

Einführung	3
Analoge Summierung	4
<i>OV-Summenverstärker</i>	4
<i>Summierung des Mackie CR1604-VLZ</i>	4
<i>Analoge Fehlerquellen</i>	7
Digitale Summierung	7
<i>Digitale Fehlerquellen</i>	7
Vergleich der analogen und der digitalen Summierung	8
<i>Die Perfektion der digitalen Summierung</i>	8
<i>Die Imperfektion der analogen Summierung</i>	8
<i>„Lohnt“ sich analoge Summierung?</i>	9
<i>Stacking</i>	10
<i>Intermodulation</i>	11
Messaufbau	11
<i>Schema des Messaufbaus</i>	11
<i>Messmethoden</i>	12
<i>Messsignale</i>	13
Messresultate	15
<i>Rechtecksignal</i>	15
<i>Musik</i>	17
<i>Sinus-Sweep</i>	18
<i>Panorama</i>	20
Fazit	20
Quellenangaben	22
<i>Buchquellen</i>	22
<i>Internetquellen</i>	22
<i>Bildnachweis</i>	23

Einführung

Die Summierung von verschiedenen Signalen ist eine relativ einfache Rechenaufgabe für eine DAW, eine reine Addition bei der, ausser evt. durch Rundungen, keine Fehler entstehen sollten.

Nun werden aber Geräte verkauft, die nur dazu da sind, Signale zu summieren. Warum sollte dies für Nutzer einer DAW überhaupt nützlich sein?

Sogar die Firma SPL beantwortet diese Frage in der Beschreibung zu ihrem „Mixdream XP“, einem Analog-Summierer, nur schwammig (SPL, 2014):

„Nowadays, many are asking whether analog summing is better than digital summing. But perhaps the real question is whether digital summing better than analog summing? We at SPL don't know of anyone who says so. We do know that summing with the MixDreamXP creates an amazing signal depth, precise localization and a wonderful stereo imaging. Moreover, the addition of individual instruments results in soft and pleasant transitions.

These are analog summing results that we appreciate from past decades of the best analog technology. The MixDreamXP now allows DAW users to exploit this potential with maximum comfort and uncompromising quality, ensuring that nothing can stand in the way of the engineer's having the best of both analog and digital worlds.“

Warum sollte ein analoges Gerät ein analog-digital-gewandeltes Signal besser summieren können als dass dies die DAW mit dem ungewandelten Signal machen könnte, zumal wie oben beschrieben, dies eine einfache Rechenoperation ist, bzw. sein sollte.

Bob Katz stellt es dagegen als „irreführende Werbung dar, wenn man einen analogen Summierer damit vermarktet, dass er ‚ein Problem behebt, das beim digitalen Summieren entsteht‘, das aber in Wahrheit gar nicht existiert“, es sei jedoch akzeptabel, ihm zuzuschreiben, dass er besser klingt (Katz, 2012, S. 280).

Ich möchte in dieser Arbeit erläutern, was die Unterschiede zwischen analoger und digitaler Summierung sind und gehe dabei weniger auf die subjektiven Unterschiede in der Wahrnehmung als mehr auf die technischen und technisch messbaren Unterschiede ein, bzw. versuche eine Erklärung zu geben, weshalb allfällige Unterschiede in der hörbaren Wahrnehmung technisch entstehen können.

Analoge Summierung

Die Analoge Summierung (= Addierung, Mischung) wird in der Regel durch Operationsverstärker-Schaltungen durchgeführt. Die eigentliche Mischung geschieht durch einfaches zusammenführen der zu mischenden Kanäle an einem Punkt (Knoten) wo sie nach der Kirchhoffschen Knotenregel „summiert“ werden. Die Regel sagt aus, dass in jedem Knotenpunkt die Summe der abfließenden Ströme gleich der Summe der zufließenden Ströme ist (Meister, 2007, S. 84), das bedeutet in unserem Fall, dass vom Knotenpunkt aus betrachtet sämtliche zufließenden Ströme von den zu summierenden Spuren kommen und über die Summenspur abfließen.

0V-Summenverstärker

Bei der Zusammenführung der verschiedenen Spuren ist es nun wichtig, dass eine Veränderung eines der Zuführenden Signale (Pegeländerung oder Zu- und Abschaltung) keinen Einfluss auf die Mischung hat (Dickreiter, 1997, S. 127).

Dies löst man am besten mit einem 0V-Summenverstärker (Abb. 1). Im Gegensatz zu früher verwendeten einfachen Summenverstärkern herrscht beim heute meistens verwendeten 0V-Summenverstärker, wie der Name schon sagt, am Knotenpunkt immer eine Spannung von 0V vor (Friesecke, 2007, S. 348).

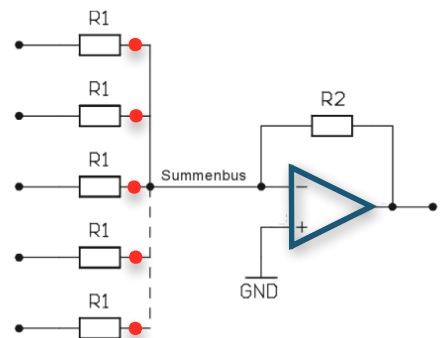


Abb. 1: 0V-Summenverstärker

Die Widerstände R1 in Abb. 1 dienen als Entkopplungswiderstände über welche die Signale der einzelnen Kanäle auf den Summenbus (Knotenpunkt) geführt werden. Die roten Punkte im Bild markieren den Ort des Schalters für die Zu- und Abschaltung der zuführenden Spuren.

Alle Widerstände R1 sind idealerweise genau gleich gross (höchstens jedoch 1% Abweichung zueinander (Dickreiter, 1997, S. 130)). Zudem werden sie hochohmig berechnet, damit der Ausgangswiderstand des Knotenpunktes gegenüber dem Eingangswiderstand des Summenverstärkers (blau markiert) genügend gross ist.

Durch diese Entkopplungswiderstände werden natürlich die Signale der Spuren gedämpft, werden aber mit dem Summenverstärker wieder angepasst (verstärkt).

Durch diese 0V-Technik entstehen einerseits keine Übersprecher der einzelnen Spuren, andererseits bleibt die Verstärkung unabhängig der Anzahl zu- oder ausgeschalteten Eingänge immer gleich (Friesecke, 2007, S. 348).

Summierung des Mackie CR1604-VLZ

Im Rahmen dieser Arbeit wird am Mackie CR1604-VLZ nur die Summierung über den Main-Mix betrachtet ohne Verwendung/Untersuchung der Sub-Gruppen oder Send>Returns.

Wenn wir das Blockschema des Mackie CR1604-VLZ anschauen (Abb. 2), sehen wir, dass die Zuschaltung zum Summenbus gleich nach dem Panorama-Potentiometer (blaue Markierung) passiert und die Verstärkung des Summenbusses (grüne Markierung) vor dem Main-Mix-Insert

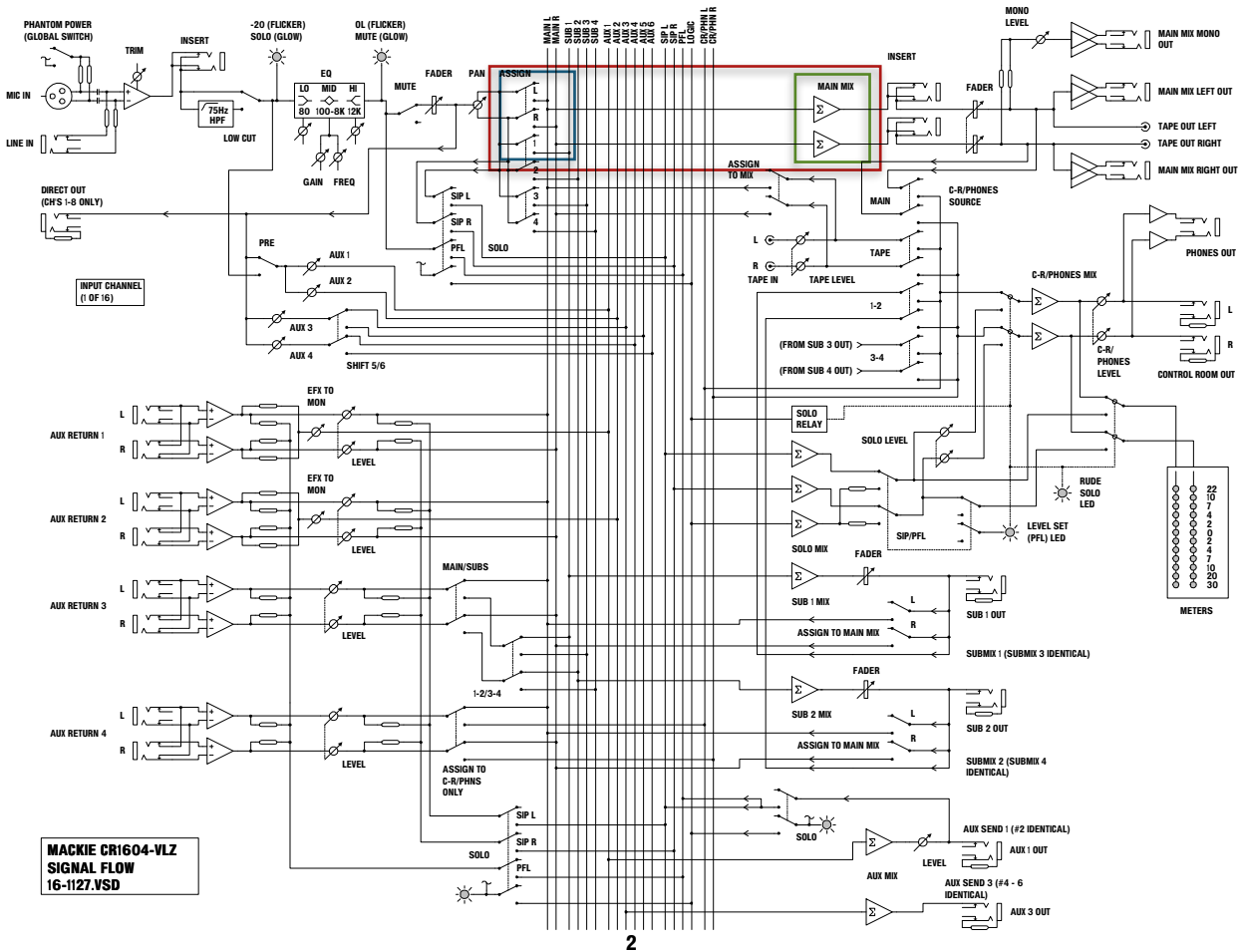


Abb. 2: Blockschema Mackie CR1604-VLZ

stattfindet. Somit gehört der gesamte Bereich innerhalb der roten Markierung zur eigentlichen Summierung des Mackie CR1604-VLZ.

Wenn wir nun die detaillierteren Schemen des CR1604-VLZ anschauen, stellen wir beim Betrachten des Main-Section-Schemas (Abb. 3) fest, dass vor dem Zuschalten der einzelnen Spuren auf den Summenbus (B-Main-L und B-Main-R) über den Schalter SW102A in Serie je ein 5.1 kOhm Widerstand (R130, R129) liegt, welche für die Entkopplung vom Summenbus zuständig sind. Im Schema ist der Kanal 1 dargestellt, Kanäle 2-16 sind gleich, abgesehen von der abweichenden Nummerierung der Bauteile.

