

studioemagazin



Grundlagenwissen

1011 Räumlichkeit in Tonaufnahmen

1011 Mikrofontheorie

1011 Hintergrundbetrachtungen zur Dynamikbearbeitung

1011 Klangeigenschaften von Kondensatormikrofonen

1011 Mastered for iTunes?

DAS ERSTE. DAS SCHNELLSTE.

Das TAC-2 ist das erste und einzige Thunderbolt-gepowerte Audiointerface für Ultra-Low-Latency Recording. Kein Versatz, kein Delay - Aufnehmen in wahrer Echtzeit!

We're Zoom. And We're For Creators.



© 2013 Zoom Corporation



TAC-2 THUNDERBOLT 2CH-AUDIO CONVERTER

Unerreichte Geschwindigkeit.
Revolutionäre Aufnahmemöglichkeiten.
www.zoom.co.jp

Exklusivvertrieb in D, A, CH, PL, EE, LV, LT, BG, HU, BE, NL, L, GR :
Sound Service European Music Distribution | www.sound-service.eu | info@sound-service.eu

zoom®



Kein Sound ohne Grundlagen

Fritz Fey Chefredakteur Studio Magazin

Grundlagen, Hintergrundwissen – das sind Begriffe, die nicht gerade zu Begeisterungstürmen hinreißen und so unerotisch wie ein grauer Opel Kadett in einer Autoschlange bei Nebel daherkommen. Nicht jeder, der sich mit Studioteknik beschäftigt, will scheinbar wissen, warum etwas wie funktioniert. Aber die Preset-Generation ist auch nicht so ignorant, wie man ihr manchmal nachsagt, wenngleich man oft zu hören bekommt, dass der spielerische (und ziellose) Umgang mit Parametern zu erstaunlichen Ergebnissen führen kann. Setzt man einem Schimpansen ein paar Schaltflächen mit realer Funktionalität vor die Nase, wird auch dieser wahrscheinlich durch wahlloses ‚Auf die Tasten Hauen‘ zu einem verwertbaren oder sogar verblüffenden Sound kommen. Dummerweise kann man ihn nicht fragen, was er sich dabei gedacht hat – und so liegt es auch im Rahmen des Möglichen, dass vernunftbegabte Menschen die Frage nach dem Weg zum Ergebnis mit einem Schulterzucken beantworten. Mit dieser Ausgabe des Studio eMagazins setzen wir die Reihe ‚Grundwissen‘ fort, da wir doch der Meinung sind, dass man verstehen muss, bevor man zielgerichtet handeln kann. Natürlich ist die Lektüre von Bedienungsanleitungen und Fachartikeln eine höchst anstrengende und zeitraubende Angelegenheit, wenn man doch am liebsten sofort Probieren und Hören will. Das kann man auch, durchaus, nur muss dazu ein Grundwissen vorhanden sein, mit dessen Hilfe man die Funktionalität von Reglern, Knöpfen und Schaltern ableiten kann. Aber es geht natürlich nicht nur um die Parameter eines Gerätes, sondern beispielsweise auch um das Verständnis unterschiedlicher Mikrofonbauformen oder darum, was Apple denn genau unter High Quality versteht. Wenn Sie sich den Beitrag zur Räumlichkeit in der Audioproduktion aus dieser Ausgabe zu Gemüte führen, werden Sie zukünftig zielsicherer mit Delays und Hallgeräten umgehen, oder Räumlichkeit durch eine bestimmte Mikrofonanord-

nung schon während der Aufnahme erzeugen wollen. Warum klingt ein Instrument überhaupt weiter weg oder näher dran, wenn man die Distanz nicht sehen, sondern nur hören kann? Wie stellt man einen Kompressor bewusst falsch ein, damit das Schlagzeug größer, fetter, wuchtiger klingt? Dazu muss man eben wissen, was man ‚falsch‘ machen muss, damit es richtig klingt. Da dieses Magazin sicher nicht nur von Profis gelesen wird, halte ich es für legitim, diese Aspekte so grundsätzlich zu thematisieren. Wer glaubt, mit Werk-Presets Klang gestalten zu können, wird nie über ein bestimmtes Niveau hinauskommen. Es ist weder langweilig noch uninteressant, warum ein Kompressor vorwärts oder rückwärts regelt, denn das bestimmt seinen Charakter und hilft außerdem dabei, bestimmte Vorlieben beim Einsatz zu entwickeln. Sollten Sie sich jetzt fragen, wie ein Kompressor rückwärts regeln kann, ist der Moment gekommen, den entsprechenden Passus in unserem ‚Dynamik-Kolloquium‘ durchzuarbeiten. Der Umgang mit Studioteknik ist bei aller Leidenschaft und Freude eine sehr ‚ernste‘ Angelegenheit und es macht oberflächlich betrachtet überhaupt keinen Spaß, sich mit trockener Materie auseinanderzusetzen zu müssen. Hat man aber erst einmal verstanden, welche Dinge sich im Hintergrund abspielen, wenn man an bunten Knöpfen (real oder virtuell) dreht, wendet sich das Blatt. Sich sicher zu fühlen im Umgang mit zahlreichen Plug-Ins und Geräten, ist eine sehr gute Grundlage, souverän Klangvorstellungen in die Realität umzusetzen, vorausgesetzt, man hat eine. Als Fachredakteure sind wir es gewohnt, uns ständig mit Technologien, Arbeitsweisen und -abläufen, Funktionen, Parametern, Funktionsprinzipien, Systemvoraussetzungen, Installationsaspekten und anderen Details auseinanderzusetzen. Das macht uns Spaß und erleichtert dem Leser hoffentlich auch seine Arbeit oder schärft sein Verständnis für komplexe Zusammenhänge. Eine sinnvolle ‚Arbeitsteilung‘, oder?



**Jetzt Studio Magazin
Abonnent werden!**

Studio Presse Verlag GmbH

Geschäftsführer Fritz Fey

Verlags- und Redaktionsanschrift

Beethovenstraße 163-165
D-46145 Oberhausen
Telefon (0208) 606064
Fax (0208) 601631
E-Mail: info@studio-magazin.de
www.studio-magazin.de

Herausgeber + Chefredakteur

Fritz Fey
fritz@studio-magazin.de

Redaktion

Friedemann Kootz
friedemann@studio-magazin.de
Jürgen Wirtz
juergen@studio-magazin.de
Michael Kemkes
michael@studio-magazin.de
Marcus Döring
marcus@studio-magazin.de

Finanzen und Abonnenten

Ulrike Meurer
uli@studio-magazin.de

**Anzeigenleitung und
Druckunterlagen**

Fritz Fey
fritz@studio-magazin.de

Layout

Patrizia Casagrande
patrizia@studio-magazin.de

Titeldesign

Patrizia Casagrande

Bankverbindungen

Geno-Volks-Bank Essen e.G.
Konto: 560 327 301, BLZ 360 604 88
PostGiroamt Essen
Konto: 6072-435

Jahresabonnement Studio Magazin

Inland: 70,- Euro inkl. Versandkosten und MwSt.
Ausland: 85,- Euro inkl. Versandkosten zzgl. MwSt.
Kündigung: 6 Wochen vor Ablauf des
Bezugszeitraumes schriftlich beim Verlag
Der Abonnementspreis wird jährlich im voraus
in Rechnung gestellt

Nachdruck oder Verwendung in elektronischen
Medien, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher
Genehmigung des Verlages. Für unverlangt
eingesandte Fotos und Manuskripte wird keine
Haftung übernommen. Namentlich gekennzeich-
nete Beiträge entsprechen nicht unbedingt der
Meinung der Redaktion.

Erfüllungsort und Gerichtsstand
ist Oberhausen

Anzeigen haben keinen Einfluss
auf redaktionelle Inhalte
Copyright beim Verlag

Produktion MedienConcept

4 Editorial

6 Unendliche Weiten

**Hintergrundbetrachtung zur
Räumlichkeit in Tonaufnahmen**
Friedemann Kootz



17 Kompressor & Co

**Hintergrundbetrachtungen zur
Dynamikbearbeitung – Teil 1**
Friedemann Kootz



27 Kompressor & Co

**Hintergrundbetrachtungen zur
Dynamikbearbeitung – Teil 2**
Friedemann Kootz

**36 Die Theorie des letzten
großen Abenteuers**

**Hintergrundbetrachtung zu
Mikrofonen Teil 1**
Friedemann Kootz

**45 Die Theorie des letzten
großen Abenteuers**

**Hintergrundbetrachtung zu
Mikrofonen Teil 2**
Friedemann Kootz



**52 Klangeigenschaften von
Kondensatormikrofonen**

**Eine wissenschaftliche
Betrachtung**
Immanuel Claashen

59 Mastered for iTunes?

**Hintergrundbetrachtung zu
verlustbehafteter
Datenreduktion – Teil 1**
Friedemann Kootz



64 Mastered for iTunes?

**Hintergrundbetrachtung über
verlustbehaftete
Datenreduktion – Teil 2**
Friedemann Kootz

NUAGE

Yamaha & Steinberg



Be different. Be better

Today there is better...

Nuage definiert neu, was in der Audio-Post-Production heutzutage möglich ist.

Es verbindet die einzelnen Schritte ihres Arbeitsablaufs nahtlos. Nuage kombiniert Yamaha Bedienoberflächen und Interface-Hardware mit Steinbergs Nuendo 6 DAW-Software, um so ein System zu schaffen, das noch nie dagewesene Produktivität, Flexibilität und Tonqualität bietet. Das System ist dabei voll modular und lässt sich so konfigurieren, dass es sich leicht an Ihre individuellen Bedürfnisse anpassen lässt.

Dank der Spitzentechnologie von zwei der bedeutendsten Hersteller der Audioindustrie ist Nuage die kompletteste und effektivste Post-Production-Lösung, die derzeit verfügbar ist.

Nuage ist heutzutage die bessere Alternative und bald ein Industriestandard.

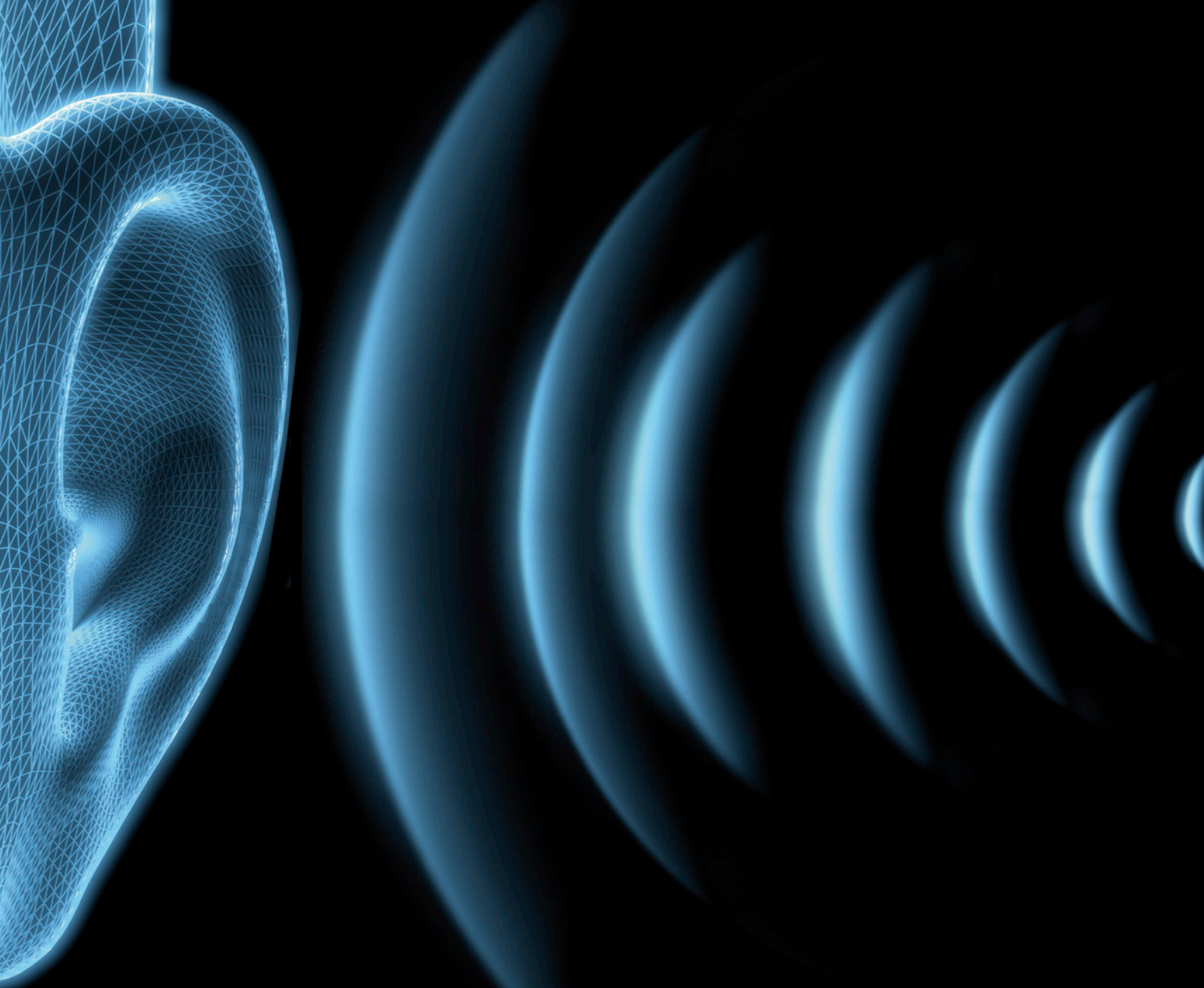


 **YAMAHA**

commercial audio

Für weitere Informationen besuchen Sie unsere Webseite: www.yamahacommercialaudio.com

Connect with experience



Hintergrundbetrachtung zur Räumlichkeit in Tonaufnahmen

Unendliche Weiten

Friedemann Kootz, Abbildungen: Friedemann Kootz

„Früher war alles räumlicher“, denkt man sich manchmal, wenn man das Radio anstellt und sich mal nicht über die extreme Kompression aufregen möchte, sondern nach anderen Kritikpunkten sucht. Und tatsächlich tragen aktuelle Produktionen deutlich weniger mit dem Hallgerät auf, als dies vor allem in den 1980er Jahren (erinnert sich noch wer an Gated Reverb und in Lexiconhall ertrinkende Diven?) Gang und Gäbe war. Hört man ganz genau hin, dann bemerkt man aber bei aktuellen Produktionen, die sich durch eine fast staubige Trockenheit auszeichnen, dass sich trotzdem eine Tiefenstaffelung und auch Räumlichkeit ergibt, die den Zuhörer mehr oder weniger ausgeprägt in die Tiefe zieht. Ich wage sogar zu behaupten, dass diese Tiefenstaffelung heute deutlich realistischer und ansprechender ist denn je. Die Qualität der technischen Hallerzeugung ist in den letzten Jahren um Dimensionen gestiegen und kann für ein stereofones Wiedergabesystem wohl nur noch durch einen realen Raum getoppt werden. Letzteres allerdings auch nur, wenn man sich sehr intensiv und sorgfältig mit der Raumaufzeichnung beschäftigt hat. Eine schlechte „Echtraumaufzeichnung“ wird von fast allen aktuellen Qualitätshallerzeugern getoppt. Und auch ein guter Raum sorgt nicht automatisch für eine gute Tiefenstaffelung.

THE WHOLE WORLD OF AUDIO POST



NEU IN NUENDO 6:

- Herausragende Lösung für Audio Post-Production
- Voll integriert mit YAMAHA Nuage Hardware
- Anymix Pro Panning und Upmixing
- EBU Loudness Metering
- Professioneller ADR Taker
- Channel Strip

Mehr Info auf www.steinberg.de

Die Dimension der Tiefe ist dabei die technisch am schwierigsten kontrolliert nutzbare Koordinate im eigentlich zweidimensionalen Raum der Stereophonie. Und sie wird vor allem nur zu einem Teil von den technischen Parametern eines Hallgeräts gestaltet. Nur weil ein Signal durch ein Hallgerät gesendet wird, heißt das noch lange nicht, dass es seinen Platz im Wiedergaberaum zwischen Vorne und Hinten gefunden hat. Oftmals klemmt ein in Hall ertränktes Signal immer noch zwischen den Lautsprechern, als ob es dort angenagelt wäre. Dies widerspricht im ersten Licht der natürlichen Hörfahrung, denn mit einer großen Hallfahne verbinden wir Entfernung und nicht Nähe. Trotzdem ergibt sich die Tiefe in den meisten Produktionssituation recht ansprechend, auch wenn man sich über manche Anordnung gar nicht aktiv bewusst ist. Auch wenn man im ersten Moment keine offensiv hörbare Räumlichkeit ausmachen kann, verstecken sich fast immer solche Komponenten in der Produktion, die erst auffallen, wenn man sie einmal weg lässt. Auch für die Räumlichkeit gilt, dass man nicht alles in einer Ebene stapeln kann. Ein kleiner Hinweis zum Beginn soll beim Verständnis des Artikels helfen. Immer wenn im Artikel Begriffe im Bezug auf ‚Tiefe‘ oder ‚Tiefen‘ auftaucht, so ist stets die räumliche Ebene und nicht die Frequenzebene gemeint. In der Frequenzebene sei in diesem Artikel daher explizit von Bass gesprochen, auch wenn dieser Begriff vielleicht etwas unscharf ist.

Räumlichkeit in der Aufnahme

Der einfachste Weg, Tiefenstaffelung in eine Produktion hinein zu bekommen, ist natürlich, diese schon bei der Aufnahme zu berücksichtigen und direkt mit aufzuzeichnen. Der von mir hoch geschätzte und wahrscheinlich schon mehrfach erwähnte Bruce Swedien bot einmal die Gelegenheit, einen Blick auf seine Bandmaschinen-Spurbelegungspläne zu werfen und man konnte sehen, dass alle Instrumente immer in Stereo aufgezeichnet wurden. Diese Tatsache ist natürlich nicht allein ursächlich für die gekonnte Tiefenstaffelung seiner Produktionen, aber doch ein wichtiger Grundstein für die automatische Anordnung in der Tiefenebene. Stereophone Aufnahmen müssen in den meisten Fällen mit einem deutlich größeren Abstand zur Schallquelle gemacht werden, als dies bei der Nahmikrofonierung in Mono der Fall ist. Dadurch ergeben sich automatisch unterschiedliche Abstände, die sich in der Mischung zu einer passenden Staffelung zusammensetzen. Wie ich bereits in den Mikrofongrundlagen erwähnt habe, unterscheiden sich verschiedene Ste-

reoaufnahmetechniken in ihrer Tendenz zu besserer Lokalisation und zu stärkerer Räumlichkeit. Geht es allerdings um die Tiefenwahrnehmung, so sind beide Parameter mitentscheidend. Es gibt also keine Stereoanordnung, die von sich aus eine grundsätzlich bessere Tiefenabbildung bietet. Tiefenstaffelung ist kein Parameter einer einzelnen Schallquelle, sondern ergibt sich meist nur, wenn mehrere Schallquellen miteinander in Vergleich treten. Eine absolute Lokalisation (‚der Sänger klingt, als stehe er einen Meter hinter der Lautsprecherebene‘) ist enorm schwierig und kann meist nur bei Extrempositionen gut dargestellt werden.

Räumlichkeit und Tiefe

Technisch betrachtet gibt es in der Stereowiedergabe keine Tiefe, da die Wiedergabe auf die feste Ebene der Lautsprecher begrenzt ist. Natürlich erlaubt das menschliche Gehör den eigenen Betrug zu unseren Gunsten und so können wir nicht nur Schallquellen zwischen den Lautsprechern (Phantomschallquellen), sondern eben auch scheinbar in der Tiefe variierende Signale erzeugen und wahrnehmen. Dieser Effekt hängt in erster Linie mit der Verteilung der sogenannten frühen oder ersten Reflexionen zusammen. Da diese jedoch auch nur aus den zwei Lautsprechern des Stereosystems wiedergegeben werden können, bleibt ihr Einfluss leider merklich begrenzt. Hinzu kommen die störenden Reflexionsmuster des Wiedergaberaums. Aber auch in einer Surroundanordnung bleibt die Tiefenebene hinter den Lautsprechern relativ eingengt. Einen wirklich umfassenden Ansatz zur Lösung dieses Problems bietet zum Beispiel die Wellenfeldsynthese und ihre Weiterentwicklungen. Für die praktische, tägliche Aufnahmetechnik bleiben diese Verfahren natürlich letztlich irrelevant und man muss mit den bestehenden Einschränkungen leben.

Initial Time Delay Gap (ITDG)

Hinter dieser kryptischen Bezeichnung verbirgt sich die auf Deutsch nicht weniger seltsam klingende Anfangszeitlücke. Sie ist der wichtigste Parameter bei der Arbeit mit echten oder simulierten ersten Reflexionen. Als ITDG wird die Zeit bezeichnet, die zwischen der Wellenfront des Direktsignals und der ersten starken Reflexion verstreicht. Die Einschränkung auf die starke Reflexion liegt darin begründet, dass es in manchen Situationen zu sehr schwachen Reflexionen kommen kann, die für den Höreindruck kaum eine Rolle spielen. Generell kann man also von der Zeitlücke zwischen Direktsi-

FATSO EL7x



Nicht länger nur der "Junior" - Der neue FATSO EL7x bietet eine neue Kompressor-Ratio, ein verbessertes User Interface, erweiterte Anzeigen sowie eine nochmals erhöhte Zuverlässigkeit.

- neue Ratio "Eleven"
- neues, zweifarbiges Bedienfeld
- separate Tracking-LED
- Tastenkombination für Parameter-Backstep
- neue, erweiterte Stereo Link Funktionen
- neue Möglichkeiten Kompressoren zu sperren
- geringere Temperaturentwicklung
- verbesserter Fremdspannungsabstand



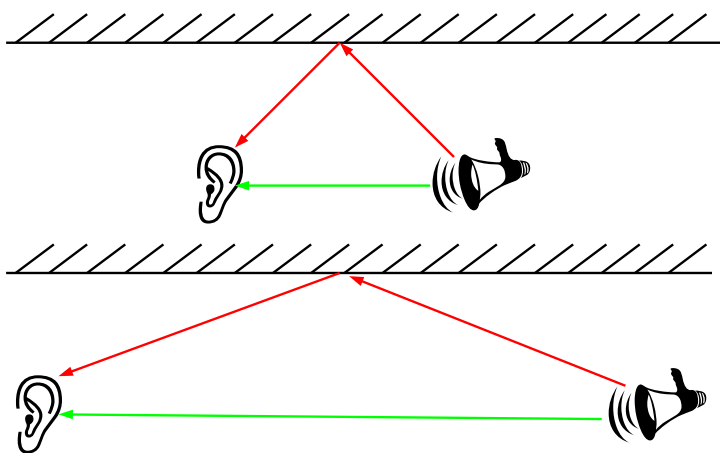


Abbildung 1: Entfernt sich die Schallquelle vom Hörer, so sinkt der Umweg zwischen Direktschall und Reflexion. Es gilt: Einfallswinkel = Austrittswinkel

gnal und erster Reflexion sprechen. Diese Lücke ist die erste und damit unmittelbarste Information über die Beschaffenheit des Raums in dem sich die Schallquelle befindet. Bei einer sehr kurzen ITDG (bis etwa 15 ms) muss sich mindestens eine Reflexionsfläche sehr nah an der Schallquelle befinden. Mit dieser Information allein hat das Ohr jedoch noch keine abschließende Analyse gewonnen, denn auch in einem sehr großen Raum kann die Schallquelle natürlich direkt vor einer Wand stehen und somit eine sehr kurze ITDG aufweisen. Somit werden erst die nachfolgenden Reflexionen einen umfassenden Raumeindruck ermöglichen. Es ist daher durchaus strittig zu behaupten, dass eine kurze ITDG immer zu einem kleinräumigen Eindruck führen würde. Hier zeigt sich auch das größte Problem der Simulation von realen Räumen durch ein einfaches algorithmisches Hallgerät. Die Einstellung des Pre-Delay simuliert die ITDG nur dann, wenn man davon ausgehen würde, dass die Schallquelle immer in der Raummitte zentriert wäre. Dies ist in den seltensten Fällen gegeben und so verfälschen reale Fußböden bereits die Fähigkeiten des parametrischen Pre-Delays. Da ein dreidimensionales Reflexionsmuster nicht mit den uns gegebenen Möglichkeiten der Stereophonie dargestellt werden kann, relativiert sich dieser Unterschied wieder ein bisschen. Tatsächlich kann man bei der Wiedergabe nicht mehr unterscheiden, welche Fläche die erste Reflexion verursacht hat. Im realen

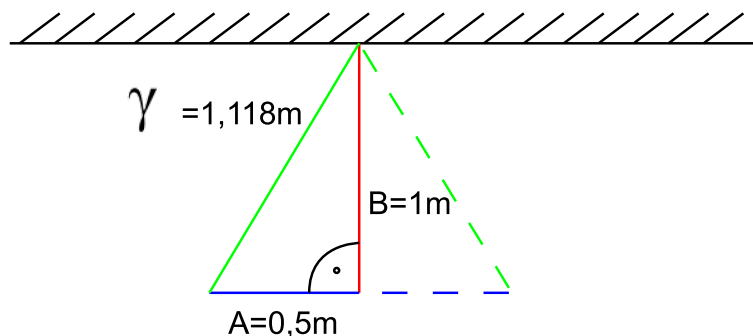


Abbildung 2: Bei der Berechnung hilft die Geometrie:
 $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma$

Raum würde das Gehirn sofort Laufzeit, Pegel und Phasenlage der Reflexion mit den anderen Sinnesmeldungen verknüpfen und einen entsprechenden Eindruck verursachen. Doch zurück zu unseren Hallgeräten. Manche Geräte erlauben die Spreizung und Stauchung der Abstände zwischen den ersten Reflexionen, wenn man den Wert des Pre-Delay verändert. Dies führt jedoch auch wieder dazu, dass das Signal akustisch im Raum zentriert wird, ein Dilemma der zweidimensionalen Wiedergabetechnik, mit dem wir uns meist arrangieren müssen. Sehr wenige Hallsysteme ermöglichen eine mehr oder weniger starke Variation der ersten Reflexionen und bieten dadurch einen realistischeren Eindruck, der sich, wie bereits erwähnt, schnell relativiert. Noch schwieriger wird der Umstand, wenn man den sehr kurzen ITDG-Bereich der ersten 15 ms verlässt und mit längeren Werten arbeitet. Erstens muss bedacht werden, dass ein noch so trocken aufgenommenes Signal (von hochspezialisierten Sampleaufnahmen, wie in der Silent Stage in Wien oder den reflexionsarmen Räumen mancher Universitäten abgesehen) in der Praxis immer eine gewisse Raumantwort enthält. Das bedeutet in der Konsequenz, dass die aufgezeichneten ersten Reflexionen möglicherweise in den Vordergrund treten werden, wenn man den Wert des Pre-Delay erhöht und sich der Raumeindruck (unabhängig von der Nachhallzeit!) dadurch nicht weiter ‚vergrößern‘ lässt. Zweitens werden Werte oberhalb von 20 ms zu-

Form follows function: mc²56.

Das Lawo mc²56 bietet höchste Funktionalität. Und maximale Effizienz. Das beginnt schon bei der User-Führung. Dank seines klaren Designs garantiert das Pult einen absolut intuitiven Workflow. Features wie Button Glow, perfekter dezentraler Zugriff und die übersichtliche Overbridge sorgen für schnelle und sichere Arbeitsabläufe. Und in puncto Zukunftssicherheit? Auch hier glänzt das mc²56 mit innovativen Funktionen – wie Loudness-Metering, neuen Surround-Tools und der bahnbrechenden RAVENNA Technologie. Spitzentechnologie in einer besonders kompakten Form. Das mc²56. Performance, pure and simple.



Join us



www.lawo.com



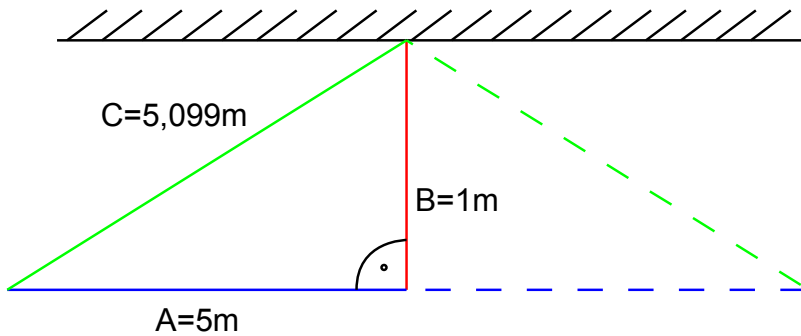


Abbildung 3: Nach der Berechnung muss natürlich noch die Verdopplung von a und c einbezogen werden

nächst nicht dazu führen, dass sich die Lokalisation der Direktquelle verschiebt, sondern nur, dass sich die empfundene Raumgröße ändert. Aber der Reihe nach. Die bisher vermittelten Aussagen über den Einfluss der ITDG haben noch keinen Einfluss auf die Lokalisation der Direktschallquelle zu Tage treten lassen. Die Faustregel sagt, dass eine kleine ITDG für den Eindruck der Kleinräumigkeit verantwortlich ist und eine größere ITDG das Signal in einem größeren Raum ‚darstellt‘. Diese Auswirkungen erklären sich, wenn man die Raumantwort in Relation zum Direktsignal setzt. Akustisch gesehen hat eine kurze Lücke zwischen Direktsignal und ersten Reflexionen also die Wirkung, dass das Signal vom Ohr im Vergleich nach hinten geschoben wird. Der Grund liegt darin, dass der Umweg, den die Reflexionen im Vergleich zum Direktsignal nehmen müssen, sinkt (Abbildung 1). Ein Beispiel hilft diese Aussage zu verstehen. Angenommen sei ein fiktiver Raum, der keine Wände hat, sondern nur eine Decke, die sich einen Meter über der Schallquelle und dem Hörer befindet. Der Hörer steht einen Meter vor der Schallquelle, der Direktschall muss also ebenfalls diese Distanz von einem Meter überwinden. Da der Einfallswinkel an der Reflexionsfläche mit dem Austrittswinkel identisch sein muss, kennt man nun alle notwendigen Bedingungen um die Wegstrecke zu berechnen, die die Reflexion zum Hörer zurücklegen muss. Bei einem Meter Abstand und einem Meter Deckenhöhe

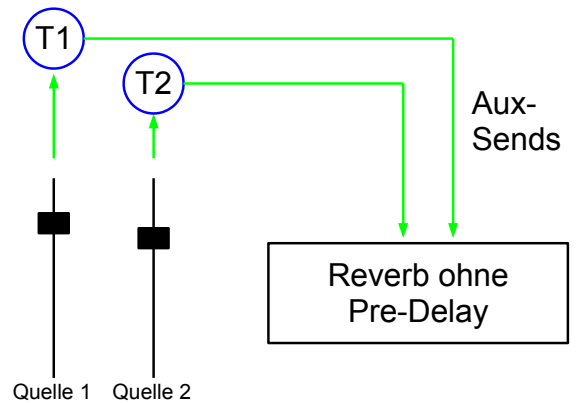


Abbildung 4: Nutzt man statt des Predelay im Hallerzeuger einfache Verzögerungsglieder im Sendeweg (T1 und T2), so kann man die Signale mit unterschiedlicher ITDG in denselben Raum senden. Bei der Realisierung in der DAW können zum Beispiel Subgruppen hilfreich sein

he liegt dieser Wert bei rund 2,24 Meter (Abbildung 2). Der Umweg beträgt also etwa 1,24 m oder, zeitlich betrachtet, rund 3,6 ms. Nun entfernen wir den Hörer auf 10 Meter und rechnen erneut. Hier beträgt der Umweg, den der Schall über die Reflexionsfläche nehmen muss, nur noch ungefähr 20 cm, womit sich zeitlich nur noch 0,58 ms ergeben (Abbildung 3). Nun ist dem Gehirn dabei herzlich egal, wie lange das Direktsignal von der Signalquelle zum Ohr benötigt, entscheidend ist nur der Abstand zwischen Direktschallfront und allem, was als Reflexion folgt. Praktisch gesehen wird diese Verkürzung des Wegunterschieds vom Ohr also logischerweise so interpretiert, dass ein Signal mit kurzer ITDG weiter entfernt sein muss, als das gleiche Signal mit langer ITDG. In der Praxis lässt sich diese Feststellung natürlich nicht absolut gesehen aufrecht erhalten, da noch viele andere Faktoren und nicht zuletzt die Hörerfahrung die Abstandswahrnehmung vervollständigen. Innerhalb der ersten rund 15 bis 20 ms kann die Regel jedoch als gute Orientierung angesehen werden. Die beschriebenen Effekte sind übrigens weitestgehend unabhängig von der anschließenden Nachhalllänge. In der Praxis gibt es eine ganz konkrete Anwendung: Nimmt man einen Raumsimulator ohne Pre-Delay und schaltet verschieden lange Verzögerungsglieder in die Sendewege der einzelnen Kanäle, so kann man Signale im gleichen Raum hintereinander platzieren (Abbildung 4).

 **WAVELAB₈**

TAKING AUDIO TO PERFECTION

JETZT IN WAVELAB 8:

- Leistungsstarkes Lautsprecher Management System
- Fortschrittliches EBU-konformes Loudness Metering und Processing
- iZotope MBIT+™ Dither, Voxengo CurveEQ und Brickwall Limiter
- SuperClip, PlugIn Management und optimiertes User-Interface
- Neues Transport Panel und umfangreiche Metadaten Unterstützung
- Mehr als 150 neue Funktionen und Verbesserungen



Erfahren Sie mehr unter www.steinberg.de/wavelab8

 **steinberg**
Creativity First



Abbildung 5: Die meisten Hallsysteme erlauben es nur, die Anfangszeitlücke durch das Pre-Delay zu bestimmen



Abbildung 6: In seltenen Fällen können die einzelnen frühen Reflexionen gestaucht oder gespreizt werden

Frequenzspektrum

Die Schwierigkeit des menschlichen Gehörs bei der Lokalisation von Signalen und deren Entfernung liegt darin, dass es keinen physikalischen Parameter gibt, der die Entfernung für sich gesehen bestimmen kann. Dem Gehörsinn bleibt daher in den meisten Fällen nichts Anderes übrig, als sich mit einer langen Reihe von ‚Indizien‘ eine möglichst genaue Annäherung zu rekonstruieren. Dies wird verständlich, wenn man die einzelnen ‚Messwerte‘ des Gehörs für sich gesehen betrachtet. Die Laufzeit zwischen Sender und Empfänger ist dem Empfänger unbekannt, wenn er das Mess-Signal nicht selbst emittiert hat (Ortung). Phasenlage und Laufzeit zwischen linkem und rechtem Ohr werden zur Richtungsbestimmung gebraucht und bieten für sich gesehen auch keinen Anhaltspunkt. Die wichtigste Alternative ist daher immer der Vergleich mit anderen Signalen und auch bekannten Mustern. So wird einem eine Stimme entfernter vorkommen, wenn sie dumpfer erklingt, als man sie kennt. Gleichzeitig ergibt sich allerdings schon wieder eine Schwierigkeit, denn die Unterscheidung zwischen zu- und abgewandter Schallquelle erfolgt anhand ähnlicher Vergleichskriterien. Die Abnahme des Bassanteils des Signals wird dagegen eher durch eine gerichtete Abstrahlung, als durch die Entfernung verursacht. Ein gutes Beispiel sind Blasinstrumente, bei denen sich eine starke Verschiebung des Frequenzgangs ergibt, wenn man den bekannten Klang der frontalen Hauptabstrahlrichtung

verlässt. Abschattungseffekte, Beugung und Richtwirkung werden erst bei größeren Abständen wirksam und haben in geschlossenen Räumen meist nur einen kleinen Einfluss, da sie häufig von Raummoden und Reflexionen ‚überholt‘ und verdeckt werden. Wind und andere wechselhafte Umwelteinflüsse spielen drinnen natürlich auch keine Rolle. Dennoch kann man davon ausgehen, dass die frequenzabhängige Dämpfung der Luft auch in geschlossenen Räumen einen deutlichen Einfluss auf die Entfernungswahrnehmung hat. Bei für unsere Breitengrade ‚normalen‘ Umgebungsvariablen (20 Grad Celsius, 50% relative Luftfeuchtigkeit) in Innenräumen ergibt sich für 20 kHz eine Dämpfung von mehr als einem halben Dezibel pro Meter. Für den etwas praxisrelevanten Wert von 10 kHz ergibt sich noch immer eine Dämpfung von rund 0,16 dB, bei einem Abstand von 6 Metern also ein stattliches dB. Dies kann das Gehör durchaus für seine Lokalisation nutzen, viel interessanter wird allerdings bereits die Relevanz in der künstlichen Erzeugung von Vorn-Hinten-Positionen. Vergleichbare Signale, also zum Beispiel Haupt- und Gegenstimmen, können schon mit einfachen Eingriffen in den Frequenzgang positioniert werden. Bei Signalen, denen ein klangcharakteristisches Vergleichssignal im Mix fehlt, müssen die Eingriffe deutlicher gemacht werden. Alternativ zur Übertreibung kommt immer die zu bevorzugende Kombination verschiedener Effekte in Frage.

Pegel und Lautheit

Wie bereits beschrieben, agiert das Gehirn bei der Lokalisation mit bekannten Vergleichsmustern und wird daher bei der Lautsprecherwiedergabe oftmals ‚im Stich‘ gelassen, wenn die Inhalte bewusst von den bekannten Mustern abweichen. Aus diesem Grund müssen Effekte (egal ob es sich nun um das aktuell besprochene Thema handelt oder es um einen anderen Punkt der wunderbaren Welt der Akustik dreht) in den meisten Fällen stärker eingesetzt werden, als dies in der Natur, beziehungsweise in der Perzeption (mit mehr als einem Sinneseindruck) nötig wäre. Solche Vergleichsmuster ergeben sich natürlich auch in der Lautstärke-wahrnehmung, sei es durch den Pegelabfall über die Entfernung (reziprokes Abstandsgesetz) oder über die unterschiedliche Wahrnehmung der Lautheit eines Signals. Wenn ein bekanntes Schallereignis (Beispiel: Ein Mensch spricht mit normaler Gesprächsstimme) von seinem bekannten Pegel abweicht, wird das Gehirn einen Abstand annehmen. Dies spielt für die Stereophonie in unserem Fall aber keine Rolle, denn hier fällt die Natur, also das ursprüngliche, bekannte Schallereignis, als Referenz aus. Vielmehr müssen die verschiedenen Signalquellen innerhalb der Produktion einen gegenseitigen Lautstärkebezug erschaffen und sich gegenseitig referenzieren. Hierbei ist der absolute (Wiedergabe-)Pegel aber vollkommen irrelevant, da sich die Tiefenbalance nicht ändert, wenn man die HiFi-Anlage aufdreht. Dies darf natürlich nicht mit den Auswirkungen der Kurven gleicher Lautstärkewahrnehmung verwechselt werden, die natürlich einen Einfluss haben, wenn man am Lautstärkeregel dreht. Im Gegensatz zum absoluten Wiedergabepegel spielt die relative Lautheit der Signalkomponenten eine große Rolle bei der Sortierung der Signale. Je höher die Lautheit des Signals ist, desto weiter rückt es in den akustischen Vordergrund. Aus diesem Grund müssen stark impulshafte Signale mit geringer Lautheit, wie zum Beispiel das Schlagzeug, im Vergleich mit viel größeren Pegeln in den Mix gegeben werden, um nach vorne rücken zu können. Die Impulshaftigkeit ist dabei nicht das entscheidende Kriterium, sondern die Lautheit selbst. Dieser Zusammenhang ist auch einer der Gründe, man möge mir den kurzen Ausflug in mein ‚Lieblingsthema‘ verzeihen, warum Überkompression im Mastering einer guten Rock-Mischung oft den Sinnzusammenhang nimmt. In der Mischung wurde das Schlagzeug mit seinen großen Impulsen sehr laut ge-



Ohrenschmaus...

für professionelle Studioanwendungen

- Klangoptimierte Mikrofon- und Instrumentenkabel
- Mehrfach geschirmte High End Multipaarkabel
- Große Auswahl an SDI / HDTV Videoleitungen
- Hartvergoldete Qualitäts-Steckverbinder von HICON und NEUTRIK
- Individuell konfigurierbare Verteilsysteme für Studioteknik
- Professioneller Support



MADI- und MADI-Hybrid
Kabelsysteme



Studio-Referenz-
Multicore



SOMMER CABLE

GRATISKATALOG ANFORDERN!

