

## THEREMIN

Als Büblein wurde ich jeweils von Staunen ergriffen, wenn Onkel Teddi auf der "singenden Säge" spielte. Ein anderer Onkel hat vor Jahren eine "Glasharfe" gebaut. Aus rund 40'000 Gläsern hat er die passenden einzeln ausgesucht. Er spielt jetzt in Florida vor Pensionären (Pauls singende Gläser). Aber das Theremin übertrifft alles. Es ist das einzige mir bekannte Instrument, das völlig berührungslos gespielt wird. Ist es nicht auch in den USA sehr verbreitet?

Als eine der besten Spielerinnen galt Clara Rockmore. Auch Lydia Kavina, die Großnichte Termens, offenbarte sich als Virtuosa auf diesem Instrument. Das Theremin eroberte sich seinen Platz auch in der Filmmusik, wo es zur Erzeugung sphärisch dichter Stimmungen eingesetzt wurde, erstmals in "The Lost Weekend" sowie im Hitchcock-Film "Spellbound" (1945) mit Miklos Rosza als Komponisten. Die Rockband 'Led Zeppelin' setzte das Instrument bei "Whole Lotta Love" ein.

### 1 Geschichtliches

Der Russe Lew Sergejewitsch Termen (1896–1993) - der sich im Westen Leon Theremin



Abb. 1: Geistermusik mit dem Theremin

nannte - entwickelte um 1920 am Physikalisch-Technischen Institut in St. Petersburg ein elektronisches Musikinstrument, bei dem die Hände des Spielers durch entsprechende Bewegungen über zwei Antennen zur Beeinflussung von Tonhöhe und Lautstärke eines Tonsignals führten. Später kam noch ein Fusspedal für die Klangfarbe hinzu. Im deutschen Sprachraum wurde dieses neuartige Musikinstrument ob seines ungewöhnlichen Klanges als "Ätherophon" bezeichnet, bis sich nach und nach der Name Theremin (Thereminovox) durchsetzte.

In den zwanziger und dreissiger Jahren wurden weitere elektronische Instrumente entwickelt, unter diesen das Trautonium (1928) von Friedrich Trautwein. Etwa zur selben Zeit baute Maurice

Martenot das "Ondes Martenot", das ähnlich wie das Trautonium funktionierte, aber zusätzlich mit einer Tastatur ausgestattet war. Weitere von Erfindergeist zeugende Instrumente aus dieser Zeit waren das Sphärophon (1926) von Jörg Mager und das "Croix Sonore" (1934) von Armand Givelet. Die auf einem völlig anderen Prinzip basierende Hammondorgel wurde 1935 von Laurens Hammond gebaut.

Lew Termen - der am St. Petersburger Konservatorium und parallel dazu an der Elektrotechnischen Militärhochschule (dem späteren Leningrader Polytechnischen Institut) studierte - war auch in der aufkommenden Fernsehtechnik aktiv, indem er die Löcher der Nipkow'schen Scheibe durch Spiegelanordnungen ersetzte und auf diesem Wege Projektionen mit 100

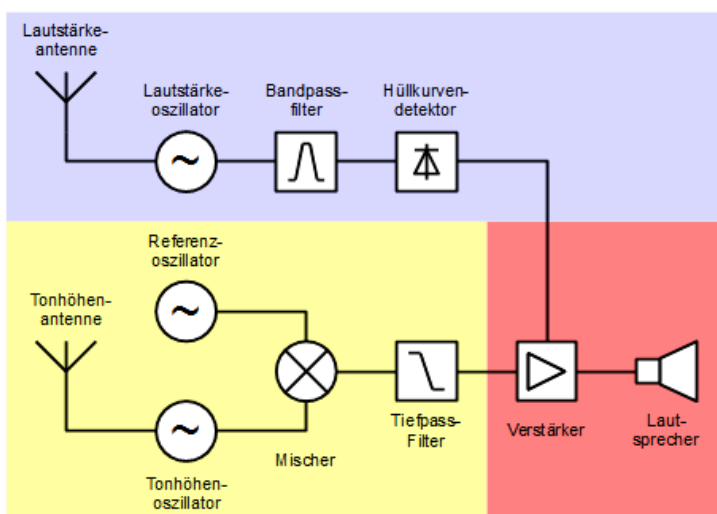
Bildzeilen erreichte. Stalin erkannte sofort die Bedeutung dieser Technologie und stellte die Erfindung unter Geheimhaltung. Aus diesem Grund wird der Erfinder des sowjetischen Fernsehens in keinem Lexikon erwähnt. In gewissem Sinne erging es Termen wie Philo Farnsworth, dem US-amerikanischen Erfinder der ersten Bildaufnahmeröhre.