Nach dem Summenbus folgt die direkte Verstärkung mit den Operationsverstärkern U1713A und U1713B (siehe Abb. 4) und wenn wir die beiden Schemen aus der Main-Section vor und nach dem Summenbus kombinieren, stellen wir fest, dass das ganze Konstrukt einen 0V-Summenverstärker darstellt. Die Kondensatoren C103 dienen

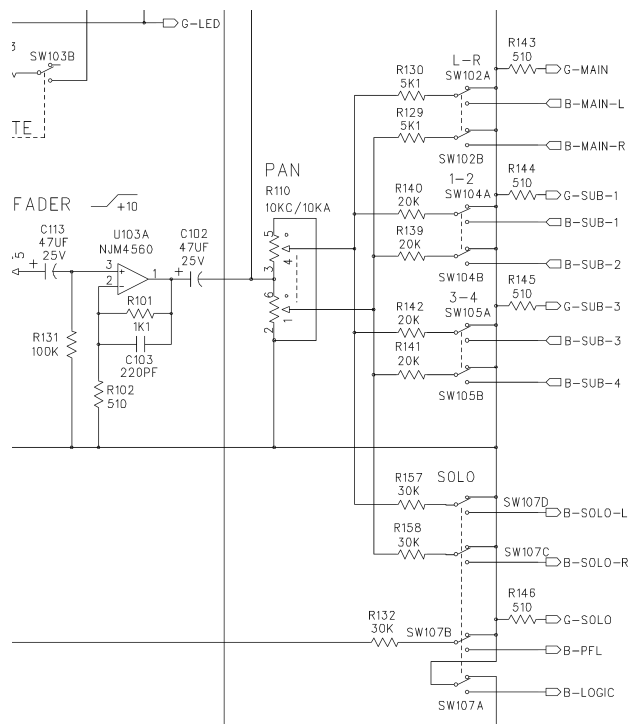


Abb. 3: 1604-VLZ Main-Section, Sheet 1

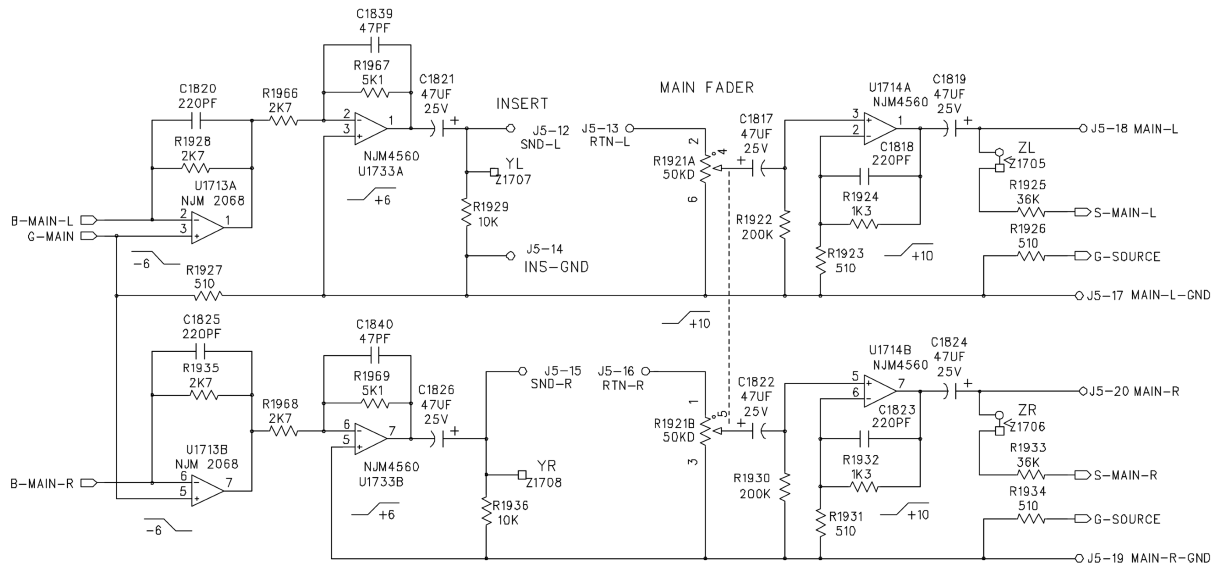


Abb. 4: 1604-VLZ Main-Section, Sheet 4

wahrscheinlich der Frequenzkompensation des Operationsverstärkers. In diesem Falle sind sie als aktiver Tiefpass eingesetzt (Beuth & Schmusch, 2007, S. 188), aber praktisch vernachlässigbar, da sie mit 220 Piko-Farad sehr klein dimensioniert sind. Auch könnte der zum Operationsverstärker parallel geschaltete Kondensator bei genügend grosser Dimensionierung auf die Gesamtschaltung integrierend wirken, d.H. die Schaltung würde als Integrator funktionieren (Zastrow, 2007, S. 52), was in diesem Falle sicher kein gewünschter Effekt ist und bei dieser oben erwähnten kleinen Dimension auch kaum der Fall sein wird.

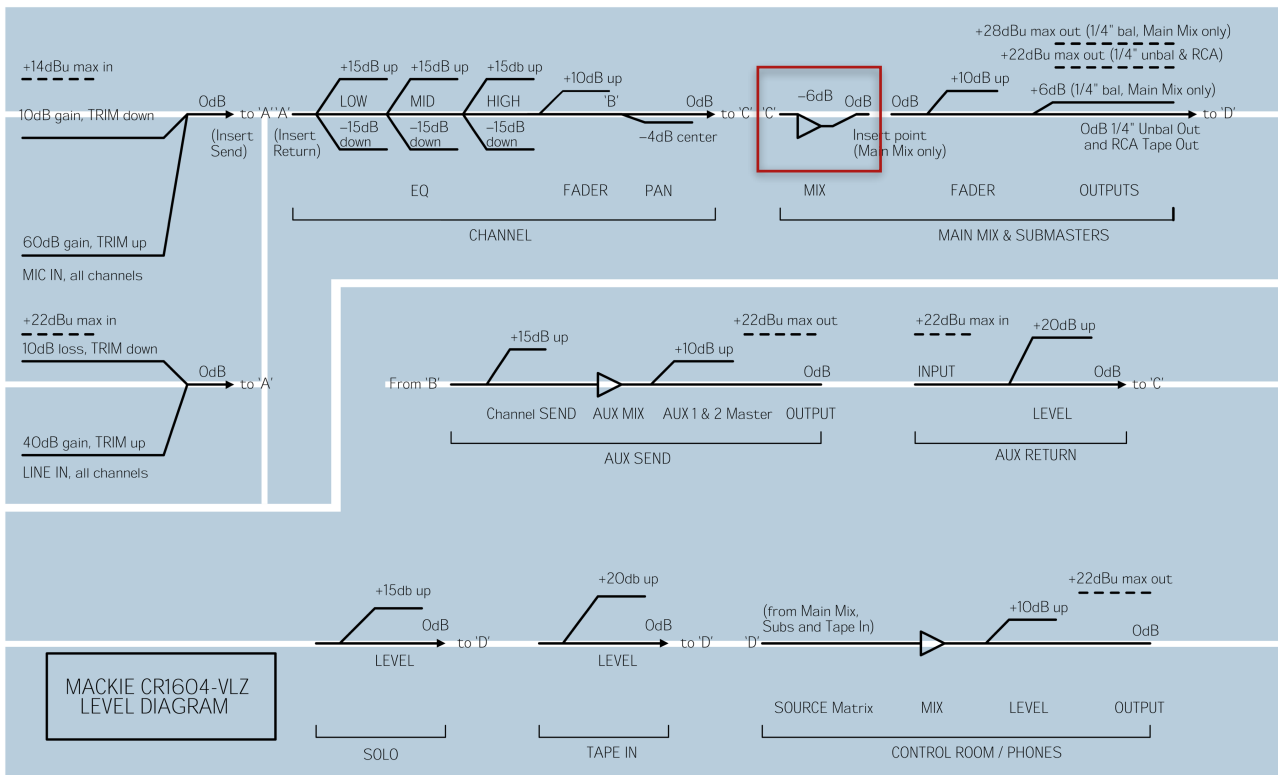


Abb. 5: 1604-VLZ Level Diagram

Da die Summierung im 1604-VLZ mittels 0V-Summenverstärker realisiert wird, können wir davon ausgehen, dass die Ab- und Zuschaltung der einzelnen Kanäle keinen Einfluss auf die Pegel der übrigen Kanäle hat.

Im Level Diagramm aus dem CR1604-VLZ Owner's Manual (Abb. 5) können wir auch herauslesen, dass die gesamte Summierung (rote Markierung) keinen Einfluss auf den Gesamtpegel hat, bzw. die durch die Entkopplungswiderstände entstandene Dämpfung der Signale durch die jeweils nachgeschalteten Verstärker wieder vollständig verstärkt wird.

Analoge Fehlerquellen

Fehler können bei der analogen Summierung mit dem 0V-Summenverstärker durch Abweichung der Impedanzen der verschiedenen zugeschalteten Kanäle entstehen, was vor Allem durch Abweichungen der Entkopplungswiderstände entstehen könnte. D.H. wenn in unserem Falle die Widerstände R130/R129 im Main-Section-Schema nicht genau gleich gross sind, gibt es Abweichungen bei der Summierung vorgeschalteten Dämpfung der einzelnen Signale.

Digitale Summierung

Die Digitale Summierung funktioniert mittels einer einfachen Addition (Dickreiter, 1997, S. 361).

Laut Bob Katz (2012, S. 273) gibt es „absolut nichts“ am digitalen Summieren auszusetzen, da das Addieren von Zahlen zu den leichtesten Übungen für einen Prozessor gehöre.

Digitale Fehlerquellen

Bei der Arbeit mit digitalen Signalen können jedoch theoretisch auch Fehler entstehen.

Wir beschäftigen uns hier nicht mit der Digitalisierung von analogen Signalen, wobei z.B. Quantisierungsfehler entstehen können, sondern nur mit den bereits digitalisierten Daten. Auch geht es bei der digitalen Summierung und in dieser Untersuchung nur darum, digitale Audio-Files zu summieren und nicht, ob z.B. Fehler entstehen durch eingesetzte Effekte, VST-Instrumente usw. Wir gehen also davon aus, dass wir nur „fertige“ Audio-Files als zu summierendes Material haben.

Bei der Verarbeitung durch Rechenoperationen von digitalen Signalen können Rundungsfehler und durch die Rundungsfehler sogenanntes „Rundungsrauschen“ entstehen.

Sie entstehen laut Thomas Görne (2011, S. 171) bei „jeder Amplitudenänderung“ von Signalen, wie z.B. Pegelkorrekturen (mit Ausnahme der ganzzahligen Pegelanhebung), Normalisierungen, wenn Samples dividiert werden, usw.. Dieses Problem wird aber klein gehalten, indem auf Basis von Gleitkommazahlen auch kleine Zahlen sehr genau dargestellt werden können. (Görne, 2011, S. 171).

Auch kann dem Rundungsrauschen mit Dithering oder Noise-Shaping entgegengewirkt werden, dies ist jedoch bei Arbeit mit Gleitkommazahlen, wie sie heutzutage in den gängigen DAW's verwendet wird, für den reinen Vorgang der Summierung aus meiner Sicht nicht nötig.

Wir können auch davon ausgehen, dass beinahe sämtliche der Summierung vorausgegangenen digital berechneten Änderungen an einem Signal mehr Rundungs- oder andere Fehler verursachen können als die Summierung. Falls jedoch mit verschiedenen Samplingfrequenzen und Bit-

tiefen der zu summierenden Signale gegenüber den andern Signalen oder gegenüber dem zu summierenden Signal vorhanden sind, sollte mit Ditherin oder Noise-Shaping gearbeitet werden.

Vergleich der analogen und der digitalen Summierung

„Analoges Summieren kann von digitalem Summieren nicht unterschieden werden, vorausgesetzt, dass transparente, analoge Komponenten und Wandler benutzt werden“ (Katz, 2012, S. 273).