SOMMER CABLE GmbH

Audio • Video • Broadcast • Medientechnik • HiFi
info@sommercable.com • www.sommercable.com

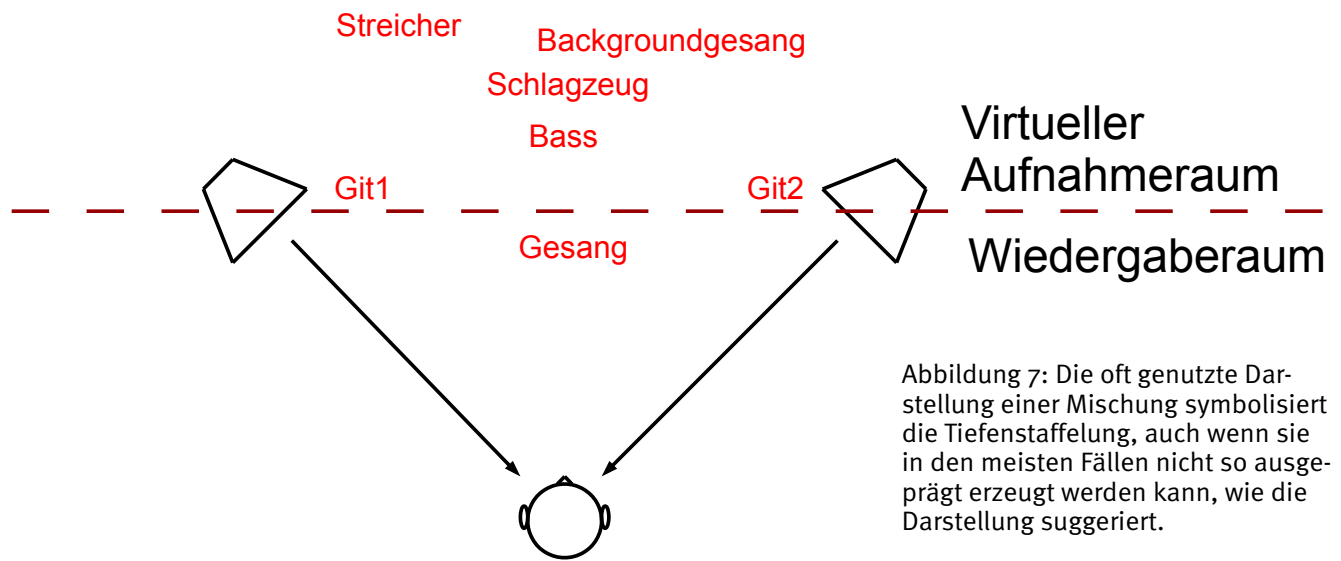


Abbildung 7: Die oft genutzte Darstellung einer Mischung symbolisiert die Tiefenstaffelung, auch wenn sie in den meisten Fällen nicht so ausgeprägt erzeugt werden kann, wie die Darstellung suggeriert.

mischt, damit es einen gleichwertigen Platz mit den Gitarren und dem Gesang einnehmen kann. Der Energiegehalt und damit die Lautheit des Schlagzeugs ist an sich viel kleiner, als der einer Gitarrenspur, vor allem, wenn letztere verzerrt ist. Schneidet man die Spitzen des Schlagzeugs nun mit einem Limiter ab, nimmt man ihm den Pegel und damit den einzigen Grund, warum es sich gegen die Gitarren behaupten konnte – das Schlagzeug rückt in der Mischung nach hinten. Durch weitere Verdichtung erhöht sich die Lautheit der lauten Komponenten weiter, wohingegen das Schlagzeug weitestgehend unangetastet bleibt und sich der Effekt weiter verstärkt.

Zusammenfassung

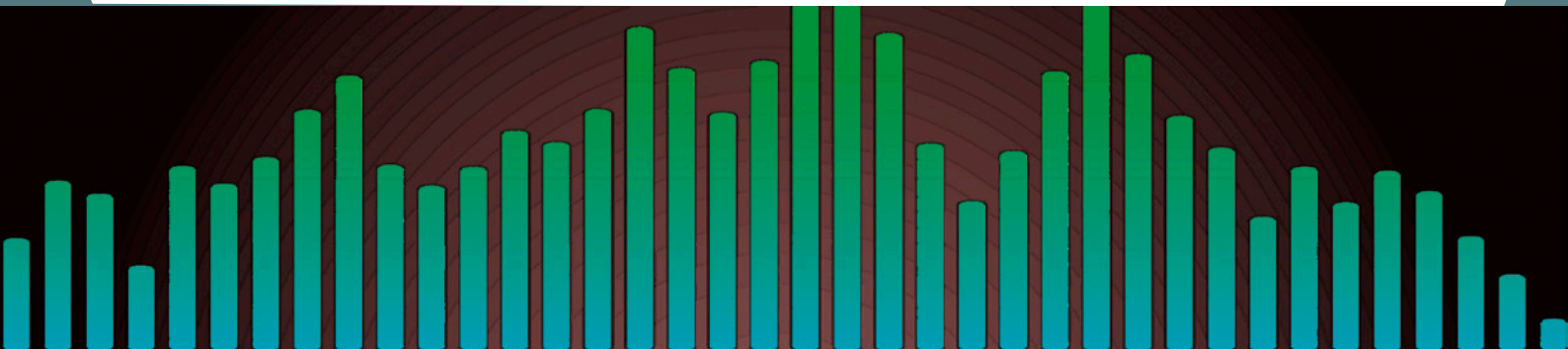
So viel zu den Einzelteilen einer künstlichen Tiefenstaffelung. Fügt man diese Effekte zusammen, so ergeben sich komplexe Tiefenstaffelungen, bei denen man, eine hochwertige Abhörsituation voraus gesetzt, Signale tatsächlich in verschiedenen Ebenen hintereinander wahrnehmen kann. Es muss wohl nicht gesondert erwähnt werden, dass auch dieses Auseinanderziehen der Ebenen für eine bessere Durchhörbarkeit und somit in den meisten Fällen für ansprechendere Mischungen sorgt. Was in der Aufnahmepraxis mit der einfachen Variation der Abstände leicht zu erreichen ist, erfordert in der Simulation immer einen größeren Aufwand. Betrachten wir zum Abschluss eine einfache Anwendung als Beispiel. Zunächst wird eine sehr direkt und brillant bearbeitete Stimme mit einer sehr langen und auffälligen Hallfahne versehen. Die Verzögerung im Sendeweg beträgt dabei rund 50 ms. Die begleitende

Gegenstimme wurde zunächst identisch bearbeitet, weist jedoch die folgenden Unterschiede auf. Die Höhenanhebung mit einem Kuchschwanzfilter wurde um rund 4 dB bei 10 kHz zurückgenommen, um die Luftabsorption und Abschattungseffekte zu simulieren. Die Kompression wurde auf das halbe Verhältnis zum Direktsignal reduziert (zum Beispiel 2:1 statt 4:1) und der Gesamtpegel um rund 4 dB abgesenkt, um eine abfallende Lautheit gegenüber der Hauptstimme zu erzeugen. Zuletzt wurde die Verzögerung im Hallsendeweg auf 5 ms reduziert und die Zweitstimme etwas stärker in den Raumsimulator geschickt. Für sich gesehen sind diese Änderungen nicht spektakulär, aber im Ergebnis entsteht eine Staffelung in die Tiefe, die natürlich auf Wunsch in ihrer Intensität weiter verstärkt werden kann. Für dieses Beispiel ist ein wichtiger Punkt relevant, der bisher unerwähnt blieb: Wenn man eine künstliche Tiefenstaffelung aus nahmikrofonierten Quellen erzeugen möchte, muss man bei entfernteren Signalen entsprechend stark im Bassbereich filtern, um den Nahbesprechungseffekt zu kompensieren. Wie immer bleibt es entscheidend, dass man sich mit allen Einzelschritten beschäftigt, sie zum Verständnis hernimmt, und in der Gesamtkombination und nicht nur einzeln nutzt. Mit einfachen Übungen kann man sich ausprobieren und wird die Technik dann intuitiv in die Produktionsarbeit übernehmen, wenn es denn passt. Grau ist alle Theorie und vielleicht sind Sie einfach nur durch ‚Schrauben‘ zu einem ähnlichen Ergebnis gekommen. Lassen Sie sich nicht den Spaß durch einen alten Theoretiker wie mich verderben, aber da Sie es bis hier wieder einmal geschafft haben, muss ich mir wohl keine ernsthaften Sorgen machen.

Friedemann Kootz
Abbildungen: Friedemann Kootz

KOM- PRESSOR & CO

Hintergrundbetrachtungen zur Dynamikbearbeitung – Teil 1



Eigentlich sollte es diesen Artikel schon vor einigen Monaten geben, aber die spannenden Entwicklungen rund um das nahezu unerschöpfliche Thema ‚Loudness‘ haben uns dazu gebracht, ihn ein wenig nach hinten zu schieben. Das war nicht nur zu Gunsten der Aktualität eine gute Entscheidung, sondern auch gut für den Inhalt. Denn durch die Hintergrundinformationen zum Umgang mit Dynamik wird es nun natürlich noch eine ganze Ecke bedeutsamer, symbolisch den Deckel vom Dynamikgerät zu schrauben und zu schauen, was da unter der Haube so vor sich geht. Namentlich ist hier natürlich vor allem der Kompressor zu nennen, der wohl das am meisten verbreitete, und dennoch am häufigsten missverstandene Werkzeug im Repertoire des Toningenieurs darstellt. Darüber hinaus sind das Gate, Upward- und Downward-Expander, Limiter und viele weitere Funktionsgruppen zu nennen, die scheinbar immer im Schatten ihres ‚großen Bruders‘, dem Kompressor stehen. Dabei ist das eigentlich schade, denn diese Werkzeuge wurden ja entwickelt, um eine bestimmte Aufgabe zu bewältigen, die mit anderen nicht oder nur schwer zu bewerkstelligen ist. Mein lieber Kollege Fritz Fey möge mir verzeihen, wenn ich eine seiner gern genutzten Metaphern, etwas radikalisiert, für meine Aussage missbrauche: Natürlich kann man jemandem mit einer Zange den Schädel einschlagen oder damit ein schönes Bild befestigen, aber warum sollte man das tun, wenn es dafür doch Hämmer gibt?!

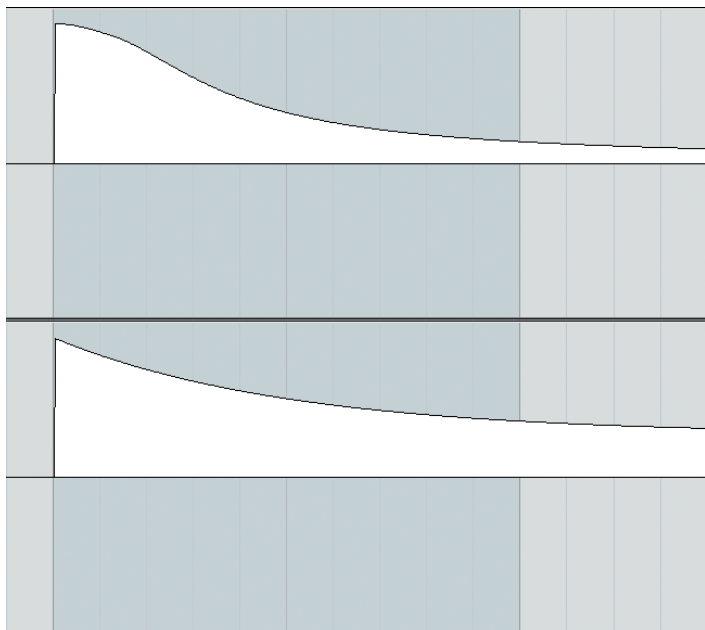


Abbildung 1: Die Kurvenverläufe zweier Attackfunktionen. Unten eine klassische Exponentialfunktion, oben ein exotischer Verlauf

Bevor wir ins Detail gehen, erscheinen einige Anmerkungen zum Sprachgebrauch notwendig, da wir es gerade in der Disziplin der Dynamikbearbeitung mit vielen liebgewonnenen Anglizismen zu tun haben, deren Geschlecht nicht eindeutig bestimmt werden kann. Der oder die Threshold? Die oder das Ratio? Die oder der Sidechain? Das oder der Attack? Jeder hat angesichts seiner deutschen Übersetzung des englischen Begriffs eine andere Geschlechtszuordnung im Kopf. Hierzu einige Beispiele: Threshold lässt sich gleichermaßen korrekt mit ‚Arbeitspunkt‘ oder ‚Schwelle‘ übersetzen. Manche Leser werden daher ‚die Threshold‘ als gelesenen ‚Schmerz‘ empfinden, fast vergleichbar mit ‚das Schirm‘, weil sie ständig an den Arbeitspunkt denken. Bei ‚Ratio‘ sieht es nicht viel anders aus: Viele denken dabei an die Rate oder aber auch an das Verhältnis. Korrekte deutsche Begriffe wie Arbeitspunkt, Ansprechzeit oder Kompressionsverhältnis finden sich jedoch nicht auf den Frontplatten der Geräte wieder, so dass es am Ende doch sinnvoll erscheint, die englischen Begriffe zu verwenden. Welches Geschlecht sie dabei annehmen, liegt einzig im Auge oder besser Sprachgefühl des Betrachters.

Spitzenfänger – Attack

Ein Bekannter von mir gibt hin und wieder die Aussage von sich, dass ‚mindestens neunzig Prozent der Benutzer eines Kompressors ihn nicht wirklich verstanden haben‘. Ich halte diese Aussage für eine undifferenzierte Unterstellung, auch

wenn sie sicher nicht so radikal gemeint ist, wie sie sich anhört. Es stimmt jedoch, dass die Vorstellung der Arbeit eines Kompressors schwierig ist und manche Funktionen theoretisch missverstanden, dabei aber in der Praxis dennoch oft intuitiv richtig eingestellt werden. Neben der Schaltschwelle ‚Threshold‘ und dem Kompressionsverhältnis ‚Ratio‘, gehört die Einstellung des Zeitverhaltens eines Kompressors zu den in fast jedem Fall veränderbaren Parametern. Für den Einsatz der Regelung ist die Attackzeit verantwortlich. ‚Attack‘ wird im Deutschen am besten mit Einschwingzeit oder Ansprechzeit umschrieben, soll in diesem Artikel aber nicht übersetzt verwendet werden. Die Attackzeit darf nicht als ‚Wartezeit‘ missverstanden werden. Es gibt keinen Zeitraum, den die Regelung abwartet, nachdem die Schaltschwelle überschritten wurde. Vielmehr beginnt die Regelung sofort zu arbeiten. Jedoch dauert es eine gewisse Zeit, bis die volle Kompression erreicht ist. Signale, die in diesen Zeitabschnitt fallen, werden bereits bearbeitet, jedoch nicht so stark wie nachfolgende Signale, wenn die Regelung ihren Nennwert bereits erreicht hat. Fragt man nach einer Definition der Attackzeit, geraten die meisten Befragten, zu Recht, ins Stocken. Denn welchen Abschnitt definiert denn die Attackzeit genau? Wann beginnt die Messung und wann endet sie? Theoretisch sollte die Attackzeit genau mit dem Beginn der Regelungstätigkeit starten und enden, wenn die volle Regelung erreicht ist. In der Praxis ist dies nicht genau feststellbar, da die Attackzeit niemals endet, sondern sich nur immer stärker an den Sollwert annähert. Dies spielt in der Praxis natürlich überhaupt keine Rolle. Trotzdem müsste eine andere, festgelegte Definition zu Rate gezogen werden - die es aber leider nicht gibt. Die Hersteller von Dynamikeinheiten setzen zum Teil sehr unterschiedliche Kriterien an. Es gibt jedoch eine recht verbreitete Definition, die von einer Regelung um 10 dB ausgeht. Die Attackzeit ist demnach der Zeitabschnitt, der vergehen muss, bis das Signal um 10 dB verstärkt oder gedämpft wurde. Aber auch diese Definition ist eine rein technische Betrachtung, da in der Praxis oft keine Regelung um 10 dB erfolgt, und die angezeigte Attackzeit somit für die konkrete Anwendung gar nicht nutzbar ist. Hinzu kommt, dass sich eben nicht alle Hersteller an die 10-dB-Definition halten. Sehr oft führt dies für den Anwender zu einer Diskrepanz zwischen wahrgenommener Klangveränderung und angezeigtem Wert. Man sollte sich daher für die Praxis bewusst machen, dass der Klangeindruck bei der Einstellung der Parameter immer und ausschließlich das entscheidende Kriterium darstellt. Zusätzlich kommt die Kurvenform ins Spiel. In der analogen Praxis der Elektrotechnik wird die Attackzeit über ein RC-Glied mit regelbaren, oder zumindest umschaltbaren, Widerständen eingestellt (nebenbei wird klar, warum manche Hersteller Geld sparen und anstatt

einer stufenlosen Regelung eine Fast-Slow-Umschaltung anbieten). Unter anderem durch die Aufladung des Kondensators, ist die Attackzeit grob auf einen exponentiellen Verlauf, also eine sogenannte E-Funktion, festgelegt. Von dieser Regel gibt es allerdings zahlreiche Ausnahmen und Ungenauigkeiten. In der digitalen Welt kann die Attackkurve quasi ‚gestaltet‘ werden. **Abbildung 1** zeigt zwei verschiedene Attackverläufe zweier unterschiedlicher Kompressoren, bei nominal ähnlich eingestellter Attackzeit. Die Unterschiede im Kurvenverlauf sind auch einer der Gründe, warum sich manche Kompressoren besser als Klangformer eignen und andere für das ‚sanfte Ausregeln‘ einer Aufnahme die bessere Wahl darstellen. Betrachtet man noch einmal **Abbildung 1**, so wäre der obere Kompressor sicher besser für das Herausarbeiten von Transienten geeignet, da die Regelung zunächst eine Art Plateau aufweist, innerhalb dessen Transienten relativ unbearbeitet passieren können. Die anschließende Abregelung erfolgt dann sehr steil, so dass eine kürzere Attackzeit stärkere Eingriffe bei trotzdem erhaltener Transientenstruktur erlaubt.

Hüllkurvenverzerrungen

Die sinnvolle Einstellung von Attack- und Releasezeit ist einigen Kriterien unterworfen. Diese grenzen die freie Einstellbarkeit zwar manchmal etwas ein, sorgen auf der anderen Seite dafür, dass es relativ leicht ist, sinnvolle Startwerte zu finden, von denen ausgehend man schnell zu im wahrsten Sinne des Wortes ansprechenden Ergebnissen kommen kann. Die Einstellung der Attackzeit richtet sich dabei vor allem danach, welchen ästhetischen Zweck man verfolgt. Ist es gewünscht, Pegelspitzen zu betonen oder

sollen die Spitzen bereits abgefangen werden? Die Lösung dieser Aufgabenstellung muss, wie erwähnt, mit jedem Gerät neu betrachtet werden. Der wichtigste Bereich für die Klanggestaltung mit Kompressoren liegt innerhalb des Bereichs von einer und 20 ms. Kürzere Attackzeiten führen häufig zu Knackartefakten oder nähern die Funktion einer Limitertätigkeit (siehe unten) an. Längere Attackzeiten führen die Arbeit des Geräts eher in den Bereich eines Levelers. Ist die Attackzeit zu einem großen Teil kreativ frei einsetzbar, so ist die Releasezeit technisch deutlich kritischer, wenn man es nicht willentlich auf starke Effekte anlegt. Eine zu lange Releasezeit führt zu Pumpeffekten, die in den meisten Fällen unerwünscht sind. Deutlich zu lange Releasezeiten überführen das Pumpen in ei-



MICROTECH GEFELL 
microphones & acoustic systems - founded 1928 by Georg Neumann

Universell und begeisternd einfach
Instrumente, Orchester, Chöre, Sprache, Gesang ... alles ganz unkompliziert ... beim Rundfunk, in Studios, Theatern, Konferenzräumen, Kirchen, Plenarsälen, auf Livebühnen ...

www.microtechgefell.de

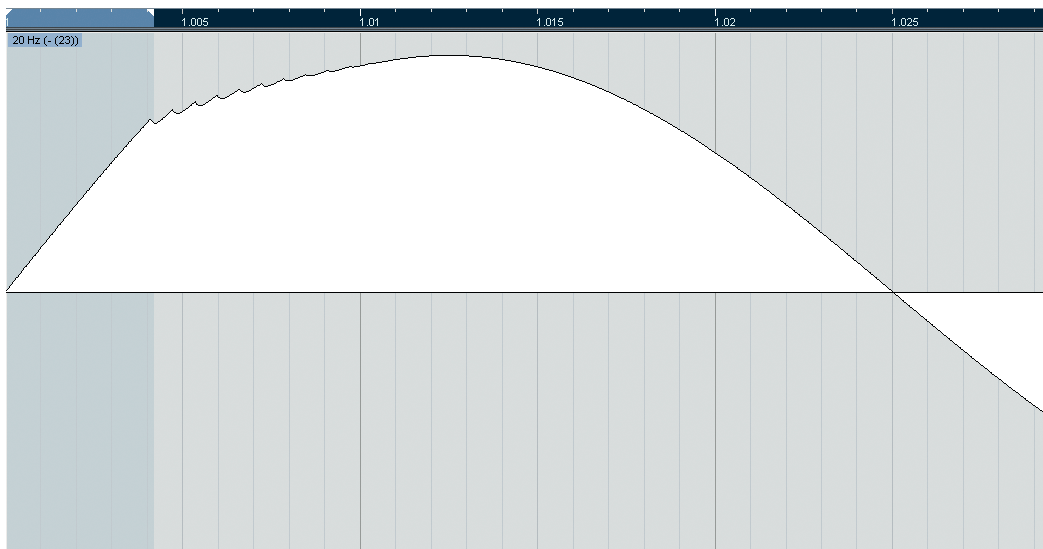


Abbildung 2: Bei sehr kurzen Attackzeiten, die in den Einschwingvorgang einer Wellenform eingreifen, kann es manchmal zu deutlichen Artefakten kommen

nen Atmungseffekt, der zum Teil so stark werden kann, dass ausklingende Töne wieder unnatürlich eingebledet werden. Diese Reaktionen sind selten gewollt und klingen noch seltener ansprechend, von ihrem bewussten Einsatz als Effekt abgesehen. Auf der anderen Seite der Skala finden sich die zu kurzen Releasezeiten. Diese führen zu Verzerrungen des Signals, da der Regelvorgang bereits in die Periodendauer einer Schwingung eingreift. Betrachtet man die Periodendauer des Frequenzbereiches der allgemein als Hörbereich des Menschen angenommen wird, so kommt man auf 50 μ s bei 20 000 Hz und 50 ms bei 20 Hz. Und obwohl es meist sinnvoll ist, die Releasezeit in der Praxis so kurz wie möglich zu halten, sind 50 ms schon ein sehr kurzer Wert, der im täglichen Gebrauch selten genutzt wird. Das Entscheidende ist aber, dass die Releasezeit ebenfalls keine Wartezeit, sondern die Länge eines Regelungsverlaufes darstellt. Geht man von einem exponentiellen Releaseverlauf und dem von der Attackzeit bereits bekannten Regelungshub von 10 dB aus, so würde das Signal innerhalb des ersten Drittels der Zeit, also innerhalb von 16 ms, die stärksten Änderungen erfahren. Das heißt, dass es zu einem Eingriff kommt, der bereits Frequenzen ab rund 60 Hz in ihrer Schwingungsperiode verzerrt. Diese Verzerrungen werden von mir als Hüllkurvenverzerrungen bezeichnet, da sie von der Kompressionshüllkurve verursacht werden, auch wenn dieser Begriff theoretisch gesehen etwas unscharf ist. Bei der Einstellung der Releasezeit kann man sich an zwei Parametern orientieren. Als erstes an der Erholzeit des menschlichen Ohres (rund 300 ms), welche sehr wichtig für die psychoakustische Lautheitswahrnehmung ist. Und zweitens am Rhythmus der Musik. Hier kann es zum Beispiel sinnvoll sein, dass die Pegelreduktion bereits zurückgeführt wurde, wenn die nächste Zählzeit erreicht wird. Dies sind weder Kochrezepte noch Vorgaben, sondern nur Ideen für Startpunkte ei-

gener Versuche. Noch einmal zurück zur Attackzeit. Auch hier kann es zu Hüllkurvenverzerrungen kommen, die besonders dann hörbar werden, wenn sie sich in Kombination mit einer kurzen Releasezeit periodisch wiederholen können. Nehmen wir an, die Threshold des Kompressors wird von einem Signal erreicht, das sehr tiefe Signalkomponenten aufweist. Als Frequenz seien 20 Hz angenommen und die Threshold liegt 6 dB unterhalb des Scheitelwertes der Welle. Bis zum Erreichen der Threshold folgt der Ausgang dem Eingangssignal, ohne es zu verändern. Darüber beginnt die Regelung zu arbeiten. Bei sehr kurzer Attackzeit erfolgt nun eine abrupte Regelung, die Nichtlinearitäten in den Signalverlauf einfügt. Dies wird umso deutlicher, je kürzer die Attackzeit gewählt wird. Am stärksten wird der Effekt, wenn die Kombination von Threshold und Attackzeit auf das erste Viertel der Wellenlänge des Signals einwirkt, da die Regelung in die Einschwingphase des Signalverlaufes eingreift. **Abbildung 2** zeigt die Auswirkungen und Artefakte einer sehr kurzen Attackzeit auf den Einschwingvorgang einer Sinusschwingung.

Ratio/Knee

Das Kompressionsverhältnis, Ratio genannt (lateinisch Ratio = Verhältnis im mathematischen Sinne), beschreibt die Beziehung zwischen Ein- und Ausgangssignal der Dynamikstufe, also seine Kennlinie. Bei einem Ratio von 1:1 wird das Ausgangssignal dem Eingangssignal im Pegelverlauf mehr oder weniger perfekt entsprechen. Ratiowerte unterhalb dem von 1:1 zeigen eine Dämpfung, Ratiowerte oberhalb entsprechend eine Verstärkung an. Ein oft gemachter Fehler ist die verdrehte Beschriftung. Bei einem Kompressionsverhältnis muss immer die erste Zahl (Eingang) größer sein, als die zweite Zahl (Ausgang). Dabei ist es egal, ob als Schreibweise zum Beispiel

2:1 oder 1:0.5 gewählt wird, wobei letztere unüblicher ist. Für Upward-Expander (auch Dekompressor) gilt entsprechend die umgekehrte Bezeichnung (1:2 oder 0.5:1). Die Ratio gibt immer den Wert des maximalen Kompressionsverhältnisses an, der jedoch in Abhängigkeit von sehr vielen Faktoren oft nicht erreicht wird. Bei einer Ratio von 2:1 wird ein Signal mit einem Spitzenpegel von 6 dB oberhalb der Threshold am Ausgang mit 3 dB oberhalb der Threshold ausgegeben (bei bereits eingeschwungener Regelung). Soweit die Theorie, denn in der Praxis wird das reale Kompressionsverhältnis von mehreren Einflüssen ‚moduliert‘. Erstens den Zeitparametern Attack und Release und zweitens der Kurvenform des Kompressionsknies, Knee genannt. Zu allem Übel beeinflussen sich die Beiden auch noch gegenseitig, aber der Reihe nach. Der Knieparameter spielt im einfachsten Fall keine Rolle. Dies ist der Fall, wenn die Regeltätigkeit sofort mit der eingestellten Ratio auf das Signal einwirkt, sobald die Threshold erreicht wird. **Abbildung 3** zeigt diesen Kurvenverlauf, den man auch als Hard-Knee bezeichnet. Ein Hard-Knee ist ganz streng genommen ein messtechnisches Phänomen und in der Realität nicht, beziehungsweise nur bei extrem kleiner Attackzeit (Brickwall-Limiter, siehe unten) existent. Die Regelzeiten beeinflussen den zeitlichen Verlauf des Ratioparameters und

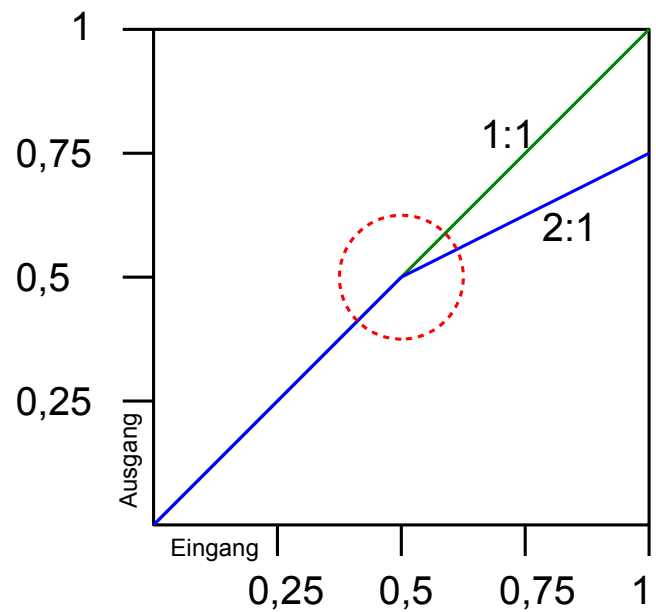


Abbildung 3: Die Übertragungsfunktion eines Kompressors mit Hard-Knee-Einstellung und dadurch verursachtem hartem Kompressionskniek an der Threshold

SPACE

SPECIALISED PORTABLE ACOUSTIC CONTROL ENVIRONMENT

Willkommen in einer neuen Dimension

Noch größer, noch besser – mit SPACE hebt sE Electronics seine patentierte Multi-Layer Technologie auf das nächste Level:

- Mehr Akustik-Layer
- Größere Oberfläche
- Neue flexible Halterung
- Neues Design
- Verbesserte Werte bei Diffusion, Isolation und Reflexion

Hol' dir den besten Reflexion Filter aller Zeiten!



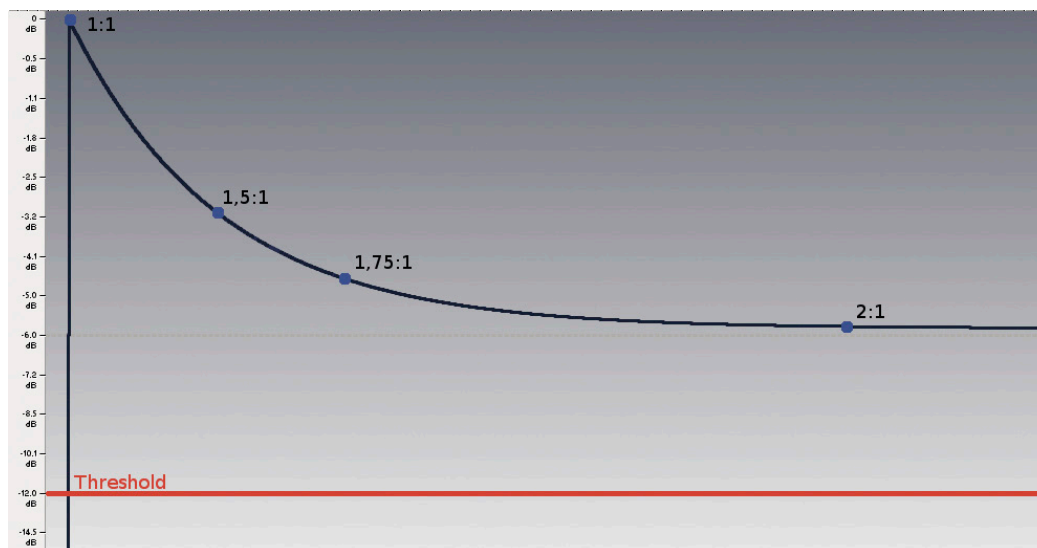


Abbildung 4: Die Attack stellt im übertragenen Sinne eine zeitliche Veränderung der Ratio dar. Markiert wurden einige Kompressionsverhältnisse im Verlauf der Attackphase

so wird die endgültige Ratio erst erreicht, wenn die Attackzeit abgelaufen ist. Während die Attackzeit läuft, wird die Ratio kontinuierlich an den Zielwert angenähert. Diese Verschiebung um die Threshold ist in einem Messdiagramm nicht sichtbar, da das Signal nicht mit einem Pegelsprung, sondern mit linear im Pegel steigenden Messsignalen gemessen wird. Nimmt man aber einen Pegelsprung, so kann man den Zusammenhang des Kompressionsverhältnisses und der Attackzeit gut darstellen. [Abbildung 4](#) zeigt dieses Verhalten an einer Sprungkante. Deutlich wird also, dass sich die Ratio, und somit auch das Knee, immer auf das Regelungsverhältnis im eingeschwungenen Zustand bezieht, der den zeitlichen Verlauf außer Acht lässt. Das Knee muss jedoch keinen harten Knick aufweisen. Es ist genauso möglich, dass der Knickbereich der Regelkurve einen weichen Kurvenverlauf aufweist. Hierbei gibt es mehrere Möglichkeiten der Definition, wo dann die Threshold wirklich liegt. Bei einem Hard-Knee ist die Aufgabe einer Threshold logisch: Ab Wert X wird mit dem eingestellten Verhältnis geregelt (Zeitparameter seien hier bewusst außen vor gelassen). Bei einem Soft-Knee, also einem weichen Anstieg der Ratio über den Pegel, ist diese Grenze nicht mehr so fest gesetzt. Vielmehr ist die Frage, an welchem Punkt wird die Threshold nominal definiert. Sitzt sie da, wo die Regelung mit sehr kleinem Ratio einsetzt, oder da, wo die eingestellte Maximalratio erreicht wird, oder doch genau zwischen den beiden Punkten? [Abbildung 5](#) zeigt eine Soft-Knee-Regelkurve mit dem markierten Bereich, in dem die Threshold definiert werden könnte. Rein technisch betrachtet ist die Frage sofort zu beantworten: Die Threshold sitzt dort, wo die Regeltätigkeit beginnt. Ob die Kurve danach linear verläuft oder nicht, ist der Threshold selbst egal. Doch warum erwähne ich dann, dass es nur nominal einen Unterschied gibt? Ganz einfach:

Manche Kompressoren lassen sich zwischen Hard-Knee und Soft-Knee umschalten oder gar stufenlos regeln. [Abbildung 6](#) zeigt die beiden Kurven mit der gesetzten Threshold. Dabei wird deutlich, dass im Soft-Knee-Modus der Bereich unterhalb der Threshold bereits in die Regelung einfließt. Messtechnisch gesehen wird die Threshold beim Umschalten also nach unten gesetzt und nur nominal bleibt sie und der Reglerknopf an der gleichen Stelle.

