

HAMMOND-ORGEL

1 Geschichtliches

Die nach ihrem Erfinder Laurens Hammond (1895-1973) benannte elektromechanische Orgel



Abb. 1 Hammond New B-3¹

vermochte als erstes der damals aufkommenden elektronischen Musikinstrumente einen anhaltenden Publikumserfolg zu verbuchen (währenddem Theremin und Trautonium eher Spezialitäten für einen engen Liebhaberkreis blieben). In der Gospel-Musik wurde die Hammond zum unverrückbaren Bestandteil und insbesondere im Jazz (Wild Bill Davis, Jimmy Smith u.a.m.) fand sie dankbare Abnehmer. Erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt wurde die Hammond im April 1935 in der New Yorker St.-Patrick-Kathedrale. Zu den ersten Bestellern des Instrumentes gehörten Henry Ford, George Gershwin und Count Basie.

Im Unterschied zur klassischen Orgel besitzt die Hammond-Orgel keine Pfeifen. Das erste Modell war mit Zugriegeln und einem elektromagnetischen Tonradgenerator ausgestattet. Allen Instrumenten gemeinsam ist der Aufbau mit zwei Manualen – dem Hauptwerk (Great) und dem Schwellwerk (Swell) – und Fusspedalen. Grundsätzlich stehen zwei Typenreihen zur Verfügung. Zum einen die für den Heimgebrauch konzipierten Spinettmodelle, zum andern die für den Konzertbereich bestimmten Konsolenmodelle.

Anm.: Laurens Hammond, von Beruf Elektroingenieur, konstruierte zunächst Synchronmotoren für die in seiner Firma hergestellten elektrischen Uhren. Er war daher an weiteren Anwendungen interessiert. Durch eine Anregung eines Mitarbeiters entstand 1933 die Idee eines von einem Synchronmotor angetriebenen Tongenerators. Im April 1934 erteilte ihm das US-Patentamt das Patent für ein *Electrical Musical Instrument*.

2 Ton- und Klangerzeugung

2.1 Antrieb

Als Antrieb für den Tongenerator diente ein Synchronmotor mit Zwischengetriebe. Die ersten Modelle besaßen einen Synchron-Reluktanzmotor mit ausgeprägten Polen. Weil die damaligen Synchronmotoren konstruktionsbedingt nicht selbst anlaufen konnten, war zusätzlich ein Spaltpolmotor (Startmotor) eingebaut, um den Tonewheel-Generator auf seine Solldrehzahl zu bringen. Für den Start-Run-Betrieb war somit ein passendes Timing erforderlich. Zuerst musste mit dem "Start Switch" der Startmotor aktiviert werden, bevor mit dem "Run Switch"

¹ <http://sites.google.com/site/futurephysics/Home/new-B-3.jpg>

der Synchronmotor (Runmotor) zugeschaltet werden konnte. Nach etwa einer halben Minute – auch der Audioverstärker benötigte zum Aufheizen der Elektronenröhren eine gewisse Zeit – war die Orgel spielbereit. Spätere Modelle waren mit selbststartenden Synchronmotoren ausgerüstet.

