nicht dauernd unauffindbar fortspickt.

Ohne das Zeigerinstrument angeschlossen konnte ich folgendes mit Hilfe von einem Radio in der unmittelbaren Nähe feststellen:

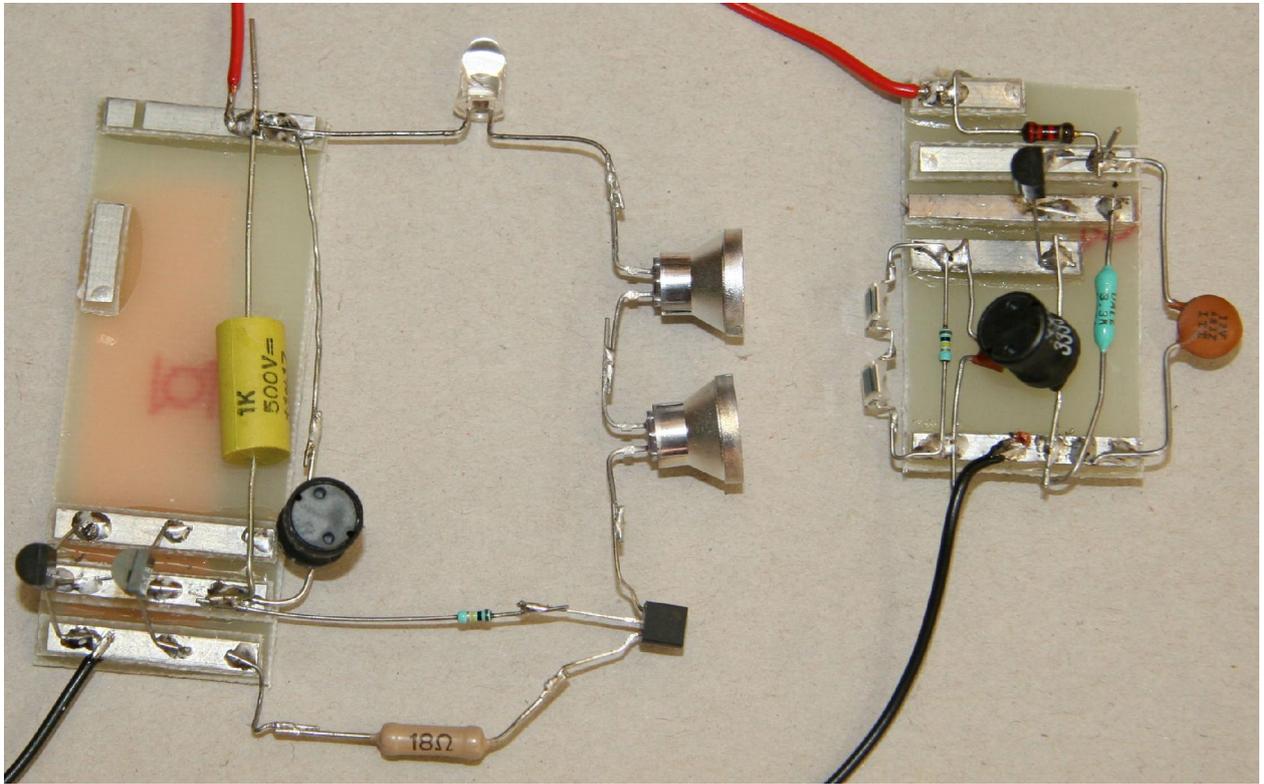
Bei 4 Volt Speisung der Tunnel diode und bei 0 Volt (Regler zurück) an Abstimm diode Trägerfrequenz hörbar bei 990kHz.

Dann den Regler auf 15Volt aufgedreht liegt die Trägerfrequenz bei 1.340 MHz.

Nicht jede Lautsprecherspule liefert gute Resultate. Falls man die Frequenz an mehreren Orten am Radio hört, diese Spule besser für andere Experimente verwenden.

Wer die Sinuskurve prüfen möchte, der stülpt am Besten eine Spule mit ein paar Windungen über die Lautsprecherspule (nur gerade so nahe wie nötig zur Anzeige).