Bob Katz sagt also, dass es keinen Vorteil der analogen Summierung gegenüber der digitalen Summierung gibt. Weshalb aber gibt es immer wieder Behauptungen, dass die analoge Summierung „besser“ sei, oder zumindest besser klinge, als die digitale? Laut Horn befürworten viele das analoge Summieren, da, wie er behauptet z.B. „durch einen guten Summierungsverstärker oft noch ein zusätzlicher Klanggewinn erzielt wird“ (Horn, 2012, S. 134).

Die Perfektion der digitalen Summierung

Von der digitalen Summierung gehen wir, wie oben behandelt, davon aus, dass sie ihren „Job“ theoretisch und wohl auch praktisch perfekt macht, also in der Regel beim reinen Summierungsvorgang keine Fehler entstehen (das Umwandeln der Audio-Files in eine andere Samplingfrequenz oder Bittiefe zähle ich hier nicht zur Summierung). Wenn bei einem digital summierten Endprodukt das summierte Produkt Fehler aufweisen sollte, kann, wie bereits im Abschnitt „Digitale Fehlerquellen“ beschrieben, davon ausgegangen werden, dass die Fehler bereits vor der Summierung entstanden sind, da fast sämtliche Operationen an einem digitalen Signal mehr Fehler hervorrufen können, als die eigentliche Summierung.

Die Imperfektion der analogen Summierung

Aus technischer Sicht sind von der analogen Summierung von (ursprünglich digitalen) Signalen grössere „Fehler“ zu erwarten als von der digitalen Summierung, dies kann, wie im Kapitel „analoge Fehlerquellen“ beschrieben, z.B. durch ungewollte Unterschiede bei den Impedanzen der zu summierenden Kanälen oder aber auch durch frequenzabhängige Verstärkung des Summenverstärkers entstehen.

Wir müssen aber auch beachten, dass die zu summierenden Signale nicht nur den Bereich der Summierung in unserem Mischpult durchlaufen sondern eine ganze Kette von Bauteilen. Angefangen bei der Gain-Verstärkung, die auch bei Nullstellung einen, wenn auch noch so kleinen, Einfluss auf unser Signal hat, durchläuft unser Signal mehrere Kondensatoren, Widerstände und Verstärkerschaltungen, welche auch bei Nullstellung der Gain-, EQ-, Pan-, und Fader-Potentiometer unser Signal in beinahe vernachlässigbarer und dennoch eventuell merk- bzw. messbaren Weise verändern.

Jedoch kommt beim analogen Summieren von Digitalen Signalen noch die Tatsache hinzu, dass die Signale zuerst Digital-Analog und nach der Summierung wieder Analog-Digital gewandelt werden müssen, wobei die Quantisierungsfehler, welcher durch die Wandlung entstehen kann wohl grösser zu gewichten ist, als die Rundungsfehler der digitalen Summierung.

Es kann also nur ein, aus technischer Sicht, „fehlerhaftes“ oder vielleicht besser ausgedrückt imperfektes Verhalten der analogen Summierung gegenüber der digitalen sein, die einen Unterschied ausmacht, den es sich lohnt, zu nutzen.

„Lohnt“ sich analoge Summierung?

„Lohnt“ sich also analoge Summierung überhaupt?

Ist nicht alleine schon der Aspekt der Wandlung, welche ja in der Regel vermieden werden sollte, da sie höchstens einen negativen Einfluss auf die Signale hat, Grund genug, auf die analoge Summierung zu verzichten, zumal die digitale Summierung ihren Job aus technischer Sicht perfekt macht?

Hinzu kommen noch die Kosten für die Wandler, Summierer usw., falls diese Produkte nicht bereits aufgrund anderweitiger Verwendung vorhanden sind.

Und Bob Katz behauptet, dass nur „die überragendste D/A/D-Kette“ ausreicht, um die subjektive Verbesserung der anderen analogen Komponenten zu rechtfertigen (Katz, 2012, S. 273), also muss mit hohen Kosten gerechnet werden, um überhaupt ein lohnendes Ergebnis zu erzielen.

Wenn wir die analoge Summierung auf die reine Zusammenführung der Signale am Knotenpunkt herunterbrechen, also die allenfalls beeinflussenden Elemente vor und nach der Mischung (z.B. Gain-Potentiometer, EQ, Verstärker) ausklammern, können wir uns aus technischer Sicht keinen Unterschied und daher keinen Vorteil gegenüber der digitalen Summierung erklären.

Eine Veränderung des Signals kann also direkt am, bzw. um den Knotenpunkt nur einerseits durch unterschiedlich grosse Entkopplungswiderstände vor dem Knotenpunkt geschehen und zwar in Form von verschiedenen Pegeln, welche aber bei Widerständen von guter Qualität mit der bereits erwähnten maximalen Toleranz von 1% kaum bemerkbar sein können. Falls durch schlechte Qualität des Summierers Pegelunterschiede am Eingang des Knotenpunktes auftreten würden, wäre dies sicher als Nachteil zu werten.

Ein allfälliges gegenseitiges Übersprechen der Kanäle können wir aufgrund der 0V-Summenverstärker-Technik ausschliessen, bzw. ist vernachlässigbar.

Was jedoch einen merk- und messbaren Einfluss auf unser Signal haben könnte, ist der nachfolgende Summenverstärker.

Die Verstärkung eines analogen Verstärkers ist immer auch von der Signalfrequenz abhängig (Beuth & Schmusch, 2007, S. 112) und dieser Frequenzgang ist im Übertragungsbereich auch nicht ganz gleichmässig (Beuth & Schmusch, 2007, S. 113). Ein Operationsverstärker ist aus verschiedenen Transistorstufen, Dioden und Widerständen aufgebaut, welche sich nach Typ des Verstärkers stark unterscheiden können (Bernstein, 2014, S. 66), somit durchläuft unser Signal alleine in einem einzelnen Operationsverstärker verschiedene Bauteile, ja sogar Schaltungen, welche unser Signal beeinflussen.

Wenn wir nun noch sämtliche Bauteile und Schaltungen, welche die Signale vor und nach dem Summenpunkt durchlaufen, berücksichtigen, dann müssen wir davon ausgehen, dass diese ganze Kette von Elementen mit Sicherheit einen grösseren Einfluss auf unser Signal hat, als die reine Zusammenführung der Kanäle am Knotenpunkt.

Das führt uns nun zu der Frage, ob es nicht eigentlich einfach nur das Durchlaufen der verschiedenen Bauteile ist, das dem Signal den allenfalls gewünschten „analogen“ Effekt, z.B. in Form von Verzerrung oder anderer Beeinflussung des Signals, gibt. Dass also die analoge Summierung überhaupt nichts bringt, sondern vielmehr das Durchlaufen einer analogen Kette, was aber, um Kosten und Equipment zu sparen, laut Bob Katz viel sinnvoller nur mit der digital fertig gemischten Stereo-Summenspur realisiert wird (Katz, 2012, S. 273). Also nach seinen Aussagen lieber in eine hochwertige Stereo-Kette investieren als in eine mittelwertige Mehrkanal-Summierung.

Stacking

Wir werden nun aber von dem hohen Preis der Mehrkanal-Summierung gegenüber der Stereo-Analog-Kette absehen und uns die technischen Unterschiede anschauen. Und falls überhaupt ein Unterschied festgestellt werden kann, eruieren, wo die Vor- und Nachteile liegen. Wir gehen dabei natürlich davon aus, dass die genau gleiche Kette durchlaufen wird, also in unserem konkreten Fall des Mackie CR1604-VLZ die kompletten Kanäle, z.B. das Stereo-Signal durch die Kanäle 1 (Pan L) und 2 (Pan R) und 16 Spuren durch die Kanäle 1-16 mit den identischen Einstellungen.

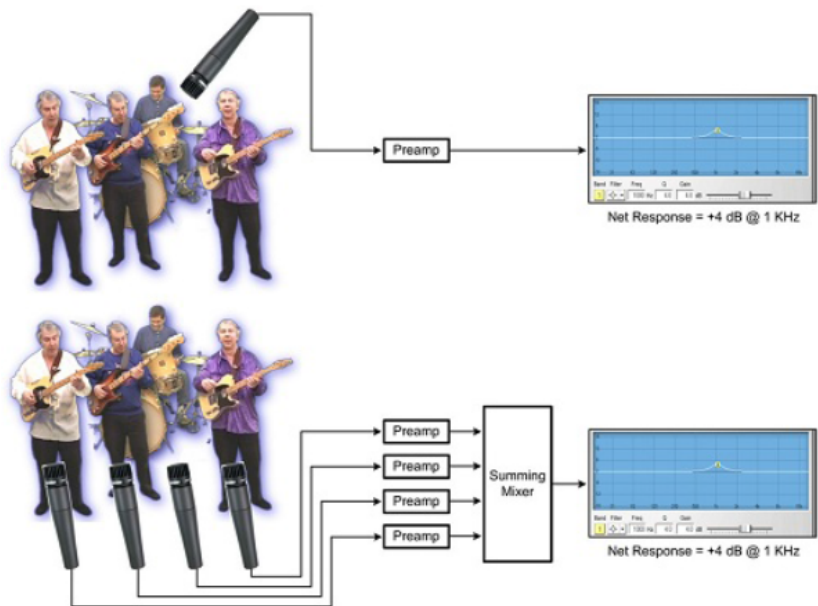


Abb. 6: Stacking Myth

Bei dieser Fragestellung kommen wir zum Begriff des „Stackings“, welche Ethan Winer in seinem Kapitel *The Stacking Myth* aus dem Werk *The Audio Expert* (Winer, 2013, S. 58) behandelt.

Er widerlegt dabei den „Mythos“ des Stackings, der annimmt, dass Audio-Equipment, wie z.B. ein Vorverstärker, rein klingt, wenn er eine einzelne Signalquelle verstärkt, aber wenn mehrere Quellen hintereinander durch den Verstärker aufgenommen und später gemixt werden, das Resultat „stackt“ und schlecht klingt, z.B. durch Aufsummieren von ungewollten Resonanzfrequenzen, Verzerrungen und Noise, welche durch den Verstärker verursacht worden sind.

Der Grund dazu kann grob zusammengefasst wie folgt erklärt werden:

- Resonanzfrequenzen bleiben immer gleich, sie verstärken das Signal bei einer Frequenz proportional zur Signalstärke, in der Summe gibt es dieselbe Frequenzbezogene Abschwächung und Verstärkung, ob alle Signale einzeln nacheinander den Verstärker durchlaufen haben oder zusammen.
- Verzerrungen und Noise werden jedoch nicht aufaddiert, da sie zufällig sind und bei jedem Signaldurchlauf anders ausfallen.

Wenn wir diese Erkenntnis auf unser Beispiel übertragen, heisst das, dass es eigentlich keinen Nachteil gibt, zuerst einzeln unsere Analog-Kette zu durchlaufen und danach zu summieren, im Vergleich zum durchlaufen der Stereo-Analog-Kette nach dem Summieren. Einzeln durchlaufen heisst in unserem Fall mit der Summierung des Mackie nicht nacheinander, sondern gleichzeitig, aber parallel durch die 16 Spuren.

Intermodulation

Aber gibt es denn auch einen Vorteil, welcher für das einzelne Durchlaufen gegenüber dem summierten Durchlaufen spricht?

Differenzen zwischen den Resultaten können sich vor allem durch Intermodulation ergeben.