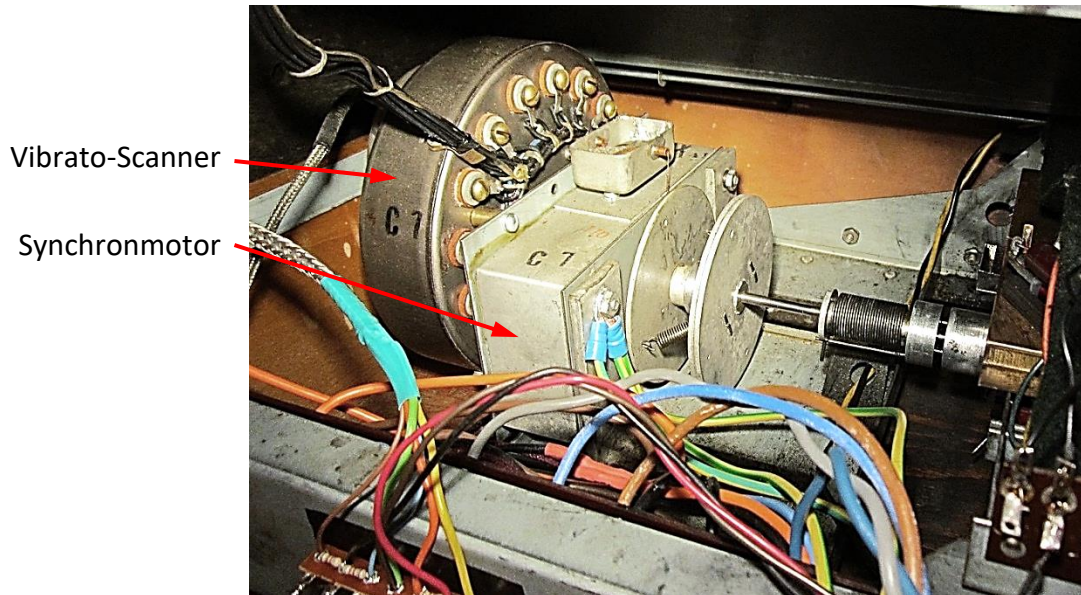


Abb. 2: Hammond B-3 mit Vibrato-Scanner, Synchronmotor und Schwungrädern²

Auf dem Synchronmotor ist ein kleines Gefäß befestigt, das mit Baumwollfäden (Kapillareffekt) den Antrieb und den Scanner mit Schmieröl versorgt. Der Gefäßboden sollte stets mit Öl bedeckt sein.

2.2 Tonewheel-Generator

Die eigentliche Tonerzeugung erfolgt im Tongenerator. Speziell geformte Tonräder aus Metall mit gewelltem Rand rotieren vor elektromagnetischen Tonabnehmern in Form spulenbewickelter Magnete. Es sind bis zu 96 Tonräder mit unterschiedlicher Polzahl möglich. Infolge der wellenförmigen Peripherie der Tonräder ändert sich periodisch der magnetische Fluss, wodurch in der Tonabnehmer-Spule eine sinusähnliche Wechselspannung von einigen mV induziert wird.

Die zur Tonerzeugung erforderlichen Drehzahlen werden durch Zahnradgetriebe mit zwölf unterschiedlichen Übersetzungen erzeugt. Näherungsweise ergeben sich daraus die zwölf gleichstufig gestimmten chromatischen Töne einer Oktave. Nach einem Glättungsfilter stehen sinusförmige Töne zur Verfügung, die mittels additiver Synthese der weiteren Verarbeitung zugeführt werden. Manuale, Zugriegel und Scanner (Vibrato- und Chorusschaltung) bilden entsprechende Stufen in der Signalkette.

² <https://de.wikipedia.org/wiki/Hammondorgel>

Weitere Beispiele zum Antrieb:

<http://www.curtcass.com/hammond/>

<http://www.hammondcorner.de/page3/page4/page4.html>

<https://www.keyboardpartner.de/hammond/selbermachen.htm>

Ein Ton setzt sich aus neun verschiedenen Frequenzen (Harmonische) zusammen, deren Intensitäten über Zugriegel (Drawbars) justierbar sind. Jeder Zugriegel hat neun verschiedene Intensitätsstufen (null bis acht). Daraus ergeben sich zahlreiche unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten. Man bezeichnet solche Orgeln daher auch als neunhörig.

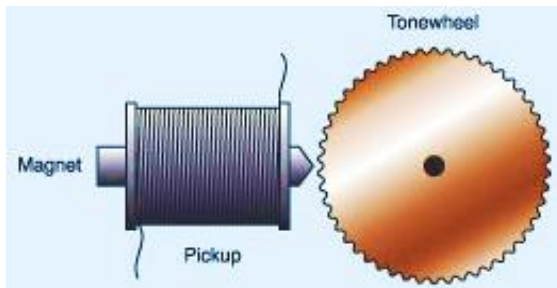


Abb. 3: Prinzip der Tonerzeugung³

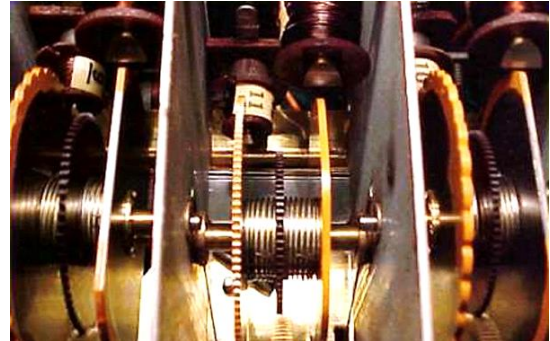


Abb. 4: Tonewheel-Generator⁴ (Ausschnitt)

Die relativ geringen Spannungssignale des Tonewheel-Generators wurden am Ende des Signalweges mit einem Röhrenverstärker so verstärkt, dass mehrere eingebaute Lautsprecher betrieben werden konnte.

