

Regelverstärker

ein Referat

von

Thomas Niechoj

19462

Tonseminar WS 2009/10

Prof. Oliver Curdt

Hochschule der Medien Stuttgart

Inhaltsverzeichnis:

Regelverstärker.....	1
Kompressor.....	3
De-Essing.....	4
Ducking/ Voice over Compression.....	5
Limiter.....	5
Expander.....	7
(Noise) Gate.....	7
Gater Effekt.....	9
Kombinierte Regelverstärker.....	9

Regelverstärker

In der Audiotechnik gibt es eine Vielzahl von Effektgeräten. Neben den verzerrenden, spektral modifizierenden, zeitorientierten oder auch verzögerungsorientierten Effekten gibt es die pegelorientierten Effekte, die zu den dynamischen Effekten zählen.

Pegelorientierte Effektgeräte sind in der Regel Dynamikprozessoren die auch als Regelverstärker bezeichnet werden. Sie nutzen den Eingangs-Pegel als Steuersignal. Am häufigsten verwendet werden der Kompressor, der Limiter, der Expander und das Noise Gate.

Darüber hinaus existieren noch weitere pegelorientierte Effekte, wie beispielsweise der De-Esser, Chopper, Tremolo und der Transientendesigner. Auch Effekte wie das getriggerte Überblenden der Signalquelle auf verschiedene Ausgangskanäle (Pan Flip, Ducking) sind pegelorientiert.

Ein Dynamikprozessor kann entweder ein VCA (Voltage Controlled Amplifier) sein, das eine bestimmte Art eines elektronischen Verstärkers ist. Oder ein Audio PlugIn in einer Digital Audio Workstation (DAW) wie z.B. Cubase oder Pro Tools.

In welcher Form ein Regelverstärker auch verwendet wird, regelt dieser den Ausgangspegel in Abhängigkeit von einem Steuersignal das in der Regel das Eingangssignal ist.

In der Aufnahmetechnik sowie in der Beschallungstechnik werden Regelverstärker benötigt um die Originaldynamik eines Schallereignisses einzuengen um Übersteuerungen/"Clippen" des Signals zu verhindern, da die Originaldynamik meist größer ist als die Übertragungs-/Aufnahmedynamik ist. Störgeräusche wie Rauschen, Brummen oder Übersprechen können im Aufnahmeweg oder in der späteren Bearbeitung minimiert werden.

In der Musikmischung bzw. im Sounddesign werden Regelverstärker dazu verwendet die Dynamik im Hinblick auf Ausgewogenheit, Durchsetzungsfähigkeit oder Verständlichkeit einzuengen/anzupassen. Das Ergebnis sind druckvollere und kompaktere Mischungen die gezielt zur Klangbearbeitung von Signalen bzw. Sounddesign eingesetzt werden.

Die Grundparameter eines Regelverstärkers unterscheiden sich in die statischen- und dynamischen Parameter:

Statische Parameter

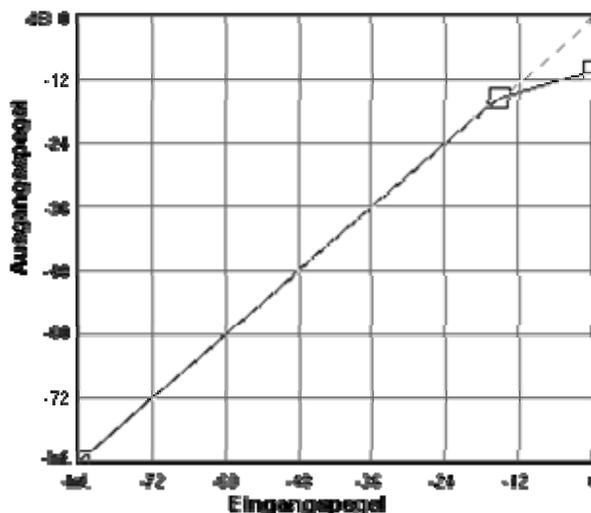
- **Threshold (Schwellenwert / Arbeitspunkt)**
Setzt den Arbeitspunkt fest, ab welchem der Regelvorgang eintritt
- **Ratio**
Gibt an in welchem Verhältnis sich der Ausgangspegel zum Eingangspegel verändert. Eine Ratio von 4:1 führt beispielsweise bei einem Pegelanstieg von 4 dB am Eingang zu einem um 1 dB höheren Ausgangspegel.
- **Gain / Hub**
Über diesen Parameter kann eine lineare Gesamtverstärkung des Signals erzeugt werden.

