

studioemagazin



Grundlagenwissen

Audio over IT ■ Operation Postproduction ■ Messtechnik ■ Wordclock





Form follows function: das 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.

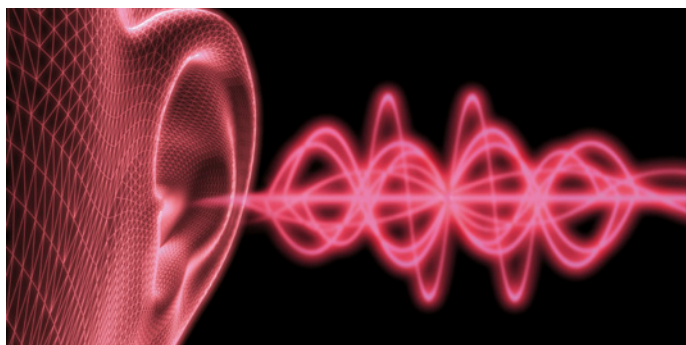


4 Editorial

6 Audio over IT

Audio-Netzwerke Teil 1

Friedemann Kootz



36 Operation Postproduction

Gedanken zur Planung und Struktur eines A/V-Postproduction-Studiobetriebs aus der Sicht der Tonbearbeitung

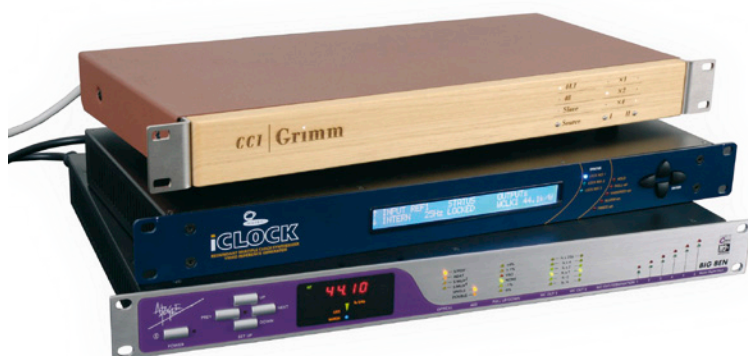
Christoph Wax, Geschäftsführer der SDI GmbH München



52 Pünktlich wie die Eisenbahn

Theorie und Praxis der Wordclock-Anwendung

Friedemann Kootz



14 Audio over IT

Hintergrund Audio-Netzwerke

Teil 2 – Audinate Dante

Friedemann Kootz

26 Audio over IT

Hintergrund Audio-Netzwerke

Teil 3 – ALC Networkx Ravenna

Friedemann Kootz

46 What a Mess...

Wie uns optische Hilfsmittel bei der Bewertung von Klang hinter Licht führen

Friedemann Kootz



61 Es fährt ein Zug nach Nirgendwo...

Theorie und Praxis der Wordclock-Anwendung, Teil 2

Friedemann Kootz

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

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 gekennzeichnete 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



**Jetzt Studio Magazin
Abonnent werden!**



Was man wissen sollte...

Fritz Fey Chefredakteur Studio Magazin

Ich gehe davon aus, dass unser Studio eMagazin nicht nur von alten Hasen gelesen wird, die längst verinnerlicht haben, worauf es bei einer Studioinstallation ankommt und worauf auf keinen Fall. Sehr oft werde ich in meiner Rolle als Studioplaner gerufen, um bestehende Studios zu ‚reparieren‘. Der häufigste Kommentar der Studiobesitzer: ‚Meine Mixe klingen im Studio wunderbar, aber nach draußen will sich das Ganze einfach nicht übersetzen. Damit kommen wir auch schon gleich zur ersten und wichtigsten Voraussetzung für ein funktionierendes Studio: Den Raum, seine Akustik und die Studiomonitore. Alles andere ist erst einmal zweitrangig, denn nur, wenn ich verlässlich hören kann, was ich da auf die Festplatte schreibe, kann ich (schnelle und richtige) Entscheidungen treffen. Das gilt nicht nur für Aufnahme und Mischung, sondern auch für die Auswahl der Werkzeuge. In den meisten Fällen hat es nach der raumakustischen Reparatur einer Regie ein deutliches Umdenken hinsichtlich der Geräte- und Plug-In-Auswahl und auch des Umgangs damit gegeben. Die meisten berichten, dass sie zuvor häufig eingesetzte Bearbeitungswerkzeuge nicht mehr benutzen und gegen andere ausgetauscht haben, oder aber ganz anders damit arbeiten. Fast immer tun die Kollegen danach weniger, was schon darauf hindeutet, dass ein Großteil der Bearbeitung bisher dazu diente, ungewollt die Schwächen der Abhörsituation auszugleichen. Die Unsicherheit, die ein schlechter Raum generiert, führt dazu, dass man seine Spuren mit Plug-Ins zuschüttet, damit ein ‚ohrenscheinlich‘ zufriedenstellendes Ergebnis herauskommt, obwohl man eigentlich nur kleine Eingriffe vornehmen müsste. Zwei weitere wichtige Aspekte sind die Stromanlage und die Audioverkabelung. Ich spreche nicht von um Mitternacht bei Vollmond eingeklungenen ‚Beryllium-Kabeln mit einem Gewebegeflecht aus Schafwolle von glücklichen Tieren, die in den schottischen Highlands aufgewachsen sind‘, sondern von einer konsequent symmetrischen Leitungsführung und einer direkten Stromzuführung anstelle eines Knotens von Baumarkt-

Verteilersteckdosen. Das kann man auch ohne großen Geldaufwand ordentlich machen. Es ist erstaunlich, welche Signalqualität man mit solchen auf den ersten Blick banalen Details erzielen kann. Da die meisten Studios heute mit digitalen Systemen arbeiten, sind auch die eingesetzten Wandler und deren Taktung von herausragender Bedeutung. Ein Wandler ist in meinen Augen kein gestalterisches Element, das durch einen eigenständigen Klang auf sich aufmerksam macht, sondern er sollte so neutral oder ‚transparent‘ wie möglich seine Arbeit verrichten. Die Gestaltung des Klanges sollte immer eine Angelegenheit der Bearbeitungswerkzeuge bleiben. An der wichtigsten Stelle, dort, wo das Audiosignal in die digitale Ebene überführt wird, mit einem A/D-Wandler, entscheidet sich meine Signalqualität, denn was ich einmal schon dort verloren habe, kann ich nirgendwo anders mehr nachträglich aufholen. Ebenso wichtig ist die Qualität des D/A-Wandlers, denn er sollte mir möglichst präzise erzählen, was ich vorher in der analogen oder digitalen Domäne mit den Audiosignalen angestellt habe. Wenn diese Grundlagen alle stimmen, fängt die Arbeit des Tonmeisters oder Toningenieurs eigentlich erst an, denn dann höre ich plötzlich reale Unterschiede zwischen Mikrofonen und Vorverstärkern oder einer bestimmten Kombination beider und ich kann mich mit einem guten Gefühl der Sicherheit daran begeben, was ich mit dem aufgenommenen Instrument oder der Stimme denn nun wirklich machen will. Bei elektronischer Musik ist dieser Grundlagengedanke sogar noch viel wichtiger, denn Synthesizer und virtuelle Musikinstrumente haben kein natürliches Vorbild. Ihre Realität sind korrekt eingerichtete Lautsprecher in einem raumakustisch guten Raum, mit sauberer Installation und neutralen Wandlern. Es sind die elementarsten Faktoren einer Studioinstallation, die bestimmen, wie gut man in seinem Job sein kann. Wenn die Ergebnisse dann immer noch nicht stimmen, weiß man zumindest, wo der Schuldige zu finden ist und muss sich an die eigene Nase fassen...

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



FRIEDEMANN KOOTZ

Audio over IT

AUDIO-NETZWERKE TEIL 1

Als ich vor einigen Jahren im inzwischen leider nicht mehr existierenden FWL-Studio in Leipzig damit beschäftigt war, bewaffnet mit Auflegewerkzeug und Crimpzange, Netzwerkstrecken, Patchfelder und Switches zu installieren, hatte ich plötzlich diesen seltsamen Gedanken. ‚Ach wie schön war das früher, als alles mit einer direkten Strippe, ohne Formatprobleme, fehlende Takte, Kompatibilitäten und diese abstrakte Topologie ging‘. Im nächsten Moment dachte ich daran, wie ich Siemens-Messerleisten, Steckfelder und Mikrofonkabel gelötet habe und wie viel Lebenszeit dabei draufging, das eine einbeinige Kabel in den hundert gelegten Leitungen zu finden. Nein, das war nicht besser. Und ich würde heute jeden mit Nichtbeachtung strafen, der mir derlei vermeintliche Vorteile dieser ‚guten, alten Zeit‘ nahelegen möchte. Die Entwicklung geht weiter und Netzwerke haben sich in der Informationstechnologie (IT) schließlich nicht durchgesetzt, weil man weniger Verkabelungsaufwand haben wollte, sondern weil sie eben praktische Vorteile aufweisen, die letztendlich die größte Revolution der letzten fünfundzwanzig Jahre ermöglicht haben: Das Internet. Das ist nun allerdings auch schon eine Weile her. Erstaunlich also, dass es so lange dauert, bis die Netzwerktechnologie auch in unserem Audioalltag ankommt. Dies betrifft nicht nur die kleine Studiowelt, sondern auch die großen Broadcaster, Satellitenbetreiber und sogar die IP-TV-Anbieter. Geht es in einem Knotenpunkt oder Studio um Audio, dann werden noch immer meist diskrete Signale von Punkt zu Punkt geführt. Nur sehr langsam erleben wir auch hier ein Umrüsten, welches natürlich zum Teil mit Amortisierungszyklen zu tun hat. Zeit für etwas Neues wird es also allemal.