Für rund zehn Jahre lebte Termen in New York, bis er 1938 unter ungeklärten Umständen nach Russland zurückkehrte, um zunächst im Gulag zu verschwinden. In den USA besass Termen ein eigenes Studio, in dem Größen wie Gershwin, Ravel, Heifetz und Menuhin verkehrten. Zu seinen illustren Besuchern zählten Schriftsteller wie Shaw und Hauptmann und die Regisseure Chaplin und Eisenstein. Albert Einstein - damals nach einer Analogie zwischen Musik und Raumbildern suchend - spielte zusammen mit dem Erfinder Jazzimprovisationen nach Gershwin.

Später - inhaftiert in den eisigen Lagern der UDSSR - entwickelte Termen ein funktechnisches Gerät (heute würde man von einer elektronischen Wanze sprechen) für den KGB, wofür er den Stalinorden 1. Klasse erhielt. Nach seiner Freilassung im Jahre 1958 war er gezwungenermaßen weiterhin für den Geheimdienst tätig, bis er – der Journalistin Tatjana Kuschtewskaja ("Mein geheimes Russland") zufolge – als einfacher Mechaniker (!) am Lehrstuhl für Akustik der Moskauer Universität eine Anstellung erhielt. Vier Jahre danach soll er lt. anderen Quellen an die Physikalische Fakultät der Universität Moskau versetzt worden sein. 1970 erschien sein Buch "Erinnerungen an A.F. Joffe" im sowjetischen Verlag der Akademie der Wissenschaften. Termen - auch als der "sowjetische Faust" bezeichnet - verstarb im Alter von 97 Jahren in Moskau. Gewiss, der Erfinder des Theremins war ein aussergewöhnlicher Mensch.

## 2 Funktionsweise

Das Theremin besteht aus zwei Haupteinheiten, eine für die Tonhöhe, die andere für die Lautstärke. Erstere ist an die stabförmige Pitch-Antenne angeschlossen, die zweite an eine schleifenförmig ausgebildete Volume-Antenne.



Im Mischer entsteht ein Summen- und ein Differenzsignal.

$$u = \frac{1}{2} \cos(\omega_1 t + \omega_2 t) + \frac{1}{2} \cos(\omega_1 t - \omega_2 t)$$

Die Summenfrequenz liegt im Hochfrequenzbereich und wird nicht verwendet. Die Differenzfrequenz wird als Tonsignal über einen Tiefpass einem Verstärker zugeführt.

Abb. 2: Blockschaltbild des Theremins<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Theremin>

a) Die Tonerzeugung beim Theremin beruht auf dem Prinzip des "Schwebungssummers". Zu diesem Zweck werden zwei Sinus-Oszillatoren verwendet, deren eng benachbarte Frequenzen gemischt werden. Der Spieler greift als lebende Kapazität (im Sinne eines Kondensators) mit der einen Hand in das Nahfeld der Pitch-Antenne (E), wodurch der Tongenerator verstimmt wird. Der Referenzoszillator ( $S_1$ ) ist frequenzstabil und schwingt auf ca. 200 kHz. Am Mischerausgang wird als Differenzfrequenz  $\Delta f = f_{\text{const}} - f_{\text{var}}$  eine Schwebung abgegriffen und über einen Tiefpass einem Audio-Verstärker zugeführt.

