

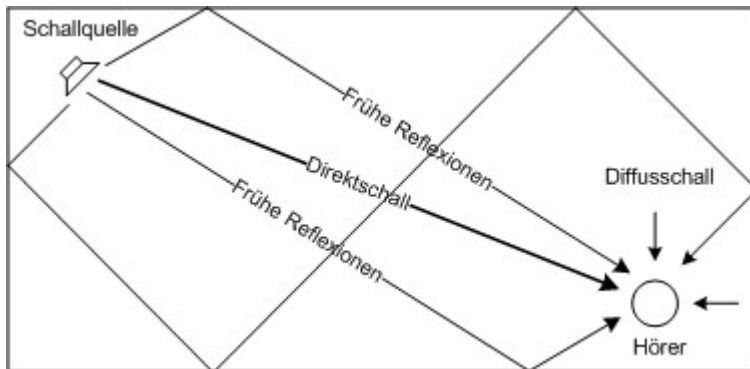
Hallräume, Federhall, Hallplatte, Hallfolie, digitale Hallgeräte

Julia Winzer

1. Allgemeines zum Nachhall

Der Nachhall ist die räumliche Information, die der Hörer zusätzlich zum Direktschall (Originalsignal) wahrnimmt. Der Hall gibt Auskunft über die Beschaffenheit eines Raums, wie zum Beispiel dessen Größe und ermöglicht dem Hörer die Lokalisation der Schallquelle. Zudem trägt der Raum erheblich dazu bei, wie der Klang einer Schallquelle wahrgenommen wird. So macht es klanglich einen großen Unterschied, ob sich ein Sänger beispielsweise in einem kleinen Raum mit "Badezimmerakustik" befindet oder in einem großen Konzertsaal.

Bestandteile des Halls



Quelle: mixingundmastering.de/effekte/hall/

Direktschall:

Der Direktschall ist das Originalsignal, welches ohne Reflexionen auf direktem und kürzestem Weg zum Ohr des Hörers gelangt.

Frühe Reflexionen:

Frühe Reflexionen erreichen das Ohr etwas später als der Direktschall, da der Schall zum Beispiel von Wänden oder Objekten im Raum reflektiert wird. Die ersten Reflexionen sind getrennt von einander wahrnehmbar, d. h. der Hörer kann unterscheiden aus welcher Richtung die frühen Reflexionen kommen. Dies vermittelt dem Hörer einen ersten Raumeindruck.

Diffusschall:

Durch viele Reflexionen im Raum, welche alle durch minimale zeitliche Unterschiede beim Hörer ankommen, kommt es durch die Verdichtung der Reflexionen zu einer Hallwolke, dem Diffusschall.

In der Tontechnik werden verschiedene Mittel zur Erzeugung einer künstlichen Raumakustik oder zur Simulation eines Raums verwendet.

2. Hallraum

Eines des ältesten Mittel zur Erzeugung des Nachhalls ist der Hallraum, dessen Einsatz Mitte der 20er Jahre begann.

Der Hallraum ist ein Raum, in welchem ganz bewusst schallharte, d. h. stark reflektierende Flächen eingesetzt werden. Um neben den Reflexionen von Wänden, Decke und Boden weitere Reflexionen zu erhalten, werden zusätzliche Flächen angebracht, die sogenannten Diffusoren, die entweder von der Decke hängen oder an den Wänden befestigt sind.

Durch diese Elemente erhält der Hallraum eine besonders lange Nachhallzeit.



Hallraum mit Diffusoren
Staatliches Institut für Musikforschung Berlin

Quelle: sim.spk-berlin.de

Bei der Beschaffenheit des Raums sind mehrere Faktoren entscheidend:

- Um Flatterechos zu vermeiden, ist bei der Konstruktion darauf zu achten, dass keine parallelen Flächen im Raum bestehen, sodass weder Wände, noch Boden zu Decke parallel sein dürfen.
- Zur Erhaltung eines geringen Grundschaallpegels wird zusätzlich eine starke Dämpfung gegen Störschall von außen benötigt.
- Das zulässige Mindestvolumen beträgt 100 m^3 ; empfohlen sind jedoch 200 m^3 .

Funktion:

Im Hallraum befinden sich Lautsprecher und Mikrofone.

