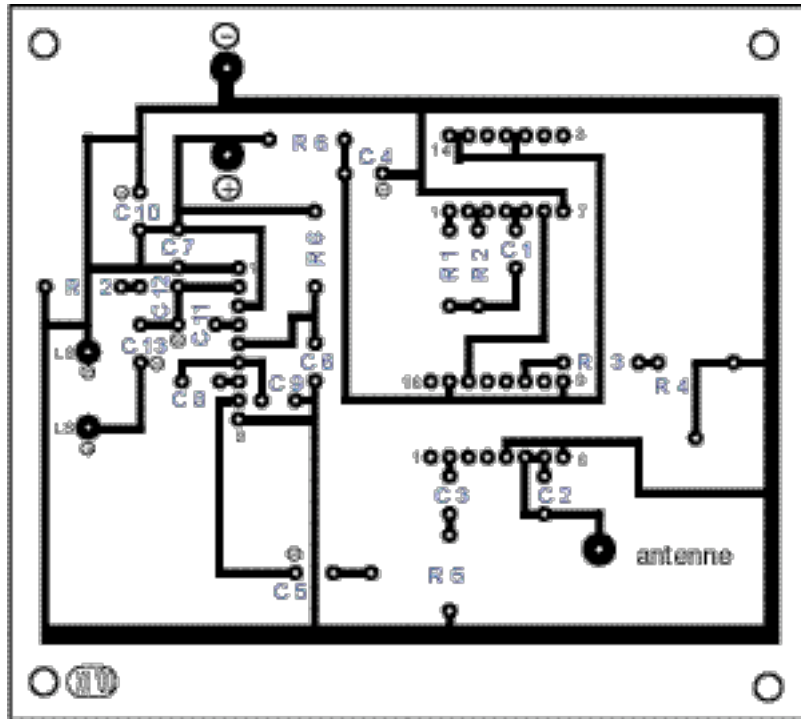


## Das Easy-Theremin mit Verstärker



Theremin-Bausatz

Ich sehe, was Du hörst

R1	1meg $\Omega$	C1	56pF
R2	100k $\Omega$	C2	56pF
R3	100k $\Omega$	C3	1 $\mu$ F
R4	10 $\Omega$	C4	220 $\mu$ F
R5	10 $\Omega$	C5	1 $\mu$ F
R6	330k $\Omega$	C6	0,1 $\mu$ F
R7	4,7k $\Omega$	C7	0,1 $\mu$ F
		C8	0,1 $\mu$ F
		C9	1nF
		C10	1000 $\mu$ F, 25V
IC	4069	C11	100 $\mu$ F, 16V
IC	4046	C12	0,1 $\mu$ F
IC	TDA1020 10W-Verstärker	C13	1000 $\mu$ F, 25V

<http://netzspannung.org/learning/iswdh>



**Fraunhofer**  
Institut  
Intelligente Analyse- und  
Informationssysteme

## Was ist ein Theremin?



Das Theremin ist das erste elektronische Musikinstrument der Welt. Erfunden wurde es 1919 von Lew Theremin, einem russischen Physiker, der auch Cello spielte. Er ging in die USA, wurde jedoch vom russischen Geheimdienst KGB entführt und gezwungen, Spionagegeräte zu entwickeln. So wurde er unglücklicherweise zum Erfinder der Abhörwanze.

Das kleine Bild zeigt Lew Theremin beim Musizieren auf einem seiner Theremine.

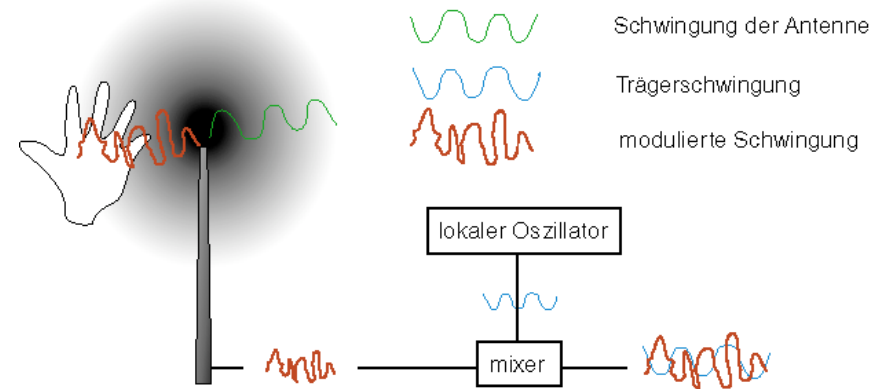
Es besteht aus einer Reihe elektronischer Bauelemente, die in einer Schaltung verbunden sind.