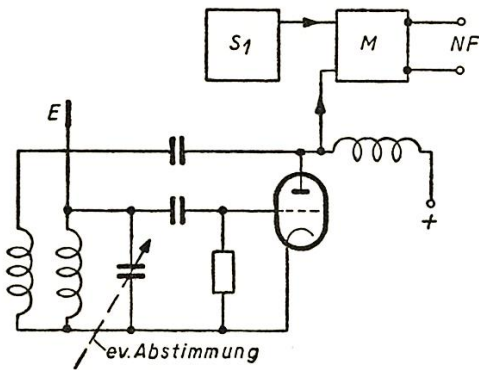


Abb. 3: Tongenerator beim Ätherophon<sup>2</sup>

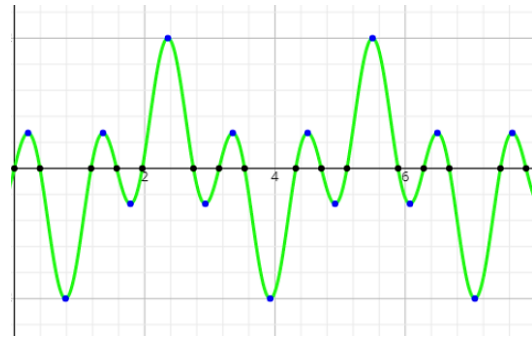


Abb. 4: Schwebung (Differenzton mit an- und ab-schwellender Lautstärke)

Schwebungssummer (BFO) arbeiten nach dem Heterodyne-Prinzip wie UKW-Radioempfänger. Lediglich die Frequenzlage ist eine andere. Am Mischerausgang wird als Differenzfrequenz eine Schwebung abgegriffen. Im Amateurfunk wird der BFO eingesetzt, um aus einem "Single-Side-Band" (SSB) den unterdrückten Träger zu generieren.

b) Für die Lautstärkeregelung wird ein dritter Oszillator verwendet, der bei Bewegung der zweiten Hand über der loopförmigen Volume-Antenne verstimmt wird. Der Volume-Oszillator ist über einen Bandpass mit dem Verstärker verbunden.

### 3 Schemata und Nachbaumöglichkeiten

1) Das Theremin wurde vor Jahrzehnten in den USA patentiert und die Produktionslizenz an RCA verkauft, die das Gerät vermarktete. In den Anfängen wurden Elektronenröhren eingesetzt, später auch Transistoren und integrierte Schaltungen.

► Röhren-Theremin (RCA, 1929):

[https://sites.google.com/site/futurephysics/Home/theremin\\_rca.jpg](https://sites.google.com/site/futurephysics/Home/theremin_rca.jpg)

► Röhren-Theremin (Doug Forbes, 1996):

[https://sites.google.com/site/futurephysics/Home/tube-theremin\\_2.gif](https://sites.google.com/site/futurephysics/Home/tube-theremin_2.gif)

► Transistor-Theremin (Arthur Harrison, 2000):

[http://sites.google.com/site/futurephysics/Home/transistor\\_theremin.gif](http://sites.google.com/site/futurephysics/Home/transistor_theremin.gif)

Für handwerklich geschickte Laien bietet sich der Selbstbau an, z.B. in Gestalt eines Röhren-Theremins (Abb. 5). Für den versierten Elektroniker sind Halbleiter die fortschrittlichste Lösung. Mit integrierten Schaltkreisen lassen sich auf einfache Weise spannungsgesteuerte

<sup>2</sup> H. Richter: Neue Schule der Radiotechnik und Elektronik (Frank'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart).

Oszillatoren (VCO) und spannungsgesteuerte Verstärker (VCA) realisieren. Auch PLL-Schaltungen kommt im Kontext eine wichtige Bedeutung zu. Inzwischen sind auf dem Markt preisgünstige Analogbausteine wie der Doppel-Balance-Mischer NE 612 oder der Produktdetektor MC 1496 erhältlich. Am Ausgang des Produktdetektors steht bereits das fertige NF-Signal zur Verfügung. Für einen Kleinsignalverstärker eignet sich z.B. der TBA 810 mit 6 Watt Output. Selbst Verknüpfungen mit Synthesizern sind mittels FPGA's kein unlösbares Problem und auch implementierbare MIDI-Schnittstellen sind denkbar. Damit eröffnen sich dem Anwender eine Vielzahl von Möglichkeiten.