## VORSCHAU AUF WEITERE ANWENDUNGEN



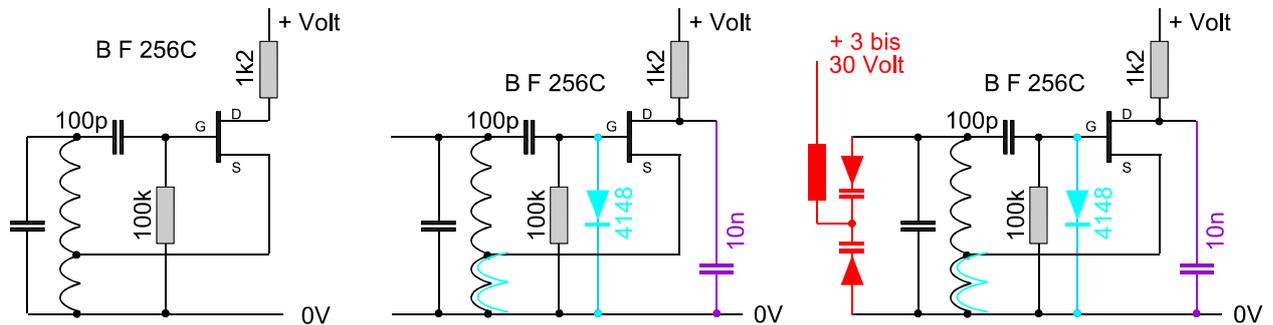
Hier eine Vorschau für den Bau eines Senders und Empfängers mit unsichtbarem Licht. Wobei hier wieder der Oszillator mit Tunneliode und Schwingkreis einen BS170 Transistor steuert, welcher dann die Sendedioden versorgt. Das gelbe Bauteil verwirrt, es ist eine Präzisions-Kapazität von 1000pF 1%. Als Empfänger wieder ein Schwingkreis mit 2 BPW Dioden und einem BF256.

Weitere Details folgen

Für fortgeschrittene Elektroniker in Vorbereitung (sobald ich die Lay-out gezeichnet habe (eine kommerzielle Schaltung):

## Hartley-Schaltung, minim schwieriger aber viel besser

Für jene, welche eher mit Radiofrequenzen experimentieren möchten.

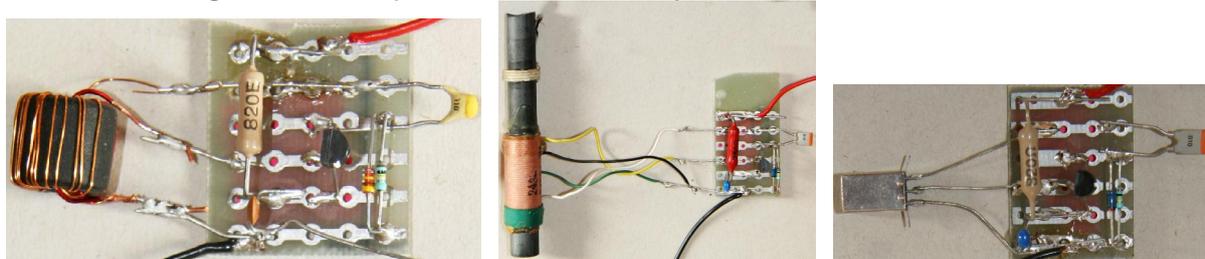


**LINKS:** Mit einer Spule, welche von unten nach rund einem Drittel eine Anzapfung hat und wenigen Bauteilen hat man schon einen Oszillator der funktioniert.

**MITTE:** Noch besser ist es, wenn noch eine Diode dazu kommt (blau) und ein Keramik-Condensator (violett). Wer keine Lust auf eine Anzapfung hat, kann auch (wie blau angedeutet) kurzerhand ein paar Windungen über eine bestehende Spule anbringen. Wenn es nicht schwingt, wurden sicher die (blauen) Enden vertauscht. Parallel zur Spule kann ein Drehkondensator anstelle einer fixen Kapazität verwendet werden zum Abstimmen.

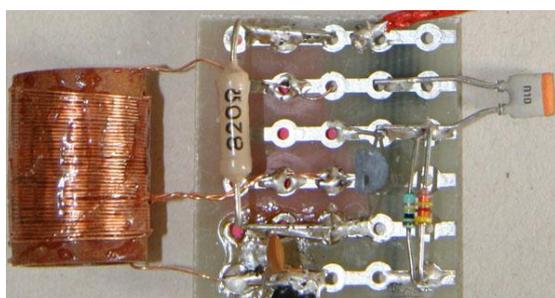
**RECHTS:** weil Drehkondensatoren sperrig sind wird bei höheren Frequenzen lieber mit Abstimmioden gearbeitet (rot angedeutet). Solche Dioden sind immer schwieriger zu kriegen (leider immer mehr SMD statt Anschlussdrähten). Wer in der Not kurzerhand ebenfalls zu 4148 greift muss sich mit einem extrem kleinen Stimmbereich begnügen. Ärgerlich ist zudem, dass meist eine hohe Spannung für solche Dioden benötigt wird. Dazu werde ich später eine Schaltung zeigen, wie man aus 6-9V eine höhere Spannung gewinnt.