Die Hauptteile eines Theremins sind:

1. die Stromzufuhr und die -umwandlung, damit im Stromkreis der 'richtige' Strom fließt,
2. der variabler Oszillator, der Schwingungen aussendet, deren Stärke und Frequenz durch zwei Regler (sog. Potentiometer) verändert werden können,
3. der lokale Oszillator, der mit der Antenne verbunden ist, um die ebenfalls ein elektromagnetisches Schwingungsfeld besteht und dem Mixer oder Filter, wo die Schwingungen des lokalen Oszillators mit denen des variablen gemischt und dann an den Verstärker weitergeleitet werden, wo sie verstärkt und somit am Lautsprecher hörbar werden.

Die einzelnen Begriffe werden in einem Glossar erklärt, den ihr weiter hinten im Heft findet.

## Glossar



Im Fall des Theremins gibt es zwei Schwingkreise: einmal sendet der lokale Oszillator die Trägerwelle aus, die im Mixer mit den Schwingungen, die von der Antenne her kommen interferieren; d.h. die modulierten (veränderten) Schwingungen durch die Änderung der Schwingungen im Feld der Antenne werden mit der Trägerwelle addiert. Diese Modulationen erfolgen, sobald ein Körper in das elektromagnetische Schwingungsfeld gerät.

Ein **Verstärker** (englisch: amplifier) tut genau das, was sein Name schon nahelegt, er verstärkt Signale. Physikalisch gesehen verändert ein Verstärker die Amplitude eines Signals. Für größere Lautstärke (englisch: volume) muß ein Signal durch einen solchen verstärkt werden. Die Lautstärke ist dabei die Amplitude einer Schallwelle, doch auch bei Audio-Signalen spricht man von Lautstärke, obwohl es sich um die Signal-Amplitude handelt. Ein Verstärker kann ein Signal auch abschwächen, sogar ganz unterdrücken!

Quellen:

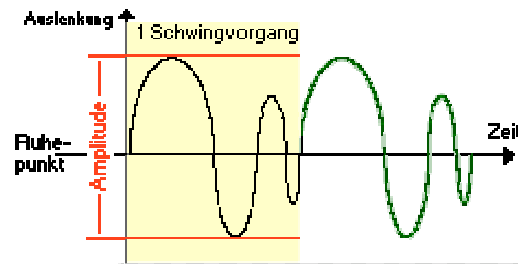
<http://home.att.net/~theremin1/>

<http://www-server.kgw.tu-berlin.de/w4/sic/audio/amp1.htm>

<http://www.archmatic.com/glossar/>

## Glossar

Eine **Schwingung** ist eine regelmäßig wiederkehrende Bewegung um einen Ruhepunkt (Mittelpunkt dieser Bewegung) mit der sogenannten Amplitude, als maximale Auslenkung vom Ruhepunkt, und der Frequenz als Angabe, wie oft sich dieser Vorgang in einer Sekunde wiederholt. Die Frequenz wird in Hertz (Hz) als Anzahl der Schwingvorgänge pro Sekunde gemessen. Schwingungen interferieren, d. h. addiert man zu einer Schwingung eine andere, so ergibt das eine neue Schwingung, aber mit einer anderen Schwingungsform.