Limitier

Die Betrachtung der eigentlich komplexen Regeltätigkeit bringt uns direkt zum Punkt der klassischen Unterscheidung zwischen einem Kompressor und einem Limiter. Oftmals liest man folgenden Satz in verschiedenen Variationen: ‚Ein Kompressor mit einem Kompressionsverhältnis über 10:1 wird als Limiter bezeichnet‘. Jein. Zunächst einmal stellt sich die Frage, was eigentlich ein Limiter ist. Die passende Übersetzung ins Deutsche wäre Begrenzer. Die Aufgabe eines Limiters ist es also, das Signal oberhalb der Threshold abzuregeln und dadurch zu verhindern, dass am Ausgang Pegel auftreten, die über der Threshold liegen. Dies ist in der Praxis jedoch sehr schwierig. Erstens müsste der Limiter dazu eigentlich eine Ratio von unendlich:1 aufweisen. Die Näherung von größer als 10:1 ist eine definierte Untergrenze, die in der Praxis oft akzeptiert werden kann. Darüber hinaus muss ein Limiter eine möglichst kurze Attackzeit aufweisen, die die Regelung unmittelbar auf die Maximalratio führt, ohne zuvor langsam einzuschwingen. Diese Kriterien waren in der analogen Welt lange Zeit nicht vollständig zu erfüllen. Das bedeutet, dass die Festlegung auf 10:1 unter anderem der Tatsache geschuldet war, dass es schlicht nicht möglich war, einen Li-

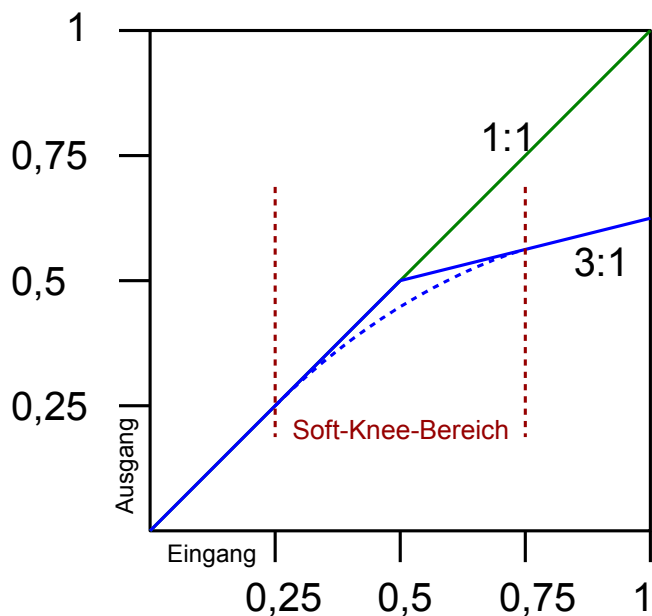


Abbildung 5: Innerhalb des Soft-Knee-Bereiches ist die Threshold nicht genau zu definieren

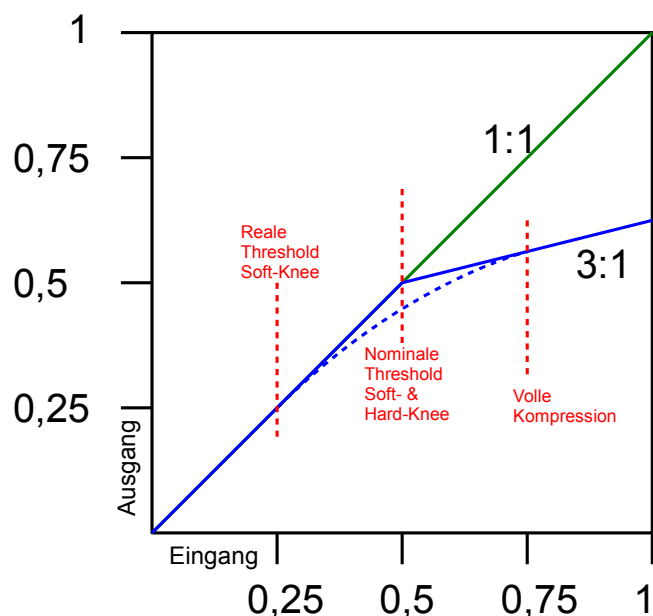


Abbildung 6: Bei umschaltbaren Kompressoren bleibt die Threshold nominal betrachtet an der gleichen Stelle. Technisch gesehen müsste sie dort sein, wo die Kompression real einsetzt. Definitionsmäßig könnte sie aber auch erst dort sitzen, wo die maximale Ratio erreicht wird

jünger
when audio matters

D*AP4 VAP Edition
2 Channel Voice Audio Processor

- All-in-one processing
- Spectral Signature™
- Mobile web interface
- Optional SDI & Dante™ interface
- R128 program path



www.junger-audio.com

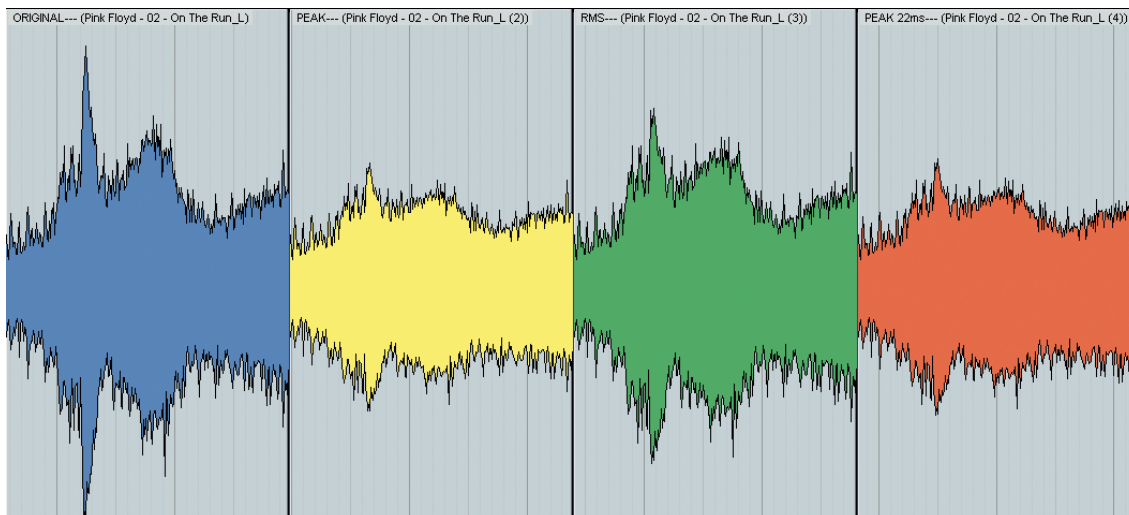


Abbildung 7: Kompression mit verschiedenen Crest-Faktoren: Blau – Original, Gelb – Peak-Crest bei Attack 11 ms, Grün – RMS-Crest bei Attack 11 ms, Rot – Peak-Crest bei Attack 22 ms

miter so zu konstruieren, dass er in ausreichender Geschwindigkeit auf das Eingangssignal reagieren konnte und wirklich nichts oberhalb der Threshold am Ausgang erschien. Dies hat sich erst mit der Einführung leistungsfähiger VCAs, aber spätestens mit der Digitaltechnik verändert. Endlich war es möglich, einen Limiter zu entwickeln, der diesen Namen wirklich verdient. Zu diesem Zweck wurde der Begriff des Brickwall-Limiters erschaffen, der wie eine ‚Ziegelmauer‘ das Überschreiten der Threshold verhindern kann. Darüber hinaus sollte ein Limiter nicht mit einem Loudnessmaximizer gleichgesetzt werden, da hier noch andere Faktoren eine Rolle spielen, die einen klassischen Limiter nicht unbedingt auszeichnen. Die Aufgabe des Limiters ist schlicht und einfach die technische Begrenzung des Ausgangssignals, damit es die eingestellte Obergrenze in keinem Fall überschreiten kann. Dies gilt für alle Frequenzen, was allerdings bedingt, dass ein realer Brickwall-Limiter das Signal verzögern muss um ‚in die Zukunft schauen‘ und jede Signalspitze wirklich abfangen zu können. Zu diesem Zweck muss nicht nur die Attackzeit der Regelung selbst unendlich klein sein, sondern auch die Regelschleife mit jeder Spitze ‚gefüttert‘ werden.

Crest

Jede Dynamikeinheit ist in einen Regelkreis und Steuerkreis aufgeteilt. Der Regelkreis ist dabei der Audioweg, in dem das regelnde Element seinen Einfluss auf das eigentliche Signal ausübt. Der Steuerkreis, auch Sidechain genannt, wird genutzt, um das Regelement in seiner Tätigkeit zu steuern. Im einfachsten Fall stellt das Steuersignal eine gleichgerichtete Kopie des Audiosignals dar. Gleichgerichtet deshalb, weil das Regelement sowohl auf die positive, als auch auf die negative

Halbwelle in gleicher Art und Weise reagieren soll. Führt man das Steuersignal unbearbeitet auf das Regelement, so kann es, nur beeinflusst durch Regelzeiten und Ratio, dem Signal folgen und reagiert auf alle Abläufe, die sich auch im Audiosignal wiederfinden. Dies ist nicht immer sinnvoll. So kann es zum Beispiel praktisch sein, das Sidechainsignal zu filtern, damit die Bearbeitung nicht durch bestimmte Spektralbereiche, beispielsweise den Bassbereich, ausgelöst wird. Dazu später mehr. Darüber hinaus ist auch interessant, wie genau der Regelkreis den Signalfeinheiten folgen sollte. Dies wird über den Crest-Faktor bestimmt, welcher nur bei sehr wenigen Kompressoren einstellbar ist. Der Crest-Faktor beschreibt das Verhältnis zwischen dem Effektivwert und dem Spitzenwert eines Signals. Ein geringer Crest-Faktor nähert das Steuersignal seinem RMS-Wert, ein hoher Crest-Faktor nähert es seinem Peak-Wert an. Im Einschwingvorgang unterscheidet sich die Regelung einer längeren Attackzeit nicht wesentlich von der eines geringen Crest-Faktors. Die Unterschiede werden erst deutlich, wenn die Regelung eingeschwungen ist. Angenommen, das Signal liegt 6 dB oberhalb der Threshold und der Detektor reagiert auf die Spitzenpegel, so senkt das Regelement das Signal am Ausgang auf 3 dB (bei Ratio 2:1) ab. Analysiert der Detektor jedoch das integrierte RMS-Signal, so liegt es zum Beispiel für den Detektor nur 3 dB über der Threshold und wird um 1,5 dB abgesenkt. Das Ausgangssignal wird somit mit 4,5 dB ausgegeben. Der Crest-Faktor wirkt sich also wieder auf die reale Ratio aus. Die Regelung nach RMS-Pegel ist gleichzeitig auch steter als die Regelung nach Peak. Dies liegt in der Integration, die einzelne Spitzen ‚verrechnet‘ und das Gesamtregelverhalten so ausgleicht. Da auch das Gehör weniger stark auf Spitzenpegel als auf Durchschnittspegel reagiert (eine Grundlage der Loudness-Messung), verändert sich die Re-

gelung hin zu einer ‚gehörrichtigen‘ Regelung, mit der man zum Beispiel einen besseren Loudnessgewinn erzielen kann, als mit der reinen Peakregelung. **Abbildung 7** zeigt ein Musiksignal, zunächst als unkomprimiertes Original, dann komprimiert mit Peak-Crest, RMS-Crest und schließlich Peak-Crest mit verdoppelter Attackzeit. Alle anderen Parameter blieben unverändert. Es wird deutlich, dass die Rückregelung der Spitzen bei Peak-Crest deutlich stärker erfolgt, als bei RMS-Crest. Die Vergleichswellenform mit verdoppelter Attackzeit verdeutlicht, dass dieser Parameter keinen vergleichbaren Effekt erzeugen kann. Als Limiter ist ein RMS-Detektor somit natürlich überhaupt nicht geeignet. So wird auch klar, warum sich ein Kompressor nicht zu einem realen Limiter umschalten lässt, solange er keine Veränderung am Integrator des Steuerkreis-Detektors erlaubt. Es kann auch hier eben keine Eierlegende-Wollmilchregelung geben.

Sidechain

Wie bereits erwähnt, kann es sinnvoll sein, dem Steuersignal bestimmte Spektralanteile zu entziehen, damit die Regelstufe nicht oder nur geringer auf sie reagiert. Das bedeutet nicht, dass die eigentliche Regelung selektiv auf Frequenzbereiche

einwirkt. Vergleiche mit dem Auto sind immer beliebt und hier kann sogar endlich mal einer sinnvoll genutzt werden. Stellen Sie sich vor, die Straße ist das Nutzsignal und der Autofahrer bestimmt mit seiner Fahrweise das Sidechainsignal. Der Fahrer kann dem Straßenverlauf auf viele Arten folgen, er kann natürlich auch völlig frei lenken, mit den entsprechenden Folgen. In unserer Audiowelt ist das schlimmste Ergebnis zum Glück nicht dramatisch, sondern klingt einfach nur nicht gut. Der einfachste Anwendungsfall ist ein Hochpassfilter im Steuerweg, welches den Bassanteil verringert und die Regelung so zum Beispiel vor Pumpartefakten schützen kann. **Abbildung 8** zeigt genau diesen Anwendungsfall. Es ist auf diesem Weg aber auch möglich, die Regelung auf einen bestimmten Bereich, also zum Beispiel die Pegelspitze einer Snaredrum, zu fokussieren. Im Extremfall kann ein komplett bearbeitetes Sidechain-Signal von außen zugeführt werden. Mit dieser Methode kann beim Mastering stark in das Signal eingegriffen werden. Auch viele De-Esser arbeiten nach diesem Prinzip. Viele Möglichkeiten schaffen jedoch auch viele Fehlerquellen, die von der Hand eines Meisters umschifft werden müssen. Der Schritt zum Chirurgenbesteck des Tonmeisters – dem Multibanddynamikeingriff – ist nun nicht mehr weit, aber um dieses komplexe und spannende Thema soll es in der nächsten Ausgabe noch ausführlicher gehen.

Absolut wasserdicht

Das TRUE 1 Kabel von CORDIAL ist die perfekte Lösung für den Live-Gig unter freiem Himmel. Gewitter? Regen? Bierduschen? Kein Problem für die wasserdichte Kombination aus NEUTRIK powerCON TRUE 1 Steckverbinder und dem extrem belastbaren TITANEX-Gummischlauch. Let it rain, baby – I don't care ...

CORDIAL
we are cable

CFCA_FCB-TRUE 1

Photo: © Anton Brandl



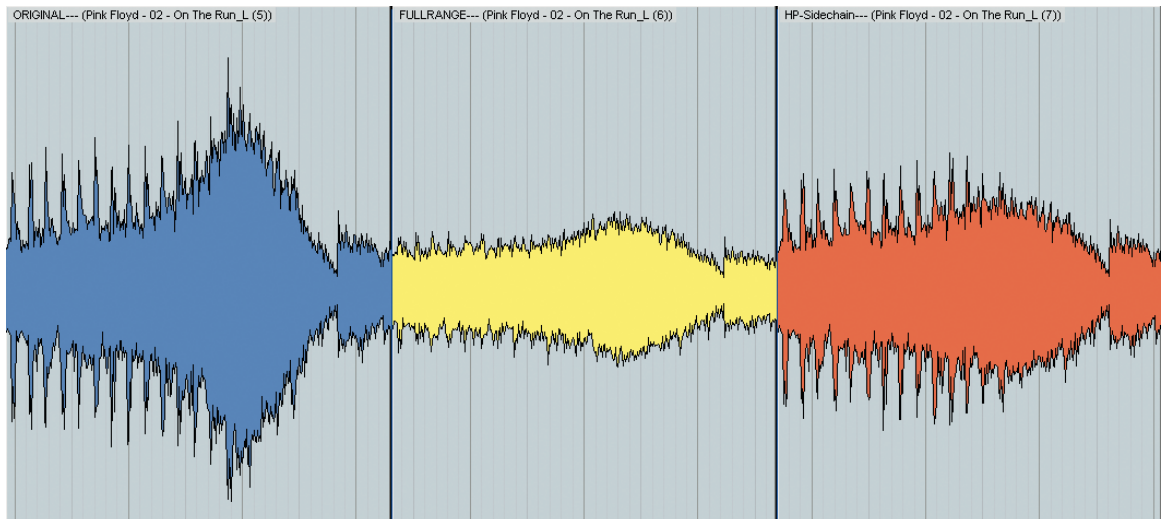


Abbildung 8:
Kompression mit und
ohne Filter im Side-
chain: Blau – Original,
Gelb – ohne Filter im
Sidechain, Rot – Hoch-
passfilter im Sidechain

Virtual Dynamics

Einige unter den Lesern werden sich bestimmt noch an die, heute im Prinzip ausgestorbenen Mischpulte der Mittelklasse, oberhalb der Heimstudioteknik erinnern. Hersteller wie Soundtracs und Amek bedienten damals den Markt mit Pulten, die oft gar nicht so schlecht waren, dafür aber einige Kompromisse eingingen und einen entscheidenden Vorteil hatten: Sie waren bezahlbar. Zu dieser Zeit entstand auch der Begriff der ‚Virtual Dynamics‘, die natürlich weder digital noch wirklich in einem Computer zu finden waren, wie es vielleicht einige jüngere Leser vermuten würden. Sie wurden von einem Computer gesteuert und hatten ganz konkret das Ziel, auch dem Mittelklasseanwender den Komfort an die Hand zu geben, Dynamikeinheiten in jedem Kanal zu nutzen. Doch was hat es nun damit auf sich? Wie bereits besprochen, sind universell nutzbare Analogkompressoren häufig mit VCAs aufgebaut. Automatisierte Mischpulte sind ebenfalls meistens mit einem VCA ausgestattet, der die Pegelregelung übernimmt. Deren Steuerspannung wurde entweder durch den Kanalregler oder den Automationscomputer ausgegeben. Die Idee hinter virtuellen Dynamikstufen war, diesen Kanal-VCA auch für die Dynamikregelung zu verwenden. Dazu musste die gewonnene Steuerspannung der Dynamikstufe mit der mehr oder weniger statischen Spannung der Automation verrechnet werden. Auf diese Art und Weise konnte im Prinzip jedes automatisierte Mischpult mit einem Satz Kompressoren und Gates ausgestattet werden. Dieses Kostenersparnis kaufte man natürlich zu einem Preis. So kann bei diesem System niemals die Reihenfolge der Dynamikeinheit, des Inserts und des Equalizers verändert werden, da die Dynamikstufe immer direkt auf dem Regler saß. Dies machte es zum Beispiel unmöglich, das Gate

vor dem Insert einzusetzen und so etwaige Outboardtechnik mit einem entauschten Signal zu versorgen. Man konnte auch nicht getrennt auf Kompressor und Limiter zugreifen, um gezielt die Loudness zu erhöhen. Zusätzlich entstanden technische Schwierigkeiten bei der Stabilität und Genauigkeit der Automation, die durch die Verrechnung mit der Dynamikhüllkurve entstanden. Der Name ‚Virtual Dynamics‘ entstand aus zwei Gründen. Zunächst natürlich aus der Tatsache heraus, dass sie kein eigenes Reglerelement hatten, sondern nur eine Verrechnung der Automation darstellten. Zweitens kam ein Großteil der Ersparnis aus dem Verzicht auf Schalter und Potentiometer in den Kanälen. Virtual Dynamics wurden auf dem Automationscomputer gestartet, sahen manchmal aus wie Plug-Ins und waren so als virtuelle Steuerung für jeden Kanal vorhanden, ohne zusätzliches Geld zu kosten. Aus dieser virtuellen Ansicht entstand vielleicht auch das Missverständnis, es handle sich um digitale Technik, der zu diesem Zeitpunkt, zumindest in dieser Preisklasse, nicht ganz zu Unrecht Vorbehalte entgegen gebracht wurden.

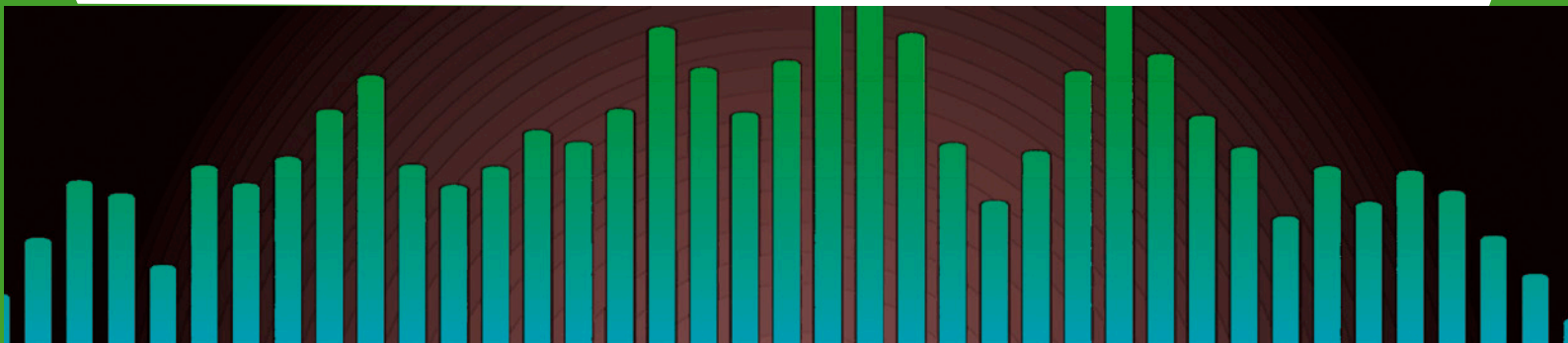
Ausblick

In der nächsten Ausgabe soll es verstärkt um die bisher vernachlässigten Dynamikstufen gehen und wir steigen ein in die Multibandkompression. Wenn Sie diesmal den Eindruck hatten, dass die Ausführungen ein bisschen kleinkariert waren, dann haben Sie meine Botschaft richtig verstanden: Die Parameter, die wir lesen, sind manchmal so komplexen Einflüssen unterworfen, dass ihre nominale Darstellung oft wenig mit der Realität zu tun hat. Warum also überhaupt hinschauen beim einstellen? Vertrauen Sie Ihren Ohren!

Friedemann Kootz
Abbildungen: Friedemann Kootz

KOM- PRESSOR & CO

Hintergrundbetrachtungen zur Dynamikbearbeitung – Teil 2



Mit dieser zweiten Ausgabe der Dynamikbetrachtung verlassen wir die klassische Kompression und schauen, wie versprochen, was die anderen Dynamikwerkzeuge an Möglichkeiten bieten. Das spannende dabei ist, sich einmal genau zu überlegen, wie man diese Werkzeuge durchaus auch kreativ einsetzen kann und was somit über die rein technische Funktionalität hinausgeht. Kompressoren wird ganz automatisch ein kreatives Potential zugeschrieben, wohingegen Gates wohl zu den Geräten mit dem geringsten ‚Spaßfaktor‘ zählen. Für ein einfaches Gate mag dies auch zutreffen, aber all seine Verwandten können ein enormes Potential an Möglichkeiten eröffnen. Verbindet man das mit einem Multibanddesign, scheint plötzlich alles möglich...

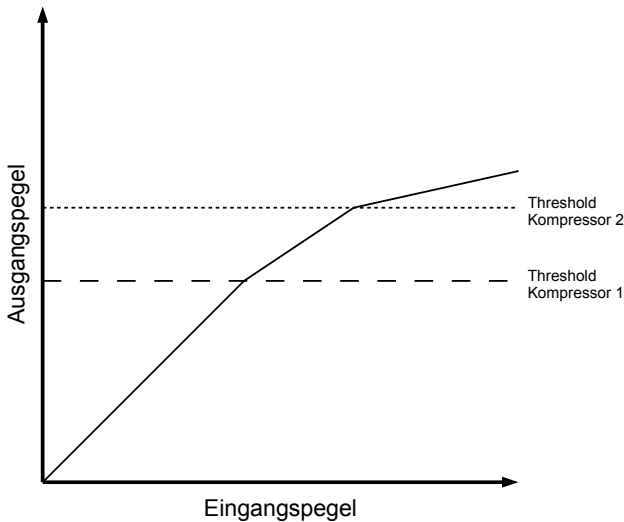


Abbildung 1: Ist mehr als eine Regelstufe beteiligt, ergibt sich ein Kennlinienverlauf mit mehreren ‚Knickpunkten‘

Doch bevor wir das Frequenzspektrum in mehrere Abschnitte zerlegen, seien noch ein paar Blicke auf besondere Eigenschaften von Dynamiktools in Breitbandtechnik gestattet.

Spezialratios & Reduktionsbegrenzung

Im Normalfall arbeiten alle Dynamikstufen mit der in der letzten Ausgabe ausführlich beschriebenen Threshold (Schwelle, Arbeitspunkt), ab der das Signal beeinflusst wird. Die technische Darstellung einer Übertragungsfunktion ist eine Kennlinie zwischen Ein- und Ausgang. Bei dieser Diagrammdarstellung ergibt sich eine diagonale Linie, die je nach Kompressionsratio ab dem Arbeitspunkt abgelenkt wird. Der stärkste Eingriff, die Limitierung, würde mit einer waagerechten Linie dargestellt. Das bedeutet, egal wie groß der Eingangspegel des Gerätes ist, der Ausgangspegel wird immer auf den gleichen Maximalwert geführt. Doch es ist auch möglich die Kennlinie ein zweites Mal in ihrer Richtung zu ändern. Dies kann über einen zweiten Arbeitspunkt geschehen, etwa durch die Serienschaltung zweier Dynamikstufen. Die Folge ist, dass die Dynamikbearbeitung als Ganzes eine Summe der individuellen Kennlinien darstellt. [Abbildung 1](#) zeigt die Serienschaltung zweier Kompressoren mit unterschiedlichen Arbeitspunkten und Kompressionsverhältnissen. Aber es gibt auch Geräte, wenn auch sehr wenige, die von sich auch mehrfach auf den Kennlinienverlauf einwirken können oder eine interne Verkettung mehrerer Arbeitsstufen bieten. Einen Sonderfall stellt der Mpressor von Elysia dar. Hier kann neben klassischen Ratiowerten für Kom-

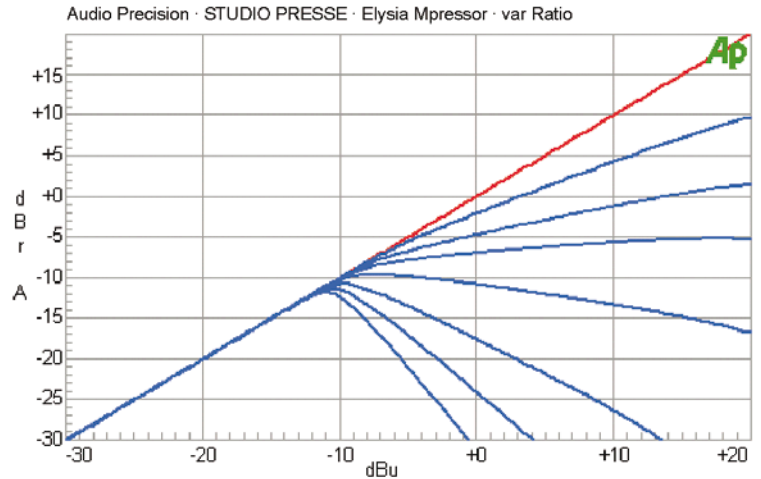


Abbildung 2: Bei negativen Kompressionsverhältnissen kann der Pegel unter den Wert des Arbeitspunktes gedrückt werden. Diese Regelung ist sehr selten

pression und Limitierung auch auf negative Verhältnisse zurückgegriffen werden. Was ein wenig kryptisch klingt, ist in Wirklichkeit relativ einfach zu verstehen. In [Abbildung 2](#) ist dargestellt, wie das Ausgangssignal bei negativen Ratiowerten nach unten abfällt und der Pegel unter den Wert der Threshold absinkt. Der Unterschied zu einem Expander liegt in der Interpretation der Threshold. Normalerweise arbeiten Downward-Expander unterhalb einer Threshold und lassen das Signal darüber unbearbeitet. Die Kennlinie des Mpressors zeigt, dass Signale bearbeitet werden, die die Threshold überschreiten, die Absenkung jedoch in den Bereich unterhalb der Threshold erfolgt. Dies ist sehr ungewöhnlich und liefert extreme Klangbilder. Ein anderes Szenario besonderer Kurvenverläufe wäre das Abknicken der Kennlinie nach oben, also in den Bereich geringerer Bearbeitung oder sogar ohne weitere Beeinflussung. Dies kann durch eine Begrenzung des Dynamikhubes erreicht werden. Als Analogie sei die Hand am Lautstärkereger der Hifi-Anlage genannt. Dreht man die Lautstärke weiter runter, je lauter das Eingangssignal wird, so erzeugt man eine Art Kompression. Setzt man nun an einer Stelle eine mechanische Blockade, so dass man nicht weiter reduzieren kann, obwohl das Eingangssignal lauter wird, hat man sich eine mechanische Kompressionsbegrenzung geschaffen. Diese kann natürlich auch elektrisch in einen Kompressor integriert sein und muss nicht einmal gewollt auftreten. Manche Geräte sind durch ihr Design im maximalen Hub begrenzt. Signale, deren Pegel diesen Hub überschreitet, werden nicht mehr bearbeitet. [Abbildung 3](#) zeigt diese Begrenzung des Regelhubes.

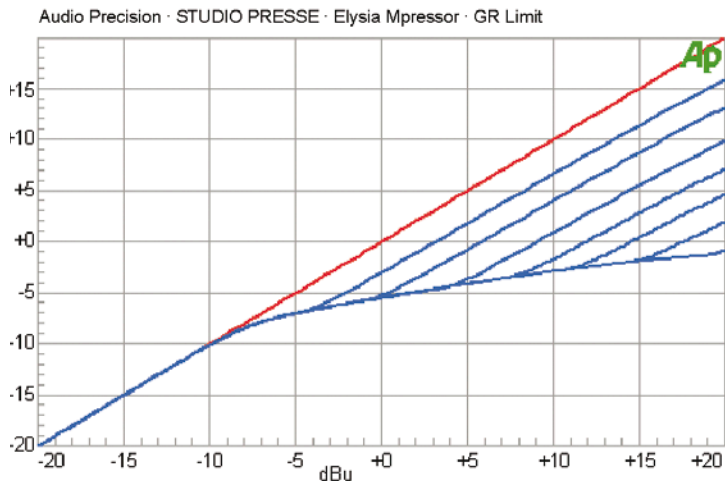


Abbildung 3: Begrenzt man den maximalen Pegelhub, werden Signale mit größerer Amplitude nicht mehr beeinflusst

Feedback & Feedforward

Diesen beiden Schaltungsformen wird zugeschrieben, einen großen Anteil am Klangunterschied zwischen modernen und sogenannten Vintage-Geräten zu verursachen. Der technische Unterschied zwischen den beiden Schaltungsarten liegt darin, an welcher Stelle das Signal für den Detektorkreis entnommen und dem Regelement zugeführt wird. Die naheliegende Variante ist die Abzweigung vor dem Regler (also am Eingang), die sogenannte Vorwärtsregelung. Sie weist allerdings einige technische Schwierigkeiten auf, so dass sie erst in den letzten dreißig Jahren wirklich Verbreitung fand. Insofern ist die Assoziation der Rückwärtsregelung, bei der das Detektorsignal erst hinter dem Regelement gewonnen wird, mit einer Art Vintageklang zeitlich nicht von der Hand zu weisen. In **Abbildung 4** sind die bei-

den Möglichkeiten dargestellt. Es ist ein Irrtum anzunehmen, dass eine Vorwärtsregelung elektrisch schneller reagieren würde, als eine Rückwärtsregelung. Die Geschwindigkeit der Regelung wird bei beiden Schaltungsdesigns einzig von der sogenannten Slew-Rate des Regelements bestimmt. Der entscheidende Unterschied liegt darin, dass das Detektorsignal bei einer Rückwärtsregelung aus dem bereits bearbeiteten Signal gewonnen wird und sich somit anders auf die erneute Regelung auswirkt, als das rohe Eingangssignal ohne Bearbeitung. Auch wenn die konkrete Reaktion der Schaltung sehr komplex ist, so ist es doch einfach zu verstehen, dass das Regelement mit einer anderen Steuerspannung anders reagieren wird. Der klangliche Unter-

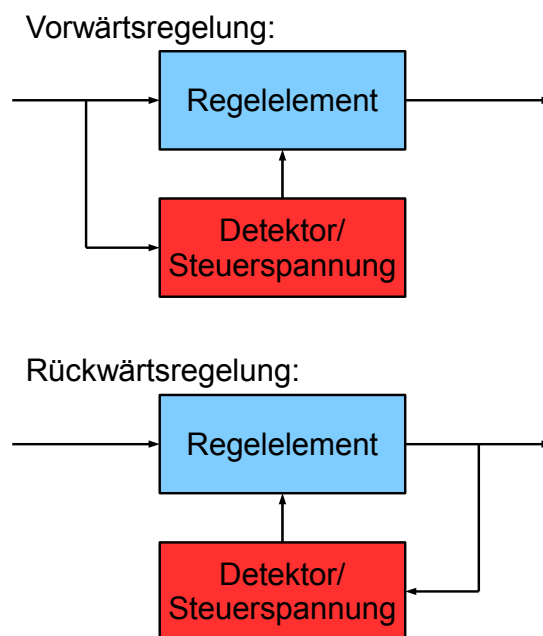


Abbildung 4: Der Unterschied zwischen Vor- und Rückwärtsregelung liegt in der Anordnung des Abgriffs für die Steuerspannung

“After using both Surfer EQ and Auto Align for a couple of weeks now, they have become indispensable... There's absolutely nothing else like it.”
- Frank Filipetti (Barbra Streisand, Vanessa Williams, George Michael)





Abbildung 5: Ein einfaches Gate unterscheidet nicht zwischen Öffnen und Schließen (Attack- und Releasezeiten bewusst nicht einbezogen)

schied liegt also auf der Hand. Ein sehr schneller Vertreter unter den bekannten Kompressoren ist der Urei 1176, der mit einer Rückwärtsregelung arbeitet. Technisch liegt der Vorteil der Rückwärtsregelung darin, dass sich das System selbst stabilisiert und daher einfacher zu realisieren ist. Eine Vorwärtsregelung ist praktisch erst durch VCAs möglich geworden. Diskrete Regelstufen mit Transistoren und Röhren müssen, wie bereits in unserer Serie über Verstärker erläutert, fast immer mit einer Rückkoppelung stabilisiert werden. Regelverstärker bilden davon keine Ausnahme. Diese technischen Überlegungen entfallen bei der Digitaltechnik natürlich vollkommen. Aber auch einige Vertreter der analogen Technik bieten heute die Möglichkeit zwischen beiden Regelarten umzuschalten oder sie zu kombinieren. Der Buskompressor 2500 von API bietet einen Umschalter für die Regelreihenfolge und damit tolle Möglichkeiten zum Vergleichen.

Der Expander

Expander und Gates haben in vielen Fällen ähnliche Aufgaben. Ein Gate ist im simpelsten Fall ein Schalter. Wird die Threshold unterschritten, wird der Signalfluss unterbrochen. Dies ist sinnvoll um Störgeräusche oder Rauschen zu unterdrücken. Der deutlichste Nachteil liegt aber darin, dass diese Komplettabstaltung unnatürlich wirken kann, und auch Hallfahnen und Raumanteile abgeschnitten werden. Um diese Effekte zu reduzieren, kann zunächst die maximale Absenkung begrenzt werden. Dies hat den Vorteil, dass die ungewollten Signalanteile nicht vollständig ausgeschaltet werden, aber noch immer den Nachteil, dass es zu einem abrupten Pegelsprung kommt. Abhilfe schafft ein Expander, genau genommen ein Downward-Expander. Seine Regelung arbeitet wie bei einem Kompressor mit einem Verhältniswert zum Eingangssignal und nicht mit einem festen Pegelversatz. Dadurch werden Signale nahe der Threshold weniger stark abgesenkt, als ohnehin schon deutlich lei-

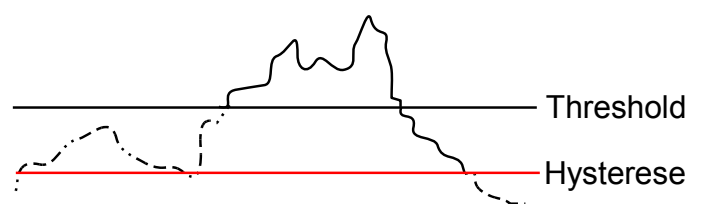


Abbildung 6: Bei einer Hystereseschaltung wird das Schließen des Gates durch eine zweite Threshold bestimmt. Dadurch können zum Beispiel Ausklänge besser übertragen werden

sere Signalanteile; sie werden dynamisch ausgeblendet. Auf diese Weise ergibt sich ein sehr natürlicher Dynamikverlauf, in dem auch Hall- und Raumanteile relativ gut erhalten bleiben, bei gleichzeitiger Erhöhung des Signal-Störabstandes. Die Abwägung zwischen Gate und Expander kann nur im Einzelfall erfolgen. Prinzipiell kann man sagen, dass ein Gate (mit einstellbarem Regelhub) eher für trockene Signale geeignet ist, bei denen es um die Reduktion von Rauschen oder Störgeräuschen geht und ein Expander eher für einen natürlicheren Verlauf der Dynamik sorgen kann, ohne Nutzsignale zu stark zu entfernen. Das kreative Potential von Gates ist vor allem Gitarristen bekannt, die es häufig zum gezielten beeinflussen ihrer Rhythmik nutzen. Oftmals sind Expander zu Gates umschaltbar. Ein umfangreich parametrierbarer Expander kann ein enorm praktisches Werkzeug im Studio sein, vor allem, wenn es eine Hystereseschaltung bietet.

Hysterese

Die Hysteresefunktion in einem Expander wird bei einem Analoggerät vielleicht zu den häufigsten Reparaturfällen gehören, die niemand bemerkt. Sie geht kaputt, weil niemand daran dreht und sie wird nicht repariert, nun ja, weil niemand daran dreht und den krachenden Regler bemerkt. Dabei ist sie enorm nützlich und eigentlich nicht schwer zu verstehen. Sie stellt im Prinzip eine zweite Threshold dar, deren Schaltzustand von der ersten Threshold abhängt. In den meisten Fällen ist sie nicht als Absolutwert, sondern als Abweichung von der ‚Hauptthreshold‘ einstellbar. Betrachten wir ein Gate und schauen, was geschieht. Zunächst setzen wir die Threshold auf -6 dBFS. Signale unterhalb dieses Wertes werden entfernt, Werte darüber bleiben unbearbeitet. Ohne Hysterese sitzt diese Grenze beim Öffnen und Schließen an der gleichen Stelle. Dies ist aber fast nie sinnvoll, weil dadurch zum Beispiel der Ausklang abgeschnitten wird. Stellt man nun den Hystereseregler auf -6, so muss das Si-

gnal erst unter -12 dBFS fallen, damit es bearbeitet wird. Bei steigenden Pegeln bleibt der Thresholdwert unverändert. Die [Abbildungen 5 und 6](#) illustrieren dieses Verhalten. Die Hysterese wird zwar in den meisten Fällen nur in Expandern und Gates verwendet, könnte natürlich auch in jede andere Dynamikstufe integriert werden. Ob dies sinnvoll ist, kann nur der Einzelfall entscheiden. Ein Kompressor mit Hystereseschaltung ist uns zumindest nicht direkt bekannt.

Der ‚andere‘ Expander

Spricht man von Expandern, so meint man eigentlich immer seine Ausführung als ‚Gate-Ersatz‘. Dies ist aber nur die eine Seite der Medaille, denn die Expansion kann genauso gut nach oben erfolgen. Expander bedeutet als Wort zunächst nur, dass etwas erweitert wird. In der Ton-technik geht es dabei um den Dynamikumfang eines Signals. Ob dieser jedoch durch Absenkung leiser Anteile oder durch Anhebung lauterer Signale vergrößert wird, ist durch den Begriff nicht definiert. Aus diesem Grund spricht man von aufwärts und abwärts regelnden Schaltungen, im englischen Upward- und Downward-Expander genannt. Bei einem Upward-Expander werden Signalanteile verstärkt, die die Threshold nach oben überschreiten. Er arbeitet also Gegenteilig zum Kompressor und wird daher auch manchmal ‚Un-compressor‘ genannt. Tatsächlich kann ein extrem sorgfältig eingestellter Upward-Expander die Auswirkungen eines Kompressors auf das Signal deutlich abmildern. Eine fast vollständige Gegenwirkung kann nur in sehr wenigen Einzelfällen und bei sehr kleinen

Kompressionsratios erzielt werden. Ein Limitereingriff kann mit einem Expander nicht mehr kaschiert werden. Upward-Expander werden besonders interessant, wenn man sie als Multiband-Version betrachtet, worauf wir später noch einmal genau zu sprechen kommen. Wer vermutet hat, dass es auch zum Kompressor eine zweite Version oder ein Gegenstück geben muss, hat das System genau verstanden. Auch ein Kompressor kann leise Signalanteile nach oben führen, anstatt laute Anteile zu reduzieren. Ein modernes Beispiel für diese Technik ist der DXP-Modus in einigen TC Geräten. Zusammenfassend kann man sagen, dass Expander und Kompressor die gleiche Funktionsgruppe mit unterschiedlicher Regelrichtung darstellen. [Abbildung 7](#) zeigt die vier

SCHOEPS 
Mikrofone

Schoeps goes Studio



www.schoeps.de/v4video

The V4 on YouTube

SCHOEPS GmbH
www.schoeps.de
mailbox@schoeps.de
facebook.com/SchoepsMics

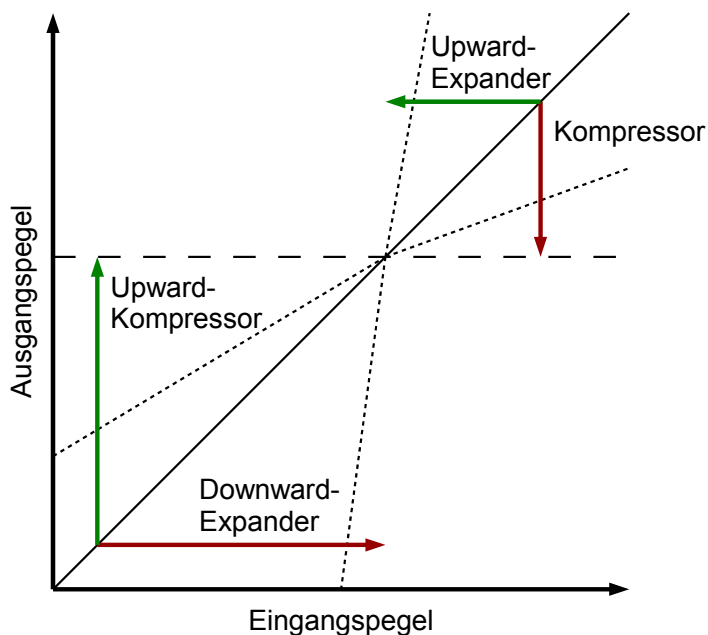


Abbildung 7: Die vier Regelrichtungen des Kompressors und seiner Verwandten

Möglichkeiten in einer schematischen Darstellung. Sie unterscheiden sich durch die Regelrichtung und durch das Verhalten, ob sie beim Über- oder Unterschreiten der Threshold mit der Arbeit beginnen.