Dynamische Parameter

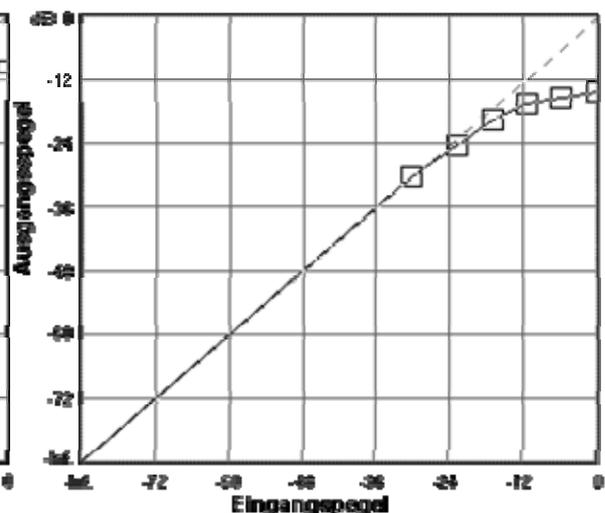
- **Attack (Ansprechzeit)**
Der Attack ist die Ansprechzeit (Zeitintervall) in der, nachdem der Threshold überschritten wird, die Ratio von 1:1 zu beispielsweise 4:1 überblendet.
- **Release (Rücklaufzeit)**
Die Release ist sie Rücklaufzeit (Zeitintervall) in der, nachdem der Threshold unterschritten wird, die Ratio von beispielsweise 4:1 zum ursprünglichen 1:1 zurückblendet.
- **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.

Zusätzliche Funktion

- **Hold**
Der Hold, ist die Zeit die, nachdem der Threshold unterschritten wird, vergeht bis der Release-Vorgang eingeleitet wird. Dies ist von Vorteil wenn z.B. der Sprecher eine kurze Sprechpause macht, der Regelvorgang nicht abschließt und direkt im Anschluss wieder einsetzt, diese würde zu hörbaren Schwankungen des Ausgangspegels führen.
- **Knee bzw. Soft-Knee**
Knee und Soft-Knee-Funktionen führen zu einem Kurvenverlauf am Arbeitspunkt. Die Kompression beginnt bereits unterhalb des Arbeitspunktes mit zunehmender Ratio und erreicht mit steigenden Pegeln am Arbeitspunkt die eingestellte Ratio. Die Regelvorgänge erfolgen so natürlicher und homogener.



Ohne Soft Knee



Mit Soft Knee

Kompressor

Ein Kompressor dient der Einengung der Dynamik eines Signals. Dies ist aus verschiedenen Zwecken von Nutzen. Beispielsweise wird die Kompression zur Klanggestaltung bei Musik und Filmproduktionen eingesetzt und ist aus diesen kaum noch wegzudenken. Durch die "Verdichtung" eines Signals, können einzelne Komponenten voneinander separiert werden, dies dient einerseits dazu den Klangeindruck kompakter, homogener und durchsetzungsfähiger zu gestalten, andererseits können somit einzelne Komponenten verständlicher gemacht werden, was beispielsweise bei Sprache zu einer enormen Verbesserung der Verständlichkeit dient.

Einzel Signale werden komprimiert, um den Dynamikverlauf insgesamt zu glätten und somit leise Passagen verständlicher (weil lauter) zu machen, ohne dass laute Passagen zu laut oder unangenehm wirken. So besitzt beispielsweise die menschliche (Sing-)Stimme naturgemäß ein hohes Maß an Dynamik, die es in unbearbeiteter Form problematisch macht, den Gesang in einer typischen Pop-Mischung gegenüber den restlichen Spuren in den Vordergrund treten zu lassen. Mittels eines Kompressors können diese Pegelschwankungen ausgeglichen werden, wodurch ein stetig hoher Durchschnittspegel und somit eine deutlich verbesserte Signalpräsenz erzielt wird.

Auch zur Einhaltung der technischen Grenzen bei einer Musikaufnahme kann ein Kompressor eingesetzt werden (Vermeidung von Übersteuerungen besonders bei der digitalen Aufnahme). Hierbei wird das Originalsignal vor der Aufnahme in der Dynamik begrenzt.

