

Baumappte „JFET-Theremin“

Inhalt:

- 1. Einleitung (aus Wikipedia; S.2)**
- 2. Schaltungsbeschreibung (S.19) und Schaltplan (S.21)**
- 3. Bauteileliste (S.22)**
- 4. Aufbau, Test und Betrieb (S.23)**
 - 4.1. Benötigtes Werkzeug (S.23)**
 - 4.2. Hilfreiches Werkzeug und Hilfsmittel (S.23)**
 - 4.3. Aufbau (S.25)**
 - 4.3.1. Widerstände (S.26)**
 - 4.3.2. Diode D1 (S.28)**
 - 4.3.3. LED (S.29)**
 - 4.3.4. IC1 LM386 (S.30)**
 - 4.3.5. Klinkenbuchse BU4 (S.31)**
 - 4.3.6. Kapazitäts-Trimмер C15 (S.32)**
 - 4.3.7. Kondensatoren (S.33)**
 - 4.3.8. Transistoren (S.34)**
 - 4.3.9. Keramik-Resonator Q1 (S.35)**
 - 4.3.10. Elektrolyt-Kondensatoren (S.36)**
 - 4.3.11. Induktivitäten (S.37)**
 - 4.3.12. Lautstärke-Potentiometer P1 (S.38)**
 - 4.3.13. Drehkondensator vorbereiten und einlöten (S.39)**
 - 4.3.14. Teleskopantenne einlöten (S.40)**
 - 4.3.15. Batteriehalter und Einschalter (S.41)**
 - 4.3.16. Lautsprecher mit Platine verbinden (S.42)**
 - 4.3.17. Bananenbuchsen mit Platine verkabeln (S.43)**
 - 4.3.18. Erdungskabel vorbereiten (S.44)**
 - 4.3.19. Volume-Antenne biegen (S.45)**
 - 4.3.20. Funktionstest, Abgleich und Fehlersuche (S.46)**
 - 4.3.21. Testspannungen (S.48)**
- 5. Biegevorlage für Volume-Antenne im Massstab 1:1 (S.49)**

1. Einleitung



Abbildung 1: Leon Theremin (eigentlich Lev Termen) ca. 1927 mit Theremin (Quelle: Wikipedia)



Abbildung 2: Alexandra Stepanoff spielt ein Theremin für NBC Radio im Jahr 1930 (Quelle: Wikipedia)

Aus Wikipedia:

Das **Theremin** (auch: *Thereminvox*, *Thereminovox*, *Termenvox*, ursprünglich **Aetherophon**, genannt auch **Ätherwelleninstrument**) ist ein 1920 erfundenes elektronisches Musikinstrument. Es ist das einzige verbreitete Musikinstrument, das berührungslos gespielt wird und dabei direkt Töne erzeugt. Sein Name geht auf den Erfinder, den Russen Lew Termen, zurück, der sich in den USA Leon Theremin nannte.

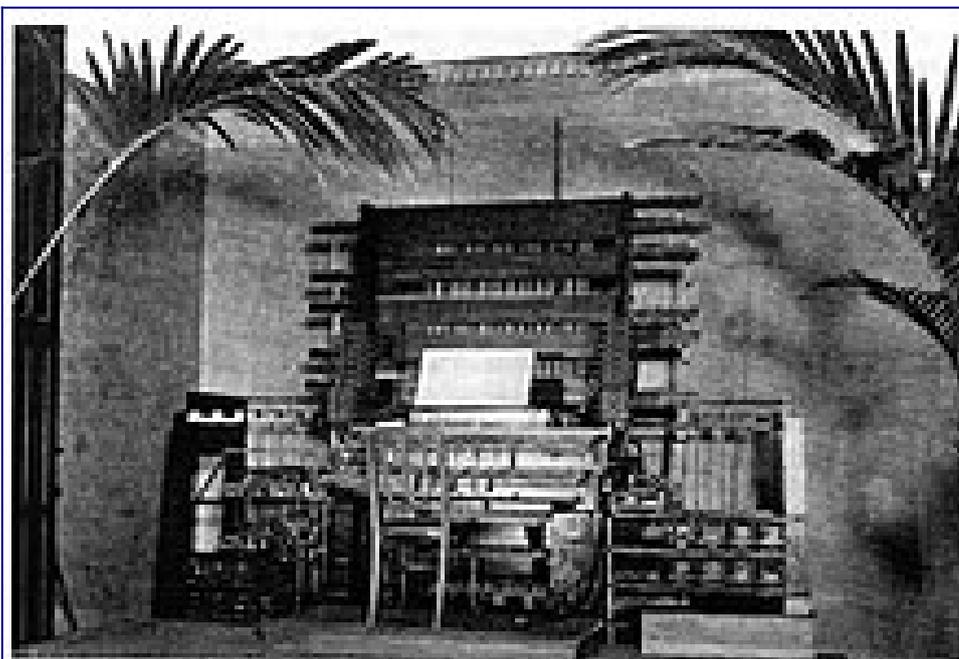
Beim Theremin steuert die Position der Hände gegenüber zwei Elektroden (als „Antennen“ oder Spielantennen fungierende Metallstäbe als Hochfrequenzsender) die Tonhöhe sowie die Lautstärke (siehe Funktionsweise). Die Ausgabe des Tones erfolgt nach Verstärkung über einen Lautsprecher. Obwohl das Theremin in vielerlei Hinsicht eine Pionierrolle im Instrumentenbau einnahm, blieb sein Gebrauch auf musikalische Nischen beschränkt. Dabei kam es in so verschiedenen Bereichen wie neuer Musik, Science-Fiction-Filmen und experimenteller Pop-Musik zum Einsatz. Erst seit den 1990er Jahren hat es sich etwas popularisiert.

Eine besondere Rolle in der Musikgeschichte nahm das Theremin durch den Instrumentenbauer Robert Moog ein. Dieser baute in seiner Jugend Theremine und nutzte die dort gewonnenen Erfahrungen zur Entwicklung seiner Synthesizer.

Geschichte

Als spektakuläre Neuheit trat das Theremin seit den 1920er Jahren auf. Während seine Anhänger in ihm ein ernsthaftes Instrument sahen, konnte es die größten Erfolge auf Showbühnen feiern. Zu den Komponisten, die für das Theremin komponierten, gehörten Percy Grainger (*Free Music* in graphischer Notation), Joseph Schillinger, Bohuslav Martinů und Edgar Varèse. Mit dem spurlosen Verschwinden seines Erfinders Lew Termen, der ab 1938 für einige Jahrzehnte in der Sowjetunion gefangen gehalten wurde, verloren Musiker und Komponisten weitgehend das Interesse am Instrument. In den 1950er Jahren konnte es Nischen in der Filmmusik und unter Hobbybastlern erobern. In den 1960er Jahren setzten es Popbands ein. Im Pop wurde das Theremin jedoch schon nach wenigen Jahren vom deutlich vielseitigeren Synthesizer verdrängt. Erst mit Glasnost, dem Wiederauftauchen von Lew Termen, der weiten Verbreitung elektronischer Musik und dem Drang nach Performativität in der elektronischen Musik erlebte das Theremin seit 1990 eine Renaissance. Seitdem ist das Theremin verbreitet wie nie zuvor, jedoch trotzdem nie über eine Nischenexistenz hinausgekommen.

Vorgeschichte, Erfindung und erste Präsentation



Ein Vorläufer: das Telharmonium

Die Erfindung des Theremins fiel in eine Zeit, in der verschiedene Ingenieure und Musiker begannen, Elektrizität zur Tonerzeugung zu nutzen. 1837 konstruierte [Charles Grafton Page](#) aus [Salem, Massachusetts](#)^[14]^[15] eine Türklingel, die mit Hilfe eines Magneten und einer Spule Kupferdraht Töne erzeugte.^[16] [Thaddeus Cahills](#) elektromechanisches [Telharmonium](#) aus den 1890er Jahren benötigte zwei Spieler, nahm noch einen ganzen Raum ein und musste mit mehreren Güterzugwaggons transportiert werden.^[17] Die Erfindung der [Vakuurröhre](#) machte es erstmals möglich, solche Instrumente in einer Größe und mit einem Gewicht zu bauen, die eine Person bewältigen konnte. [Kinoorgeln](#) nutzten seit Beginn des 20. Jahrhunderts Elektrizität als Hilfe zur Klangerzeugung,^[3] das ebenfalls mit einer Tastatur gespielte [Audion Piano](#) von [Lee De Forest](#) war technisch ein direkter Vorläufer des Theremins.^[18]

Erfunden wurde das Theremin 1919 vom [russischen Physikprofessor](#) Lew Sergejewitsch Termen, der sich im Westen später [Leon Theremin](#) nannte. Termen führte zu dieser Zeit physikalische und elektronische Experimente am Petrograder Physikalisch-Technischen Institut durch und arbeitete mit Ingenieuren am staatlichen Moskauer Institut für Musikwissenschaft zusammen.^[19] Zuerst gezeigt wurde es 1920 in [Petrograd](#) am Physikalisch-Technischen Institut. Der Öffentlichkeit wurde das Theremin 1921 in [Moskau](#) auf dem 8. Allsowjetischen elektrotechnischen Kongress vorgestellt. Das dort von ihm Aetherophon genannte Instrument erzeugte die Tonhöhe bereits durch Handbewegungen in der Luft, die Lautstärke kontrollierte er aber noch durch ein Pedal.^[20] Im Gegensatz zu den anderen elektrischen Musikinstrumenten der Zeit setzte Termen dabei nicht auf eine [Klaviatur](#) zur Bedienung, sondern auf eine neuartige Form der Interaktion mit den Händen in der Luft.^[3] Bis 1923 hatte Termen sein Instrument so weit entwickelt, dass auch die Lautstärke per Handbewegung in der Luft gesteuert werden konnte, er selbst nannte es nun Thereminvox. Während frühe Exemplare noch über Kopfhörer oder Trichter funktionierten, war Mitte der 1920er die Technik so weit, dass sich auch Lautsprecher anschließen ließen.^[20] Seit 1929 umfasste das Theremin vier statt vorher drei Oktaven.^[21]

Termen entwickelte in diesen Jahren in Russland andere Instrumente, die Musik mit Farben, Licht, oder Gerüchen kombinierten.^[19] Dem Theremin ähnliche Instrumente, die sich in ihrer Handhabung eher an traditionelle Instrumente anlehnten, waren das [Trautonium](#) von 1930, ebenso ein rein elektrisches Gerät wie die [Ondes Martenot](#) von 1923.^[22] Der italienische Futurist [Luigi Russolo](#) entwickelte 1914 mehrere Dutzend (teils elektro-) mechanische Synthesizer, die [intonarumori](#).^[23] Insbesondere die mit einer Klaviatur spielbaren Ondes Martenot wurden dabei in den folgenden Jahrzehnten oft als Ersatz für das Theremin eingesetzt, da sie einfacher zu spielen sind und in größerer Stückzahl vorhanden waren. Von 1927 stammt das [Dynaphone](#), das [Edgar Varèses](#) enger Freund [René Bertrand](#) entwickelte.^[22] Bereits 1929 wurde auch in Deutschland ein „Aetherophon“ von der Firma [Koch & Sterzel](#) in [Leipzig](#) hergestellt, das aber vermutlich eine Pedalsteuerung für die Lautstärke hatte. Ebenfalls in dieser Zeit entwickelte [Jörg Mager](#) (der das Ätherwelleninstrument um ein Griffbrett erweiterte) das [Sphärophon](#), der sich in der [Zeit des Nationalsozialismus](#) unruhlich damit hervortat, das Theremin als „jüdisch“ zu denunzieren.^[24]

Frühe Jahre



Lew Termen mit Instrument, Trio für Theremin, Klavier und Gesang, 1924

Original-Prof. Theremin Ensemble
Aetherwellen - Musik.

PROGRAMM.

1. Einleitender Vortrag.		
2. a) „Romance“	Vatetsky - Labbe	A. Denza
b) Polme	Kalozsky	Fiebich
c) Gebet aus „Tosca“	Labbe	Puccini
d) Ekstase		L. Ganne
e) Bearbeitung des Wälgeliedes	Kalozsky - Labbe	arrang. v. Lewin
P A U S E		
a) Lied ohne Worte	Kalozsky - Labbe	Mendelssohn
b) Fragment aus „Fingerring“	Labbe	Verdi
c) Die Nacht	Kalozsky	A. Rabinstein
d) Duett aus „Figue Dame“	Kalozsky - Labbe	Tschikowsky
e) Barcarole aus „Holländers Erählungen“	Kalozsky - Labbe	Offenbach
f) Spanisches Volkslied „Ay — ay — ay“	Labbe	
g) Walzer aus Ballet „Doornröschen“	Kalozsky - Labbe	Tschikowsky

3. Dem Publikum wird Gelegenheit gegeben, das Spielen selbst zu versuchen.

Programmbestimmungen vorbehalten.

Ausführende:
W. Kalozsky | Theremin-Apparate
A. Labbe |
Am Flügel: Herr Taubmann.

Druck: P. Reimer, Berlin, W. Reimer

Programmzettel des Original Prof. Theremin-Ensembles.
Bad Pyrmont, ca. 1929



RCA-Theremin des brit. Alleinunterhalters Musaire

Das Instrument stieß anfangs auf begeisterte Rezeption. Es schien [Fortschritt](#) und Zukunft zu verkörpern. [Lenin](#) zeigte sich begeistert. Nach Termen selbst begann der Geiger [Konstantin Kowalski](#), regelmäßig auf dem Instrument zu spielen und dabei sowohl klassisches Repertoire als auch extra komponierte Stücke aufzuführen. [\[19\]](#) Termen, das Instrument und das musikalische Wunderkind [Clara Rockmore](#) reisten als Botschafter des sozialistischen Fortschritts durch Europa, wo sie das Konzertpublikum faszinierten. [\[25\]](#) Nachdem Termen sich mehrere Jahre lang vergeblich um ein [Patent](#) in Westeuropa bemüht hatte, gelang es ihm, dieses nach einer Showreise in die USA zu bekommen. [\[6\]](#) Rockmore, die auch als „Hohepriesterin des Theremins“ bezeichnet wurde, inszenierte ihre Auftritte als [séanceartige](#) Veranstaltungen, in denen sie mit großer Virtuosität ein vergleichsweise konventionelles Programm spielte (Werke von [Strawinsky](#), [Ravel](#), [Tschaikowski](#)). [\[9\]](#)

1927 demonstrierte Lew Termen sein Gerät erstmals in Deutschland und reiste anschließend in die USA, wo er vermögende [Mäzene](#) fand und 1928 für das Theremin ein [Patent](#) erhielt. [RCA](#) baute 1928 ein 3½-Oktaven-Theremin [\[9\]](#) auf Basis von Vakuumröhren in großen Stückzahlen und wollte damit einen Massenmarkt erobern. Die mehrere tausend Exemplare, die RCA und Lizenznehmer Ende der 1920er Jahre bauten, wurden als einfach zu spielendes Instrument für die ganze Familie vermarktet. Diesem Versuch war kein Erfolg beschieden, [\[6\]](#) insgesamt verkaufte RCA nur etwa 500 Exemplare. [\[9\]](#) Die „Aetherwellen-Musik“ des „Original Prof. Theremin-Ensembles“ mit W. Kalecky, A. Lubin und Martin Taubmann hatte zu dieser Zeit bei den nachweisbaren Aufführungen in Deutschland und der Schweiz durch die geschickte Präsentation mit einleitendem Vortrag, sehr populären Musikbeispielen (namentlich aus Opern und Volksliedern) und der anschließenden Einladung an das Publikum, das Spielen selbst zu versuchen [\[26\]](#) sowie über Radiobeiträge größere Bekanntheit erlangt. [\[27\]](#)

Während in [Leningrad](#) sich bereits in den 1920er Jahren klassische Komponisten mit dem Theremin beschäftigten, gelang der Durchbruch in der internationalen Musik mit [Joseph Schillingers](#) *First Airphonic Suite*, die 1929 in [Ohio](#) ihre Uraufführung erlebte. [\[28\]](#) Andere Komponisten folgten: [Henry Cowell](#), [Edgar Varèse](#) (*Ecuatorial*), [Percy Grainger](#) und [Leopold Stokowski](#) schrieben Stücke für das Theremin, wobei der Australier Grainger seine Wahl beispielsweise im *Statement for Free Music* damit begründete, dass es absurd sei, im Zeitalter des Fliegens zu leben und musikalisch immer noch an Noten und Töne gebunden zu sein. Mit dem Theremin wollte er die Einschränkungen klassischer Instrumente überwinden. [\[25\]](#) Andere hofften, im Theremin den Start einer Entwicklung zu sehen, die Musiker und ihren Einfluss auf die Wiedergabe einer Komposition am Ende ganz zum Verschwinden brächte und die reine Komposition übrig ließe. [\[24\]](#) Während Rockmore es verstand, mit ihrer Virtuosität Konzertsäle zu füllen, verschrieb sich insbesondere die Interpretin [Lucie Bigelow Rosen](#) der *Neuen Musik*. Trotz ihrer weniger virtuoson Beherrschung des Instruments (außer einer kürzlich entdeckten Pop-Single [\[29\]](#) werden ihre Aufnahmen von den Erben unter Verschluss gehalten) war sie zeitgenössischen Quellen zufolge neben Rockmore wegen ihrer regen Werbe- und Konzerttätigkeit die zweite große Virtuosa des Instruments. [\[30\]](#) Sie war durch die Ehe mit dem Bankier [Walter Rosen](#) mit

finanziellen Mitteln ausgestattet, kümmerte sich als Organisatorin und Mentorin um Neue Musik allgemein wie um Lew Termen im Besonderen. Bigelow Rosen beauftragte unter anderem [Bohuslav Martinů](#) und [Joseph Achron](#), Werke für sie und das Theremin zu schreiben.[31]

Einen letzten großen Auftritt erlebte das Instrument 1932. In diesem Jahr musste die [Pariser Oper](#) die Polizei rufen, um der Zuschauermassen Herr zu werden, die eine Theremin-Vorführung sehen wollten.[25] In den USA versuchte Termen der schwindenden Begeisterung für das Instrument mit einer *Theremin Electrical Symphony* abzuwehren, bei der insgesamt 16 Theremine und verwandte Instrumente in der New Yorker [Carnegie Hall](#) auftraten.[28]