Multiband

Möchte ein Mastering-Ingenieur seine Kunden besonders beeindrucken oder ein Hersteller besonders professionell wirken, dann greift er schnell zum Schlagwort der Multibandbearbeitung. Alle Werkzeuge mit der Vorsilbe ‚Multiband‘ scheint die Aura der besonders komplexen Bedienung zu umgeben und wenn man genau hinhört, kann man ein leises „Ich gehöre in die Hand von Profis“ vernehmen. Natürlich nicht. Und machen wir uns nichts vor, man wird nicht dadurch zum Profi, dass man ein Multibandgerät bedienen kann, besitzt oder gar verstanden hat. Für letzteren Punkt kann allerdings gesorgt werden. Ein Gerät, welches breitbandig arbeitet, hat den Nachteil, dass seine Regelprozesse auf alle im Signal enthaltenen Frequenzen gleich reagieren. Dies kann zum Beispiel, wie in der letzten Ausgabe beschrieben, mit einer Filterung in der Sidechain abgemildert werden. Die Regelung selbst wirkt sich aber in jedem Fall auf das Gesamtsignal aus. Möchte man dies nicht, muss man das Eingangssignal in verschiedene Spektralbereiche aufteilen und diese in unabhängige Regelstufen leiten. Die dafür notwendige Filterung ist im einfachsten Fall nichts anderes als eine

Frequenzweiche, wie sie in fast jedem Lautsprecher zu finden ist. Alternativ kann die Aufteilung auch über sogenannte FIR-Filter erfolgen, was den Vorteil der Phasenneutralität unter anderem mit dem Nachteil der großen Durchlaufzeit erkaufte. Die Ausgänge der Bearbeitungsstufen werden wieder zusammen gemischt und ausgegeben. Die vielen Parameter eines Multibandgerätes ergeben sich dadurch, dass die Bedienelemente mit der Anzahl Bänder multipliziert werden müssen und die Funktionen der Frequenzweiche hinzu kommen. Wer die Breitbanddynamikbearbeitung wirklich beherrscht, braucht keine besonders große Abstraktionsleistung um ein Multibandgerät bedienen zu können. Man sollte sich bei der Bedienung ein paar grundlegende Dinge klar machen. Zunächst stellt die Zerlegung eines Signals in mehrere Spektralbereiche immer eine Gefahr für die Phasenlage an den Schnittpunkten der Bänder dar. Wichtig ist, dass dies auch für Geräte zutrifft, die mit phasenstarrten Filtern (FIR) arbeiten. Zwischen den Bändern gibt es immer einen Überlappungsbereich. Durchläuft das Signal nur die Filterstufe und wird anschließend summiert, dann entspricht das Ergebnis zumindest im Amplitudenfrequenzgang dem Eingangssignal. Sobald jedoch unterschiedliche Bearbeitungen (wie es fast immer der Fall ist) in den Bändern genutzt werden, ergeben sich zwangsweise Phasen- und Pegelunterschiede, die bei der anschließenden Summierung Einfluss auf das Gesamtsignal haben. Hinzu kommt, dass alle Nachteile von Filtern (siehe Filterserie ab Ausgabe 08/09) natürlich uneingeschränkt auch hierbei gelten. Es müssen also, wie bei jedem Werkzeug, die Vor- und Nachteile miteinander abgewogen werden. Generell gilt: Unnötige Multibandbearbeitung schadet, nötige bietet Möglichkeiten, die man nicht auf andere Art erreichen kann. Man sollte niemals einen Multibandkompressor ‚aus Prinzip‘ in die Masteringkette einsetzen, wenn man kein Problem benennen kann, welches damit angegangen werden soll. Es ist auch spannend, nicht immer nur mit einem reinen Multibandkompressor zu agieren. Expander können auch oder gerade im Multibandbetrieb sehr kreativ genutzt werden. Jeder von uns kennt das Problem, dass die Hi-hat oft stark in das Snaremikrofon einstreut. Leider sind sehr nah mikrofonierte Snaredrums prinzipiell etwas dumpf, was vor allem für knallige Rock- und Popsounds mit dem Equalizer korrigiert werden muss. Dreht man jedoch Höhen hinzu, wird das Problem der Einstreuungen von der Hi-hat immer größer. Man kommt somit vom Regen in die Traufe. Hier kann ein Multibandexpander (Upward) oder ein dynamischer Equalizer eine enorme Hilfe darstellen. Stellt man das Höhenband so ein, dass die Anhebung nur durch die Snare ausgelöst wird, so bleibt die Hi-hat weitestgehend unbearbeitet und man erhält trotzdem

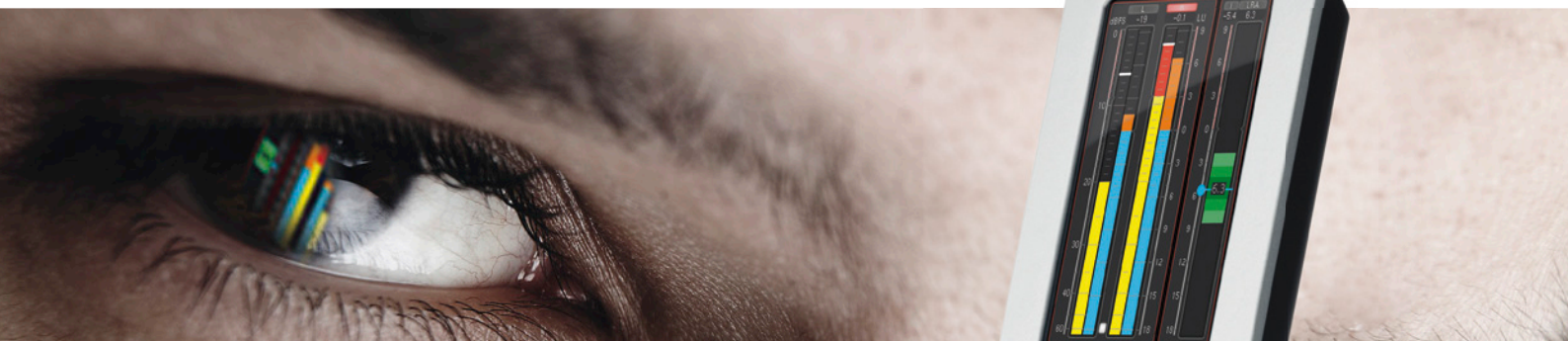
die benötigte Portion mehr Direktheit. Solche Eingriffe erfordern sehr genaues Hinhören um einen natürlichen Übergang zu schaffen. Ein Gegenbeispiel ist die resonante Basssaite, die meist nicht sinnvoll mit einem Multibandgerät (Ausnahme: Mastering) reduziert werden kann. Der Grund liegt darin, dass eine solche Resonanz immer auch viele Obertöne betrifft, die von einem Multibandeingriff jedoch unberührt bleiben. Hier ist es sinnvoller eine Filterung im Sidechainweg eines Breitbandkompressors zu nutzen, damit dieser das Gesamtsignal stärker bearbeitet, wenn die Resonanz auftritt. Es zeigt sich also, dass auch hier nur das richtige Werkzeug wirklich zum Ziel führt. Der Profi zeigt sich durch die richtige Auswahl seines Werkzeuges.

Leveler & AGCs

Neben den schnellen Prozessen, die in die Microdynamik eines Signals eingreifen können und damit direkte Auswirkung auf den eigentlichen Klangcharakter haben, sind in manchen Situationen eher Prozesse gefragt, die eine deutlich langsamere, klangneutrale Ausregelung bieten können. Dies kann zum Beispiel ein Leveler sein, wobei dieser Begriff nicht besonders genau definiert ist und auch oft für lang-

same Kompressoren verwendet wird. Darüber hinaus haben vor allem im Broadcastbereich die sogenannten AGCs (Automatic Gain Control) einen festen Platz. Entgegen der Bedeutung des Begriffs Gain Control, also eigentlich Verstärkungsregler, können diese Geräte den Pegel eines Signals sowohl verstärken, als auch absenken und so auf einen im Durchschnitt zu hohen oder zu niedrigen Pegel reagieren. Das Ziel ist dabei kein Eingriff in die dynamische Struktur des Signals selbst, sondern die Korrektur wechselnder Durchschnittsausgangspegel. Die Geschwindigkeit der Regelung kann dabei auf eine Stunde oder mehr verlangsamt werden. Sie wird vom Hörer faktisch nicht mehr wahrgenommen und unterscheidet sich nicht von einer Regelung mit einem Fader. Besonders aufwändige Prozesse verbinden mehrere Arbeitsstufen, so dass besonders adaptiv auf das Eingangssignal reagiert werden kann. Sie erfassen damit sowohl Schwankungen über längere Zeiträume, als auch kurzzeitige Sprünge. In manchen Anwendungen kann ein solcher AGC die Arbeit eines Menschen bereits ersetzen. Hier besteht allerdings keine Gefahr für die aufwändige Mischung eines Toningenieurs, sondern eher Verbesserungspotential für Aussteuerungen, die sonst von Cuttern oder Redakteuren ohne ausreichende Ton-ausbildung durchgeführt würden. Vor allem durch die rasch

Messen, Abhören, Steuern



Flexible Lösungen für Metering, Monitoring und Controlling.

Loudness, Logging, True Peak, Pegel, RTA, LRA, Surround Sound Analyzer, BLITS, und mehr. Wählen Sie aus RTW's umfangreicher Palette professioneller Audio-Anwendungen Ihre Instrumente aus. Wählen Sie die passende Audio-Schnittstelle Analog, AES3, AES3id oder 3G-SDI. RTWs Audio-Metering und -Monitoring - klar und einfach. www.rtw.de



RTW

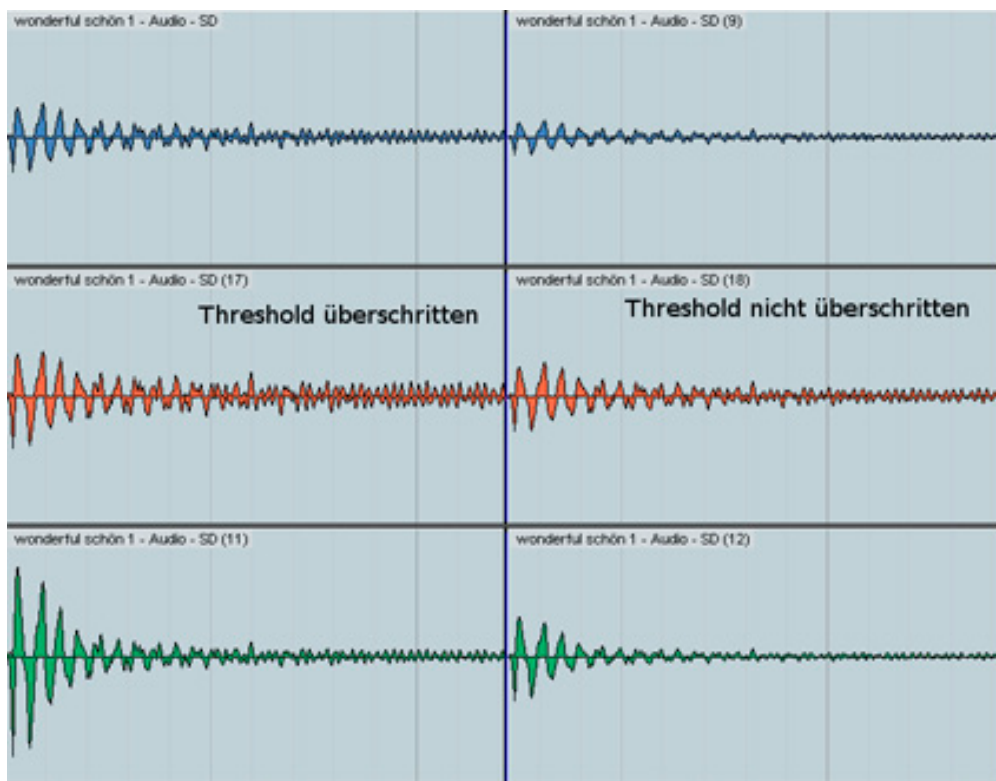


Abbildung 8: Die Fähigkeiten eines Transient Designers (grün) können durch einen Kompressor (rot) nur bedingt nachempfunden werden. Sobald dessen Threshold unterschritten wird, wirkt sich nur noch die Ausgangsverstärkung auf das Signal aus, wohingegen der Transient Designer ohne nachgeführte Threshold auch bei kleinen Pegeln Auswirkungen zeigt. Blau - Original

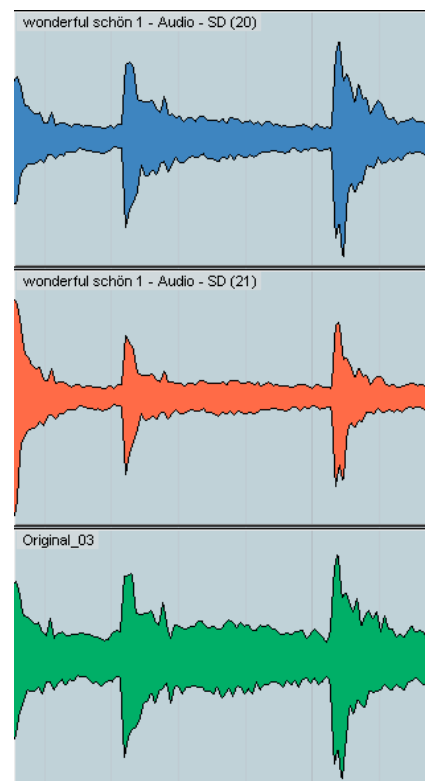


Abbildung 9: Original (blau), reine Kompression (rot) und Parallelkompression (grün) im Vergleich. Die Transientenstruktur bleibt bei deutlich erhöhter Loudness erhalten

voranschreitende Verbreitung der EBU Empfehlung R128, werden AGCs in Zukunft eine noch tragendere Rolle im Fernseh- und Rundfunkbereich spielen. Setzt sich das Konzept durch und wird vom Hörer oder Zuschauer akzeptiert, werden AGCs wohl die bisher verbreiteten ‚Lautmacher‘ am Sendeausgang mittelfristig ersetzen.

Transienteneingriffe

Im Gegensatz zur Faderbewegung oder einer langsamen AGC-Schaltung, greift ein Kompressor in die Microdynamik eines Signals ein. Sein Regeleinsatz wird durch die Threshold bestimmt. Mit geschickten Einstellungen hat man die Möglichkeit bestimmte Signalanteile, wie zum Beispiel Ein- und Ausschwingvorgänge, pegelabhängig zu bearbeiten, zu betonen oder abzuschwächen. Dies ist nicht immer praktisch, wenn man auch häufig zwischen leise und laut wechselnde Signale in ihrer microdynamischen Grundstruktur bearbeiten möchte. Aus diesem Wunsch heraus entstanden verschiedene Ansätze der pegelunabhängigen Regelung, deren bekanntester Vertreter der Transient Designer von SPL ist. Bei dieser Technologie wird versucht, die Signalstruktur selbst und Transienten beziehungsweise Aus-

schwingvorgänge unabhängig vom Pegelbezug zu erkennen. Dadurch kann zum Beispiel der Anschlag von Trommeln betont werden, egal in welchem Dynamikbereich sie gespielt werden. Bei einem klassischen Kompressor müsste man den Arbeitspunkt permanent nachführen um einen ähnlichen Effekt erzielen zu können. In [Abbildung 8](#) wird die Auswirkung eines Transient Designer mit der eines Kompressors verglichen.

Parallelkompression

Manchmal erscheint es etwas seltsam, dass sich einige Techniken bis heute quasi als Geheimtipp halten. Dabei ist ausgerechnet die sogenannte Parallelkompression eine technisch selbst vom größten Laien einfach zu verkaufende Technik, mit der sich besonders musikalische Ergebnisse erzielen lassen. Die Grundsaltung ist recht einfach. Wenn der Kompressor keine Zumischung des unbearbeiteten Signals gestattet, muss das Signal vor dem Kompressor gesplittet und dahinter wieder mit dessen Ausgang gemischt werden. Die einzige wirkliche Regel bei dieser Verschaltung ist, dass auf die exakt gleiche Laufzeit geachtet werden muss. Bei analogen Geräten ist dies fast niemals

ein Problem, da sie keine Durchlaufzeiten aufweisen. Anders sieht das bei Geräten aus, die entweder Zeit zur Bearbeitung benötigen (digital) oder absichtlich mit einer Zeitverzögerung (analoges oder digitales Look-Ahead-Delay) ausgestattet wurden. Hier muss entweder auf Parallelkompression verzichtet oder der Direktweg mit einem gleich langen Delay verzögert werden. Wer mit einer DAW arbeitet, muss darauf achten, dass die Latenzkompensation korrekt eingestellt ist, wenn zwei verschiedene Plug-Ins verwendet werden. Ist die Vorgabe der gleichen Laufzeit erfüllt, können die beiden Signale miteinander in Aktion treten. Die Idee dahinter ist, die gewünschten Effekte einer Kompression zu erzielen, aber die zwangsweise auftretenden Artefakte durch Zumischung des unbearbeiteten Signals abzumildern oder gänzlich zu kompensieren. Ein gutes Beispiel stellt die Loudness-Steigerung durch sehr starke und schnelle Kompression oder gar Limitierung dar. Hier leidet die Transientenstruktur des Signals zwangsweise. Dies kann in gewissem Maße relativiert werden, wenn man das auf Loudness optimierte Signal dem Original nur untermischt, anstatt es vollständig durch den Prozess zu ersetzen. So ist eine deutliche Verdichtung, bei gleichzeitiger

Transientenerhaltung möglich. **Abbildung 9** zeigt den Versuch, die Transienten mit einem Kompressor zu erhalten und dennoch zu einer deutlichen Verdichtung zu führen. Einen Schritt weiter führt die parallele Bearbeitung mit zwei unterschiedlichen Prozessen. Fügt man zum Beispiel einen Transient Designer in den einen Weg und einen stark eingreifenden Kompressor in den anderen, so kann man neben der Loudness auch noch den Druck und die Direktheit erhöhen. Der Kreativität sind hier kaum Grenzen gesetzt und einen Geheimtipp stellt dies auch nicht mehr dar. Ich empfehle diese Technik gerade Anfängern, da es auf diese Weise deutlich einfacher ist, schnell natürliche Ergebnisse zu erzielen. Manche Hersteller bieten eine Dry/Wet-Regelung bereits in ihren Geräten oder Plug-Ins an. Neben der Parallelkompression des gleichen Signals, kann natürlich auch eine leicht vari-

ierte Mischung (zum Beispiel über Aux-Wege) in die Parallelkompression geführt werden. Dies hat den Vorteil, dass bestimmte Signalanteile besonders heraus gearbeitet werden können. Der Nachteil liegt darin, dass sich diese ‚Zweitmischung‘ sehr oft negativ auf die ‚Aufgeräumtheit‘ oder auch die ‚Definition‘ des Ergebnisses auswirkt und daher nur sehr viel leiser untergemischt werden kann. Diesen Schritt sollte man wirklich erst gehen, wenn man bereits Erfahrungen mit der ‚einfachen‘ Parallelkompression gewonnen hat.

Schlussbemerkung

Mit diesem Beitrag soll die Serie zur Dynamikbearbeitung zunächst beendet werden. Kompressoren & Co sind zwar spannende Werkzeuge, aber sie sind auch die, über die wahrscheinlich am häufigsten berichtet wird. Ich werde daher den Verdacht nicht los, dass ich die meisten meiner Leser diesmal mit bekanntem Wissen ein wenig langweile. Demnächst geht es daher wieder auf zu ein wenig mehr ‚Aha!-Effekten‘ und dem einen oder anderen ‚Kopfkrazen‘.



FOR-TUNE Vertrieb für professionelle Studioteknik

TRUE MONITORING

TD350

G TD350

Die Theorie

Hintergrundbetrachtung zu **Mikrofonen** Teil 1

des letzten großen

Friedemann Kootz, Abbildungen: Friedemann Kootz

Abenteuers



Da in unserer Redaktion zur Zeit wieder die Vorbereitungen für eine weitere Folge unserer Mikrofonhörtestreihe ‚Das letzte große Abenteuer‘ laufen, kam die Idee, sich auch mal in der Hintergrundreihe mit diesem Thema auseinanderzusetzen. Und natürlich kann man auch zu diesem Thema ganze Bücher schreiben, was eigentlich erschöpfend geschehen ist. Dennoch gibt es hunderte interessanter Aspekte, deren Hintergrund man im täglichen Betrieb nicht sofort auf dem Schirm hat. Eine kleine Auswahl davon soll in dieser Ausgabe zurück ins Gedächtnis geholt werden.

Dabei soll es sich um eine Mischung praktischer und theoretischer Betrachtungen handeln, die natürlich weit davon entfernt sind, einen Anspruch auf Vollständigkeit zu besitzen. Das Mikrofon ist in unserer digitalisierten Tonwelt das letzte mechanische Wunderwerk, seit sich Bandmaschinen, Plattenspieler oder Hammond-Orgeln weitgehend aus dem Alltag verabschiedet haben. Natürlich hat sich auch die Technologie des Mikrofons weiterentwickelt, auch wenn das oft nicht so gesehen wird. Heutzutage hat jeder Anwender die Möglichkeit für wenig Geld auf qualitativ hochwertige Mikrofone zurückzugreifen. Dies ist erst durch moderne Technologien möglich geworden, die sich in den letzten Jahrzehnten entwickelt haben. Wer einem gewissen Anspruch gerecht werden möchte, kann natürlich auch heute noch die exklusiven Stücke der Manufaktur seiner Wahl erwerben. Aber günstig oder exklusiv: Mikrofone gehorchen physikalischen Regeln und davon kann sich Niemand eine Ausnahme kaufen.

Richtcharakteristik

Die Grundlage aller Richtcharakteristika sind die Kugel und die Acht. Diese entstehen durch die fundamentale Prinzipunterscheidung zwischen einer frei im Raum aufgespannten und einer auf einen geschlossenen Hohlkörper gespannten Membran. Letztere entspricht sozusagen der Frischhaltefolie auf der Salatschüssel. Wird die Membran frei im Raum aufgespannt, so reagiert sie auf Schallwellen, die von einer der beiden Seiten auf die Membran treffen. Dies kommt daher, dass sich ein Druckunterschied zwischen der Vorder- und der Rückseite ergibt. Dieser Unterschied ist die gerichtete Größe des Druckgradienten. Ein großer Druckgradient führt zu einer starken Auslenkung. Kommt der Schall exakt von der Seite, so sind beide Membranseiten von der gleichen Druckänderung betroffen. Dadurch nähert sich der Druckgradient dem Wert Null und es kann nicht zu einer Auslenkung kommen. Das gleiche geschieht mit Schallwellen sehr großer Wellenlänge, die technisch gesehen auf beide Membranseiten wirken und diese somit ebenfalls nicht auslenken. In der Konsequenz zeigt sich, dass Mikrofonkapseln, die auf den Druckgradienten reagieren, nur eine eingeschränkte Tiefenwiedergabe erlauben. Dies betrifft alle mehr oder weniger gerichteten Mikrofone. Betrachtet man diese Richtungsempfindlichkeit auf einem dreidimensionalen Diagramm, so würde eine Darstellung entstehen, die in etwa aussieht, als ob man einen aufgeblasenen Luftballon in der Mitte zusammenschnürt. Bei einer auf eine Salatschüssel gespannten Frischhaltefolie spielt die Einfallrichtung der Druckänderung keine Rolle, der Druckgradient hat also keinen Einfluss auf die Membranauslenkung. Wer schon einmal mit einer PET-Flasche in einem Flugzeug saß, hat das Phänomen schon einmal beobachtet. Bei Start und Landung

Traumwandler



THE ART OF MICROPHONES



brauner.microphones

brauner-microphones.de

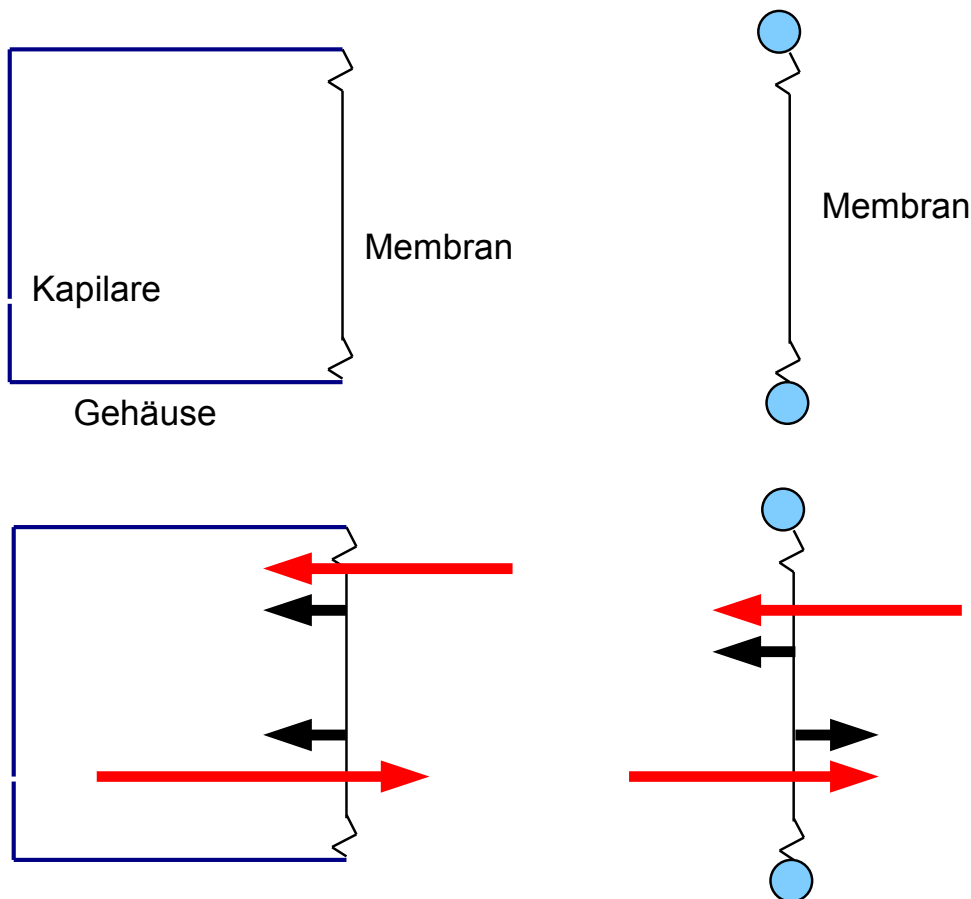


Abbildung 1: Die beiden Bauprinzipien von Mikrofonkapseln: Druckempfänger (links) und Druckgradientenempfänger (rechts)

Abbildung 2: Die roten Pfeile zeigen die Schalleinfallrichtung, mit schwarzen Pfeilen ist die zugehörige Membranauslenkung dargestellt

wird der Druck in der Kabine meist variiert. Schraubt man die Flasche zu, so wird sie bei der nächsten Druckänderung sehr weich oder prall wie ein Fußball. Nun betrachten wir bei Mikrofonen keinen statischen Luftdruck, sondern minimale Druckänderungen, die den Luftdruck überlagern. In diesem Fall gilt zunächst das gleiche Prinzip. Der Hauptunterschied liegt darin, dass die Wellenlänge der Druckänderung, also der Schallwelle, groß genug sein muss, damit sie sich um die Salatschüssel herum beugen kann. Zu hohen Frequenzen hin schattet sich das Mikrofon sozusagen selbst ab. Ist die Bedingung des kleinen Mikrofons (bezogen auf die Wellenlänge) jedoch gegeben, kann man davon ausgehen, dass sich die Membran von allen Schallwellen, egal welcher Einfallrichtung, gleich stark auslenken lässt. Das Mikrofon hat in diesem Fall also keine Richtwirkung. Es reagiert nur auf den Schalldruck und wird daher als Druckempfänger bezeichnet. In einem dreidimensionalen Diagramm ergäbe sich eine Kugelform der Empfindlichkeit. Nach unten, also in den Bassbereich ist der Frequenzgang einer solchen Bauform nicht begrenzt. Aus diesem Grund ist auch eine kleine Bohrung, die sogenannte Kapillare, vorhanden, mit der die Änderungen des statischen Luftdrucks ausgeglichen werden können. Dies verhindert eine ‚Vorauslenkung‘ der Membran durch den Luftdruck. Abbildung 1 zeigt die beiden Bauprinzipien. Nun wäre die Welt der Mikrofone sehr langweilig, wenn die Physik an diesem Punkt schon ausgereizt wäre.

Kombinationen

Da die Auslenkung einer frei schwingenden Membran von beiden Seiten mit unterschiedlichem Vorzeichen geschieht (eine positive Halbwelle führt auf beiden Seite zu einer Auslenkung in die jeweils andere Richtung, Abbildung 2), können bei der elektrischen Kombination einer Achter-Kapsel mit einer Kugelskapsel unterschiedliche Zwischencharakteristika erzeugt werden. Die Kombination beider Kapseln mit gleichem Pegel ergibt die klassische Nierencharakteristik. Hierbei addieren sich die Ausgangsspannungen gleichen Vorzeichens, so dass die Empfindlichkeit um 6 dB ansteigt. Auf der anderen Seite löschen sich die Spannungen mit unterschiedlichen Vorzeichen weitgehend aus, so dass es zu einer sehr geringen Empfindlichkeit für rückseitig einfallenden Schall kommt. Der rückseitige Auslöschungsbereich ist dabei oft kleiner als gemeinhin angenommen. Auch von der Seite ist die Empfindlichkeit nur um 6 dB geringer als von vorn. Durch unterschiedliche Pegelverhältnisse in der Mischung können auch andere Richtcharakteristiken erzeugt werden. Entscheidend für den Klang eines Mikrofons ist der Verlauf der Richtwirkung über den Frequenzgang. Eine schöne Nierenform bleibt zu hohen Frequenzen nicht erhalten und geht zum Beispiel in eine Supernierenform über. Natürlich ist es in der Praxis oft nicht zielführend, zwei Kapseln zu kombinieren, daher bieten sich zwei Alternativen. Erstens kann die notwen-



Analoge Audio Plug Ins der Spitzenklasse für Frontends • Processing • Stereo Mastering



Stellen Sie Ihren Channel Strip, Ihr Bearbeitungs-Kit oder Ihr Stereo Mastering Setup so zusammen wie Sie möchten. ToolMod bietet Ihnen Module für alle Anwendungen in horizontalen und vertikalen Versionen mit + 30 dBu Headroom und 120 dB Dynamikbereich



Alle ToolMod Komponenten lassen sich auf jede Art zusammenstellen, beliebig erweitern und umkonfigurieren - zu Preisen, die auch in das Budget eines kleineren Studios passen. Zum Beispiel:

Die ToolMod Mic-PreAmps



TM101 Mic-Pre mit Eingangübertrager
Der klassische adt-audio Mikrofonverstärker, der Transparenz und Wärme in einziger Art vereint.
Preis: € 395.00 *)

TM102 diskreter Mic-Pre
Der neutrale Mic-Pre mit diskreter Eingangsstufe und schaltbarer Belastung des Mikrofons.
Preis: € 365.00 *)

ToolMod verwendet die gleichen Komponenten, die auch in unseren Produktionsmischpulten eingesetzt werden. Der Verzicht auf eine teure Optik und der Fokus auf die klanglichen und technischen Eigenschaften ermöglichen ein für diese Qualitätsklasse ungewöhnliches Preisniveau.

ToolMod können Sie direkt ab Werk bei uns beziehen:
E-Mail: sales@adt-audio.com
Tel.: +49 2043 51061
www.adt-audio.de
www.adt-audio.com

Die ToolMod Stereo Mastering Geräte



TM222 - der Stereo Mastering Compressor mit zahlreichen Zusatzfunktionen, der mehr als 10 dB Lautheitsgewinn ohne Verlust an Natürlichkeit ermöglicht.
Preis: € 830.00 *)



TM205 der Stereo Mastering Equalizer mit 3 vollparametrischen Bänder für komplexe Bearbeitung von Stereosignalen.
Preis: € 850.00 *)

TM112 der variable Kompressor
für alle Fälle mit Zusatzfunktionen für druckvolle Bässe und extreme Lautheit ohne Pumpen
Preis: € 360.00 *)



TM215 der Stereo Mastering Limiter
Extrem schneller Spitzenbegrenzer für die unhörbare Ausregelung von Peaks.
Preis: € 495.00 *)

TM105 der universelle 5-Band EQ
für seidigen Glanz und transparente Bässe
Preis: € 370.00 *)



TM130 die M/S Matrix
mit Basisbreiten- und Richtungsreglung, kombiniert mit einem elliptischen EQ, für Mastering und Stereo Mikrofone
Preis: € 615.00 *)

ein 1HE-Rahmen mit Netzgerät und Verbindungskabel kosten zusammen €441.00 *)
*) alle Preisangaben verstehen sich zzgl. MwSt. und Versandkosten,



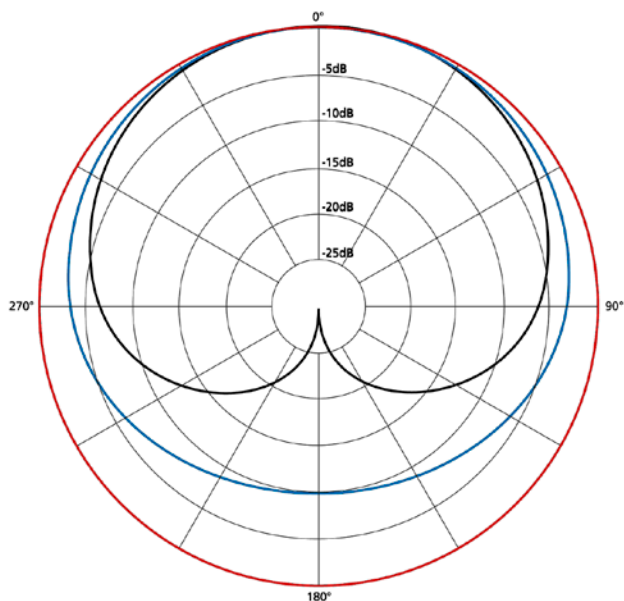


Abbildung 3: Die Polardiagrammdarstellung der Richtungsempfindlichkeit bei 1 kHz: Rot – Kugel; Blau – Breite Niere; Schwarz – Niere

dige Auslöschung durch mechanische Laufzeitglieder provoziert werden. Das bedeutet, dass der Schall durch eine physikalische Verzögerung später auf die Rückseite der Membran trifft und so zum Beispiel eine Niere realisiert werden kann. Zweitens kann eine Doppelmembrankapsel verwendet werden, bei der die vordere und hintere Membran elektrisch kombiniert werden. Dies hat den Vorteil, dass die Gesamtcharakteristik der Kapsel umschaltbar wird. Hierbei gibt es sogar einige Modelle, bei denen beide Seiten separat aus dem Gehäuse geführt werden und die Einstellung der Richtcharakteristik nachträglich erfolgen kann. Prinzipiell sind so alle Richtcharakteristiken zwischen Kugel und Acht realisierbar. Abbildung 3 und 4 (nächste Seite) zeigen die bekanntesten Vertreter zwischen Kugel und Acht. Natürlich haben auch umschaltbare Mikrofone nicht nur Vorteile. Wie oben beschrieben, reagieren Druckgradientenempfänger relativ unempfindlich auf tiefe Frequenzen. Das bedeutet auch, dass ein Mikrofon mit einer ‚elektrischen Kugelcharakteristik‘, die aus der Verschaltung zweier Druckgradientenmembranen entstanden ist, ebenfalls eingeschränkt auf Bässe reagiert und nicht die für Kugeln so charakteristische Tiefbassempfindlichkeit aufweist. Auf diesen Irrtum fallen selbst erfahrene Tonmeister gern herein, die sich dieses Nachteils oft nicht bewusst sind. Zur Fairness sei jedoch eingeschränkt, dass auch schaltbare Mikrofone oft eine elektrische Frequenzgangkompensation besitzen, so dass der Unterschied nicht immer sofort bemerkt werden kann. Dennoch, wer eine besonders gute Tiefbassabnahme erreichen will, muss ein Mikrofon mit einer echten Druckempfängerkapsel verwenden.

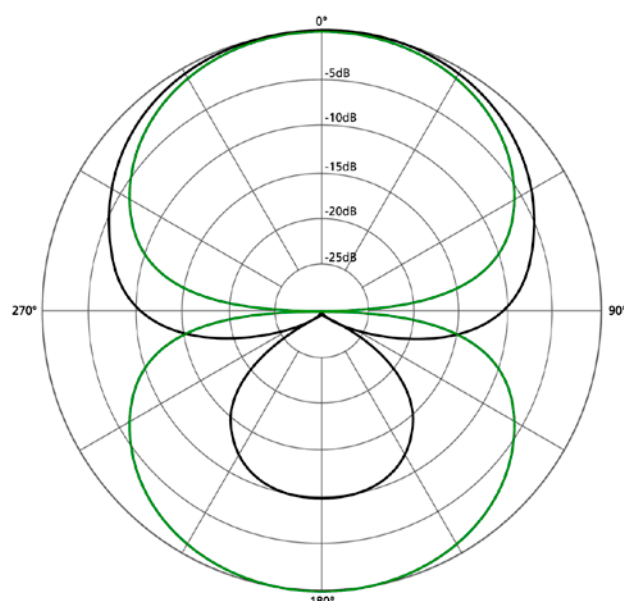


Abbildung 4: Die Polardiagrammdarstellung der Richtungsempfindlichkeit bei 1 kHz: Schwarz – Superniere; Grün – Acht

Straus-Paket und breite Niere

In den Jahren der Entwicklung von stereofonen Aufnahmetechniken standen noch nicht all die verschiedenen Richtcharakteristiken zur Verfügung, die wir heute selbstverständlich nutzen. Kugel, Niere und Acht mussten genügen und auch die stufenlose Umschaltung bei Universalmikrofonen wurde noch nicht verwendet. Der Tonmeister Volker Straus, ein Weggefährte von Erich Thienhaus, kam zu seiner Zeit auf die Idee, sich die gewünschte Charakteristik der breiten Niere selbst zu erstellen. Zu diesem Zweck schaltete er zwei Neumann Kleinmembranmikrofone mit Kugel und Niere elektrisch in Reihe und montierte sie direkt übereinander. Diese Kombination ist als Straus-Paket in die Literatur eingegangen. Sie kombiniert die positiven Eigenschaften der Tieftonwiedergabe eines Druckempfängers, mit einer Richtwirkung des Druckgradientenanteils, um die Räumlichkeit besser kontrollieren zu können. Zu seiner Zeit war dies eine probate Idee, wenn auch die Firma Neumann durchaus davor warnte, dass die elektrischen Kenndaten durch die Reihenschaltung nicht mehr garantiert werden können. Nichtsdestotrotz stieß Straus damit auch die Entwicklung der breiten Niere an, die heute zu den reizvollsten und doch leider sehr wenig verbreiteten Richtcharakteristiken gehört.