Bei der Komprimierung eines fertigen Musikstückes werden z.B. nicht wahrnehmbare kurzzeitige Pegelveränderungen vermindert. Das Gesamtsignal kann somit näher an die Verzerrungsgrenze gebracht werden. Dadurch wird der Klang insgesamt lauter. Häufig eingesetzt wird diese Technik bei Radiosendern, die das meistens bereits stark komprimierte Originalsignal eines Musikstückes vor dem Senden erneut komprimieren, um eine möglichst hohe Lautheit bzw. akustische Durchsetzung im Vergleich zu anderen Sendern zu erreichen. Die dabei teilweise deutlich hörbare Veränderung des Originals wird hierbei billigend in Kauf genommen.

Grundsätzlich wird zwischen Breitband- und Multiband-kompressoren unterschieden. Wird der Pegel des gesamten Eingangssignals gleichmäßig bearbeitet, spricht man von einem Breitbandkompressor.

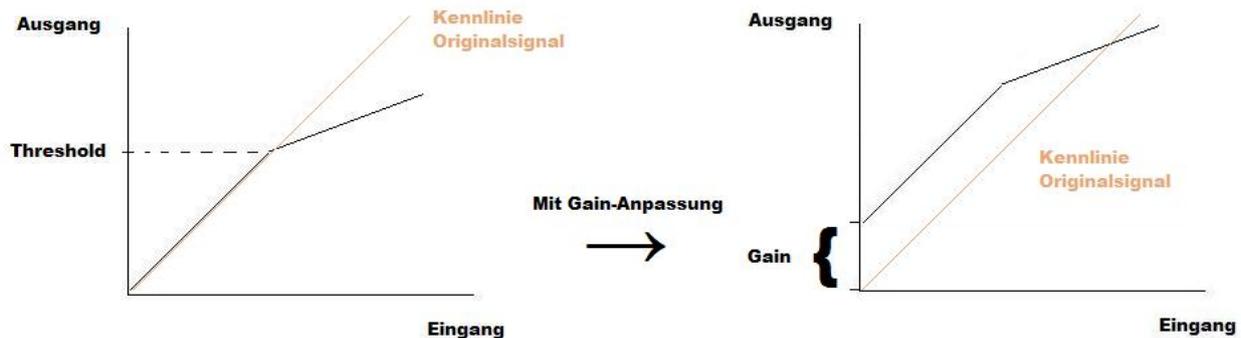
Die Breitbandkompressorschaltung ist in der Tontechnik bei weitem die häufigste und kommt z. B. oft zum Einsatz, um Einzelsignalen einer Musikmischung mehr Durchsetzungsfähigkeit und Präsenz zu verleihen. Breitband-Kompressorschaltungen stoßen jedoch prinzipbedingt an ihre Grenzen, sobald im Eingangssignal mehrere Dynamikverläufe gleichzeitig in verschiedenen Frequenzbereichen unabhängig voneinander ablaufen, wie es in einer Mischung mehrerer Einzelsignale der Fall ist. So kann z.B. der Einsatz eines Breitbandkompressors auf einer Musikmischung dazu führen, dass ein Pegelanstieg im Bassbereich zur Abschwächung des Gesamtpegels der Mischung führt (typisches Pumpen beim Einsatz der Bassdrum).

Speziell für die Pegelbearbeitung solcher komplexer Signale wurden Multibandkompressoren entwickelt, in denen vor der eigentlichen Bearbeitung mittels einer Filterbank das Eingangssignal in mehrere Frequenzbänder aufgeteilt wird, von denen jedes einen von mehreren unabhängigen Kompressorschaltkreisen durchläuft, deren Ausgangssignale nach der Kompression wieder zusammen gemischt werden. Auf diese Weise ist es möglich, komplexe und breitbandige Mischsignale homogen zu verdichten, ohne dabei die unnatürliche gegenseitige Beeinflussung verschiedener Frequenzbänder in Kauf nehmen zu müssen.

Erläuterung des Kompressions-Vorgangs

Die Kennlinie eines Kompressors knickt am Arbeitspunkt je nach gewählter Ratio ab und nähert sich mit zunehmenden Werten immer mehr der horizontalen Linie. Pegel oberhalb des Arbeitspunkts werden also in einem festen Verhältnis reduziert.