Werden zwei oder mehr Signale mit verschiedenen Frequenzen zusammen verstärkt, werden dadurch die Frequenzen untereinander gemischt und somit treten alle Summen und Differenzen der Ausgangsfrequenzen auf (Bressler, et al, 2005, S. 228). Diesen Vorgang nennt man Intermodulation. Sie bestimmt laut Dieter Stolz „nicht die durch Verzerrung entstehenden Obertöne, sondern die Störsignale, die sich bei der Mischung ergeben“. Die Ursache ist eine nichtlineare statische Kennlinie des Übertragungssystems, somit tritt Intermodulation immer zusammen mit Klirren auf (Stolz, 2011, S. 8).

Ethan Winer wertet genau diesen Umstand als relevant, indem er den Schluss daraus zieht, dass Signale sauberer klingen wenn sie vor der Summierung durch verzerrende (in unserem Fall ein evt. gewünschter Effekt) Bauteile (z.B. Verstärker) geschlauft und erst nachher summiert werden, weil mit der Verzerrung von verschiedenen Frequenzen automatisch auch Intermodulation entsteht. Und da bei mehr verschiedenen Frequenzen auch mehr Intermodulation auftritt, erhalten wir zumindest in der Theorie einen reineren Mix, wenn wir die Verzerrung möglichst vor die Summierung verschieben (Winer, 2013, S. 59), wir haben also bei Variante mit der analogen Stereo-Kette gleich viel Resonanzfrequenz, Verzerrung und Noise, wahrscheinlich aber mehr Intermodulation, was vielfach in z.B. Verstärkern unerwünscht ist.

Messaufbau

Um die theoretischen Thesen im vorherigen Kapitel praktisch zu belegen, versuche ich verschiedene Aspekte des Unterschiedes zwischen der analogen Summierung mit dem Mackie CR1604-VLZ und der internen, digitalen Summierung von Ableton Live auszumessen.

Schema des Messaufbaus

„Breitbandige Verstärker werden häufig mit einem Dreieck- oder Rechtecksignal in einer Schaltung nach ... (Abb. 7) geprüft“ (Bressler, et al, 2005, S. 228).

Wenn wir diese Messschaltung in Abb. 7 auf unsere Messung übertragen dann ist unser „Frequenzgenerator“ ein PC mit Ableton Live, wo die

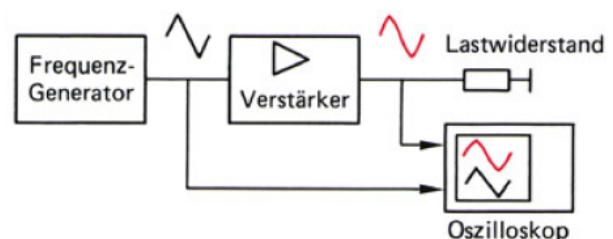


Abb. 7: Messschaltung für Verstärker

verwendeten Messsignale Digital-Analog gewandelt werden und der „Verstärker“ das Mackie CR1604-VLZ und das „Oszilloskop“ ein zweiter PC wo die Analog-Digital gewandelten Signale aufgezeichnet werden. Wie in der Messschaltung ersichtlich ist, wird einmal der Verstärker gemessen und einmal direkt umgangen, somit kann das Verhalten des Verstärkers alleine beurteilt werden ohne die Einflüsse der restlichen Elemente, in unserem Falle wären das z.B. der D/A- und A/D-Wandler. Da in unserem Fall jedoch auch die Wandler zur gesamten Summierung und zu deren Vor- und Nachteil beiträgt, da beim Bouncing auf diese verzichtet werden kann, ist dieses Umgehen des Mackie nicht so sehr relevant wie das Umgehen der gesamten Analogen Summierung wenn wir die Signale einfach bouncing. Ansonsten wäre es einfach ein Ausmessen des Mackie. Trotzdem berücksichtigen wir auch den Einfluss der D/A-A/D-Wandlung und nehmen das Umgehen des Mackie als Option in unseren Messaufbau.

Für unsere Messung wird also folgende Kette aufgebaut:

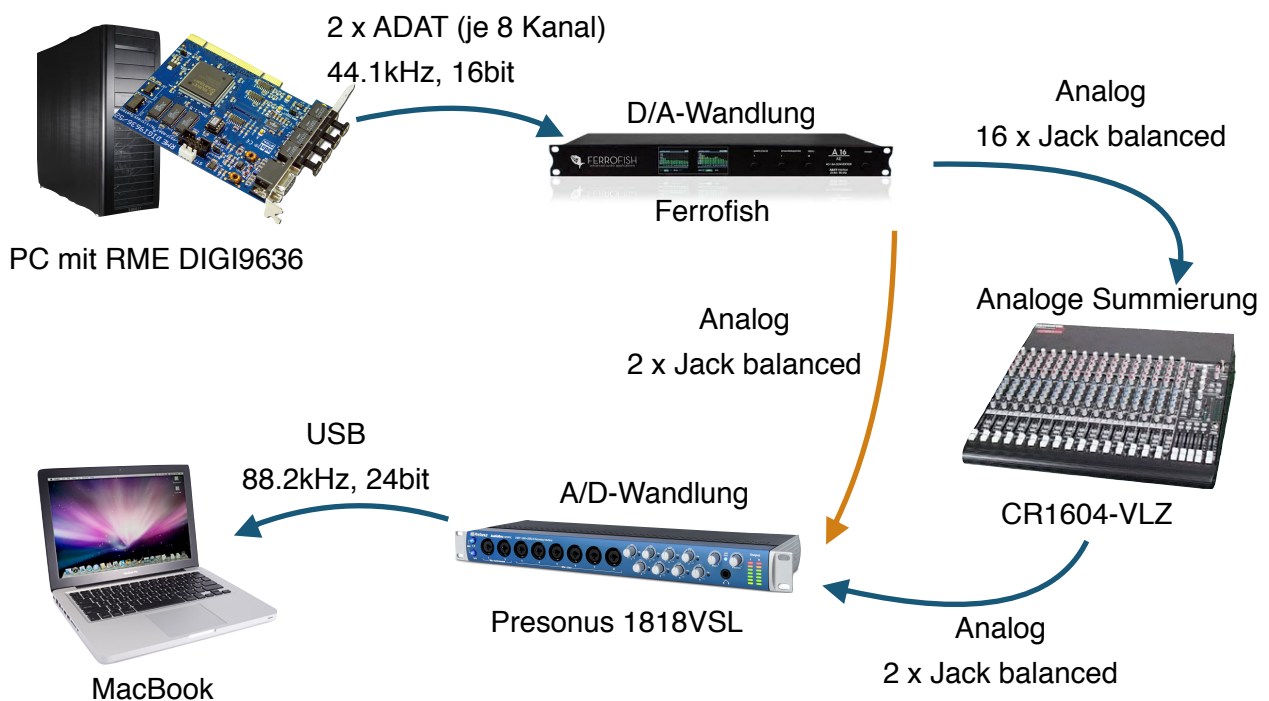


Abb. 8: Schema des Messaufbaus

Messmethoden

Bei den Messungen werden folgende Methoden angewandt:

Bouncing

Die Messsignale werden innerhalb von Ableton Live summiert und als Wave-File gerendert. Auf die Messschaltung in Abb. 7 bezogen ist in diesem Falle der „Verstärker“ die gesamte Summierung inkl. D/A-A/D-Wandlung und wir umgehen diese ähnlich wie die untere Strecke im Schema Abb. 7.

D/A-A/D-Wandlung

Durchlaufen des in Ableton stereo-summierten Messsignals durch die D/A-Wandlung des Ferrofish zur A/D-Wandlung des Presonus (gelber Pfeil im Messaufbau-Schema).

Somit wird das Mackie umgangen und wir können den Einfluss der Wandler mit einbeziehen. Noch

weiter könnte man gehen, wenn wir das Mackie aufschrauben und die Signale direkt vor den Entkopplungswiderständen des Summenpunkts im Mackie eingeben und direkt nach dem Knotenpunktverstärker wieder abnehmen. Dann würden wir eigentlich einfach den Knotenpunktverstärker ausmessen, was in unserem Fall jedoch nicht sehr viel Sinn macht, da das gesamte Mischpult wie eigentlich auch die D/A-A/D-Wandlung zu unserer Summierung gehört.

16-Kanal-Analog-Summierung

1x alle 16 Kanäle aus Ableton einzeln durch die Kanäle 1-16 des Mackie geroutet. Der Panoramaregler im Mackie ist bei den ungeraden Kanälen auf L, bei den geraden Kanälen auf R. Sämtliche Elemente im Mackie, welche einen klangformenden Einfluss auf das Signal haben, wie z.B. EQ und Low-Cut, sind ausgeschaltet oder in Nullstellung, bzw. zuge dreht. Die einzelnen Kanäle werden direkt auf den L-R-Mix geroutet, d.H. Subgruppen und Returns sind komplett zuge dreht.

Stereo-Analog-Kette

Summenmix von Ableton durch die Kanäle 1 (Pan L) und 2 (Pan R) des Mackie geroutet, bei gleicher Einstellung wie bei der 16-Kanal-Analog Summierung.

Messsignale

Da die D/A Wandlung aufgrund der voll Ausgelasteten ADAT-Kanäle nur max 48kHz beträgt, lohnt es sich nicht, Signale mit höherer Sampling-Frequenz zu verwenden. Wir benutzen für die Signale die Abtast rate von 44.1kHz, was für eine reine Messung wohl eher zu klein wäre, aber in unserem Fall für die Summierung mit 16 Kanälen und der Wandlung mit 2 ADAT-Kanälen eine in der Praxis wahrscheinliche Grösse darstellt. Die Bitrate beträgt 16bit.

Für die Messung werden folgende Messsignale verwendet:

- Sweep Linear 20Hz - 20kHz
- Ausschnitt aus Musikstück, 8 Stereo-Spuren (Klavier & Violine)
- 8 Stereo-Rechtecksignale mit verschiedenen Frequenzen zwischen 20Hz und 20 kHz, vor Allem auch für die Transientenbeurteilung, siehe Tabelle Abb. 9. Für jeden zweiten Kanal (R) wird jeweils das Signal des ersten Kanals invertiert, so kann zudem auch durch Mono-Schaltung die Differenz der Kanäle L/R überprüft werden, im Idealfall löschen sich die Signale komplett aus.

Nr.	Frequenz	Div	Wert in Matlab-Tabelle	Definitive Frequenz
1	11'025 Hz	2	4	11'025 Hz
2	5'513 Hz	2	8	5'513 Hz
3	2'756 Hz	2	16	2'756 Hz
4	1'378 Hz	2	32	1'378 Hz
5	689 Hz	2	64	689 Hz
6	345 Hz	2	128	345 Hz
7	172 Hz	2	256	172 Hz
8	86 Hz	2	512	86 Hz

Die Rechtecksignale werden mit Hilfe von Matlab erzeugt. Ich erstelle zuerst eine Excel-Tabelle, welche dann in Matlab importiert und

Abb. 9: Frequenzen der Rechteck-Signale für die Messungen

von Matlab aus in Audio-Signale gewandelt werden.

Der Wert 1 steht für die positive, der Wert -1 für die negative Vollaussteuerung im Wave-File, welches mit der Tabelle erstellt wird. Da pro Summenkanal (L und R) je 8 Spuren addiert werden, darf das einzelne Signal nicht den Wert 0.125 (1/8) überschreiten, da die Summe sonst zu „clippen“ droht. Deshalb wähle ich für den positiven Wert des Rechtecksignals den Wert 0.12, somit bleibt noch etwas Freiraum und bei der digitalen Summierung soll so kein Clipping möglich sein.

Der ideale Wert würde bei einer Addition von 8 Signalen bei je Vollaussteuerung 0.96 betragen.

In der Excel-Tabelle steht nun jede Spalte für ein Signal, links das hoch- und rechts das niederfrequenteste. Bei der Samplingfrequenz von 44.1kHz errechnet sich für das 11'025Hz-Signal eine Periode von 4 Samples (44'100/11'025), d.H. je 2 Samples für die positive und negative Halbwelle (+0.12, -0.12). Immer jedes zweite Signal wird invertiert.