Große Membran – tiefer Bass

Jedem, der sich auch nur oberflächlich mit Lautsprechern befasst, ist bewusst, dass für eine gute Basswiedergabe ein großes Vo-

lumen und auch eine große Membran notwendig sind. Es führen kein Weg und auch keine elektrische Frequenzgangkorrektur an der Tatsache vorbei, dass ein kleiner Lautsprecher die unterste Oktave nicht mehr adäquat darstellen kann. Das Mikrofon und der Lautsprecher sind zwei Systeme, die sich in vielen Belangen gleichen und auch zum Teil in ihrer Bauart miteinander vertauscht werden können. Das heißt, dass das Prinzip auch für Mikrofone anwendbar ist.

An dieser Stelle würde mir unser geschätzter Kollege Jörg Wutke wohl an die Gurgel gehen. In der Realität ist die Membrangröße für den Frequenzgang kein entscheidender Faktor. Einzig die Kapselbauart und die damit verbundene Arbeitsweise sind entscheidend. Wie bereits beschrieben, kann ein Druckempfänger, gleich welcher Größe, auf alle Frequenzen bis hinunter nahe Null Hertz reagieren. Ein Druckgradientenempfänger kann dies nicht. Bewegt man ihn aus der Zone des Nahbereichs heraus, wird die Tiefenwiedergabe deutlich schlechter. Einzig der Punkt, an dem dieser Abfall beginnt, kann durch die Membrangröße in engen Grenzen nach unten verschoben werden. Eine große Membran stellt dem Schall ein großes Hindernis in den Weg, um das er sich herum beugen muss. Der Umweg ist also länger und so wirkt der Druckgradient auch noch etwas tiefer, während die Auslenkung bei kleinen Membranen schon sehr eingeschränkt wäre. Dieser Effekt ist aber relativ gering und nicht mit der schnurgeraden Tiefenwiedergabe einer echten Kugel zu vergleichen. Dennoch sitzt dieser Irrtum tief in den Köpfen und die Meinung, für eine besonders gute Tiefenwiedergabe auch ein besonders klobiges Mikrofon mit großer Kapsel zu benötigen, wird von manchen Herstellern zumindest billigend in Kauf genommen. Die psychologische Komponente eines großen Mikrofons soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden.

Lautsprecher als Bassmikrofon

Ist der Zusammenhang zwischen Druckempfänger und Frequenzgang verstanden, stellt sich die Frage, welchen Sinn es wirklich hat, einen Lautsprecher als ‚Mikrofon‘ zu nutzen. Es hat sich vor allem im Bereich der Popmusikproduktion etabliert, einen Lautsprecher vor das Resonanzfell der Bassdrum zu stellen und dessen Signal für die besonders tiefen Frequenzanteile in der Mischung zu verwenden. Dabei ist es egal, ob eine Lautsprecherbox oder ein offenes Chassis verwendet wird. Der Mikrofontheorie folgend, müsste eine geschlossene Box noch besser ge-

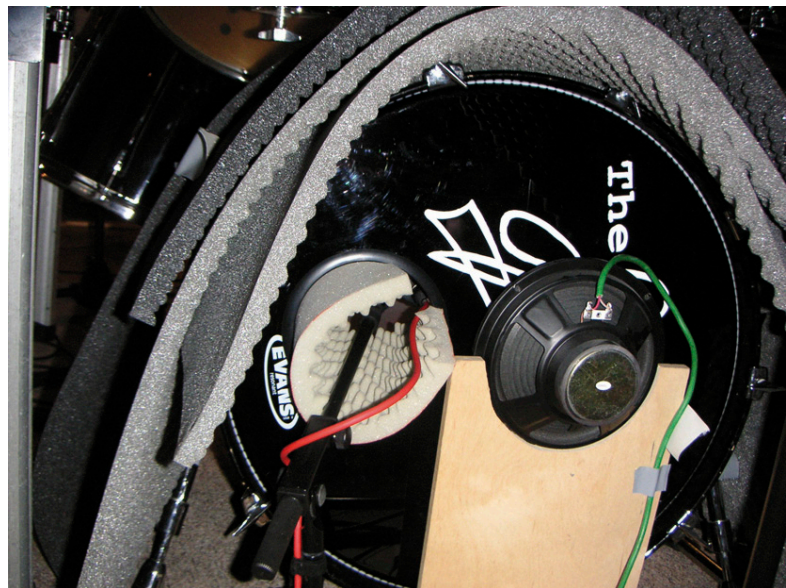


Abbildung 5: Lautsprecherchassis als ‚Tiefenmikrofon‘ in Selbstbauweise

nutzt werden können, da sie eine Art Druckempfänger darstellt. In der Praxis trifft dies nicht zu, da dieses von einem guten Freund gern als ‚Moped‘ bezeichnete Konstrukt kein Mikrofon im eigentlichen Sinne ist. Tatsächlich haben wir es mit einer Art künstlicher Klangerzeugung, einer Synthese, zu tun, deren Frequenzgang nur in einem sehr groben Rahmen mit dem Spektrum der Trommel korreliert. Ich habe durch Zufall festgestellt, dass sich die von meinem eigenen ‚Moped‘ erzeugten Spektren eigentlich bei jeder Produktion stark ähneln. Der weitgehend durch den Luftzug der heftigen Fellbewegung ausgelöste Impuls ist also stark abhängig von den Eigenschaften der Lautsprechermembran und nicht ausschließlich mit der Stimmung der Trommel verknüpft. Es lohnt sich also durchaus, zwei oder drei verschiedene Lautsprecherchassis bereit zu halten und vor der Aufnahme einem kurzen Vergleich zu unterziehen. Die Ko-

GERÄT KAPUTT? Dann brauchen Sie einen Audio-Service!

Reparatur · Wartung · Restaurierung
von Studio- und Musik-Equipment

Audio-Service Ulrich Schierbecker GmbH

Telefon +49 (0)40 85 17 70 - 0 · Fax +49 (0)40 8 51 27 64
mail@audio-service.com · www.audio-service.com

sten eines solchen ‚Synthesizers‘ bewegen sich im Bereich von 6 Euro im Elektrobastelladen um die Ecke und überhaupt keinem Cent, wenn man einfach defekte Boxen ausschachtet. Beim Ausprobieren kann man zum Beispiel Chassis mit unterschiedlich strammer Membranaufhängung variieren, die einen großen Einfluss auf die Resonanzfrequenz und damit den synthetischen Ton des Systems ausübt. Man muss sich nur bewusst machen, dass solch ein ‚Moped‘ in dieser Funktion nicht viel mit einem Mikrofon gemein hat. Etwas anders sieht es aus, wenn man tatsächlich Schallwellen und nicht nur Druckimpulse damit aufzeichnen möchte. In diesem Fall wird eine geschlossene Box ein etwas besseres Ergebnis erbringen. Bereits die Beatles haben Lautsprecher vor einem Bass- oder Gitarrenverstärker verwendet. Jedoch immer unter der Prämisse, die besonders träge Reaktion als Klangfarbe zu verwenden und nicht um eine anders nicht zu realisierende Basswiedergabe zu erreichen. Wer es nicht glaubt, kann den Lautsprecher in das Fernfeld schieben und sich die Basswiedergabe ohne den Druckimpuls und ‚Nahheitseffekt‘ anhören. Viel bleibt da nicht übrig.

Reale Vorteile großer Membranen

Tatsächlich sind die Vorteile einer großen Membran überschaubar und wenn man es historisch betrachtet, wurden diese vor allem deshalb genutzt, da es schlicht technisch noch nicht möglich war, leistungsfähige Kleinmembrankapseln zu bauen, die den Ansprüchen in großen Stückzahlen gerecht werden konnten. Natürlich ist es dennoch müßig, sich auf eine Pro- und Kontradiskussion über Großmembranmikrofone einzulassen. Unbestritten bleibt ihr starker Eigencharakter, den man entweder präferiert oder ablehnt. Objektivität ist für diese Diskussion einfach nicht notwendig genug. Schließlich bleibt die Aussage von Eberhard Sengpiel wahr, dass eine Aufnahme eine künstliche und künstlerische Umsetzung ist, die nicht so stark der Realität entspricht, wie es sich manche wohl wünschen oder einbilden. Dennoch bleibt auch objektiv ein Vorteil großer Membranen bestehen, der eine technische Ursache hat. Die große Membranfläche stellt auch einen größeren Wirkbereich des Kondensators bereit, so dass die Empfindlichkeit (siehe später) größer ist. Da die Verstärker beider Bauarten gleich stark rauschen, ist der Signal-Rausch-Abstand bei großen Kapseln besser. Großmembranmikrofone weisen also weniger Eigenrauschen als ihr Kleinmembranpendant auf. Doch auch bei diesem Punkt muss natürlich relativiert werden, da moderne (oder inzwischen gar nicht mehr so aktuelle) Technologien auch Kleinmembranmikrofone mit geringem Eigenrauschen ermöglichen. Als Beispiel seien hier die Mikrofone der Sennheiser MKH-Serie genannt, die mit einem Hochfrequenzschwingkreis arbeiten und ein sehr geringes Eigenrauschen aufweisen. Letztendlich

sind die Rauschwerte der meisten Mikrofone unkritisch, wenn man sie korrekt positioniert und in ein System mit korrekt abgestimmtem Gain-Staging verwendet. Entscheidend für die korrekte Aussteuerung ist auch, dass man sich die technischen Parameter eines Mikrofons bewusst macht.

Die wichtigsten technischen Daten

Bei Kondensatormikrofonen sind vor allem die Empfindlichkeit und der maximale Schalldruck entscheidend. Erstere definiert sich recht einfach über die Spannung, die ein Mikrofon bei einem 1 kHz Sinuston mit 1 Pascal Schalldruck abgibt. Sie wird in Millivolt pro Pascal (mV/Pa) angegeben. Bei Kondensatormikrofonen liegt er meist im niedrigen zweistelligen (10-30 mV/Pa), bei dynamischen Tauchspulen- und Bändchenmikrofonen im unteren einstelligen (1-5 mV/Pa) Bereich. Genau genommen ist die Bezeichnung ‚Empfindlichkeit‘ nicht ganz korrekt, da hier die Angabe über die Messmethode fehlt. Die Empfindlichkeit eines Mikrofons kann nämlich immer unter Last oder im Leerlauf gemessen werden. In der Praxis sind die Unterschiede gering, dennoch kann man die Werte anhand der korrekten Bezeichnungen Leerlauf- oder Betriebs-Übertragungsfaktor unterscheiden. Sozusagen am anderen Ende der Skala findet sich der Grenzschalldruckpegel, bei dem das Mikrofon die vom Hersteller definierte Verzerrungsgrenze überschreitet. Leider gibt es für diesen Wert keine festen Vorgaben, so dass er bei verschiedenen Herstellern manchmal auf unterschiedliche Verzerrungsangaben bezogen wird. Viele etablierte Mikrofonhersteller nutzen den einheitlichen Wert von 0,5 % Klirrfaktor und erlauben dadurch eine Vergleichbarkeit. Es gibt aber auch ‚Ausreißer‘, die ihren Grenzwert erst bei 1, 3 oder gar 5 % definieren. Hier ist also Vorsicht geboten. Eine besondere Schwierigkeit besteht für dynamische Mikrofone, da hier meistens keine Messwerte für die Verzerrungsgrenze angegeben werden. Nicht etwa, weil der Hersteller etwas verheimlichen möchte, sondern weil die meisten dynamischen Wandler extrem hohe Schalldruckpegel vertragen, so dass eine Messung erstens schwierig wird und zweitens nur noch geringe Relevanz besitzt. Wer benötigt schon oft Mikrofone, die 150 dB Schalldruckpegel vertragen und dabei unter 0,5 % Klirrfaktor aufweisen? Doch was kann man mit diesen beiden Werten nun in der Praxis tatsächlich anfangen? An dieser Stelle kommt wieder der, man möge mir die Lobhudelei verzeihen, große Eberhard Sengpiel ins Spiel, denn auf seiner Website findet sich eine (von unüberschaubar vielen) erstaunlich praktische Tabelle. Sie hilft dabei, die Ausgangsspannung eines Mikrofons bei einem gegebenen Schalldruckpegel zu bestimmen. Dadurch ist es von vornherein möglich, die in etwa benötigte Verstärkung und auch die passende Pegelanpassung am Wandler einzustellen. Ist die Quelle gut bekannt, kann man

Table 1. Microphone Maximum Output Level (dBu)

Sensitivity		Maximum Sound Pressure Level (Max SPL) @ 1 kHz															
mV/Pa	dBu	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150
2	-52	-26	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4
4	-46	-20	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
6	-42	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14
8	-40	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16
10	-38	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
12	-36	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
14	-35	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
16	-34	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
18	-33	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
20	-32	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
22	-31	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
24	-30	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
26	-29	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
28	-29	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
30	-28	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
32	-28	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
34	-27	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
36	-27	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
38	-26	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
40	-26	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
42	-25	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
44	-25	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
46	-25	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
48	-24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
50	-24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32

Abbildung 6: Sind die Empfindlichkeit und der Grenzschalldruckpegel bekannt, kann der maximale Ausgangspegel aus der Tabelle entnommen werden

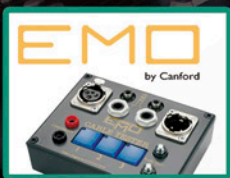
mit etwas Erfahrung also sehr entspannt auf die kommenden Pegel warten und muss nicht voller Angst auf die Aussteuerungsanzeige starren. Vor allem aber kann man die Mikrofonauswahl optimieren und das bestmögliche Signal aus jedem Mikrofon holen, ohne zu viel Rauschen in Kauf nehmen zu müssen. Abbildung 6 zeigt die Tabelle.

Laufzeiten

Neben zu hohen Pegeln, Verzerrungen und Rauschen gehören die Laufzeiten zu den Phänomenen, die von vielen Kolle-

gen gefürchtet werden oder zumindest für ein unwohles Gefühl sorgen. Dabei geht es hier konkret nicht um den Phasenfrequenzgang und die Gruppenlaufzeiten (ein Thema für eine andere Folge), sondern um die Laufzeiten zwischen verschiedenen Mikrofonen. Ich habe bereits an einer anderen Stelle einmal über die Probleme gesprochen, die sich durch solche Laufzeiten ergeben. Es gibt hier konkret zwei Situationen, mit denen in der täglichen Praxis permanent umgegangen werden muss. In erster Linie sind dies die Laufzeiten, die zwischen zwei Mikrofonen auftreten, die die gleiche Quelle aufnehmen sollen. Klassische Beispiele für diese Anwendung sind

FOR-TUNE Vertrieb für professionelle Studiotechnik • Kruppenackerstr. 218 • D-73733 Esslingen/Neckar



Recording | Mixing | Mastering



Abbildung 7: Werden mehrere Mikrofone für eine Quelle genutzt, kommt es zu Laufzeitdifferenzen

etwa oberes und unteres Snare-Mikrofon, inneres und äußeres Bassdrum-Mikrofon oder Stützmikrofone zu einer Hauptmikrofonanordnung. In letzterem Fall sind die Laufzeitunterschiede besonders groß, da oftmals Entfernungen von 10 Metern und mehr auftreten können. Nun kann man vortrefflich darüber streiten, ob solche Laufzeiten ausgeglichen werden sollten oder nicht. Die Argumente sind dabei klar: Mit modernen DAWs und digitalen Mischpulten ist es möglich, die Laufzeitunterschiede zwischen zwei Mikrofonen bis auf das Sample genau auszugleichen und so Phasenproblemen aus dem Weg zu gehen. Die andere Seite argumentiert ebenfalls legitim: Diese Möglichkeit bestand bis vor wenigen Jahren nicht und dennoch sind Millionen Produktionen entstanden, die auch ohne eine Laufzeitkorrektur sensationell klingen. Beide Seiten haben dabei völlig Recht. Und doch liegt die Wahrheit wie immer irgendwo dazwischen und führt uns letztendlich wieder an den alten Punkt: Diese klangästhetische Entscheidung muss vom verantwortlichen Tonmeister getroffen werden. Das Ziel rechtfertigt die Mittel. Dennoch darf beim Einsatz von Laufzeitkorrekturmaßnahmen der zweite wichtige Punkt nicht unterschätzt werden. Das Verschieben einer Spur verändert in den meisten Fällen auch das Übersprechen anderer Signalquellen und die Phasenlage zu deren Hauptspur. Konkret bedeutet dies, dass beim Verschieben einer Spur auf der Zeitachse immer auch dessen Wechselwirkung mit anderen Spuren beachtet werden muss. Manchmal führt dies zu so unglücklichen Phasenzusammenhängen, dass das Signal ohne Korrektur einen insgesamt besseren Eindruck im Mix hinterlässt. Natürlich kann diese Überlegung bei reinen Mehrspur-

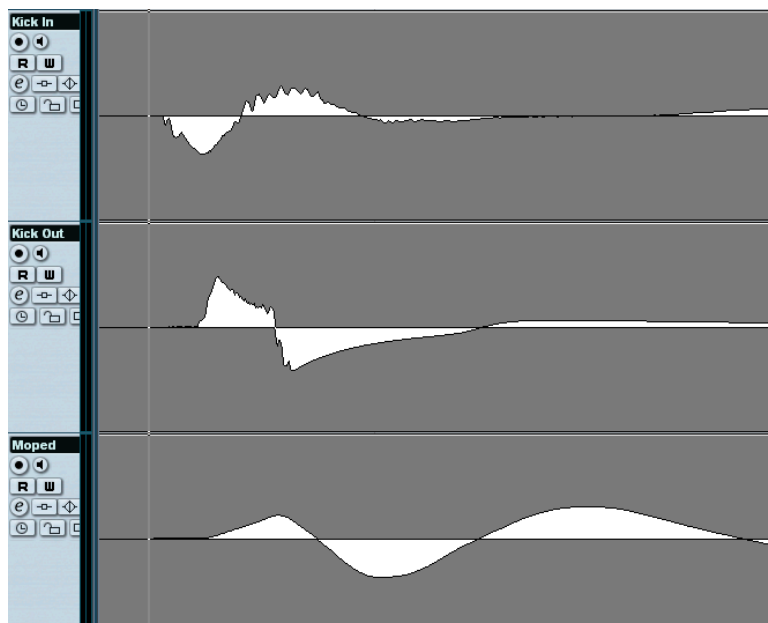


Abbildung 8: Laufzeitdifferenzen können in einer DAW samplegenau korrigiert werden. In diesem Beispiel müsste für den Kanal ‚Kick In‘ noch die Polarität getauscht werden

aufnahmen mit isolierten Signalen weitgehend unbeachtet bleiben. Doch auch hier entsteht ein Fallstrick. Ein unglückliches Phasenverhältnis zweier Mikrofone führt zu hörbaren Kammfiltereffekten. Diese werden umso deutlich wahrgenommen, je größer der Geräuschanteil im Signal ist. Hier ergibt sich also ein besonders großes Fehlerpotential für die Snaredrum-Abnahme, die durch ihren Teppich einen besonders prägnanten Geräuschanteil besitzt. Bei der Arbeit mit Mehrspuraufnahmen von Schlagzeugsignalen ist also besondere Vorsicht geboten. In Zukunft wird es hierfür vielleicht eine technische Lösung geben. Auf der letzten Tonmeistertagung wurde eine Technologie vorgestellt, die es ermöglicht, Signale unabhängig von ihrer Phasenbeziehung zu summieren und dadurch Kammfiltereffekten vollständig aus dem Weg zu gehen. Leider ist uns bisher noch keine praktische Implementierung bekannt.

Fazit

Auch das alltäglichste unserer Werkzeuge steckt voller Eigenschaften, die man bei der praktischen Arbeit manchmal vergisst. Ruft man sich die eine oder andere davon wieder ins Gedächtnis, kann man manchmal zu neuen Herangehensweisen animiert werden, auf die man vorher nicht gekommen ist. Auch in der nächsten Folge soll es daher noch einmal um die ‚praktischen Theorien‘ hinter Mikrofonen gehen. Sollten Sie besondere Fragen oder Anregungen haben, schreiben Sie mir einfach eine E-Mail unter friedemann@studio-magazin.de und haben Sie bitte viel Spaß mit dem (hoffentlich nicht wirklich) letzten großen Abenteuer der Tontechnik!


Die Theorie

Hintergrundbetrachtung zu **Mikrofonen** Teil 2

des letzten großen

Friedemann Kootz, Abbildungen: Friedemann Kootz

Abenteurers

A photograph showing a person from the side, focused on adjusting a mixing console in a recording studio. The person's hand is on a fader, and the console's buttons and sliders are illuminated with a warm, reddish light. In the background, a window lets in bright light, and some studio equipment is visible.

Willkommen zurück zur kleinen Mikrofonserie, die in dieser Ausgabe ‚das letzte große Abenteuer‘ ergänzen soll. Einige theoretische Überlegungen sollen auch dieses Mal dazu anregen, mit Mikrofonen die eingetretenen Wege zu verlassen und auch bei einem Routinier nochmals den Spieltrieb wecken. Bei vielen Studioproduktionen ist es üblich, einzelne Monomikrofone vor die Instrumente zu stellen und das stereophone Klangbild erst auf dem Mischpult entstehen zu lassen. In der klassischen Musik und auch im Jazz haben sich dagegen eher Methoden etabliert, die Klangquelle beziehungsweise den gesamten Klangkörper direkt mit stereophonen Aufnahmetechniken aufzuzeichnen und nur zu stützen, wenn es von Einzelinstrumenten benötigt wird. Dass es auch noch weitere Alternativen gibt, hat nicht zuletzt Bruce Swedien bewiesen, der bei sehr vielen Produktionen auf Stereomikrofonierung von Einzelinstrumenten zurückgreift. Übrigens findet sich ein langer Beitrag über Bruce Swedien und seine Arbeitsweise in unserem gerade neu erschienenen, kostenlosen Studio eMagazin, auf unserer Website. Dabei ist es gar nicht schwer, sich neue Inspirationen bei der Mikrofonierung (und auch bei allen anderen Arbeitsaufgaben) zu suchen, muss man doch als erstes nur einmal schauen, wie es in anderen Genres als dem eigenen gemacht wird.

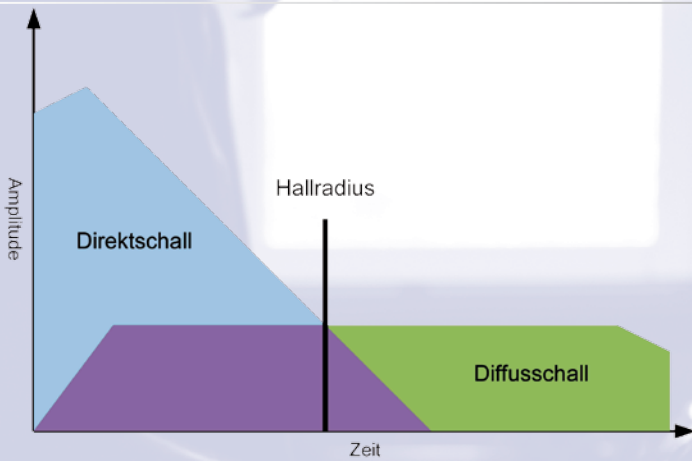


Abbildung 5: Bei gleichem Pegel von Direktschall und Diffusschall spricht man vom Hallradius. Er ist abhängig vom Raum, nicht von der Schallquelle

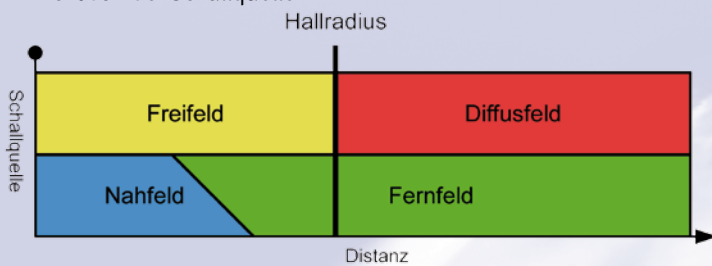


Abbildung 6: Die schräge Kante zwischen Nah- und Fernfeld illustriert die Frequenzabhängigkeit der Grenze

Schallfelder

In der Akustik spricht man von verschiedenen Schallfeldern. Die wichtigsten in der Praxis erwähnten Feldbegriffe der Akustik sind

Freifeld (auch Direktfeld)	Nahfeld
Diffusfeld	Fernfeld

Obwohl die Begriffe akustisch nicht analog betrachtet werden können, ähneln sich doch Freifeld/Direktfeld und Nahfeld, sowie Diffusfeld und Fernfeld in ihrer Bedeutung. Betrachtet man den Raum, so ist das Freifeld der Bereich, in dem das Direktsignal einer Quelle den entscheidenden Einfluss besitzt. Je stärker man sich der Quelle nähert, desto reeller wird diese Bedingung. Sehr nah an der Schallquelle kann fast ausschließlich Direktschall nachgewiesen werden. Dies entspricht den Bedingungen im Freien, wo keine Reflexionen auftreten (zumindest in der Theorie, denn der Boden wird immer Reflexionen verursachen, die in das Schallfeld einwirken), worin auch der Name Freifeld begründet liegt. Im Diffusfeld gibt es keinen Direktschall, sondern nur eine komplexe Mischung an Reflexionen, die diffus auftreten und keine Richtungsordnung gestatten. Na-

Das Hauptmikrofon

Abseits der Aufnahme klassischer oder akustischer Musikstile ist es ein wenig aus der Mode gekommen, sich eines Hauptmikrofons zu bedienen. Vielmehr wird die Kontrolle über die einzelnen Spuren zur Nachbearbeitung heute enorm hoch eingeschätzt, da so die zur Verfügung stehenden Werkzeuge in einer Audioworkstation besser zur Geltung kommen können. Andererseits ist das ‚Ausproduzieren‘ nicht immer das gewünschte Ziel und so beraubt man sich der Möglichkeit, die natürliche Balance in einem Raum zu nutzen und eine sehr große Tiefenstaffelung zu erzeugen. Selbst bei manchen Orchesteraufnahmen wird heute auf eine vollständige Einzelmikrofonierung zurückgegriffen, um die maximale Kontrolle über den Klang zu erhalten. Unsere Ohren sind vielfach schon an diesen Sound gewöhnt, da er dank Samplelibrary jederzeit zur Verfügung steht. Die dabei vernachlässigte Überlegung ist jedoch die, die vor Jahren bereits beim Schlagzeug nahezu verschwand: ein Orchester ist, genau wie ein Schlagzeug, mehr als nur die Summe seiner Einzelinstrumente. Es bildet

einen gesamten Klangkörper und kann sozusagen als eigenständiges Gesamtinstrument betrachtet werden. Auf der Tonmeistertagung im Jahr 2008 gab es einen hochinteressanten Vortrag von Professor Jürgen Meyer, der sich mit der Abstrahlcharakteristik des Orchesters als Gesamtklangkörper beschäftigte. Und tatsächlich ist es eine spannende Überlegung, wie sich die Raumanregung und die Schallausbreitung, bei verschiedenen Besetzungen, Spielarten, Tempi und Tonarten verändert. Hier gibt es keine abschließenden Untersuchungen, aber was in unserer Kunst ist schon abschließend behandelt worden? Einen besonderen Einfluss hat natürlich der Raum, aber eben auch die Aufstellung der Mikrofone und die Bereitschaft des Tonmeisters, den Raum als Klangkörper zu betrachten und seine Eigenschaften abseits der reinen Hallerzeugung mit einzubeziehen.

Hallradius

Hat man sich entschieden, einmal nicht auf die Mononahmikrofonierung zurückzugreifen, sondern mit einer Stereokombination zu arbeiten, muss man mit den Mikrofonen weiter zurück, als man dies sonst gewöhnt ist. Es ist wichtig, die passende Entfernung für die Aufstellung abzuschätzen, damit man nicht ewig herum-

$$r_H \approx 0,057 * \sqrt{\frac{V}{RT_{60}}}$$

Abbildung 1: Näherungsformel zum Herleiten des Hallradius bei gegebenem Raumvolumen (V in m³) und Nachhallzeit (RT₆₀ in s)

türlich gibt es zwischen diesen beiden Feldbereichen einen sehr großen Überschneidungsbereich. In den meisten Fällen gibt es überhaupt keinen Ort im Raum, an dem ausschließlich Direkt- oder Diffusschall auftritt. Es handelt sich immer um eine Kombination beider Feldformen. Die Trennung zwischen beiden Feldern erfolgt durch den Hallradius, an dem die Pegel beider Schallfelder exakt gleich sind. Es gilt daher:

Freifeld: Direktschall > Diffusschall

Diffusfeld: Direktschall < Diffusschall

Hallradius: Direktschall = Diffusschall

Abbildung 5 illustriert die beiden Schallfeldbereiche und ihre Trennung durch den Hallradius. In der Praxis stellen die beiden Schallfelder wichtige Bedingungen dar. So muss im Freifeld darauf geachtet werden, dass sich keine akustisch ungünstigen Summierungen gleicher Signale mit unterschiedlicher Laufzeit ergeben (Interferenzen, Kammfilter). Im reinen Diffusfeld treten solche Probleme nicht auf. Weiterhin ist das Freifeld natürlich entscheidend dafür verantwortlich, dass das aufgezeichnete Signal Direktheit und Nähe aufweist und nicht im Abhall des Raumes untergeht und diffus wird.

Die Begriffe Nahfeld und Fernfeld werden zwar sehr oft synonym für das Freifeld und das Diffusfeld verwendet, dies ist jedoch streng genommen nicht korrekt. Genau genommen sind das Nahfeld und das Fernfeld Unterteilungen des Freifeldes und betrachten den Raumeinfluss überhaupt nicht. Das heißt, dass das Nahfeld in der Akustik in einem realen Raum klein wäre und das Fernfeld bereits im Freifeld beginnen und sich in das Diffusfeld hinein ausbreiten würde. Mathematisch definiert ist die Grenze zwischen Nahfeld und Fernfeld frequenzabhängig, was sie in der Praxis noch weniger nutzbar macht. Die Abbildung 6 zeigt den Vergleich der beiden Schallfelddefinitionen und erleichtert das Verständnis. Entscheidend ist hier, dass die akustische Definition von Nahfeld und Fernfeld eigentlich für die Aufnahmetechnik keine Rolle spielt, da bei jeglicher Betrachtung immer der Raumeinfluss mit einbezogen werden muss. Im praktischen Sprachgebrauch meint der Begriff Nahfeld oft den Bereich um die Schallquelle, in dem der Nahbesprechungseffekt auftritt. Bei Lautsprechern meint man einen Bereich, in dem der Raumeinfluss möglichst gering ist. Richtig ist, dass Nahfeld und Freifeld/Direktfeld einen Bereich nah an der Schallquelle und Fernfeld und Diffusfeld einen entfernteren Bereich beschreiben. Wer sich jedoch unmissverständlich ausdrücken möchte, spricht in der Praxis vom Frei- und Diffusfeld.



LIAM – so klingt High-End-Sound

Die neuartige PreAMP-EQ-Kombination aus dem Hause TOMO Audiolabs.
Für Premiumklang mit Premiumausstattung.

LIAM bietet mithilfe zweier dynamischer Filter außergewöhnliche Bearbeitungsmöglichkeiten. Sein PreAMP überzeugt durch 80 dB Verstärkung, vielseitige Einsetzbarkeit beim Recording, Mixing und Mastering und nicht zuletzt durch individuelle Klangfarben mit Vintage-Charakter.

Nähere Infos unter www.tomo-audiolabs.com

TOMO
AUDIOLABS

$$r_H \approx 0,057 * \sqrt{\frac{V}{RT_{60}} * \gamma Q * \gamma M}$$

Abbildung 2: Die Näherungsformel kann um das Bündelungsmaß der Schallquelle (Q) und des Mikrofons (M) erweitert werden

probieren muss. Dabei gibt es natürlich einige Faktoren, die dabei helfen, den sinnvollen Aufstellungsbereich einzugrenzen. Einer davon ist der Hallradius, welcher zumindest näherungsweise mit kleinem Aufwand bestimmt werden kann. Der Hallradius beschreibt den Punkt im Raum, an dem der Direktschall der Quelle und der Diffusschall den gleichen Pegel aufweisen. Sein effektiver (wirksamer) Wert gilt für die Annahme, dass sowohl Empfänger (Mikrofon) als auch Schallquelle mit Kugelcharakteristik arbeiten. Da alle Instrumente richtend abstrahlen, kann man von einer Gültigkeit des Hallradius nur in der Hauptabstrahlrichtung ausgehen. Verlässt man diese Abstrahlrichtung, rückt der Hallradius näher an die Schallquelle heran. Solche Verschiebungen können auch frequenzabhängig auftreten. Zum Berechnen benötigt man in der Praxis nur das Raumvolumen und die Nachhallzeit RT60. Abbildung 1 zeigt die entsprechende Näherungsformel, die für die Praxis meist ausreichend genau ist. Eine Schwierigkeit stellt dabei natürlich die Veränderung der akustischen Eigenschaften (vor allem der Nachhallzeit) dar, sobald das schallschluckende Material, Pardon, das Publikum hereingelassen wird. Da jedoch niemand die Mikrofone noch einmal verrückt, wenn das Publikum den Saal betritt, sollte man sich hier mit künstlichem Hall oder wenn es möglich ist, vielleicht mit einer Impulsantwort des Raumes helfen. Reichardt und Schmidt haben zudem das sogenannte Hallmaß (früher Hallabstand) bestimmt, welches den Pegelunterschied zwischen Direktschall und Diffusschall bestimmt. Der Hallradius hat also immer das Hallmaß 0 dB. Betrachtet man einen fiktiven Raum mit 8.400 Kubikmeter Volumen und 1,8 Sekunden Nachhallzeit, welche mit Publikum frequenzunabhängig auf 1,5 Sekunden absinkt, so ergibt sich eine Vergrößerung des Hallradius von rund 3,9 Metern auf 4,27. Das bedeutet, dass das Verhältnis zwischen Direktschall und Diffusschall am Mikrofonort um rund 0,8 dB zugunsten des Direktschalls verschoben wird. Der wahrgenommene Unterschied wäre also durch eine Korrektur der Mikrofonposition ohnehin nicht signifikant verbessert. Interessant ist die Überlegung, wie man den Hallradius für ein Hauptmikrofon bestimmt. Natürlich hat die Formel hier

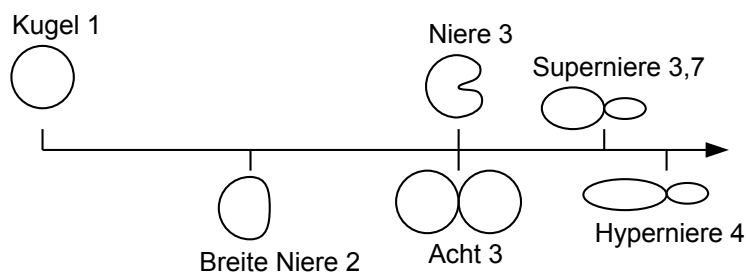


Abbildung 3: Der Bündelungsgrad verschiedener Richtcharakteristiken

ebenso ihre Gültigkeit, aber es stellt sich die Frage, was denn eigentlich die Schallquelle darstellt. Professor Jürgen Meyer hat auf der Tonmeistertagung 2008 jenen bereits erwähnten Vortrag gehalten, in dem er die frequenzabhängige Abstrahlcharakteristik der gesamten Streichergruppe eines Orchesters betrachtete. Der Klangkörper als Ganzes bestimmt die Abstrahlrichtung und somit auch den Hallradius, da hier nicht mehr von einem Kugelstrahler ausgegangen werden darf. Die Bündelung der Schallquelle und die Bündelung des Mikrofons müssen mit in die Formel einfließen. Abbildung 2 zeigt die Modifikation. Angenommen ich bleibe beim Kugelmikrofon, nehme aber eine nierenförmige Abstrahlcharakteristik des Orchesters an. Bei dieser Kombination wäre der Hallradius bei rund 7,3 Metern, was einen relativ guten Abstand (Luftlinie) zwischen Hauptmikrofon und den ersten Orchesterreihen darstellt. Benötigt man mehr Abstand, so kann man zum Beispiel auf eine breite Niere zurückgreifen und den wirksamen Abstand damit weiter vergrößern. Die Abbildung 3 stellt die Bündelungsgrade der verschiedenen Mikrofonrichtcharakteristiken dar. Es zeigt sich relativ schnell, dass diese Rechnungen auf einigen theoretischen Annahmen beruhen, als Näherung jedoch praxisnah genutzt werden können. Das Orchester als Nierenstrahler zu betrachten, ist natürlich etwas kritisch, zumal die tiefen Frequenzen sich auf jeden Fall dem Kugelstrahler annähern. Das gleiche gilt auch für alle einzelnen Instrumentengruppen, wobei sich zum Beispiel bei den Blechbläsern eine noch deutlich stärkere Richtwirkung oder Bündelung ergibt, sowohl beim einzelnen Instrument, als auch für die gesamte Instrumentengruppe. Bei dieser Betrachtung eines Klangkörpers als Ganzes wird deutlich, dass man sich innerhalb des Orchesters eigentlich immer in einer Art ‚Direktschallumgebung‘ befindet, in dem es für ein Mikrofon nicht möglich ist, einzelne Instrumente zu differenzieren. Ein Beispiel soll dies illustrieren. Ein Stützmikrofon steht hinter den zweiten Geigen und soll die Celli aufnehmen. Solange die Celli spielen, befindet es sich in deren Freifeld. Spielen die Celli jedoch nicht, so sind die davor positionierten Geigen noch so nah, dass sich das Mikrofon auch in deren Freifeld befindet. Die

frequenzabhängigen Hallradien der Einzelinstrumente haben sehr große Überschneidungsbereiche, in denen das Diffusfeldsignal nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Die Überschneidungen verändern sich jedoch permanent mit der Besetzung und bei Solostellen gewinnt der Hallradius des Instrumentes wieder an Relevanz. Dies ist jedoch meistens positiv zu sehen, da der deutlicher werdende Raumeinfluss (er wird nicht stärker, nur wahrnehmbarer) die Solostelle etwas unterstreicht. Man muss sich beim Stützen also nur wenige Gedanken um den Raumeinfluss machen. Einzig das Übersprechen stellt eine Schwierigkeit dar. In diesem Fall kann also nur die Klangästhetik des Tonmeisters entscheiden, ob das Stützmikrofon genug Direktsignal des gewünschten Instrumentes enthält.