Der entstehende Headroom ermöglicht eine Anhebung der mittleren und kleinen Pegel. Man regelt diesen Wert über den Kompressionshub (Gain). Die gesamte Kennlinie verschiebt sich dabei nach oben. Kompressoren bewirken damit immer auch eine Verschlechterung des Geräuschspannungs-abstands.



De-Essing

Bei Aufnahmen der menschlichen Stimme werden aus ästhetischen Gründen oft die hohen Frequenzanteile (ca. 7kHz bis 11kHz) angehoben um der Stimme einen kernigeren und präsenteren Klang zu geben. Vor allem bei Gesangsstimmen wird dieses oft gemacht da sich diese gegenüber Musikinstrumenten im Klangbild durchsetzen muss.

Besonders bei diesem Prozedere, aber auch bei nicht bearbeiteten Stimmaufnahmen besteht das Problem der Stimmlosen Zischlaute wie "s, ss, ß, sch, z, tz". Diese Zischlaute werden oft, selbst bei gleichem Pegel für unverhältnismäßig Laut und aufdringlich empfunden.

Ein DeEsser trennt zunächst die unteren von den problematischen mittleren und oberen Frequenzen, und komprimiert danach letztere, wodurch zu laute Abschnitte automatisch im Pegel abgesenkt werden. Anschließend werden beide Signale wieder zusammengemischt. Das Ergebnis ist eine präsenste und gut klingende Aufnahme der menschlichen Stimme ohne aufdringliche Zischlaute. Interessant ist, dass einige Deesser sich mittels einmaligem Knopfdruck oder Mausclick auf männliche oder weibliche Stimmen anpassen lassen. Das Frequenzspektrum eines weiblichen Zischlautes unterscheidet sich von dem eines männlichen.

Falls ein Deesser nicht im Effektrack oder als VST-PlugIn einer DAW zur Verfügung steht, kann man aus einem herkömmlichen Kompressor mit Sidechain-Eingang und einem herkömmlichen Equalizer selbst einen Deesser zusammenstellen. Das Ausgangssignal wird dabei über den Equalizer in den Sidechain-Eingang des Kompressors geschleift. Die Einstellungen am Equalizer stellen hierbei die Frequenzen der Zischlaute zur Verfügung (ab etwa 7 kHz anheben, den Rest absenken) und am Kompressor kann die Absenkung eingestellt werden. Bei jedem Zischlaut erhöht sich so die Spannung des Steuersignals und das Nutzsignal wird komprimiert. Der Nachteil bei dieser einfachen Technik ist offensichtlich das Zischlaute zur Kompression des Nutzsignals über das gesamte Frequenzspektrum führen. Kurze Ansprech- und Rücklaufzeiten ermöglichen es, den hörbaren Effekt zu reduzieren

Ducking / Voice Over Compression

Ein weiterer Effekt, der durch den Side-Chain-Eingang eines Kompressors möglich wird, ist das so genannte Ducking oder auch Voice Over Compression. Am bekanntesten ist dieser Effekt aus dem Radio, wo er dafür sorgt, dass Musik in den Hintergrund zurücktritt, sobald jemand spricht. Das Nutzsignal ist hier die Musik, das Sprachsignal wird als Steuersignal genutzt. Sobald gesprochen wird, wird das Musikschriftal komprimiert. Der Arbeitspunkt und die Ratio legen fest, wie stark die Musik im Pegel reduziert wird, während die Geschwindigkeit der Lautstärkeänderung von der gewählten Ansprech- und Rücklaufzeit bestimmt wird.

Bei exzessivem Einsatz dieser Technik, besteht aber die Gefahr, einen eigentlich als unangenehm empfundenen "Pump-Effekt" zu erzeugen.

Limiter

Der Limiter oder auch Begrenzer genannt ist eine Extremform des Kompressors mit einer Ratio von unendlich zu 1, oft wird aber bereits bei einer Ratio von 10:1 und höher von Limitierung gesprochen.