Über die Lautsprecher, die sich beispielsweise in einer Ecke des Raums befinden, wird das zu verhallende Signal eingespielt und über ein Mikrofon, welches sich an einer anderen Position im Raum befindet, möglichst weit weg vom Lautsprecher, wieder aufgenommen. Auf diese Weise erhält man einen diffusen Halleffekt, der beliebig zum Originalsignal hinzugefahren werden kann.

Der Vorteil der Hallräume ist, dass es durch den realen Raum und die große Reflexionsdichte einen sehr realistisch klingenden Nachhall-Effekt gibt.

Dieses Verfahren war in den 30er Jahren gängig und wurde vor allem im Rundfunk, bei der Schallplattenproduktion und im Film angewandt.

Der Hallraum, war in großen Studios bis zu den 80er Jahren, bis zur Einführung digitaler Hallgeräte, in Verwendung.

Heute ist der Hallraum in der Musikproduktion aus wirtschaftlichen Gründen fast nicht mehr zu finden, da die Anschaffung eines Hallraums und dessen Instandhaltung mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Zudem lassen sich die Nachhallzeit und der Klang nur begrenzt ändern, z. B. Varianz durch die Platzierung der Mikrofone und Lautsprecher oder durch das Verändern der Position und Anzahl der Diffusoren.

Derzeit wird der Hallraum hauptsächlich noch in der Physik verwendet, zum Beispiel zur Ermittlung des Schallabsorptionsgrades von Flächen oder zur Messung der Schallleistung von Geräten.

3. Elektromechanische Hallgeräte

3.1 Federhall (Spring Reverb, Hallspirale)

Der Federhall zählt zu den elektromechanischen Hallgeräten und wurde ursprünglich von der Firma "Bell Laboratories", für die Echounterdrückung in Telefonleitungen, entwickelt. Der Nachhall, der dabei entstand war ein eher unerwünschter Effekt.

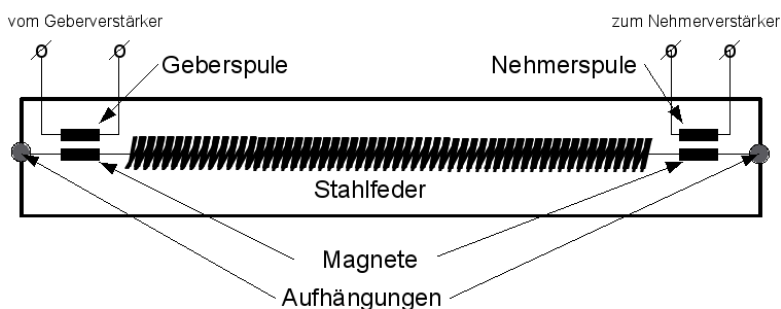
In den 40er Jahren kam Laurens Hammond auf die Idee diesen Effekt für seine Hammond Orgel zu nutzen, um seinen Kunden einen Nachhall, beim Spielen der elektrischen Orgel, auch für zu Hause bieten zu können.

Zur Erzeugung des Nachhalls wurde eine über ein Meter lange Metallfeder verwendet, welche trotz ihrer Größe unauffällig in der ebenfalls großen Hammond-Orgel verbaut werden konnte.

Bis zu den 60er Jahren wurde der Federhall stets weiterentwickelt und durch das Experimentieren mit verschiedenen Materialien konnte die Federlänge schließlich auf etwa 20 cm gekürzt werden.

In den 60er Jahren baute Leo Fender den Federhall in seinen sogenannten Fender Twin Reverb Verstärker ein.

Funktion:



Quelle: [wikipedia.org/wiki/Hallgerät](https://de.wikipedia.org/wiki/Hallger%C3%A4t)

Beim Federhall wird das Signal durch eine oder mehrere Metallfedern geschickt.

Die Federn sind in einem Rahmen, im Gehäuse des Geräts, locker aufgehängt. Neben den Aufhängungen befinden sich die elektromagnetischen Wandler, welche aus einem Dauermagneten und einer stromdurchflossenen Spule bestehen. Während die Spulen fest am Rahmen sitzen, sind die Magnete, welche mit der Feder verbunden sind, beweglich. Die Geberspule erhält durch einen Verstärker eine Wechselfeldspannung. Das daraus entstehende Magnetfeld steht mit dem Magnetfeld des Dauermagneten in Wechselwirkung und der beweglich aufgehängte Magnet fängt an zu Schwingen wobei er seine Schwingung auf die Feder überträgt. Das Signal wandert nun mehrmals auf der Feder hin und her.