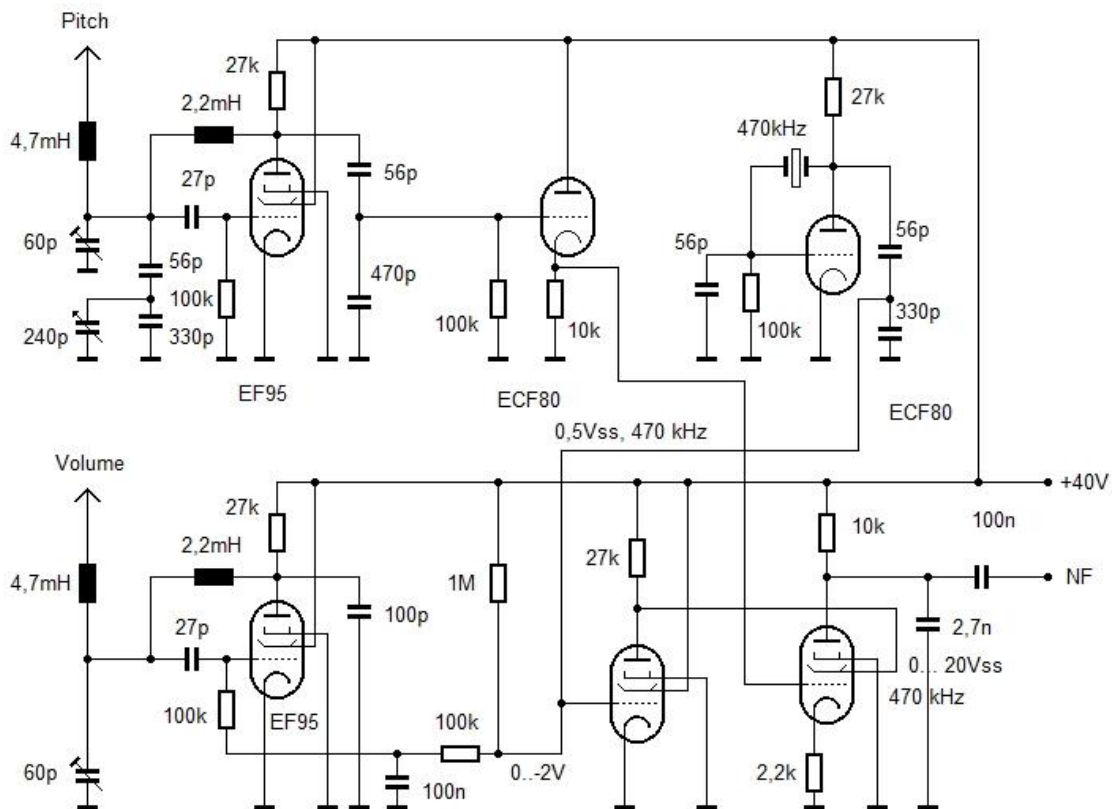


Abb. 5: Moderner Nachbau eines Röhren-Theremins<sup>3</sup>

Einige Händler bieten ausser fertigen Geräten auch Bausätze an, so so dass das Rad nicht neu erfunden werden muss. Auch der Franzis Verlag vertreibt einen Bausatz.<sup>4</sup> Höherwertig, aber auch teurer, ist das Moog Etherwave Theremin, das von verschiedenen Musikhäusern vertrieben wird.



Abb. 6: Moog Etherwave Theremin

<sup>3</sup> <https://www.elektronik-labor.de/HF/Theremin4.html>

<sup>4</sup> <https://www.franzis.de/maker/bausaetze/theremin-selber-bauen-bausatz>

## 2) Abkürzungen und Bedeutungen

- BFO = Beat Frequency Oscillator, eine als Schwebungssumme konzipierte Schaltung
- VCO = Voltage Controlled Oscillator, ein spannungsgesteuerter Oszillator
- VCA = Voltage Controlled Amplifier, ein spannungsgesteuerter Verstärker
- PLL = Phase-Locked-Loop, eine Phasenregelschleife in der Nachrichten-, Regel- und Messtechnik
- FPGA = Field Programmable Gate Array, ein programmierbarer Halbleiterbaustein
- MIDI = Musical Instrument Digital Interface, eine normierte digitale Schnittstelle für Musikinstrumente

## Literaturverweise

Albert Glinsky: Theremin - Ether Music & Espionage (University of Illinois Press)

André Ruschkowski: Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen (Reclam)

Heinz Richter: Neue Schule der Radiotechnik und Elektronik, Bd. 3: Geräte, Anlagen, Verfahrenstechnik der Radiotechnik und Elektronik (Frank'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart)