

Erzeugung musikalischer Effekte und Dynamiken

1 Überblick Toneffekte

Anstelle der konventionellen Röhren- und Transistorpraxis kommen heutzutage oft Signalprozessoren zum Einsatz.

1.1 Phaser

Angeblich wurde der Phaser-Effekt zufällig entdeckt, als dieselbe Aufzeichnung gleichzeitig von zwei Tonbandgeräten mit leicht unterschiedlicher Bandgeschwindigkeit abgespielt wurde. Das Audiosignal durchläuft zwei unterschiedliche Signalwege. Ein Anteil bleibt unverändert, während der andere durch einen Allpass (Filterstufe) läuft. Solche Filter bewirken Phasenverschiebungen sämtlicher Wellen ohne aber deren Amplituden zu beeinflussen. Durch anschließende Modulation der Phasenverschiebung mit einem Low Frequency Oscillator entsteht der typische Phaser-Effekt. Anschliessend wird das verschobene Signal dem Originalsignal wieder zugemischt, so dass Auslöschungen und Erhöhungen im Frequenzspektrum entstehen.

1.2 Chorus

Hörbar ist der Chorus-Effekt bei einem gut eingeübten Chor (woher er seinen Namen hat). Es handelt sich um einen akkustischen Effekt, der einen Ton so ausprägt, als würde sich gleichzeitig ein zweiter ähnlich klingender Ton im Raum bewegen. Dazu müssen zwei in der Tonhöhe leicht verstimmt ansonsten aber gleichwertige Tonquellen vorhanden sein.

1.3 Flanger

Der Flanger-Effekt entsteht dadurch, dass Interferenzen aufgrund einer variierenden Zeitverzögerung "wandern" und dadurch für Dynamik im Klangbild sorgen. Das Eingangssignal wird zunächst in zwei Signalzweige aufgeteilt. Der eine Zweig führt das Signal unverändert zu einer Mischstufe. Im zweiten Zweig wird das Signal zeitlich variierend verzögert (zwischen 1 bis 20 ms), bevor es ebenfalls der Mischstufe zugeführt wird. Die Mischstufe bildet daraus das Ausgangssignal. Die sich ergebenden kleinen Schwankungen der Tonhöhe nach oben und unten aus dem Verzögerungsglied erzeugen durch Überlagerung mit dem unveränderten Originalsignal die erwünschten Interferenzen (Kammfiltereffekt).

2 Überblick Dynamikeffekte

2.1 Ringmodulatoren

Diese werden verwendet, um eingehende Signale miteinander zu multiplizieren. Der Name stammt daher, dass vier Dioden in einem Ring angeordnet sind. Als Balance-Modulator werden Ringmodulatoren in Tranceivern im Amateurfunk eingesetzt.

In der elektronischen Musik (Synthesizer) kommen Ringmodulatoren ebenfalls zum Einsatz. Im Gegensatz zu den anderen Anwendungen liegen Träger und Modulator im selben Fre-

quenzbereich, so dass beim unteren Seitenband "negative Frequenzen" auftreten. Aufgrund der nichtharmonischen Obertoncharakteristik können so aus einfachen Signalen glockenähnliche Klänge erzeugt werden.

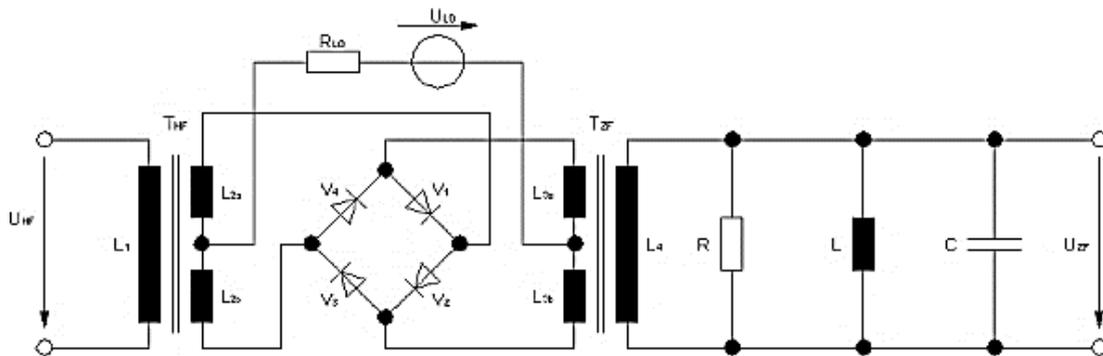


Abb. 1: Ringmodulator (Abwärtsmischer)

2.2 Verzerrer

Manchmal – besonders bei E-Gitarren – ist es erwünscht, ein Signal zu verzerren; dieses führt zur Beimischung zusätzlicher Obertöne zum Klang. Die Verzerrerschaltung (Fuzzbox) besteht im einfachsten Fall aus zwei hintereinander geschalteten Verstärkerstufen mit Transistoren in Emitterschaltung. Die zweite Stufe wird dabei von der ersten übersteuert, wobei das Signal in angenäherte Rechteckschwingungen verformt wird. Zusammen mit dem Gitarrensinal entsteht ein sägender Klang.

2.3 Kompressoren

Mit einem Hüllkurvenfolger wird aus dem Pegel eines Audiosignals eine Steuerspannung extrahiert, die zur Regelung eines spannungsgesteuerten Verstärkers (VCA) benutzt wird. Der VCA reduziert den Pegel des zu bearbeitenden Signals um so mehr, je höher der Originalpegel ist. Der Dynamikverlauf wird also komprimiert; daher der Name.

2.4 Begrenzer (Limiter)

Mit diesem Effektgerät wird der Ausgangspegel eines Audiosignals auf einen bestimmten Wert heruntergeregelt. Der Limiter ist eine Extremform des Kompressors (mit einer Ratio von theoretisch $\infty : 1$). Wesentliche Bestandteile sind ein Hüllkurvenverfolger und ein VCA. Der Ausgangspegel wird durch den "Limiter Threshold" festgelegt.

2.5 Hüllkurvengeneratoren (ADSR)

Verwendung findet der Hüllkurvengenerator bspw. in der mit subtraktiver Synthese arbeitenden Tontechnik, um mittels Hüllkurve den Verlauf von Lautstärke und Klangfarbe über die Dauer eines Tones zu steuern.

In praxi wird die Hüllkurve an den Steuereingang eines spannungsgesteuerten Verstärkers (VCA) oder eines Filters (VCF) angelegt. In Synthesizer-Modulen dient sie zur Steuerung der Tonhöhe eines Oszillators oder auch der Frequenz eines LFO's (Vibrato, Tremolo).

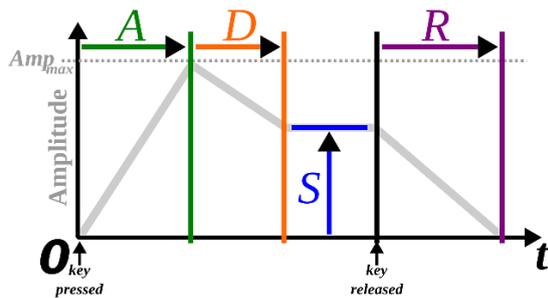
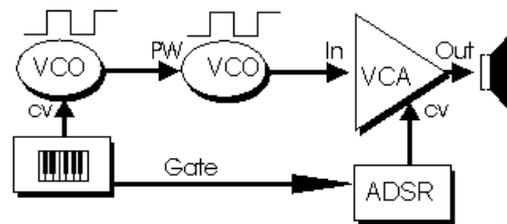
Abb. 2: ADSR-Hüllkurve¹

Abb. 3: Prinzipschaltung eines spannungsgesteuerten Verstärkers mit Hüllkurvengenerator

Eine Hüllkurve besteht aus vier Phasen:

Attack (Anstieg), Decay (Abfall), Sustain (Halten) und Release (Freigeben); daher das Akronym ADSR.

Meist wird der Verlauf durch den Tastenanschlag (Gate) eines Keyboards ausgelöst. Die Release-Phase beginnt, sobald die Taste losgelassen wird.

2.6 Clipping

Als Übersteuern (Overdrive) bezeichnet man in der elektronischen Signalverarbeitung das Beaufschlagen von signalverarbeitenden Einheiten (Vorverstärker, Endstufen) mit Eingangssignalen außerhalb des erlaubten Eingangsbereiches. Als Folge einer Übersteuerung treten Signalverzerrungen (Distortion) auf. Obwohl derartige Signalverzerrungen an sich unerwünscht sind, werden sie in der Musikelektronik gezielt als Gitarreneffekte eingesetzt.

Ein Verstärker kann durch einen zu hohen Eingangspegel oder eine zu hohe Verstärkung in die Sättigung kommen, bei der das Ausgangssignal nicht mehr formtreu dem Eingangssignal folgt, sondern "geklippt" und dadurch verzerrt wird. Dabei wird die Signalkurve an den oberen und unteren Signalspitzen "abgeschnitten". Diesen Effekt bezeichnet man als Clipping (engl. to clip = abschneiden, kappen).

Wird ein Audiosignal mit nur einer Frequenz eingespeist, entstehen im Signal-Spektrum zusätzliche Obertöne, die als "Harmonische" bezeichnet werden. Wird dagegen ein Signalgemisch aus mehreren Frequenzen eingespeist, entstehen zusätzliche Kombinationsfrequenzen, also die Summen und Differenzen der ursprünglichen Frequenzen, weil der Verstärker dann als Mischer arbeitet.

3 Überblick Effektgeräte

Die ersten Effekte – bspw. *Reverb* (Hall) – wurden von Fender bereits früh in einige ihrer Gitarrenverstärker integriert. Später wurden solche Effekte auch in Pedalgeräten – zur Bedienung mit dem Fuß – verfügbar. Bodenpedale sind meist als Einzeleffektgeräte für Gitarristen und Bassisten konzipiert. Man schleift sie zwischen Instrument und Verstärker ein.

Ausser den Pedalgeräten werden in Tonstudios meist Einbaugeräte im 19 Zoll Standard ver-

¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/ADSR>

wendet. Die digitalen Vertreter dieser Gattung sind programmierbar und verfügen über ein Display. Bei Rack-Geräten handelt es sich vielfach um so genannte Multieffektgeräte. Sie stellen nicht nur einen einzelnen Effekt zu Verfügung, sondern gleich eine ganze Palette, von denen auch mehrere gleichzeitig einsetzbar sind.