Im Deutschland des Nationalsozialismus galt das Theremin als „jüdisches Instrument“, unter anderem da das von Juden geführte Unternehmen M. J. Goldberg und Söhne die Interessen Lew Termens in Deutschland wahrnahm. Im Jahr der Olympischen Spiele 1936 kam es dennoch zu einem öffentlichen Auftritt des Instruments. Der [Völkische Beobachter](#) zeigte sich von einer Vorführung in München begeistert. Dabei konnte Bigelow-Rosen nur in diesem Jahr der Olympischen Spiele in Deutschland auftreten, da die Deutschen der mit dem jüdischen Bankier Walter Rosen verheirateten Frau sonst keine Auftrittsgenehmigung gegeben hätten.[24] Auch ästhetisch passte das Theremin nicht in die damalige Kulturpolitik; was Anhänger als übernatürlich und sphärenhaft beschrieben, klassifizierte die NS-Kulturpolitik als unnatürlich und verzerrt.[24]

Trotz dieses frühen Enthusiasmus konnte sich das Instrument nicht in der breiten Bevölkerung durchsetzen. Entgegen ersten Hoffnungen stellte sich das Theremin als außerordentlich schwierig zu spielen heraus, dessen musikalische Beherrschung hohe Virtuosität voraussetzte.[24] In den frühen 1930er Jahren erlahmte die Begeisterung für das Instrument. [Wirtschaftskrise](#) in den USA und [Zweiter Weltkrieg](#) standen der weiten Verbreitung der Innovation entgegen. Termen verschwand unter mysteriösen Umständen 1938 aus den USA, um wenig später im sowjetischen Lagersystem wieder aufzutauchen.[32] In der Sowjetunion verhinderte eine zunehmend avantgardefeindliche Kulturpolitik die Beschäftigung mit dem Instrument und sein Einsatz blieb für die nächsten Jahrzehnte vorwiegend auf einige Nischen beschränkt. Viele Kompositionen und vor allem die aufgeführten Stücke wussten kaum von den Möglichkeiten des Instruments Gebrauch zu machen, zur Aufführung kamen vor allem Stücke, die sich problemlos auch mit einer Geige oder einem Cello hätten wiedergeben lassen.[9]

[John Cage](#), der elektronische Avantgardemusik für die folgenden Jahrzehnte stark beeinflusste, verzichtete bewusst auf den Gebrauch des Theremins. Wie er in seinem *CRoto* von 1937 schrieb, hatten die Thereministen durch einseitige Verwendungen eines klassischen und traditionellen [Repertoires](#) bereits die musikalisch-revolutionären Möglichkeiten des Theremins zerstört, so dass Cage für seine Stücke auf elektronische Geräte setzte, die nicht als Musikinstrument konzipiert worden waren:[33]

“Theremin provided an instrument with genuinely new possibilities, Thereminists did their utmost to make the instrument sound like some old instrument, giving it a sickingly sweet vibrato, and performing upon it, with difficulty, masterworks from the past [...] Thereminists act as censors, giving the public those sounds they think the public will like”

„Theremin lieferte ein Instrument mit echten neuen Möglichkeiten, Thereministen taten alles, um das Instrument wie ein altes Instrument klingen zu lassen, sie gaben ihm ein widerlich süßes Vibrato und spielten, mit Schwierigkeiten, alte Meisterwerke. [...] Thereministen handeln wie Zensoren, indem sie der Öffentlichkeit die Klänge geben, von denen sie glauben, dass sie der Öffentlichkeit gefallen.“

– John Cage: *CRoto*[34]

Im Jahre 1965 jedoch gab Cage bei [Robert Moog](#) (dem [Terpsiton](#) ähnliche) Theremine für seine Komposition *Variations V* in Auftrag. Diese wurden von Tänzern auf der Bühne durch ihre Bewegung bedient und regelten auf diese Weise die Aussteuerung von Tonbandgeräten im Orchestergraben.[35]

Science-Fiction-Filmmusik

Eingesetzt wurde und wird das Theremin vielfältig. Neben den Kompositionen speziell für das Theremin wurde es oft für Filmmusik verwendet, zum Beispiel erstmals bereits 1931 von [Dmitri Schostakowitsch](#) für den sowjetischen Film *Odna – Allein* sowie von [Gawriil Popow](#) für den Dokumentarfilm *Komsomol – Förderer der Elektrifizierung* (1932), bei dem wiederum Kowalski das Theremin spielte.[19]

Nachdem der Enthusiasmus für das Theremin als konzertantes Musikinstrument durch den Zweiten Weltkrieg erlahmte, begann sich ab 1945 ein neuer populärer Einsatzzweck zu etablieren: als Erzeuger unheimlicher Musik und gänsehautauslösender musikalischer Effekte in Spuk- und Science-Fiction-Filmen.[36] Dabei hatte das Theremin bereits einige Auftritte in Vorkriegs-Filmen, etwa in *King Kong und die weiße Frau* (1933) oder *Frankensteins Braut* (1935), nahm in diesen [Soundtracks](#) jedoch nur eine Nebenrolle ein.[37]

In [Hollywood](#) wurde das Theremin besonders für die Darstellung außergewöhnlicher psychischer sowie übernatürlicher Zustände verwendet. Der erste, der das Instrument prägnant und deutlich hörbar einsetzte, war der Komponist [Miklós Rózsa](#) in *The Lost Weekend* (*Das verlorene Wochenende*) von [Billy Wilder](#) und in der oscarprämierten Filmmusik zu *Spellbound* (*Ich kämpfe um dich*) von [Alfred Hitchcock](#), die beide 1945 entstanden. Für die Interpretation dieser beiden Soundtracks ebenso wie für fast alle späteren Science-Fiction-Soundtracks zeigte sich der Arzt und Thereminist [Samuel Hoffman](#) als Solist verantwortlich. Insbesondere das von Hoffman veröffentlichte Album *Music Out of the Moon* erreichte dabei viele hunderttausend Hörer und flog Jahre später mit *Apollo 11* auf den Mond.[38] Besonders prominent als Soloinstrument gelangte das Theremin mit den Science-Fiction-Filmen der 1950er Jahre ins Kino.[37] In *Das Ding aus einer anderen Welt* aus dem Jahr 1951 steht das Theremin für den unheimlichen und möglicherweise bedrohlichen Außerirdischen. [Bernard Herrmanns](#) Soundtrack zu *Der Tag, an dem die Erde stillstand* setzt stilistisch auf einen ähnlichen Soundtrack wie *Das Ding*, Rotuziert und konzentriert diesen aber weiter, so dass das Theremin stärker in den Fokus gerät.[38] In *Gefahr aus dem Weltall* (1953, Soundtrack von [Irving Gertz](#), [Herman Stein](#) und [Henry Mancini](#)) nehmen die Vibrati von Theremin und Orgel eine zentrale Rolle im Soundtrack neben schrill eingesetzten Streichern, einem energetischen Bass und Harfen-Glissandi ein.[39]

Nachdem das Theremin in den 1940er und 1950er Jahren vor allem eingesetzt wurde, um Autorität und Bedrohung von außen auszudrücken, war es in den späten 1950er und 1960er Jahren bereits so etabliert, dass es parodiert wurde und für komische Effekte diente. Im Film *The Delicate Delinquent* von [Frank Tashlin](#) aus dem Jahr 1957 mit [Jerry Lewis](#) in der Hauptrolle entdeckt dieser in einem leerstehenden Büro ein Theremin und experimentiert damit einige Zeit herum. In der [Sitcom](#) *Mein Onkel vom Mars* kann der titelgebende Onkel und Marsmensch unter anderem seine Antennen aus- und einfahren. Dies wird in der Serie von Thereminmusik begleitet.[40]

Im Fernsehen war das Theremin in den 1960er Jahren vor allem durch Science-Fiction-Sendungen präsent, so spielte es eine prominente Rolle in [Dominic Frontieres](#) Soundtrack der Fernsehserie *Outer Limits – Die unbekannte Dimension*, ebenso wie einige Jahre später im Soundtrack zur Serie *Verschollen zwischen fremden Welten*. [41]

Moog-Theremin und Popmusik Mitte des 20. Jahrhunderts



Innenleben eines modernen Theremins



Obwohl mit einem [Elektro-Theremin](#) gespielt, weckte [Good Vibrations](#) weltweites Interesse am Theremin.

In den 1950er Jahren entwickelte sich der Thereminbau zu einem beliebten Hobbyprojekt für Bastler und Elektroniktüftler. Bausätze waren ebenso im Handel erhältlich wie Bauanleitungen, die in einschlägigen Zeitschriften wie [Radio Craft](#) und [Radio News](#) abgedruckt wurden.[42] Einer dieser Bastler war der damals jugendliche [Robert Moog](#). Dieser bastelte seit seinem 15. Lebensjahr Theremine als Hobby zusammen.[43] Mit 19 begann er, selbst Artikel über das Theremin zu veröffentlichen, und gründete zusammen mit seinem Vater die R. A. Moog Co., die aus dem Keller heraus per Mailorder Theremine und Bausätze an andere Hobbyisten verkaufte. Als Student an der [Columbia University](#) baute er Theremine in seiner Freizeit zusammen und verkaufte sie weiter, um so das Studium mit zu finanzieren.[44]

Moog begann, sich mit dem Instrument intensiv auseinanderzusetzen, und ersetzte schließlich die Vakuumröhren des Termen-Theremins durch die damals neue [Transistor](#)-Technik für das Theremin. Das Gerät verkleinerte und verbilligte sich so erheblich. Aufgrund veränderter physikalischer Voraussetzungen war es nun auch möglich, andere Eingabegeräte zu benutzen, um das Theremin zu steuern.[45] Moog erweiterte den Tonumfang des Instruments auf fünf Oktaven und begann, es für experimentelle Musik wie die Stücke [John Cages](#) einzusetzen.[28]

Aus diesen Ansätzen entwickelte er den [Moog-Synthesizer](#), der die elektronische Musik revolutionierte; nachdem Moog sich zeitweise von dessen Produktion trennte, produzierte er seit den 1990er Jahren wieder Theremine, [Moog Music](#) ist heute der weltgrößte Thereminhersteller.[46]

Das erneuerte Theremin fand seinen Einzug in die Popmusik. Die [Beach Boys](#) benutzten 1966 für [Good Vibrations](#) das [Tannerin](#), eine (nicht mehr berührungslose) Theremin-Variante mit Bandmanual, die das Instrument weltweit in die Charts brachten,[20] und für neu erwachtes Interesse am Instrument auch bei anderen Profi- und Hobbymusikern sorgte.[47] Ein Jahr später schuf [Captain Beefheart](#) mit [Electricity](#) einen der ersten Songs des [Psychedelic Rocks](#), unter prägnantem Einsatz eines Theremins.[48] Einen zweiten Welterfolg hatte das Instrument in der [Led-Zeppelin](#)-Aufnahme [Whole Lotta Love](#) von 1969, in dem ein sirenenartig von [Jimmy Page](#) gespieltes Theremin die Gitarrenarbeit ergänzt.[20] [Lothar and the Hand People](#) bauten 1965 das Instrument fest in ihr Instrumentarium ein.

Renaissance seit den 1990er Jahren



Big-Briar-Theremin im klassischen Look von 1991

Nach den Höhepunkten in den 1960er Jahren verschwand das Theremin für einige Jahrzehnte aus der breiteren Öffentlichkeit. Gelegentliche Filmeinsätze wie 1978 in [Teufelskreis Alpha](#) lassen sich vor allem als Referenz an frühere Filme erkennen.[51]

Nachdem das Theremin seit den 1970er Jahren aus dem Bewusstsein der Öffentlichkeit weitgehend verdrängt war, begann in den 1990er Jahren eine kleine Renaissance. Nach der [Perestroika](#) wurde es in Russland wieder möglich, sich mit der künstlerischen Avantgarde des frühen 20. Jahrhunderts zu befassen. 1988 komponierte [Brian Eno](#) das Stück [For her Atoms](#), das Termens Großnichte Lidija Kawina aufnahm.[52] 1992 richtete das [Moskauer Konservatorium](#) ein Theremin-Zentrum ein.[36] Termen selbst war wieder in der Lage, ins Ausland zu reisen. Der amerikanische Filmemacher [Steven Martin](#) vermittelte eine US-Reise Termens,[32] die ihn mit [Clara Rockmore](#) zusammenbrachte und zu einem gemeinsamen Auftritt führte.[52] Ein Jahr später erschien Martins Dokumentarfilm [Theremin: An Electronic Odyssey](#) über Termen und das Theremin, der unter anderem den Preis für den besten Dokumentarfilm beim [Sundance Film Festival](#) 1994 gewann und so weltweit Interessierte auf das Instrument und seine Geschichte aufmerksam machte.[36]

Zum hundertsten Geburtstag Lew Termens 1996 gab es in Russland Feierlichkeiten und weltweit Ehrungen und Retrospektiven, die das gerade beginnende Interesse verstärkten. Während diese sich vor allem an

Wissenschaftler und Profimusiker wendeten, begannen seit den späten 1990er Jahren auch verstärkt Amateure das Instrument zu entdecken. Neben der Wiederverwendung im Film trug dazu auch das [Internet](#) bei, in dem sich seit den späten 1990er Jahren sowohl Bauanleitungen für einfache Theremine fanden, als auch Spielanleitungen und Musikbeispiele.[\[36\]](#)

Der Technik- und Musikhistoriker [Hans-Joachim Braun](#) erklärt diese Rückkehr des Theremins unter anderem mit dem „performativen Turn“, die Ablösung einer Textkonzentration in der Kultur hin auf eine verstärkte Gewichtung der Aufführung, wie sie sich in verschiedenen Kunststilen des späten 20. Jahrhunderts findet, aber auch in neuerer Musik. Das berührungslose Theremin sei bei dieser Art von Aufführungen besonders effektiv. Zudem sei es das einzige Instrument, das in neuerer Zeit erfunden wurde, das eine komplett neue und andere Spieltechnik erfordert als traditionelle Instrumente. Demzufolge würden auch viele Popbands das Theremin vor allem bei Liveauftritten einsetzen, wo es besonders effektiv sei.[\[53\]](#) Komponist und Musiker [Bob Ostertag](#) wiederum sieht die kleine Theremin-Renaissance als Gegengewicht zur Dominanz des [Laptop-Computers](#), die die elektronische Musik immer weiter entkörperlicht habe, so dass sich für das Publikum kein Zusammenhang mehr zwischen den Bewegungen des Künstlers und der erzeugten Musik herstellen lasse.[\[54\]](#)

Ebenfalls auffallend sei laut den beiden die Re-Mystifizierung und Re-Ritualisierung westlicher Kultur, die seit den 1970er Jahren und der [New-Age](#)-Kultur eingesetzt habe. Die Aufführungen von Clara Rockmore wurden oft als séanceartig beschrieben, sie selbst galt als „Hohepriesterin des Theremins.“ Auch biete sich das Theremin mit seiner berührungslosen, magisch scheinenden, Spielweise ebenso an, wie durch die vom Theremin erzeugten Töne, die oftmals als geisterhaft oder unwirklich beschrieben werden. Der minimalistische und oft dem Singen ähnliche Ton mache das Theremin besonders geeignet für ruhige, [meditative](#) Musik.[\[53\]](#)

Auch spiegele sich im Theremin sowohl die Aufbruchsstimmung des [Modernismus](#) der 1920er Jahre wider als auch eine bestimmte [romantische](#) und stark ästhetisierte Vorstellung von Technik, die es heute kaum noch gebe. Junge Interpreten würden dabei sowohl vom Zukunftsoptimismus angezogen, den das Theremin damals ausstrahlte auch von der [nostalgischen](#) Rückbesinnung auf eine Zeit, als Technik sich noch mit ästhetischen Idealen der Romantik verbinden konnte.[\[13\]](#)

Auch in die Filmmusik kehrte das Theremin zurück und begleitete dabei ein generelles neues Interesse an den Science-Fiction-Filmen der 1950er und 1960er Jahre. Der von [Howard Shore](#) komponierte Filmsoundtrack zu [Ed Wood](#) von 1994 enthält ein prominent eingesetztes und von Lidija Kawina gespieltes Theremin.[\[36\]](#) Nach 1994 griffen verschiedene Filme den Instrumenteneinsatz auf: [Mars Attacks](#) (1996) enthält Stücke, in denen ein Theremin und [Ondes Martenot](#) vorkommen.[\[36\]](#) [Charlie und die Schokoladenfabrik](#) (2005) von [Danny Elfman](#) benutzt das Instrument, auch [Der Maschinist](#) (2004). Besonders übertrieben zum Einsatz kommt es im Film [11:14](#), in der Filmmusikkomponist [Clint Mansell](#) zu den alltäglichsten und bizarrsten Szenerien die höchsten und tiefsten Töne des Theremins verwendet und somit einen [Verfremdungseffekt](#) erzielt.

Das Theremin stand 2007 auf der Liste der *TEC Hall of Fame*, die von der [TEC Foundation for Excellence in Audio](#) 2004 ins Leben gerufen wurde und Produkte und Erfindungen ehren und würdigen soll, die maßgeblich zum Fortschritt der Audiotechnik beigetragen haben.[\[55\]](#)

Heutige Verwendung

Neue Musik



[Barbara Buchholz](#) (1959–2012) spielt auf einem TVox von G. Pavlov

In der Gegenwart tritt [Lidija Kawina](#), die Großnichte Termens, die bei ihm das Thereminspiel gelernt hat, als führende Virtuosin auf dem Theremin auf. Ihre 1999er-Veröffentlichung *Music from the Ether* sammelte wichtige Kompositionen und Stücke neuerer Zeit.[56] Die Deutsche [Barbara Buchholz](#), ehemalige Schülerin von Kawina, arbeitete weiterhin mit dieser zusammen, ging aber auch eigene Wege, z. B. mit einem Theremin, das über [MIDI Samples](#) aufrufen kann. Von Buchholz und Kawina gemeinsam erschien 2006 *touch! don't touch!*, für das zeitgenössische Komponisten dazu gewonnen wurden, für das Theremin zu komponieren.[56]

Weitere konzertant tätige Thereministen sind [Pamelia Stickney](#) und [Rob Schwimmer](#), [Dorit Chrysler](#), und [Carolina Eyck](#).

Komponisten, die für das Theremin schreiben, sind [Kalevi Aho](#), [Jorge Antunes](#) und [Kyoshi Furakawa](#).[36] [Christian Wolff](#) veröffentlichte im Jahre 2000 seine *Exercise 28* für Theremin, [Violine](#), [Horn](#) und [Kontrabass](#).

Das Theremin wird auch im [Musiktheater](#) eingesetzt, z. B. in [Olga Neuwirths Oper](#) *Bählamms Fest*[36] oder [John Neumeiers Ballett](#) *Die kleine Meerjungfrau*.