Laufzeiten Teil 2

Wie bereits in der letzten Ausgabe besprochen gibt es durchaus Probleme beim Zusammenmischen von Signalen, wenn sie von Mikrofonen stammen, deren Aufnahmebereich sich zumindest teilweise überschneidet. Die wichtigste Grundregel zur Vermeidung der dabei entstehenden Kammfilterstörungen ist die Drei-zu-Eins-Regel. Sie besagt, dass der Abstand zweier Mikrofone mindestens dreimal so groß sein muss, wie der Abstand zur Signalquelle. Diese Faustregel betrachtet dabei natürlich keine konkreten Gegebenheiten und vor allem lässt sie die Richtwirkung von Druckgradientenmikrofonen völlig außen vor. Es ist klar, dass zwei in Gegenrichtung platzierte Nieren weniger Abstand benötigen werden, als zwei parallele Kugeln. Dennoch bietet sie auch hier einen guten Startpunkt. Wenn man allerdings ein Hauptmikrofon mit Stützmikrofonierung nutzt, dann ist diese Regel nicht ohne weiteres beziehungsweise gar nicht anwendbar. Der

Grund liegt darin, dass das Hauptmikrofon selbst kein Einzelmikrofon darstellt und somit keine differenzierte Direktschallquelle aufzeichnet. Wer sich dennoch mit der Laufzeitverzögerung beziehungsweise dessen Ausgleich in einem Hauptmikrofonsetup auseinandersetzen möchte, dem kann der Spielzeugladen helfen. Ein Kollege berichtete mir davon, dass er die Verzögerungszeiten dadurch ermittelt, dass er mit einem ‚Knackfrosch‘ an der Instrumentenposition einen scharfen Transienten verursacht, anhand dessen Flanke man hervorragend die Korrekturzeiten eingeben kann. Das nenne ich mal eine praktische Lösung.



Das neue Plus⁺ für Transparenz und Räumlichkeit



Optimieren Sie die Klangqualität Ihres Studios mit unserem neuen MC-3+ Smart Clock.

Umfangreiche Betatests bei erfahrenen Studioprofis zeigen, dass insbesondere das Re-Clocking eines Audiosignals mit Hilfe der integrierten, neuartigen 1G-Clock-Technologie feinste Signaldetails deutlich herausarbeitet. Eine merklich präzisere Abbildung einzelner Instrumente und eine beeindruckende, authentische Räumlichkeit sind die Folge, womit auch Ihre Produktionen an Durchzeichnung und Transparenz gewinnen werden. Darüber hinaus hilft die 1G-Clock-Technologie, die Qualität bestehender Taktgeneratoren zu verbessern und verteilt dabei Taktsignale redundant, um die Betriebssicherheit von Studioinstallationen auf ein Maximum zu erhöhen.

MC-3+
smart clock

1G
CLOCK



Mitte-Seite

Nach meiner Erfahrung bei Rundfunkkonzertaufzeichnungen nutzen die meisten Tonmeister heute eine klassische AB-Anordnung hinter oder über dem Dirigenten. Andere Anordnungen, wie etwa ORTF, NOS, XY oder MS sind nur noch in extrem seltenen Fällen genutzt. Das höchste der Gefühle ist hin und wieder der Decca-Tree, aber weiter aus dem Fenster der gewohnten Hauptmikrofonanordnung lehnen sich die wenigsten. Die AB-Aufstellung bietet dabei eine sehr schöne Räumlichkeit, wenn auch die Lokalisationsschärfe etwas ungenau wird. Abbildung 4 zeigt vier verschiedene Hauptmikrofonanordnungen und ihre Eigenschaften. Meiner Meinung nach wird AB auch deshalb heute so besonders gern gewählt, da es einigen Tonmeistern nicht mehr wichtig ist, wie sich die Korrelation verhält. Konservativ bei der Stereobreite sind heutzutage nur noch wenige. Dabei hat die Monokompatibilität, im Gegensatz zu ihrem Ruf, keine große Relevanz mehr zu besitzen, in den letzten Jahren (leider) enorm an Bedeutung gewonnen. Die Anzahl an Menschen, die Musik über Laptoplautsprecher oder sogar die ‚Quäke‘ des Mobiltelefons konsumieren, ist vor allem bei jungen Menschen deutlich gestiegen. Auch wenn man es vielleicht nicht wahrhaben möchte, aber diese Entwicklung ist nicht nur unter Hip-Hop affinen Kindern mit dem Handy in der Bahn zu beobachten. Wessen Zielgruppe also nicht ausschließlich aus HiFi- und High-End-Jüngern besteht, sollte durchaus auch heute noch Sorgfalt in die Monokompatibilität investieren. Relativierend dazu ist allerdings auch die Monohörgruppe dabei sich zu verkleinern; immer mehr Autos sind heute mit Radios ausgestattet, die mit DSP-Technologie dafür sorgen, dass man als Fahrer in die Mitte der Stereobühne gerückt wird. Doch zurück zu den Mikrofonen, denn die Monokompatibilität ist eine Sache, über die man sich schon bei der Aufnahme Gedanken machen sollte. Wer die Aufnahme bereits mit einer zu breiten Stereobasis gestaltet hat, wird anschließend Probleme bekommen, dies zu korrigieren, denn einfaches ‚Zusammendrehen‘ mit einem Panpot löst das Problem nicht. Die am besten für die Mo-

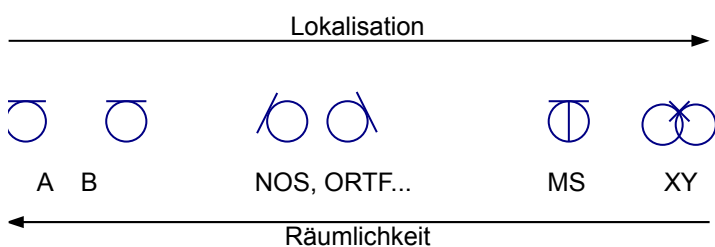
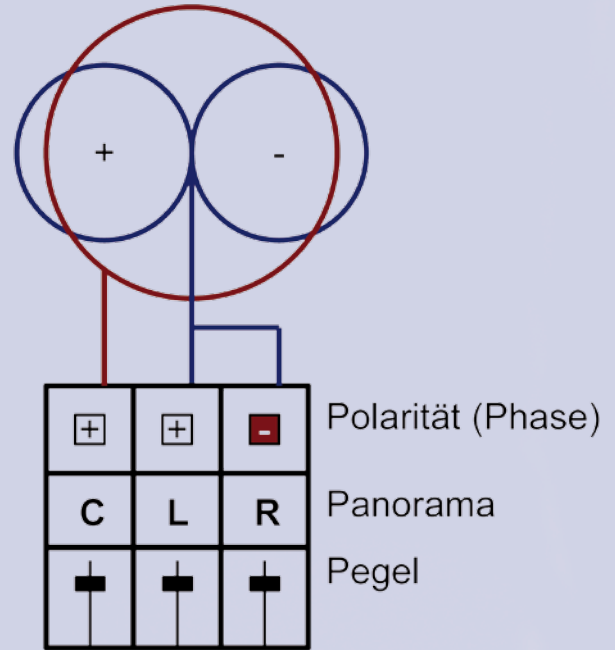


Abbildung 4: Die Ausprägung der Lokalisation und Räumlichkeit bei verschiedenen Hauptmikrofonanordnungen



Mitte-Seite

Heutzutage macht es in den seltensten Fällen noch Sinn, MS-Signale auf einem Mischpult zu kodieren. Viele Audiointerfaces bieten heute die Möglichkeit, die Dekodierung einfach mit einem Schalter zu aktivieren. Alternativ kann man die Spuren auch separat aufnehmen und anschließend in der DAW, zum Beispiel mit einem Plug-In, umwandeln. Der Vorteil liegt hier natürlich darin, dass die Kanaltrennung meistens deutlich besser ist, wenn keine elektrische MS-Stufe genutzt werden muss. Bei analogen Mischpulten muss natürlich direkt kodiert werden, da sonst kein adäquates Mithören möglich ist. In diesem Fall verwendet man die unten dargestellte Verschaltung. Zu beachten ist dabei, dass das Splitten eines Mikrofons nur dann möglich ist, wenn die Phantomspeisung nicht aus dem Mischpult kommt. Ist dies nicht möglich, so kann ein Direktanschluss vom ersten Kanal genutzt werden, der in den Eingang des zweiten Kanalzugs führt. Hierbei muss besonders auf die Aussteuerung geachtet werden, damit sich keine Panoramaverschiebungen ergeben. Die Pegel der drei Kanäle sollten zunächst gleich eingestellt werden. Da sich natürlich unterschiedliche Empfindlichkeiten des Mitten- und des Seitenmikrofons ergeben können, ist es praktisch, eine kleine Tonquelle vor dem Mikrophon hin und her zu bewegen um die Aussteuerung gegebenenfalls zu korrigieren. Höhere Pegel der Seitensignale führen zu einem breiteren Klangbild, mit geringeren Pegeln kann das Stereopanorama eingengt werden.

nokompatibilität geeignete Hauptmikrofonanordnung ist MS. Hier übernimmt eine Mikrofonkapsel die Aufnahme des Direktsignals, während die andere Kapsel allein durch Summen- und Differenzbildung für das Stereopanorama sorgt. Dies erfordert zwar eine einfache, elektrische Dekodierung, ist ansonsten jedoch völlig problemlos nutzbar. Der Clou liegt darin, dass sich bei Monowiedergabe die Anteile des Seitensignals so auslöschen, dass nur der Anteil des Direktsignalmikrofons übrig bleibt. Hier kann es also keine Phasenprobleme geben. Traditionell wird für MS die Kombination aus einer Nierenkapsel und einer Kapsel mit Achtercharakteristik genutzt. Dabei ist die Acht eine feste Bedingung, wenn man eine ausgeglichenen Links/Rechtsbalance erreichen möchte. Nicht in Stein gemeißelt ist hingegen die Niere, denn es spricht nichts dagegen hier einen Druckempfänger, eine breite Niere oder sogar eine schmalere Richtcharakteristik zu nutzen. Die Kugel eines Druckempfängers ist dabei besonders vorteilhaft für die Hauptmikrofonanordnung, da sie einen ausgeglichenen Tiefenfrequenzgang im Diffusfeld besitzt, wohingegen eine Niere, wie in der letzten Ausgabe beschrieben, deutlich an Tiefen einbüßt, sobald man den Nahbereich der Schallquelle verlässt. Bei stärker als einer klassischen Niere richtenden Mikrofonen entwickeln sich Probleme, über die nur im Einzelfall geurteilt werden kann. Durch die ungleichmäßige Empfindlichkeit für seitlich oder rückwärtig einfallenden Schall, ergibt sich eine deutliche Klangfärbung bei der Kombination mit dem ausgeglicheneren Seitenmikrofon. Ob diese Färbungen akzeptabel, gewünscht oder unschön sind, kann nur mit konkreten Mikrofonkombi-

nationen durch Hörproben ermittelt werden. Nutzt man eine MS-Kombination als Stütze oder zur Einzelinstrumentenabnahme, so kann man getrost auf Nieren zurückgreifen, da der Nahheitseffekt meist für genug Tiefen sorgt. Die Dekodierung eines Stereosignals in sein Mitten- und Seitensignal ist übrigens immer auch nachträglich möglich. Mein lieber Kollege Fritz Fey berichtete bereits ausführlich über die Anwendung von MS-Systemen im Mastering. Und auch bei der Rettung von zu stark negativ korrelierenden Stereosignalen ist MS eine der wenigen Lösungen. Nach der Dekodierung kann das Seitensignal etwas im Pegel abgesenkt werden, so dass sich ein ‚gesünderes‘ Phasenverhalten ergibt.



▶ NEUMANN.BERLIN

TLM 107

Your decision.
True to the original



Immanuel Claashen, Abbildungen: Immanuel Claashen

Klangeigenschaften von Kondensatormikrofonen

Eine wissenschaftliche Betrachtung

Seit über 80 Jahren wird das Kondensatormikrofon zur Schallwandlung eingesetzt. Bis in die heutige Zeit hat sich an dem grundlegenden Prinzip des Wandlers nichts geändert und ist nach dem heutigen Stand der Technik als die beste Wandlerform anzusehen. Die stetige Verbesserung der Konstruktion und die hohe Präzision der modernen Fertigung von Kondensatormikrofonen haben die physikalisch möglichen Grenzen fast erreicht. So bildet dieses Wandlerprinzip die Grundlage für eine Vielzahl an professionellen Mess- und Studiomikrofonen, die auf dem Markt erhältlich sind.

Die Eigenschaften eines Kondensatormikrofons werden objektiv durch messtechnische Parameter, wie den Amplitudenfrequenzgang und die Richtcharakteristik beschrieben. Weitere Eigenschaften stellen die Größe, die Form und das Material der Membran dar, sowie der konstruktive Aufbau der Kapsel. Für diverse Anwendungen wurde eine Vielzahl von verschiedenen Ausführungsformen mit speziellen Eigenschaften entwickelt.

Häufig sind anhand der Datenblätter von verschiedenen Kondensatormikrofonen kaum Unterschiede festzustellen, trotzdem werden subjektive Klangunterschiede wahrgenommen, die wohl jeder Toningenieur aus eigener Erfahrung kennt. Deshalb werden in der Praxis, je nach Aufnahmesituation und auch aus ästhetischen Gründen, verschiedene Bauformen und Klangeigenschaften von Kondensatormikrofonen bevorzugt. So erfreuen sich Großmembranmikrofone zur Aufnahme von Sprache und Gesang großer Beliebtheit, da ihnen eine gewisse Wärme nachgesagt wird. Kleinmembranmikrofone werden hingegen als transparenter bezeichnet und Membranen aus Nickel als sehr impulstreu und kalt.

Doch was bewirkt diese Klangunterschiede? Als ein Grund wird in der Literatur die frequenzabhängige Richtcharakteristik genannt. Diese lässt sich anhand eines Polardiagramms erklären. Bei tiefen Frequenzen entspricht die Richtcharakteristik der gewünschten zum Beispiel einer Niere (Abb. 1). Zu hohen Frequenzen bildet sich allerdings eine starke Richtwirkung aus (Abb. 2). Der Amplituden-Frequenzgang weicht deswegen je nach Einfallsrichtung von dem bei frontalem Schalleinfall ab. Somit ergibt sich durch die Überlagerung des direkten und diffusen Schalls ein Frequenzgang des Mikrofons, der nicht dem ideal gemessenen Frequenzgang bei 0° Schalleinfall entspricht. Dazu führen frequenzabhängige Reflexionen und Beugungen am Gehäuse, der Kapsel und an der Membran selbst. Auch der Mikrofonverstärker könnte zu einer Klangbeeinflussung beitragen, wobei die heutigen Verstärker sehr linear arbeiten.

Welchen Einfluss haben die Membraneigenschaften, wie Größe, Form und Material auf die Klangeigenschaften von Kondensatormikrofonen? Nach langen Recherchen und Gesprächen mit Wissenschaftlern, Toningenieuren und dem Mikrofonhersteller Microtech Gefell war mir klar, dass es noch keine Untersuchungen zu diesem Thema gab, welche wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht werden konnten.

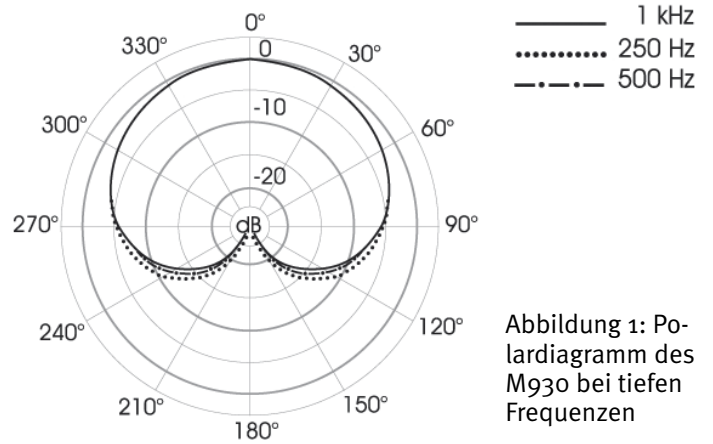


Abbildung 1: Polardiagramm des M930 bei tiefen Frequenzen

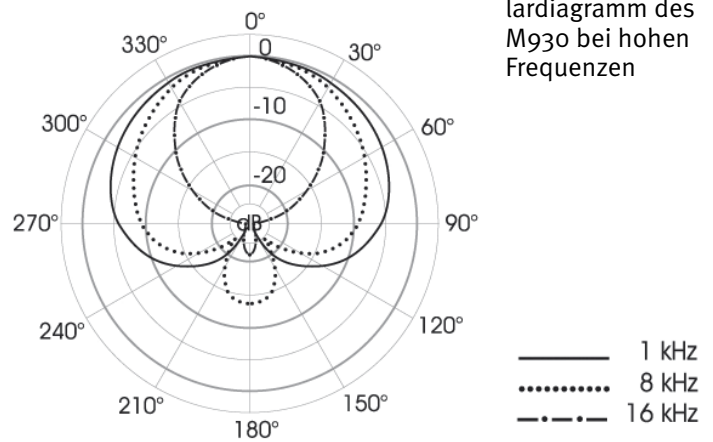


Abbildung 2: Polardiagramm des M930 bei hohen Frequenzen



XIRIUM | Flexibles Multi-Tool für kabellose Audio-Vernetzung



XIRIUM
DIGITAL WIRELESS AUDIO NETWORK

- PURE SOUND
- PLUG & PLAY
- FLEXIBLER EINSATZ
- BIDIREKTIONAL
- ROBUST

Das professionelle Mehrkanal-Funksystem XIRIUM kombiniert digitale Sende- und Empfangsstrecken mit höchster Sound-Qualität, einzigartiger Zuverlässigkeit und einfachstem Installations- und Bedienkomfort. Weitere Informationen finden Sie unter www.neutrik.com



Abbildung 3: Kleinmembranen M70 mit Nickel und PET Membran



Abbildung 4: asymmetrisch und symmetrisch kontaktierte M71 PET Großmembranen



Abbildung 5: symmetrisch kontaktierte M71 PVC Großmembran mit Schutzkorb

Also nutzte ich meine Diplomarbeit dazu, mich dem Thema in wissenschaftlicher Weise zu nähern. Das hieß natürlich einen reproduzierbaren Versuchsaufbau zu entwickeln, um jedes Mikrofon dem gleichen Schallereignis auszusetzen, damit vergleichbare Stimuli für einen Hörtest zur Verfügung standen.

Die Auswahl der Mikrofone

Zunächst einmal beschränkte ich die Auswahl der Mikrofone von anfangs 20 Prüflingen auf zwölf Druckgradientenempfänger mit nierenförmiger Richtcharakteristik, um zumindest den



Immanuel Claashen (30) ist Diplom-Ingenieur für Medientechnologie und arbeitete schon während des Studiums an der TU-Ilmenau als freier Ton- und Bildschaffender in der Film- und Musikproduktion. Die Begeisterung für Musik und Technik begann schon in der Kindheit, als er die

alten Tonbänder seines Vaters mit Stones, Beatles und Pink Floyd Mitschnitten aus dem Westradio im Schrank gefunden hatte. Als Gitarrist in diversen Bands wechselte er auch bald auf die andere Seite des Mikrofans und begleitete diverse Jazz- und Klassikproduktionen als Recordingassistent und Kameramann. Derzeit lebt und arbeitet er als freier Ingenieur in Leipzig.

Einfluss der Richtcharakteristik auf den Klang gering zu halten. Weiterhin sind diese sehr häufig in der täglichen Tonstudioarbeit im Einsatz und können durch die Hörerfahrung von Tonmeistern und Toningenieurern im Hinblick auf ihre Klangeigenschaften gut beurteilt werden. Der Fokus lag dabei hauptsächlich auf den unterschiedlichen Membranparametern und deren Einfluss auf die Klangeigenschaften eines Mikrofans. Durch die Unterstützung der Firma Microtech Gefell konnten spezielle Kapselkonstruktionen angefertigt werden, die sich weitestgehend nur in einem Parameter unterscheiden. Es wurden M70 Kapseln mit Nickel und PET Membranmaterial (Abb. 3), M71 Kapseln mit PET und PVC Membranen, sowie einer asymmetrischen Mittenkontaktierung angefertigt (Abb. 4 und 5). Um den Vergleich zwischen etablierten Mikrofanen der professionellen Tonstudioteknik zu haben, untersuchte ich ebenso

Klassiker der Firmen Neumann (KM 184 und U87Ai), AKG (414B-ULS) und Microtech Gefell (M300 und M930). Die Firmen Pearl (ELMC) und Ehrlund (Dreieck) fertigen Kapseln mit Membranen, die andere geometrischen Formen besitzen als die übliche Kreisform. So konnten auch Rechteck- und Dreieckmembranen untersucht werden. Um einen möglichen Einfluss des Verstärkers zu minimieren, konnte an sechs Kapseln, aufgrund ihrer Bauart, derselbe verwendet werden.

Um vergleichbare Stimuli für den Hörtest zu erzeugen, die sich nur durch das bei der Aufnahme verwendete Mikrofan unterscheiden, mussten geeignete Schallquellen gefunden werden. Auf live gespielte Instrumente oder Gesang wollte ich verzichten, da in dem Fall natürlich die Musiker von Take zu Take nicht exakt dasselbe darbieten würden, was die Vergleichbarkeit der Stimuli im späteren Hörtest beeinträchtigen würde. Ebenfalls sollten die Mikro-



Abbildung 6: Großmembranen Neumann U87Ai, AGK 414B ULS, Microtech Gefell



Abbildung 7: Kleinmembranen Neumann KM184 und Microtech Gefell M300

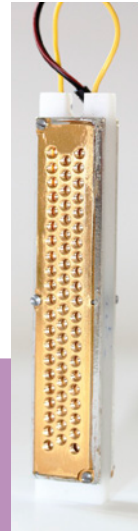


Abbildung 8: Rechteckkapsel des Pearl ELMC



Abbildung 9: Dreieckkapsel von Ehrlund

fone nahezu identisch im Schallfeld der Quelle positioniert werden können, da die Positionierung des Mikrofons bekanntlich den Klang stärker beeinflussen kann als die Verwendung eines anderen Mikrofons an identischer Stelle. Dies führte zu der Entscheidung reproduzierbare Schallquellen zu verwenden, vor denen die Mikrofone nacheinander in demselben Punkt positioniert werden konnten, um somit eine ganze Reihe von klangbeeinflussenden Faktoren auszuschließen. Als einfachste Variante bot sich die Aufnahme eines Lautsprechers an, über den ich ausgewählte Stücke der EBU SQAM (Sound Quality Assessment Material) CD abspielte. Die Aufnahmen fanden mit einem aktiven Koaxiallautsprecher RL901k von ME Geithain im Hörlabor der TU-Ilmenau statt (Abb. 10). Um den Nahbesprechungseffekt gering zu halten und ebenfalls so wenig diffusen Schall wie möglich aufzunehmen, wählte ich einen Abstand von einem Meter, der innerhalb des Hallradius lag. Dies ließ auch direkte Interpretationen zum gemessenen Amplituden-Frequenzgang zu, welcher im Messlabor von Microtech Gefell von jedem Mikrophon ebenfalls bei genormtem Abstand von einem Meter ermittelt wurde. Natürlich ist bei diesem Aufnahmesetup der Lautsprecher das schwächste Glied in der Kette, gerade wenn es um die Wiedergabe von Transienten und impulshaltigen Signalen geht. Durch einen glücklichen Zufall erfuhr ich von einem Flügel der Firma Bösendorfer mit einem CEUS Reproduktionssystem, der zuvor Eingespieltes ohne Änderung von Dynamik und Tempo identisch reproduzieren konnte. Genau so eine Schallquelle hatte ich gesucht, ein echtes Instrument, das ich Mikrophon für Mikrophon erneut aufnehmen konnte, ohne dass sich etwas an den äußeren Bedingungen ändern würde. Nach einigen organisatorischen Hürden stellte mir die Firma Bösendorfer einen Konzertflügel 280 mit dem CEUS System

in Wien zur Verfügung. Da ein solcher Flügel hochfrequentiert genutzt wird und es natürlich nur wenige solcher Exemplare gibt, scheute ich keine Mühen und begab mich in zwei Nächten zwischen der letzten Probe und der ersten am Folgetag in das Alte Kino in Wien, wo der Flügel gerade für eine moderne Theaterproduktion verwendet wurde. Mittels Bindfaden und Winkelmesser positionierte ich jedes Mikrophon in haargenau der gleichen Position zum Flügel (Abb. 11 und 12), ebenfalls wieder innerhalb des Hallradius, um im Direktfeld des Flügels zu bleiben. Mehrere Klavierstücke aus Klassik und Jazz, einzelne Töne und Akkorde wurden mittels eines RME Fireface 400 und unter Verwendung derselben Kabel in 96 kHz und 24 Bit auf Festplatte gebannt. Da ich derzeit noch 20 Mikrofone untersuchen wollte und insgesamt drei verschiedene Positionen am Flügel wählte, war das Vorhaben für das kurze Zeitfenster eine echte Herausforderung. Aber der Flügel hat sein

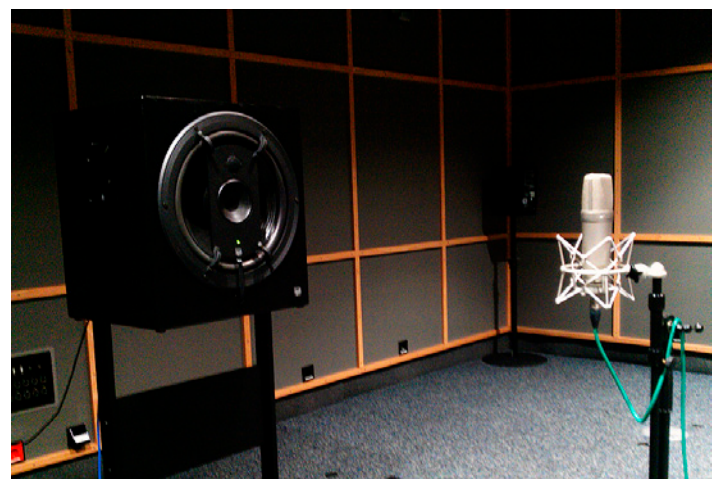


Abbildung 10: Versuchsaufbau im Hörlabor der TU-Ilmenau mit ME



Abbildung 11: Bösendorfer CEUS Flügel mit Mikrofonposition



Abbildung 12: Mikrofonausrichtung mittels Bindfaden

Bestes gegeben und ich war erstaunt wie identisch er immer wieder ‚Cantaloop Island‘ spielte, was einmal von Herbie Hancock persönlich auf dem CEUS eingespielt worden war. Ich wollte musikalische und möglichst realistische Klangbeispiele aus der Praxis verwenden, wobei ich in einem Vortest feststellen musste, dass es den Probanden sehr schwer fiel, eine einzelne Snaredrum oder einen Klavierton zu beurteilen. Letztendlich kamen vier verschiedene Klangbeispiele im Hörtest zur Anwendung. Diese wählte ich auch nach bestimmten Signalformen aus, da ich eine Abhängigkeit von der Art des Signals und der Klangeigenschaft der Mikrofone vermu-

tete. Es kam ein reines Sprachsignal Speech einer männlichen englischen Stimme, ein perkussives Stück Pop Musik von Eddi Rabbitt, ein klassisches Blesorchesterstück von Stravinsky, welches sich hinterher als eindeutiger Sieger der ‚Ich kann’s nicht mehr Hören‘-Awards entpuppte (Fritz fielen dazu noch andere Ausdrücke ein...), und natürlich der Bösendorfer Flügel mit dem Hancock Stück zum Einsatz. Diese Klangbeispiele können wissenschaftlich gesehen nach ihrer Signalform in zwei Klassen von Schallquellen unterschieden werden. Signale der ersten Klasse erzeugen stationäre periodische Schwingungen und besitzen ein Spektrum aus Harmonischen. Hierzu zählen die Sprache, Blas- und Streichinstrumente. Signale der zweiten Klasse werden impulsartig angeregt und erzeugen abklingende Schwingungen, die zusätzlich Inharmonizitäten im Spektrum zeigen. Hierzu zählen das Klavier, die Gitarre und alle Schlaginstrumente. Auch wenn die Einteilung etwas abstrakt daher kommt, wird sie bei der Interpretation der Ergebnisse ihren Beitrag leisten.

Die Evaluation der Klangeigenschaften

Jeder kennt wahrscheinlich die blumigen Beschreibungen des Klangs von Mikrofonen aus den üblichen Artikeln der Audiobranche. Aber meint der Eine mit ‚transparenter Höhenwiedergabe‘ eigentlich auch das Gleiche wie ein Anderer mit ‚klaren Höhen‘ oder ‚präsentem Klang‘? Die Wahrnehmung und deren Beschreibung liegen im subjektiven Horizont des Einzelnen. Um den Menschen als Messinstrument in der Wissenschaft nutzen zu können, gibt es eine Vielzahl an etablierten Testmethoden, die ständig weiterentwickelt werden. Eine dieser Methoden nennt sich Repertory Grid-Technik, für die ich mich letztlich nach meinen Recherchen entschied. Die Methode, die aus der Psychoanalyse kommt und der Untersuchung von Konstruktsystemen dient, geht davon aus, dass sich jeder Mensch seine Welt in Gestalt von Hypothesen konstruiert. Durch diese Konstrukte, die mit gegensätzlichen Adjektivpaaren beschrieben werden können, wie hell und dunkel oder stark und schwach, werden Ereignisse der Realität unterschieden und hinsichtlich ihrer Ähnlichkeiten gruppiert. Einfach gesagt handelt es sich um ein subjektives Schubladendenken, indem zum Beispiel auch Klangeigenschaften von Mikrofonen einsortiert werden können. Praktisch sah das dann folgendermaßen aus: ich wählte einige Aufnahmen von unterschiedlichen Mikrofonen aus und ließ deren Klangunterschiede durch fünf erfahrene Hörtest-Probanden mittels eines AB-Vergleichs mit gegensätzlichen Begriffen beschreiben. Hier kam dann eine Vielzahl an Klangeigenschaften heraus, wie beispielsweise, dass dieses transparenter klingt als jenes, das irgendwie den Klang ‚verwäscht‘. Anhand seiner genannten

Wortpaare musste jeder Proband alle Mikrofone im Blindtest bewerten. Durch diese Daten ist es möglich, die Konstrukte, also die Schubladen, von jedem Probanden selbst und zwischen den Probanden zu vergleichen und auf Ähnlichkeiten zu untersuchen. Statistisch führte ich eine Clusteranalyse durch, was für den Toningenieur vielleicht am besten mit einem Korrelationsgradmesser zu vergleichen ist. Dadurch konnte ich die gefundenen Klangeigenschaften, deren Anzahl pro Proband zwischen fünf und zehn lagen, auf vier Attribute reduzieren. Diese waren dann Transparenz, Natürlichkeit, Nähe und Bass/Höhen-Balance. Mit diesen Attributen, einem Stax Kopfhörer und einem Mushra Test zog ich dann durch Deutschland und sammelte bei insgesamt 16 Tonmeistern und Toningenieuren in Studios und Universitäten meine Daten für das eigentliche Ziel meiner Arbeit.

Der Hörtest

Ich verwendete einen nach ITU empfohlenen und standardisierten Mushra Test (Multi Stimulus with Hidden Reference and Anchor). Dieser Test wurde im Jahr 2003 für die Bewertung der Basic Audio Quality von Audiocodern entwickelt. Dabei wird ein Signal mit hoher Qualität als Referenz benutzt, zu dem die untersuchten Systeme signifikante Unterschiede aufweisen. Das Referenzsignal wird zusätzlich als versteckte Referenz, die sogenannte hidden reference (HR), benutzt. Um dem Probanden einen bekannten Qualitätslevel zu präsentieren wird als versteckter Anker das tiefpassgefilterte Referenzsignal verwendet.

Der Mushra Test ist eine Doppelblind-Multi-Stimulus-Methode. Der Vorteil liegt darin, dass maximal 15 Signale direkt miteinander verglichen und anhand einer Skala von 0 bis 100 gegeneinander bewertet werden können. Er bietet so die Vorteile eines vollen Paarvergleichs, mit einer Reduzierung der Testdauer, die bei meinen Probanden zwischen anderthalb und zweieinhalb Stunden lag. Allerdings musste ich den Test etwas modifizieren. Da die Stimuli zum einem mit dem Flügel und zum anderen mit einem Lautsprecher produziert worden, gab es kein echtes Referenzsignal. Von der Wahl eines bestimmten Mikrofons, das als Referenz hätte dienen können, sah ich ab, da dies eventuell zu Verfälschung der subjektiven Bewertungen geführt hätte. Die Wahl des Wavefiles als Referenz, das über den Lautsprecher wiedergegeben wurde, hätte ebenfalls zur Verfälschung der Bewertung geführt, da der Einfluss des Lautsprechers und der des Raumes nicht in diesem Signal enthalten sind. Als wissenschaftliches Indiz für die Reliabilität der Probanden doppelte ich den Stimulus des M930. Somit konnte ich sehen, ob die Probanden denselben Höreindruck auch gleich bewerten würden. Als Anker diente ebenfalls das Signal

des M930, welches mit einem Tiefpassfilter bei 10 kHz und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave bearbeitet wurde. Die einzelnen Stimuli wurden abgesehen von der Lautstärkenanpassung nach Gehör nicht weiter bearbeitet.

Die Probanden des Hörtests hatten nun die nervenaufreibende Aufgabe, vierzehn verschiedene Stimuli anhand der vier Attribute gegeneinander zu bewerten und das für jedes der vier Klangbeispiele. Zusätzlich ließ ich noch ein allgemeines Ranking der Mikrofone durchführen, um auch eine ganz subjektive Bewertung zu erhalten.

Die Testoberfläche bestand aus einem mischpultartigen Design, was für eine vertraute Umgebung sorgte und die Hörtestteilnehmer konnten per Fader die Ausprägung der Attribute stufenlos den Stimuli zuordnen (Abb. 13). Hilfestellung gab es durch die entsprechenden Skalen, wie transparent – verwachsen, natürlich – verfärbt, fern – nah, höhenlastig - basslastig und der allgemeinen Skala ausgezeichnet – schlecht.

Abgehört wurde immer über denselben elektrostatischen Stax Kopfhörer in Mono mit 96 kHz und 24 Bit. Ich verwendete die Hörtestsoftware Step von Audio Research Labs, die alle 14 Stimuli zeitsynchron abspielt und so jederzeit ein Wechseln zwischen den einzelnen Stimuli erlaubt, was natürlich nichts anderes als die ausschließende Solo-Funktion einer beliebigen Audiosoftware ist. Nur erhebt diese im Hintergrund keine statistischen Daten, welche ich im weiteren Vorgehen zu analysieren hatte.

Konnte tatsächlich ein Zusammenhang zwischen Form, Material und Klangwahrnehmung der einzelnen Mikrofone herauszufiltern sein? Ich war gespannt. Jetzt waren Ausdauer und Kraft für die statistische Auswertung gefragt. Immerhin wurden insgesamt 4480 Bewertungen abgegeben, welche ich in tagelangen Sitzungen statistischen Tests unterzog, auswertete, interpretierte und mit den gemessenen Amplituden-Frequenzgängen verglich, was letztlich zu einem sehr interessanten Ergebnis führte.

Die Ergebnisse

Allem vorangestellt ist zu sagen, dass die untersuchten Mikrofone eindeutig hörbare Unterschiede im Hinblick auf die Membranparameter aufweisen. Und meine Vermutung hat sich als richtig herausgestellt, denn die Beurteilung der Klangeigenschaften ist stark vom Klangbeispiel abhängig, was die Bevorzugung bestimmter Mikrofone in Abhängigkeit von der aufzeichnenden Schallquelle in der Praxis bestätigt. Dabei hat das Membranmaterial einen größeren Einfluss auf die Klangeigenschaften als die Membranform. So werden PET Membranen natürlicher wahrgenommen als Membranen aus PVC und Nickel. Kleine kreisförmige Membranen sind bei Flügelaufnah-

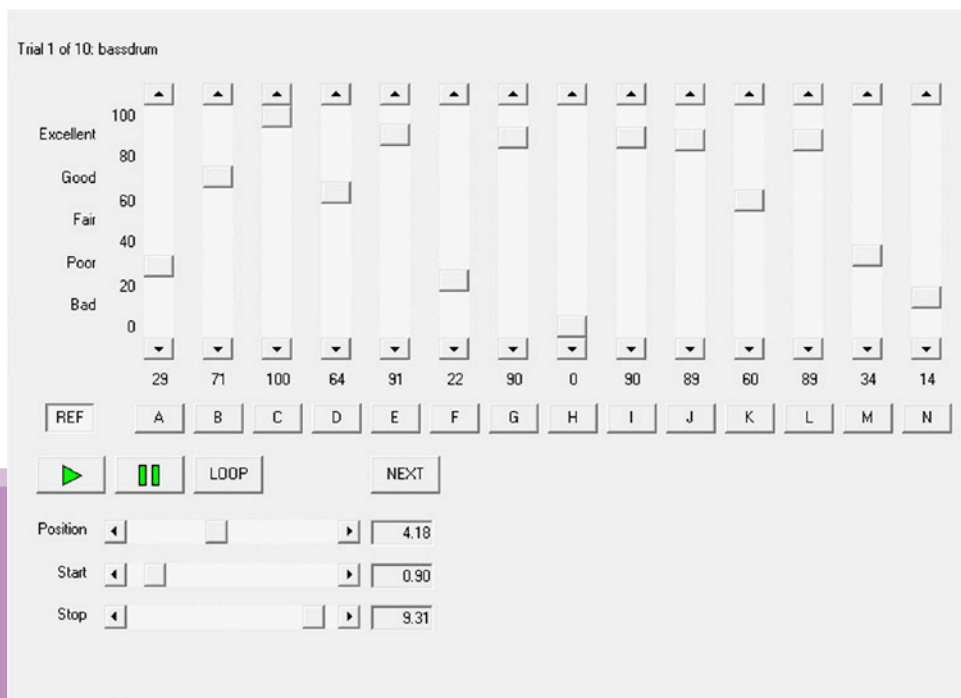


Abbildung 13: Hörtestoberfläche der STEP Software von Audio Research Labs

men als transparenter zu bezeichnen (Abb. 14), wohingegen große kreisförmige Membranen bei Sprachsignalen natürlicher klingen (Abb. 17). Die rechteckige Form des Pearl EMLC zeichnet sich durch allgemein gute Klangeigenschaften aus, wobei es bei der Flügelaufnahme als weniger transparent bewertet wurde (Abb. 14). Es ist zu vermuten, dass die Klangeigenschaft der Transparenz bei Schallquellen der zweiten Klasse von der Größe der Membran abhängt. Die dreieckige Form bildet vor allem Sprachsignale sehr transparent ab, zeigt aber sonst keine besonderen Eigenschaften. Interessant ist auch die Bewertung der Sprache, bei der die als sehr transparent eingestufte M71 PVC Sym Membran nicht im gleichen Maß als natürlich wahrgenommen wurde (Abb. 15 und 17). Hier ist zu vermuten, dass PVC Membranen Schallquellen der ersten Klasse transparenter abbilden, aber gleichzeitig den Klang verfärben. PET Membranen zeigen hier ein ausgeglicheneres Verhalten zwischen Transparenz und Natürlichkeit. Das allgemeine Ranking der Mikrofone ist der Bewertung der Natürlichkeit sehr ähnlich, was mich darauf schließen lässt, dass ein sehr transparentes Mikrofon nicht unbedingt den subjektiven Vorlieben der Toningenieure entspricht (Abb. 18). Der Einfluss der Kontaktierung ist geringer zu bewerten und benötigt für eindeutige Aussagen weitere Untersuchungen, wobei sich die transparentere Wiedergabe von Sprachsignalen bei der symmetrischen Kontaktierung zeigt.