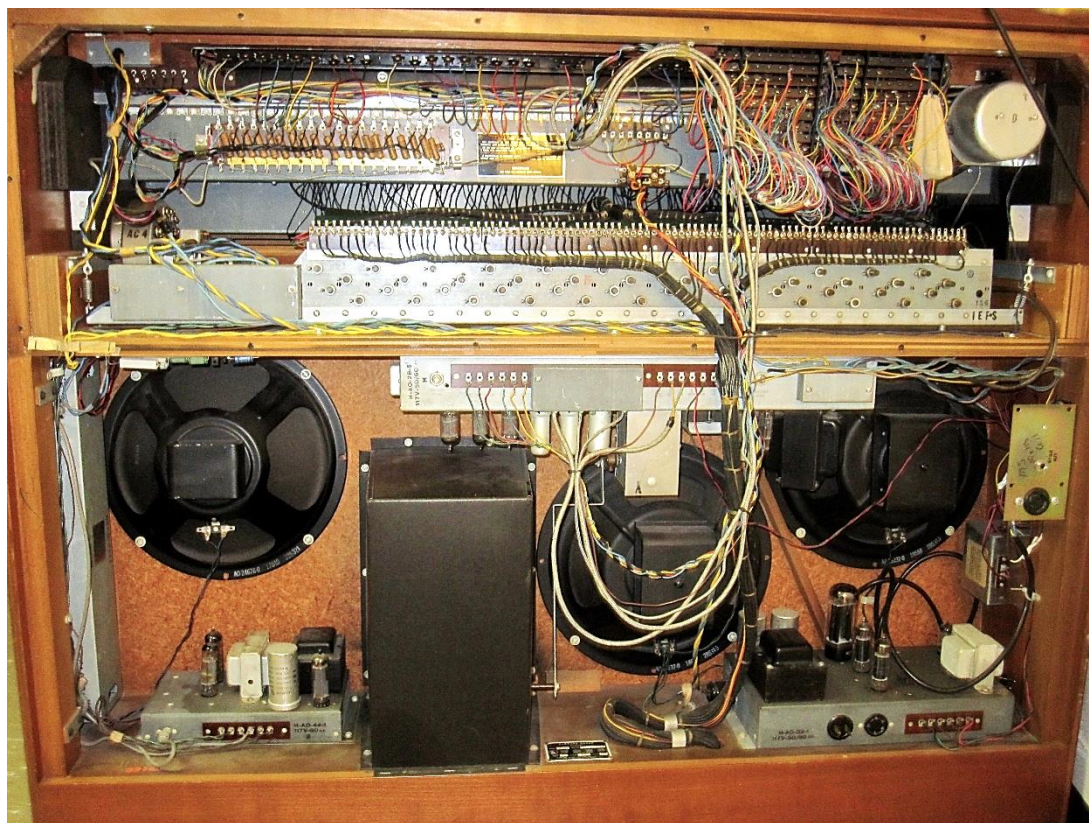


Abb. 5: Blick in eine Hammond A-102⁵

³ <https://www.soundonsound.com/techniques/synthesizing-tonewheel-organs-part-1>

⁴ <https://ernsthalter.ch/gallery>

⁵ https://www.hammondtoday.com/img_4768-2/

3 Klangeffekte

3.1 Vibrato-Effekt

Eine Besonderheit der Hammond ist der Vibrato-Scanner. Was von Auge wie ein Schrittmotor aussieht, ist in Wirklichkeit ein kontaktloses Übertragungssystem (ähnlich einem Drehkondensator mit mehreren Statorpaketen und einem Rotorpaket), um den erwünschten Vibrato-Effekt zu erzeugen.