Durch die Halbleitertechnik inspiriert existieren Multieffektgeräte inzwischen auch als Bo-



dengeräte mit Regel- und Speicherfunktionen (sog. Multi-FX Units). Die Art der Signalbearbeitung ist bei diesen Geräten in der Regel digital. Bei Einzel-Bodenpedalen gibt es für bestimmte Effekte – bspw. bei Verzerrern (Overdrive, Distortion) – auch eine analoge Nachbildung der Signalverarbeitung, welche an die Übersteuerung der alten Röhrenverstärker erinnert.

Abb. 4: Stomp Lab II Multieffektgerät (VOX)

Prinzipiell lassen sich Pedale einteilen in Anwendungen für:

- 1) Übersteuerungs- und Verzerrungseffekte (Distortion)
- 2) Modulationseffekte, darunter Chorus, Phaser, Flanger, Oktaver, Tremolo.
- 3) Zeitbasierte Effekte, darunter Hall, Delay, Echo, Looper.
- 4) Dynamische Effekte, darunter Wah-Wah, Kompressor, Limiter.

4 Übersteuerungs- und Verzerrungseffekte

4.1 Verzerrer

Der Distortion-Effekt (dt. = Verzerrung) ermöglicht die Simulation eines übersteuerten Verstärkers und ist bei E-Gitarristen in der Hardrock-Szene äusserst beliebt.

Die Stärke des Effektes sowie der Klangcharakter (hart, angezerrt, weich etc.) lassen sich verändern und an den jeweiligen Anwendungszweck anpassen. Abhängig von der Intensität des Effektes unterscheidet man zwischen Overdrive-, Distortion- und Fuzzboxen.

Die Hersteller bezeichnen den ursprünglichen Verzerrungssound eines Poweramp oft als *Overdrive*, hingegen den Preamp-Verzerrungssound als *Distortion*. Der Overdrive klingt etwas weicher und klanglich "dreckiger", wogegen der Distortion eher "aggressiver" und "spitzer" klingt.

Begriffe:

Gain (Boost, Level) → Beeinflusst den Grad der Verstärkung vor der Verzerrerstufe.

Distortion → Simulierte Vorstufenverzerrung.

Drive (Overdrive) → Simulierte Endstufenverzerrung.



Abb. 5: Overdrive (Walrus)



Abb. 6: Gitarren-Verzerrer (electro harmonix)

4.2 Exciter und Enhancer

4.2.1 Ein *Exciter* ist ein musikalisches Effektgerät, das den Hochtonanteil eines Tonsignals künstlich erzeugt. Der Exciter besteht aus zwei hintereinander geschalteten Elementen: einem Hochpassfilter und einem Verzerrer. Dieser wurde ursprünglich als Quadraturmultiplizierer ausgeführt, in einfacheren Geräten kommt desöfteren eine Schaltung mit antiparallelen Dioden zum Einsatz. In jedem Fall werden durch die Schaltung oberhalb der Grenzfrequenz des Hochpasses neue Obertöne erzeugt, die als Harmonische auf dem Originalsignal basieren. Das so erzeugte Signal wird dem ursprünglichen Signal mit geringem Pegelanteil zugemischt.

4.2.2 Ein *Enhancer* arbeitet nach einem ähnlichen Prinzip wie ein Exciter, jedoch wird statt eines Hochpassfilters eine Reihe von Bandpassfiltern verwendet. Viele Modelle erzeugen keine neuen Obertöne, sondern analysieren die vorhandenen, heben sie dynamisch an und arbeiten mit Laufzeit-Effekten zur Impuls-Verbreiterung. Je nach Frequenz der Filter hat der Enhancer unterschiedliche Einsatzzwecke und differierende Klangeigenschaften. Beispiele dafür sind eine bessere Sprachverständlichkeit, eine räumlichere Darstellung und eine deutlichere Stereo-Abbildung.

4.3 Equalizer

Ein *Equalizer* setzt sich aus mehreren Filtern zusammen, mit denen das Spektrum des Eingangssignals bearbeitet werden kann. Üblicherweise wird ein Equalizer verwendet, um lineare Verzerrungen eines Signals zu korrigieren.

Bei Konzerten werden Equalizer, neben der Entzerrung einzelner Signalquellen (Kanäle), vor allem dazu verwendet, den Gesamtklang der Beschallung) den Örtlichkeiten anzupassen. Grund ist der, dass jeder Raum das Klangbild aufgrund seiner Geometrie beeinflusst. Durch Reflexion der Schallwellen an den Wänden werden Frequenzen infolge von Interferenz

verstärkt oder gedämpft. Die so entstehenden "Beulen" im Gesamtfrequenzgang werden mit dem Equalizer eingeebnet. Hierzu wird der Equalizer in die sogenannte *Summe* (Audioausgang, an dem das Gesamtsignal anliegt) eingeschleift.

Desweiteren werden EQs zum extremen Verändern von Signalen benutzt, um so die Bearbeitung durch nachgeschaltete Geräte auf bestimmte Frequenzbereiche einzuschränken, die dann wieder der Summe zugemischt werden oder um Effekte über einen Detektor-Eingang (Key-Chain) explizit frequenzsteuern zu können.