Das Hin- und Herwandern der Schwingung auf der Feder wird als Reflexion wahrgenommen. Da die Reflexionen sehr gleichförmig klingen und um dem Federhall noch mehr Räumlichkeit und Diffusität zu verleihen, werden den Federn mechanische Schäden durch Ätzstellen und Dellen hinzugefügt. Diese Schäden stören die Ausbreitung der Schwingungen und man erhält den Eindruck von zusätzlichen Reflexionen. Die zweite Spule nimmt nun die Schwingung vom Magneten am anderen Ende wieder auf und wandelt das mechanische Signal wieder in ein elektrisches um, welches über einen zweiten Verstärker rausgeschickt wird.

Um den Hall realistischer klingen zu lassen, werden häufig drei oder mehrere verschiedene Federn, für unterschiedliche Verzögerungszeiten, verwendet.

Eigenschaften:

- Das Ergebnis des Federhalls ist ein sehr metallisch klingendes Signal.
- Am häufigsten ist der Federhall in Gitarrenverstärkern und Hammond-Orgeln zu finden.
- Einen großen Nachteil stellt die Verwendung des Federhalls bei perkussiven Signalen dar, da hierbei ein Scheppern wahrzunehmen ist.
- Durch den einfachen Aufbau ist der Federhall preiswert.
- Häufig haben die Geräte eine transportable Größe und passen in ein 19" Rack.
- Es gibt sowohl monofone als auch stereofone Federhall-Geräte.

Eines der bekanntesten Federhall-Geräte stellt das *AKG BX 20* (siehe Abbildung) dar, welches Ende der 60er Jahre auf den Markt kam.



Quelle: palmquiststudios.com

Weitere Hersteller der 80er Jahre waren zum Beispiel Master-Room mit den Modellen XL-210 und XL-305, das Furman RV-1, das Biamp MR/140 und Orban mit dem Modell 111b.

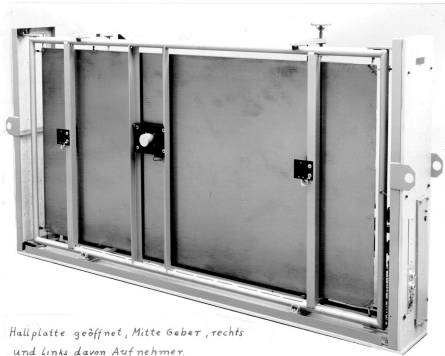
Neben Plugins gibt es derzeit auch wieder analoge Federhall-Geräte zu kaufen.

Mit ihren Vintage-Produkten ließen Hersteller wie Vermona (Geräte: VSR 3.2, DSR-3) und Doepfer (A199) den analogen Federhall wieder aufleben.

3.2 Hallplatte (Plate Reverb)

Die Hallplatte ist eine Erfindung der Firma *Elektro MessTechnik Wilhelm Franz*. 1957 kam die erste Hallplatte, das Modell EMT 140 auf den Markt, welche von dem Ingenieur Walter Kuhl entwickelt wurde. Von 1957-1974 stellte EMT als einzige Firma Hallplatten her.

Funktion:



Quelle: m-eicher.eu

Eine Stahlplatte der Größe 2 m x 1 m, mit einer Stärke von 0,5 mm, wird an den vier Ecken in einen Rahmen gespannt.

Auf der Platte ist ein elektrodynamischer Wandler montiert, dieser bringt die Stahlplatte in Biegeschwingungen. Die Schwingungen breiten sich auf der gesamten Fläche aus und es kommt an den Kanten der Platte zu Reflexionen. Ein piezoelektrischer Wandler nimmt nun den Ton wieder ab und wandelt die mechanische Schwingung in ein elektrisches Signal um.

Neben der Stahlplatte befindet sich eine Dämmplatte. Durch die Abstandsveränderung zur Stahlplatte wird das Einstellen der Nachhallzeit möglich. Je dichter Stahl- und Dämmplatte aneinander sind, desto geringer ist die Nachhallzeit.

