

Mixing in the Box

Eine eingehende Betrachtung von Mythen und Legenden rund um den Mix-Bus von Pro Tools

Einleitung

Willkommen zu einem Artikel, der sich einzig und allein mit dem Mischen in Pro Tools beschäftigt. Dabei geht es um den grundlegenden Signalfluss in Pro Tools, darum, wie das TDM-Mixer-Plug-In funktioniert und wie Signale von einem Ort an den anderen gelangen. Der Artikel sollte ausreichend Informationen enthalten, die Ihnen im Alltag als Engineer oder Mixer helfen können. Wir werden ein Stück weit hinter die Kulissen der Mathematik von Pro Tools TDM-Systemen schauen (aber keine Angst, wir bleiben allgemein verständlich), uns mit einigen Mythen über den Summen-Bus auseinandersetzen sowie Grundlagen der digitalen Audiotechnik erörtern.

Man muss in unserer Branche nicht viele Worte darüber verlieren, dass Pro Tools eine umfassende, vollständige Arbeitsumgebung für Recording, Editing und Mixing ist – das versteht sich fast von selbst. Aber haben wir auf dem Weg zur heutigen Akzeptanz von Pro Tools eines der wichtigsten Prinzipien hinter jedem Audio-Gerät aus den Augen verloren, nämlich den Anspruch, die höchstmögliche Audio-Qualität zu bewahren?

Die Performance eines Audio-Interfaces lässt sich leicht messen und noch leichter in einem Hörtest bewerten. Gleichermaßen lässt sich die Qualität des einfachen Signalwegs vom Eingang zum Ausgang einer Workstation überprüfen oder in sorgfältig kontrollierten Hörvergleichen zu betrachten. Dies sind dementsprechend auch die Komponenten einer Workstation, denen man leichter vertrauen kann.

Etwas schwieriger zu quantifizieren ist das, was passiert, wenn eine Workstation irgendetwas zwischen einigen wenigen und mehr als hundert Audio-Kanälen mischen soll. Aber auch hier ist es problemlos möglich, zur Überprüfung der Ergebnisse Hörtests durchzuführen, was wir in Studios mit bekannten Produzenten und Toningenieuren auch getan haben. Die Ergebnisse waren deutlich – in einem ordentlich durchgeführten Test mit modernen analogen und digitalen High-End-Konsolen (siehe Anmerkung 1) konnte niemand zuverlässig feststellen, ob er den Summenausgang des externen Mischpults oder den von Pro Tools selbst hörte.

Eine weit verbreitete Arbeitsweise mit Pro Tools ist dessen Einsatz als Mehrspur-Recorder in Verbindung mit einer externen Konsole, auf der die finale Mischung erstellt wird. Obwohl diese Praxis prinzipiell hervorragend funktioniert und Sie auch EQ und Dynamics der Konsole in der Mischung einsetzen können, bleiben bedeutende Vorteile einer Arbeitsweise „vollständig in Pro Tools“ dabei unberücksichtigt – so zum Beispiel die enge Verknüpfung der

Audiodaten mit der Mischautomation und die Möglichkeit, die gesamte Konfiguration mit Mischpulteinstellungen, Kanalbezeichnungen, Effekt-Settings und Automation in einer einzigen, portablen Datei gemeinsam mit den Audiodaten speichern zu können.

Aber verlieren Sie denn Klangqualität, wenn Sie sich dafür entscheiden, ganz auf der Pro Tools-Ebene bzw. „in the Box“ zu arbeiten?

In diesem Artikel betrachten wir die Funktionsweise des Pro Tools-Mischers und tragen einige technischen Grundlagen über analoge und digitale Aufnahme und (vor allem) Mischung zusammen, in der Hoffnung, einige der grassierenden Legenden aufzuklären.

Der Pro Tools-Mischer und die Klangqualität: Unbekannte Bettgenossen?