5 Modulationseffekte

5.1 Phaser

Die Basis des Effekts bildet eine Phasenverschiebung, daher auch der Name. Der Effekt klingt ähnlich dem eines *Flanger*, der Phasenverschiebungen mit einer zeitverzögerten Kopie des Originalsignals erreicht. Um diese zu erreichen, wird das Signal innerhalb des Phasers geteilt und die eine Hälfte anschließend phasenverschoben wieder ausgegeben. Die so entstehenden Löcher bzw. Auslöschungen im Frequenzgang sorgen für den charakteristischen Sound.



Abb. 7: Pedal-Phaser (Boss)

Um den typischen Phaser-Sound zu erzeugen, fehlt noch eine Komponente. Dreht man einen Phasenverschieber manuell schnell im Frequenzspektrum hin- und her, entsteht ein Effekt, der in Kombination mit dem Originalsignal einen phasigen und filterigen Sound erzeugt, der an den Klang eines Leslie-Cabinets erinnert. Die Anzahl der Löcher im Frequenzgang nennt man "Stages".

Begriffe:

Rate → Einstellen der Geschwindigkeit des Effekts.

Depth → Regelt die Intensität des Effekts.

Manual → Regelt die mittlere Frequenz des Phasing-Effekts.

Resonance → Regelt den Anteil des Phaser-Effekts, der wieder zum Eingang zurückgeführt wird. Je höher der Wert eingestellt ist, desto extremer wird der Sound.

Level → Regelt die Lautstärke des Phaser-Effekts. Der Effekt wird dem Originalsignal hinzugefügt.

5.2 Flanger

Beim *Flanger* wird das Eingangssignal zunächst in zwei Signalzweige aufgeteilt, die zeitlich verzögert einer Mischstufe zugeführt werden. Die Zeitverzögerung wird in einem kleinen Bereich (ca. 1 bis 20 Millisekunden) laufend variiert, wodurch sich kleine Schwankungen der Tonhöhe nach oben und unten ergeben.



Abb. 8: Flanger MXR M-117

Sweep- und Flange-Klänge der 1970er Jahre. Einstellbar sind Speed, Width, Regeneration (Feedback) und Manual (Delaytime).

Durch die Überlagerung mit dem unveränderten Originalsignal ergeben sich Interferenzen (Kammfiltereffekt), die aufgrund der variierenden Zeitverzögerung "wandern" und dadurch für ein dynamisches Klangbild sorgen. Der Klangeindruck wird häufig als synthetisch, psychedelisch oder "spacig" beschrieben. Die Stärke der Rückkopplung (also des Effektanteils, der erneut bearbeitet wird) kann in der Regel fein justiert werden und hat großen Einfluss auf den Klang.

5.3 Vibrato und Tremolo

Das Supro Tremolo (Abb. 10) ist ein analoges Pedal, das zwei der gesuchtesten röhren-basierenden Modulationseffekte nachbildet, die man in den 1960ern in amerikanischen Verstärkern finden konnte. Mit dem Amplitude/Harmonic-Switch kann zwischen dem traditionellen Tremolo-Sound eines originalen Supro-Amps oder der mehr psychedelischen Variante der Fender-Verstärker aus der gleichen Epoche umgeschaltet werden.

5.3.1 Das *Vibrato* erzeugt auf elektronischem Weg den Klang, der entsteht, wenn man eine Saite durch Ziehen (Bending) ständig hin und her bewegt und damit eine gleichmässige Veränderung der Tonhöhe bewirkt. Dieser Effekt war bereits in den 50er und 60er Jahren sehr



Abb.9: Flanger (Boss)

populär, wie diverse Aufnahmen aus jener Zeit beweisen, und gehörte bei vielen Fender- und Vox-Verstärkern zur Grundausrüstung.

5.3.2 In der elektronischen Musik versteht man unter *Tremolo* einen elektronisch oder mechanisch erzeugten Klangeffekt, bei dem fortlaufend in kurzen Zeitabständen die Dynamik (Lautstärke) des musikalischen Signals variiert wird. Ein stärkerer Effekt als bei der akustischen Gitarre kann bei der elektrischen Gitarre durch die eigens dafür vorgesehene Tremolo-Mechanik erzeugt werden.



Abb. 10: Supro-Tremolo

5.4 Chorus

Der Chorus unterscheidet sich vom Vibrato darin, dass das "verstimmte" Effektsignal zusätzlich bis zu 30 Millisekunden verzögert ausgegeben wird. Der Klang erinnert an zwei Gitarristen, die das Gleiche spielen.

Wenn zwei Klangquellen zur selben Zeit exakt dieselbe Tonhöhe haben, ergibt sich noch kein Chorus-Effekt; eine bloße Kopie der Originalquelle reicht also nicht aus. Erst wenn die Tonhöhe der Kopie ein wenig von der originalen abweicht, entsteht der Eindruck der Verdoppelung und der Schwebung. Daher werden die Klangbilder der verwendeten Signale absichtlich verstimmmt, jedoch nur minimal, so dass der Hörer die Verstimmung noch nicht als falsch empfindet.