The **Power** of Thunderbolt™ and the **Sound** of Apogee



50% Rabatt auf ThunderBridge!
Beim Kauf einer Symphony I/O Konfiguration* zusammen mit ThunderBridge!

*Jeder User, der eines der unten abgebildeten Symphony I/O Systeme zusammen mit einer Symphony ThunderBridge kauft, erhält auf die Symphony ThunderBridge 50% Rabatt! Diese Promotion ist gültig bis zum **31. Dezember 2013** und schliesst somit das Erscheinungsdatum des neuen Mac Pro mit ein!

Warum Thunderbolt?

Thunderbolt ist die größte Revolution bei Computern seit der Entwicklung des optischen Laufwerks! Ab sofort benötigt niemand mehr die bisher extrem teuren, platzverschwenderischen PCI Karten, um 64 Kanäle Audio mit bis zu 192kHz zur Verfügung stellen zu können.

Thunderbolt besitzt die notwendige Bandbreite, spart Platz und bringt nun erstmals diese unglaubliche Performance auf ALLE Mac's – vom MacBookAir bis hin zum brandneuen MacPro!

Egal ob Sie nun mit eine MacBook Air oder aber dem MacPro arbeiten... mit der Apogee Symphony ThunderBridge stehen Ihnen überall bis zu 64 Kanäle mit 192Khz zur Verfügung! Das ist DIE Revolution!

Symphony I/O

2x6

Konfiguration



Symphony I/O

16x16

Konfiguration



Symphony I/O

8x8

Konfiguration



Symphony I/O

8x8+8MP

Konfiguration



Designed in California.
Made in the U.S.A.

Spannenderweise ist es die Beschallungsbranche, die uns zeigt, wie es geht. Netzwerksysteme gehören hier inzwischen, verzeihen Sie mir das Wortspiel, zum guten Ton. Wer heute noch ein dickes Multicore zwischen Bühne und FOH-Platz zieht, wird manchmal schon schräg angesehen. Vor allem, wenn am Ende der Strecke dann ein digitales Mischpult steht. Ich selbst habe die Vorzüge eines Netzwerksystems auf einer Tour mit einer befreundeten Band kennengelernt. Die Stativklemmen behielten beim Abbau ihren Platz, die Mikrofone wurden beim Aufbau nur angesteckt, die Netzwerkstrippe mit wiederverwertbaren Kabelbindern unter der Decke abgehängt und am anderen Ende auf Recall gedrückt. Hat man den Luxus einer solchen Routine, so merkt man erst, wie gut sich die Band auf einen Raum ‚einspielen‘ kann, wenn sie im Soundcheck genug Zeit dafür hat und sich nicht lange mit ‚...so, jetzt mal nur die Snare...‘ beschäftigen muss. Ich weiß, diese Aufgabe kann auch ein System mit Madi oder einem ähnlichen Format übernehmen. Spannend wird es erst, wenn die Signale aus verschiedenen Quellen an unterschiedliche Abnehmer verteilt werden sollen, beispielsweise Mehrspurmitschnitte, verschiedene Submixer, Monitoringsysteme und weitere Komponenten auf alle Daten zugreifen dürfen. Das ganze selbstverständlich und zwingend in Echtzeit. Und auch dieses Szenario betrachtet nur eine kleine Untermenge, nämlich die eines lokal begrenzten Netzwerkes (LAN), welches möglicherweise sogar für sich selbst steht und nicht zusätzlich mit den gestreamten Internetpaketen der Laptops aus dem Tourmanagerbüro belastet wird. Deutlich weiter gehen große Installationen in Stadien, Bahnhöfen und Messehallen, die nicht nur durch ihre große Menge an Lautsprechern beeindrucken, sondern eben auch in komplexen Strukturen erlauben, bestimmte Bereiche mit definierten Szenarien zu beschallen. Darüber hinaus wird in Zukunft jedoch auch eine weltweite Vernetzung zwischen Rundfunkstationen, Außenreportagen, Live-Events und dergleichen stattfinden. Einige Branchenvertreter im Broadcastbereich gehen heute davon aus, dass es in wenigen Jahren keinen Ü-Wagen mehr geben wird, sondern lokale Arbeitsplätze (Kameras, Reportageplätze etc.) ihre Signale direkt in das Internet einspeisen und die weitere Verarbeitung direkt in den entsprechenden Regieräumen im Mutterhaus erfolgt. Ob sich dieses Konzept aus rein praktischen Gründen durchsetzen wird, muss die Zeit zeigen. Dass es technologisch nur noch eine kurze Frage der Zeit ist, bezweifelt wohl niemand. Bereits Realität sind Konzerte, die als bezahlter Livestream direkt in das Internet übertragen werden. Die Digital Concert Hall der Berliner Philharmonie (siehe Interview in dieser Ausgabe) ist ein erfolgreiches Beispiel dafür. Netzwerktechnologien sind überall. Egal ob

sie die Aufgabe haben, tatsächliche komplexe Audiosysteme zu vereinfachen und in ihren Möglichkeiten zu erweitern, oder schlicht um die schon vorhandene ‚Strippe‘ auf moderne Art zu nutzen. Mit all diesen Aspekten werden wir uns im Rahmen dieser Serie ausführlich beschäftigen. ‚Audio Over IT‘ soll das zukünftige Schlagwort für Artikel über Technologien, Anwendungen und Experten der Zukunft sein.

LAN, WAN, Internet und der Status Quo

Nicht alles was sich an eine RJ-45-Buchse (siehe Kasten) anschließen lässt, muss auch etwas mit Netzwerken zu tun haben. Seit der Entstehung von digitalen Netzwerken hat es einen gigantischen Wildwuchs der Formate gegeben, die in den besten Fällen nur mit sich selbst funktionieren, in den schlechtesten Fällen nicht einmal das. Die bloße Nutzung eines Netzkabels hat eben noch nichts mit einer Netzwerkstruktur als solches zu tun. Und die Herausforderung liegt mit Sicherheit darin, Kompatibilität, vor allem zu Standardcomputerkomponenten, zu erreichen. Klammert man WLAN zunächst aus, so bleiben drei prinzipielle Systeme übrig. Die Übertragung innerhalb eines lokal begrenzten Netzwerkes (Local Area Network - LAN), Weitbereichsnetzwerke (Wide Area Network - WAN) mit eigener Infrastruktur und natürlich das Internet mit all seinen Nachteilen bei der Datenverteilungsgeschwindigkeit und der Bandbreite. Denkt man über solche Probleme nach, so berührt man ungewollt sensible Bereiche, wie die umstrittene ‚Gleichheit aller Daten‘ in der Übertragung. Wir Audiomenschen würden uns zum Beispiel ein Priorisieren echtzeitkritischer Daten wünschen, allerdings ist dieser Wunsch im allgemeinen Kontext des Internet durchaus zu hinterfragen. Das Thema ist also auf allen Ebenen komplex und man muss sich systematisch durcharbeiten. Der Knackpunkt zwischen einer ‚normalen‘ Datennetzwerkverbindung und einem Audionetzwerk liegt letztendlich nur in der Echtzeitfähigkeit. Ist man auf selbige nicht angewiesen, so liegt die einfachste Lösung darin, die Audiodaten, genau wie alle anderen Daten, auf Dateiebene oder mit entsprechenden Klientensystemen auszutauschen. Solche Systeme sind inzwischen bei vielen Workstationherstellern verbreitet und erlauben das gemeinsame Arbeiten mehrerer Personen an einem Projekt. Allerdings eben nicht ganz so, wie man es bei einer gemeinsamen Studiosession gewohnt ist. Manche Anbieter stellen für solche Zwecke eigene Server zur Verfügung, auf denen sich die Kunden anmelden müssen. Das alles hat aber nichts mit Audionetzwerken zu tun, auch wenn man im menschlichen Sinne über Audio netzwerkt.

Die Layer

Wie bereits erwähnt, kann eine einfache CAT-Verbindung (siehe Kasten), wie wir sie aus dem heimischen Netzwerk kennen, direkt für die Audioübertragung genutzt werden. Es gab sogar interessante Versuche, bei denen analoge Mikrofon- und Linesignale durch ein solches Twisted-Pair-Kabel mit RJ-45-Steckern über sehr große Distanzen übertragen wurde. Darüber hinaus sind sie natürlich in erster Linie zur Übertragung digitaler Formate geeignet. Aber auch dann bedingt eine solche elektrische Schnittstelle noch keine Netzwerkdatenbasis. Manche arbeiten nur von Punkt-zu-Punkt und sind damit keine Netzwerke, auch wenn sie dies vorgeben. Die unterschiedlichen Formate nutzen die verschiedenen Ebenen einer Netzwerkverbindung aus und

sind dadurch auf unterschiedliche Aspekte optimiert. Diese Ebenen oder Schichten werden im englischen als Layer bezeichnet. Das Schichtenmodell illustriert sehr gut, wie die Datenstruktur der unterschiedlichen Protokolle aufgebaut ist. Dabei ist zu beachten, dass ein System, welches auf einem tiefen Layer ansetzt, nicht unbedingt nur rudimentäre Funktionen aufweist, nach außen hin wird lediglich das Grundprinzip der Ethernetverbindung nicht übernommen, aber der Reihe nach.