Aber wie lassen sich nun diese Ergebnisse mit den Messdaten zusammenbringen? Betrachtet man die Amplituden-Frequenzgänge der Mikrofone im Vergleich zur Bewertung der Bass/Höhen-Balance zeigen sich die Ähnlichkeiten sehr deutlich (Abb. 20 bis 24). Die

Nähe zeigt genau eine gegensätzliche Bewertung zur Bass/Höhen-Balance. Es werden basslastige Mikrofone näher wahrgenommen als höhenlastige (Abb. 19). Dies lässt sich dadurch erklären, dass bei monophoner Kopfhörerwiedergabe die Entfernungswahrnehmung von der Lautstärke und der Klangfarbe abhängt. Da die Lautstärke zwischen den Stimuli konstant war, kann zur Beurteilung der Nähe nur noch die Klangfarbe dienen. Kommt eine Schallquelle, die ein breitbandiges Spektrum besitzt, näher, wird die Klangfarbe dunkler. Was natürlich auch umgekehrt funktioniert. Die Transparenz und die Natürlichkeit lassen sich allerdings nicht aus dem Frequenzgang eines Mikrofons ablesen. Die Betrachtung des Verhaltens im Zeitbereich, besonders das Impulsverhalten der Mikrofone, was für die Übertragung der Transienten wichtig ist, könnte hier für weitere Aufklärung sorgen und stellt die Aufgabe für zukünftige Forschungsarbeiten dar.

Fazit

Resümierend ist zu sagen, dass die Ursachen der Klangeigenschaften von unterschiedlichen Kondensatormikrofonen vor allem im Detail der Kapselkonstruktion zu finden sind. Und zum Schluss meine Antwort auf die mir oft gestellte Frage, welches Mikrofon nun das Beste sei: Es konnte keine eindeutige Präferenz eines bestimmten Mikrofons festgestellt werden. Und so individuell wie die Schallquellen und die Höreindrücke sind, so unterschiedlich sind auch die bevorzugten Klangeigenschaften eines Kondensatormikrofons. Ich freue mich auf weitere Fragen und Diskussionen, vielleicht sehen wir uns ja am 22.11. zum Vortrag auf der Tonmeistertagung.



Mastered for
iTunes

mp3

FRIEDEMANN KOOTZ
ABBILDUNGEN: FRIEDEMANN KOOTZ, DIVERSE

Mastered for iTunes?

HINTERGRUNDBETRACHTUNG ZU VERLUSTBEHAFTETER
DATENREDUKTION – TEIL 1

Nachdem viele Jahre lang die MP3 der Quasi-Standard der verlustbehafteten Datenreduktionsformate war, wird sie inzwischen nach und nach von AAC+ abgelöst. Außerdem scheint langsam das Bewusstsein zu entstehen, dass es einer Audioaufnahme nicht gut tut, wenn man sie unkontrolliert einem Encoding-Algorithmus überlässt. Die treibende Kraft hinter dieser Entwicklung ist wieder einmal die Firma Apple, die mit iTunes inzwischen scheinbar allein auf weiter Flur steht und alle anderen Konkurrenten weitestgehend abgehängt hat. Kein Wunder, Apple war zur richtigen Zeit am richtigen Ort und hat es geschafft, die Datenbank der verfügbaren Titel so groß zu halten, dass man im Prinzip außer Nischenprodukten alles findet. Nun hat Apple in den letzten Jahren damit begonnen, die eigenen Spielregeln auch in die technischen Details der verlustbehafteten Datenreduktion einzubringen. Der Konzern diktiert den Markt und wir sind auf sein Wohlwollen angewiesen. Denn, sieht man einmal von dem erstarkenden Vinylmarkt ab, so haben sich die verlustbehafteten Formate leider auch für die nächste Zeit fest etabliert und stellen faktisch den Standard der Musikdistribution dar. Um iTunes kommt man kaum herum. Doch was verlangt Apple eigentlich von uns Tonschaffenden? Wie arbeitet eine solche Datenreduktion? Was ist AAC+, wie unterscheidet es sich von MP3 und wie soll man die eigenen Produktionen auf die Reduktion vorbereiten? Werfen wir doch mal einen intensiven Blick in diesen spannenden Themenbereich.

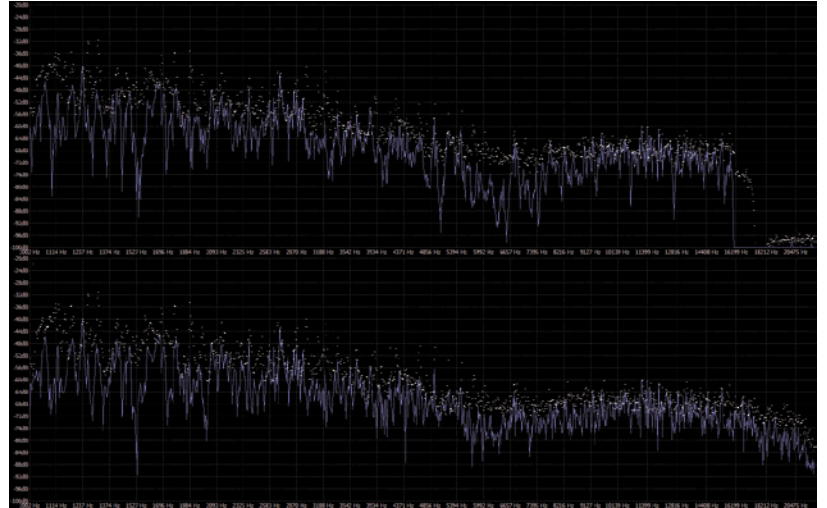
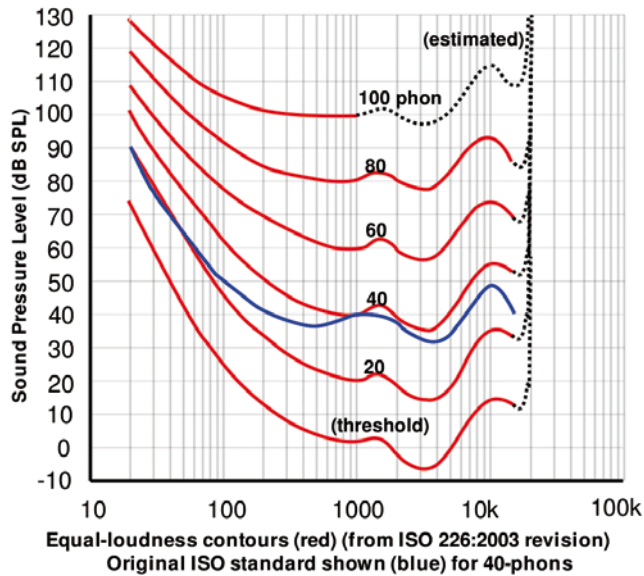


Abbildung 1: Die Kurven gleicher Lautstärke (nach ISO) zeigen die sinkende Empfindlichkeit des Gehörs zum Bass und zu den Höhen (Quelle: Wikipedia)

Abbildung 2: Im Spektrum der MP3 (oben) ist deutlich der Abriss des Frequenzgangs oberhalb von 15 kHz zu erkennen

Überblick

Die Ursprüngliche Idee hinter der Entwicklung verlustbehafteter Reduktionsverfahren lag darin, speicherintensive Audiosignale ohne subjektiven Qualitätsverlust in ihrer Größe zu reduzieren. Für den Hörer sollte sich möglichst das gleiche klangliche Erlebnis wie bei der Originalaufnahme einstellen, obwohl die Datenmenge drastisch reduziert wurde. Die treibende Kraft hinter dieser Idee ist natürlich der vergleichsweise teure Speicherplatz selbst, aber auch die verfügbaren Datenraten zur Übertragung in lokalen, regionalen und internationalen Netzen. Spätestens der Boom des Internet erforderte kompakte Dateien, die sich einfach austauschen lassen. MP3s waren der Grundstein für die Internettauschbörsen. Über die wirtschaftlichen, rechtlichen und kulturellen Aspekte dieser Entwicklung möchten wir uns an dieser Stelle nicht auslassen. Im Jahr 2014 hat sich die Situation für weite Teile der Endkunden deutlich verbessert. Anstatt sich mit zwei gebündelten B-Kanälen ISDN durch das Netz zu quälen, haben viele heute eine DSL-Verbindung, die nicht mehr weit von der Leistungsfähigkeit eines lokalen Netzwerkes entfernt ist. Langfristig besteht also die nicht unbegründete Hoffnung, dass Datenreduktion nicht mehr notwendig ist und daher ‚aus der Mode kommt‘. Dieser Gedanke bleibt mittelfristig noch etwas naiv, denn selbst wenn irgendwann der letzte Hintertupfinger an das schnelle DSL angebunden oder gar mit LTE versorgt wurde, bleiben noch viele Millionen Menschen in aller Herren Länder, die dann immer noch froh sind, wenn der Strom stabil bleibt und der Rechner nicht abstürzt. Hinzu kommen die zuletzt schwer in Mode gekommenen Streaming-Dienste, die noch auf absehbare Zeit mit reduzierten Formaten agieren werden. Beenden wir die Phi-

losophie mit einer einfachen Feststellung. Die verlustbehaftete Datenreduktion von Audiodaten wird uns noch sehr lange begleiten. Es wäre schön, wenn sich parallel Alternative entwickeln würden, die es bisher zumindest nicht im größeren Maßstab gibt. Klanglich müssen wir uns heute mit den Nachteilen der Datenreduktion abfinden. Aber kann man auch etwas für die Klangqualität einer Produktion tun, die am Ende bei iTunes landet. Oder sind wir den Konvertern wirklich hilflos ausgeliefert?

Datenreduktion

Von vornherein sollte eine Begrifflichkeit geklärt werden. Der Ausdruck ‚Datenreduktion‘ wird im Allgemeinen mit Verfahren assoziiert, welche die Dateigröße durch destruktives Entfernen von Daten reduzieren. Bei der sogenannten Datenkompression wird ebenfalls die Datenmenge verkleinert, jedoch so, dass alle Informationen nach einer Dekompression wieder vollständig vorhanden sind. Eine dekomprimierte Audiodatei ist also bitgleich zum Original. Eine decodierte Audiodatei ist bestenfalls subjektiv gleich. Um zu verstehen, wie wir auf die Datenreduktion einwirken können, muss natürlich erst einmal grob verstanden sein, was dieses ‚Monster‘ mit unseren Daten anstellt. Am Beispiel der MP3 sei daher der Reduktionsprozess kurz, und völlig ohne theoretische Signalverarbeitung und Mathematik, erläutert.

Der grundlegende Unterschied einer MP3 zu seinem unkomprimierten Original liegt in der Art der Speicherung der Informationen. Eine Audiodatei ist bei gleicher Länge, Kanalzahl, Abtastrate und Wortbreite immer gleich groß. Dabei ist es

vollkommen egal, welche akustischen Daten darin abgelegt werden. Exportiert man eine Minute absolute Stille aus einer DAW, so wird sie den gleichen Platz einnehmen, wie die entsprechenden Minuten Metallica-Gitarrenbrett. Die einzelnen Samples sind diskret abgelegt und unterscheiden in ihrem Datenumfang nicht, wie viele Nullen oder Einsen sie enthalten. Die Daten einer MP3 werden jedoch nicht in der Zeitebene abgespeichert, sondern als entsprechende Frequenzinformationen, also als Spektrum. Das Audiosignal wird hierzu mit einer Filterbank in 32 sogenannte Subbänder zerlegt. Anschließend werden diese Bänder einzeln mit der ‚modifizierten, diskreten Kosinustransformation‘ (MDCT) in die Frequenzebene überführt. Man kann sich die MDCT mit einer FFT vergleichbar vorstellen. Letztere ist vielen Anwendern als Schlagwort im Zusammenhang mit sehr hoch auflösenden Analyzern bekannt. Die Verarbeitung geschieht blockweise. Im Resultat liegt unser Signal in Blöcken voller ‚Frequenzscheibchen‘ vor. Wer sich an dieser Stelle bereits Sorgen um die Qualität macht, kann beruhigt sein. Sieht man von der Filterbank zur Subbandzerlegung ab, die natürlich die Nachteile einer Filterung in sich trägt, ist der Vorgang der MDCT-Transformation erst einmal ohne Nachteil für den Klang. Der problematische Prozess folgt erst anschließend. Innerhalb des Spektrums ist es nun natürlich erstens möglich Abschnitte zu verwerfen, in denen gar keine Informationen vorliegen und zweitens die unterschiedlichen Frequenzbereiche in ihrer Wichtigkeit zu bewerten und dementsprechend mit unterschiedlicher Genauigkeit zu verarbeiten. Das bedeutet in der Praxis, dass die Randbereiche des Spektrums, also genau da, wo unser Ohr am unempfindlichsten ist (Vergleich ISO-Kurven gleicher Lautstärke, Abbildung 1), auch mit der geringsten Auflösung gespeichert werden. Tatsächlich werden alle Frequenzbereiche oberhalb von 15 kHz von der MP3-Kodierung weitestgehend eliminiert (Abbildung 2). Darüber hinaus ist es in der Spektralebene möglich, verschiedene Komponenten gegenüber anderen zu gewichten. Dies geschieht anhand psychoakustischer Modelle, welche die (Un)Fähigkeiten des Gehörsinns in die Bewertung der Wichtigkeit mit einbeziehen. Nicht, oder nur undeutlich wahrnehmbare Komponenten, werden gegenüber deutlichen in ihrer Auflösung reduziert. Dies kann zum Beispiel ein Frequenzbereich sein, der einem anderen im Pegel deutlich unterlegen ist und sozusagen ‚überstrahlt‘ wird. Aber das menschliche Gehör lässt nicht nur leisere, gleichzeitig auftretende Signalanteile ‚verschwinden‘, sondern durchaus auch in einem zeitlichen Fenster nacheinander folgende. Nach einem lauten Abschnitt benötigt das Gehör einige Millisekunden, bevor es leise Signalstrukturen wieder vollständig wahrnehmen kann. Da der Encoder weiß, wann, in welchem Frequenzbereich und wie

lange laute Komponenten aufgetreten sind, können die darauf folgenden, im Erholungszeitfenster des Gehörs liegenden Daten deutlich in ihrer Auflösung reduziert werden. Zum Abschluss des Encodings wird eine technische Datenkompression vorgenommen. Am Ende entsteht ein Konstrukt, welches sich aus hoch und niedrig aufgelösten (quantisierten) Signalanteilen zusammensetzt. Der Decoder baut aus diesem Datensatz durch Rücktransformation wieder ein ‚normales‘ Audiosignal in der Zeitebene zusammen. Die im Encoder verworfenen Signalanteile sind dabei unwiederbringlich verloren. Ihre Abwesenheit führt, je nach Intensität, zu hörbaren Störungen im kontinuierlichen Signal. So lassen sich MP3-Dateien meist einwandfrei an sehr unnatürlich klingenden Becken und unsauberen Bässen identifizieren. Bei starker Reduktion tritt dieses ‚Klingeln und Blubbern‘ sogar als eigenständiger Klang in den Vordergrund. Im kritischen Mittenbereich, wo unser ‚Ohr‘ besonders gut ‚hinhört‘, sind solche Störungen eher schwer auszumachen. Dies liegt jedoch hauptsächlich daran, dass die Auflösung in diesem Bereich absichtlich vergleichsweise hoch gehalten wurde.

Stereo

Um es vereinfacht und provokativ zusammenzufassen, es gibt genau zwei Arten von Stereophonie. Echte Stereophonie, deren Signale mit einem der anerkannten und bewährten Stereomikrofonverfahren aufgezeichnet wurden und ‚Knüppelstereophonie‘, deren (meist Mono-) Signale mit Panpots auf der Stereobühne angeordnet werden. Letztere eignet sich ganz hervorragend für die verlustbehaftete Datenreduktion, erstere nicht so sehr. Bevor die Kollegen aus der Popmusikfraktion nun Schnappatmung bekommen (während die Klassiktonmeister lächeln und denken ‚das hab ich ja schon immer gesagt‘), sei erklärt warum. Ein Stereosignal kann in zwei Kanalconfigurationen vorliegen. Die bekannteste Variante ist die Aufteilung in linken und rechten Kanal, die etwas weniger bekannte, ist die Aufteilung in Summen- und Differenzsignal. Man spricht auch von Mitte/Seite-Signalen oder kurz M/S. Beide Formate lassen sich (zumindest digital weitestgehend) verlustfrei ineinander überführen. Nimmt man nun einige Testdateien der oben beschriebenen Kategorien, so wird man recht schnell feststellen, dass Produktionen in Knüppelstereophonie viel weniger relevanten Inhalt im Differenzsignal (S) enthalten, als das Vergleichsmaterial in komplexer Stereophonie (Abbildung 3). Nun sei dieser Vergleich nicht als Qualitätsbewertung verstanden. Im Gegenteil, hat dieser Umstand mit technischer Qualität sehr viel zu tun, aber nicht mit ästhetischer. Doch dazu muss nochmal einen Schritt zurückgegangen werden. Die im Encoder vom Anwender ausgewählte

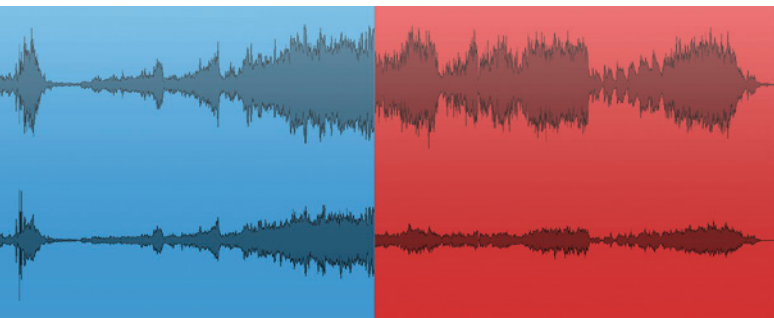


Abbildung 3: Links (blau) eine Aufnahme mit Hauptmikrofon, rechts (rot) eine Pop-Produktion. Der Unterschied im Pegelverhältnis zwischen Mitten- (oben) und Seitensignal (unten) ist erkennbar

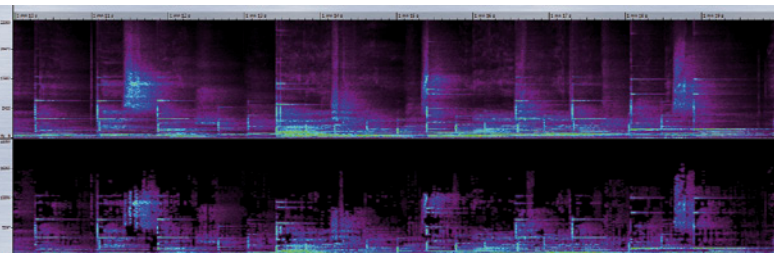


Abbildung 4: Das Seitensignal im Original (oben) und nach einer 160 kBit/s MP3-Konvertierung. Das durchaus kritische Eingangssignal wird von der Reduktion in allen Frequenzbereichen stark verändert

Bitrate verteilt sich auf zwei Kanäle. Das heißt, dass ein Stereosignal mit 320 kBit/s im einfachsten Fall jeweils 160 kBit/s für jeden der beiden Kanäle zur Verfügung hat. Die Verteilung kann natürlich auch anders sein, wenn der Inhalt von einem der beiden Kanäle mehr Kodierungsaufwand erfordert und damit mehr Datenrate verschlingt. Die meisten Reduktionsalgorithmen können die Umwandlung in Differenz- und Summensignal nutzen, man spricht in diesem Fall von Joint-Stereo. Und genau hier liegt der Hase im Pfeffer. Ein mit Knüppelstereofonie produziertes Musikstück besitzt nach der M/S-Codierung einen sehr prominenten und meist hochpegeligen M-Kanal und einen S-Kanal, der technisch weniger relevante Anteile und ein geringeres Pegelniveau aufweist. Die 320 kBit/s verfügbare Datenrate können also mit einer deutlichen Überlast zu Gunsten der Auflösung des M-Kanals genutzt werden, während sich die S-Anteile ohne große Sorgen mit weniger Auflösung zufriedenstellen lassen. Bei einer echt-stereofonen Aufnahme sind die Verhältnisse anders. Hier liegen sowohl bei L/R, als auch bei M/S hochgradig relevante Signalanteile in beiden Kanälen vor. Die Konvertierung bietet oft keinen signifikanten Vorteil. Das heißt, dass die verfügbare Datenrate tendenziell eher gleich zwischen den Kanälen verteilt werden muss. Man könnte auch sagen, beide Kanäle bekommen gleich wenig Datenrate ab. Die Reduktionsartefakte werden somit im Gesamtergebnis stärker wahrnehmbar. Es ist also tatsächlich keine Internetlegende,

dass bestimmte Musiktitel besser auf Datenreduktion reagieren, als andere. Komplexe Encoder können die Entscheidung für L/R- oder M/S-Kodierung für jeden einzelnen Block treffen. MP3, unsere Beispielreduktion, trifft diese Entscheidung einmalig für die gesamte Datei, manchmal sogar vom Anwender gesteuert. Wer sich die Mühe machen möchte, diese Ausführungen nachzuvollziehen, dem sei ein einfaches Experiment an die Hand gegeben. Man nehme eine unkomprimierte Originaldatei eines Poptitels (möglichst mit hoher Korrelation, also viel Monoanteil), sowie die MP3-Version davon, in einer Qualitätsstufe, bei der im beiläufigen Hören nur noch wenige Artefakte wahrnehmbar sind (zum Beispiel 160 kBit/s, CBR – siehe später). Anschließend sollten beide Dateien in eine Audioworkstation (DAW) importiert und in M/S kodiert werden. Nun den S-Kanal solo schalten und staunen. Das in Abbildung 4 sichtbare Spektrum eines solchen S-Kanalvergleichs ist natürlich ein Extrembeispiel. Es handelt sich hierbei um ein Lied, welches nur aus einem Glockenspiel und Gesang besteht, die Encodierung wurde mit 160 kBit/s durchgeführt. Allerdings ist dies die Bitrate, mit der viele Internetradios verbreitet werden, und so manche MP3-Sammlung enthält viele Stücke mit noch geringerer Datenrate. Durchaus realistisch also.

Variable oder feste Datenrate

Bei sehr vielen Encodern hat der Anwender die Auswahl zwischen variabler Bitrate (Variable Bit Rate – VBR) und konstanter Bitrate (Constant Bit Rate – CBR). Beide Varianten haben natürlich ihre Vor- und Nachteile. Bei konstanter Bitrate werden permanent Pakete mit der gleichen Größe erzeugt. Dies hat den Vorteil, dass zum Beispiel bei einer Streaming-Übertragung von vorneherein klar ist, wie viel Bandbreite zum Transport benötigt wird. Und auch die finale Größe der Dateien ist vor dem Kodiervorgang bekannt. Das Verfahren nimmt jedoch keine Rücksicht auf den Dateninhalt. Abschnitte mit starkem Kompressionsaufwand bekommen möglicherweise weniger Bandbreite zur Verfügung gestellt, als eigentlich benötigt würde. Dadurch werden Artefakte deutlich, die sich mit einer höheren Bitrate vermeiden ließen. Dagegen werden andere Abschnitte mit geringem Kompressionsaufwand mit einer Datenrate übertragen, die eigentlich gar nicht nötig wäre. Das System der variablen Bitrate setzt an dieser Stelle an und kennt einen anderen Parameter, nämlich den der Zielqualität. Alle Blöcke werden mit dem gleichen klanglichen Aufwand verarbeitet, wohingegen die dafür benötigte Bitrate permanent schwankt. Bei Streamings kann dies von Nachteil sein. Bei Dateien kommt es in vielen Fällen am Ende auf eine vergleichbare Gesamtdateigröße heraus. Zum Errei-

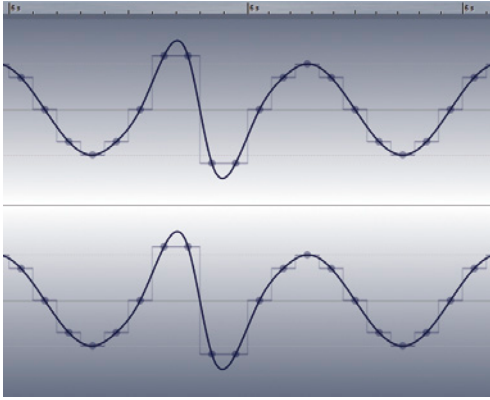


Abbildung 5: In dieser Darstellung wurde das kontinuierliche Signal interpoliert und zeigt schematisch den Verlauf der Signalspitzen im Vergleich zu den Samples

Over-sampling ratio	Under-read (dB) maximum $f_{norm} = 0.45$	Under-read (dB) maximum $f_{norm} = 0.5$
4	0.554	0.688
8	0.136	0.169
10	0.087	0.108
12	0.060	0.075
14	0.044	0.055
16	0.034	0.042
32	0.008	0.010

Abbildung 6: Maximaler Restfehler bei Messung der Spitzenwerte mit Überabtastung. Die beiden Spalten unterscheiden anhand verschiedener Grenzfrequenzen des Audiobandes, in der Praxis wird sich ein Wert dazwischen ergeben

chen einer guten Audioqualität bei kleinstmöglicher Dateigröße ist VBR also eine notwendige Voraussetzung. Die maximal mögliche Audioqualität liefert CBR bei höchster Bitrate, jedoch eben im Ergebnis auch mit maximaler Dateigröße.

Bandbreite

Mit diesem Grundwissen erschließen sich nun auch die Problemzonen bei der Datenreduktion. Denn wie bereits erwähnt, sind der Höhenbereich, vor allem durch den simplen und radikalen Beschnitt bei rund 15 kHz, und der Bass am stärksten von Artefakten betroffen. Hinzu kommt ein Phänomen, welches sich besonders bei moderner Pop- und Rockmusik negativ auswirkt. Nach der Systemtheorie benötigen komplexe Wellenformen eine hohe Bandbreite. Wird die Bandbreite reduziert, so sinkt die Komplexität der Wellenform also automatisch ab. Ein gutes, wenn auch rein theoretisches Beispiel ist eine Rechteckschwingung. Sowohl ihre Flanke, als auch die Plateaus am Scheitelpunkt sind von einer hohen Bandbreite abhängig. Ist diese nicht vorhanden, so wird die Originalwellenform verändert. Dies führt zu einem weiteren komplexen Problem.

Intersample Peaks

Da dieses Thema bereits in unserer Reihe über Loudness und R128 ausführlich besprochen wurde, sei es hier nur kurz angerissen. Einfach gesprochen handelt es sich bei Intersample Peaks um Signalspitzen, die nicht als diskrete Werte (also als Samples) im Digitalsignal vorhanden sind. Diese Spitzenpegel treten erst zu Tage, wenn das diskrete Signal wieder in ein kontinuierliches überführt wird. Da ein natürlicher Signalverlauf keine Ecken kennt, sondern überschwingen muss (egal wie hoch die Bandbreite ist), reichen die so verursach-

ten Spitzen in den analogen Pegelbereich oberhalb der digitalen Referenz von 0 dBFS. Solche Spitzen ‚zwischen‘ den Samples lassen sich in der digitalen Domäne bereits detektieren, wenn man sich für die Messung dem analogen (kontinuierlichen) Signalverlauf annähert (Abbildung 5). Dies kann durch Überabtastung des Signals geschehen. Die beiden Institutionen ITU und EBU haben sich auf eine vierfache Überabtastung verständigt, mit der der Fehler auf einen maximalen Rest von rund 0,7 dB reduziert werden kann. Je höher die Überabtastung, desto geringer wird der Restfehler, wobei eine 100%ige Genauigkeit, also ganz ohne Restfehler, rein mathematisch (und praktisch erst recht) niemals möglich ist. Abbildung 6 illustriert die verbleibende Ungenauigkeit bei verschiedenen Überabtastungen und zwei Grenzfrequenzen. Wir müssen also mit Intersample Peaks leben, können ihre Auswirkungen jedoch abschätzen lernen und sollten sie ganz sicher in die Überlegungen zur Optimierung der Encodierung einbeziehen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Möglichkeiten für einen Eingriff liegen also im Bereich der Stereobreite, des Bass- und Höhenbereichs, sowie natürlich, wie immer, in der Dynamik. Einzig auf den klanglichen Einfluss des psychoakustischen Modells hinter der Datenreduktion haben wir kaum Zugriff. Aber es gibt reichlich Ansatzpunkte, an denen ein Audiosignal für die Datenreduktion optimiert werden kann. Ob dies auch wirklich funktioniert, welche Anforderungen konkret Apple inzwischen stellt, um dies zu erreichen und welche klanglichen Konsequenzen es hat, soll der zweite Teil dieses Artikels erhellen. Dann werden wir sehen, ob es tatsächlich schaffbar ist, die ‚totgemonsterten‘ Formate mit neuem Leben zu erfüllen und ob es die Mühe wert ist.



Mastered for
iTunes

mp3

FRIEDEMANN KOOTZ
ABBILDUNGEN: FRIEDEMANN KOOTZ, DIVERSE

Mastered for iTunes?

HINTERGRUNDBETRACHTUNG ZU VERLUSTBEHAFTETER
DATENREDUKTION – TEIL 2

Nach einer kleinen Unterbrechung soll es nun weiter gehen mit unserer grundlegenden Betrachtung zum Thema Mastering für verlustbehaftete Formate im Allgemeinen und diesmal ‚Mastered for iTunes‘ im speziellen. Die großen Fragen, denen auf den Grund gegangen werden soll, sind schnell noch einmal zusammen gefasst. Welche Probleme entstehen durch die Komprimierung unserer Audioprodukte und lassen sich diese Probleme durch geeignete Maßnahmen im Mastering kompensieren? Apple hat sich unter dem Slogan ‚Mastered for iTunes‘ mit diesem Themenbereich auseinandergesetzt.

Seit 2007 arbeitet iTunes mit dem sogenannten AAC-Format, bei durchschnittlich 256 kbit/s und variabler Bitrate (VBR). Apple bezeichnet dies als das sogenannte iTunes Plus-Format, welches sich vom zuvor verwendeten Format nicht nur in der Bitrate unterscheidet, sondern auch gänzlich auf Kopierschutz und Digital Rights Management (DRM) verzichtet. AAC unterscheidet sich vom im ersten Teil dieses Artikels beschriebenen MP3 in relativ wenigen Punkten, bietet jedoch, glaubt man verschiedenen Hörtests, vor allem bei geringeren Bitraten eine höhere Audioqualität.

AAC

Die Abkürzung AAC steht für Advanced Audio Coding. Das Format wurde von der Moving Pictures Expert Group (MPEG) bereits 1997 publiziert. Es hat hin und wieder Erweiterungen erfahren, wozu zum Beispiel AAC+ (auch HE-AAC genannt) gehört, welches jedoch nur bei geringen Bitraten einen Vorteil bringt. Es stellt keinen Ablösung von AAC dar, sondern weist einen anderen Anwendungsfokus auf. Und obwohl es sich bei AAC um einen von der ISO zertifizierten internationalen Standard handelt, müssen für die Implementierung des Codec Lizenzgebühren entrichtet werden. Technisch gesehen liegt der Unterschied zu MP3 in zwei zentralen Punkten. Zunächst wird auf die dort im ersten Schritt eingesetzte Filterbank verzichtet. Dies ist ein wichtiger Punkt für die Audioqualität, denn diese sogenannte Subbandzerlegung ist nicht ganz unkritisch. Vereinfacht kann sie als Frequenzweiche betrachtet werden, deren einzelne Teile am Ende wieder ein Ganzes ergeben. Dieses Ganze ist theoretisch eine 100 prozentige Entsprechung des Eingangssignals. Allerdings können sich durch die anschließende Verarbeitung Verhältnisse ergeben, die das Signal nach der Zusammensetzung verändern. Dies können etwa Filternichtlinearitäten sein. Durch Verzicht auf die Subbandzerlegung wird die Qualität nicht automatisch besser, aber es entfällt eine mögliche Fehlerquelle. Zweitens nutzt AAC eine höhere Blockgröße für die Quantisierung. Die dadurch verfeinerte Frequenzauflösung hat nicht nur Vorteile für stationäre Signale, sondern auch für Transienten. Praktisch betrachtet müsste AAC also vorteilhafter als MP3 mit der Impulsstruktur des Signals umgehen können. Dies lässt sich jedoch nicht ohne weiteres verifizieren. AAC weist außerdem keine generelle Begrenzung des Frequenzgangs auf rund 16 kHz auf. In den nächsten Schritten wird das Signal anhand vergleichbarer psychoakustischer Modelle analysiert und um ‚nicht relevante‘ Signalanteile erleichtert. Am Ende bekommt der Anwender

eine Datei, die eine schier unerschöpfliche Vielfalt an Dateientendungen tragen kann. Dazu gehören .m4a, .m4b, .m4p, .m4v, .m4r, mp4, .3gp und natürlich .aac. Sie alle enthalten die gleichen Audioinformationen, gegebenenfalls um allerlei Metadaten erweitert.

Optimierung

AAC bietet also auf den ersten Blick weniger ‚Angriffsfläche‘ für eine Optimierung. Aber gerade darauf möchte Apple mit Mastered for iTunes ja hinaus. Was will Apple also genau erreichen?

Apples Encoder

Mit dem Dokument ‚Mastered for iTunes‘ (kurz MfIT) hat Apple eine Art Leitfaden herausgegeben, mit dessen Hilfe Muskschaffende die Voraussetzungen für ‚optimale‘ Klangqualität der Musikstücke im iTunes-Store schaffen sollen. Das Dokument im PDF-Format steht Jedem als kostenloser Download auf der Apple-Website zur Verfügung. Neben viel Marketingsprache benennt Apple darin grob technische Schritte, die der hauseigene AAC-Encoder vollzieht. Zunächst soll ein mit Fließkommaarithmetik arbeitender Abtastratenwandler das Audiosignal auf die Zielabtastrate von 44,1 kHz bringen. Als Ergebnis liegt eine Audiodatei vor, die mit 32 Bit Wortbreite (Fließkomma) aufgelöst ist. Dithering wird nicht angewendet. Es werden Metadaten, wie etwa die Soundcheck-Informationen (zum Abspielen mit gleicher Lautstärke) angehängt. Aus dieser Vorlage entsteht im Codierprozess das finale AAC. Anschließend beschreibt das MfIT-Dokument die empfohlenen Parameter für optimale Masterdateien für iTunes. Sie sollten eine höhere Auflösung als das CD-Format (44,1 kHz Abtastrate, 16 Bit) besitzen und nicht bereits mit Abtastratenwandlern oder Dither behandelt sein. Als ‚optimales‘ Format wünscht sich Apple die Abtastrate 96 kHz bei 24 Bit Wortbreite. Es wird auch darauf hingewiesen, dass dies unter dem Aspekt wichtig ist, dass für zukünftige Formate die optimale Quelle zur Verfügung steht, dazu aber später mehr.

Master for iTunes Plus

Damit ein Titel das ‚Siegel‘ Mastered for iTunes bekommt, besteht Apple darauf, die Dateien auf ihre Qualität zu prüfen. Dies soll vor allem der Fall sein, wenn bereits bestehende Dateien durch neue Versionen ersetzt werden. Wie diese Prüfung aussieht und ob sie automatisiert oder manuell erfolgt, bleibt dabei völlig offen. Auch was sich Apple unter

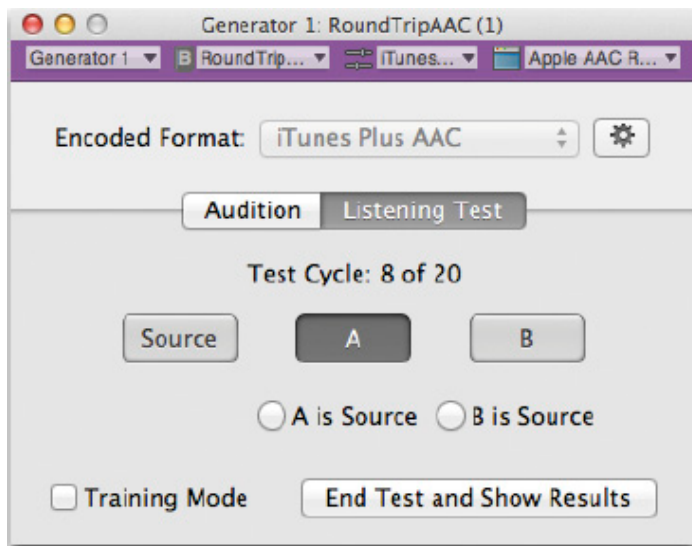


Abbildung 1: Das Programm AACRoundTrip erlaubt Blindvergleiche zwischen dem Originalsignal und der AAC-Version

dem Kriterium, dass die neue Datei „deutlich besser klingen muss als die zuvor veröffentlichte Version“ vorstellt, wird leider nicht erklärt. Ein Kernpunkt der Qualitätsoffensive ist dabei die als extrem wichtig beschriebene Vermeidung von digitalem Clipping. Apple empfiehlt die Dateien mit einem Headroom von 1 dB zu erzeugen, um solche Übersteuerungen zu vermeiden. Dabei kommen als Kriterium auch die wichtigen Intersample Peaks (ISP) zum Tragen.