In der Kunst nutzt es beispielsweise der [Multimedia-Künstler Eric Ross](#), der ein Theremin mit MIDI-Ausgang einsetzt.[36] Der Komponist [Alvin Lucier](#) arbeitet im Grenzbereich von Naturwissenschaft und Kunst, sein Werk konzentriert sich auf akustische Phänomene der Tonwahrnehmung des Publikums, seine Vorführungen erinnern oft mehr an Physikerunterricht als an einen Bühnenauftritt.[56]

Populäre Musik



Ein Mitglied der schwedischen Band [Detektivbyrå](#)

Einige Musiker der [populären Musik](#) spielen das Instrument oder setzen es regelmäßig in ihren Stücken ein. [Adrian Stout](#), Mitglied bei der 'Brechtian Street Opera' Band [The Tiger Lillies](#), spielt das Theremin. Das Theremin wird auch bei Musikstücken des deutschen Musikprojekts [Qntal](#) verwendet. Die [Minimal-Electro](#)

Band [Welle: Erdball](#) benutzt das Theremin bei diversen Musikstücken und setzt es auch bei Live-Auftritten ein. In der griechischen Band [Mani Deum](#) spielt Panos Tsekouras das Theremin.

Der französische Musiker [Jean-Michel Jarre](#) setzt das Theremin bei einigen seiner Stücke ein. So spielt er beim Konzert *Jarre in China* oder *Oxygene in Moscow* auf einem MOOG-Theremin – Big Briar Series 91. Er spielte das Theremin auch in [Danzig in Polen](#) auf seinem Konzert, das zum Gedenken der [Solidarność](#) stattfand. Auch bei seiner Tournee 2010 wird es in einem Stück eingesetzt. Der italienische Komponist elektronischer Musik [Jean Ven Robert Hal](#) nutzt das Theremin in *Laser Hal 1 (Part 1)*.

In Stücken von [Tom Waits](#) trifft man immer wieder auf das Theremin, sowohl integriert in Einzelnummern als auch als Teil des Orchesters bei diversen Musiktheaterstücken wie *Alice*. Bei den Aufführungen im [Hamburger Thalia Theater](#) wurde es dabei von Lidija Kawina gespielt.[53]

Auch Jon Spencer von der ehemals gleichnamigen [Blaus Explosion](#) setzt das Theremin immer wieder ein, besonders häufig bei Liveauftritten, nutzt es dort aber eher als Effektgerät denn als Musikinstrument.

Die französische Sängerin und Komponistin [Émilie Simon](#) wird bei ihren Auftritten häufig von dem IRCAM-Dozenten und -Forscher [Cyrille Brissot](#) mit verschiedenen experimentellen Instrumenten, darunter auch ein Laser-Theremin, unterstützt.

Die [australische Elektronik-/Crossover](#)-Band [Angelspit](#) setzt bei ihren Live-Auftritten ein [Doepfer-A-178](#)-Theremin-Modul mit einem entsprechenden [modularem Synthesizer](#) ein.

Die australische Postrock-Band [Heirs](#) setzte bereits früh auf Live-Konzerten das Theremin ein. Heute ist es fester Bestandteil ihres mystischen, unheimlichen Gesamtsound.

In seinem Projekt *Seerosenteich* (2012) setzt auch [Philipp Poisel](#) ein Theremin in einem Stück ein.

[Sting](#) spielte auf der Tournee mit Orchester (2010) beim Titel *Moon Over Bourbon Street* von der CD *Live In Berlin* auf einem Theremin.

Für die [Doom-Metal](#)-Band [Giant Squid](#) spielt Sänger und Gitarrist Aaron Gregory auch das Theremin.

Die französische Sängerin [Zaz](#) spielte selbst ein Theremin in mehreren Songs bei ihren Live-Tourneen 2016 und 2019.

Neben dem Saxofon beherrscht Sänger Angelo Moore von [Fishbone](#) das Theremin, das etwa in dem Song *Just Allow* zum Einsatz kommt.[57] Der Song befindet sich auf dem Album „*Fishbone and the Familyhood Nextperience Present: The Psychotic Friends Nuttwerx*“ aus dem Jahr 2000.

Die deutsche Dark-Rock-Band [Lord of the Lost](#) verwendet in mehreren Stücken ihres 2016 veröffentlichten Albums *Empyrean* ein Theremin und auch die deutsche Punkrock-Band [Pisse](#) verwendet das Instrument.

Jazz

Barbara Buchholz hat verschiedentlich das Theremin auch in den [Jazzkontext](#) eingeführt, beispielsweise in der Zusammenarbeit mit der [Jazz Bigband Graz](#). Auch Pamela Stickney improvisiert mit verschiedenen Jazz-Formationen, unter anderem mit [John Zorn](#), [Brad Mehldau](#) und [Ravi Coltrane](#). Keyboarder und Produzent [Travis Dickerson](#) setzt bei seinen Projekten regelmäßig ein Theremin ein (z. B. auf dem Album *Iconography* mit [Bryan Mantia](#), [Vince DiCola](#) und [Buckethead](#)).[58] Ebenso eingesetzt wird das Theremin von Gilda Razani in den Bands [The Dorf](#) und About Aphrodite.

Film

Im Musikfilm [Frank](#) spielt [Maggie Gyllenhaal](#) als Mitglied der fiktiven, experimentellen Band *Soronprfb*s ein Theremin.

Fernsehen

[Christopher Franke](#) verwendete ein Theremin für die Musik zum *Babylon-5*-TV-Film *Das Tor zur 3. Dimension*.

Die Musik zur englischen Krimiserie *Midsomer Murders* (dt. *Inspector Barnaby*) verwendet das Theremin (gespielt von [Celia Sheen](#)) fast durchgehend, besonders solistisch in der Titelmusik und dürfte somit die umfangreichste Anwendung in der Fernsehmusik sein.

Im Jahr 2009 nahm Barbara Buchholz mit dem Theremin beim *Supertalent* auf [RTL](#) teil. Sie schied im [Halbfinale](#) der Show aus.

In der vierten Staffel von *The Big Bang Theory* spielt der Protagonist Sheldon Cooper auf einem Theremin.[\[59\]](#)
[\[60\]](#)

In Episode 484 *Homer mit den Fingerhänden* (Staffel 22, Episode 20) der Serie *Die Simpsons* spielt [Milhouse van Houten](#) für Lisa Simpson auf dem Theremin. In Episode 327 *Rat mal, wer zum Essen kommt* (Staffel 15, Episode 14) spielt Artie Ziff auf dem Dachboden der Simpsons ein Theremin.

Auch in Staffel 3 der Serie *American Horror Story* mit dem Untertitel *Coven* benutzt die Hexe Myrtle Snow ein Theremin.

Berührungslose Instrumente mit anderen Steuermechanismen

In den 1990er Jahren entwickelte der russische Ingenieur [Georg Pawlow](#) ein Theremin, das sich durch [Infrarot](#)-Sensoren steuern ließ und so eine deutlich vereinfachte Konstruktion gegenüber den kapazitätsgesteuerten Thereminen aufwies.[\[50\]](#)

Auch wenn die Theremin-artige Steuerung die erste berührungslose Steuerung war, haben sich mittlerweile auch Instrumente etabliert, die ebenso berührungslos, aber technisch anders zu spielen sind. Oft haben diese Sensoren, die auf [Ultraschall](#) oder optische Reize reagieren. Einige Instrumenten arbeiten mit [Radar](#) oder [Mikrowellen](#). Teilweise ließen sich die Erfinder bei Idee, Gestaltung und Bedienung der Instrumente vom Theremin inspirieren.[\[67\]](#)

Optische Techniken der [Gestenerkennung](#) zur Musiksteuerung halten in den letzten Jahren auch in der Musik rapide Einzug, haben aber meist wenig oder nichts mit dem Theremin zu tun.[\[71\]](#)

Eine andere, „Foto-Theremin“ genannte Sonderform arbeitet mit [Fotozellen](#) und reagiert auf Schwankungen der Helligkeit. Solche Geräte sind meist etwas kleiner, und Techno-DJs setzen sie gelegentlich bei ihren Auftritten ein. Auch diese im Selbstbaubereich beliebten Instrumente werden als *optische Theremine* bezeichnet.

Die *Chimaera* etwa ist [polyphon](#) und basiert auf der Messung von [Magnetfeldern](#). Analog zur Theremin gibt es eine Distanzmessung, aber mit Hilfe des [Hall-Effekts](#). Mehrere gereifte lineare [Hall-Sensoren](#) erkennen die Bewegungen von [Dauermagneten](#), die an den Fingern getragen werden und zur Tonerzeugung genutzt werden; so bilden sie einen kontinuierlichen zweidimensionalen Interaktionsraum.[\[72\]](#)[\[73\]](#)[\[74\]](#)

Einige Synthesizer und Keyboards verwenden optische Steuermechanismen, um eine Tonhöhenmodulation ähnlich dem Theremin zu ermöglichen. Die Grooveboxen MC-505 bis MC-909 sowie die VA-76 von [Roland](#) haben einen sogenannten D-Beam-Sensor, wobei nur die MC-505 diesen zur Tonmodulation nutzen kann. Die britische [Trip-Hop](#)-Band [Portishead](#) erwähnt auf der Besetzung für das Album *Dummy* zwar ein „Thereman“, es wurde jedoch ein Roland SH-101 verwendet.[\[75\]](#) In anderen Songs der Gruppe wird das Theremin durch einen Moog-Synthesizer imitiert.

Einzelnachweise

1. Irina Aldoshina, Ekaterina Davidenkova: [*The History of Electro-Musical Instruments in Russia in the First Half of the Twentieth Century*](#). (Memento des [Originals](#) vom 18. Dezember 2011 im [Internet Archive](#)) ⓘ **Info:** Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis. (PDF; 3,8 MB) Proceedings of the Second Vienna Talk, Sept. 19–21, 2010, S. 51.
2. Leon S. Theremin, Oleg Petrishev: *The Design of a Musical Instrument Based on Cathode Relays*. In: *Leonardo Music Journal*. Vol. 6 (1996), S. 49.
3. Chris Salter, Peter Sellars: *Entangled: technology and the transformation of performance*. MIT Press, 2010, [ISBN 978-0-262-19588-1](#), S. 186.
4. Bob Ostertag: *Human Bodies, Computer Music*. In: *Leonardo Music Journal*. Volume 12, 2002, S. 13.
5. Nicholas Collins: *Live electronic music* in: Nick Collins, Julio d’Escriván (Hrsg.): *The Cambridge companion to electronic music* Cambridge University Press, 2007, [ISBN 978-0-521-86861-7](#), S. 39.
6. Chris Salter, Peter Sellars: *Entangled: technology and the transformation of performance*. MIT Press, 2010, [ISBN 978-0-262-19588-1](#), S. 187.
7. [How to play a scale on the theremin](#) Carolina talks Theremin
8. Trevor Pinch, Frank Trocco: *Analog Days: The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*. Harvard University Press, 2004, [ISBN 0-674-01617-3](#), S. 14.
9. Thom Holmes: *Electronic and experimental music: pioneers in technology and composition*. Taylor & Francis, 2008, [ISBN 978-0-415-95781-6](#), S. 20.
10. Patent [US1661058A](#): *Method of and apparatus for the generation of sounds*. Angemeldet am 5. Dezember 1925, veröffentlicht am 28. Februar 1928, Anmelder: Firm of M. J. Goldberg und Söhne G.m.b.H., Erfinder: Leo Sergejewitsch Theremin.
11. Joseph A. Paradiso, Neil Gershenfeld: *Musical Applications of Electric Field Sensing*. In: *Computer Music Journal*. Vol. 21, No. 2, Summer, 1997, S. 70.
12. Richard Brice: *Music engineering*. Newnes, 2001, [ISBN 0-7506-5040-0](#), S. 99.
13. Hans-Joachim Braun: *Pulled Out Of Thin Air? The Revival of the Theremin*. In: Karin Bijsterveld, José van Dijck: *Sound souvenirs: audio technologies, memory and cultural practices*. Amsterdam University Press, 2009, [ISBN 978-90-8964-132-8](#), S. 149.
14. Matthew Nicholl: [Good Vibrations](#). In: *Invention & Technology* Band 8, Nummer 4, 1993
15. Thom Holmes: *Electronic and Experimental Music*. Psychology Press, 2002, [ISBN 0415936446](#) S. 41 ([eingeschränkte Vorschau](#) in der Google-Buchsuche).
16. Richard Brice: *Music engineering*. Newnes, 2001, [ISBN 0-7506-5040-0](#), S. 1.
17. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 82.
18. Thom Holmes: *Electronic and experimental music. Pioneers in technology and composition*. Taylor & Francis, 2008, [ISBN 978-0-415-95781-6](#), S. 19.
19. Natalia Nesturkh: *The Theremin and Its Inventor in Twentieth-Century Russia*. In: *Leonardo Music Journal*. Vol. 6, S. 57–60, 1996, S. 57.
20. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 24.
21. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 33.
22. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 35.

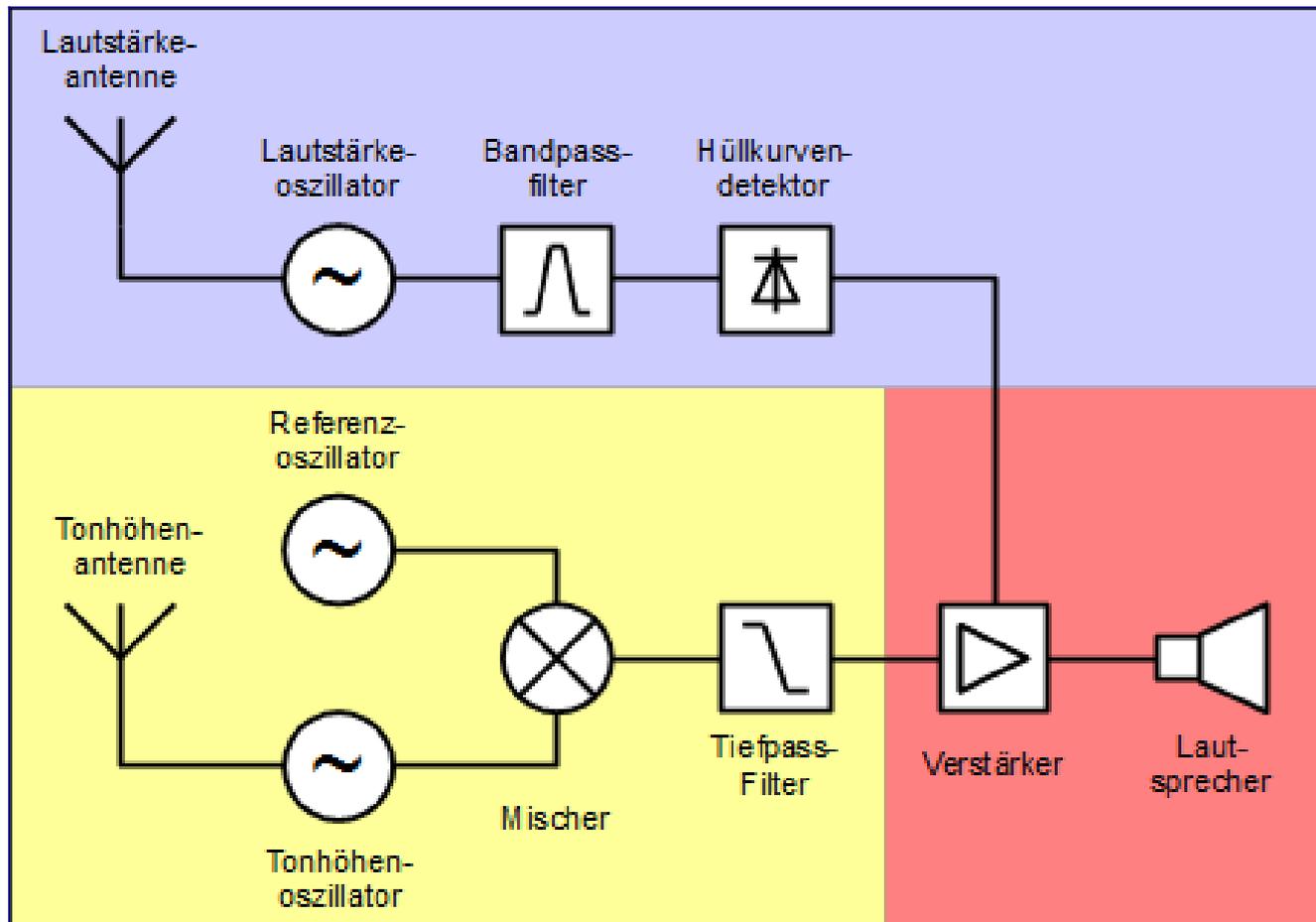
23. Trevor Pinch, Frank Trocco: *Analog Days: The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*. Harvard University Press, 2004, [ISBN 0-674-01617-3](#), S. 54.
24. Hans-Joachim Braun: *Pulled Out Of Thin Air? The Revival of the Theremin*. In: Karin Bijsterveld, José van Dijck: *Sound souvenirs. Audio technologies, memory and cultural practices*. Amsterdam University Press, 2009, [ISBN 978-90-8964-132-8](#), S. 143.
25. Hans-Joachim Braun: *Pulled Out Of Thin Air? The Revival of the Theremin*. In: Karin Bijsterveld, José van Dijck: *Sound souvenirs: audio technologies, memory and cultural practices* Amsterdam University Press, 2009, [ISBN 978-90-8964-132-8](#), S. 142.
26. Siehe Abbildung eines Programmzettels.
27. [Beispielhafte Ankündigung einer Aufführung in Aachen in Echo der Gegenwart 22. Januar 1929](#)
28. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 25.
29. [Youtube](#)
30. Thom Holmes: *Electronic and experimental music: pioneers in technology and composition* Taylor & Francis, 2008, [ISBN 978-0-415-95781-6](#), S. 21.
31. Thom Holmes: *Electronic and experimental music: pioneers in technology and composition* Taylor & Francis, 2008, [ISBN 978-0-415-95781-6](#), S. 21.
32. Peter Hitchcock: *Oscillate wildly. Space, body, and spirit of millennial materialism*. U of Minnesota Press, 1999, [ISBN 0-8166-3150-6](#), S. 182.
33. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 45.
34. zit. n. Nicholas Collins: *Live electronic music*. In: Nick Collins, Julio d'Escriván (Hrsg.): *The Cambridge companion to electronic music*. Cambridge University Press, 2007, [ISBN 978-0-521-86861-7](#), S. 39.
35. [theremin.info](#)
36. Hans-Joachim Braun: *Pulled Out Of Thin Air? The Revival of the Theremin*. In: Karin Bijsterveld, José van Dijck: *Sound souvenirs. Audio technologies, memory and cultural practices*. Amsterdam University Press, 2009, [ISBN 978-90-8964-132-8](#), S. 144.
37. Julio d'Escriván: *Electronic music and moving image*. In: Nick Collins, Julio d'Escriván (Hrsg.): *The Cambridge companion to electronic music*. Cambridge University Press, 2007, [ISBN 978-0-521-86861-7](#), S. 160.
38. Kristopher Spencer: *Film and television scores, 1950–1979: a critical survey by genre*. McFarland, 2008, [ISBN 978-0-7864-3682-8](#).
39. Kristopher Spencer: *Film and television scores, 1950–1979. A critical survey by genre*. McFarland, 2008, [ISBN 978-0-7864-3682-8](#), S. 171.
40. Jeffrey Sconce: *Haunted media. Electronic presence from telegraphy to television*. Duke University Press, 2000, [ISBN 0-8223-2572-1](#), S. 120.
41. Kristopher Spencer: *Film and television scores, 1950–1979. A critical survey by genre*. McFarland, 2008, [ISBN 978-0-7864-3682-8](#), S. 215.
42. Hans-Joachim Braun: *Music and technology in the twentieth century*. JHU Press, 2002, [ISBN 0-8018-6885-8](#), S. 70.
43. Trevor Pinch, Frank Trocco: *Analog Days. The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*. Harvard University Press, 2004, [ISBN 0-674-01617-3](#), S. 15.
44. Trevor Pinch, Frank Trocco: *Analog Days. The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*. Harvard University Press, 2004, [ISBN 0-674-01617-3](#), S. 16.
45. David John Cole, Eve Browning, Fred E. H. Schroeder: *Encyclopedia of modern everyday inventions*. Greenwood Publishing Group, 2003, [ISBN 0-313-31345-8](#), S. 118.