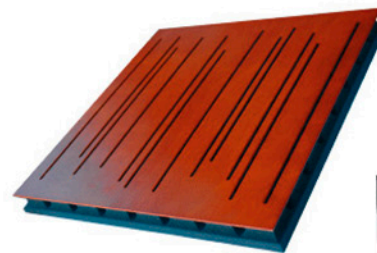
Layer 1

Das erste Layer, die sogenannte Bitübertragungsschicht, stellt sozusagen die unterste digitale Ebene dar. In dieser untersten Schicht werden vom Hersteller des Netzwerkes ausschließlich die physikalischen

Akustische Lösungen ...



Bagend e-trap
Aktiver Bassabsorber
für Frequenzen von 20 – 60 Hz
(Modifikation bis 85 Hz möglich)



Vicoustic VariPanel
für flexible Raumakustik



... für Regie- und Aufnahmebereiche

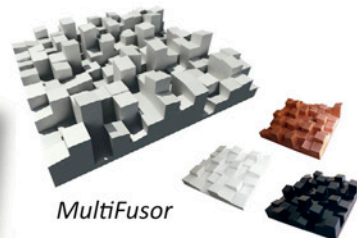


WaveWood

Vicoustic Diffusoren



PolyWood



MultiFusor

Vicoustic Absorber

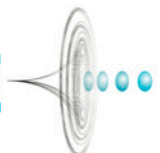


FlexiPol



HÖRZONE

Hörzone GmbH
Balanstraße 34 81669 München
Telefon 089.72110 06 · www.hoerzone.de



Hardware-Aspekte

Alle Netzwerksysteme haben die Gemeinsamkeit, dass sie weitestgehend auf Standardhardware zurückgreifen, die auf dem IT-Markt günstig erhältlich ist. Dabei kann die Kompatibilität jedoch auch schnell am Ende sein. RJ-45-Buchsen und -Stecker, sowie das Twisted-Pair-Standardnetzwerkkabel sind dann oftmals der kleinste gemeinsame Nenner. Bereits bei Switches und Hubs enden die Kompatibilitäten einiger proprietärer Systeme, die auf Layer 1 aufbauen. Bei managed Switches und Routern scheitern bereits Layer 2 basierende Systeme manchmal. Hier sollte man sich also streng an die Vorgaben und Empfehlungen der jeweiligen Protokollautoren halten. Die Problematik kann sonst schnell im Detail liegen, denn selbst wenn die Übertragung noch funktioniert, kann es sein, dass sie nicht immer zeitstabil ist, zum Beispiel wenn beschädigte Pakete vom Empfänger immer wieder neu angefordert werden müssen.

Kabel

Die wichtigste Gemeinsamkeit aller Netzwerke bleibt das Kabel. Und auch hier gibt es verschiedene Varianten, die möglichst nicht wahllos genutzt werden sollten. Prinzipiell bestehen diese sogenannten Twisted-Pair-Kabel immer aus acht Leitungen, die paarweise verdreht sind. Von diesen vier Aderpaaren werden allerdings nicht immer alle vier auch genutzt, dennoch sollte man nicht in Versuchung geraten, irgendeines davon nicht aufzulegen. Zusätzlich gibt es verschiedene Schirmungsvarianten und ab diesem Punkt wird es kompliziert. Für die unterschiedlichen Schirmarten gibt es kryptische Abkürzungen, die letztendlich bei der Qualitätsbewertung kaum eine Hilfe sind. Der Montageaufwand unterscheidet sich allerdings zum Teil deutlich. Abbildung 1 zeigt die verdrehten Aderpaare in einer Schirmungsvariante. Um den Anwender von der Entscheidung für die Varianten zu befreien, sind Netzwerkkabel in verschiedene Kategorien (engl. ‚Category‘,

Abkürzung ‚Cat‘) eingeteilt. Ihre Aufgabe ist es, die Kabel anhand ihrer Übertragungsbandbreite zu qualifizieren. Für Audionetze sind in den meisten Fällen Kabel der Kategorie 5 (moderne Variante ab circa 2002) oder 5e geeignet. Solche Cat-5 Leitungen sind bis zu einer Betriebsfrequenz von 100 MHz ausgelegt und bieten damit genug Bandbreite um, über die vier Aderpaare verteilt, auch Gigabit-Ethernet sicher zu übertragen. Bei der Eigenherstellung von Kabeln sollte darauf geachtet werden, dass die Gesamtlänge zwischen Sender und Empfänger rund 100 Meter nicht übersteigt. Dabei darf die Strecke durchaus mit einem Patchfeld oder einer Wanddose unterbrochen sein. Werden ausschließlich Patchkabel, und keine Verlegkabel genutzt, sollte allerdings eine Maximallänge von rund 70 Metern eingehalten werden.

Stecker

Heutige Standardnetzwerke werden über RJ-45-Buchsen und -Stecker aufgebaut. Die acht Kabeladern sind an beiden Enden gleich belegt, allerdings gibt es auch hier zwei verschiedene Belegungsvarianten. Diese unterscheiden sich in der Reihenfolge der Farbpaarchen, bieten also elektrisch die gleichen Eigenschaften und können gemischt verwendet werden. Allerdings sollte man sich bei einer Neuinstallation auf ein System festlegen, um die Fehlersuche zu vereinfachen. Abbildung 2 zeigt die beiden Farbvarianten. Sollen zwei Netzwerkgeräte direkt miteinander verbunden werden, ohne dass ein Switch, Router oder Hub dazwischen liegt, so müssen gekreuzte Kabel verwendet werden. Es ist jedoch meist praktischer, die Standardverkabelung in normaler Belegung vorzuhalten und nur bei Bedarf ein kurzes Crossover-Kabel mit einem Adapter zu verwenden. Die größte Problematik bei RJ-45-Steckern liegt in ihrer mechanischen Beschaffenheit. Da sie vollständig aus Kunststoff bestehen, sind sie sehr anfällig für Beschädigungen. Insbesondere der kleine Haken zur Verriegelung ist schnell abgebrochen. Unverriegelbare Kabel sollten sofort entsorgt oder mit einem neuen Stecker versehen werden. Abhilfe schafft die Firma Neutrik mit ihrer Ethercon-Steckerserie (Abbildung 3). Hier ist der empfindliche Teil des Steckers in einer stabilen Metallhülse verbaut und dadurch zum Beispiel gut gegen Drauftreten geschützt. Nachteilig bleibt hier die Einbahnstraßenkompatibilität. Eine Etherconbuchse kann

S/FTP

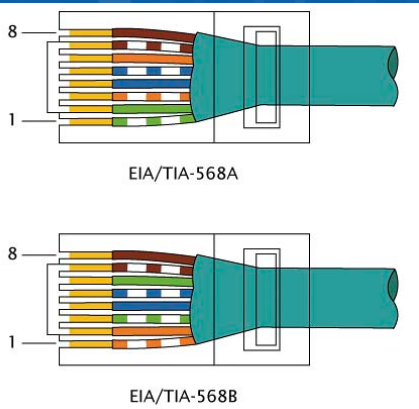
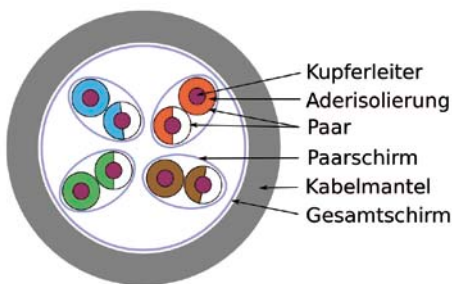


Abbildung 1: Die vier verdrehten Aderpaare eines Twisted-Pair-Kabels können unterschiedlich geschirmt sein. Hier die Variante mit der Bezeichnung S/FTP (Foto: GNU, Wikipedia)

Abbildung 2: Die beiden Adernbelegungen TIA 568A und B können gemischt genutzt werden, und sollten nicht mit gekreuzten (Crossover-) Kabeln verwechselt werden (Foto: Public Domain, Wikipedia)

neuen Stecker versehen werden. Abhilfe schafft die Firma Neutrik mit ihrer Ethercon-Steckerserie (Abbildung 3). Hier ist der empfindliche Teil des Steckers in einer stabilen Metallhülse verbaut und dadurch zum Beispiel gut gegen Drauftreten geschützt. Nachteilig bleibt hier die Einbahnstraßenkompatibilität. Eine Etherconbuchse kann

Abbildung 3: Für den Bühneneinsatz der empfindlichen RJ-45-Stecker hat Neutrik die Ethercon-Serie entwickelt, hier in der Ausführung für Cat-6-Kabel (Foto: Reichle & De-Massari AG)