Abb. 11: Chorus Pro (Maxon)



Abb. 12: Super Chorus (Boss)

Nach diesem Verstimmungs-Prinzip kann auch ein natürliches Echo einen Chorus-Effekt erzeugen. Beim Echo können Windböen die Tonhöhe beeinflussen. Solche Modulation wird nur im weiten Sinn als Chorus bezeichnet, im engen Sinn ist der Chorus ein Effekt ohne hörbares Echo.

Begriffe:

Rate/Speed → regelt die Geschwindigkeit des Effekts.

Depth → regelt die Intensität, in diesem Fall den Verstimmungsgrad des Effektes.

Pre Delay/Rise Time → Hier wird der Zeitdauer bis zum Einsetzen des Effektes eingestellt.

Level → regelt die Lautstärke des Chorus/Vibrato-Effektes, welcher dem Originalsignal hinzugefügt wird.

5.5 Octaver

Ein Octaver-Pedal fügt dem Audiosignal eine oder mehrere Oktaven hinzu. Höhere Oktaven werden analog meist durch den Einsatz eines Brückengleichrichters oder Einweggleichrichters erreicht. Die Gleichrichtung bewirkt, dass die negative Halbschwingung des Signals "nach oben" klappt.

Das neu entstandene Signal kann umgedeutet werden als eine Gleichspannung mit einer überlagerten Wechselspannung; diese hat die doppelte Frequenz des Ursprungssignals.

Bei einem klassischen analogen Octaver für tiefere Oktaven wandelt ein Schmitt-Trigger die sinusähnlichen Töne des Signals in ein Rechtecksignal um, dessen Frequenz dann mit einem Flipflop-Frequenzteiler halbiert oder geviertelt wird. Im Verhältnis 2:1 geteilt entsteht die erste Sub-Oktave und im Verhältnis 4:1 geteilt die zweite Sub-Oktave.

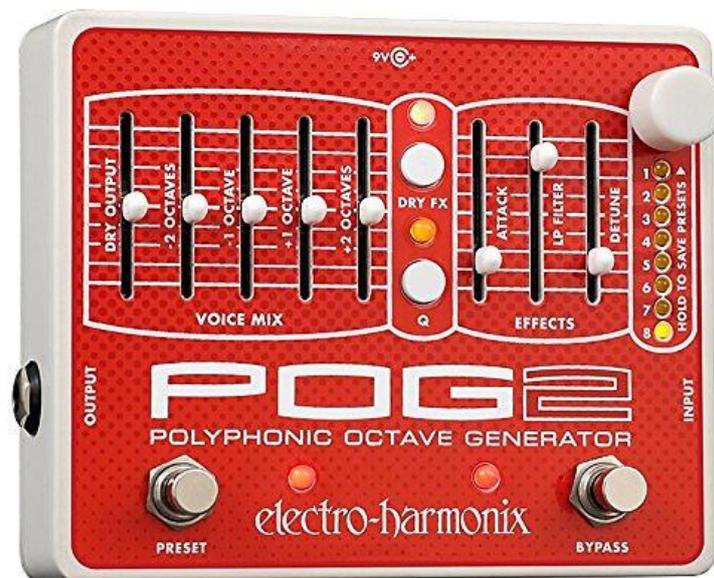


Abb. 13: Polyphonic-Oktaver (electo-harmonix)

Der POG2 (Abb. 13) kann bei voller Polyphonie mehrere Oktaven – unter und über dem Originalsignal – erzeugen. Die einzelnen Oktaven lassen sich dabei stufenlos mischen. Es können auch überzeugende Orgel-Sounds generiert werden (die Schieberegler der einzelnen Oktaven agieren hierbei wie die Zugriegel einer Orgel).

6 Zeitbasierte Effekte

6.1 Delay

Der Begriff *Delay* bezeichnet verschiedene Verfahren zur Erzeugung von akustischen Verzögerungseffekten. Zu diesen gehören *Reverb* (Nachhall), *Echo* sowie weitere Effekte. Ein Delay-Pedal fügt dem originalen Signal zeitlich verzögert ein Signal oder mehrere Signale hinzu.

Die ersten Geräte, die ausschließlich für die Erzeugung von Echoeffekten konzipiert waren, waren Bandechogeräte. Diese waren mit einem Lösch-, einem Aufnahme- und einem oder mehreren Wiedergabeköpfen sowie einer Endlosbandschleife bestückt. Da die Wiedergabeköpfe unterschiedliche Abstände voneinander hatten, ließen sich mit ihnen Mehrfach-Echos erzeugen.



Abb. 14: Digital-Delay (Boss)



Abb. 15: Hall Of Fame Reverb (TC Electronic)

Begriffe:

Analog → Klassischer analoger Delay-Sound.

Standard → Transparentes Digital Delay.

Tape → Vintage-Tape-Delay.

Warm → Digital Delay mit sanftem Sound.

Reverse → Rückwärts-Delay für psychedelische Effekte.

+RV → Kombination aus digitalem Delay und Reverse.

Shimmer → Pitch-Shift-Delay für opulente, schimmernde Texturen.

Mod → Digital Delay mit modulierbaren Wiederholungen.

Warp → Durch durchgängiges Drücken des Pedaltasters erhöht sich die Feedback-Rate und die Lautstärke.

GLT → Neu entwickelter Delay-Modus für glitchy Maschinengewehr-Effekte bei gedrücktem Schalter.