Bei einem Bezugswert von 500 Hz ist ein Nachhall von 1-5 Sekunden möglich, jedoch wird die Nachhallzeit ab 2 Sekunden frequenzabhängig. Bei einer eingestellten Nachhallzeit von 4,5 Sekunden beträgt die Nachhallzeit für 100 Hz jedoch 10 Sekunden.

Deshalb gibt es einen Schalter, der es ermöglicht die Tiefen in drei Stufen abzusenken.

Durch ein Metallgehäuse ist die Hallplatte zwar vor elektromagnetischen Wellen geschützt, dennoch ist sie sehr empfindlich für Schall von außen und sollte deshalb separat in einem gut isolierten Raum untergebracht werden.

Eigenschaften:

- Die Hallplatte bietet eindeutig Studioqualität und klingt um einiges realistischer als der Federhall.
- Es handelt sich um einen sehr metallischen Klang, welcher die Wirkung eines kleinen Raums mit sich bringt, deshalb ist die Hallplatte besonders für perkussive Signale geeignet.
- Die Hallplatte ist im Ausklang sehr basslastig.
- Zudem lassen stark ausgeprägte Höhen den Hall unnatürlich wirken.
- Anfangs war das Signal monofon, 1961 stereofon und ab 1973 auch quadrofon.
- Durch den nostalgischen Klang ist die Verwendung der Hallplatte Geschmackssache.
- Heute wird die Hallplatte hauptsächlich noch in digitaler Form, in digitalen Hallgeräten oder Plugins verwendet.

3.3 Hallfolie

Die Hallfolie ist eine Weiterentwicklung der Hallplatte der Firma EMT. 1971 kam das Modell EMT 240 auf den Markt.

Funktion:

Die Hallfolie ist in der Funktion der Hallplatte sehr ähnlich, mit dem Unterschied, dass statt einer großen Stahlplatte hierfür eine vergoldete Folie mit den Maßen 27 cm x 29 cm und einer Stärke von 18 µm verwendet wird. Die Schwingung wird durch piezoelektrische Wandler erzeugt und anschließend durch elektrodynamische Wandler wieder abgenommen.

Eigenschaften:

- Es handelt sich um einen sehr realistisch klingenden Hall, der natürlichste Nachhall aller mechanischen Hallgeräte. Das natürliche Empfinden liegt zum einen daran, dass die Nachhallzeit mit steigender Frequenz, ab 1 kHz abfällt, zum anderen besitzt die Hallfolie eine hohe Eigenfrequenzdichte. Eine geringe Eigenfrequenzdichte, wie bei der Hallplatte erzeugt einen metallischen Klang.
- Bei einem Bezugswert von 500Hz ist auch hier eine Nachhallzeit von 1-5 Sekunden möglich, höhere Frequenzen haben jedoch eine geringere Nachhallzeit als tiefe.
- Durch das geringe Gewicht und die kleinen Abmaße ist das Gerät transportabel und durch die gute Dämmung gegen 50 dB Störschall von außen geschützt. Es wird deshalb kein separater, isolierter Raum benötigt, sodass das Gerät direkt im Studio oder im Ü-Wagen problemlos stehen kann.

4. Digitale Hallgeräte

Bereits in den 60er Jahren wurden erste Algorithmen zur Berechnung des Nachhalls entworfen, wie zum Beispiel der Schroeder-Algorithmus.

Bei diesem Algorithmus wird das Signal durch vier parallel geschaltete Rückkopplungsschleifen und anschließend durch zwei Allpass-Filter geschickt. Durch gut gewählte Verzögerungszeiten konnte ein dichter Hall erzeugt werden und durch die anschließenden Allpass-Filter konnte noch eine Verdreifachung der Reflexionen erzielt werden.

Die Berechnung war sehr aufwändig und konnte anfangs nicht in Echtzeit geschehen. Erst seit Mitte der 70er Jahre gelang die Berechnung des Nachhalls auf einem leistungsstarken, industriellen Großrechner in Echtzeit.

1976 kam das erste echtzeitfähige Hallgerät auf den Markt.

Digitale Hallgeräte arbeiten mit digitalen Signalprozessoren (DSP), diese berechnen die Reflexionen eines Signals über Algorithmen, welche aus dem Nur-Lese-Speicher bezogen werden.