46. Jimmy Guterman: *Maximmog*. In: Mark Frauenfelder: *Make. Technology on Your Time*. O'Reilly Media, 2005, [ISBN 0-596-10081-7](#), S. 45.
47. Trevor Pinch, Frank Trocco: *Analog Days. The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*. Harvard University Press, 2004, [ISBN 0-674-01617-3](#), S. 87.
48. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 227.
49. *The Theremin and Its Inventor in Twentieth-Century Russia*. In: *Leonardo Music Journal*. Vol. 6, S. 57–60, 1996, S. 58.
50. Natalia Nesturkh: *The Theremin and Its Inventor in Twentieth-Century Russia*. In: *Leonardo Music Journal*. Vol. 6, S. 57–60, 1996, S. 59.
51. Kristopher Spencer: *Film and television scores, 1950–1979. A critical survey by genre*. McFarland, 2008, [ISBN 978-0-7864-3682-8](#), S. 244.
52. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance. The evolution of sound in the electronic age*. Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 26.
53. Hans-Joachim Braun: *Pulled Out Of Thin Air? The Revival of the Theremin*. In: Karin Bijsterveld, José van Dijck: *Sound souvenirs. Audio technologies, memory and cultural practices*. Amsterdam University Press, 2009, [ISBN 978-90-8964-132-8](#), S. 147.
54. Bob Ostertag: *Human Bodies, Computer Music*. In: *Leonardo Music Journal*. Volume 12, 2002, S. 12.
55. [TECnology Hall of Fame 2007. NAMM Foundation](#), abgerufen am 12. August 2017.
56. Hans-Joachim Braun: *Pulled Out Of Thin Air? The Revival of the Theremin*. In: Karin Bijsterveld, José van Dijck: *Sound souvenirs. Audio technologies, memory and cultural practices*. Amsterdam University Press, 2009, [ISBN 978-90-8964-132-8](#), S. 145.
57. [Live-Auftritt von Fishbone mit dem Song Just Allow](#) Verwendung eines Theremins von Sänger Angelo Moore
58. [Travis Dickerson – Iconography](#)
59. Rebecca Küsters: [Theremin: Das Instrument, das Töne aus dem Nichts erzeugt](#). In: Kurt. 18. Oktober 2017, abgerufen am 21. Juni 2021.
60. [Galileo – Reality Check Big Bang – Theremin](#). 14. April 2014, abgerufen am 21. Juni 2021.
61. Mark J. Prendergast: *The ambient century: from Mahler to trance: the evolution of sound in the electronic age* Bloomsbury Publishing, 2000, [ISBN 0-7475-4213-9](#), S. 62.
62. [Matryomin](#)
63. Olivia Solon: [Artist Plays Theremin With a Jellyfish](#). Wired UK, 29. September 2010
64. Leon S. Theremin, Oleg Petrishev: *The Design of a Musical Instrument Based on Cathode Relays*. In: *Leonardo Music Journal*. Vol. 6 (1996), S. 50.
65. [Dynamic Visual Guides for Free-Gesture Musical Interaction](#). [Massachusetts Institute of Technology](#), abgerufen am 8. April 2010 (englisch).
66. Leila Hasan: [Visual Frets for a Free-Gesture Musical Interface](#). (PDF; 1 MB) [Massachusetts Institute of Technology](#), 3. Juni 2003, abgerufen am 8. April 2010 (englisch).
67. Joseph A. Paradiso, Neil Gershenfeld: *Musical Applications of Electric Field Sensing*. In: *Computer Music Journal*. Vol. 21, No. 2, Summer, 1997, S. 69.
68. [The Last Terpsitone on Earth](#) (Memento des [Originals](#) vom 20. November 2011 im [Internet Archive](#)) ⓘ
Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis. auf [thereminvox.com](#)
69. Joseph A. Paradiso, Neil Gershenfeld: *Musical Applications of Electric Field Sensing*. In: *Computer Music Journal*. Vol. 21, No. 2, Summer, 1997, S. 71.
70. Joseph A. Paradiso, Neil Gershenfeld: *Musical Applications of Electric Field Sensing*. In: *Computer Music Journal*. Vol. 21, No. 2, Summer, 1997, S. 84–87.

71. Sergi Jorda: *Interactivity and live computer music*. In: Nick Collins, Julio d'Escriván (Hrsg.): *The Cambridge companion to electronic music*. Cambridge University Press, 2007, [ISBN 978-0-521-86861-7](#), S. 98.
72. [Chimaera, the poly-magneto-phonic theremin](#). Abgerufen am 11. Oktober 2014 (englisch).
73. Hanspeter Portner: *CHIMAERA – The Poly-Magneto-Phonic Theremin – An Expressive Touch-Less Hall-Effect Sensor Array*. In: Baptiste Caramiaux, Koray Tahiroglu, Rebecca Fiebrink, Atsu Tanaka (eds.) (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Goldsmiths, University of London, London, United Kingdom 30. Juli 2014, S. 501–504 (englisch).
74. [Link](#). (PDF) (Nicht mehr online verfügbar.) Archiviert vom [Original](#) am 18. Oktober 2014; abgerufen am 11. Oktober 2014 (englisch).  **Info:** Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis.
75. [Interview mit Adrian Utley \(Portishead\)](#)

2. Schaltplan und Schaltungsbeschreibung

Funktionsweise



Blockschaltbild eines Theremins. Lautstärkensteuerung in blau, Tonhöhensteuerung in gelb und Tonwiedergabe in rot.

Theremine arbeiten nach dem Prinzip eines [kapazitiven](#) Abstandssensors. Die Hand des Spielers, der durch seine eigene Masse als [Erdung](#) fungiert, verändert über die jeweilige Elektrode („Antenne“) den LC-[Schwingkreis](#) eines [Oszillators](#): Er beeinflusst sowohl die [Frequenz](#) als auch die [Güte](#) des Schwingkreises, indem er den kapazitiven Anteil des Schwingkreises und dessen [Dämpfung](#) beeinflusst.

Bereits in den ersten Geräten wurde der Schwingkreis aus einer [Spule](#) und einem parallelgeschalteten [Kondensator](#) gebildet.[\[10\]\[1\]](#) Da die über die Antennen möglichen Kapazitätsänderungen sehr gering sind – sie liegen im [Picofarad](#)-Bereich – muss die [Grundfrequenz](#) des Schwingkreises deutlich oberhalb des hörbaren Bereichs liegen, um eine nennenswerte Frequenzänderung zu erzeugen. In den ersten Exemplaren wurde 500 kHz gewählt,[\[10\]](#) ein Bereich für die Grundfrequenz von 100 kHz bis 1 MHz ist typisch. Sie liegt mit diesen hohen Frequenzen weit außerhalb dessen, was der Mensch akustisch wahrnehmen kann.[\[11\]](#) Um diese Frequenzänderungen hörbar zu machen, [misch](#)t man das Signal des an der Antenne angeschlossenen Oszillator-Schwingkreises mit dem Ausgangssignal eines weiteren Oszillators fester Frequenz. Die Mischung erzeugt Summen- und Differenzfrequenzen; bei dem hörbaren Ton handelt es sich um die Differenzfrequenz aus variablem und festfrequentem Schwingkreis. Der nachgeschaltete [Verstärker](#) verstärkt die Differenzfrequenz und macht sie über einen Lautsprecher hörbar.

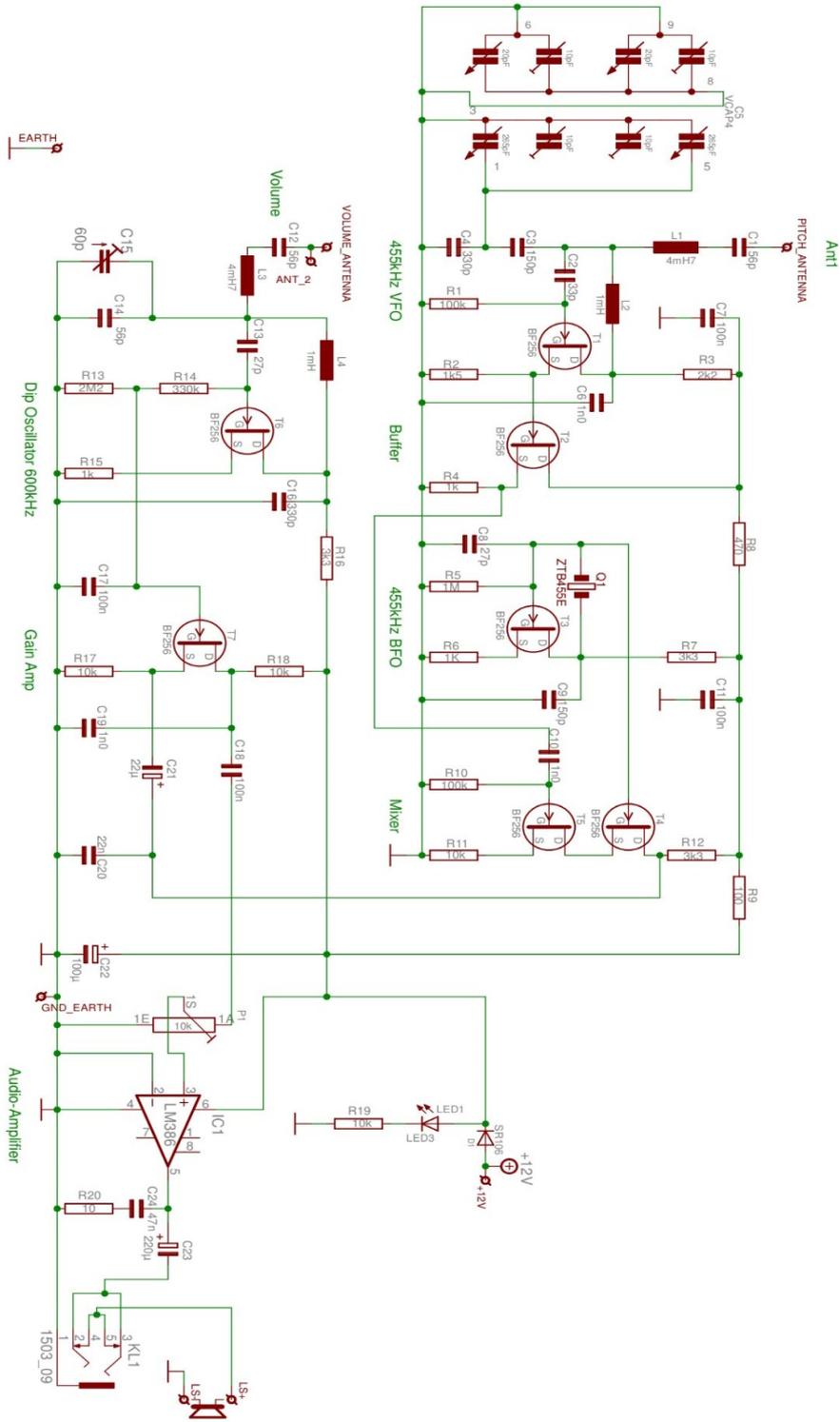
Um die Lautstärke steuern zu können, wird die Frequenz eines dritten Oszillators in eine [Spannung](#) gewandelt. Je näher der Spieler der Antenne kommt, desto niedriger wird die Frequenz des Oszillators und die als Steuergröße für die Lautstärke dienende Spannung.[\[12\]](#)

In der Originalversion war das Theremin mit [Röhrenoszillatoren](#) ausgestattet; dabei wurde eine [Tetrode](#) genutzt, um die Differenzfrequenz zu erzeugen. Moderne Theremine arbeiten vielfach mit kleineren und weniger durch die Umwelt beeinflussbaren [Transistoroszillatoren](#). Nach Termen entwickelte vor allem [Robert Moog](#) das Instrument weiter, auch in Varianten als Bausatz. Bauanleitungen erschienen in Zeitschriften und Elektronikbüchern.

Termens originales Theremin spielte fast reine [Sinustöne](#). Später ergänzte es Termen durch [Seitenbandfrequenzen](#), die eine reichere [Klangfarbe](#) erlauben, indem er mehrere Oszillatorpaare parallel schaltete.[10] Termens originales Instrument spielte in einem Tonbereich von etwa fünf [Oktaven](#). Es war in der Lage, Schwingungen zwischen 0 und 2000 [Hertz](#) zu erzeugen,[3] es kann jedoch angenommen werden, dass Frequenzen nur bis herab zu 60 Hz vom Lautsprecher wiedergegeben werden können.

Neuere experimentelle Theremine seit den 1980er Jahren sind in der Lage, Bewegung drei- und nicht nur zweidimensional zu verarbeiten. Seit den 1990er Jahren gibt es auch Theremine mit Datenausgängen, die an [Software](#) und [Computer](#) angeschlossen werden können, was ihre musikalischen Ausdrucksmöglichkeiten verstärkt.[13]

Schaltplan



3. Bauteileliste

<u>Anzahl</u> Nummerierung	Typ	Wert	Markierung	Spezifikation
1x R20	Widerstand	10 Ohm	Braun-Schwarz-Schwarz	Kohle; +/- 5%
1x R9	Widerstand	100 Ohm	Braun-Schwarz-Braun	Kohle; +/- 5%
1x R8	Widerstand	470 Ohm	Gelb-Violett-Braun	Kohle; +/- 5%
3x R4, R6, R15	Widerstand	1.0 kOhm	Braun-Schwarz-Rot	Kohle; +/- 5%
1x R2	Widerstand	1.5 kOhm	Braun-Grün-Rot	Kohle; +/- 5%
1x R3	Widerstand	2.2 kOhm	Rot-Rot-Rot	Kohle; +/- 5%
3x R7, R12, R16	Widerstand	3.3 kOhm	Orange-Orange-Rot	Kohle; +/- 5%
4x R11, R17, R18, R19	Widerstand	10 kOhm	Braun-Schwarz-Orange	Kohle; +/- 5%
2x R1, R10	Widerstand	100 kOhm	Braun-Schwarz-Gelb	Kohle; +/- 5%
1x R14	Widerstand	330 kOhm	Orange-Orange-Gelb	Kohle; +/- 5%
1x R5	Widerstand	1 Mohm	Braun-Schwarz-Grün	Kohle; +/- 5%
1x R13	Widerstand	2.2 Mohm	Rot-Rot-Grün	Kohle; +/- 5%
2x C8, C13	Kondensator	27 pF	<u>27</u> (or 27p)	Keramik
1x C2	Kondensator	33 pF	<u>33</u> (or 33p)	Keramik
3x C1, C12, C14	Kondensator	56 pF	<u>56</u> (or 56p)	Keramik
2x C3, C9	Kondensator	150 pF	<u>151</u> (or 150p)	Keramik
2x C4, C16	Kondensator	330 pF	<u>331</u> (or 330p)	Keramik
3x C6, C10, C19	Kondensator	1.0 nF	<u>102</u> (or 1n0)	Keramik
1x C20	Kondensator	22 nF	<u>223</u> (or 22n)	Keramik
1x C24	Kondensator	47 nF	<u>473</u> (or 47n)	Keramik
4x C7, C11, C17, C18	Kondensator	100 nF	<u>104</u> (or 100n)	Keramik
1x C5 (+Achse)	Drehkondensator	250 pF		2x125 p
1x C15	Kapazitäts- Trimmer	20...80 pF	-	
1x C21	Elko	22 µF		25...50V
1x C22	Elko	100 µF		25...50V
1x C23	Elko	220 µF		25...50V
2x L2, L4	Induktivität	1.0 mH	Braun-Schwarz-Rot	
2x L1, L3	Induktivität	4.7 mH	Gelb-Violett-Rot	
7x T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7	Transistor	BF256B	BF256B	N-Kanal JFET
1x D1	Diode	SR106		60V/1A
1x LED	LED	Blau	3mm, klar	rund
1x Q1	Keramik-Resonator	455 kHz		
1x IC1	Audio-Verstärker	LM386		
1x P1	Potentiometer	10 kOhm	Logarithmisch o. linear	6mm Achse
2x Drehknopf		6 mm		f. 6mm Achse
1x Ant1	Teleskop-Antenne	ca. 70 cm		
1x Ant2	Kupferrohr		4 mm x 0.5mm	½ Meter
3x Bu1, Bu2, Bu3	Bananen-Buchsen		2x schwarz; 1x gelb oder grün	
1x St1	Bananen-Stecker	gelb/grün		
1x Batterie-Halter	8xAA (Mignon)			
1x Kippschalter	1-polig Ein/Um	1P1T		6mm Bohrung
1x Zwillingsslitze	2x0,5mm ²		rot+schwarz	0,3m
1x Erdungskabel 2m	mit Schuko-Stecker			
1x Lautsprecher	LS1	ca. 57 mm	0.5W / 32 Ohms	
1x 3,5mm Klinkebuchse	Bu4	3,5 mm		mit Schaltkontakt
1x Platine	FR4, doppelseitig	160x50 mm		