Loop → Loop-Recorder mit Overdubs und bis zu 40 Sekunden Aufnahmedauer über den Mono-Eingang.

6.2 Looper

Von der Hold-Funktion eines Digital-Delays ist es nicht weit zu den sog. *Loopern* (engl. Loop = Schleife). Diese Pedal-Geräte sind darauf spezialisiert, eine zunächst aufgezeichnete Phrase auf Knopfdruck zu wiederholen. Angewendet wird diese Technik vor allem von Solisten, die auf diese Weise eine Art "Begleit-Pattern" erzeugen, um darüber zu improvisieren. Der Vorteil gegenüber einer vorgefertigten Aufnahme ist die Möglichkeit, spontan während einer Performance den Background zu gestalten.



Abb. 16: Boden-Looper (Boss)

7 Dynamikeffekte

7.1 Kompressor

Mit *Kompressor* wird in der Tontechnik ein Effektgerät aus der Gruppe der Regelverstärker bezeichnet. Mittels eines Hüllkurvendemodulators wird aus dem Pegel eines Tonsignals eine Steuerspannung abgeleitet, die einem Stellelement zugeführt wird.

In den meisten Kompressoren beeinflusst ein spannungsgesteuerter Verstärker (VCA) den Pegel des zu bearbeitenden Signals. Der Dynamikverlauf wird also komprimiert, der Lautstärkeunterschied zwischen den leisen und lauten Passagen reduziert.

Toningenieure und Tontechniker verbauen Kompressoren meist in Racks, Musiker verwenden sie – je nach Instrument – als gestalterisches Mittel in der Effektkette ihres Rigs.

Begriffe:

Level → Lautstärke des Audiosignals.

Tone → Einstellen der Klangfarbe.

Attack → Hier wird die Zeit eingestellt, bis der Kompressor zu wirken beginnt. Hohe Werte erzeugen einen knackigen Anschlagston.

Sustain (Release) → Ausschwingzeit. Bestimmt die Zeit, bis der Kompressor aufhört zu arbeiten. Bei hohen Werten kann das Sustain des Instruments künstlich verlängert werden.

Threshold → Schwellwert bei dem der Kompressor zu arbeiten beginnt. Erreicht der Ton die eingestellte Lautstärke, beginnt das Abschwächen des Signals.

Ratio → Verhältnis der Lautstärke-Absenkung; beim Wert 1:1 wird nicht komprimiert, das Originalsignal bleibt unverändert. Der Wert ∞ (unendlich) bedeutet, dass kein Ton lauter als der eingestellte Threshold-Wert ist; diese Einstellung nennt man *limiter*.



Abb. 17: Pedal-Kompressor (Boss)



Abb. 18: Pedal-Kompressor (Keeley)

7.2 Limiter

Ein *limiter* oder Begrenzer ist ein dynamikbearbeitendes Effektgerät in einem Rig oder ein Plug-in, das den Ausgangspegel (Amplitude der Spannung des Audiosignals) auf einen bestimmten Wert herunterregelt. Wichtige Bauteile sind ein Hüllkurvenverfolger und ein VCA. Der Limiter begrenzt das Signal durch eine Sättigung des Verstärkers. Die Übersteuerungsgrenze liegt dabei leicht oberhalb des Schwellwerts. Durch eine abgerundete Form der Clipping-Kennlinie wird das Signal zuerst komprimiert und dann begrenzt.

Der Limiter ist eine Extremform des Kompressors mit einer Ratio (Regelverhältnis) von unendlich zu 1. Oft wird aber bereits bei einer Ratio von 10:1 und höher von Limitierung gesprochen. In praxi finden sich häufig Werte von 20:1 bis 1000:1. Das bedeutet, dass ab dem eingestellten Schwellenwert (Threshold) das Signal am Ausgang nicht mehr lauter werden kann.

Im Live-Bereich werden Begrenzer vor allem zum Schutz von Lautsprechern verwendet. Hierbei befindet sich der Begrenzer in der Signalkette direkt vor der Endstufe. Dabei übernimmt der Begrenzer zwei Aufgaben, zum einen die Pegelbegrenzung des Durchschnittpegels (RMS), um eine thermische Überlastung der Lautsprecher zu vermeiden, zum anderen die Pegel-

begrenzung von kurzzeitigen Pegelspitzen (Peak), um in erster Linie eine mechanische Überlastung der Schallwandler zu vermeiden.

Begriffe:

Attack → Die Ansprechzeit ist das Zeitintervall, nach dem das Eingangssignal nach Überschreiten des Schwellwert-Pegels auf denselbigen heruntergeregelt wird.

Release → Die Abfallzeit ist das Zeitintervall, in dem das Signal nach Unterschreiten des Schwellwerts auf das normale Verhältnis von 1:1 zurückgeregelt wird.

Auto → Die Auto-Funktion tastet das Signal nach Pegelspitzen ab und stellt die Regelzeiten entsprechend ein. So wird bei sinkendem Eingangspegel die Ansprechzeit (Attack) länger.

Soft Knee → Dieser Parameter rundet die "Ecke" der Kennlinie auf Höhe des Schwellwerts ab. Ergebnis ist ein weicher Übergang zwischen unbearbeitetem zu begrenztem Pegel.