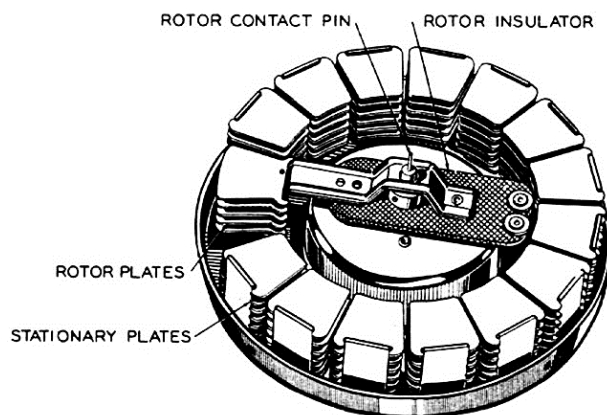


Abb. 6: Blick in den Vibrato-Scanner⁶

Der Vibrato-Scanner ist durch einzelne Drähte mit einer Platine (Vibrato Delay Line) und den dort befindlichen Bauteilen verbunden. Das an den Statorpaketen anliegende und jeweils unterschiedlich verzögerte Signal wird periodisch von dem auf der Hauptantriebswelle sitzenden Rotor abgegriffen und zum Verstärker geführt.

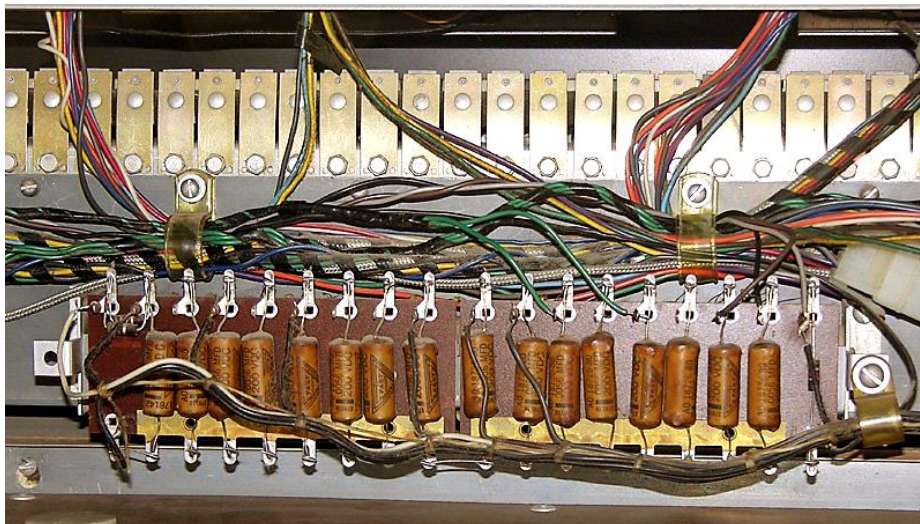


Abb. 7: Vibrato Delay Line mit Kondensatoren⁷

Wird das Vibrato-Signal über den Effektstärke-Drehschalter mit dem unveränderten Signal des Tongenerators gemischt, so ergibt sich der spezielle Chorus-Effekt, der von unzähligen Hammond-Aufnahmen bekannt ist.

⁶ <https://nshos.com/X6618.htm>

⁷ http://www.stefanv.com/electronics/hammond_vibrato_mod.html

3.2 Halleffekt

Einige Hammond-Orgeln sind mit einem Federhall (Hallspirale) ausgerüstet, um so dem Klang mehr Räumlichkeit zu verleihen. Die Hallspirale ist ein elektromechanisches Übertragungsglied mit einer Spiralfeder und zwei Wandlern. Der Eingangswandler (Geber) regt die Feder zu erzwungenen Schwingungen an, der Ausgangswandler (Nehmer) übernimmt den auf diese Weise erzielten Hall.

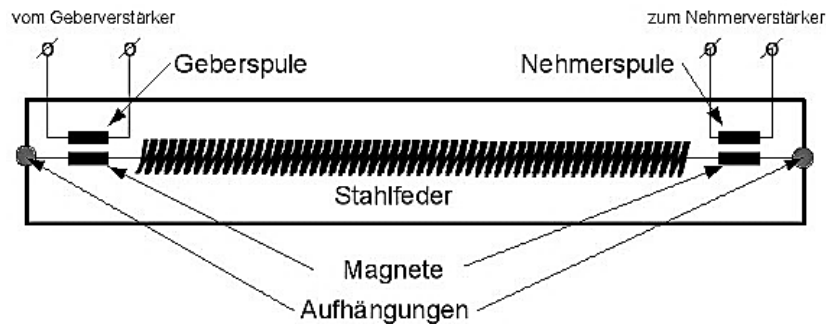


Abb. 8: Hallspirale

Zusätzliche Elemente zur Klangbeeinflussung wie bspw. Phaser, Ringmodulator und Flanger erhöhen die Vielseitigkeit der Orgel.

4 Rotary-Speaker-Sound

In Verbindung mit einer Leslie-Box (Vibratone) wird der charakteristische Hammondsound um das typische "Jammern" bereichert. Der Original-Leslie-Sound (auch als Rotary-Speaker-Sound bezeichnet) wurde durch eine rotierende Schallumlenkung erzeugt. Dazu wurde ein zweikanaliges "Leslie-Kabinett" für den Bass (Drum oder Rotor) und den Mitteltonbereich (Horn) verwendet, welches an eine Hammond-Orgel angeschlossen wurde.

4.1 Leslie-Kabinett

Erfinder dieses rotierenden Lautsprechersystems, bei dem die Modulation der Tonhöhe durch Ausnutzung des Doppler-Effektes und daraus hervorgehender Schwebungen erfolgt, war Don Leslie (1911-2004). Obwohl Hammond eine Abneigung gegen den "Leslie-Effekt" verspürte, baute er auch Orgeln mit eingebauten rotierenden Lautsprechern, welche im Unterbau montiert und etwas kleiner als die typischen Kabinett-Lautsprecher waren. In umgekehrter Weise mochte Leslie die Hammondorgel nie besonders. Das Leslie-Kabinett hatte er nur deswegen konstruiert, um der Hammond einen dynamischeren Klang zu ermöglichen.

Funktionsweise: Der Basslautsprecher gibt den Schall nach unten in eine rotierende Trommel, die durch Schallumlenkung nach vorne abstrahlt. Für den Mitteltonbereich wurde ein Horntöner verwendet, welcher als "Doppelhorn" konstruiert war, so dass keine Unwucht entstehen konnte. Dabei wird der Schall nur durch eines der beiden Hörner geleitet, das andere Horn dient als Gegengewicht. Aufgrund des Dopplereffektes bildete sich bei Rotation eine durch ein Vibrato unterlagerte Schwebung heraus.

Ausser dem eindrucksvollen katedralenartigen Klang kamen zwei als "Rise" und "Fall" be-

nannte Effekte hinzu. Bedingt durch die Gewichtsunterschiede der Umlenktrommel für den Bass und das rotierende Hochtonhorn entstanden beim Geschwindigkeitswechsel spezifische Höreindrücke, da der Bass-Rotor aufgrund seiner grösseren Trägheit langsamer beschleunigte und verzögerte als das leichtere Horn.



a) Hammond Leslie 122



b) Blick ins Innere eines Leslie 51C

oben: Mittelton-Hornspeaker

unten: Basslautsprecher mit Umlenktrommel

Abb. 9: Leslie-Cabinet

Für den "122er Leslie" wurde ein symmetrisches Audiosignal benötigt, das von seiner Stärke deutlich über dem Line-Pegel von ca. 1 Volt lag. Der Anschluss dieses "Leslies" an Orgeln erfolgte über ein sog. Leslie-Kit.

4.2 Audioverstärker

Ein klassischer Leslie ist als Zweiwege-System aufgebaut, d.h. mit getrennten Lautsprechern für den Bass und den Hochtonbereich (ab 800 Hz aufwärts). Zur Signalverstärkung wurde ein Röhrenverstärker mit 40 W Ausgangsleistung verwendet. Für die Endstufe wurden Tetroden (6550 oder 6L6) eingesetzt.

Abb. 10: Leslie-Röhrenverstärker⁸

⁸ http://www.captain-foldback.com/Leslie_sub/chorale2.htm

5 Verweise

5.1 Literatur

Sarah Hardjowirogo: Good Vibrations - Eine Geschichte der elektronischen Musikinstrumente (Deutscher Kunstverlag)

André Ruschkowski: Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen (Reclam)

5.2 Weblinks

<https://nshos.com/X661.htm>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hammondorgel>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Leslie-Lautsprecher>

<https://www.musiker-board.de/threads/uebersicht-ueber-die-gaengigsten-leslies.615176/>