Da die Berechnung des Halls in Echtzeit geschehen muss, ist hierfür eine hohe Rechenleistung notwendig.

Das Erfinden und Verbessern der Algorithmen zur Berechnung der Reflexionen stellt eine schwierige Angelegenheit dar, deshalb sind die Algorithmen von den Geräteherstellern ein sehr gut gehütetes Geheimnis.

Technische Vorgänger

EMT 250 (1976)



Quelle: uaudio.com

EMT brachte mit seinem Modell 250 das erste digitale Hallgerät auf den Markt. Es ist bekannt für seinen typischen Eigenklang und ist besonders zur Verhallung von Gesang geeignet.

Lexicon 224 (1978)



Quelle: soundonsound.com

Das Lexicon 224 war sehr erfolgreich und großer Konkurrent des EMT 250. Der typische Lexicon-Klang wurde im Laufe der Jahre zu einem technischen Standard in zahlreichen Aufnahmestudios.

AMS RMX 16 (1980)



Quelle: advancedaudiorentals.com

Seit 1980 ist das AMS RMX 16 auf dem Markt, welches für viele Musikproduktionen der 80er Jahre verwendet wurde. Das RMX 16 ist auch heute noch in großen Tonstudios zu finden.

Quantec QRS (1982)



Quelle: en.audiofanzine.com

Das Quantec QRS ist ein sehr erfolgreiches Hallgerät. Es wurde von 1982-1990 in Serie produziert.

Lexicon 480L (1986)



Quelle: en.audiofanzine.com

Das Lexicon 480L ist ein Nachfolger des 224XL. Ein sehr erfolgreiches und teures Gerät.

Parameter:

Mit zunehmender Zeit wurden die einzustellenden Parameter durch die ein Raum definiert werden kann immer zahlreicher. Heutzutage sind folgende Parameter gängig:

Pre-Delay (Initial-Delay)

Die Zeit zwischen Direktschall und dem Beginn der frühen Reflexionen wird als Pre-Delay bezeichnet. Je höher der Pre-Delay-Wert eingestellt wird, desto größer erscheint der Raum.

Frühe Reflexionen (Early Reflections)

Die ersten Reflexionen sind getrennt von einander wahrnehmbar, der Hörer kann unterscheiden aus welcher Richtung die frühen Reflexionen kommen.

Je lauter und früher diese einsetzen, desto kleiner erscheint der Raum.

Anhall (Dense Reverberation)

Die Anhallzeit bezeichnet den Zeitraum zwischen Direkt- und Diffusschall.

Abhängig davon wie schnell und laut die ersten Reflexionen auf den Direktschall folgen, spricht man von „hartem“ bzw. „weichem“ Anhall.

Harter Anhall:

- Die Zeit vom Direktschall bis zu den frühen Reflexionen ist unter 50 ms.
- Laute Reflexionen
- Besonders für die Sprachverständlichkeit geeignet
- Wirkung: kleiner Raum, glatte Wände

Weicher Anhall:

- Mehr als 50 ms Laufzeit bis zu den ersten Reflexionen
- leise Reflexionen
- Wirkung: großer Raum

Nachhallzeit (Decay-Time, Reverberation Time)

Zeitraum des Verstummens der Schallquelle bis der Pegel um 60 dB abgefallen ist. Die Nachhallzeit ist abhängig vom Raumvolumen und dem Absorptionsverhalten des Raums. Je größer der Raum und je schallhärter die Flächen, desto länger die Nachhallzeit (siehe Sabine'sche Formel).

Beispiele für Nachhallzeiten:

Wohnräume: ca. 0,1-0,5 s

Hörsaal: ca. 0,6-0,8 s

Konzertsaal: ca. 1-2 s

Kirche: ca. 2 s

Nachhalldauer

Zeitraum des Verstummens der Schallquelle bis der Schall tatsächlich nicht mehr zu hören ist. Die Nachhalldauer ist abhängig vom Schalldruckpegel. Bei hohem Schalldruckpegel ist sie mit einem langen Diffusfeld verbunden. Nachhallzeit und Nachhalldauer unterscheiden sich oftmals.

Raumgröße (Room Size, Size)

Legt die Größe des Raums fest, z. B. in Form von Prozentwerten von 0-100. Es gibt jedoch auch Hallgeräte, welche die Möglichkeit bieten die Raumgröße in Metermaßen oder Kubikmetern

anzugeben.