Sowohl bei Rundfunk, Kino und Fernsehen als auch bei der Musikproduktion werden Limiter benötigt. Eine häufige Anwendung bei der Aufnahme ist die Begrenzung dynamischer Schallquellen (wie Sprache/Gesang) auf einen definierten Pegel. Hier hat der Limiter die Funktion als Schutzbegrenzer, um Verzerrungen in nachfolgenden Geräten zu vermeiden. Auch in Masteringstudios ist der Limiter Standardwerkzeug. Die Anhebung des Durchschnittspegels (RMS) einer Produktion wird vor allem durch das Limiting erreicht.

Bei Überschreiten des Thresholds regelt der Limiter das Signal bis zum Ablauf der „Attack-Time“ auf den Wert des Thresholds zurück. Der Limiter begrenzt das Signal durch die Sättigung des Verstärkers. Die Clippinggrenze liegt dabei leicht oberhalb des Thresholds. Durch eine abgerundete Form der Clippingkennlinie wird das Signal zuerst komprimiert und dann begrenzt. Dabei entstehen durch die harmonischen Verzerrungen Obertöne. Limiter mit Röhrentechnik erzeugen für den Menschen meistens angenehmere Obertöne als Geräte in Transistorbauweise.

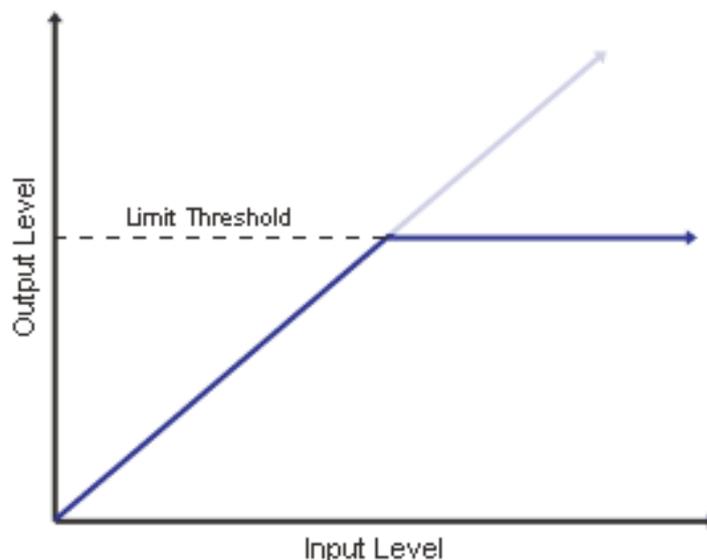
Der "Brick Wall Limiter“ bzw. „Clipper“ ist eine bestimmte Form des Limitings. Dieser gibt garantiert keine Pegel oberhalb des Thresholds aus. Durch die Verstärkung des Eingangspegels kann so rasch eine hohe Lautheit des Audiomaterials erzielt werden.

Im Live-Bereich werden Limiter zum Schutz des Audioequipments eingesetzt. Dies betrifft vor allem den Schutz von Lautsprechern. Hierbei befindet sich der Limiter in der Signalkette direkt vor der Endstufe. Dabei übernimmt der Limiter zwei Aufgaben. Zum Einen die Pegelbegrenzung des Durchschnittspegels (RMS), um eine thermische Überlastung der Lautsprecher zu vermeiden. Hierbei ergeben sich die Parameter für die Thresholdeinstellung aus der RMS Belastbarkeit des Lautsprechers und dem Verstärkungsfaktor der Endstufe. Zum anderen die Pegelbegrenzung von kurzzeitigen Pegelspitzen (Peak), um in erster Linie eine mechanische Überlastung der Schallwandler zu vermeiden. Die Parameter für die Thresholdeinstellung ergeben sich aus der Peak-Belastbarkeit des Lautsprechers und dem Verstärkungsfaktor der Endstufe. Daher benötigt man im Prinzip zwei Limiter, um einen Lautsprecherschutz hinsichtlich der thermischen und mechanischen Überlastung zu realisieren. Wird ein Limiter in Endstufen zur Begrenzung des kurzzeitigen Spitzenpegels (Peak) eingesetzt, so spricht man auch vom Peaklimiter. Der fest eingestellte Threshold dieser Limiter

bezieht sich allerdings lediglich auf die Spitzenbelastbarkeit der Endstufe, ein Schutz hinsichtlich der Spitzenbelastbarkeit des Lautsprechers ist damit nicht gegeben.