Abb: 10 Ausschnitt aus Tabelle für die Erstellung der Rechteck-Signale

Wir erstellen die Audiofiles mit der Funktion „Audiowrite“ mit folgendem Syntax:
audiowrite(filename, y, Fs)

y = Variable mit der das File geschrieben werden soll, in unserem Fall die in Excel erstellte Tabelle.

Fs = gewünschte Samplerate, in unserem Fall 44.1kHz.

Nun haben wir das „ideale“ Rechtecksignal, welches in der

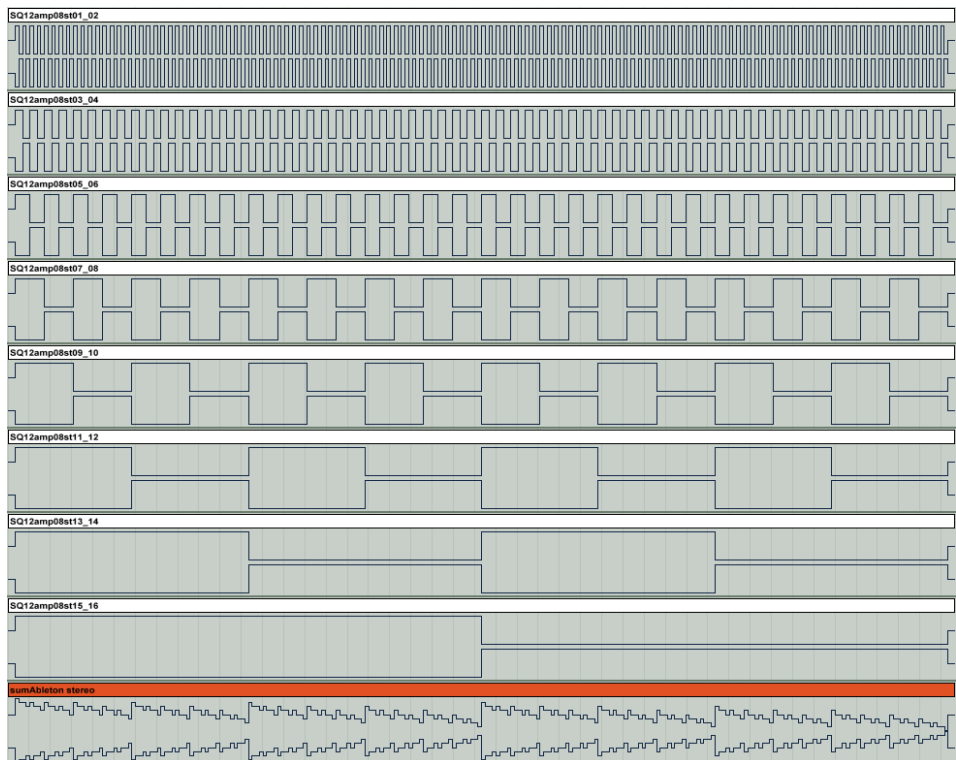


Abb. 11: Die einzelnen Rechteck-Signale und rot die im Verhältnis verkleinerte ideale Summe

„Natur“, also in der analogen Welt so nicht vorkommt. Aber rein als digitale Information ist das Rechtecksignal ideal. In Abb. 11 sind die Signale übereinander dargestellt, rot ist die von Matlab berechnete ideale Summierung der einzelnen Signale. Die Pegel sind natürlich angepasst, das Summensignal wäre viel grösser im Verhältnis.

Messresultate

Rechtecksignal

Wenn wir die Rechtecksignale aus Abb. 11 aus dem Ableton bouncen, merken wir sofort, dass die Summierung perfekt ist. Das Signal (Abb. 12 oben) ist absolut identisch mit dem von Matlab anhand der Original-Tabelle errechneten Signal. Und wenn wir die Summe auf Mono schalten haben wir eine absolute Auslöschung des Signals. Somit können wir bereits bestätigen, dass, die reine Summierung von Audiodateien des selben Formats für Ableton kein Problem darstellt. In unserem Fall ist sie absolut Fehlerfrei.

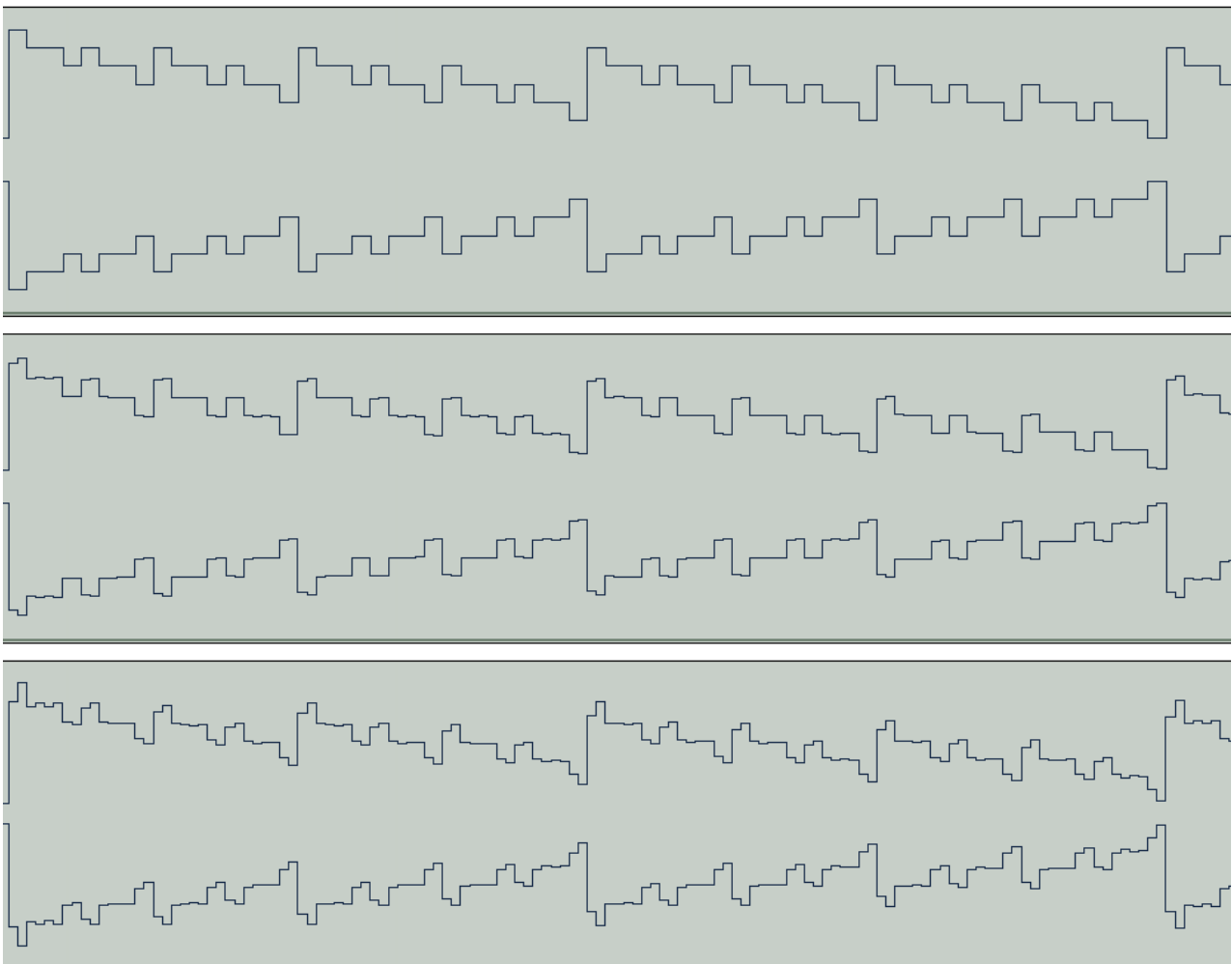


Abb. 12: Oben: Identisches in Matlab und Ableton summiertes Signal, mitte: Stereo-Mix durch Kanäle 1+2 des Mackie, unten; 16-Kanal-Summierung im Mackie

Beim Stereo-Mix, welcher durch die Kanäle 1 und 2 des Mackie geroutet wird (Abb. 12 mitte), stellen wir bereits erste Abweichungen fest und bei der 16-Kanal-Analog-Summierung (Abb. 12

unten) klare Abweichungen in den höheren Frequenzen, was sich beim betrachten des Frequenz-Spektrums in Abb. 13 bestätigt: Die einzelnen Frequenzen, vor Allem in den höheren Bereichen, sind nicht so klar getrennt wie beim Stereo-Analog-Mix und beim Bounce. Dies könnte aber, vor Allem auch im höheren Frequenzbereich, ein Problem der Wandlung sein.

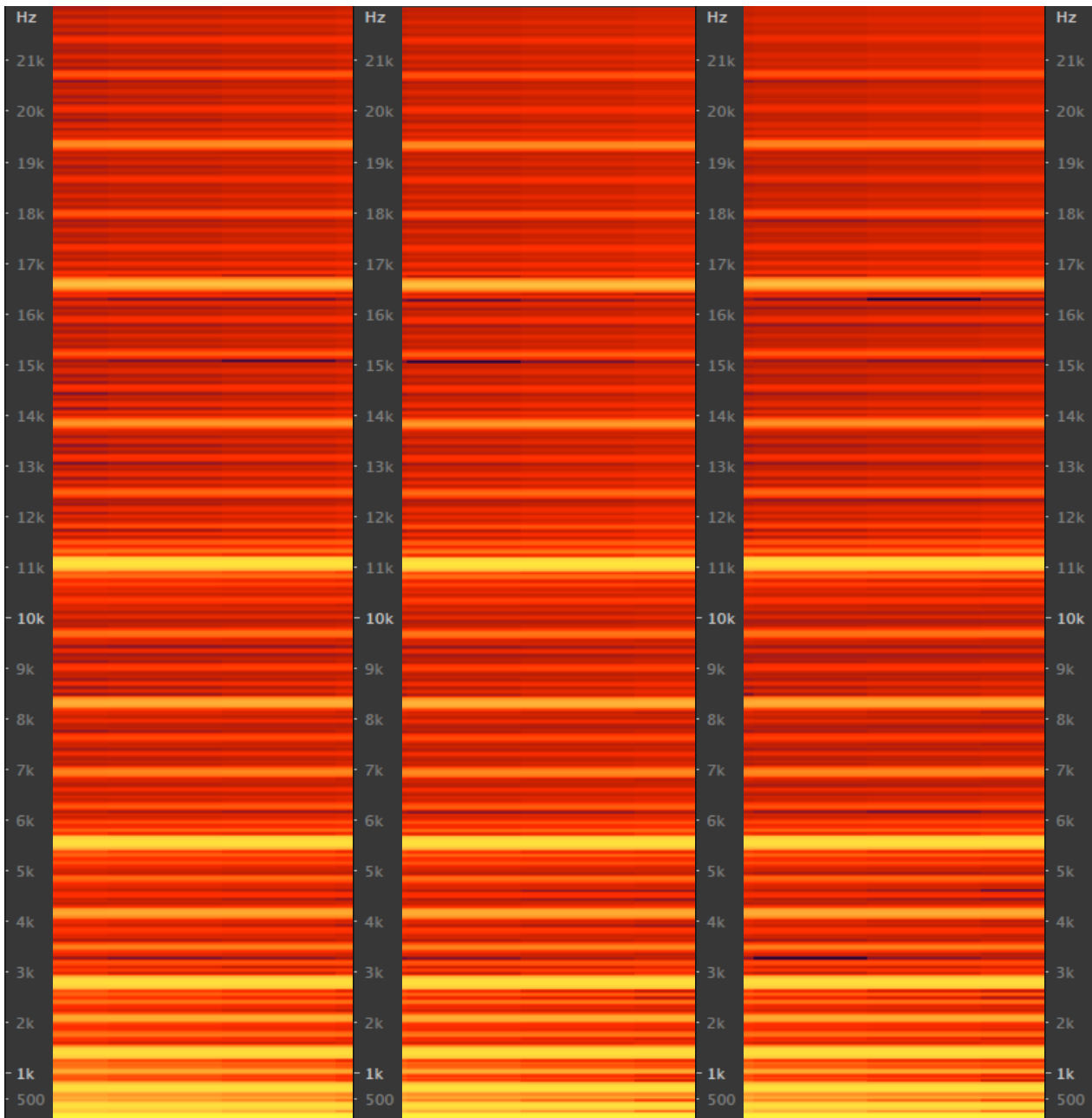


Abb. 13: Frequenzspektrum des jeweils linken Kanals der Rechtecksignale.