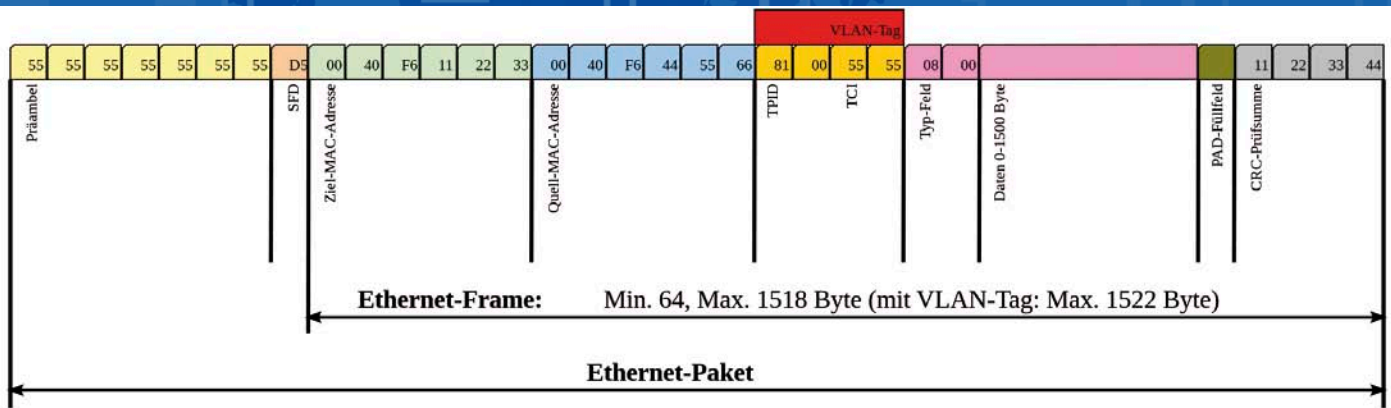


Abbildung 4: Ein Ethernet-Datenpaket nach IEEE 802.3-Normung (Foto: GNU, Wikipedia)

auch mit einem ‚normalen‘ RJ-45-Stecker genutzt werden, jedoch lassen sich Etherconstecker nicht in Standardbuchsen einsetzen. Abhilfe schaffen auch hier kurze Adapter. Ein weiteres Problem von Standardsteckern stellt die Lebensdauer dar. Sie sind nicht für häufiges Umstecken ausgelegt und können schnell verschleifen. Auch dieses Problem wird von Ethercon verbessert, allerdings kosten die Stecker und Buchsen von Neutrik auch viel Geld, wodurch sich der Vorteil gegenüber dem regelmäßigen Austausch der Standardvarianten etwas relativiert. Ethercon weist eine mechanische Stabilität und Steckzyklen auf, die mit einem hochwertigen XLR-Stecker vergleichbar sind. Dennoch bleiben Netzwerkverbindungen empfindliche Konstruktionen, die auch im rauen Bühnenalltag einen Tick mehr Sorgfalt einfordern. Für Festinstallationen werden meist keine Spezialstecker benötigt. Ich persönlich habe in meiner Werkzeugkiste immer einen Satz Stecker, eine Crimpzange und ein Auflegewerkzeug (die einfachen Ausführungen genügen für den Reparatureinsatz völlig aus). Stecker sind, auch im Studio, schnell zertreten, aber mit dem richtigen Werkzeug und etwas Routine auch fast ebenso schnell repariert.



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



Infrastrukturen des Netzwerkes genutzt. Die Übertragung der Daten muss weder anhand standardisierter Formate, noch den Standardbelegungen folgen. Das bedeutet, dass ein normaler Netzwerk-HUB oder die Computerschnittstelle für LAN mit den eingehenden Daten möglicherweise gar nicht umgehen kann. Ihre eigene Datenstruktur kann dabei durchaus extrem komplex und leistungsfähig sein. Es handelt sich jedoch immer um proprietäre Protokolle, die in den meisten Fällen nicht freigegeben sind. Eine parallele Nutzung eines solchen Netzwerkes auf einem bestehenden IP-basierten Netz ist nicht möglich. Die meisten Systeme setzen auch eigene Hardware voraus. Beispiele für Netzwerkprotokolle mit Nutzung von Layer 1 sind das A-Net von Aviom, RockNet von Riedel Communications und auch das von der AES standardisierte, aber in der Praxis nur von wenigen Herstellern genutzte AES50 (auch bekannt unter den Namen SuperMAC und HyperMAC). Die Vorteile auf dieser Schicht sind natürlich die extreme Störunanfälligkeit durch die exklusive Nutzung der Infrastruktur, die schnelle Datenübertragung durch vereinfachte Protokolle, unter gleichzeitiger Nutzung von kostengünstigen Komponenten. Vor allem der Vorteil der geringen Latenz bei gleichzeitig relativ großer Kanalzahl ist das ausschlaggebende Argument für die Nutzung eines solchen Protokolls ohne Paketdaten. Als Audiohardware steht aber fast nur die vom jeweiligen Hersteller angebotene Produktpalette zur Verfügung, allerdings werden meist auch Netzwerkinterfaces für bestimmte Mischpulte und natürlich Formatkonvertierungslösungen in ein digitales Standardformat oder eben analoges Audio angeboten.

Layer 2

Aufbauend auf Schicht 1 wird in dieser Ebene bereits auf einer höherwertigen Datenordnung gearbeitet. Die übertragenen Signale sind von der reinen ‚Einsen und Nullen‘-Übertragung gelöst und werden auf ihre sichere Weitergabe optimiert, weshalb dieser Layer auch als Sicherungsschicht bezeichnet wird. Zu diesem Zweck werden die Daten in einzelnen Datenblöcken (sogenannte Frames, Abbildung 4) gesammelt und mit Prüfsummen versehen. Der Empfänger weiß also, ob das empfangene Datenpaket auf dem Weg beschädigt wurde und kann es verwerfen oder, wenn möglich, reparieren. Diese Datenpaketstruktur ist die Grundlage des Ethernet-Protokolls. Der Vorteil gegenüber einem Layer 1 Protokoll liegt in der Kompatibilität mit Standardnetzwerkhardware. Die meisten HUBs und Switches erlauben die kor-

rekte Weitergabe und Verteilung der Pakete, beziehungsweise den Aufbau der entsprechenden Route. Allerdings benötigen Layer 2 Protokolle oft eigene physikalische oder zumindest virtuelle Netzwerke (VLAN), in denen die Audionetzwerkdaten nicht mit anderen Daten vermengt werden können. Die Klienten des VLAN können natürlich ebenfalls keine IT-Daten empfangen, wodurch ein Teil der Netzwerkarchitektur exklusiv wird, was nicht immer vorteilhaft ist. Auf dieser zweiten Schicht basierend gibt es ebenfalls einige Protokolle, die für unsere Serie eine große Rolle spielen werden. Dazu gehören AVB (Audio Video Bridging), Ethersound von Digigram, REAC von Roland, CobraNet und AES51.

Layer 3

Mit diesem Layer, der sogenannten Vermittlungsschicht, sind wir auf der Ebene angekommen, auf der auch das Internet Protocol (IP) basiert. Die Audiodatenpakete werden hier als Standard-IP-Pakete verpackt und versendet. Das IP übernimmt die Adressierung und Vermittlung der Datenpakete und sorgt für die reibungslose Übertragung, auch über mehrere Knotenpunkte hinweg. Das bedeutet, dass ein Datenpaket vom Sender mit einer Zieladresse abgesendet wird und seinen Weg faktisch allein finden kann. Die jeweiligen Vermittler (zum Beispiel Switches oder Router) empfangen das Paket und reichen es an den nächsten Knoten weiter. In der Praxis hat dies die Konsequenz, dass in vielen Fällen gar keine direkte Kommunikation zwischen Sender und Empfänger stattfindet. Werden Pakete beschädigt oder gehen auf dem Weg verloren, so kann der Empfänger sie erneut anfordern und die Integrität der Gesamtdatenmenge wieder herstellen. Für das Internet war dieses System die unabdingbare Voraussetzung, für unsere Audiosysteme ergeben sich große Herausforderungen, aber eben auch Chancen. Vor allem das Thema ‚Latenz‘ bereitet in dieser Ebene großes Kopfzerbrechen. Für eine Echtzeitübertragung spielt die sogenannte Dienstgüte (Quality of Service, QoS) eine besondere Rolle. Auch die Verteilung der Wordclock stellt das System vor Probleme. Außerdem bedeutet die Nutzung des IP nicht automatisch, dass die Pakete auch in das Internet entlassen werden können. Die meisten Layer-3-Netzwerke sind ebenfalls für den Einsatz in einem LAN oder begrenzten WAN gedacht und geeignet. Zu den hier angesiedelten Formaten gehören unter Anderem Dante von Audinate, Ravenna von ALC Network, Livewire von Axia Audio, Q-LAN von QSC und die EBU Spezifikation ‚Audio contribution over IP‘.

Die großen Schlagworte der beiden Schichten 2 und 3 sind also ‚Audio over Ethernet‘, AoE und ‚Audio over IP‘, AoIP. Beide Ansätze sind prinzipiell nicht immer sauber voneinander zu trennen, da auch lokale Netzwerke durchaus AoIP einsetzen und sich nicht oder zumindest nicht exklusiv mit der Datenübertragung im Internet beschäftigen. Unser Serientitel ‚Audio over IT‘ soll alle Schichten zusammenfassen, denn letztendlich haben wir es nun mit einer Vermischung der Grenzen zwischen Computertechnologie und Tontechnik zu tun. In Zukunft muss eine Tonfachkraft eben auch eine ganze Menge Informatikgrundwissen mitbringen, aber vor dieser Herausforderung stehen die meisten Branchen oder haben sie längst hinter sich.

WLAN, LTE, die Welt der Codecs

Noch weiter gehen Anwendungen, bei denen aus Mobilfunknetzen, Funkhotspots oder Telefonleitungen heraus übertragen werden soll. Tatsächlich besteht hier eine zunehmende Konkurrenz zu den klassischen Codecs und auch diesen Aspekt werden wir beleuchten, auch wenn er nicht in jedem Punkt dem reinen Audionetzwerkgedanken folgt. Im Prinzip könnte dem Netzwerkprotokoll egal sein, über welche Strecke es übertragen wird; ist es aber natürlich nicht. ‚Netzwerk‘ bedeutet eben auch nicht immer selbst ein Teil eines Netzwerkes zu sein, sondern manchmal auch nur, über ein Netzwerk weitergereicht zu werden, auch wenn nur zwei Kanäle in eine Richtung laufen sollen.