Wird eine Endstufe ohne Peaklimiter mit überhöhtem Pegel angefahren, kommt es zur Übersteuerung. Hierbei werden alle Signalanteile über dem zulässigen Pegel abgeschnitten (Clipping), wodurch sowohl Gleichspannungsanteile (durch unsymmetrische Begrenzung der pos. und neg. Halbwelle) als auch zusätzliche Obertöne (Clippingverzerrungen) im Ausgangssignal entstehen. Die Gleichstromanteile können zu einer thermischen Überlastung der Tieftöner führen, während die Clippingverzerrungen, deren Energie im Hochtonbereich ein Vielfaches der Energie der verzerrungsfreien Obertonstruktur betragen kann, eher Hoch- und Mitteltöner gefährden. Daher kann man auch an dieser Stelle von einem indirekten Lautsprecherschutz sprechen. Es erklärt sich auch die auf den ersten Blick paradoxe Tatsache, dass unterdimensionierte und dadurch übersteuerte Endstufen ohne Peaklimiter eher Schäden an Lautsprechern verursachen als überdimensionierte Endstufen, da letztere zwar ggf. für den Lautsprecher überhöhte Pegel liefern, aber weder Gleichstromanteile noch Clippingverzerrungen.

Eine Anwendung für speziell ausgestattete Limiter ist der Bereich Lärmschutz. Diese Geräte kommen in Diskotheken und auf Veranstaltungen zum Einsatz und werden meistens von den Behörden als Auflage zur Begrenzung des Schalldruckpegels gefordert. Diese besonderen Limiter (Schallpegelbegrenzer) sind verplombbar, sodass der Pegel nicht durch von außen zugängliche Bedienelemente manipuliert werden kann. Sie dürfen nur von zugelassenen Sachverständigen oder durch Messstellen eingepegelt werden.

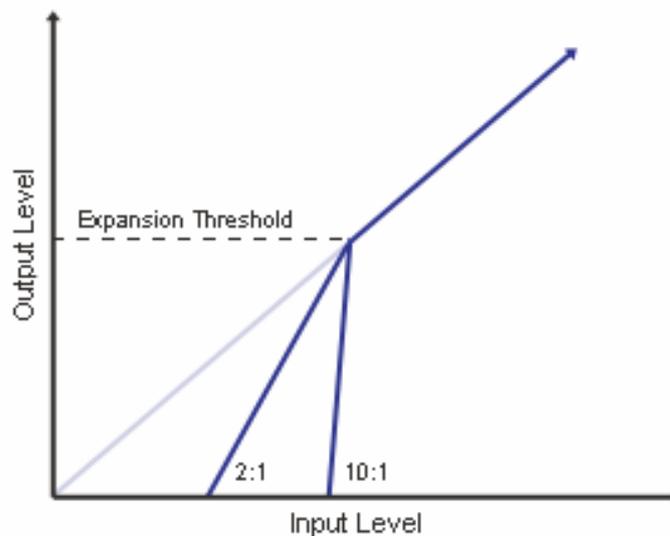


Expander

Der Expander ist das Gegenstück zum Kompressor. Er vergrößert die Dynamik von Signalen, indem er kleine Pegel unterhalb des Arbeitspunktes reduziert.

Expander werden zur Unterdrückung von Störgeräuschen mit niedrigem Pegel wie Rauschen oder Brummen verwendet; in der Regel werden diese gemeinsam mit Gates eingesetzt. Im Bereich der Klanggestaltung ermöglichen Expander, Signale lebendiger und offener werden zu lassen oder perkussive Einschwingphasen herauszuarbeiten.

Der Verlauf der Kennlinie verändert sich beim Expander unterhalb des Arbeitspunktes, wo Ratio-Werte kleiner als 1 für einen steileren Verlauf sorgen. Beispiel: Ein Signal fällt am Eingang um 1 dB unter den Arbeitspunkt. Bei einer Ratio von 1:2 (0,5) fällt das Ausgangssignal um 2 dB.



(Noise) Gate

So wie ein Kompressor mit einer hohen Ratio zum Limiter wird, ist ein Noise Gate ein Expander mit einem sehr kleinen Ratio-Wert. Signalpegel unterhalb des eingestellten Arbeitspunktes werden so stark abgeschwächt, dass sie nicht mehr zu hören sind. Im einfachsten Fall arbeiten Noise Gates damit wie Schalter, die Signalwege öffnen, sobald der Arbeitspunkt überschritten wird, und schließen, wenn der Pegel wieder unter den Arbeitspunkt absinkt.