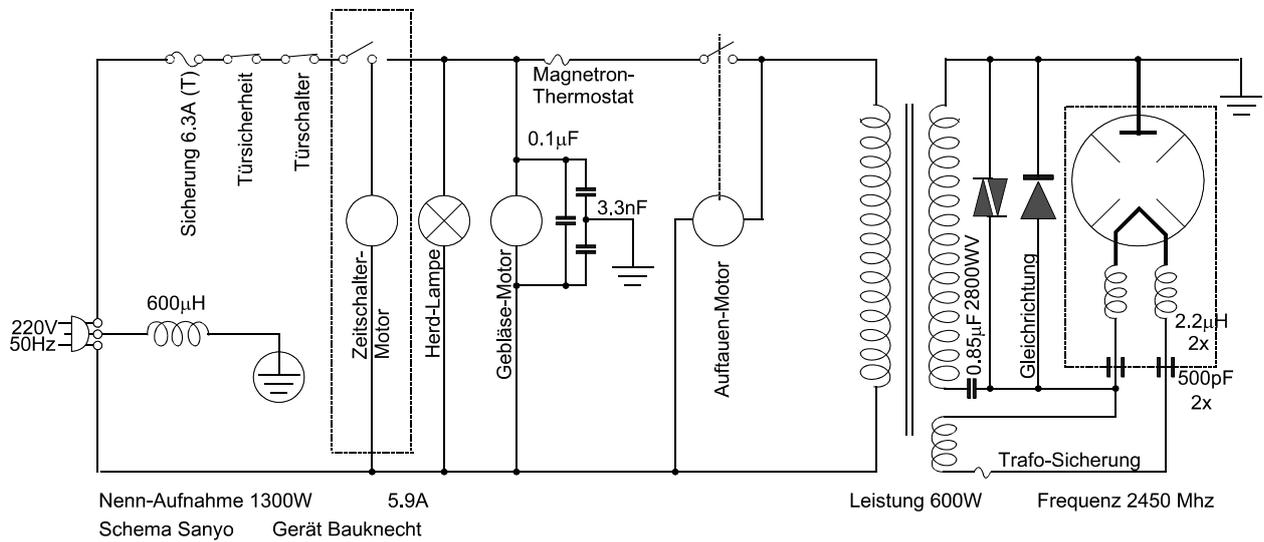
Violett angedeutet ist eine Entkopplungs-Kapazität welche ratsam ist, damit niemand gestört wird (der BF256C kann Schwingungen erzeugen bis zu den TV-Frequenzen). Hier also real gebaute Beispiele mit diversen Spulen:



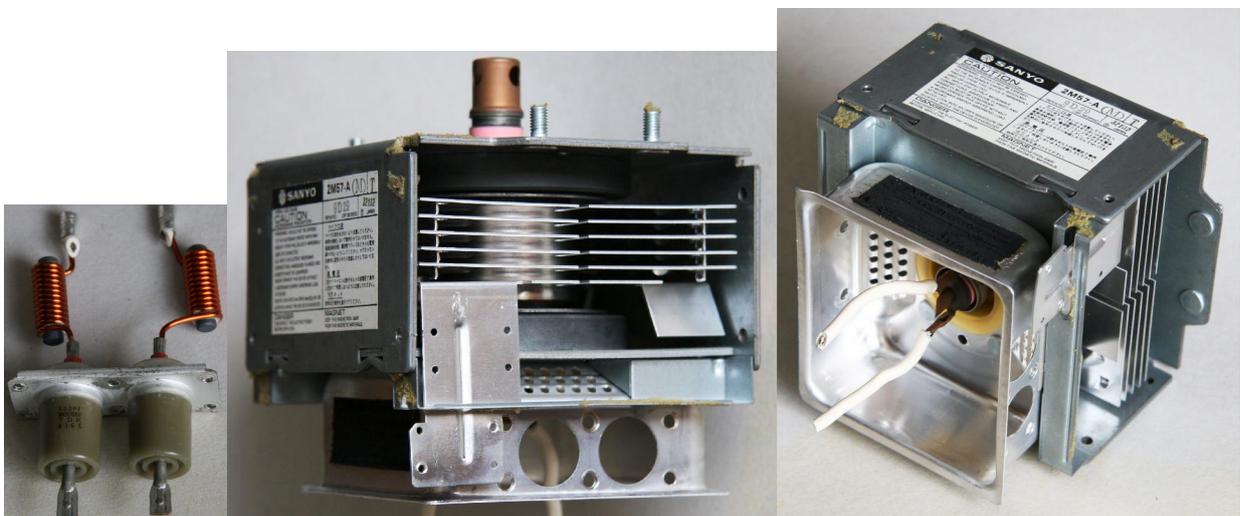
Links: Experiment mit einem Toroid-Kern aus einer Circolux Lampe und mit 5 plus 10 Windungen bestückt. Mitte: Experiment mit Spule aus MW-Empfänger.

Rechts: Experiment mit ZF-Spule aus Radio und unten selbst gewickelte Spule mit einer Anzapfung.





Fachleute bezweifeln die Schaltung mit der Tunneldiode weil es total in Vergessenheit geraten ist. Interessant ist deshalb, wenn man die Schaltung von einem Mikrowellenofen betrachtet. Rechts sieht man, dass eine Hochspannung gleichgerichtet wird und an eine beheizte Röhren-Diode abgegeben wird (ein sog. Magnetron).



Links die zwei 500pF Condensatoren mit den Drosselpulen  
 Mitte das Magnetron wo man die Ferritmagnete sieht  
 Rechts sieht von unten auf das Magnetron (Heizleitungen)