Ausblick

Keine Sorge, wir werden im Studio Magazin nicht ab sofort ausschließlich über Audionetzwerke reden. Und wir werden auch vermeiden, allzu sehr mit technischen Einzelheiten Ihre Nerven zu strapazieren, für die sich im Prinzip nur Computer-Freaks interessieren. Allerdings sollen natürlich auch Fachleute zu Wort kommen, die zum jeweiligen Aspekt auch mit fundiertem Wissen aufwarten können und selbiges verständlich weitergeben können. Diese Aufgabe braucht auch den gebotenen Platz, so dass uns die Serie sicher eine geraume Zeit begleiten wird. Bei der Vorstellung eines Protokolls werden wir auch immer auf die Schichtenzugehörigkeit hinweisen. Dieser Hinweis soll bei der Einordnung helfen. Es ist sicher wenig hilfreich, sich mit einem Layer-1-Protokoll zu beschäftigen, wenn ein bestehendes IT-Netzwerk zusätzlich mit AoIP genutzt werden soll. Also, Augen auf beim Netzwerksetup und in der nächsten Ausgabe geht es richtig los.



Ohrenschmaus...

für professionelle Studioanwendungen

- Klangoptimierte Mikrofon- und Instrumentenkabel
- Mehrfach geschirmte High End Multipairkabel
- 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



Audinate Dante™

FRIEDEMANN KOOTZ, ABBILDUNGEN: DIVERSE, LIVE-FOTOS: UTA WILHELMI

Audio over IT

HINTERGRUND AUDIO-NETZWERKE TEIL 2 – AUDINATE DANTE

Unter allen aktuell verfügbaren Audionetzwerktechnologien gibt es nur wenige, die den modernen Anforderungen noch gewachsen sind und entsprechend auch eine wichtige Rolle am Markt spielen. Eine davon ist das vom australischen Hersteller Audinate im Jahr 2006 vorgestellte Dante Netzwerk. Der Name Dante steht dabei mutmaßlich nicht für den gleichnamigen italienischen Philosophen, sondern eher als Abkürzung für ‚Digital Audio Network Technology‘. Wie naheliegend.

Gegründet wurde Audinate von ehemaligen Motorola-Entwicklern, die, nach dem Schließen ihrer Dependence in Australien, ihre Netzwerkexpertise in einem neuen Konzept bündeln wollten. Mit Unterstützung des staatlichen australischen Forschungszentrums NICTA entstand das System binnen drei Jahren. Seit 2006 ist Dante kommerziell verfügbar. Die besondere Stärke von Dante liegt darin, dass es auf Standard-Netzwerkkomponenten zurückgreift und durch seine Basis im dritten Netzwerklayer (Erklärung siehe Studio Magazin Ausgabe 01/13) prinzipbedingt keine Probleme mit Switches, Routern (allerdings ohne eine Internetübertragung zu ermöglichen) und anderer Ethernet-Peripherie kennt. Sender und Empfänger stellen im einfachsten Fall ebenso ‚normale‘ Ethernet-Adapter dar. Dabei läuft das System sowohl über 100 Mbit/s, also auch über 1.000 Mbit/s Ethernet. Wird ein Gigabit-Ethernet-Netzwerk (Datenrate 1.000 Mbit/s) genutzt, so können in einem Netz jeweils 512 Up- und Downstreams verteilt werden. Diese Angaben beziehen sich allerdings nur auf die Standardabtastraten von 44.1 oder 48 kHz. Natürlich immer mit einer Wortbreite von 24 Bit, etwas anderes würde wohl heutzutage keine Akzeptanz mehr am Markt finden. Bei verdoppelter Abtastrate steht nur noch die Hälfte der Wege zur Verfügung, was in vielen Anwendungen noch immer ausreichend sein dürfte. Die höchste von Dante übertragbare Abtastrate liegt bei 192 kHz, wobei sich dann ‚nur‘ noch 128 Streams je Richtung realisieren lassen.



Listen to your music, not to your headphones!

Nach den mehrfach prämierten Studiomonitoren von Focal sind die Spirit Professional Kopfhörer die logische Konsequenz und profitieren natürlich auch von der renommierten Expertise von Focal im Design und in der Entwicklung von Hochleistungsschallwandlern. Im Einklang mit den Monitorlautsprechern erlauben auch die Spirit Professional Kopfhörer eine präzise Kontrolle der Qualität Ihrer Aufnahmen und Mischungen ohne Kompromisse. Besondere Aufmerksamkeit galt der Gestaltung der speziell für die Spirit Pro Kopfhörer entwickelten Mylar/Titanium Membran. Wie auch die Studiomonitore von Focal besticht der Spirit Pro durch eine optimale Kombination von Membransteifigkeit, geringer Membran-Masse und hohem innerem Dämpfungsfaktor der Membran. Die ursprüngliche Dynamik des Signals bleibt dadurch erhalten und die Wiedergabe erreicht gleichzeitig ein bemerkenswertes Maß an Neutralität und Definition. Die extrem akkurate Wiedergabe auch von tiefsten Frequenzen hilft auch die kleinsten Fehler in einer Mischung aufzuspüren – und das ganze ohne Beeinflussung durch die akustischen Gegebenheiten der Arbeitsumgebung. Die extra grossen Ohrpolster, die sich der Ohrform des Trägers optimal anpassen, sowie das verstärkte Kopfband sorgen für einen angenehmen Tragekomfort auch bei längeren Mix-Sessions.

 **FOCAL**[®]
P R O F E S S I O N A L

Device Name	Primary Interface Clock Status	Secondary Interface Clock Status	Clock Role	Slave To External Word Clock
Arthurs-MacBook-Pro	Slave	Not Supported	Slave Only	Not Supported
AxCDante-063ca2	Slave	Passive	<input checked="" type="checkbox"/> Preferred Master	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
AxCDante-063ce0	Slave	Passive	<input checked="" type="checkbox"/> Preferred Master	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
AxCDante-063cee	Slave	Passive	<input checked="" type="checkbox"/> Preferred Master	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
MY16-FOH	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	<input type="checkbox"/> Yes
MY16-Monitor	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	<input type="checkbox"/> Yes
MY16-SubMix	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	<input type="checkbox"/> Yes
Y001-Yamaha-CL5-0627b4	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	<input type="checkbox"/> Yes
Y001-Yamaha-Rio3224-D-0625ae	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	Not Supported
Y002-Yamaha-CL5-06281c	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	<input type="checkbox"/> Yes
Y002-Yamaha-Rio3224-D-062538	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	Not Supported
Y003-Yamaha-CL5-06173e	Master	Master	<input checked="" type="checkbox"/> Preferred Master	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Y003-Yamaha-Rio3224-D-0620dc	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	Not Supported
Y004-Yamaha-Rio3224-D-062586	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	Not Supported
Y005-Yamaha-Rio3224-D-0621ec	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	Not Supported
Y006-Yamaha-Rio3224-D-062ac0	Slave	Passive	<input type="checkbox"/> Preferred Master	Not Supported

Über den Clock Status wird in der Dante Controller Software bestimmt, welche Geräte zur Synchronisation herangezogen werden dürfen (Abbildung Uta Wilhelmi)

ge nicht möglich, kann der Takt auch über eine separate Leitung übertragen werden. Hierfür wird oftmals die sogenannte Wordclock genutzt. In einem digitalen Netzwerk würde die separate, parallele Verteilung von Wordclock einige zentrale Vorteile einer Netzwerklösung konterkarieren. Die Synchronisation muss also als Bestandteil des Netzwerkprotokolls erfolgen. Doch um zu verstehen, warum die Taktung eigentlich ein Problem darstellt, muss ein kurzer Blick in die Struktur der Dante-Datenübertragung geworfen werden. Bei einer ‚normalen‘ digitalen Schnittstelle erfolgt die Übertragung samplebezogen seriell. Das bedeutet, dass das digitale Wort mit zusätzlichen Da-

Synchronisation

Die zwei wichtigsten Anforderungen an jedes Audio-Echtzeitnetzwerk, liegen zum Einen in der Gesamtlatenz zwischen allen Netzwerkpunkten und zum Anderen in der Synchronisation aller beteiligten Netzwerkteilnehmer. Digitale Audiosysteme funktionieren nur dann störungsfrei, wenn die Datenübertragung überall synchron verläuft. In vielen Fällen gibt es in einem solchen Verbund einen Taktgeber (Master), auf den sich alle anderen Teilnehmer (Slaves) synchronisieren. Die meisten unserer digitalen Schnittstellen (AES/EBU, MADI, S/PDIF, ADAT etc.) gestatten die Übertragung des Taktes als integralen Bestandteil der eigentlichen Daten (zum Beispiel als Biphase-Mark-Code) oder zumindest unter Verwendung derselben Übertragungstrecke. Ist die Synchronisation auf diesem We-

ten, den sogenannten Statusinformationen, versehen wird und ohne Kenntnis des Empfängers auf die elektrische Reise geht. Dabei trägt die digitale Information den Bit-Takt selbst mit sich, so dass der Empfänger die Daten sofort auslesen und auch den Audiotakt rekonstruieren kann. Das Dante Netzwerk arbeitet in gewisser Weise gar nicht so unähnlich. Auch hier wird das Audiowort mit zusätzlichen Informationen in ein Paket gepackt und versendet. Der entscheidende Unterschied liegt in zwei Punkten. Erstens werden mehrere Audioworte gesammelt und gemeinsam in ein Paket geschrieben, damit nicht zu viele Einzelpakete die Last auf dem Netzwerk unnötigerweise erhöhen. Zweitens werden die Pakete mit einer Adresse versehen und suchen ihren Weg durch das Netzwerk von allein. Der Weg und die benötigte Zeit sind damit nicht fest vorher be-

stimmbar, da sich die Strecke ändern kann. Die Pakete treffen also nicht regelmäßig ein, sondern so, wie es die Netzwerkinfrastruktur erlaubt und verteilt. Einen regelmäßigen Takt, aus dem der Audiosync abgeleitet werden könnte, gibt es also prinzipbedingt gar nicht. Eine mögliche, und von einigen inzwischen veralteten Netzwerksystemen genutzte, Lösung liegt darin jeden Empfänger mit einem Abtaststratenwandler auszustatten, so dass alle Teilnehmer im Prinzip unabhängig von einer zentralen Taktrate agieren können. Allerdings hat dies klangliche