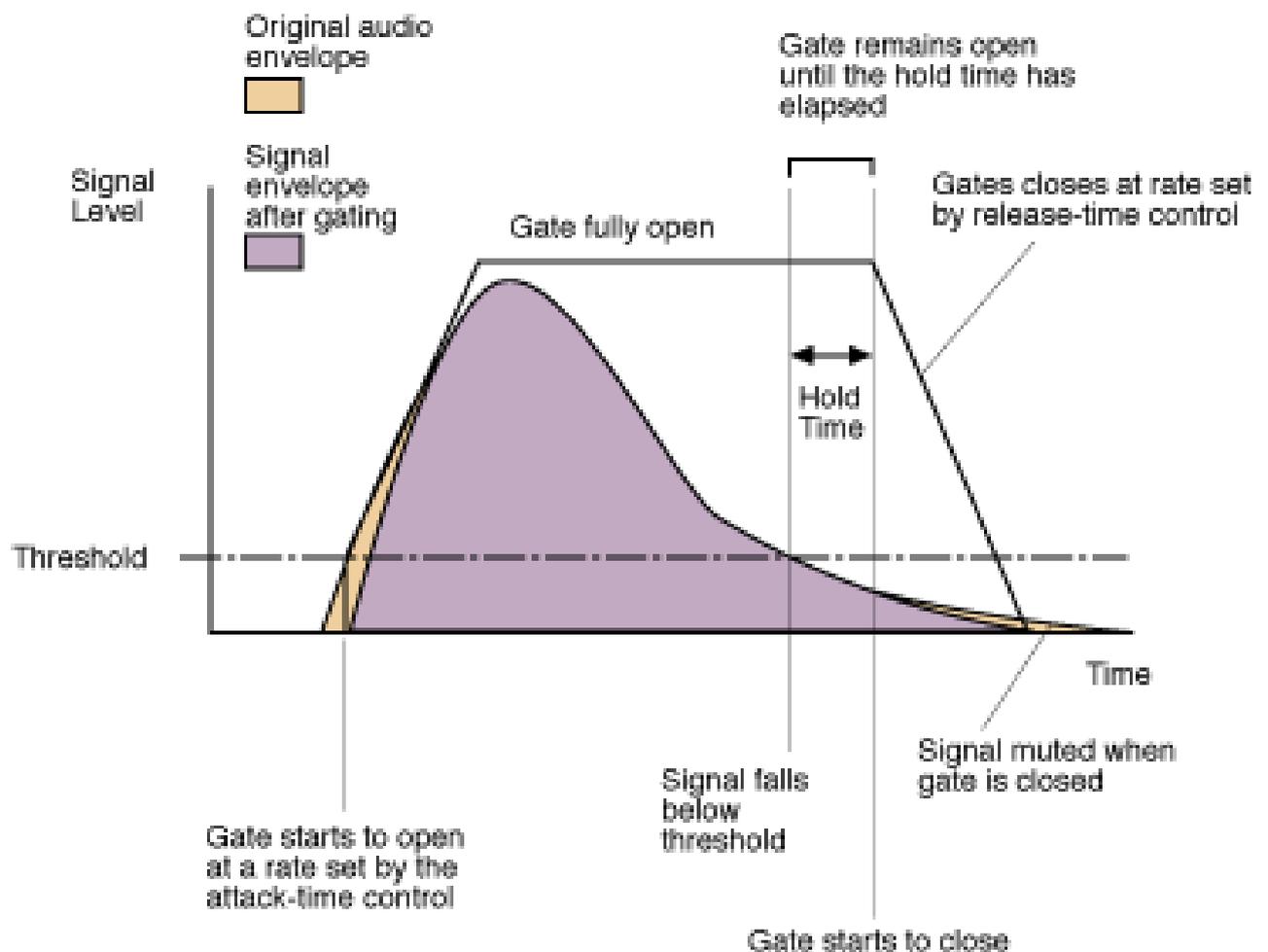
Noise Gates dienen zur Unterdrückung von Nebengeräuschen in Nutzsignalpausen, beispielsweise bei einer Diskussionsrunde mit mehreren Mikrofonen. Die jeweiligen Signale werden nur benötigt, wenn der entsprechende Teilnehmer spricht. Im Bereich der Musikproduktion bietet sich der Einsatz von Gates bei Mehrspuraufnahmen an, um das Übersprechen von Signalen auf andere Mikrofone herabzusetzen.