Software

Neben dem beschreibenden Dokument stellt Apple mehrere Softwaretools zur Verfügung, mit deren Hilfe die Qualität der eigenen Master geprüft und verifiziert werden kann. Der wichtigste Bestandteil ist dabei das Programm ‚afconvert‘. Es handelt sich um ein Befehlszeilenprogramm ohne eigene Oberfläche und konvertiert Audiodateien vollautomatisch in das iTunes Plus-Format. Es eignet sich daher eher zur Integration in einen Workflow und nicht so sehr für gelegentliche Experimente. Einfacher zu verwenden ist das so-

genannte ‚Master for iTunes Droplet‘. Dabei dient es im Kern nur als grafische Oberfläche für ‚afconvert‘. Der Anwender lässt die entsprechenden Dateien schlicht auf dem Droplet ‚fallen‘ und erhält die konvertierten AACs. Technisch entspricht ‚afconvert‘ dem Prozess, der nach dem Upload bei iTunes das finale AAC-Master erstellt. Auch hier wird eine zweistufige Bearbeitung ausgeführt, deren erster Schritt die Abtastratenwandlung (falls notwendig) ist. Über einen Befehl kann der Abtastratenwandler zwischen einem Normal- und dem sogenannten Bats-Modus umgeschaltet werden. Die beiden Modi unterscheiden sich in der Filterung und können zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Auch Abtastratenwandler werden ein separates Thema der Hintergrundserie werden. Für die Dekodierung der AAC steht das Audio to Wave Droplet zur Verfügung. In diesem Fall wird als Ergebnis eine PCM-Audiodatei geschrieben, deren Abtastrate der des Originals entsprechen sollte, damit der direkte Vergleich innerhalb eines Audioprogramms möglich wird. Es eignet sich also, um die Audioqualität der Master nach der Bearbeitung zu beurteilen; wenn auch etwas aufwändiger. Etwas leichter geht das Ganze mit alternativen Programmen von der Hand, wie etwa dem Pro-Codec und der Codec Toolbox von Sonnox. Beide enthalten ebenfalls die original Apple-Prozesse. Es bleibt dabei immer der Makel, dass der iTunes Plus-Encoder nur in den jeweiligen Mac-Versionen der Software zur Verfügung steht. Auf dem PC können sich Anwender mit den entsprechenden Einstellungen des dort verfügbaren AAC-Encoders gut annähern. Es ist jedoch nie genau der gleiche Prozess, vor allem, da der Abtastratenwandler in diesem Fall abweicht. Auch Steinbergs Wavelab wird ab Version 8.5 die Möglichkeit eines Codec-Vergleichs bieten. Das Apple-Programm RoundTripAAC ermöglicht einfache Vergleiche zwischen dem AAC-encodierten Ergebnis und der original Wav-Datei. Es ist mit einem ABX-Vergleichssystem ausgestattet. Es spielt ein Beispiel ab, welches zufällig aus dem PCM- oder AAC-Signal entstammt. Der Anwender kann nun entscheiden, welche der beiden Quellen zugrun-

```
afclip : "./Raven_44_Limit.wav"      2 ch,  44100 Hz, 'lpcm' (0x0000000C) 24-bit
little-endian signed integer
CLIPPED SAMPLES:
    SECONDS      SAMPLE      CHAN      VALUE      DECIBELS
    65.833231    2903245.50    1      -1.006924    0.059931
    212.155357    9356051.25    2      -1.003618    0.031370
    216.056859    9528107.50    2      -1.002388    0.020721

total clipped samples  Left on-sample:  0  inter-sample:  1
total clipped samples  Right on-sample:  0  inter-sample:  2
```

Abbildung 2: Die mit ‚afclip‘ erstellte Dokumentation einer übersteuerten Audiodatei

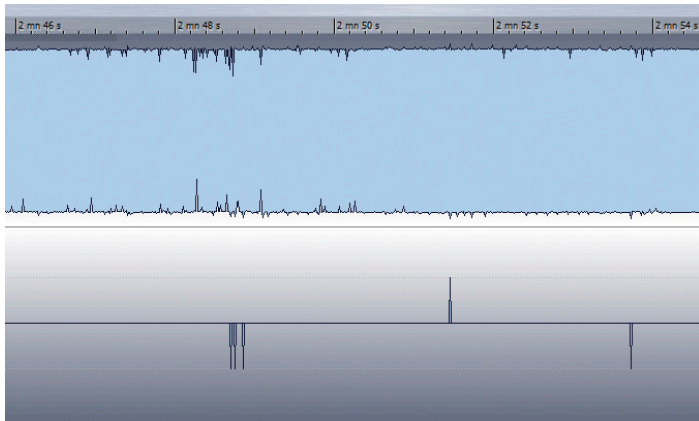


Abbildung 3: ‚afclip‘ erzeugt außerdem eine Audiodatei, in der sich die Störung im ‚zweckentfremdeten‘ rechten Kanal wiederfinden lässt

de lag und so überprüfen, ob er die Qualität der beiden Signale unterscheiden kann (Abbildung 1). Auch auf dem PC gibt es alternative ABX-Testsoftware, zum Beispiel im kostenlosen Mediaplayer Foobar2000. Das vierte wichtige Programm hört auf den Namen ‚afclip‘. Es handelt sich hierbei um ein Analysewerkzeug, welches Audiodateien (vor der Encodierung!) auf Intersample Peaks untersucht. Prinzipiell kann diese Aufgabe auch von den meisten modernen Peakmetern übernommen werden. Da es sich bei der Intersample Peak Detektion jedoch um einen etwas aufwändigeren Prozess handelt, dessen Filterstufe nicht allgemein normiert ist, kann der Apple-Detektor durchaus noch ansprechen, während das eigene Meter eigentlich bereits Entwarnung signalisiert. Dieses Problem liegt im System und lässt sich nur vermeiden, wenn entweder einem Standard gefolgt (z.B. ITU 1770-3) oder aber immer das gleiche Werkzeug verwendet wird. Im Falle von iTunes ist letztere Lösung wohl die erfolgsversprechendste, da Apple mit den entsprechenden Informationen nicht hausieren geht. Die Software ‚afclip‘ arbeitet ebenso als Kommandozeilenwerkzeug und bearbeitet die Dateien ohne grafische Oberfläche. Treten Übersteuerungen auf, so wirft ‚afclip‘ eine Konsolen-Meldung aus, welche die Störung recht umfangreich dokumentiert. Darin findet sich der genaue Zeitpunkt, sowohl als Sekundwert, als auch als Sampleposition (Abbildung 2). Intersample Peaks sind als Komma-Sample angegeben, bei vierfacher Überabtastung kann eine Übersteuerung also die Zwischensamplewerte $x,25$ und $x,5$ und $x,75$ haben. Ebenfalls angegeben ist die Höhe des übersteuerten Samples als Absolutwert und in Dezibel. Diese Informationen sind interessant für die Nerds in unserer Redaktion, für die meisten Anwender genügt die Tatsache, dass es Übersteuerungen gab. Neben der textlichen Fehlerdokumentation produziert ‚afclip‘ eine Audiodatei, deren linke Spur der Originaldatei entspricht, je-

Philosophie - Pono

Hinter diesem Namen verbirgt sich ein Projekt, welches sich hohe Klangqualität auf die Fahne geschrieben hat. Es handelt sich dabei um ein Musikdistributionsportal, sowie einen mobilen Audioplayer. Beide sollen mit unkomprimierten Formaten bestückt werden und somit die hohe Audioqualität des Studios zum Konsumenten tragen. Als Format bevorzugt Pono Audiodateien mit 96 oder gar 192 kHz Abtastrate und 24 Bit Wortbreite. Der Wandler des Players soll die hochauflösenden Audiodateien in adäquater Form ans Ohr bringen. Pono wird von verschiedenen Größen der Musikbranche unterstützt. Dabei ist zum Beispiel Neil Young eine treibende Kraft hinter, und auch Teilhaber an der Firma Pono. Die Marketingseite setzt vorwiegend auf die Idee, dass Formate mit höherer Auflösung als eine CD klanglich einen eklatanten Unterschied machen würden. Auch wenn dies in einigen Fällen durchaus wahr sein kann (durch verschiedene Ursachen), bleibt es zumindest für den mobilen Einsatz fragwürdig. Allein der mehr als doppelte (96 kHz) oder gar über vierfache Platzverbrauch (192 kHz) lässt uns zweifeln. Andererseits ist es natürlich positiv, wenn das geliebte Musikstück nur noch in einem, dem bestmöglichen, Format vorhanden ist. Wir sehen Pono daher mit Bauchschmerzen, wegen der fragwürdigen Vorgaukelung überlegener Audioqualität, aber auch als gute Entwicklung. Zeigt es doch, dass es durchaus einen Massenmarkt für gute Audioqualität und vor allem Reduktionsfreiheit zu geben scheint. Vielleicht bringt es ja auch die anderen Branchengrößen zum Umdenken. Es ist bisher schwierig ein umfangreiches Angebot an verlustfreier Musik im Netz zu bekommen. Am Ende kauft man doch eine CD oder sogar eine Schallplatte. Wenn Pono und andere Anbieter hier eine Alternative bieten, kann dies nur gut für unsere Branche sein. Gänzlich abseits der technischen Diskussion über den Sinn extremer Abtastraten.



Der Pono-Player soll bessere Audioqualität bieten und Abtastraten bis 192 kHz verarbeiten können

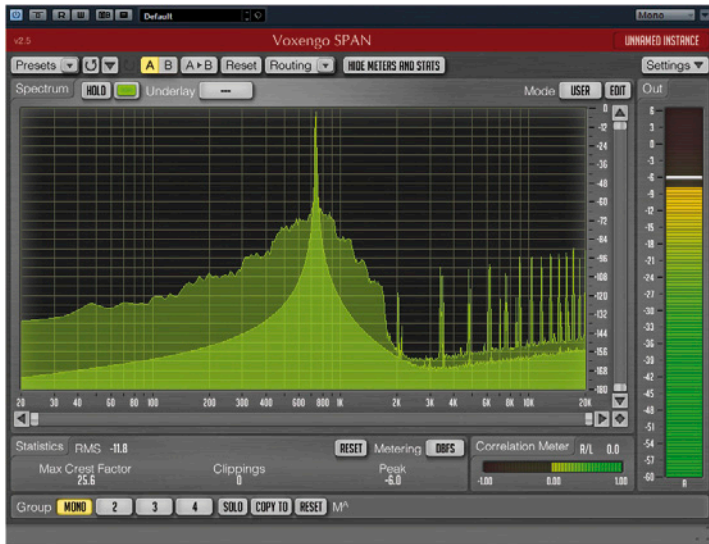


Abbildung 4: Das Spektrum eines Sinussignals vor und nach der Konvertierung zu MP3. Das erhöhte Störspektrum ist deutlich erkennbar

doch deren Daten im rechten Kanal keine echten Audioinformationen sind. Stattdessen handelt es sich um kurze Sampleimpulse an den Stellen, an denen sich im Original eine dokumentierte Übersteuerung befindet (Abbildung 3). Eine sehr praktische Lösung. Allerdings sollte man die Fehlerdatei nicht unbedingt abspielen, da die Impulse durchaus hohe Pegel aufweisen können. Es scheint auch in manchen Programmen Probleme mit diesem Format (obwohl es formal eine Audiodatei ist) zu geben. So konnten wir es zum Beispiel in Nuendo nicht öffnen.

Praxis

Eine wichtige Frage ist, was sind eigentlich Clippings? Bei reinen Samples ist die Frage relativ kurz zu beantworten (wenn auch etwas vereinfacht, aber wir brauchen ja auch noch Stoff für weitere Hintergrundartikel...). Erreichen drei Samples nacheinander den Maximalpegel von 0 dBFS, so kann mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer Übersteuerung, einem digitalen Clipping, ausgegangen werden. In der Intersample Peak-Welt kann jeder gemessene Wert oberhalb von 0 dBFS als Übersteuerung angesehen werden. Ein Haken an dieser Bewertung liegt im Maximalpegel. Denn, wird der Pegel des Ausgangssignals reduziert, so verschwindet natürlich auch die Übersteuerungsanzeige. Die Ursachen, die abgeschnittenen Signalspitzen, verbleiben natürlich weiter im Signal. Dies kann auch der Algorithmus von ‚afclip‘ nicht abweichend beurteilen und so lässt sich die Klangqualität eines durch Loudness-Maximizer oder Signal-Clipper auf hohe Loudness getrimmten Musikstückes natürlich nicht verbessern, wenn man die Forderung von Apple erfüllt und das

Signal mit 1 dB Headroom einreicht. Wir haben verschiedene Testdateien durch ‚afclip‘ laufen lassen und dabei genau das bestätigt bekommen, was wir auch erwartet hatten. Erstens, es genügt nicht, ein Master mit -1 dBFS abzuliefern, wenn vorher kein Intersample Peak-Limiter aktiv war. Bei bestimmten Testsignalen lieferte ‚afclip‘ eine korrekte Übersteuerungsmeldung, auch wenn das PCM-Signal nur bis -1 dBFS ausgesteuert war. Zweitens, die Aussteuerungsreserve von 1 dB sollte tatsächlich eingehalten werden. Der AAC-Encoder scheint auch bei ISP-limitierten Signalen zwischen 0 und -1 dBFS noch Übersteuerungen zu erzeugen. Dies ist nicht verwunderlich, empfiehlt doch zum Beispiel die EBU für Signale, die durch einen Encoder laufen sollen, sogar -3 dBTP Headroom (also drei Dezibel Headroom, bereits nach True Peak Pegel bewertet!). Drittens, wird der Absolutpegel einer übersteuerten Datei schlicht reduziert, so meldet ‚afclip‘ keine Störungen, wobei diese natürlich, wie oben erwähnt, nicht durch Zauberhand verschwunden sind.

Wir halten fest; die Richtlinie zur Einhaltung von 1 dB Headroom bei der Erzeugung der Masterdatei ist korrekt, jedoch nicht genau genug. Die Aussteuerungsgrenze sollte genau gemessen bei -1 dBTP (True Peak) liegen. Es genügt nicht, -1 dBFS zu messen. Zum Glück sind die meisten Audioworkstations und Audioprogramme inzwischen mit solchen True Peak Metern ausgestattet. Es empfiehlt sich außerdem, einen True Peak Limiter einzusetzen. Diese sind bereits für sehr kleines Geld als Plug-Ins erhältlich. Bleibt die Frage nach der hohen Signalaufösung. Sollte das Master wirklich nicht besser im finalen Format ausgeliefert werden? Dieses Problem muss von zwei verschiedenen Seiten betrachtet werden. Zunächst die Wortbreite (Bittiefe). Apple verzichtet bei der Konvertierung auf Dither. Diese Entscheidung ist nachvollziehbar, denn auch Dither von geringem Pegel ist ein Signal, welches von der AAC-Konvertierung verarbeitet werden muss. Dither sollte immer der letzte Schritt in der Signalverarbeitung eines Masters sein. Wer am Ende auf das Zielformat geht, sollte einen guten Dither-Algorithmus nutzen. Aber bei iTunes ist das Ausspielen des Masters eben nicht der letzte Verarbeitungsschritt, sondern die anschließende Konvertierung. Betrachtet man das Rauschspektrum von AAC- oder MP3-Encodern (Abbildung 4), so erkennt man, dass der Geräuschpegel der Kodierung oberhalb dem des Dithers liegen würde. Dither bringt hier also keinen Vorteil. Es spricht nichts dagegen, 24 Bit an iTunes auszuliefern. Komplizierter ist das Problem der hohen Abtaststraten. Vorweg, natürlich hat es keinen Wert, eine Produktion vor dem Upload mit Upsampling zu bearbeiten. Hier auf weist auch Mastered for iTunes hin. Liegt das Produkt in 44,1 kHz vor, so sollte es auch dort verbleiben. Alle hö-

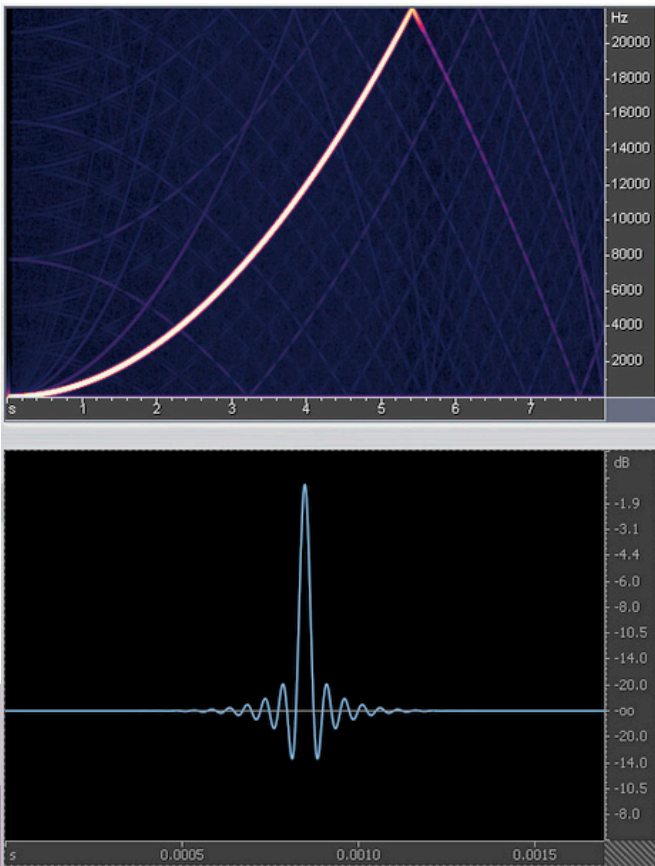


Abbildung 5: Der ‚Normalmodus‘ des Abtastratenwandlers von Apple weist ein gutes Zeitverhalten (schnell einschwingendes und abklingendes Ringing, unten), aber nicht perfekte Signalunterdrückung (oben) auf (Foto: <http://infinitemwave.ca>)

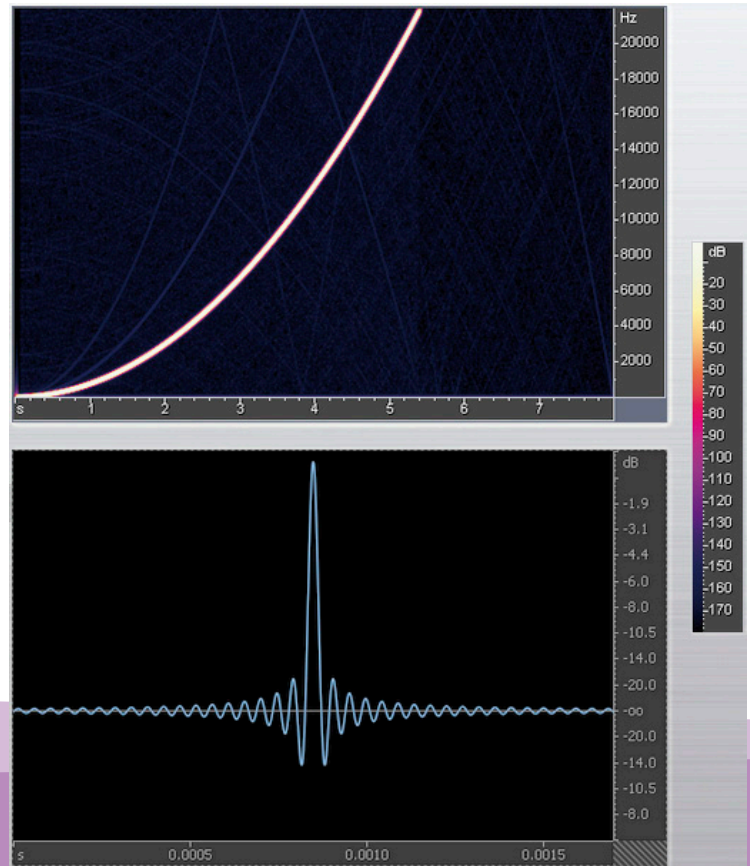


Abbildung 6: Dagegen ist der ‚Bats-Modus‘ mit einem deutlich besseren Frequenzverhalten (starke Unterdrückung der spektralen Störkomponenten), aber einem starken Ein- und Ausschwingen ausgestattet (Foto: <http://infinitemwave.ca>)

heren Abtastraten müssen vor der AAC-Kodierung konvertiert werden. Apple behauptet, einen besonders hochwertigen Abtastratenwandler einzusetzen. Zum Glück gibt es die Website <http://src.infinitemwave.ca/>, auf der verschiedene Abtastratenwandler verglichen werden können. Dabei schneidet der Apple-Algorithmus gut, aber nicht perfekt ab (Abbildungen 5 und 6). Wobei ‚perfekt‘ natürlich immer relativ ist, denn gerade bei der Filterung gilt es immer einen guten Kompromiss zwischen Nachteilen im Frequenzspektrum mit Nachteilen im Zeitverhalten abzuwägen. Diese Aufgabe hat Apple nicht schlecht gelöst. Auf den ersten Blick spricht also auch hier nichts dagegen, das fertige Master bei hoher Abtastrate hochzuladen, wäre da nicht das ‚Aber‘. In den meisten guten Masteringhäusern sind noch bessere Abtastratenwandler vorhanden. In sehr vielen Fällen arbeiten Mastering-Ingenieure mit analoger Technik und nehmen das Ergebnis im Zielformat auf. Das bedeutet, dass die Abtastratenwandlung implizit durch eine analoge Strecke übernommen wird. Diese Methode ist einer digitalen Abtastratenwandlung vorzuziehen. Für iTunes Plus sollte demnach also das finale

Format, 44.100 Hz Abtastrate bei 24 Bit Wortbreite, erzeugt werden. Natürlich darf dabei nicht vergessen werden, auch eine hochauflösende Variante zu erzeugen. Denn man kann nie wissen, ob diese nicht in naher Zukunft noch einen Vermarktungsweg finden wird.

Pro oder doch contra Hi-Res Upload

Beschäftigt man sich etwas genauer mit ‚Mastered for iTunes‘, so stößt man auf einen entscheidenden Hinweis, der all unsere Überlegungen zur technischen Optimierung bei der Kodierung in Frage stellt. Eine zentrale Forderung des ‚Mastered for iTunes‘-Dokuments besteht darin, alle Originaldateien in der höchsten möglichen Auflösung anzuliefern. Das bedeutet, dass das im Mastering Studio entstehende Endformat durchaus höher sein sollte, als das übliche CD-Format mit 44,1 kHz Abtastrate und 16 Bit. Über die technischen Vorteile dieser Überlegung haben wir bereits gesprochen, allerdings sind sie aus unserer Sicht gar nicht entscheidend. Durch die unter Mastered for iTunes

formulierten Forderungen kommt Apple in die Lage, eine große Bibliothek hoch aufgelöster Musikstücke aufbauen zu können. Sollte sich Apple irgendwann entscheiden, und die entsprechenden Gerüchte gibt es seit einigen Monaten, auch verlustfreie Formate in iTunes anzubieten, so verfügen sie bereits beim Verkaufsstart automatisch über eine umfangreiche Bibliothek. Ein nicht zu unterschätzender Marktvorteil, der es Apple leicht möglich macht, schnell auf Konkurrenzformate wie Pono (siehe Kasten) zu reagieren. Unter dem Deckmäntelchen der Klangqualität lässt sich Apple mit Formaten versorgen, die später einmal einen wirtschaftlichen Vorteil bringen können. Clever. Aber an dieser Stelle stoßen unsere Optimierungsüberlegungen natürlich an eine Grenze. Sollte sich der Anwender entscheiden, technisch auf die Kodierung optimierte Audiodateien hochzuladen, so sind diese nicht optimal als hochauflösende Formate geeignet. Es bleibt aber die Frage, ob der Kunde bereit ist, ein erneutes Mastering in Auftrag zu geben, sobald das hoch auflösende Format ebenfalls vermarktet wird. Und wird Apple zu diesem Zeitpunkt bereit sein die alten Dateien wirklich durch neue, im gleichen Format erstellte, zu ersetzen? Im Zweifel sind falsch gemasterte, da niemals für diesen Zweck gedachte, Varianten bereits in der Welt. Kein

schöner Gedanke. Am Ende bleibt also eigentlich ein durchmisches Fazit.

Fazit

Es lohnt sich durchaus auf das endgültige Format Rücksicht zu nehmen. Allerdings sollten dabei nur Prozesse angewandt werden, die auch universelle Gültigkeit haben und dabei keinen Schaden anrichten. Es bleibt also keine gute Idee, zum Beispiel eine Hörsperre zu nutzen, auch wenn dies im Kodierprozess auch geschieht (zum Beispiel MP3). Auf der anderen Seite ist das Vermeiden von Intersample-Peaks natürlich für jedes Format eine gute Idee. Damit ist diese Empfehlung natürlich allgemeingültig und nicht nur für iTunes geeignet. Es lässt sich heute leider nicht vermeiden, im Zweifel davon ausgehen zu müssen, dass das uncodierte Format auch vom Händler der Wahl verwendet wird. Eine konservative Herangehensweise ist hier sicher angebracht, damit sich die eigene Arbeit nicht, gerade wegen des guten Willens, am Ende negativ für den Klang auswirkt. Aber die Entscheidung, was nun am Ende auf dem Server landet, muss der Künstler oder das Plattenlabel treffen. Man muss nur die Möglichkeiten kennen.

MODERNER KLASSIKER

Das Original erfindet sich neu

Vor 50 Jahren entwickelte Mr. Rupert Neve in Little Shelford, England eine Serie von Mikrofonvorstufen und Equalizern, deren Klang die Studiowelt revolutionierte. Für die Neuauflage dieser Serie kombiniert der gleiche Entwickler das Beste der Klassiker mit einem zeitgenössischen Konzept sowie technisch modernen Komponenten. Erleben Sie klassischen Sound und authentisches Rupert Neve Design des 21. Jahrhunderts mit der **neuen Shelford Serie**.

5051
INDUCTOR EQ
COMPRESSOR

5052
MIC PREAMP
INDUCTOR EQ

Im Vertrieb der

MEGA AUDIO

www.megaaudio.de, info@megaaudio.de, Tel: 06721/94330

Designed by

**RUPERT
NEVE
DESIGNS**

Studio: Cinesound Berlin



...wir bauen Studios

- Messung
- Beratung
- Planung
- Akustikmodule
- Montage

www.mbakustik.de

mbakustik
büro für akustik und studiodesign



habst.de • +49 (0) 30 695 34 895

HABST
KABELANFAKTUR

Master Clocks
Signalverteiler
Formatkonverter
Abtastratenwandler
Referenzgeneratoren



studio essentials!

- Für
- A/V Recording
 - Post Production
 - Rundfunk
 - Bühne



MTX-MONITOR.V3 Abhörverstärker



MTX-Monitor.V3 mit neuer, extrem neutraler Audioelektronik für anspruchsvolle Stereo-Abhör Aufgaben im Studio- und High-End-Bereich. Kopfhörerverstärker und Messausgänge für Stereo-Peakmeter/Korrelator sind integriert. Alle Funktionen fernsteuerbar.

Unser Programm: analoge Stereo-Router und Summierer
analoge Surroundrouter/Verteiler
Symmetrier- und Verteilverstärker
hochwertige Stromversorgungen

INFOS: www.funk-tonstudioteknik.de

E-MAIL: funk@funk-tonstudioteknik.de

FUNK TONSTUDIOTECHNIK 10997 BERLIN PFUELSTR.1A TEL. 030-6115123 FAX 030-6123449



www.apelton.de

Service · Know-How · Erfahrung
 Restaurierung · · Überholung · · Einmessung
 analoger Verstärker Effektgeräte Bandmaschinen
 Dipl.-Ing. Ulrich Apel VDT · Brückweg 23 · 53947 Nettersheim
 Telefon 02440/959340 · Mobil 0170/9013523 · uli.apel@web.de



XL2 Audio- und Akustik Analysator

von Profis für Profis!

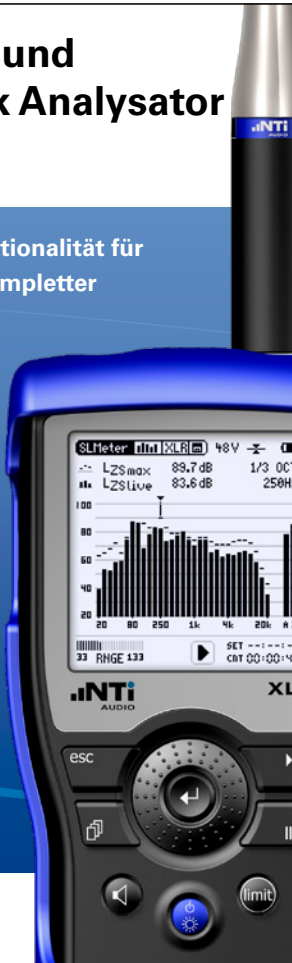
XL2 bietet kompromisslose Funktionalität für die Überprüfung und Wartung kompletter Audio-Systeme. Er analysiert:

- Audio Signale mit Frequenz- und Pegelmessung von 10 µV bis 25 V
- Klirrfaktor mit Eigenverzerrung von < -100 dB (0.001 %) typ.
- Schallpegel mit Güteklasse 1. Erfüllt alle Anforderungen der DIN 15905 mit Grenzwerten
- Terzpegel mit Logging Funktionen
- Nachhallzeit mit Terzauflösung
- Echtzeit FFT
- Polarität von Lautsprechern u. Kabel

Weitere Informationen unter:
www.nti-audio.com



Schweizer Qualität




NEW

PT0760M

Multichannel HD/SD Waveform Monitor



"Solutions in Audio & Video"




DK - Technologies

HAUPTFUNKTIONEN PT0760M/00A


- 1 x HD/SD-SDI, autoformat De-Embedder
- Module für AES Ein- und Ausgänge
- Module für analog Audio
- Dolby E/AC3-Decodermodul
- 5.1 Surround Sound Messung
- ITU-Loudness mit 400Hz oder 1 kHz Referenz

Email: info@dk-technologies.com • Web: www.dk-technologies.com
 Tel: +49 (0)40-70103707 • Fax: +49 (0)40-70103705


DK-Technologies Germany GmbH, Tibarg 32c, 22459 Hamburg.




Forsell Technologies SMP-2



Deutscher Vertrieb durch
www.adebar-acoustics.de



TLM 102



Smart. Sweet. Powerful.

Georg Neumann GmbH • Ollenhauerstraße 98 • 13403 Berlin • Germany • www.neumann.com

FOR-TUNE

Vertrieb für professionelle Studioteknik




Zuverlässige Verbindungen!



For-Tune Vertrieb • Krummenackerstr. 218 • D-73733 Esslingen/Neckar
 Tel.: 0711-46915185 • Fax: 0711-46915187 • <http://www.for-tune.de>



Unser Ziel: Die perfekte Übertragung von Ton-signalen.

Unsere innovativen Kabel werden in der Schweiz hergestellt und befriedigen höchste Ansprüche an die Klangqualität. Symmetrische und unsymmetrische Signalkabel, Lautsprecherkabel, Netzkabel: Wir bieten in jedem Fall aussergewöhnliche Lösungen an.

S.E.A. Vertrieb & Consulting GmbH
 Auf dem Diek 6
 D-48488 Emsbüren
 Tel. +49 59 03 93 88-0
 E-Mail info@sea-vertrieb.de
www.sea-vertrieb.de

weitere Informationen unter www.vovox.com



Full-Service zu Internetpreisen



Top 5
im Preisvergleich

Werden Sie Stützpunkthändler auf Provisionsbasis!
 Händler-Anfragen bitte an info@123cd.de



www.profi-mikrofonschiene.de

OCT-Surround/INA5



DECCA-Tree



- flexibles Baukastensystem
- ein System für alle Konfigurationen
- hohe Stabilität bei geringem Gewicht
- Spannweiten bis 4m
- Montage auf Stativ oder hängend
- Winkelskala für ORTF, EBS, NOS, DIN, XY
- integrierte Zugentlastung
- unverlierbare Verbindungselemente



Hirscher Datentechnik GmbH
Wöhrder Hauptstr. 31 · 90489 Nürnberg
Tel. +49 (0) 911 58866-70
info@profi-mikrofonschiene.de

STELLER-ONLINE
pro audio und computertechnik



Professionelle
Audio PC-Systeme
Audio und Video
Workstations
Studiotechnik
und Software
Individuelle Beratung
und Support

www.steller-online.com | Tel.: +49 (0) 61 42 / 55 00 850

VERTIGO SOUND
DISCRETE VCA COMPRESSION



www.vertigosound.com
distributed by www.hestudiotechnik.de

www.solid-state-logic.com

SSL.
Let's make **music.**



Duality & AWS 900+



Die neuen Standards für Musikkonsolen

XLogic



Analoge Bearbeitung von SSL im Rack

C200 HD & C300 HD



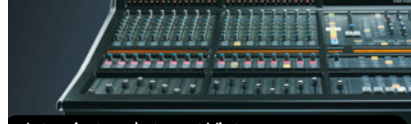
Digital und intuitiv mit Workstationsteuerung

I/O Range



Umfangreiches I/O-Angebot

Matrix



Integriert und steuert Vintage
und Workstation(s)

Duende



SSL-Prozessoren in ihrer Workstation

Ob Home-, Projektstudio oder kommerzieller Multiplex - vom
Workstationbeschleuniger bis zur definitiven Musikkonsole, unsere
sämtlichen Produkte haben ein Ziel: ihre Kreativität zu entfesseln.

Entdecken sie die volle Bandbreite der SSL-Klangbearbeitung unter
www.solid-state-logic.com

Music.
This is SSL.

Solid State Logic
SOUND | | VISION

SSL Germany; Direktkontakt Pulte: +49 175 721 4520 Direktkontakt sonstiges:+49 172 673 5644

AUDIOTOOLS
STUDIOTECHNIK



Mit der Reduktion von eingekoppelten Hochfrequenzen und Verteilungsverlusten bringen wir den wirklichen Fortschritt in Ihr Studio -
sauberen Strom für besseren Klang.

Audiotools.de • +49 (0) 7133 4915

MOBILE RECORDING



www.thein-productions.com

THEIN Mobile Recording
Am Fuchsberg 20
D-28816 Stuhr
Tel. 04206-297 087

- α modular
- α preisgünstig
- α bis 1800 mm
- α AB
- α ORTF
- α DECCA
- α Surround




mikrofonschiene.de

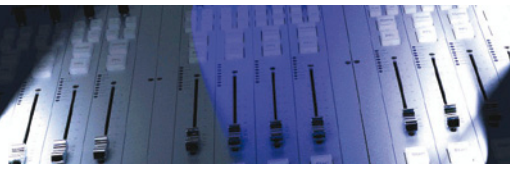
OTZ TRONICS
ANALOG
DIGITAL
AUDIO

umfassende und kompetente
Projektbetreuung
von der ersten Beratung
bis zum fertiggestellten
Tonstudio

- Umbauten und Spezialanfertigungen
- Studioservice
- ausgewählte Audioprodukte

Tel.: 02833 / 9 26 51 Fax.: 02833 / 9 26 52
Net: http://www.otz.com e-mail: support@otz.com
Bernhard Ramroth Sevelener Str. 9 47647 Kerken

CHECK OUT!



Manufacturer of Broadcast Equipment

AIRMATE-USB
AIRENCE-USB
AIRLAB MK2
LYRA
AXUM
TELEPHONE HYBRIDS



www.d-r.nl info@d-r.nl +31 294 418014

kabeltronik®



Richtig gute Verbindungen

Distribution und Fertigung von Spezial- & Standardkabel-Lösungen. Kundenspezifische Sonderkonstruktionen auch in kleinen Chargen.

Gerne erreichen Sie uns unter:
info@kabeltronik.de | www.kabeltronik.de

Pursuit of Excellence
Ein Name, ein Programm

Solid State Logic
SOUND || VISION

Zaor®

Pearl Mikrolaboratorium

Mit unseren Edelmarken haben wir ein anspruchsvolles Vertriebs-Portefeuille für Kunden, die nicht das günstigste Angebot suchen, sondern Lösungen, die langfristig Freunde und Wertigkeit vermitteln. Gerne beraten wir sachkundig, liefern Testgeräte, planen Sonderanfertigungen und, und...



Hier ein Möbel, welches speziell für die Matrix von SSL entworfen wurde, es gibt auch bereits eine Version für Mackie D8b.

SSL ist eigentlich jedem ein Begriff, nur Pearl Mikrofone aus Schweden sind ein echter Geheimtipp! Die rechteckige Grossmembran klingt sehr offen und natürlich, Frequenzgang ist praktisch linear. Unbedingt testen!



Wir engagieren uns für unsere Kunden und ruhen nicht ehe SIE mit der Lösung zufrieden sind.

Darauf gebe ich ihnen mein Wort!



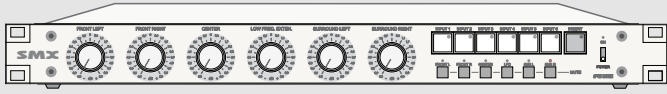
Klaus Gehlhaar, Musiker, Produzent und ProAudio-Experte seit 30 Jahren

P.o.E. sarl

Informationen unter
0172 673 5644 info@zaor.de
www.zaor.de
www.pearl.poe-music.com
www.solidstatelogic.com

SMDC

5.1 SURROUND-ROUTER
5.1 SURROUND-VERTEILER
für höchste Ansprüche



- * 6-Kanal SURROUND-Quellen auswählen (6x)
- * 6-Kanal SURROUND-Quellen verteilen (6x)
- * Stereo- u. 6-Kanalquellen gemeinsam abhören
- * 6-Kanal-Einschleiffunktion (Insert)
- * kanalgetrennte Pegel-Feinkorrektur + Mute
- * vollsymmetrisch, Signalweg aktiv oder passiv
- * exzellente Signalqualität
- * THD 1kHz..... typ. 0,0001%
- * Dynamik.....129 dB
- * Gleichtaktunterdrückung 110 dB
- * Übersprechen 10kHz < -120 dB
- * 20Hz...20kHz..... +/- 0,01dB
- * Noise..... - 105 dBu CCIR eff.
- * Netzversorgung.....90..245V

INFOS: www.funk-tonstudioteknik.de E-MAIL: funk@funk-tonstudioteknik.de
FUNK TONSTUDIOTECHNIK D-10997 BERLIN PFUELSTR.1A TEL. 030-6115123 FAX 030-6123449

D.A.I.S.

Digital Audio Interconnection System



Digitale Router-Systeme

Modifikationen

Interfaces

Studioequipment

Problemlösungen

AUDIO-SERVICE
Ulrich Schierbecker GmbH

Schnackenburgallee 173
22525 Hamburg

Tel.: +49-(0)40-851 770-0
Fax: +49-(0)40-851 27 84
mail@audio-service.com

www.audio-service.com

STUDIO MONITORING SOLUTIONS

Our focus, your mix.



Vertrieb D&A: KORG & MORE – a Division of Musik Meyer GmbH

krksys.com/de

Im Auslauf gerne gesehen.

SST - Schallplatten Schneid Technik Brüggemann GmbH - www.sst-ffm.de
seit 1969

MANGER

PRÄZISION IN SCHALL

„Achtung Suchtgefahr!“

Studiomagazin 11/11

Reference
Studio Monitor
MSMc1

www.manger-msw.de

Die Wachablösung

slate pro audio DRAGON

Der neue FET-Kompressor

akzent audio Exklusiv im Vertrieb in Deutschland und Österreich
akzent audio • Tulpenweg 4 • 76571 Gaggenau
Tel +49 7225 913730 • info@akzent-audio.de
www.akzent-audio.de

PASSIVER HIGH-END STUDIOMONITOR

VERDADE

STUDIOMONITORE

HANDMADE IN GERMANY WWW.SKY-AUDIO.DE

tad

inst.de
tontechnik arno düren

Planung & Installation von
Audio-, Video- und Medientechnik

Raderbroich 38 41352 Korschenbroich info@tadnet.de www.tadnet.de
Fon: +49 (0) 2161 649290 Fax: +49 (0) 2161 649297

DANGEROUS MUSIC
Sterling modular

RS
rochruapel

Guzauski-Swist
AUDIO SYSTEMS, LLC

MasteringWorks

Der Vertrieb für High-End Audio Equipment

MasteringWorks GmbH
Tel: +49 2236 393731
info@masteringworks.com
www.masteringworks.com

xpressor
DISCRETE CLASS-A STEREO COMPRESSOR

Auto Fast

elysia

GRL 13 14 12

JETZT AUCH IN 19 ZOLL

Klingt umwerfend gut.
Ist flexibel wie kein Zweiter.
Kostet weniger, als du denkst.

MASELEC
VERTRIEB DEUTSCHLAND

www.maselec.de
info@maselec.de
Tel +49 (0) 6152-8164-0

Neumann KH 310
Aktiver, geschlossener 3-Wege Monitor
1899,- € /Stck.

Neumann KH 120
Aktiver 2-Wege Bi-Amp Monitor
ab **649,- € /Stck.**

E-trap
Aktiver Tieftonabsorber
1899,- € /Stck.

BAG END

HÖRZONE

Hörzone GmbH
Balanstraße 34 · 81669 München
Tel. 089-721 10 06 · info@hoerzone.de
www.hoerzone.de

... in Schwarz und Weiß, ab Lager lieferbar!

AVALON DESIGN
PURE CLASS A MUSIC RECORDING SYSTEMS

V5 DI-RE-MIC PREAMPLIFIER

Avalon Europe
Tel. +49 89 81886949
euroavalon@aol.com · www.avalondesign.com

Avalon USA
Tel. +1 949 4922000

DISCRETE CLASS-A GEAR

CRANE SONG LTD.

TRAKKER HEDD FLAMINGO ST(-8)
IBIS Egret SPIDER Avocet

akzent audio

Exklusiv im Vertrieb in Deutschland und Österreich bei: **akzent audio** · Tulpenweg 4 · 76571 Gaggenau
Tel +49 7225 913730 · info@akzent-audio.de
www.akzent-audio.de