Links: Ableton-Bounce, mitte: Ableton-Stereo-Mixdown nach durchlaufen der Mackie-Kanäle 1+2, rechts: 16-Kanal-Summierung im Mackie

Weiter fällt auf, dass auch die Transienten etwas leiden, was sich auch bei der Mono-Schaltung der Kanäle in Abb. 14 zeigt.

In Abb. 14 kommt nun auch noch die Mono-Schaltung der reinen D/A-A/D-Wandlung dazu, hier sind die Probleme wie zu erwarten vor Allem im hochfrequenten Bereich aufzufinden und daher teilweise auch in den Transienten, welche ja in ihrer Natur hochfrequent sind. Dass beim 16-Kanal-

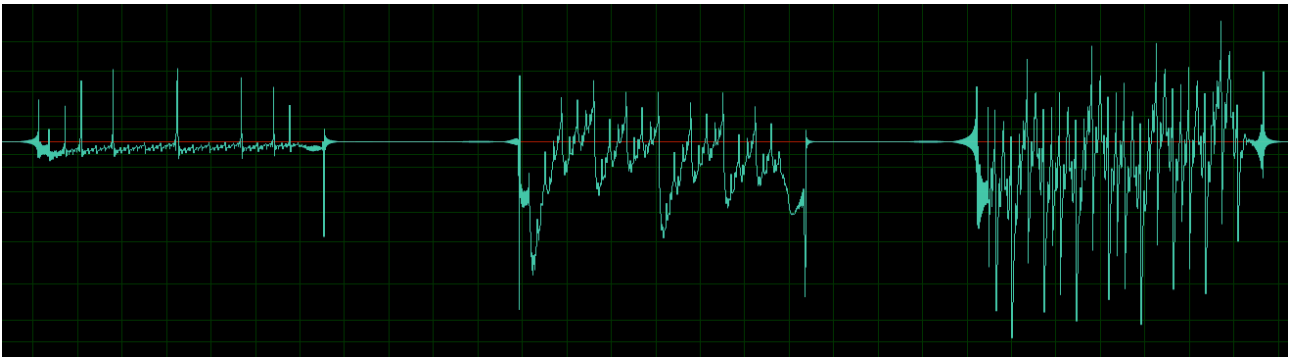


Abb. 14: Stark vergrößerte Differenz zwischen den Kanälen L und R der Rechtecksignale. Die höchste Spitze ist ca. 30dB kleiner als der Amplituden-Vollausschlag im Originalsignal.
Links: nur D/A-A/D-Wandlung, mitte: Stereo-Analog-Kette, rechts: 16-Kanal-Analog-Summe

Analog-Summensignal fast alle Transienten betroffen sind, könnte daher kommen, dass da jedes einzelne Signal D/A gewandelt werden muss.

Musik

Bei diesen Messsignalen handelt es sich um vier Piano- und vier Violinen-Spuren, welche je zusammen harmonische Akkorde spielen und relativ wenige Transienten beinhalten. Verzerrungen

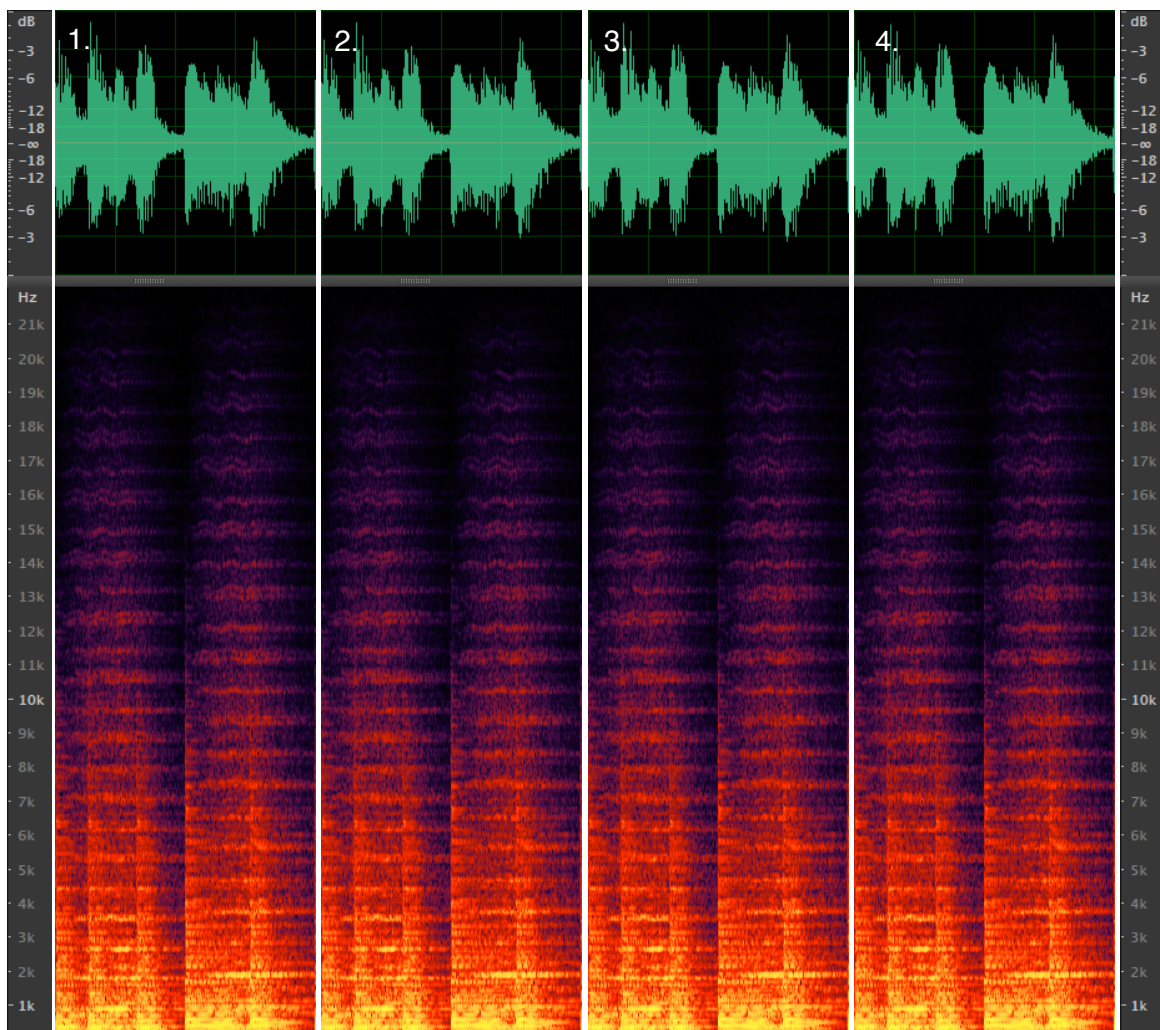


Abb. 15: 1. Ableton-Bounce, 2. DA-AD-Wandlung, 3. Stereo-Analog-Kette, 4. 16-Kanal-

sollten aufgrund der Einstellungen am Mackie CR1604-VLZ (Gain komplett zuge dreht, Pegel nicht an der oberen Grenze) keine Vorhanden sein. In Abbildung 15 sind die verschiedenen Summen aufgeführt und man kann kaum einen Unterschied erkennen zwischen den verschiedenen Frequenzspektren. Ich gehe davon aus, dass daher auch akustisch kaum ein Unterschied ausgemacht werden könnte.

Sinus-Sweep

Auf sämtlichen 16 Kanälen wird nun synchron das identische Sinus-Sweep-Signal wiedergegeben, welche dann summiert werden. Sämtliche gemessene Signale wurden auf -0.1 dB Normalisiert, es bestimmt also der höchste Peak des Signals über den Restpegel des Signals.

Der Ableton-Bounce macht die Summierung wieder perfekt, d.H. das Signal verstärkt sich gegenüber den Ursprungssignalen, jedoch werden keine andern Anteile dem Signal zugefügt. Beim Resultat der D/A-A/D-Wandlung, ohne das Mackie zu durchlaufen, können wir bereits einen sehr kleinen Anteil eines Obertones erkennen, bei der Stereo-Analog-Kette und der 16-Kanal-Analog-Summierung sind sie recht klar zu erkennen.

Interessant ist hierbei, dass bei der Stereo-Analog-Kette der Allgemeine Rauschanteil höher ist als bei der 16-Kanal-Analog-Summierung. Dies kann verschiedene Gründe haben, der wahrscheinlichste ist aber, dass der Pegel bei der Normalisierung mehr angehoben worden ist als bei der 16-Kanal-Analog-Summierung aufgrund grösserer Peaks bei der 16-Kanal-Sum-

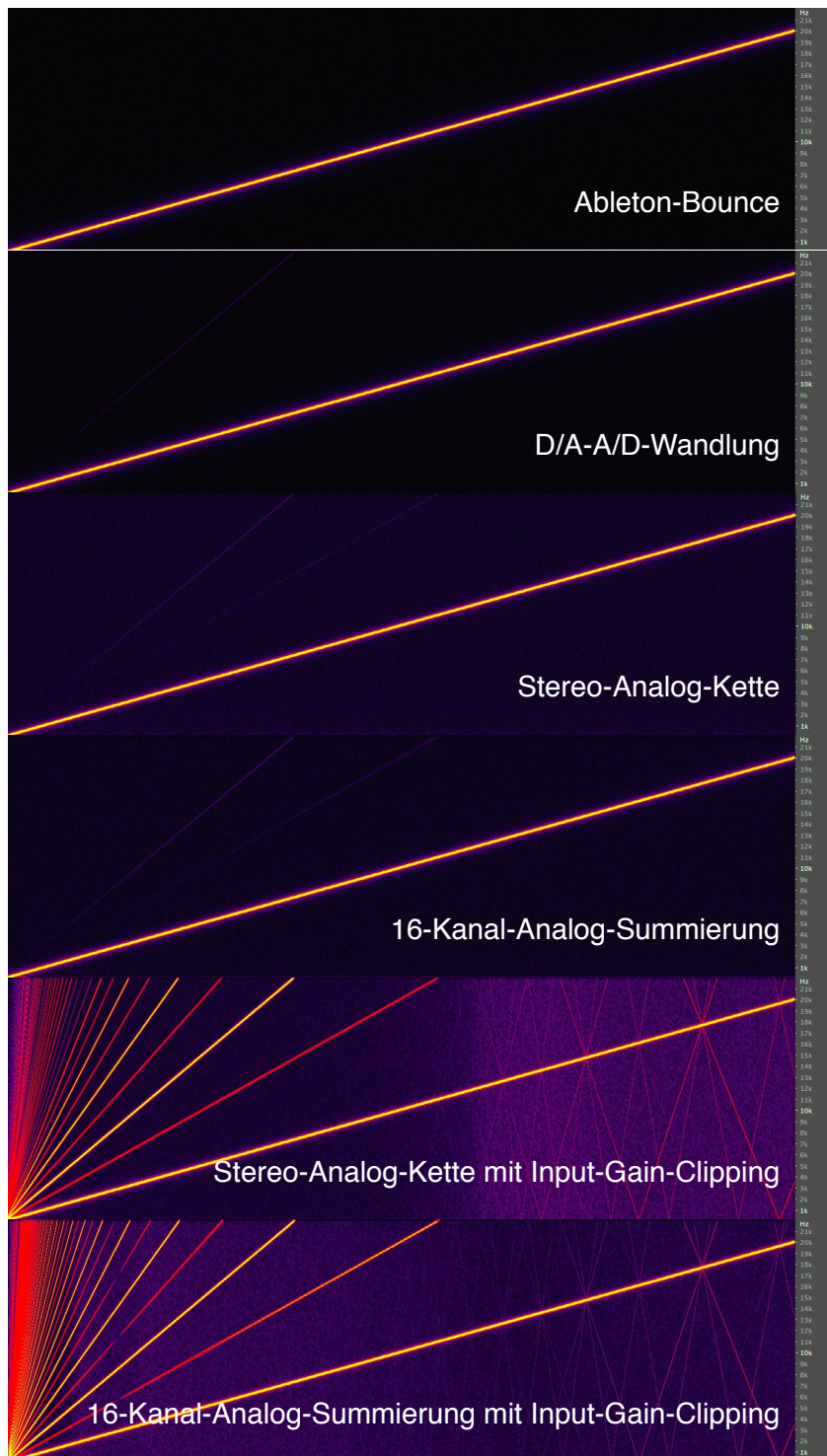


Abb. 16: Sweeps

mierung. Die Obertöne im Verhältnis zum Rauschen sind aber bei der 16-Kanal-Analog-Summierung klar lauter als bei der Stereo-Kette.

In den beiden untersten Signalen habe ich am Mackie die Gain-Regler auf Vollausschlag gestellt und die 16 Messsignale synchron langsam lauter gemacht, bis die Kanäle am Mackie zu clippen angefangen haben. Somit entstehen Verzerrungen. Für die Stereo-Spur, die auf Kanal 1 und 2 geht habe ich den gleichen Pegel ermittelt, somit sollte die Verzerrung bei beiden Messungen etwa gleich sein.

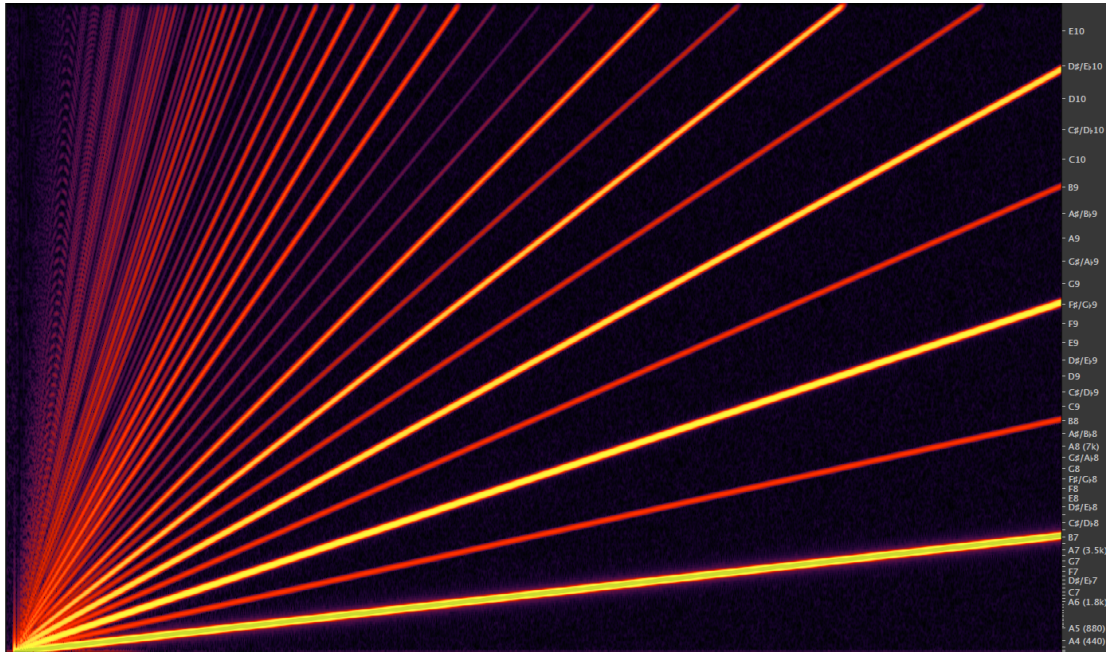


Abb. 17: 8 x identisches Stereo-Sweep-Signal digital summiert und durch Stereo-Analog-Kette geschlauft (linker Kanal)

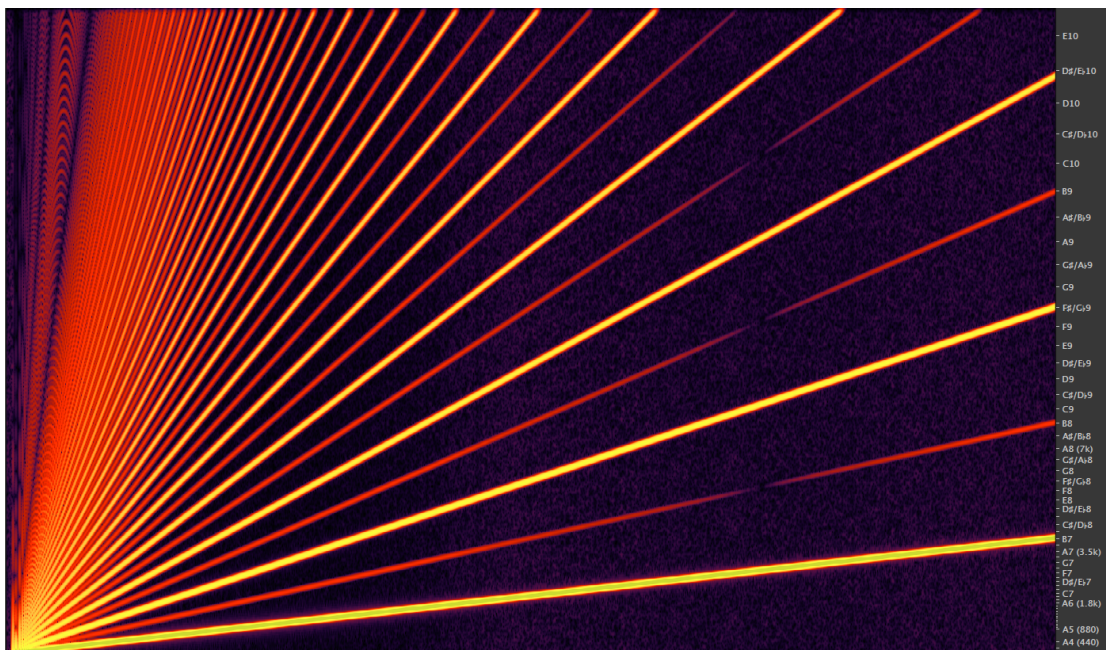


Abb. 18: 8 x identisches Stereo-Sweep-Signal durch 16-Kanal-Analog-Summierung

Durch die Verzerrung bilden sich nun stark Obertöne, wobei in unserem Fall vor Allem die eher hohl und weniger angenehm (Sengpiel, 2002, S.1) klingenden K3-Obertöne verstärkt werden, die K2-Obertöne sind eher sehr schwach bis z.T. kaum vorhanden (siehe Abb. 18 bei ca. Grundton F7). Die Verteilung der Obertöne ist regelmässiger bei der 16-Kanal-Analog-Summierung. Diese Unregelmässigkeiten bei der Stereo-Kanal-Kette könnten kanalspezifisch sein, also bei einem anderen Kanal anders ausfallen, die 16-Kanal-Summierung gäbe da eine bessere Verteilung, bzw. der einzelne Kanal hat einen kleineren Einfluss auf die Summe.

Panorama

Die DAW's haben je nach Panorama-Einstellung verschiedene Pegel.

Bei den Messungen hat sich ergeben, dass sich in Abletons Stereo-Spuren (in Ableton gibt es nur Stereo-, keine Mono-Spuren) der Panoramaregler folgenden Einfluss auf den Pegel der Signale hat:

Mittstellung: 0dB
 Ganz links oder rechts: +3dB

In Mackies Mono-Spuren verhält es sich gemäss dem Level-Diagramm aus dem Handbuch folgendermassen:

Mittelstellung: -4dB
 Ganz links oder rechts: 0dB

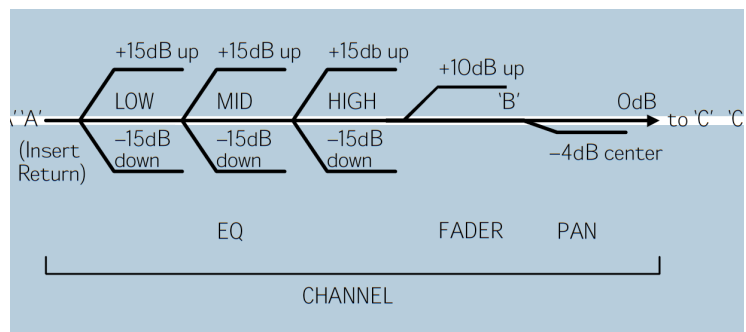


Abb 19: 1604-VLZ Level Diagram

Dies ist zu beachten und kann je nach Vorgehen bei der Analog-Summierung einen Einfluss auf den Mix haben, z.B. wenn ein Mix digital gemischt wurde mit Mono- und Stereo-Spuren kombiniert und die Panorama-Einstellungen des DAW-Mixes nun am Analog-Summierer übernommen werden wollen.

Fazit

Zum Schluss versuche ich, ein Fazit aus der Arbeit zu ziehen, aber vor Allem bezüglich der Messungen kann bei einigen Punkten im Rahmen dieser Arbeit nur vermutet werden, weshalb sich gewisse Resultate so ergeben haben.

Zuerst führe ich aber die Punkte auf, welche klar genannt werden können:

- Die reine digitale Summierung von gleich formatierten digitalen Audiosignalen in Ableton 9 ist perfekt.
- Subjektive Vorteile bei der analogen Summierung sind vor Allem auf Verzerrungen zurückzuführen. Die reine analoge Summierung ohne Verzerrung oder andern klangfärbenden Einfluss auf das Signal bringt keinen erklärbaren Vorteil gegenüber dem digitalen Summieren.
- Besser eine gute Analog-Stereo-Kette als eine mittelmässige Mehrkanal-Analog-Summierung verwenden.

- Es geht bei der Frage um den Vorteil der Analogen Summierung nicht um die Summierung selber, sondern allenfalls darum, ob die Signale vor oder nach der Summierung die Analoge Kette durchlaufen!

Des weiteren äussere ich folgende Vermutungen, die aber nicht abschliessend geklärt sind:

- Die 16-Kanal-Summierung hat in unserem Fall den grössten Einfluss auf die Transienten im Vergleich zu den anderen Methoden.
- Der Einzige Vorteil der analogen Mehrkanal-Analog-Summierung gegenüber der Analog-Stereo-Kette könnte sich aufgrund der in der Theorie stärker auftretenden Intermodulation bei der Analog-Stereo-Kette erklären.
- Die 16-Kanal-Summierung erzeugt stärkere und regelmässigeren (vor Allem K3-) Obertöne.

Quellenangaben

Buchquellen

Bernstein, H., 2014. *Messelektronik und Sensoren*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Beuth, K., Schmusch, W., 2007. *Grundsaltungen (Elektronik 3)*. 16. Auflage. Würzburg: Vogel Verlag.

Bressler, K., Gutekunst, J., Hering, E., 2005. *Elektronik für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. 5. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag.

Dickreiter, M., 1997. *Handbuch der Tonstudioteknik*. 6. Auflage. München: K. G. Saur Verlag.

Friesecke A., 2007. *Die Audio-Enzyklopädie*. München: K. G. Saur Verlag.

Görne, T., 2011. *Tontechnik*. 3. Auflage. München: Carl Hanser Verlag.

Horn, M., 2012. *Audio-Mastering-Guide*. Arrange Projektstudio

Katz, B., 2012. *Mastering Audio: Über die Kunst und die Technik*. Übersetzt aus dem Englischen von The Lingo Agency. München: GC Carstensen Verlag.

Meister, H., 2007. *Elektrotechnische Grundlagen (Elektronik 1)*. 14. Auflage. Würzburg: Vogel Verlag.

Stolz, D., 2011. *Computergestützte Audio- und Videotechnik*. 2. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag.

Winer, E., 2013. *The Audio Expert: Everything you need to know about audio*. Burlington: Focal Press.

Zastrow, P., 2007. *Formeln*. Duderstadt: EPV Elektronik-Praktiker-Verlagsgesellschaft mbH

Internetquellen

Sengpiel, 2002. *Harmonische, Partialtöne, Teiltöne und Obertöne*. [online] Verfügbar auf: <<http://www.sengpielaudio.com/Harmonische-Partialtoene-Obertoene.pdf>>

SPL, 2014. *MixDream XP - Analog vs. Digital Summing*. [online] Verfügbar auf: <<http://spl.info/produkte/summierer-mischer/mixdream-xp/ausfuehrliche-beschreibung.html>>

Bildnachweis

Abb. 1

Friesecke A., 2007. *Die Audio-Enzyklopädie*. München: K. G. Saur Verlag. Abb. 5.9-2, S. 347.

Abb. 2

Mackie Designs Inc. *1604-VLZ Service Manual*. Abb. 16-1127.VSD, Signal Flow, S. 2.

Abb. 3

Mackie Designs Inc. *1604-VLZ Service Manual*. Sheet 1, Main Section, S. 9.

Abb. 4

Mackie Designs Inc. *1604-VLZ Service Manual*. Sheet 4, Main Section, S. 12.

Abb. 5, 19

Mackie Designs Inc. *1604-VLZ Owners's Manual*. Level Diagram, S. 80.

Abb. 6

Winer, E., 2013. *The Audio Expert: Everything you need to know about audio*. Burlington: Focal Press. Abb. 2.10, S. 59.

Abb. 7

Bressler, K., Gutekunst, J., Hering, E., 2005. *Elektronik für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. 5. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag. Abb. 3.73a, S. 228.

Abb. 8 - 18

Eigene, im Rahmen der Facharbeit erstellte Bilder und Tabellen.

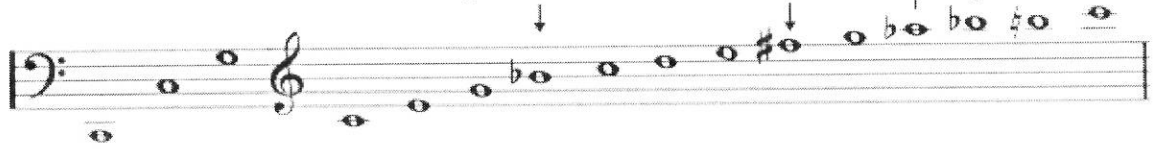


Harmonische, Partialtöne, Teiltöne und Obertöne

Schreibt man alle Sinuskomponenten eines Klangs in ein Notensystem, so ergibt sich die hier abgebildete Tonreihe. Werden die Sinuskomponenten als "**Obertöne**" bezeichnet, so beginnt die 1. Oberton-Zählung erst bei der 2. Harmonischen, die **1. Harmonische heißt dann Grundton**. Achten Sie bitte auf die unterschiedliche Nummerierung der Tonkomponenten - je nachdem, ob sie als **a) Harmonische, Partialtöne, Teiltöne** oder als **b) Obertöne** bezeichnet werden. "Oberton" = Harmonische minus 1 oder "Harmonische" = Oberton + 1.

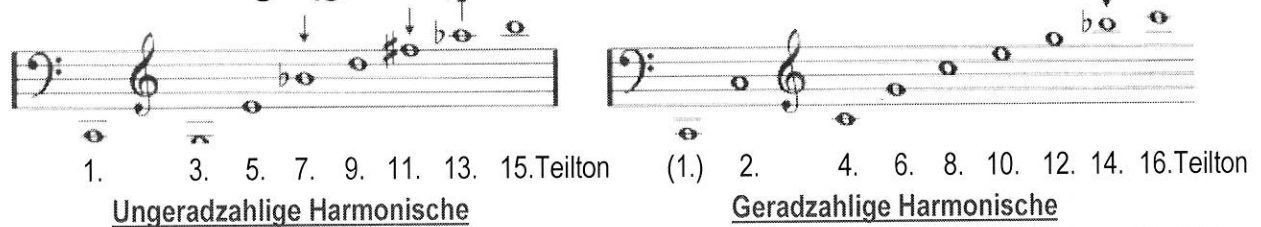
Einige Schwingungen der Obertöne lassen sich mit unserer Notenschrift nicht genau in der wirklichen Tonhöhe angeben. ↑ bedeutet, dass sie höher als notiert klingen und ↓ bedeutet, dass sie tiefer als notiert klingen.

Notendarstellung der harmonischen Teiltöne



Harmonische	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Partialtöne	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Teiltöne	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Obertöne	Grundton	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Frequenz	f	$2f$	$3f$	$4f$	$5f$	$6f$	$7f$	$8f$	$9f$	$10f$	$11f$	$12f$	$13f$	$14f$	$15f$	$16f$
Hz (z. B.)	65	130	195	260	325	390	455	520	585	650	715	780	845	910	975	1040
Tonname	C	c	g	c'	e'	g'	b'	c''	d''	e''	fis''	g''	as''	b''	h''	c'''

Ungeradzahlige (ungerade) Harmonische beim Klirrfaktor $k_3, k_5, k_7 \dots$ Geradzahlige (gerade) Harmonische beim Klirrfaktor $k_2, k_4, k_6 \dots$



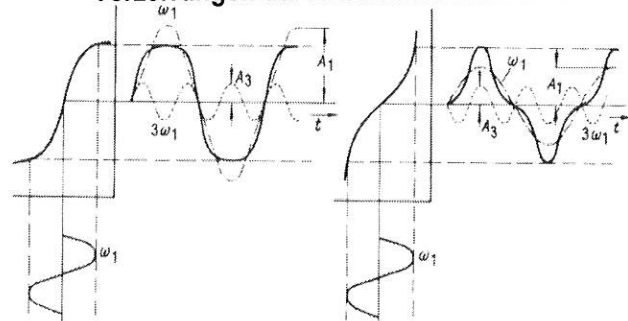
Transistor-Verstärker und analoge Tonbänder können **nichtlineare Verzerrungen** mit **kubischem Klirrfaktor** an einer **symmetrischen Kennlinie** erzeugen, und dabei besonders stark die **ungeradzahligen** Harmonischen hervorheben. Das sind harmonisch geringer verwandte Teiltöne, die gedeckt, hohl und weniger angenehm klingen. Klirrfaktor $k_3, k_5, k_7 \dots$ (Klarinette, gedackte Orgelpfeife); siehe die Abbildung unten links.

Beim Bandsättigungs-Effekt wirken die schnelle Kompression der Höhen und der Klirrfaktor k_3 zusammen.

Röhrenverstärker und Röhrenmikrofone (Trioden), die bei höheren Lautstärken **nichtlineare Verzerrungen** mit **quadratischem Klirrfaktor** an einer **unsymmetrischen Kennlinie** mit überwiegend **geradzahligen Harmonischen** erzeugen können, heben besonders diejenigen Teiltöne hervor, die mit dem Grundton harmonisch nah verwandt sind. Das klingt nicht unbedingt negativ. Klirrfaktor $k_2, k_4, k_6 \dots$. Siehe Abbildung unten rechts.

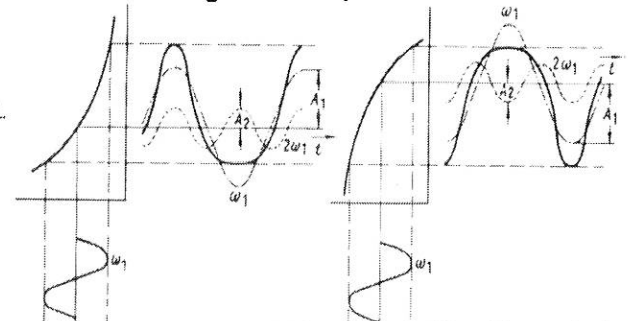
Merke: So erklärt sich die Klarheit der Klänge mit hervortretenden **geradzahligen Teiltönen**. Das sind **Verzerrungen**, die klanglich vom subjektiven Hörempfinden nicht unbedingt abgelehnt werden, sondern sogar zur Klanggestaltung mit herangezogen werden können. Denke an die Beliebtheit von Röhren (Trioden).

Verzerrungen durch kubische Kennlinie



Erzeugung von $k_3, k_5, k_7 \dots$ **ungeradzahlige** Harmonische

Verzerrungen durch quadratische Kennlinie



Erzeugung von $k_2, k_4, k_6 \dots$ **geradzahlige** Harmonische

MixDream XP

Model 2591

Analog Summing Device

"So far, I've used three different summing systems with DAWs and I've noticed the biggest sonic improvement yet while using the MixDream." Mix Magazine (US).

The MixDreamXP design plan provides for stereo mixdown at the analog level. This concept offers high-grade analog summing without panorama and fader controls, in turn allowing an engineer to retain the entire scope of his computer automation. In use, the MixDreamXP requires almost no departures from an engineer's usual working mode, so that all his trusted DAW features and familiar working routines remain available while the MixDreamXP seamlessly expands his aural mixing palette.

One MixDreamXP can sum up to 16 audio tracks to a stereo signal, and should the need arise for more than 16 tracks, several MixDreamXP may be linked together. Owners of a MixDream, model 2384, can expand this unit with the cost effective MixDreamXP at an identical quality level and by the way, that's where the suffix „XP“ comes from (=Expansion).

The MixDreamXP discrete class A technology is based on the same 60-volt rails (+/- 30V) of the MixDream model 2384. Newly developed circuitry, based on the most modern analog components, guarantees an extremely high slew rate, a very low noise level of -97dBu and a dynamic range of 125dB. Thus the MixDreamXP easily reaches the technical level of the best analog consoles.

Analog vs. Digital Summing

Nowadays, many are asking whether analog summing is better than digital summing. But perhaps the real question is whether digital summing better than analog summing? We at SPL don't know of anyone who says so. We do know that summing with the MixDreamXP creates an amazing signal depth, precise localization and a

wonderful stereo imaging. Moreover, the addition of individual instruments results in soft and pleasant transitions.

These are analog summing results that we appreciate from past decades of the best analog technology. The MixDreamXP now allows DAW users to exploit this potential with maximum comfort and uncompromising quality, ensuring that nothing can stand in the way of the engineer's having the best of both analog and digital worlds.

Connection of Sampler, Keyboards etc.

Mono Controls

Summing

Summing of Subgroups

MixDreamXP in Mastering Applications

Linking Several MixDreamXP