7.3 Expander

Expander werden zur Unterdrückung von Störgeräuschen und zur Klanggestaltung verwendet. Ein Downward-Expander senkt kleine Amplituden (Pegel) ab, lässt aber größere unbeeinflusst. Ein Upward-Expander hebt größere Pegel an, lässt aber kleinere unbeeinflusst.

Einstellbar ist ein Schwellwert (Threshold), unterhalb/oberhalb dessen die Absenkung/Anhebung wirksam sein soll, und das Maß der Absenkung/Anhebung (Ratio). Um störendes Rauschen zu vermeiden, werden Upward-Expander in der Regel gemeinsam mit *Gates*² eingesetzt.

7.4 Wah-Wah

Ein *Wah-Wah* ist ein elektronisches Effektgerät, das vorwiegend zur Beeinflussung des Klangs einer E-Gitarre dient. Die Bezeichnung Wah-Wah beschreibt lautmalerisch den Klang des hervorgerufenen Effekts. Dieser Effekt wurde ursprünglich bei Blasinstrumenten (Trompete, Posaune) mittels eines über die Schallöffnung gelegten Hohlkörpers (sog. Plunger-Dämpfer) rein mechanisch erzeugt.

Der Wah-Wah-Effekt wird durch ein Klangfilter hervorgerufen, welches als *Bandpass mit Resonanzspitze* beschrieben wird. Die gesamte Schaltung ist im Pedalgehäuse untergebracht. Der besondere Effekt wird dadurch realisiert, indem die Frequenz der Resonanzspitze im Spektrum hin- und her geschoben wird.

In der klassischen Ausführung wird die Frequenz der Resonanzspitze mittels eines Pedals gesteuert. Der Instrumentalist hat somit beide Hände zum Spielen frei. Die Pedalstellung wird durch ein besonderes Bauteil erfasst, welches durch einen veränderbaren Parameter Einfluss auf die Resonanzfrequenz nimmt. Meist handelt es sich um ein mit einer Zahnstange betätigtes Potentiometer. Es gibt Konstruktionsvarianten, bei denen statt des Potentiometers eine über einen verschiebbaren Kern verstimmbare Induktivität (Spule) oder ein Fotowiderstand

² Ein *Gate* ist ein Effektgerät (Kategorie Dynamikprozessoren) zur Unterdrückung leiser Abschnitte in der Signalübertragung in einem Rig. Ein Nebeneffekt bei der Verwendung von Gates ist die Verminderung der Gefahr einer Rückkopplung.

verwendet wird.



5 verschiedene Modi:

Touch-Wah → mit "Up" oder "Down" Filterbewegung.

Envelope Processing → für Auswertung der Anschlagsstärke.

Autowah → Tap-Tempo über AW-3 oder über externes Expressionpedal.

Humanizer → lässt Gitarre oder Bass in fünf wählbaren Vokalen "sprechen".

Pedal-Wah → über externes Expressionpedal.

Abb. 19: Dynamic Wah (Boss)

Die technische Ausführung hat auf den Klang keinen Einfluss. Klangbestimmend ist nur die Höhe der Resonanzspitze und der Variationsbereich der Resonanzfrequenz. Durch mechanischen Verschleiß und Staubeinlagerungen neigen Konstruktionen mit Potentiometer mit der Zeit zu kratzenden Störgeräuschen im Ausgangssignal. Dieses Problem wird bei der steuerbaren Induktivität oder der Lichtschranke vermieden. In neueren Konstruktionen wird die Resonanzfrequenz indirekt durch eine Steuerspannung verändert, dabei handelt es sich schaltungstechnisch um einen VCF (Voltage controlled filter), der Bestandteil eines jeden Synthesizers ist.

8 Soundeffekte

8.1 Rotary-Speaker-Sound

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. Für den "122er Leslie" wurde ein symmetrisches Audiosignal benötigt, das von der Stärke deutlich über Line-Level liegt. Der Anschluss dieses Leslies an Orgeln erfolgte über sogenannte Leslie-Kits.

Funktionsprinzip: 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. Aufgrund des Dopplereffektes bildete sich bei Rotation eine durch ein Vibrato unterlagerte Schwebung heraus.

Der Erfinder Don Leslie benutzte zwei wählbare Rotationsgeschwindigkeiten.

- CHORALE (ca. 48 UPM) für eine langsame Schwebung
- TREMOLO (ca. 380 UPM) für den Tremolo-Effekt

In der STOP-Position fand keine Rotation statt und der Effekt verschwand. Ausser dem eindrucksvollen kathedralenartigen Klang kamen zwei als "Rise" und "Fall" benannte Effekte hinzu.

Bedingt durch die Gewichtsunterschiede der Umlenktrummel für den Bass und das rotierende Hochtוןhorn entstanden beim Geschwindigkeitswechsel spezifische Höreindrücke, da der Bass-Rotor aufgrund seiner grösseren Trägheit langsamer beschleunigte und verzögerte als das leichtere Horn.³



a) Hammond Leslie 122

Abb. 20: Leslie-Cabinet



b) Blick ins Innere eines Leslie 51C

oben: Mittelton-Hornspeaker

unten: Basslautsprecher mit Umlenktrummel

Durch den Erfolg der Digitaltechnik müssen heute keine unhandlichen Leslie-Kabinette auf die Bühne transportiert werden. Stattdessen stehen dem Musiker mikroprozessorgesteuerte Pedalgeräte zur Verfügung, die den Leslie-Sound dynamisch nachbilden. Zur Nachbildung des "Leslie Model 122 rotary speaker" werden drei Mikrofone verwendet: eines für den Bass- und zwei für den Hochtוןrotor.