Immer dann, wenn wichtige Arbeit geleistet werden muss, ist der bedeutendste Aspekt unter den vielen Facetten die Klangqualität. Die Qualität der aufgenommenen Einzelspuren hängt maßgeblich von den klanglichen Eigenschaften der verwendeten AD-Wandler ab. Die Qualität der Wordclock, gemessen direkt am Wandler, hat ebenfalls einen Einfluss, aber das wollen wir aufgrund der Komplexität der Materie in einem separaten Whitepaper besprechen. Wenn wir die Audio-Wiedergabe betrachten, gibt es noch mehr zu beachten. Zuerst leisten die verwendeten DA-Wandler und die Clock einen entscheidenden Beitrag, aber alle vorgenommenen Bearbeitungen und die Mischung haben ebenfalls Einfluss auf die Qualität.

Untersuchen wir zunächst einmal die Möglichkeiten eines Systems mit einem 24-Bit-Signalweg vom Eingang bis zum Ausgang. Ein sauber aufgebautes 24-Bit-System kann einen Rauschabstand von 140 dB und mehr erreichen, was in puncto Performance deutlich besser ist als alle heute verfügbaren Wandler. Um das Verhältnis zwischen Bit-Auflösung und Rauschabstand schnell beschreiben zu können, müssen Sie nur wissen, dass in einem nicht geditherten Audio-System der Rauschabstand gleich der Zahl der Bits mal 6,02 plus 1,76 dB ist. So könnte ein nicht gedithertes 24-Bit-System theoretisch einen Rauschabstand von 146 dB haben. In der Praxis ist es nicht unüblich, von 6 dB pro Bit Auflösung auszugehen.

Bei niedrigeren Signalpegeln nimmt der Anteil von Verzerrungen zu, bei sehr niedrigen Signalpegeln können diese sogar deutlich hörbar werden. Um diese Verzerrungen zu reduzieren, wird häufig ein so genannter *Dithering*-Prozess eingesetzt. Durch Hinzufügen eines schwachen Rauschsignals, des so genannten *Dithers*, werden die niedrigeren Bits „aktiver“ als sonst. Als Ergebnis dieses Prozesses können im Rauschteppich mehr Audio-Informationen erhalten bzw. codiert werden. Wie das funktioniert, sehen wir gleich.

Verwendet ein System so genannten *Triangular Dither* (auch TPDF genannt für „Triangular Probability Distribution Function“), entspricht der Rauschabstand der Zahl der verwendeten Bits mal 6,02 minus 3 dB. Ein 24-Bit-System mit TPDF-Dithering kann theoretisch einen Rauschabstand von 141,5 dB erreichen. Beachten Sie die 4,5 dB Unterschied zwischen dem System mit und ohne Dithering. Wir werden uns später noch damit auseinandersetzen.

An dieser Stelle bietet sich ein kleiner Exkurs über Verzerrungen bei digitalen Systemen an. Bei einem nicht geditherten System nehmen mit sinkendem Signalpegel die (Quantisierungs-) Verzerrungen immer mehr zu. Das bedeutet, dass die für transparente Aufnahmen so wichtigen Details verloren gehen oder, noch schlimmer, von Verzerrungen überlagert werden. Dieses Problem hatten viele der frühen CD-Releases, was damals entscheidend dazu beigetragen hat, dass digitale Aufnahmen als „hart“ klingend wahrgenommen wurden. Besonders deutlich wurde diese Problematik bei Material mit großen Dynamikumfang und einem durchschnittlichen Signalpegel, der deutlich niedriger war als bei heutigen Veröffentlichungen.

In einem sauber geditherten System dagegen werden die Verzerrungen vollständig durch den Dither eliminiert, mit einem leicht angehobenen Grundrauschen als einzigem Nebenprodukt. Beim oben genannten Beispiel des *Triangular Dither* ist es das, was uns die 4,5 dB mehr Rauschen bringen. Kein schlechter Tausch, wo dieses Rauschen doch immer noch über 140 dB vom Maximalpegel entfernt ist! Natürlich sind heutige Wandler noch ein Stück weit von diesen Zahlen entfernt – hochwertige Wandler erreichen derzeit etwa 120 dB Dynamikumfang. Es ist wichtig, dies im Kopf zu behalten, denn viele der in einem 24-Bit-Audio-System erzeugten Artefakte befinden sich in einem Bereich, der signifikant unterhalb des Eigenrauschens selbst hochwertigster Wandler liegt.