4. Aufbauanleitung

4.1. Benötigtes Werkzeug

siehe auch: <http://www.ak-modul-bus.de/stat/laborzubehoer.html>

- Elektronik-LötKolben
- Elektronik-Lötzinn (0,5mm oder 0,7mm empfohlen)
- Elektronik-Seitenschneider
- Abisolierzange
- Schraubenzieher Schlitz/Kreuz
- Flachzange
- Bastel-Klebstoff für Lautsprecher



4.2. Hilfreiches Werkzeug und Hilfsmittel

siehe auch: <http://www.ak-modul-bus.de/stat/laborzubehoer.html>

- Abbiegelehre für Widerstände und Induktivitäten



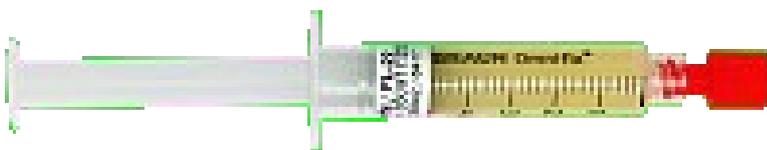
- Komponenten-Tester (zur Identifizierung der Bauteile)



- Silikon-Lötunterlage



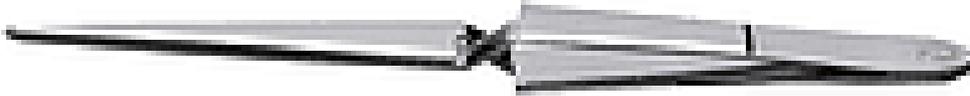
- Entlötlitze und Flussmittel



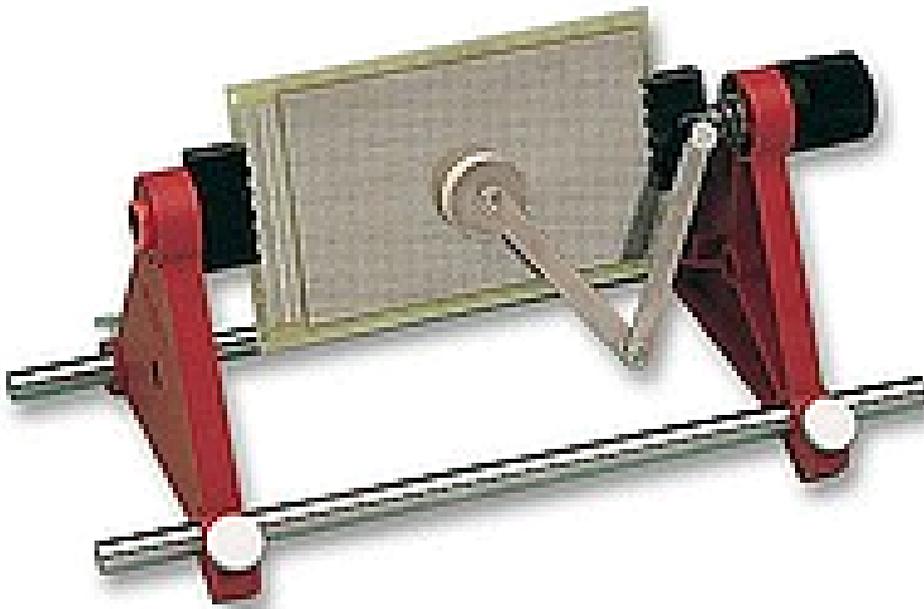
- "Biegespirale" für Volume-Antenne aus Kupferrohr



- selbthaltende Kreuzpinzette zum Festhalten und Platzieren von Bauteilen



- Platinhalter zum bequemen Bestücken der Platine

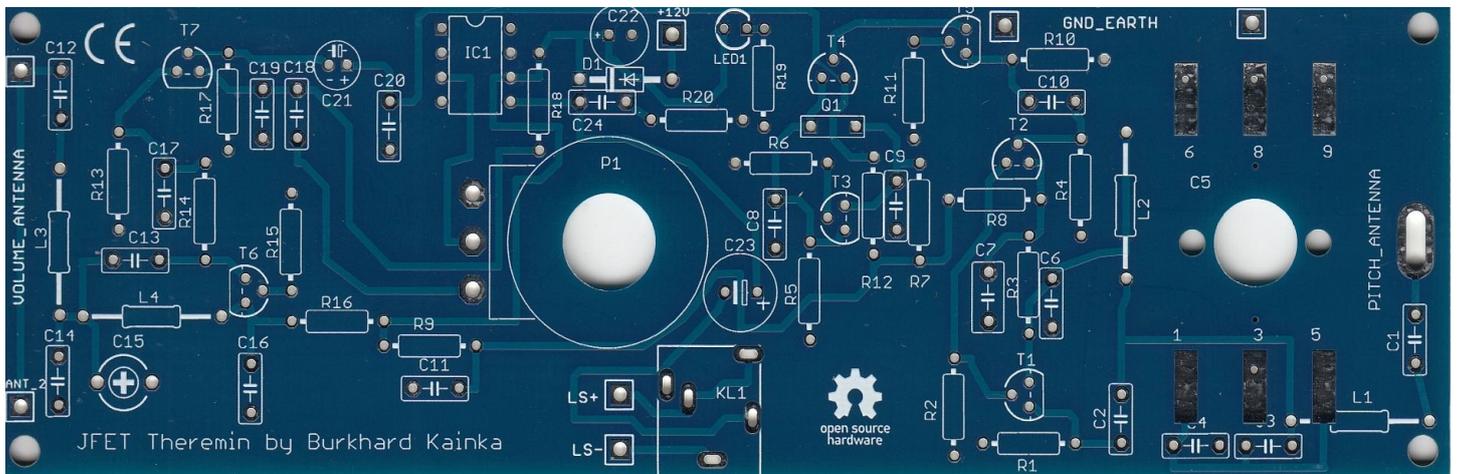


- Keramik-Schraubenzieher oder isolierter Schraubenzieher zum Abgleich des Kapazitätstrimmers



4.3. Aufbau

Identifizieren Sie zunächst alle Bauteile der Liste und kontrollieren Sie auf Vollständigkeit. Wir werden die Teile in Gruppen mit gleicher Bauhöhe einlöten.



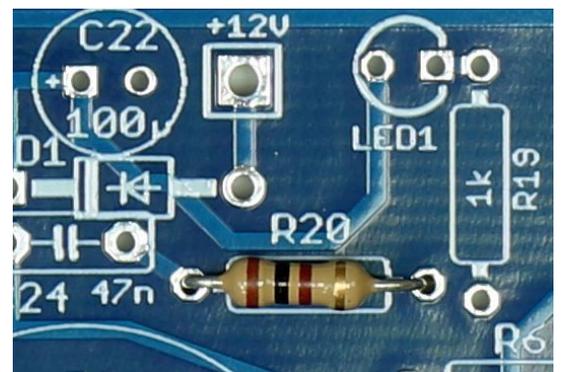
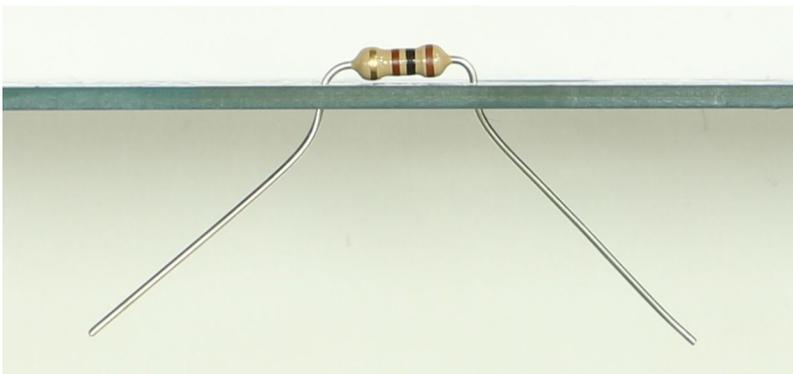
Wir beginnen mit dem Einlöten der Widerstände.

Es ist sinnvoll, die Widerstände vor dem Einlöten mit einer Abbiegelehre, einem Stück 10mm breiten Kantholz o.ä. auf 10mm Drahtabstand abzubiegen.



Dann steckt man den Widerstand durch die Löcher und biegt die beiden Drahtenden auf der Rückseite etwas auseinander, damit der Widerstand beim Umdrehen der Platine nicht herausfällt oder von der Platine absteht. Die Widerstände sollten flach auf der Platine aufliegen.

Nach dem Anlöten die überstehenden Beine mit einem Seitenschneider abschneiden.



4.3.1. Widerstände

ACHTUNG: Es gibt 4 Induktivitäten, die ebenfalls mit Farbringen versehen sind und auf den ersten Blick wie Widerstände aussehen. Sie sind aber viel dicker als die Widerstände.

Nummerierung	Wert	Markierung	
			10 Ohm
R20	10 Ohm	Braun-Schwarz-Schwarz	
			100 Ohm
R9	100 Ohm	Braun-Schwarz-Braun	
			470 Ohm
R8	470 Ohm	Gelb-Violett-Braun	
			1.0 kOhm
R4, R6, R15	1.0 kOhm	Braun-Schwarz-Rot	
			1.5 kOhm
R2	1.5 kOhm	Braun-Grün-Rot	
			2.2 kOhm
R3	2.2 kOhm	Rot-Rot-Rot	
			3.3 kOhm
R7, R12, R16	3.3 kOhm	Orange-Orange-Rot	
			10 kOhm
R11, R17, R18, R19	10 kOhm	Braun-Schwarz-Orange	
			100 kOhm
R1, R10	100 kOhm	Braun-Schwarz-Gelb	
			330 kOhm
R14	330 kOhm	Orange-Orange-Gelb	
			1.0 Megohm
R5	1 Megohm	Braun-Schwarz-Grün	
			2.2 Megohm
R13	2.2 Megohm	Rot-Rot-Grün	

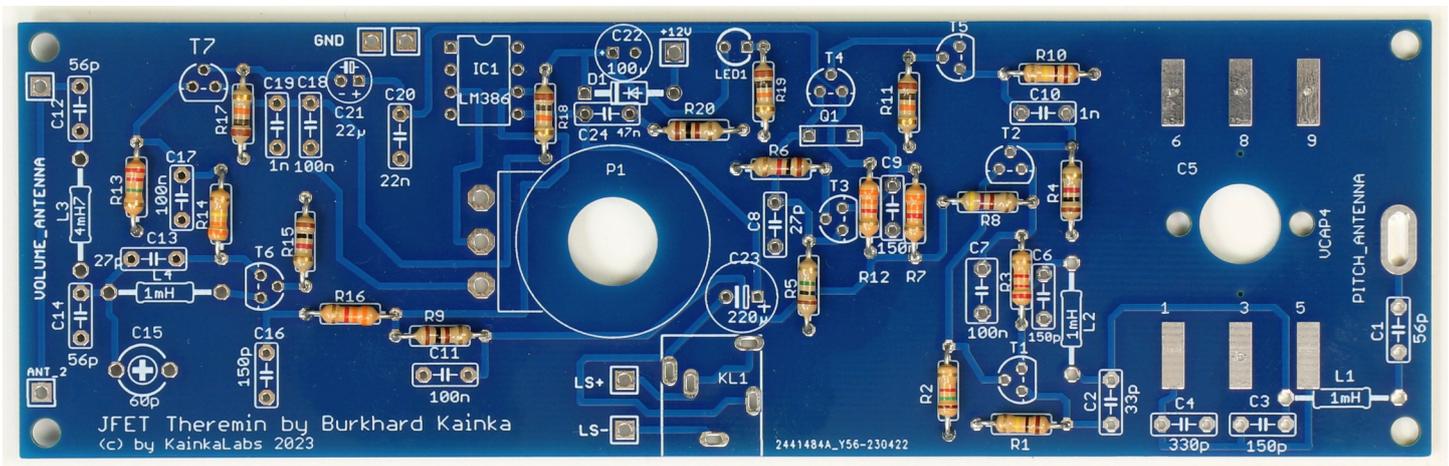
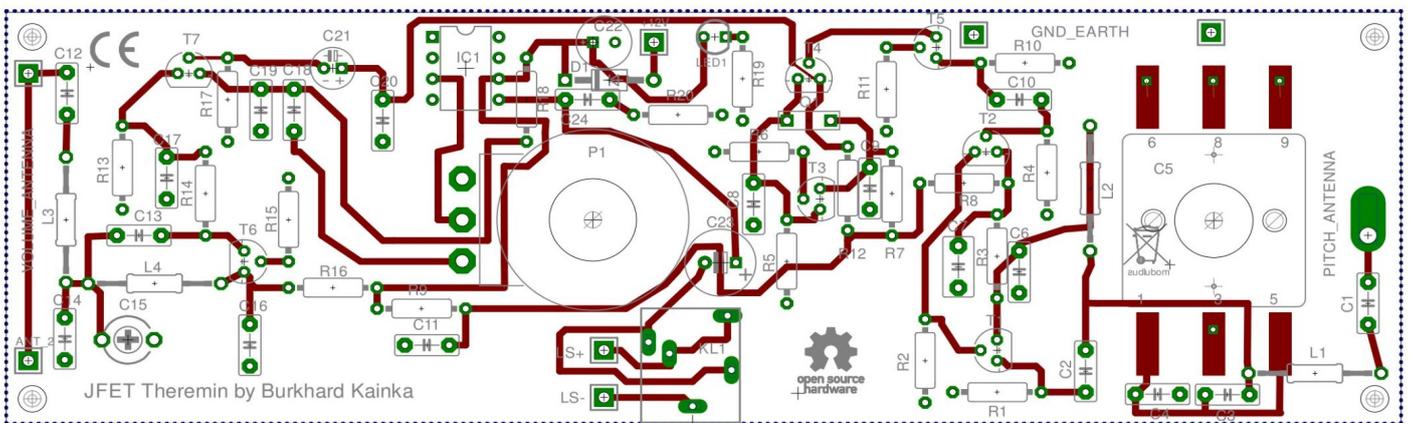
Am besten sucht man sich alle Widerstände heraus und sortiert sie nach aufsteigenden Werten entsprechend der Tabelle auf der vorigen Seite.
Manchmal ist die Erkennbarkeit einzelner Farben der Ringe schwer (rot sieht wie braun aus etc.).
Dann ergibt sich der richtige Wert aber aus dem Ausschlussprinzip.

Am besten lötet man jeden Widerstand einzeln ein und schneidet direkt die überstehenden Drahtenden ab.

An diesen 2 Bildern kann man gut erkennen, wo die Widerstände überall eingelötet werden.

ACHTUNG: R20 ist auf allen Bildern mit dem falschen Wert 100 Ohm (Braun-Schwarz-Braun) eingelötet.

Richtig sind aber 10 Ohm (Braun-Schwarz-Schwarz), wie in der Bauteileliste angegeben.

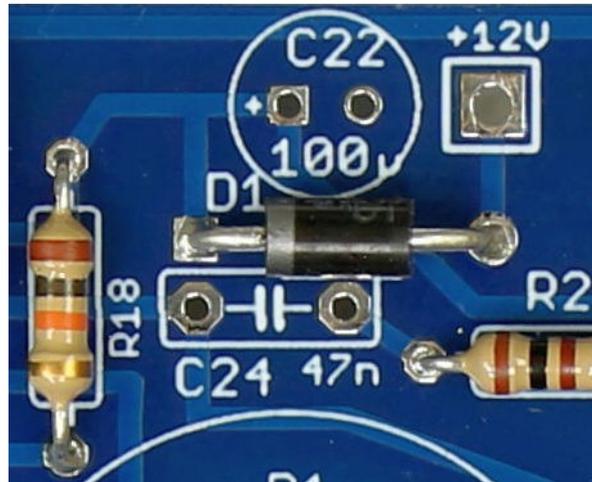


4.3.2. Diode D1 (SR106)

D1

SR106

Die Diode muss so herum eingelötet werden, dass der silberne Strich auf der Diode über dem weissen Strich auf der Diodenzeichnung auf der Platine zu liegen kommt.

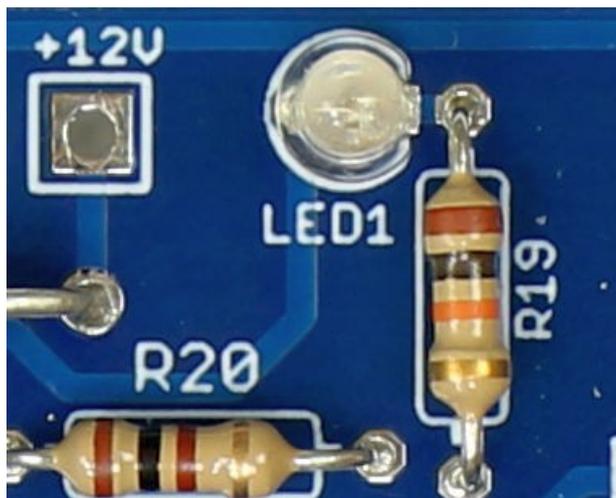
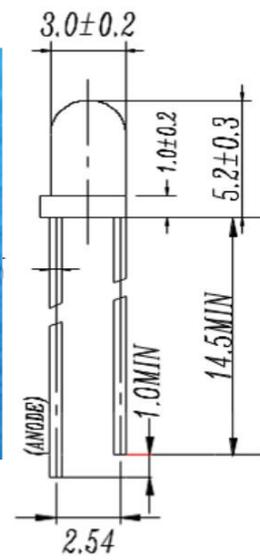


4.3.3. LED

LED blau 3mm rund

Der Körper der LED ist an der Unterseite auf einer Seite abgeflacht. Das ist auch diejenige Seite mit dem kürzeren Bein.

Dieses Bein muss auf der Platine ebenfalls an der abgeflachten Seite der LED-Zeichnung eingelötet werden.