Abb. 21: Lesli-Emulator (Neo Instruments)

³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Leslie-Lautsprecher>

8.2 Fader

Fader sind "Schieberegler", also Potentiometer in länglicher Bauweise, mit denen man in der Audio- und Videotechnik Musikstücke bzw. Videos ein-, aus- und überblendet. Fader werden auch als *Linear-Slide-Potentiometer* bezeichnet.

In der Audiotechnik sind die Fader für Stereo stets in in Tandem-Ausführungen mit logarithmischem Widerstandsverlauf, der sich der Hörcharakteristik des Menschen anpasst.

Fader werden in Regie- und Mischpulten eingesetzt und von Hand bedient, sie können aber auch motorgesteuert sein. Der Vorteil von motorgesteuerten Fadern liegt in der elektronischen Einstellbarkeit und der Reproduzierbarkeit der Einstellungen.

9 Filter

9.1 Notchfilter

Notch-Filter (engl. *notch* = Kerbe) dienen in der Regel zur Absenkung eines schmalen Frequenzbandes durch ein steilflankiges Filter (auch "Kill-Filter" genannt). Dieser Filtertyp wird meist zur Entfernung von Störgeräuschen oder akustischen Rückkopplungen sowie zur Klangbeeinflussung genutzt und stellt einen Spezialfall des glockenförmigen parametrischen Equalizers mit extremer Flankensteilheit dar.

In der Musikelektronik gibt es Kerbfilter auch als durchstimmbare, in der Frequenz regelbare Bandsperren. Damit können unerwünschte Rückkopplungen und Störfrequenzen abgeschwächt werden, indem der Signalpegel der entsprechenden Frequenz abgesenkt wird. Um eine zu entfernende, störende Stelle in einem Musikstück leichter finden zu können, empfiehlt es sich, das Filter auf schmale Präsenzhebung zu stellen und dann zu hören, an welcher Stelle die Frequenz besonders aufdringlich wirkt. Dann schaltet man auf "Notch" um und entfernt diesen schmalen Störbereich.

9.2 Kuhschwanzfilter

Ein Kuhschwanzfilter ist ein Audiofilter oder Klangregler zur analogen oder digitalen Klangbearbeitung der Enden des Frequenzgangs. Sein Name leitet sich vom Aussehen der Frequenzgangcharakteristik ab, die in etwa die Form eines Kuhschwanzes besitzt. Sie ähnelt auch dem schematischen Profil des Schelfs, wovon sich die englische Bezeichnung ableitet.

Kuhschwanzfilter dienen der Veränderung der Amplituden des Höhen- oder des Tiefenbereiches. Dabei wird der gewünschte Pegel von einer gewissen Frequenz an kuhschwanz- oder peitschenförmig abgesenkt (gedämpft) oder angehoben (verstärkt). Im Falle der Verstärkung ähnelt der Frequenzgang optisch dem Profil eines Festlandsockels (einem Schelf).

9.3 Kammfilter

Ein *Kammfilter* ist ein Filter, das aus Signalen einzelne Gruppen bestimmter Frequenz filtert. Im Unterschied zu Tief- und Hochpass ist es durch mehrere Filterfrequenzen im gleichen Frequenzabstand gekennzeichnet. Der frequenzabhängige Amplitudengang hat ein kammartiges

Aussehen, woher das Kammfilter seinen Namen hat.

Wird ein Signal mit einer zeitverzögerten Kopie desselben überlagert (gemischt), so entsteht ein kammgefiltertes Signal. Bei Frequenzen und ihren Vielfachen, deren Periodendauer der Verzögerungszeit entspricht, erhält man die doppelte Signalamplitude (konstruktive Interferenz), während sich die genau dazwischenliegenden Frequenzen auslöschen (destruktive Interferenz). Bei geringerer Stärke des verzögerten Signals ist der Kammfiltereffekt entsprechend geringer – die Unterschiede zwischen Maxima und Minima im Amplitudengang sind dann weniger stark ausgeprägt.

10 Quellenverweise

10.1 Fachliteratur

Hubert Henle: Das Tonstudio Handbuch (Carstensen)

Frank Pieper: Das Effekte Praxisbuch (Carstensen)

Herbert Bernstein: Elektroakustik (Springer Vieweg)

Thomas Görne: Tontechnik (Hanser)

10.2 Weblinks

<http://www.analogeklangsynthese.de/>

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

[https://de.wikipedia.org/wiki/Exciter_\(Ger%C3%A4t\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Exciter_(Ger%C3%A4t))

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

[https://de.wikipedia.org/wiki/Kompressor_\(Signalverarbeitung\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Kompressor_(Signalverarbeitung))

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

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wah-Wah>

<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/guitar-effects-volume-1-1.html>

<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/guitar-effects-volume-2-1.html>