Raumtyp:

Der Raumtyp stellt eine Voreinstellung dar und simuliert bestehende Räume. Durch die Wahl des Raums z. B. Kathedrale, Konzertsaal oder Aufnahmeraum, werden die Parameter an die Vorlage angepasst und können anschließend beliebig verändert werden. Zusätzlich können auch analoge Hallgeräte, wie die Hallplatte simuliert werden.

Frequenzabhängigkeit:

Natürlicher Hall ist immer mit einem Verlust an hohen Frequenzen verbunden.

Jedoch nehmen auch die reflektierenden Flächen Einfluss auf den Frequenzgang des Nachhalls: Steinwände z. B. in Kirchen unterstützen tiefe Frequenzen.

Holzverkleidung unterstützt mittlere Frequenzen.

Je nach Gerät, lassen sich die Nachhallzeiten für unterschiedliche Frequenzen einstellen.

High-Frequency-Damp (Hi-Damp, Hi Decay)

Der High-Frequency-Damp wird zur Verkürzung der Nachhallzeit im hohen Frequenzbereich verwendet. Hohe Frequenzen klingen grundsätzlich schneller ab als tiefe.

Bei der Einstellungsgröße (Hi-Damp-Wert) handelt es sich meistens um einen Prozentwert, welcher mit der Nachhallzeit multipliziert wird.

Beispiel:

Nachhallzeit: 2 s x Hi-Damp-Wert: 0,5 (50%)

-> Hi-Damp = 1 s

Eigenschaften:

Gute Algorithmen, eine hohe Rechenleistung und eine Vielzahl an einzeln ansteuerbaren Parametern ermöglichen einen sehr realistisch klingenden Hall und die Simulation unzähliger Räume.

Digitale Hallgeräte ermöglichen es einem trockenen Signal die gewünschte Rauminformation hinzuzufügen, weshalb eine Unabhängigkeit der Größe des AufnahmeRaums besteht.

Üblicherweise findet man Hallgeräte unter dem Namen Multieffektgeräte, da Effekte wie Delay, Flanger und Phaser häufig bereits mitenthalten sind.

Mit digitalem Nachhall kann kreativ und experimentell gearbeitet werden.

Die Verwendung digitalen Nachhalls kann nicht nur als Simulation eines realen Raums verwendet werden, sondern auch in Form von Hall-Effekten. Ein beliebter Effekt, der besonders in den 80er Jahren Verwendung fand, ist der Gated Reverb, bei welchem die Hallfahne abgeschnitten wird. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Snare bei "In The Air Tonight" von Phil Collins.

Digitale Nachhall gibt es nach Preisklasse in stereo als auch in surround.

Die Qualität des Nachhalls, ist abhängig von den Algorithmen. Je besser die Algorithmen zur Berechnung der Reflexionen, desto mehr Rechenleistung wird benötigt, umso teurer das Hallgerät.

Bekannte Studio-Geräte:

Lexicon 480L, 960L

Lexicon PCM-Serie, PCM 96, PCM 91

Lexicon LXP-Serie , LXP 1, LXP 5

TC Electronic System 6000

Bricasti M7

Eventide H8000FW, H7600

Quantec Yardstick 2498, Yardstick 2496

Quellen:

Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudiotechnik (Band 1)

Weinzierl, Stefan: Handbuch der Audiotechnik

Waschulzik, Sonja: Effektgeräte: Equalizer, Kompressor, Hallgeräte und Delay

www.soundandrecording.de/tutorials/basis-wissen-effekte-im-ueberblick/mixingundmastering.de/effekte/hall/

www.sim.spk-berlin.de/hallraum_543.html

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

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hallger%C3%A4t>

http://www.musik-produktiv.de/media/005/5393/Beispieleseiten_IV.pdf

www.hft-stuttgart.de/Studienbereiche/Bauphysik/Bachelor-Bauphysik/Einrichtungen/ZFB/ZFB-Hallraum/de

<https://ccrma.stanford.edu/~nolting/424/>

<https://www.amazona.de/test-accutronics-hallspirale/3/>

www.uaudio.com/store/reverbs/

www.quantec.com/index.php?id=history&L=1

<https://www.youtube.com/watch?v=DraJZCQcJfw>