Die Funktionsweise besteht darin, dass Signalpegel erst ab einer einstellbaren Stärke durchgeleitet werden. Dies dient häufig dazu, Rauschen zu vermeiden, vor allem im gleichzeitigen Einsatz mit Expandern. Aber auch bei der Abnahme von Drums werden Gates eingesetzt. Zum einen, um deren Dynamik zu kontrollieren, und zum anderen, um ein Übersprechen durch benachbarte Schallquellen zu vermeiden. Ein Nebeneffekt bei der Verwendung von Gates ist die Verminderung der Gefahr einer Rückkopplung.

Wie beim Kompressor wird beim Gate das Signal durch eine Hüllkurve moduliert. Die Parameter der Hüllkurve sind die Anstiegszeit (Attack) und die Ausklingzeit (Release). Dieser Ablauf wird immer dann angestoßen, wenn das Eingangssignal einen Schwellwert (Threshold) überschreitet, also getriggert wird. Bei professionellen Gates kann die Hüllkurve durch mehrere Parameter festgelegt werden, und ist dementsprechend komplexer.

Eine typische Anwendung für ein Gate ist die Aufnahme der Bassdrum durch ein Mikrofon. Da die Bassdrum durch andere Schallquellen angeregt wird mitzuschwingen, und bei unzureichender Dämpfung lange nachschwingt, wird durch das Gate nur der eigentliche Impuls beim Schlagen der Bassdrum durchgelassen. Dadurch wird das Klangbild der Bassdrum klarer und im Zusammenspiel mehrerer Schallquellen insgesamt transparenter und „knackiger“.

Die Einstellung der Parameter eines Noise Gates muss sehr sorgfältig erfolgen, da ansonsten unerwünschte Nebeneffekte sofort hörbar werden. Der Arbeitspunkt sollte so gewählt werden, dass das Nutzsignal das Gate gerade zuverlässig öffnet, gleichzeitig aber für unerwünschte Signalanteile so weit wie möglich geschlossen bleibt. Um zu gewährleisten, dass ausklingende Signalanteile nicht abgeschnitten werden, bieten viele Gates zusätzlich zur Einstellung von Ansprech- und Rücklaufzeit einen Hold-Parameter, der eine Zeitspanne festlegt, für die das Gate geöffnet bleibt. Ein anderer Ansatz ist die Auswahl eines zweiten, niedriger liegenden Arbeitspunkts für das Schließen des Gates. Dies geschieht über den Parameter Hysterisis, der angibt, um wie viel dB dieser Arbeitspunkt tiefer liegt als der Hauptarbeitspunkt, der das Gate öffnet.



Gater-Effekt

Als Gater bezeichnet man einen Sound-Effekt, der ein Flächensound rhythmisch zerhackt. Der Gater-Effekt wird durch ein rasches, rhythmisches Ein- und Ausblenden der Lautstärke erreicht, wodurch perkussive Pausen im Klangmaterial entstehen, was einen hypnotischen Effekt erzielt. Der Flächensound wird dem Noise Gate als Nutzsignal zugeführt, der Drumloop über den Side-Chain als Steuersignal. Das Gate öffnet jetzt bei den Signalspitzen des Drumloops, die den Rhythmus bestimmen. Über die dynamischen Parameter kann nach Gehör genau festgelegt werden, ob dies hart und schroff oder eher sanft und verzögert geschehen soll. Um einen Gater-Effekt zu produzieren, werden heute in der Regel VST-PlugIns oder seltener externe Dynamik-Prozessoren benötigt.

Eingesetzt wird der Gater-Effekt vor allem in der Techno- und Trance-Musik. Daher bieten moderne Software-Synthesizer oftmals einen eingebauten Gater-Effekt, der dem Ausgangsklang zugeschaltet werden kann.

Kombinierte Regelverstärker

Meistens wird für eine kompakte Mischung nicht nur ein Regelverstärker eingesetzt. So kann man mittels einer modernen Hardware Lösung oder eines VST Plug-Ins, durch Kombination verschiedener Regelverstärker die Kennlinie und somit die Mischung flexibel auf die eigenen Bedürfnisse bzw. Anforderungen anpassen.