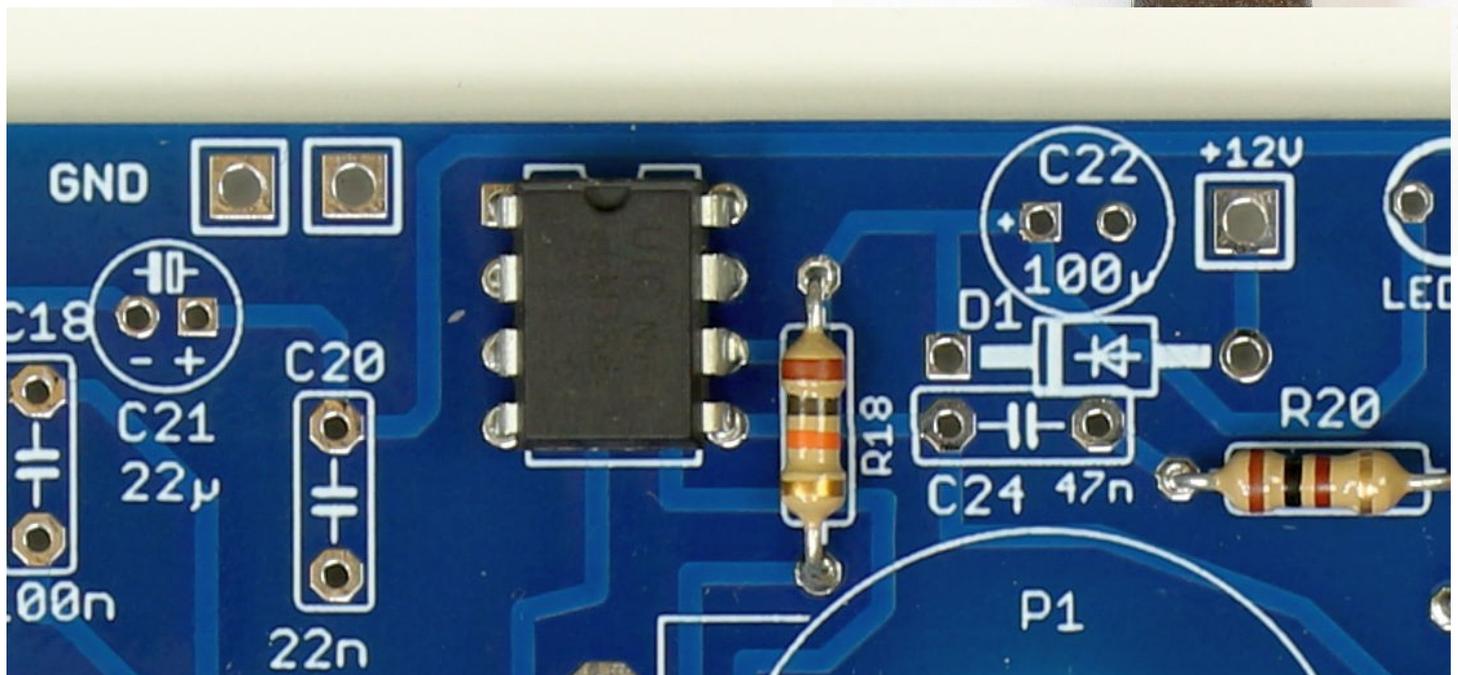
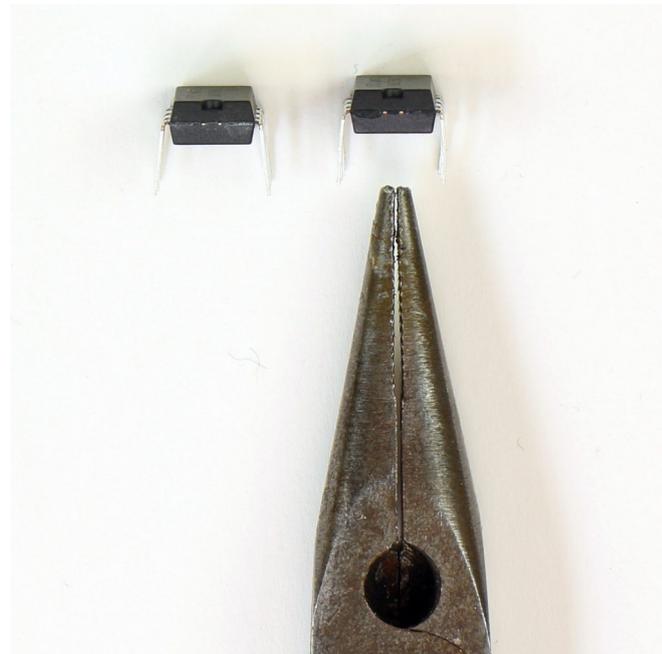
4.3.4. IC1 (LM386)

IC1 LM386 DIP8

Die 2 Reihen der „Beinchen“ des ICs mit einer Flachzange etwas nach innen biegen, sodass sie rechtwinklig zum Gehäuse stehen. Dann passt das IC genau in die Lochreihen auf der Platine. Man kann die Beinchen auch beim Einsetzen durch etwas Druck passend machen.



Beim Einsetzen unbedingt darauf achten, dass die ovale Aussparung an der Stirnseite des IC mit der Aussparung auf der schematischen Zeichnung des ICs auf der Platine übereinstimmt.



4.3.6. Kapazitäts-Trimmer (C15)

C15

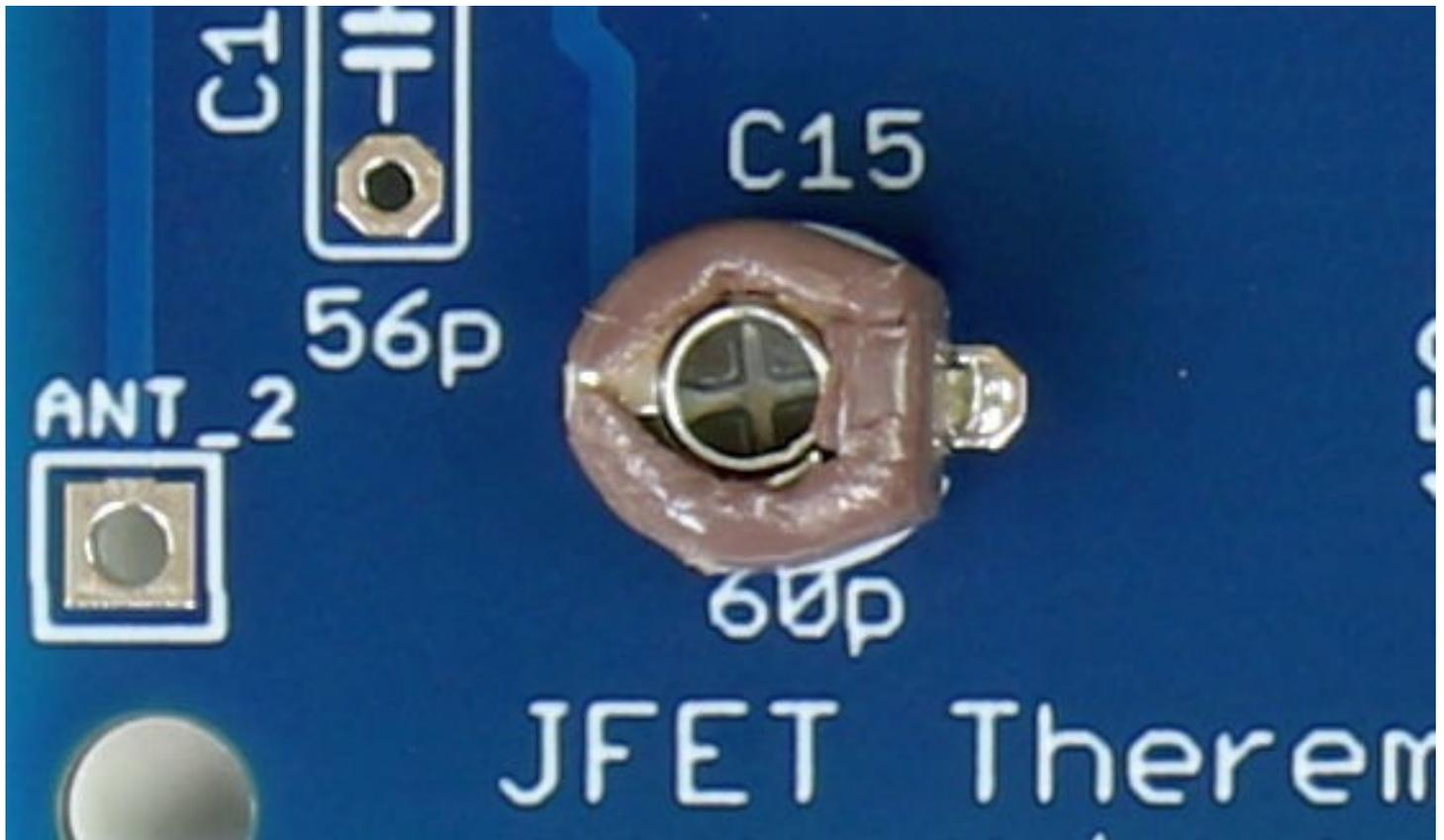
Kapazitäts-
trimmer

15-60 pF



Die Bauform kann von der Abbildung abweichen.

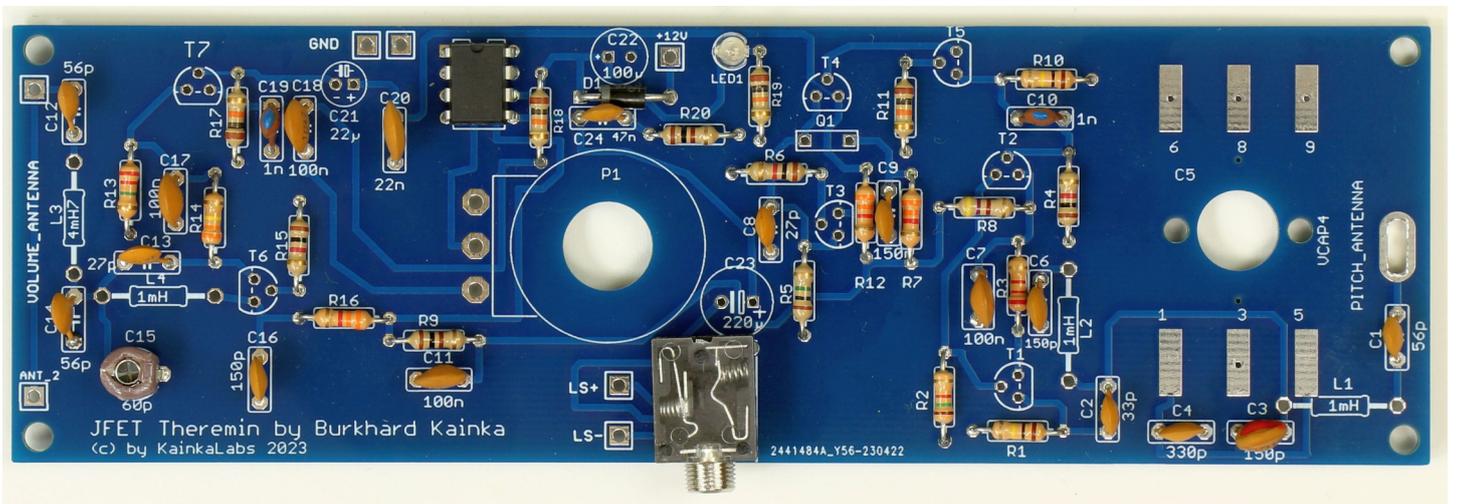
Hier sollte sehr kurz gelötet werden, damit der Kunststoff nicht schmilzt.



4.3.7. Kondensatoren

Nummerierung	Wert	Markierung
C8, C13	27 pF	<u>27</u> (oder 27p)
C2	33 pF	<u>33</u> (oder 33p)
C1, C12, (C14 → zunächst nicht einlöten!)	56 pF	<u>56</u> (oder 56p)
C3, C9	150 pF	<u>151</u> (oder 150p)
C4, C16	330 pF	<u>331</u> (oder 330p)
C6, C10, C19	1.0 nF	<u>102</u> (oder 1n0)
C20	22 nF	<u>223</u> (oder 22n)
C24	47 nF	<u>473</u> (oder 47n)
C7, C11, C17, C18	100 nF	<u>104</u> (oder 100n)





So sollte es nach dem Einlöten aller Kondensatoren aussehen.

4.3.8. Transistoren

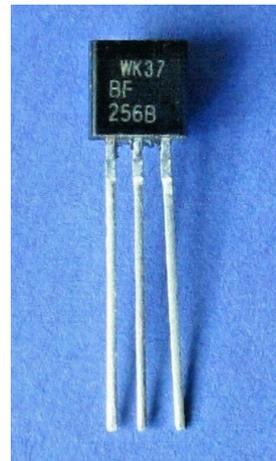
T1-T7

BF256B

TO92

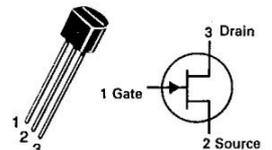
Die Halbrund-Seite des Transistors muss mit der Halbrund-Seite der Transistor-Zeichnung auf der Platine übereinstimmen.

Man muss die nebeneinander liegenden Beinchen beim Einsetzen etwas auseinanderbiegen, damit sie in die dreieckig angeordneten Löcher auf der Platine passen.



BF256,A,B,C

CASE 29-04, STYLE 23
TO-92 (TO-226AA)



JFET
VHF/UHF AMPLIFIER
N-CHANNEL – DEPLETION

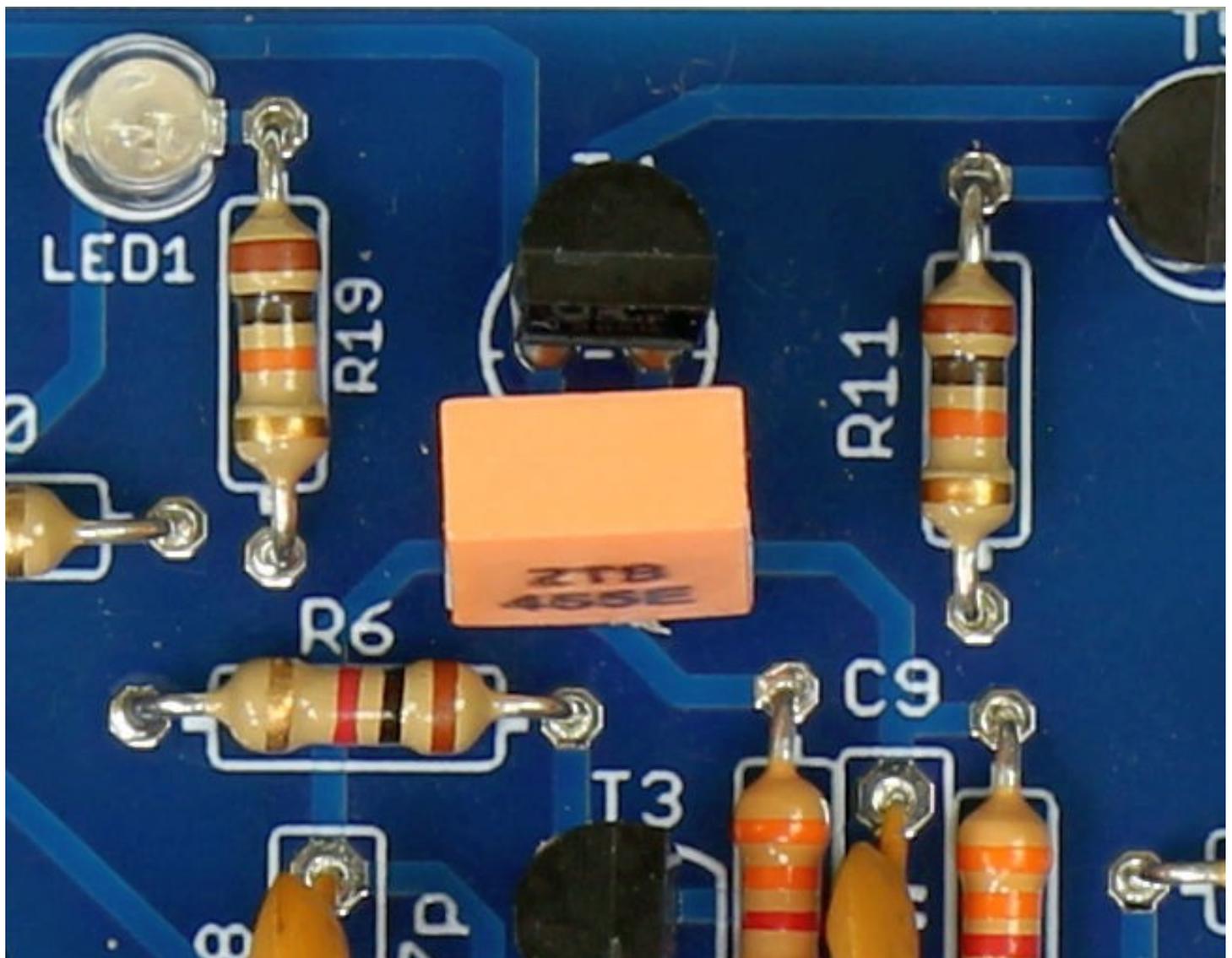
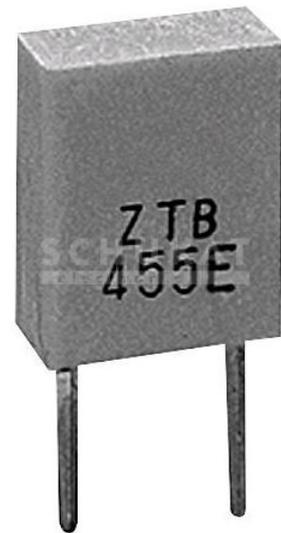
Auf dem Bild unten sind die Positionen der 7 Transistoren rot umkreist.



4.3.9. Keramik-Resonator (Q1)

Q1 455 kHz oder ZTB 455E
 470 kHz

Der Keramik-Resonator hat die Frequenz meist im Aufdruck integriert.



4.3.10. Elektrolyt-Kondensatoren („Elkos“)

Nummerierung	Wert
C21	22 μ F
C22	100 μ F
C23	220 μ F



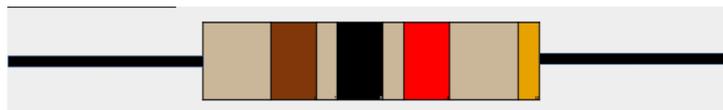
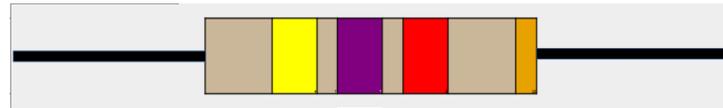
Bei Elkos ist der Minuspol durch das kürzere Beinchen und zusätzlich meist durch einen Aufdruck gekennzeichnet.

Elkos müssen mit dem Plus- und Minuspol unbedingt richtig herum entsprechend der Elko-Zeichnung auf der Platine eingelötet werden.

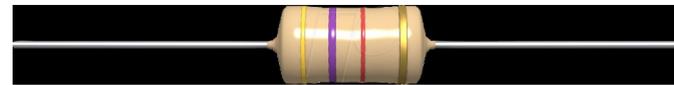


4.3.11. Induktivitäten

Nummerierung	Wert	Markierung
L1, L3	4.7 mH	Gelb-Violett-Rot
L2	1.0 mH	Braun-Schwarz-Rot (kleine Version)
L4	1,0 mH	Braun-Schwarz-Rot (grosse Version)



Die Induktivitäten können (je nach aktueller Erhältlichkeit) abweichendes Aussehen haben. Einige mögliche Typen sind rechts abgebildet. Sie können entweder durch den Farbcode oder (bei den „Garnrollen“-Typen) durch einen Aufdruck identifiziert werden.