Sind also 24 Bit genug? Es kommt darauf an. Wenn Sie nur davon reden, einen Audiokanal aufzunehmen und zu reproduzieren, und dieser Kanal weniger als 140 dB Dynamikumfang benötigt, dann ja. Aber was ist, wenn wir mehrere Kanäle mischen möchten, wobei einige oder die meisten dieser Signale davor noch deutlich abgesenkt werden, bevor sie auf dem Mix-Bus landen?

Das ist bei den meisten modernen Mixer-Topologien der Fall, bei denen der Summen-Bus mit Unity Gain arbeitet. Wären nun alle Kanäle vollkommen inkohärent und Sie addierten mehrere Kanäle, würde mit jedem Verdoppeln der Kanalzahl (von eins zu zwei, von zwei zu vier usw.) der Ausgangspegel um 3 dB zunehmen. Bei absolut kohärenten Signalen (d.h. gleichen Signalen) würde der Gesamtpegel mit jeder Verdoppelung der Kanalzahl um 6 dB zunehmen. Signale aus der Praxis, z.B. eines polymikrofonierten Orchesters oder Schlagzeugs bzw. stereo mikrofonierten Pianos, liegen irgendwo dazwischen.

Nehmen wir beispielsweise einen 64-Spur-Mixer. 64 inkohärente Eingänge, summiert bei Unity Gain, ergeben 18 dB mehr Ausgangspegel. Um den 24-Bit-Mix-Bus nicht zu übersteuern, müssen Sie zum Ausgleich jeden Kanal-Fader von der Nullposition um 18 dB absenken. Wir wissen bereits, dass eine Pegeländerung von 6,02 dB mehr oder weniger einem Bit Auflösung entspricht. Das Ergebnis unserer Gain-Übung ist also, vereinfacht gesagt, dass wir es jetzt mit einem Haufen von 21-Bit-Signalen zu tun haben.

Klingen 21-Bit-Signale schlecht? Es kommt darauf an. Mit dem Grundrauschen eines hochwertigen Wandlers bei -120 dB und einem Dynamikumfang des nicht geditherten 21-Bit-Signals von 127,76 dB wird uns klar, dass einige der produzierten Artefakte sich unterhalb des Wandler-Rauschteppichs befinden. Aber machen wir es uns nicht zu einfach. Verzerrungen höherer Ordnung sind für gewöhnlich sehr leicht wahrnehmbar. Die Probleme treten bei einer Reihe von Kanälen auf, die Ergebnisse werden summiert und dadurch noch einmal deutlicher hörbar. Auch hier hängt das Ergebnis wieder vom Material ab, wobei Material mit größerem Dynamikumfang schlechter abschneidet.

Wie es also scheint, sind 24 Bit zum Mischen nicht genug. Wie viel Bit brauchen wir denn dann? Mehr! Viel mehr!

Dither und Double-Precision-Arithmetik

Man könnte jetzt so argumentieren, dass man bei jeder Verdoppelung der Anzahl von Audio-Kanälen ein zusätzliches Bit für die Mathematik zur Verfügung haben sollte, um Details bei kleinen Pegeln nicht zu verlieren und trotzdem genügend Headroom für das kombinierte Ergebnis zu haben. Ein 128-Kanal-Mischer könnte theoretisch bis zu sieben zusätzliche Bits oberhalb 0 dBFS benötigen, um all die Low-Level-Informationen zu bewahren, gleichzeitig aber den Ausgang nicht zu übersteuern. Wenn die Fader über zusätzliches Gain oberhalb von „0 dB“ verfügen (was sehr verbreitet ist), sollte man das ebenfalls tunlichst berücksichtigen. Das bedeutet, dass ein Mix-Bus mit 24-Bit-Festkommaverarbeitung auf mindestens 32 Bit erweitert werden sollte, um Signalverluste oder Clipping zu vermeiden.

Was dabei nicht berücksichtigt wird, ist das (sehr wahrscheinliche) Szenario, dass Kanal-Fader auch niedriger als Unity Gain bzw. „0 dB“ eingestellt werden. Wenn wir den Mix-Bus nach oben hin erweitern, dann sollten wir auch am unteren Ende Bits hinzufügen und so die Signalqualität auch für den Fall sicherstellen, dass wir Fader absenken. Die Zahl der dafür benötigten Bits hängt davon ab, wie weit wir einen Kanalpegel absenken können wollen, ohne dabei Information zu verlieren. Es ist sicherlich nicht ungewöhnlich, in einer Mischung einzelne Fader auf -30 dB oder noch niedriger abgesenkt zu haben – wir könnten also fünf weitere Bits verwenden, um die Auflösung bei geringen Pegeln zu sichern. Damit haben wir schon einen 37-Bit-Mixer.

Ist das genug? Wahrscheinlich ja, aber es ist gut zu wissen, dass Pro Tools mit einem 48-Bit-Mix-Bus arbeitet, über den einerseits 128 Kanäle bei maximalem Gain ohne Übersteuerung summiert

Der 48-Bit-Mix-Bus von Pro Tools erreicht einen Dynamikumfang von nahezu 288 dB.



Die obersten acht Bit sind für die Aussteuerungsreserve (Headroom) reserviert. 128 kohärente Audio-Kanäle mit vollem Pegel würden sich bis zu Bit 46 aufsummieren. Das letzte Bit steht zur Verfügung, weil jeder Kanal-Fader über zusätzliche 6 dB Gain verfügt. Diese acht Bit ermöglichen annähernd 48 dB Headroom oberhalb der Nullstellung, bevor der Mix-Bus übersteuern würde.

Ein 24-Bit-Audio-Kanal mit dem Kanalfader in Nullstellung belegt die Bits 16-39. Wenn der Master-Fader (sofern vorhanden) sich ebenfalls in Nullstellung befindet, repräsentieren diese 24 Bit auch das Haupt-Ausgangssignal, bevor evtl. Mix-Bus-Plug-In-Bearbeitung oder Dithering hinzugefügt werden. Diese 24 Bit stehen für nahezu 144 dB erzielbaren Dynamikumfang. Dieser und ein zweiter, ebenfalls voll ausgesteuerter Kanal mit kohärentem Signal (nehmen wir an, es handle sich um ein Paar Sinuswellen mit identischer Frequenz und Phasenlage) würden sich bis zu Bit 40 aufsummieren. Um ein Übersteuern des Mix-Bus zu verhindern, müsste der Anwender entweder die Kanal-Fader um 6 dB absenken, einen Master-Fader erzeugen oder einen Aux-Kanal mit einem auf -6 dB eingestellten Ausgangs-Fader als Subgruppe verwenden. In jedem dieser drei Beispiele bleibt die volle Auflösung jedes einzelnen Kanals erhalten und kein Bit geht verloren.

Die unteren 16 Bit des Mix-Bus werden dazu verwendet, den Verlust von Audio-Daten zu verhindern, wenn ein oder mehrere Kanal-Fader unterhalb Unity Gain bzw. Null abgesenkt werden. Diese 16 zusätzlichen Bits bewahren selbst dann noch die volle 24-Bit-Auflösung des Signals auf dem Mix-Bus, wenn der Fader eines Kanals auf -96 dB abgesenkt wurde.

Abb. A

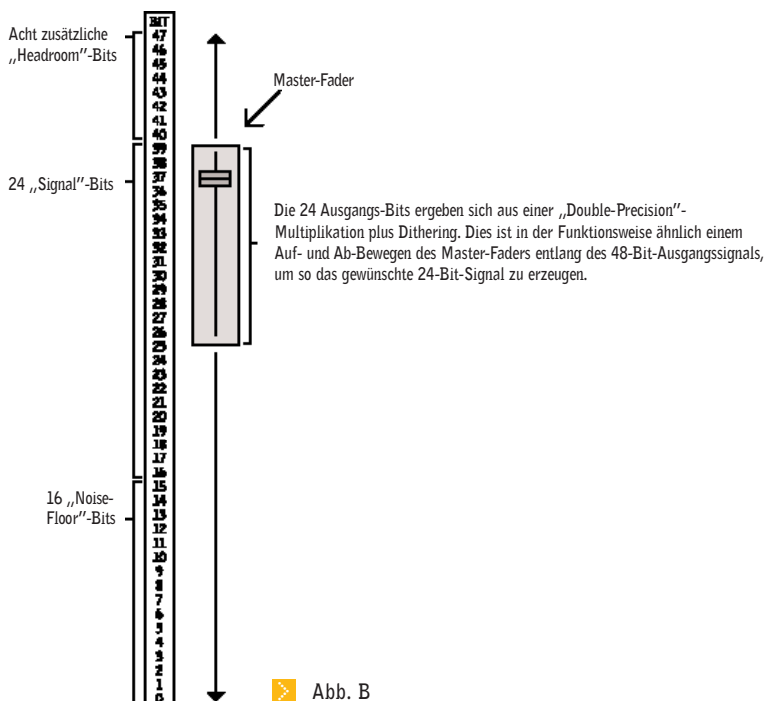


Abb. B

werden können, bei dem andererseits einige oder alle Kanalfader niedriger als -80 dB eingestellt werden können und dabei dennoch die volle 24-Bit-Signalqualität in der Mischung erhalten bleibt.

Die DSPs, die in einem Pro Tools TDM-System zum Einsatz kommen, haben normalerweise 24-Bit-Eingänge. Wie arbeiten wir also mit diesen 48-Bit-Signalen? Dafür nutzen wir häufig den sogenannten *Double Precision*-Modus. In der Praxis bedeutet das, dass man ein 48-Bit-Signal in zwei 24-Bit-Hälften aufteilt, die separat verarbeitet werden. Da die verwendeten 24-Bit-DSPs über einen 56-Bit-Akkumulator (Ergebnisspeicher) verfügen, ist die Verarbeitung des 48-Bit-Ergebnisses kein Problem. Schwierig dagegen ist die zugrundeliegende Mathematik und das Verteilen der Signale.

Double-Precision-Berechnungen benötigen mehr Verarbeitungszyklen, daher könnte man zeigen, dass der Aufbau eines gesamten Systems mit Double-Precision-Mathematik Verschwendung und viel zu teuer ist. Es ist sinnvoll, Double-Precision-Verarbeitung nur dort zu verwenden, wo sie benötigt wird, und sich ansonsten auf den normalen 24-Bit-Dynamikumfang von über 140 dB zu verlassen.

Hier sind einige Diagramme, die die Verwendung der 48-Bit-Worte im Pro Tools TDM-Mixer im Detail zeigen.

Abb. A zeigt die Verteilung der Bits in einem 48-Bit-Wort. Beachten Sie den stark erweiterten Dynamikumfang, der unterhalb des normalen 24-Bit-Worts verfügbar ist, um auch Details bei niedrigen Pegeln zu bewahren. Beachten Sie ebenfalls den rechnerischen Dynamikumfang den gesamten Mixers von annähernd 288 dB.

Master-Fader

Pro Tools erlaubt dem Anwender das Erstellen von Master-Fadern, die in Hinblick auf die DSP-Ressourcen „kostenlos“ sind. Mittels eines Master-Faders können Sie den Ausgangspegel des 48-Bit-Mix-Busses auf den Arbeitsbereich eines 24-Bit-Ausgabegeräts anpassen. Sobald ein Master-Fader eingerichtet ist, gibt es keinen hörbaren Unterschied zwischen dem Absenken eines Kanal-Faders bei gleichzeitigem Anheben des Master-Faders einerseits und dem Anheben des Kanal-Faders bei gleichzeitigem Absenken des Master-Faders andererseits – solange man das angeschlossene Ausgabegerät nicht übersteuert. Der Mixer hat ausreichend Headroom, um die kombinierten Signale von 128 vollständig kohärenten Kanälen, deren Fader auf maximale Verstärkung eingestellt sind, ohne Übersteuerungen zu verarbeiten. Es ist unmöglich, den internen Mix-Bus zu übersteuern! Es ist allerdings problemlos möglich, ein Ausgabegerät zu übersteuern, wir empfehlen Ihnen daher dringend einen umsichtigen Einsatz der Master-Fader.

Abb. B zeigt grob, wie der Master-Fader durch effektives Hinauf- und Hinunter-Skalieren des 48-Bit-Umfangs arbeitet. Wird in einer Session kein Master-Fader verwendet, verhält sich Pro Tools

so, als ob ein versteckter Master-Fader auf Unity Gain gesetzt wäre. Bei Verwendung des geditherten TDM-Mixer-Plug-Ins wird ein hochwertiges Dithering verwendet, um das finale 24-Bit-Ausgangssignal zu erzeugen.

Mehr zum Thema Dither

Die gebräuchlichsten beiden Methoden, um die Zahl der Bits in einem Audiosignal zu reduzieren, sind einerseits das simple Abschneiden (*Truncate*) der unteren 24 Bit, wobei die oberen (lauteren) 24 Bit unangetastet bleiben, oder alternativ der Einsatz von Dither, gefolgt vom Abschneiden der unteren 24 Bit.

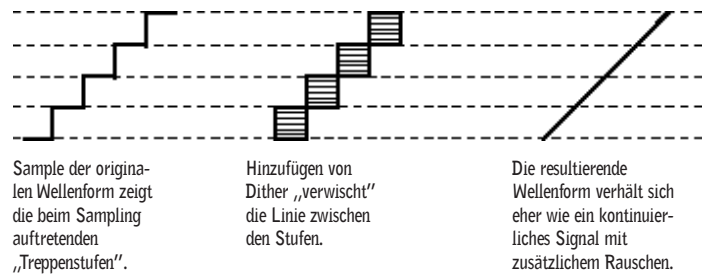
Das Ergebnis dieser Bearbeitungen sind Verzerrungen im verbleibenden Signal bzw. Quantisierungsfehler. Die entstehenden Fehler machen sich bei höheren Pegeln als weißes Rauschen bemerkbar. Bei niedrigeren Signalpegeln entsteht deutlich korrelierteres Rauschen (mit Bezug zum Nutzsignal), was hörbare Verzerrungen hervorruft. Im Fall eines 24-Bit-Systems bewegen sich diese Verzerrungen im Bereich des 24. Bits oder nahezu 144 dB unterhalb der Aussteuerungsgrenze.

Durch das Hinzufügen von Dither werden die entstehenden Verzerrungen vom Nutzsignal dekorreliert, womit sie in der Praxis vollständig unterdrückt werden und als einziger Nebeneffekt ein leicht erhöhtes Grundrauschen zu verzeichnen ist. Dieses Rauschen ist signifikant unproblematischer als die ansonsten entstehenden Verzerrungen. Ein angenehmer Nebeneffekt ist außerdem, dass zwei Kanäle mit unkorreliertem Dither beim Summieren nur 3 dB zusätzliches Rauschen produzieren, während zwei kohärente Audio-Kanäle summiert 6 dB mehr Pegel ergeben.

Dither gibt es in vielen Geschmacksrichtungen, die unterschiedlich viel Rechenleistung benötigen. Viele der exotischeren Dither-Algorithmen produzieren sogenannten *Noise Shaped-Dither*. Als Noise-Shaping bezeichnet man die Anwendung einer EQ-Kurve auf weißes Rauschen, wodurch ein Teil der Energie in Frequenzbereiche verlagert wird, in denen unsere Ohren weniger empfindlich sind. Auf diese Weise kann man die hörbaren Nebenwirkungen des Ditherings reduzieren, wobei Verzerrungen weiterhin unterdrückt werden. **Abb. C** zeigt schematisch die Auswirkungen des Ditherings auf die Audio-Wellenform. Das erste Bild zeigt das Originalsignal nach dem Sampling mit den „Treppenstufen“ aus der Quantisierung. Hinzufügen von Dither verwischt die scharfen Grenzen der Quantisierung bzw. macht aus jeder Stufe ein „bewegliches Ziel“. Verwendet man den richtigen Anteil Dither, wird das Quantisierungsrauschen vollständig eliminiert.

Das resultierende Signal verhält sich exakt so, als hätte die ursprüngliche Quantisierung gar nicht stattgefunden, es enthält höchstens etwas zusätzliches Rauschen (im Bild nicht dargestellt). Im Endeffekt verhält sich ein digitales Medium dank Dithering fast wie ein analoges, mit dem gewohnten, sehr niedrigpegeligen Rauschteppich. Korrekter Einsatz von Dither

Abb. C



eliminiert die Wahrnehmung eines „Quantisierungsrasters“. Daher ist es schwierig, bei einem korrekt geditherten System die Zahl der Bits mit der Auflösung in Verhältnis zu setzen. Besser ist es, in diesem Fall die Begriffe Rauschabstand und Dynamikumfang zu verwenden.

Über externes Summieren

Einige Anwender setzen seit einiger Zeit auf externe analoge Summier-Einheiten. Das ist ziemlich interessant, da es schwierig (wenn nicht unmöglich) ist, ein analoges Summierungs-System zu konstruieren, das die messbare Performance eines hochwertigen digitalen Systems in puncto Rauschabstand und Klangqualität erreicht.

Sofern Sie ein externes Gerät zur analogen Summierung verwenden, vergleichen Sie einmal die Spezifikationen des analogen Summierers mit denen Ihrer Wandler, speziell in Hinblick auf Rauschen und Verzerrungen. Einige kommerziell erhältliche Produkte fügen dem Signal 10 bis 20 dB Rauschen hinzu und erhöhen die Verzerrungen beinahe um den Faktor 10 im Vergleich zum Einsatz eines hochwertigen Wandlers in Verbindung mit interner Summierung. In diesem Fall fällt es schwer, zu unterscheiden, ob die analoge Summierung nun mehr Präzision bietet oder einfach angenehm klingende Verzerrungen und Dither-ähnliches Rauschen hinzufügt.

Einige Anwender empfehlen, Submischungen (*Stems*) zu erzeugen und nur diese dem externen Summierer zuzuführen. Merkwürdig, dass dabei der interne Mischer ja weiterhin verwendet wird, also auch nichts „vermieden“ wird. Man fügt einfach Rauschen und Verzerrungen hinzu.

Achten Sie auch darauf, dass bei der Verwendung von Direct-Outputs der mögliche Dynamikumfang jedes Kanals durch die Spezifikationen des Wandlers begrenzt wird. Das bedeutet, dass das Grundrauschen beim Absenken eines Faders unter die Nullstellung gleich bleibt und damit der Gesamt-Dynamikumfang verringert wird. Bei interner Summierung bleiben selbst bei sehr, sehr geringen Pegeln alle Nuancen des Signals und der volle Dynamikumfang erhalten. Internes Summieren erzeugt präzisere Mischungen mit weniger Verzerrungen und weniger Rauschen.

Schlussfolgerung

Wie dieser Artikel zeigt, ist es unmöglich, den internen Mix-Bus von Pro Tools TDM-Systemen zu übersteuern, unabhängig von der Kanalzahl und den Fader-Stellungen. Wir haben gesehen, dass der Mixer in der Lage ist, die volle 24-Bit-Präzision eines einzelnen Kanals praktisch unabhängig von der Fader-Position (bis hinab zu sehr niedrigen Pegeln) über einen Bereich von mehr als 280 dB Dynamik zu bewahren. Darüber hinaus kann die volle, am System verfügbare Kanalzahl aufsummiert werden, ohne dass dabei zusätzliches Rauschen entsteht.

Ich hoffe, wir haben in diesem Artikel zeigen können, dass man sehr gut komplett innerhalb von Pro Tools mischen kann, ganz ohne externes Mischpult und selbstverständlich in höchster Qualität. Sorgfältige Hörtests mit analogen und digitalen High-End-Konsolen (mit hervorragenden Daten in Hinblick auf Verzerrungen und Rauschen) haben gezeigt, dass die Unterschiede zwischen internem und externem Mischen für alle, denen wir bisher begegnet sind, unhörbar sind.

Beim internen Mischen in Pro Tools gehen keine Daten oder Informationen verloren. Kein Signalanteil fehlt, wenn ein Kanal-Fader unter Unity Gain abgesenkt wird. Es macht vom Klang her keinen Unterschied, ob alle Kanal-Fader auf -30 dB eingestellt werden und der Master-Fader auf 0 dB, oder der Master-Fader auf -30 dB und die Kanal-Fader auf 0 dB. So lange Sie Ihren Ausgangswandler nicht übersteuern und gleichzeitig einen möglichst hohen Pegel ausgeben, ist alles in Ordnung.

Anmerkung 1: Obwohl es sehr schwierig ist, einen wirklich exakten Hörvergleich durchzuführen, möchte ich Ihnen dies dringend ans Herz legen. In einem zukünftigen Whitepaper werden wir uns eingehender mit dieser Thematik beschäftigen. In vielen Fällen sind analoge Mischpulte mit VCA-Automation nur unzureichend

als Referenz in einem solchen Hörtest geeignet. Die VCA-Schaltkreise, die den Kanalpegel steuern, neigen zu zeitabhängigen Schwankungen, und wir haben herausgefunden, dass gute Engineers problemlos einen Mix von einem anderen unterscheiden können, wenn die Pegelunterschiede bei einzelnen Instrumenten auch nur in der Größenordnung von 0,2 dB liegen. Es ist sehr einfach, merkliche Unterschiede herauszuhören, nur um dann festzustellen, dass es sich um einfache Pegelunterschiede gehandelt hat. Sobald die Konsole neu kalibriert ist, verschwinden auch die Unterschiede.

Eine regelmäßige Kontrolle der Signalpegel während des Hörtests ist eine Möglichkeit, exakte Ergebnisse sicherzustellen. In unseren bisherigen Vergleichstests haben wir daher auch darauf geachtet, EQs und Dynamics der externen Konsolen nicht zu verwenden, sondern diese ausschließlich als Mischer mit Pegelsteuerung, Panoramareglern und Mix-Bus zu verwenden.

In einem gut organisierten Hörvergleich sollten Sie die gleiche Mischung auf zwei Systemen erstellen, dann eine dieser Mischungen in der Phase drehen, mit der anderen mischen und überprüfen, wie stark die resultierende Auslöschung ist. Dabei gilt die Regel, dass man bei einer Pegelübereinstimmung im Bereich von 1 dB mit einer Auslöschung von 20 dB rechnen kann (die Summe der beiden Mischungen wird also um 20 dB abgesenkt). Stimmen die beiden Mischungen bis auf 0,1 dB überein, können Sie 40 dB Auslöschung erwarten, 0,01 dB ergibt 60 dB und Übereinstimmung bis auf 0,001 dB ergibt 80 dB Auslöschung. Sie sehen, wie sich selbst kleinste Pegelunterschiede beim Auslöschungstest bemerkbar machen. Und es ist sicherlich eine gute Idee, regelmäßig die Kalibrierung der Testsysteme zu überprüfen. <>

Bitte schicken Sie Ihre Vorschläge für zukünftige Kolumnen an: tech_talk@digidesign.com.