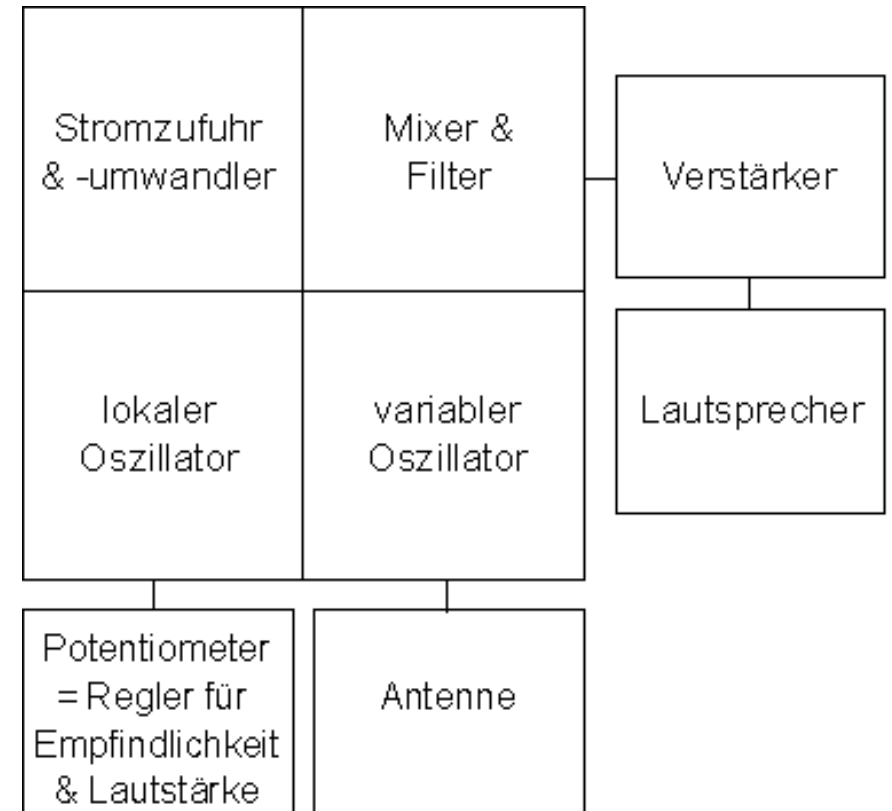


Die Schwingungs-Form bestimmt den Klang, die Amplitude steht für die Lautstärke und die Frequenz gibt die Tonhöhe an.

Die Bewegung einer Schwingung ist hierbei nicht auf mechanische Bewegung begrenzt, es gibt auch magnetische, optische und elektrische Schwingungen. (Analoge) Audio-Signale sind z.B. immer elektrische Schwingungen.

Da sich Schwingungen in der Natur als Wellen mit gleicher mathematischer Kurvenform ausbreiten, sagt man zu der Form einer Schwingung auch Wellenform. Auch wenn sich die Begriffe unterscheiden werden sie im Alltag gerne vermischt. In Synthesizern haben wir es nur mit Schwingungen zu tun, die erst nach dem Wiedergabeverstärker (Stereoanlage, PA etc.) durch die Schwingung der Lautsprechermembrane in eine Schallwelle umgesetzt wird. Diese Welle erreicht unser Ohr und erzeugt dort wieder eine Luftmolekül-Schwingung, die unsere im Ohr befindlichen Tasthärchen abtasten und an das Gehirn weiterleiten.

## Die Module



Man kann die Schwingungen des variablen Oszillators auch als Trägerwelle oder -schwingung bezeichnen, auf die die Schwingung, die von der Antenne kommt, sitzt. Diese Schwingung ist nicht, wie die des variablen Oszillators gleichbleibend, sondern verändert sich, sobald man sich der Antenne nähert. Denn diese Antenne ist umgeben von einem Feld aus Schwingungen. Sobald eine Hand in dieses Feld gelangt, verändern sich die Schwingungen. Diese Schwingungen werden dann im Mixer zusammengefügt, den ohne die konstante Schwingung aus dem lokalen Oszillator wäre die schnelle Abfolge der verschiedenen, sich dauernd verändernden Antennenschwingungen nicht richtig hörbar. (siehe Glossar)

Die Trägerwelle ist also wie ein Pferd,

das im Stall (lokale Oszillator) wartet,

bis ein Reiter (das Signal von der Antenne),

in der Poststation (dem Mixer) aufsitzt

und zum Marktplatz galoppiert (dem Verstärker), wo das Signal oder die 'Nachricht' über ein großes Megaphon (dem Lautsprecher) verkündet wird.

Und da das ganze unvorstellbar schnell geschieht, sind andauernd Pferde und Reiter unterwegs, die ihr Essen und das Hafer vor dem Saloon (der Stromzufuhr) bekommen.



## Glossar



Der klassische **Transistor** ist ein Bauelement aus drei unterschiedlich leitfähigen Halbleiterschichten mit entsprechenden Anschlüssen. Mit Transistoren können schwache Signale verstärkt oder Schaltfunktionen ausgelöst werden. Als einzelnes Bauelement ist er immer seltener anzutreffen, dagegen ist er wesentlicher Bestandteil integrierter Schaltungen.




In einem **Prozessor** sind durch die extrem kompakte Bauweise viele Schaltkreise enthalten, dies wird als **integrierter Schaltkreis** bezeichnet - auch "IC" (Integrated Circuit). Eine integrierte Schaltung ist eine Anordnung aus elektronischen Komponenten, die bereits durch das Herstellungsverfahren zu einer nachträglich nicht mehr trennbaren Einheit verbunden sind. Der erreichbare Integrationsgrad, also die Anzahl der Komponenten pro IC, lag zum Zeitpunkt der Erfindung im Jahr 1960 bei etwa 5 bis 10, und wuchs seitdem alle vier Jahre um etwa das Vierfache bis derzeit auf Werte von mehreren 100 Millionen.


**Koaxialkabel** sind elektrische Leitungen mit speziellem physikalischem Aufbau. Dabei verlaufen zwei Leiter ineinander, die beide voneinander elektrisch isoliert sind (Antennenkabel sind so aufgebaut).


Das wichtigste Element der Klangerzeugung ist der **Oszillator**, der Baustein oder die Funktionsgruppe, in der eine Schwingung erst einmal erzeugt wird. Sein Name leitet sich von Oszillieren (= periodische Bewegung) ab. Im Oszillator entsteht die Schwingungsform, sprich das Ausgangsmaterial des Klages. Bisweilen sagt man auch Generator oder Schwingungs-Generator, besonders dann, wenn mehrere Schwingungen gleichzeitig erzeugt werden können.

# Glossar

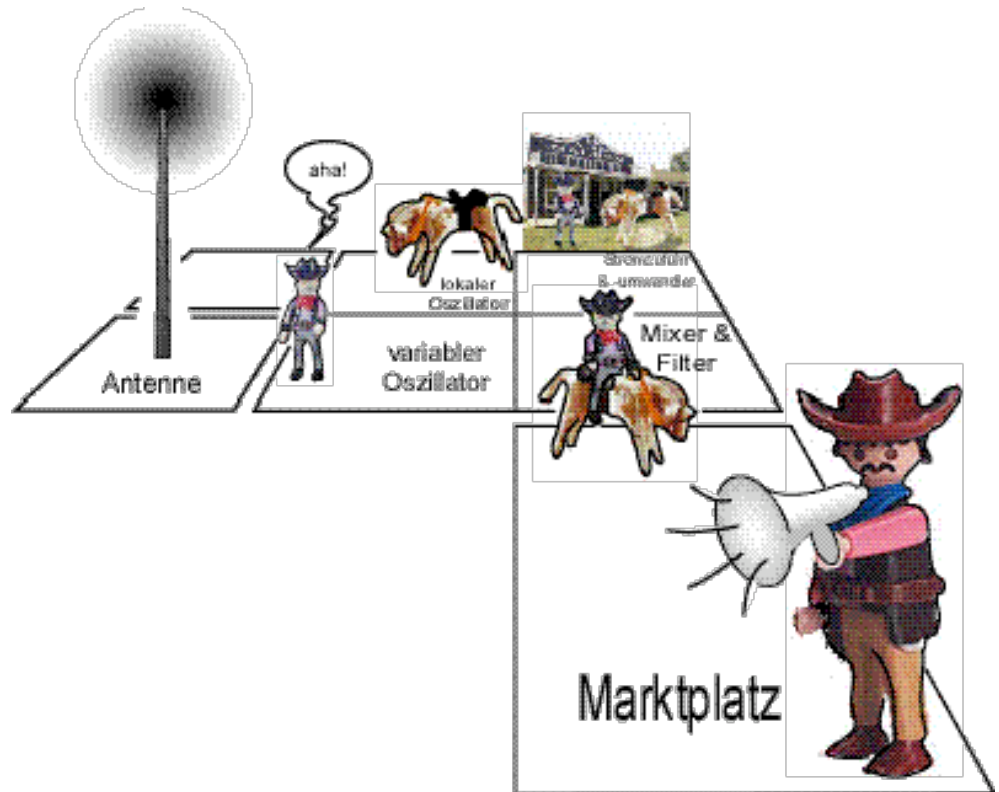
Die **Platine** ist eine Kunststoffplatte, die mit elektronischen Bauteilen bestückt ist und deren Leitungen und Schaltkreise mit Hilfe eines speziellen Verfahrens aufgedruckt wurden.

**Widerstände**  sind Bauelemente, die -wie der Name schon sagt- dem Strom Widerstand entgegensetzen und so die Stromspannung verringern oder Kondensatoren aufladen können. Ein Widerstand hat die Eigenschaft, den Strom in einer Schaltung zu begrenzen. Bei einem konstanten Strom fällt an einem kleinen Widerstand, eine kleine Spannung ab., an einem großen Widerstand, eine große Spannung ab. Bei einer konstanten Spannung fließt durch einen kleinen Widerstand ein großer Strom und durch einen großen Widerstand ein kleiner Strom.

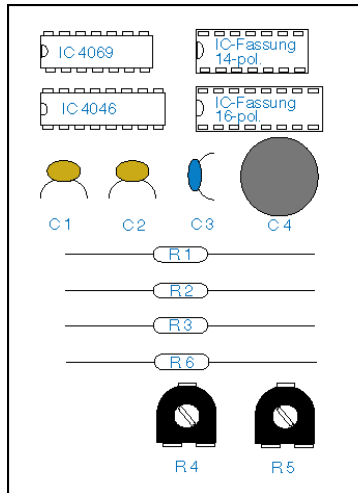
**Potentiometer**  sind regelbare Widerstände. Mit einem Drehknopf oder Schraubenzieher läßt sich der elektrische Widerstandswert verändern.

**Kondensatoren**  sind Bauelemente zur Speicherung elektrischer Ladung. Im Prinzip besteht ein Kondensator aus zwei gegenüberliegenden Metallfolien, die durch einen isolierenden Zwischenraum (das Dielektrikum, sprich: Di-Elektrikum) voneinander getrennt sind. Je größer die Flächen und je kleiner der Zwischenraum, desto mehr Speichervermögen hat der Kondensator. Die Art des Dielektrikums hat großen Einfluß auf die Kapazität. Man unterscheidet zwischen Folienkondensatoren mit Kunststoffolie oder Papier als Dielektrikum, Keramik Kondensatoren auf Basis von Keramikscheiben oder -Vielschichtstrukturen und Elektrolytkondensatoren, bei denen eine leitfähige Salzlösung (Elektrolyt) eine Metallfläche sowie Dielektrikum bildet.

**Elektrolytkondensatoren**  dienen aufgrund der hohen erreichbaren Kapazitäten häufig zur Pufferung von Versorgungsspannungen.



## Die Bauelemente



Theremin-Bauteile:

- 1 IC 4069
- 1 IC 4046
- 1 IC-Fassung 14-polig
- 1 IC-Fassung 16-polig
- 2 Kondensatoren 58 pF (C1, C2)
- 1 Kondensator 1 µF (C3)
- 1 Elektrolytkondensator (Elko) 220 µF (C4)
- 1 Widerstand 1 megΩ (R1)
- 2 Widerstände 100 kΩ (R2, R3)
- 2 Widerstände (Potentiometer) 10 kΩ (R4, R5)
- 1 Widerstand 47 Ω (R6)
- 1 Platine
- 1 10-Watt-Verstärker (Bausatz)
- 1 Lautsprecher (~8 Ω)
- 1 Koaxialkabel
- 1 9-Volt-Blockbatterie
- 1 Batterieschuh

## Die Bauanleitung

Generell gilt: Die schwierigen und kleinen Bauelemente zuerst festlöten. Später, wenn andere, evt. größere Bauelemente festgelötet werden wird es auf der Platine eng!

5. Lötunkte für IC 4069 setzen
6. IC-Fassung (14 polig) festlöten, dabei auf die Markierung achten (Kerbe muß nach links zeigen!)
7. Lötunkte für IC 4046 setzen
8. IC-Fassung (16 polig) festlöten, auch hier auf die Markierung achten!
9. alle Widerstände der Reihe (R1-R6) nach festlöten: dazu die Drähte im 90°-Winkel nach unten biegen, mit der Zange auf 3-4mm kürzen, Lötunkte setzen, Widerstand mit der Pinzette (Achtung! Die Bauelemente werden stark erhitzt!) an die Lötunkte aufsetzen und festlöten. R4 und R5 sind Potentiometer, haben drei 'Beine' und werden ebenso wie die anderen Elemente festgelötet
10. Jetzt werden die Kondensatoren (C1-C4) angebracht. Bei C4 handelt es sich um einen Elko, beim dem - und + richtig liegen müssen; bei Elkos erkennt man den - Pol an einen dicken Steifen auf der Seite, außerdem ist dere Draht etwas kürzer
11. Batterieschuh an den 9-Volt-Anschluß löten (rot = +, schwarz = -)
12. Koaxialkabel des Verstärkers festlöten (auch hier auf + und - achten!)
13. Antenne löten (wie die Antenne aussieht ist Eurer Phantasie überlassen...)
14. die IC's sehr vorsichtig in diejeweiligen Fassungen stecken (wieder auf die Markierung achten!)
15. 9-Volt-Block-Batterie am Batterieschuh feststecken (und bei Nichtgebrauch abmachen)

Theremine brauchen in der Regel etwa 4 Minuten 'Aufwärmzeit' in der man nicht an ihnen rumspielen sollte, damit sie sich auf die Raumtemperatur und -feuchtigkeit einstellen können. Anschließend können Empfindlichkeit und Lautstärke an den Drehpotentiometern eingestellt werden; benutzt hierzu einfach einen kleinen Schraubendreher, den ihr in den Schlitz oben auf dem Potentiometer einsetzen und dann drehen könnt.