Die Beinchen müssen dann individuell so abgebogen werden, dass sie in die zugehörigen Löcher passen.



ACHTUNG: L2 und L4 haben zwar den gleichen Wert und Farbcode (Braun-Schwarz-Rot), unterscheiden sich aber in der Grösse. **L2 ist etwas kleiner und L4 etwas grösser.**

Wenn man die beiden Typen vertauscht, funktioniert das Theremin evtl. nicht!

4.3.12. Lautstärke-Potentiometer (P1)

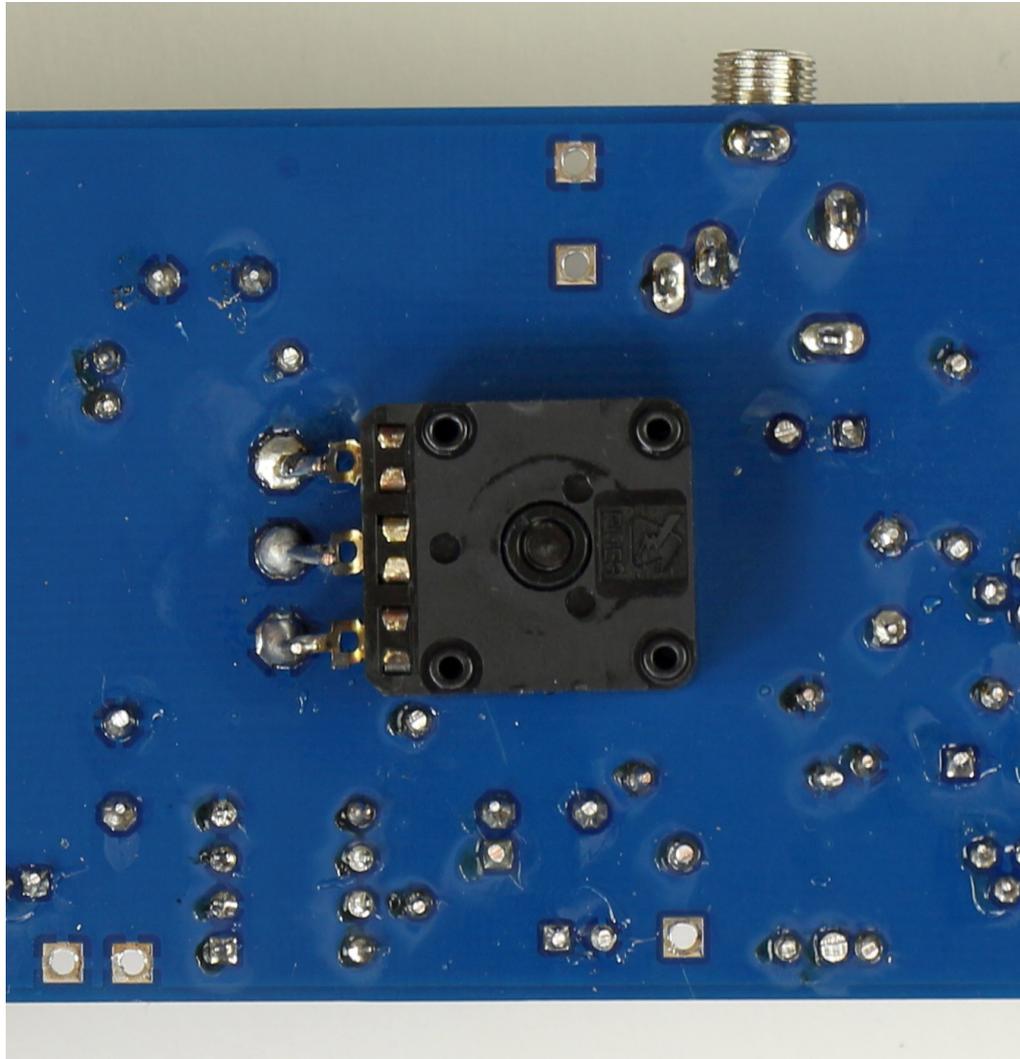
P1 10 kΩ linear oder log.

Es können verschiedene Typen des Potentiometers zum Einsatz kommen. Beim Potentiometer müssen die Anschlussbeinchen vor dem Verlöten so um 90° abgewinkelt werden, dass sie an den Lötlöchern zu liegen kommen.

Ggf. müssen die Beinchen mit kurzen Drahtstücken bis zu den Lötlöchern „verlängert“ werden.

Vor dem Festlöten mit der beiliegenden Mutter mit Unterlegscheibe an der Platinenoberseite festschrauben, damit die Achse genau rechtwinklig zur Platine steht.

Dabei nicht "überdrehen", das das Kunststoff-Gewinde sonst ausreissen kann.



4.3.13. Drehkondensator vorbereiten und einlöten

C5

2x125 pF



Der Drehko muss vor dem Einlöten zunächst mit der kleinen Verlängerungsachse verbunden werden. Diese wird zunächst aufgesteckt, was manchmal nur mit etwas Kraft möglich ist. Eventuell muss man die Achse etwas aufbiegen oder anfeilen.

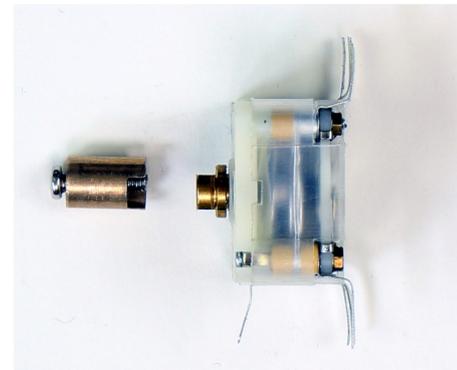
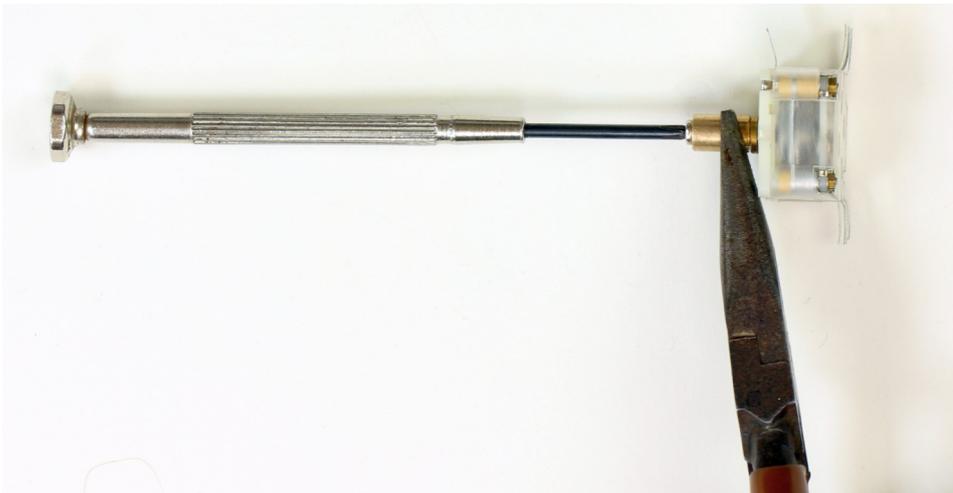
Dann die Schraube von oben einsetzen und mit der Hand leicht ins Gewinde eindrehen.

ACHTUNG:

Beim Festziehen muss die Achse unbedingt mit einer Flachzange festgehalten werden, da sonst der Anschlag im Inneren des Drehkos brechen kann. Also beim Festschrauben die Achse festhalten (und nicht den Drehko)! Siehe Abbildung unten.

Beim Festschrauben zieht sich die Achse automatisch an den Drehko heran.

Als nächstes müssen die Laschen wie im Bild rechts gezeigt abgebogen werden.



ACHTUNG: Die Laschen müssen vor dem Einlöten mit einem Seitenschneider ggf. etwas gekürzt werden, so dass sie nicht über die Lötinseln hinausragen.

ACHTUNG:

Auf der einen Seite gibt es 4 Laschen, auf der andere nur 3.

Die Seite mit den 3 Laschen kommt auf der Platine auf die Seite, wo C3, C4 etc. sind.

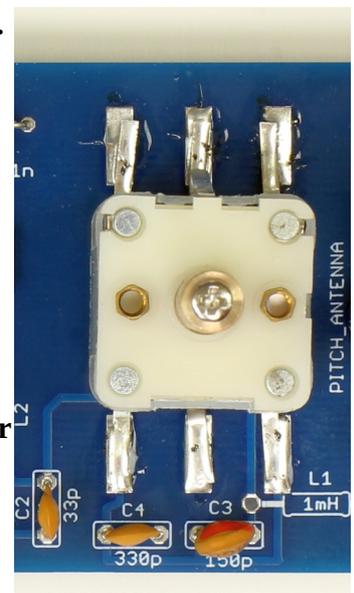
Die Seite mit den 4 Laschen kommt auf die relativ freie Seite auf der Platine, wo keine anderen Komponenten in der Nähe sind.

ACHTUNG:

Dabei muss der Drehko beim Anlöten flach bleiben, damit die Achse und später der Drehknopf gerade sitzen und durch das Acrylgehäuse passen.

ACHTUNG:

Beim Löten der Laschen immer eine Pause lassen, damit sich das Kunststoffgehäuse des Drehkos zwischendurch abkühlen kann und das Innenleben nicht zusammenschmilzt.



4.3.14. Teleskopantenne einlöten



Die runde Anschlusslasche am unteren Ende passt mit etwas „Gewackel“ in das Langloch am rechten Platinenrand („Pitch-Antenne“).



Vor dem Festlöten die Antenne von allen Seiten auf rechtwinkligen Sitz kontrollieren, da sie sonst nicht durch die Öffnung im Acryl-Gehäuse passt.
Mit reichlich Lötzinn von unten festlöten und abkühlen lassen.



4.3.15. Batteriehalter und Einschalter

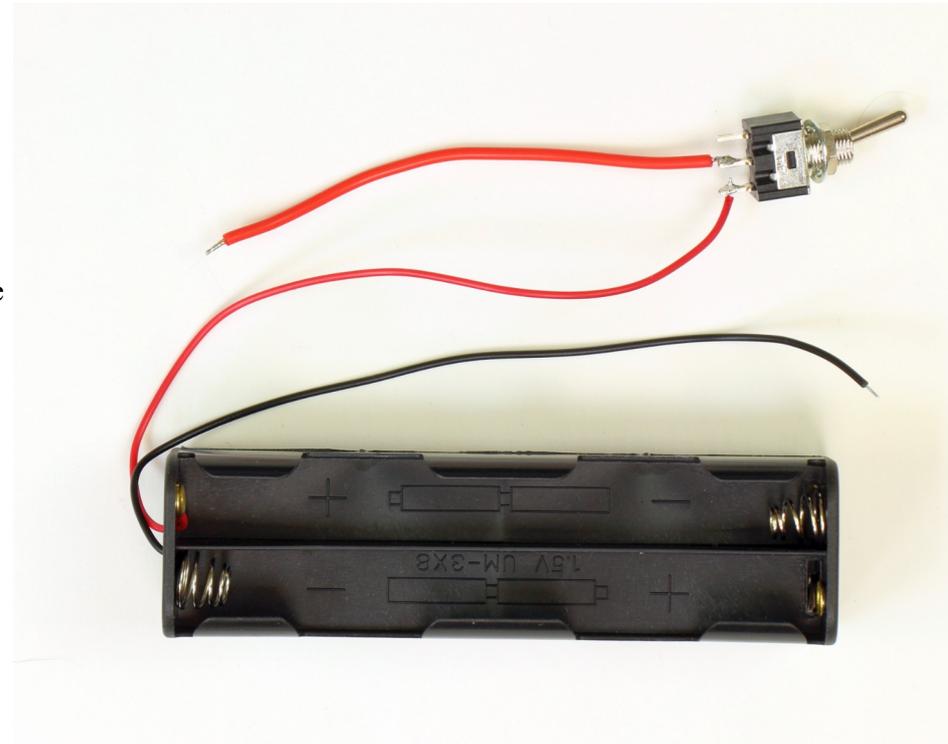
ACHTUNG: Alle Kabel werden (entgegen der Bilder in der Anleitung hier) **von unten** an die Platine gelötet!

Dadurch stören die Kabel nicht auf der Oberseite und der Gehäuseeinbau geht problemloser.



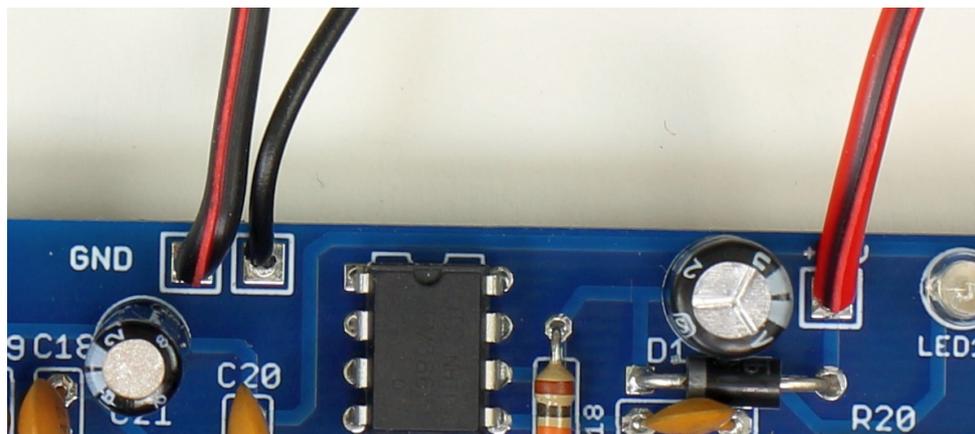
Ein Stück (ca. 10 cm) rote Litze an die mittlere Lasche des Einschalters löten. Dann das rote Kabel („+“) des Batteriehalters wie unten gezeigt mit einer der äußeren Laschen des Einschalters verlöten.

Dieses Stück dann von unten auf der Platine am Anschluss „+12V“ anlöten.



Das schwarze Kabel des Batteriehalters von unten an den Anschluss „GND“ auf der Platine löten.

ACHTUNG: Der GND-Anschluss bei der endgültigen Platine ist an einer anderen Stelle der Platine als auf dem rechts abgebildeten Photo.



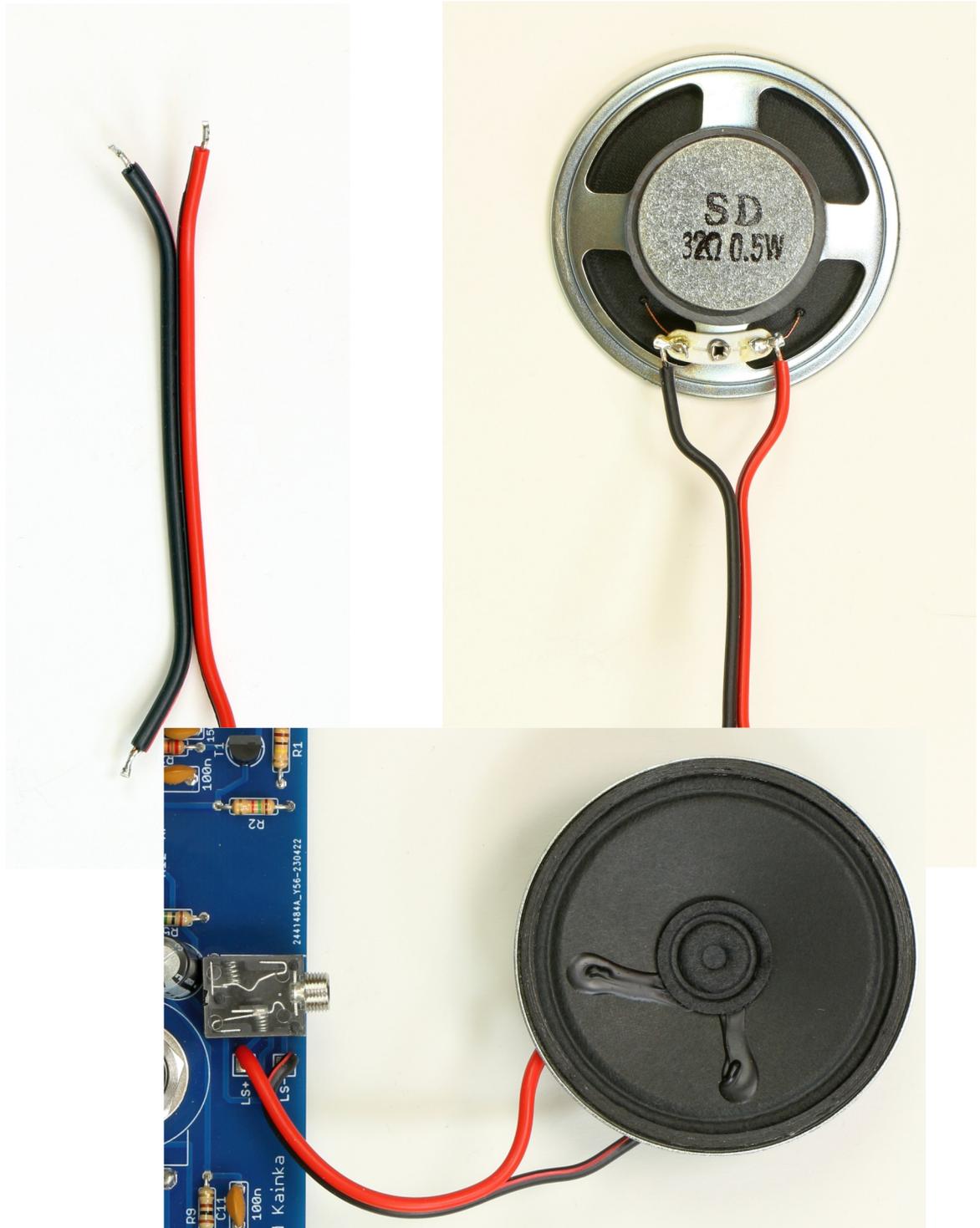
4.3.16. Lautsprecher mit Platine verbinden

ACHTUNG: Alle Kabel werden (entgegen der Bilder in der Anleitung hier) von unten an die Platine gelötet!

Ein Stück (ca. 10 cm) der rot-schwarzen Litze abtrennen, an allen Seiten ein kurzes Stück (ca.5mm) abisolieren, verdrehen und mit etwas Lötzinn verzinnen.

Dann eine Seite **vorsichtig** an die beiden Laschen am Lautsprecher anlöten und danach die andere Seite in die beiden Anschlüsse „LS+“ und „LS-“ löten. Die Polung ist egal.

Dabei darauf achten, dass die Litze der Lautsprecherspule und die Lautsprechermembran nicht beschädigt werden.

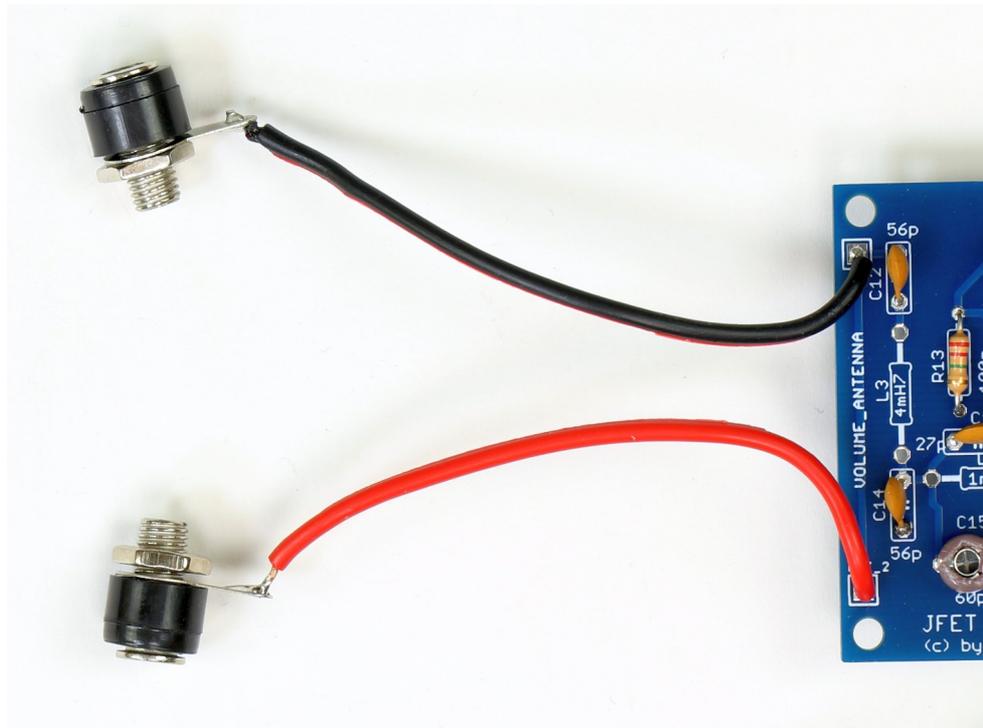


4.3.17. Bananenbuchsen mit Platine verkabeln

ACHTUNG: Alle Kabel werden (entgegen der Bilder in der Anleitung hier) von unten an die Platine gelötet!

Ein Stück (ca.10cm) der rot-schwarzen Litze abschneiden, wie schon gewohnt, alle 4 Enden ca. 5mm abisolieren, verdrillen und verzinnen.

Das eine Ende mit der Laschen der 2 gleichfarbigen Bananenbuchsen verlöten, das andere Ende mit den beiden Anschlüssen „VOLUME-ANTENNA“ auf der linken Seite der Platine verlöten.



Die andersfarbige Bananenbuchse (gelb oder grün) mit dem übrig gebliebenen schwarzen Stück der Litze in gleicher Weise mit dem zweiten, noch freien Anschluss „EARTH“ auf der Platine verlöten.

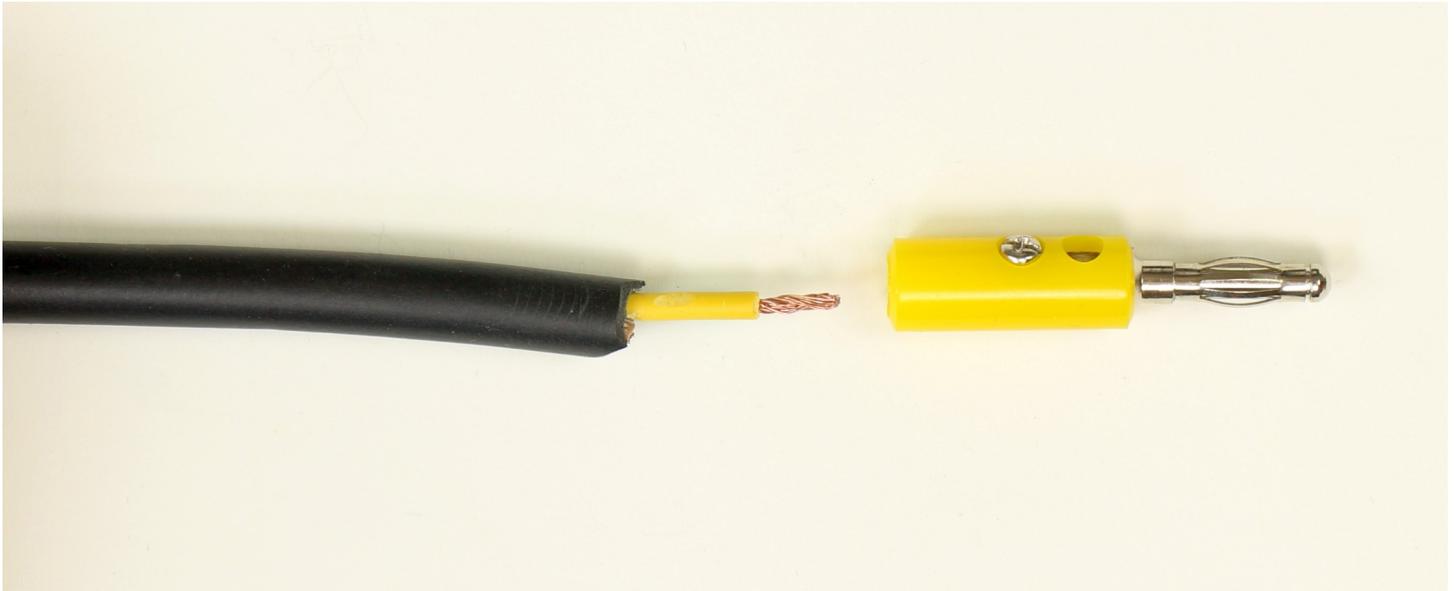
ACHTUNG: Der EARTH-Anschluss bei der endgültigen Platine ist an einer etwas anderen Stelle der Platine als auf dem rechts abgebildeten Photo.



4.3.18. Erdungskabel vorbereiten

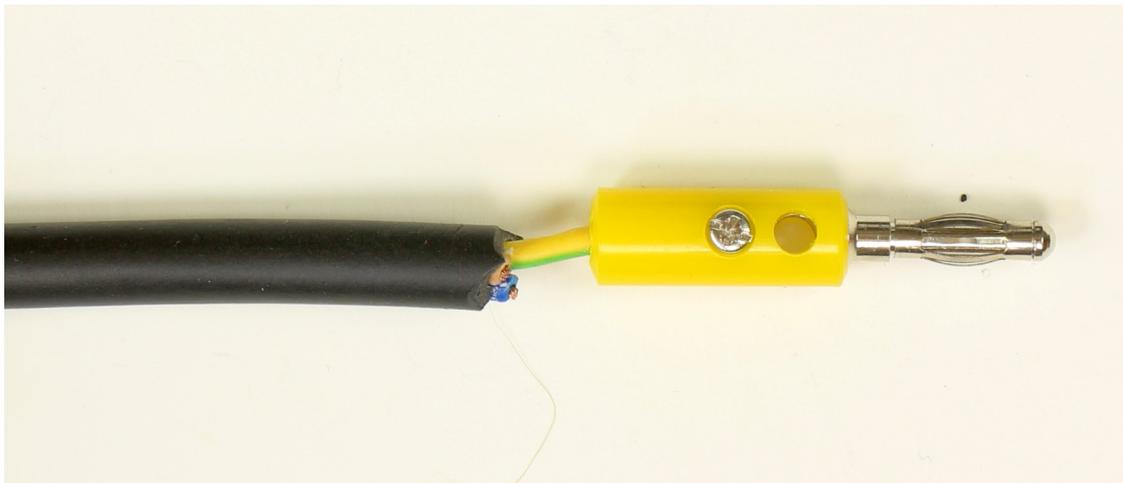
Die gelb-grüne Litze des vorbereiteten Erdungskabels ca. 10mm abisolieren, verdrillen und **nicht** verzinnen.

Dann mit einem Stück Schrumpfschlauch den Übergang vom dicken Netzkabel zur gelb-grünen Schutzleiter-Litze überdecken (hier nicht im Bild gezeigt; ist evtl. schon bei Auslieferung von uns vorab gemacht worden.)



Dann das Litzenende fest mit dem Bananenstecker verschrauben.

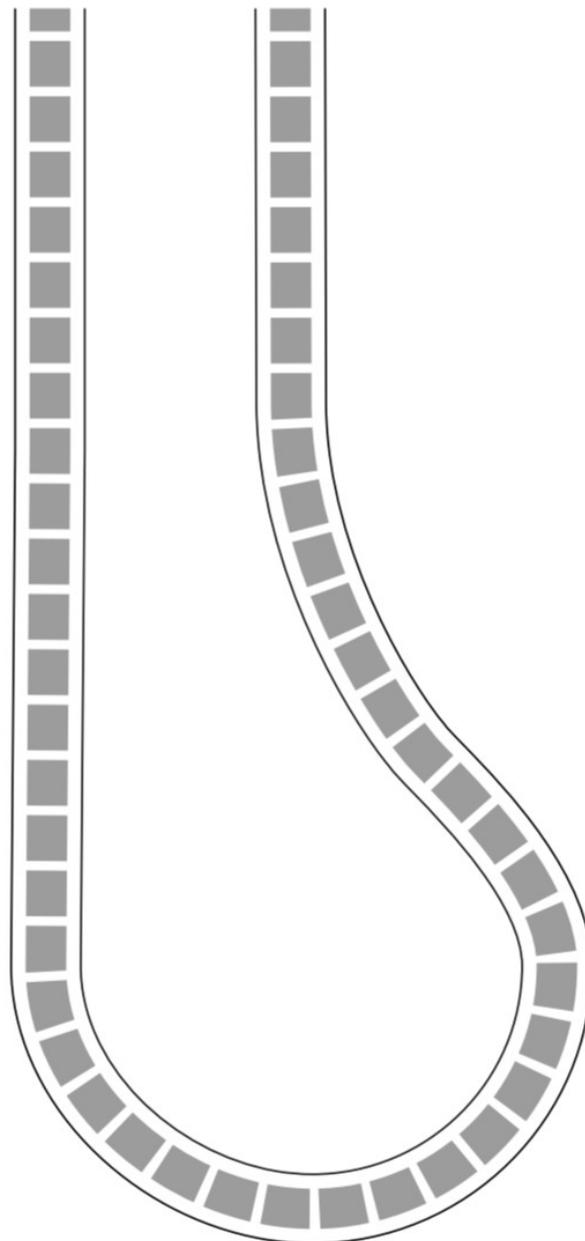
Wenn die Schraube die Litze nicht richtig festhält, muss man das blanke Stück Litze einmal „umschlagen“, so dass es die doppelte Dicke bekommt.



4.3.19. Volume-Antenne biegen

Das Stück Kupferrohr von Hand (oder mit einer „Biegespirale“) entsprechend der Schablone in die Schlaufen-Form der Volume-Antenne biegen. Auf die genaue Form kommt es nicht an. Die beiden Enden müssen vom Abstand ungefähr zu den beiden Löchern im Seitenteil des Acrylgehäuses passen.

Die Biegeschablone sollte man vorher im Massstab 1:1 ausdrucken. **(1:1 Massstab s. letzte Seite dieser Anleitung!)**



4.3.20. Funktionstest, Abgleich und Fehlersuche

Für einen ersten Test folgendes vorbereiten:

- Platine noch einmal auf vollständige Bestückung, Kurzschlüsse („Lötbrücken“) oder schlechte Lötstellen prüfen.

Tipp: Hilfreich ist eine starke Taschenlampe, mit der man die Platine von unten durchleuchtet.

- Die beiden Drehknöpfe probeweise auf die Achsen des Potentiometers und des Drehkos stecken.

- Das Lautstärke-Potentiometer auf Rechtsanschlag (=Maximum) bringen.

- Das Erdungskabel in eine Schuko-Steckdose stecken und den Bananenstecker in die Erdungsbuchse einstecken.

(**Anmerkung:** Man kann zunächst auch den Abgleich ohne das Erdungskabel vornehmen.

Das Theremin funktioniert erfahrungsgemäss auch ohne Erdungskabel. Allerdings ist dann die Einstellung des Drehkos und des Kapazitätstrimmers anders!

Man muss auch ausprobieren, ob sich eventuelle Störungen durch Schaltnetzteile etc. mit oder ohne Erdungskabel am geringsten sind bzw. verwschwinden.)

- Die Volume-Antenne (Kupferrohr) in die beiden seitlichen Bananenbuchsen stecken.

- Die Pitch-Antenne (Teleskopantenne) halb ausziehen.

- Die 8 Mignon-Batterien in den Batteriehalter einlegen. Auf die richtige Polung achten!

- Es sollten keine Metallteile, Kabel etc. in der Nähe der Pitch- und Volume-Antenne liegen. Auch ein Stahlrohrrahmen des Arbeitstisches kann stören!

- Einschalter umlegen

→ **Die blaue LED auf der Platine muss leuchten (wenn nicht: Polarität der Batterien und der LED prüfen).**

- Den Drehknopf am Drehko langsam hin und her drehen.

→ **Man muss damit einen gut hörbaren (lauten!) Sinuston in der Tonhöhe verändern können**

- Ohne Hand in der Nähe der Teleskopantenne mit dem Drehknopf schrittweise auf niedrigste Frequenz (nur noch langsames Knattern oder ganz unhörbar) einstellen.

Da man beim Verdrehen des Drehkos unweigerlich die Hand in der Nähe der Pitch-Antenne hat, muss man sich in kleinen Schritten dem „Schwebungsnull“ nähern und zwischendurch die Hand immer wieder wegnehmen.

- Beim Annähern der Hand an die Teleskopantenne muss der Ton dann immer höher werden.

Bei optimaler Einstellung ist der Bereich der Frequenzänderung durch Annähern der Hand etwa 15 cm oder mehr.

- Zum Schluss wird der Kapazitätstrimmer C15 für die Volume-Antenne abgeglichen.

Beim Verdrehen mit einem isolierten (!) Schraubenzieher (ideal: Keramik-Schraubenzieher) muss die Stellung gesucht werden, wo der Sinuston gerade anfängt leiser zu werden, ohne dass die Hand in der Nähe der Kupferrohr-Schlaufenantenne ist.

Sollte dieser Punkt mit dem Verdrehbereich des Trimmers nicht erreicht werden können, wird nun noch C14 direkt neben dem Trimmer C15 eingelötet. Nun sollte sich der Punkt der gerade abnehmenden Lautstärke finden lassen.

Bei Annäherung der Hand an die Volume-Schlaufenantenne wird der Ton auf den letzten Zentimetern nun leiser und bei Berührung der Schalufenantenne wird es ganz stumm.

Durch leichtes Verdrehen des Trimmers C15 kann die Handempfindlichkeit noch etwas optimiert werden.

Fehlersuche mit Multimeter und Oszilloskop:

Benötigt wird ein Multimeter mit (mind.) 10 M Ω Eingangsimpedanz und ein Oszilloskop mit 1:10 Tastkopf und ebenfalls (mind.) 10 M Ω Eingangsimpedanz. Bandbreite des Oszilloskops: mind. 1 MHz.

Zunächst ist natürlich nochmals zu prüfen, ob irgendwo Lötbrücken, „kalte“ oder vergessene Lötstellen oder verkehrt herum eingesetzte oder falsch bestückte Bauteile vorhanden sind.

Wenn man nur ein Multimeter zur Hand hat, müssen die auf der nächsten Seite angegebenen DC-Spannungen im Schaltbild gemessen werden (ca. +/- 0,5V bei einer Betriebsspannung von 12,3V).

Mit einem Oszilloskop kann man die Funktion der 3 Oszillatoren überprüfen:

- 455 kHz (oder 470 kHz) BFO: am Knotenpunkt Q1/C8/R5 muss das 455 kHz Signal (+/- 5 kHz) mit einigen V_{SS} Amplitude sinusförmig anliegen

- Pitch-Oszillator: am Knotenpunkt R4/C10/T2 muss das Pitch-Oszillatorsignal ebenfalls mit einigen V_{SS} Amplitude anliegen. Das Signal ist allerdings (bei grosser Amplitude) meist „geclippt“ und nicht mehr sinusförmig. Die Frequenz muss sich mit dem Drehko auf genau die Frequenz des BFO eingestellt werden können, also 455 kHz (bzw. 470 kHz).

Man hat neben dem Drehko mit der Länge der Teleskopantenne eine zweite Verstellmöglichkeit für die Frequenz. Meist ist bei halb ausgezogener Antenne die Amplitude maximal bei genau richtiger Frequenz. Sollte sich die BFO-Frequenz nicht genau erreichen lassen:

- Sind L1 und L2 richtig?
- Ist der Drehko richtig herum eingelötet?

- Volume-Oszillator: am Knotenpunkt C13/R14/T6 muss das Volume-Oszillatorsignal ebenfalls mit einigen V_{SS} anliegen. Die Frequenz muss deutlich höher als die BFO-Frequenz liegen (ca. 500...600 kHz).

Die Amplitude kann mit dem Trimmer C15 (ggf. nach Einlöten von C14) auf das richtige Mass eingeregelt werden.

Dabei muss die DC-Spannung am Knotenpunkt R13/R14/C17 ca. -2,5V ohne angenäherte Hand sein. Dadurch ist T7 gerade noch nahezu voll aufgesteuert. T7 wird als „steuerbarer Widerstand“ verwendet.

Bei Annäherung der Hand sinkt diese Spannung auf -3,5V oder tiefer und T7 wird zugesteuert und die Lautstärke sinkt bis auf Null.

Sollte sich dieses Verhalten nicht genau erreichen lassen:

- Sind L3 und L4 richtig oder versehentlich vertauscht ("dickerer" und "dünnerer" Typ)?
- Probeweise nun C14 einlöten. Das ist aber nur in sehr seltenen Fällen der Fehlergrund!

Voltages shown were measured with a battery-voltage of 12.3 V