Router vs. Switch

Oftmals gibt es Verwirrung über diese beiden Netzwerkkomponenten, da sich ihre Aufgaben teilweise überschneiden. Ein Switch sorgt in einem Netzwerk aktiv dafür, dass die eingehenden Pakete in die richtige Richtung weitergeleitet werden. Er stellt sozusagen eine Ampelkreuzung dar, die dafür sorgt, dass jedes Datenpaket seinen Weg findet und nicht mit anderen kollidiert. Ein Router hat zusätzlich die Fähig-

keit, zwei eigentlich separate Netze miteinander in Verbindung zu bringen. Im heimischen Netzwerk wären diese separaten Netze zum Beispiel das Internet und das lokale (W-)LAN. Ein Switch könnte die beiden Bereiche nicht verbinden, da sie eigene Netze mit unterschiedlichen Adressräumen darstellen. In unserem Ampelkreuzungsvergleich hätte der Router also zusätzlich eine Autobahnauffahrt.

Nachteile, die heutzutage nicht mehr akzeptabel scheinen. Das Dante Netzwerk verfolgt einen anderen Ansatz. Es gibt hier keine zentrale, sendende Taktquelle, sondern einen eigenen Taktgeber in jedem Netzwerkteilnehmer, von denen eine zur Masterclock bestimmt wird. Das sogenannte Precision Time Protocol, von der Normungsorganisation IEEE als Standard 1588 definiert, sorgt nun dafür, dass alle Taktgeber im Netzwerk auf dem gleichen Stand wie der Master sind. Dabei tauschen die verschiedenen Taktgeber ihren aktuellen Stand, verrechnet mit der Signallaufzeit, miteinander aus und korrigieren sich so permanent gegenseitig. Das System ähnelt also ein wenig dem Uhrzeitstellen nach telefonischer Zeitanzeige, die älteren Leser werden sich noch erinnern. Durch diese Form der Synchronisation können bei Dante alle Netzwerkteilnehmer auf eine Abweichung von unter einer Nanosekunde abgeglichen werden. Damit ist es genau genug um digitale Audiopakete sauber in einem Netzwerk synchron zu halten. Die Genauigkeit und Jitterfreiheit der Teilnehmer selbst, und damit auch deren Wandler, wird also nicht ausschließlich von einem eingehenden Takt bestimmt, sondern von der Qualität der jeweils realisierten Taktquelle im Gerät. Auch hier hilft noch einmal der Vergleich mit der Zeitanzeige. Je genauer die eigene Uhr läuft, desto seltener muss die Zeitanzeige angerufen und nachgestellt werden.

Latenz

Der zweite kritische Punkt ist die Latenz des Gesamtsystems. Bei analogen Installationen kann praktisch davon ausgegangen werden, dass die am einen Ende der Kette eingespeisten, elektrischen Informationen im gleichen Moment am anderen Ende zur Verfügung stehen. Dabei ist es egal, ob das System nur ein Kabel oder ein ganzes Tonstudio ist. Die tatsächliche Laufzeit des elektrischen Feldes kann in den allermeisten Fällen außen vor gelassen werden. Digitale Daten folgen diesem Prinzip nicht. Sie müssen an verschiedenen Stellen zwischengespeichert, und damit ‚aufgehalten‘, und umgewandelt werden. Jede digitale Übertragung benötigt Zeit und auch die Verarbeitung in einem Prozessor ist nicht ohne Verzögerung. Netzwerke sind in diesem Punkt besonders kritisch, denn neben der Wartezeit zur Sammlung aller für ein Paket benötigten Daten, ist das Weiterreichen über Switches und Router leider mit Verzögerungen behaftet. Das Datenpaket wird am Sender mit einer Zieladresse versehen und abgeschickt. Der nächste Knotenpunkt fängt das Paket auf, liest die Adresse und reicht das Paket in die richtige Richtung, an den nächsten Knoten weiter. Dies geschieht so

Traumwandler



THE ART OF MICROPHONES



brauner.microphones

brauner-microphones.de

oft, bis das Paket den Empfänger erreicht. Die Gesamtlatenz addiert sich also aus der Paketdatensammlung und der Übergabeverzögerung aller Knotenpunkte, auf der Strecke zwischen Sender und Empfänger. Dante erlaubt es, die Latenz für einzelne Strecken des Netzwerkes separat festzulegen. Dies hat den Vorteil, dass die Daten prio-

risiert werden können. Für eine Konzertveranstaltung bedeutet es zum Beispiel, dass die Strecken zwischen Mikrofonstagebox, Mischpulten und Lautsprechern auf minimale Latenz festgelegt werden können, während die Abzweigung in einen Mehrspurrecorder deutlich geringer priorisiert werden kann, um das Netzwerk zu entlasten.

Mit Dante auf Tour – ein Erfahrungsbericht Arthur Koll

Das armenische ‚Kohar‘ Symphonieorchester und sein symphonischer Chor, haben vor kurzem eine, insgesamt neun Konzerte umfassende, Tour durch Südamerika erfolgreich abgeschlossen. Die Show umfasste dabei über 140 Orchestermusiker und den Chor, sowie zwölf Solisten und eine Tanzgruppe, bestehend aus elf Personen. Durch diese große Anzahl an Protagonisten stiegen die Anforderungen an das Audiosystem, mit seiner dreistelligen Kanalzahl und der benötigten Betriebssicherheit, auf ein enormes Maß. Die technische Verantwortung über das Audiosystem, lag in den Händen von Ralph Kessler von Pinguin Audio aus Hamburg. Geplant und realisiert wurde das Netzwerk von Arthur Koll, bei Yamaha Deutschland verantwortlich für die technische Beratung im Bereich Livesound und Broadcast. Kern des Systems waren drei Yamaha Digitalkonsolen der CL-Serie, die über ein Dante Netzwerk mit sechs RIO-Stageboxen kommunizierten. Die Stageboxen wurden direkt zwischen den Musikern der Rhythmusgruppe, den Blech- und Holzbläsern und dem Chor installiert, wodurch die Mikrofonkabelwege sehr kurz gehalten werden konnten. Die Netzwerkinfrastruktur wurde komplett redundant ausgeführt, um die Betriebssicherheit auf das maximal mögliche Maß zu erhöhen. Als weitere Netzwerkkomponenten kamen vier Cyberteq-Switches von Teqsas zum Einsatz. Im Ergebnis führten nur 14 Netzwerkkabel zur Bühne, von denen die Hälfte ausschließlich der Betriebssicherheit durch Redundanz diente. Zum Vergleich, ein analoges System mit gleicher Kanalzahl hätte mindestens drei großformatige 80-Kanal Mischpulte, Racks voller Splitter für 160 Eingänge auf je vier Ausgänge, und eine schier unüberschaubare Anzahl Einzel- und Sammelkabel erfordert, um die gleiche Ausfallsicherheit und Leistungsfähigkeit zu bieten. Allein die Mehrkosten für die Gerätemiete, den Transport und das zusätzliche Personal, machten Ralph Kessler die Entscheidung für eine netzwerkbasierete Lösung leicht. Die Steuerung der Audioinfrastruktur, sowie das Routing der Kanäle erfolgten direkt über die integrierten Dante-Controller der Yamaha Mischpulte. Drei über die Dante Virtual Soundcard (DVS) angebundene, und mit

Steinbergs DAW Nuendo ausgestattete, Apple Macbooks, übernahmen die Aufgaben als Mehrspurrecorder. So konnten 143 Mikrofonkanäle und zwölf Stereosubmixe parallel aufgezeichnet werden. Synchronisiert und gemeinsam gesteuert, wurden die drei Computer über einen freien Kanal der DVS, der für die Systemlinkfunktion von Nuendo genutzt wurde. Damit liefen alle Rechner in einem Sample-synchronen und Timecode-stabilen Verbund. Die Mitschnitte wurden zunächst als Signalquellen für den virtuellen Soundcheck genutzt, erweisen sich jedoch auch in der Postproduktion für die Konzert-DVD als sehr wertvoll. Der virtuelle Soundcheck bot den Toningenieuren die Möglichkeit, sich bereits während des Bühnenaufbaus mit den Rahmenparametern des Raums vertraut zu machen. Ein weiterer, wichtiger Vorteil lag darin, den lokalen Übertragungswagen von Radio und Fernsehen eine virtuelle Probe anzubieten, da sonst in Buenos Aires fast keine Probezeit für die Tonmeister zur Verfügung gestanden hätte. So konnten sich die Kollegen bereits auf die zu erwartenden Pegel- und Klangverhältnisse einstellen und ohne böse Überraschungen in die Liveübertragung starten. Drei der Konzerte aus Buenos Aires wurden per Satellit an Nordamerikanische und Armenische Rundfunkstationen übertragen und als Livestream im Internet bereit gestellt. Die zu diesem Zweck benötigten Kanäle, wurden mit drei Avitran Toolboxen in das MADI-Format übersetzt und an die Lawo Broadcast-Konsole übergeben. Da leider keine MADI-Abtastratenwandler zur Verfügung stehen, musste das gesamte Netzwerk mit allen Teilnehmern als Slave zum Taktgenerator des Sendemischpultes synchronisiert werden. Netzwerkbasierte Audiatechnik unter dem Audinate Dante Protokoll hat auf dieser aufwendigen Tournee eindrucksvoll demonstriert, wie flexibel und kostengünstig künftig produziert werden kann. Besonders überzeugend war die hohe Tonqualität, da alle Signale nach extrem kurzen Mikrofonkabelwegen sofort auf die digitale Ebene geführt, erst dort gesplittet und gemischt wurden und bis hinein in den D+B Lautsprecher-Systemcontroller auch dort verblieben.

Dienstgüte

Dante gehört zu den wenigen Audionetzwerken, die weder in einem physisch gesonderten, also gänzlich auf exklusiv genutzter Infrastruktur basierenden, noch in einem sogenannten logischen Teilnetz (Virtual LAN, VLAN) laufen müssen. In einem VLAN wird ein Teil des Gesamtnetzes isoliert und als separates System betrachtet. Es steht damit exklusiv seinen Teilnehmern zur Verfügung und kann nach außen, wenn überhaupt, nur durch einen Router, nicht aber durch Switches, zugänglich gemacht werden (siehe Kasten Router vs. Switch). Der große Nachteil besteht jedoch darin, dass das VLAN ausschließlich für das Audionetzwerk zur Verfügung steht und für andere Daten unzugänglich bleibt. In einer bestehenden Installation, beispielsweise einem Hausnetz, wäre dies jedoch ein großer Nachteil. Als Beispiel sei eine Musikhochschule genannt. Das Netzwerk wird hier zum größten Teil für den Austausch von Bürodaten und den Internetzugang genutzt. Möchten die Tonmeisterstudenten jedoch eine Aufzeichnung im Foyer machen, so wird die dort installierte Netzwerkbuchse genutzt, um die Audio-daten direkt in die Tonregie zu übertragen. Hierfür müsste der Systemadministrator ein VLAN zwischen Foyer und Tonregie aufbauen, wobei er vielleicht nicht sicher garantieren kann, ob dadurch nicht andere Netzwerkteilnehmer vom Gesamtnetz abgekoppelt werden. Außerdem müsste garantiert werden, dass die Netzwerkteilnehmer alle ausschließlich zum Audionetzwerk gehören und dieses nicht stören können. Kein triviales Unterfangen. Hier kann das

Dante-Protokoll einen wichtigen Vorteil ausspielen. Anstatt auf Netzexklusivität, setzt Dante auf die sogenannte Dienstgüte (Quality of Service, QoS) um die eigenen Daten priorisiert an ihr Ziel gelangen zu lassen. Dafür werden die gleichen Mechanismen heran gezogen, mit denen zum Beispiel auch Voice over IP-Verbindungen (VoIP) im Internet ihr Ziel erreichen. Die Dienstgüte bestimmt dabei nur die Rahmenparameter einer bestimmten Datenklasse. Für die einzelnen Klassen sind bestimmte Prioritäten vorbestimmt. So kann die Dienstgüte eine gewisse Latenz, eine maximale Paketverlustrate oder auch einen gewissen Datendurchsatz garantieren. Der Sender markiert die von ihm verschickten Pakete mit der entsprechenden Klasse und sorgt so dafür, dass sie von den einzelnen



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

Keep it simple

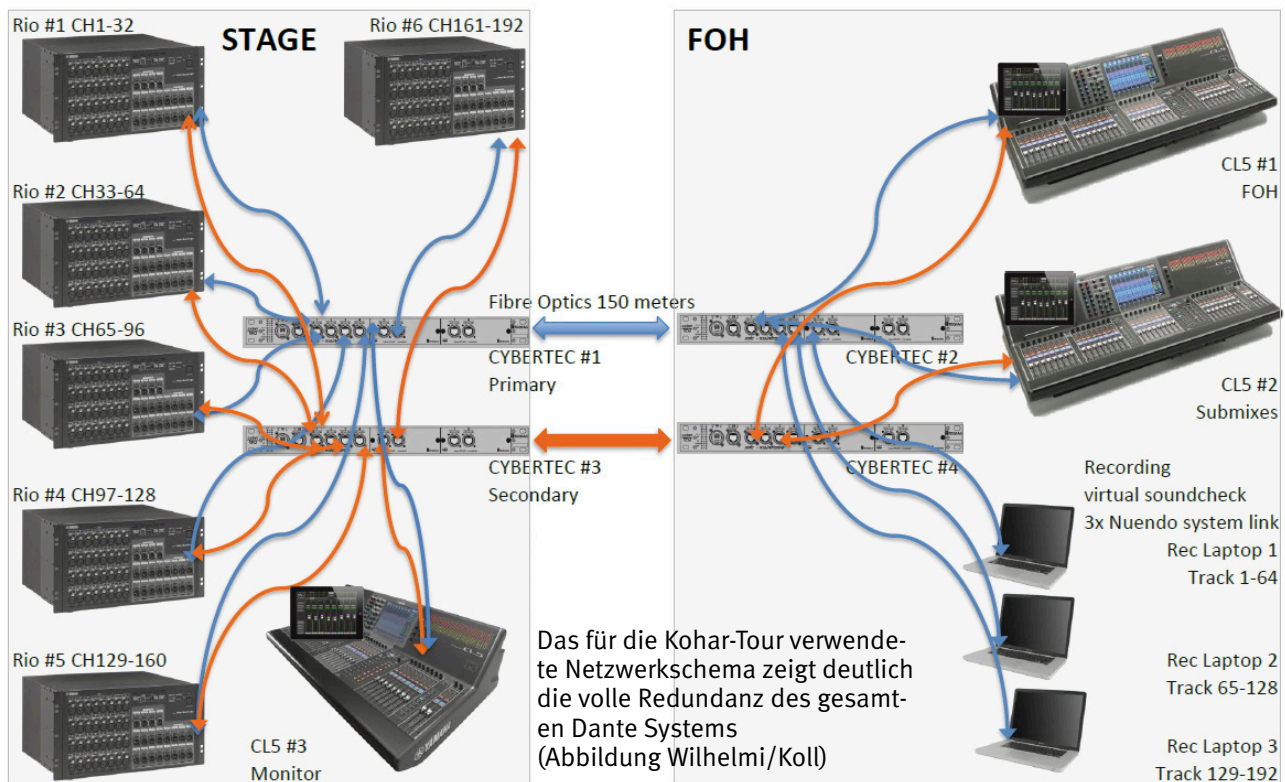
KEM 975

Linearray microphone system **Satellite**

 Livesound & Installation

 Broadcast & Recording

www.microtechgefell.de



Netzwerkvoraussetzungen

Auch wenn Dante auf Standard-Hardware setzt, müssen die Netzwerkkomponenten einige Kriterien erfüllen. Für Kabel gilt auch bei Dante die Regel, dass die Kabellänge zwischen einem Gerät und einem Switch 100 Meter nicht überschreiten sollten. Dabei ist zu beachten, dass es sich um die Gesamtkabellänge handelt. In einer Hausinstallation muss also die Strecke zur Wanddose und von dort zum Switch zusammengerechnet werden. Als Kabelmaterial kann geschirmtes Twisted-Pair-Kabel der Kategorien (Cat) 5e oder 6 genutzt werden. Die beiden Kategorien unterscheiden sich im Ergebnis nicht und können problemlos gemischt werden. ‚W-LAN-Kabel‘ werden von Dante nicht unterstützt. Obwohl Dante sowohl 100 Mbit/s-, als auch Gigabit-Ethernet unterstützt, sollte die Entscheidung immer zugunsten der größeren Bandbreite erfolgen. Es ist vorteilhaft, aber nicht zwingend notwendig mit sogenannten Managed Switches zu arbeiten. Außerdem ist die Fähigkeit die Dienstgüte zu priorisieren notwendig. Die verwendeten Switches sollten dazu Diff-serv (auch DSCP genannt) beherrschen und dieses sollte auch eingeschaltet sein. Auf den Websites von Focusrite RedNet und Audinate finden sich konkrete Empfehlungen für Switches und weitergehende Tipps zur Netzwerktopologie und -verwaltung.

Kontakt: <http://www.audinate.com>
<http://global.focusrite.com/RedNet>

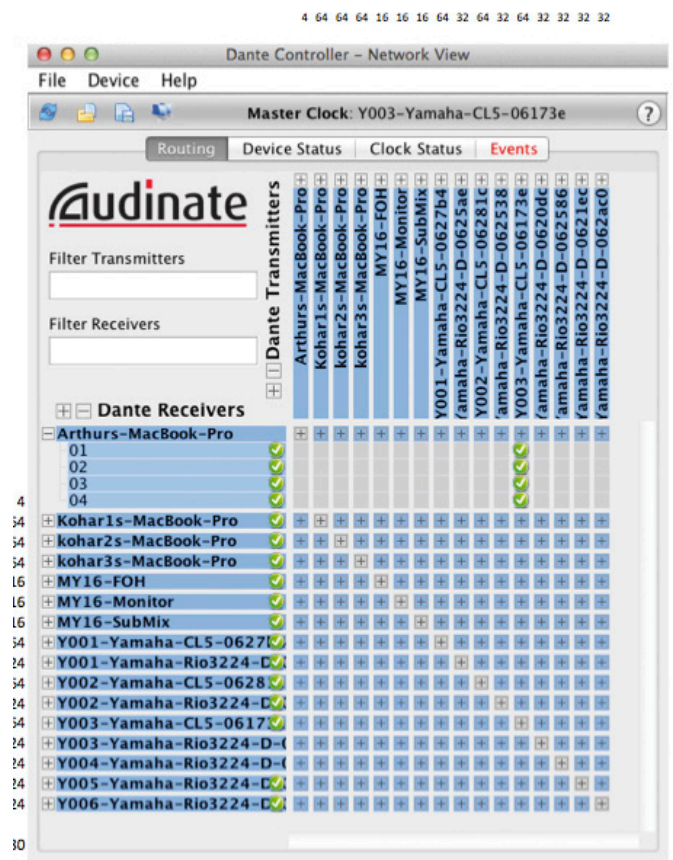
Knotenpunkten entsprechend der Priorisierung verarbeitet werden. Dieser wichtige Mechanismus ist einer der Gründe, warum Dante sich nicht an parallelem Datenverkehr stört. Die Dienstgüte sorgt im Zweifel dafür, dass nicht priorisierte Pakete, also Fremddaten, sehr lange für die Übertragung benötigen. Zurück zum Beispiel des Universitätsgebäudes: Dante erlaubt die direkte Nutzung des installierten Netzwerks, ohne dass der Systemadministrator aktiv werden müsste. Kritisch kann die Priorisierung jedoch dann werden, wenn, parallel zum Konzert im Foyer, eine Telefonkonferenz mit mehreren Teilnehmern im Haus über VoIP stattfindet.

Routing

Jede Ethernetschnittstelle lässt sich anhand ihrer sogenannten MAC-Adresse eindeutig identifizieren (lassen wir den Adressdiebstahl an dieser Stelle einmal außen vor). Verbindet sich ein Teilnehmer mit einem Switch, so werden die Adressen ausgelesen und dem Netzwerkadressserver mitgeteilt. Jeder Teilnehmer erhält vom Server nun eine eigene IP-Adresse. Dieses Verfahren wird als DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) bezeichnet. Alternativ können die IP-Adressen natürlich auch bei jedem Teilnehmer manuell festgelegt werden. Ein Adressserver ist in diesem Fall nicht mehr notwendig, allerdings besteht die Gefahr der versehentlichen Doppelvergabe von IP-Adressen, wodurch im Zweifel keiner der beiden Teilnehmer

mehr erreichbar ist. Die Vergabe von IP-Adressen, oder die Identifikation der MAC-Adresse, sind rein technische Prozesse, die für den Anwender nicht direkt ersichtlich sind. Er kann die Steuerung der Teilnehmer nur dann übernehmen, wenn er dessen Adressen ebenfalls kennt. Im Zweifel bedeutet dies, der Steuersoftware alle Netzwerkklienten manuell mitzuteilen und diese Liste stets aktuell zu halten. Dies ist in mehreren Hinsichten unkomfortabel. Zunächst ist die manuelle Übertragung immer der Gefahr von Schreibfehlern ausgesetzt. Darüber hinaus muss bei der Installation des Netzwerkes darauf geachtet werden, dass wirklich alle Komponenten registriert sind. Für einen Technikverleih ist dies ein großes Problem, denn die Konfiguration ändert sich von Buchung zu Buchung. Sinnvoller erscheint es, wenn sich die Komponenten im Netz selbst anmelden und den anderen Teilnehmern ihren Namen mitteilen. Im Falle von Dante wird dazu das von Apple entwickelte Bonjour-Protokoll genutzt. Allerdings geht Dante noch einen Schritt weiter und erlaubt die Anmeldung mit Klarnamen. Ein als ‚Karls Konsole‘ bezeichnetes Mischpult wird also auch unter diesem Namen verwaltet und geroutet. Die mühsame, manuelle Übertragung von Geräte- und Kanalnamen entfällt völlig. Die Routingoberfläche ‚kennt‘ alle möglichen Streams und stellt diese übersichtlich dar. Ein Dante Netzwerk funktioniert natürlich unabhängig davon, ob sich ein Computer (Mac oder PC) mit im Netz befindet. Die einfachste Verbindung besteht, zum Beispiel, zwischen einem Mischpult und seiner Stagebox. Allerdings wird eine grafische Oberfläche benötigt, um das Routing der einzelnen Kanäle zu bewerkstelligen. Alternativ kann die Software Dante Controller genutzt werden, die vollen Zugriff auf das Routing, Statusmeldungen und auch die Latenzeinstellungen gestattet. Wer bereits Erfahrung mit einer Routingmatrix hat, findet sich hier sofort zurecht. Die Zeilen der Matrix repräsentieren die Senken, die Spalten die Quellen. Dadurch erscheinen

die meisten Netzwerkteilnehmer je einmal mit ihren Ein- und Ausgängen in der Matrix. Soll ein Signal beispielsweise für die Bühnemonitore und den FOH-Platz gesplittet werden, so werden einer Quelle einfach mehrere Senken zugewiesen. In diesem Fall sendet das Quellgerät alle Daten doppelt aus, mit dem Nachteil der unnötig großen Last auf dem Netzwerk. Dieses Verfahren wird als Unicast bezeichnet. Ein Datenpaket kennt dabei nur eine Empfängeradresse. Für mehrere Empfänger muss das Paket also auch mehrfach abgesendet werden. Um dieses Problem zu verringern, lassen sich Quellen im Dante Controller für



Das Routing des gesamten Netzwerkes erfolgt zentral aus der Dante Controller Software (Abbildung Uta Wilhelmi)



More than loudness

www.jungeraudio.com



Die Einstellungen der DVS steuern sowohl das Dante Netzwerk, als auch die ASIO- oder Core-Audio-Eigenschaften



Kohar-Show: Drei Mac Books mit DVS und Steinbergs Nuendo übernehmen die Aufzeichnung und Wiedergabe der Spuren für den virtuellen Soundcheck

sogenannten Multicastquellen konfigurieren. Bei Multicast übernehmen die auf der Strecke liegenden Netzwerkknoten, also Switches oder Router, das Kopieren und Weiterverteilen der Daten. Die Quelle selbst sendet das Paket jedoch nur einmalig ab. Dieses Verfahren ist deutlich ressourcenschonender bei großen Verteilsystemen, muss jedoch manuell vorkonfiguriert werden.

Redundanz

Um echte Redundanz zu erreichen, müssen eigentlich alle für das System relevanten Komponenten, zum Beispiel Netzteile in Geräten oder die Verkabelung, mehrfach vorhanden sein. Dieses Konzept kann auf die Spitze getrieben werden, indem sogar unterschiedliche Stromquellen für die Geräte zur Verfügung stehen. Da Netzwerke, im Gegensatz zu vielen anderen Komponenten, schon physisch recht angreifbar sind (z.B. Kabelqualität bei Bühnennutzung), sollte das Netzwerk so weit wie möglich redundant aufgebaut sein. Dabei müssen im Resultat alle Strecken mehrfach zur Verfügung stehen. Für die Endgeräte bedeutet dies, dass sie mit mehreren Netzwerkbuchsen ausgestattet sein müssen. Switches und Router hingegen müssen nur dann doppelte Anbindung zueinander aufweisen, wenn es keine alternative Route gibt. In Abbildung 3 ist die Redundanz eines solchen Netzwerks gut zu erkennen. Je größer ein Netzwerk wird, desto mehr alternative Routen entstehen automatisch. Dies ist auch einer der Gründe dafür, dass das Internet so robust ist. Im Störfall suchen sich die Daten eine alternative Route, also eine Umleitung. Das Suchen und Benutzen ei-

ner Umleitung kostet natürlich Zeit. In einem überschaubaren, lokalen Netzwerk ist diese Zeit jedoch planbar und daher nicht kritisch. In einem Dante Netzwerk sind Umleitungen innerhalb der Spezifikationen vorgesehen und verändern die Latenz daher nicht. Eines der größten Probleme für Redundanzsysteme sind die Erkennungszeiten. Schon analoge Installationen werden von sogenannten Modulationswächtern kontrolliert und im Ausfall ein sogenannter Fail-Over ausgelöst. Dieser blendet die Signalstrecke nach einer gewissen Totzeit auf einen Notfallweg über. In digitalen Systemen kommt die Problematik hinzu, dass beim Ausfall der Taktquelle das gesamte System neu getaktet werden muss. Der Notfallweg muss im Zweifel über einen eigenen Takt verfügen und über Abtaststratenswandler angebunden sein. Für Netzwerke mit ausgehandelten Taktgebern besteht eine dritte Schwierigkeit. Hier müssen die Teilnehmer zunächst bestimmen, welcher Netzteilnehmer der neue Clockmaster wird. Dadurch entstehen wiederum Unterbrechungen im Audiofluss, bis alles wieder synchron abläuft. Je nach Taktverteilungssystem konnte dieser Ausfall bei manchen Netzwerktechnologien bis zu einigen Sekunden dauern. Was im ersten Moment nicht kritisch erscheint, ist in einer Livesituation eine absolute Katastrophe. Weniger für das Publikum, als für den verantwortlichen Systemtechniker, können dies die längsten Sekunden seines Lebens werden. Durch die bereits beschriebene Art der Synchronisation mit autarken Taktgebern, kann es bei Dante im Prinzip keinen Taktausfall geben. Solange die Pakete bei einem Teilausfall ihre Umleitung innerhalb der maximalen Latenzzeit finden können, arbeitet Dante immer störungsfrei. Es ist damit das erste



Kohar-Show: Der FOH-Platz der Show. Im Vordergrund sind die Teq-sas Switches zu erkennen



Kohar-Show: Die Stageboxen fanden ihren Platz unmittelbar zwischen den Musikern, um die analogen Strecken so kurz wie möglich zu halten

Netzwerk, welches keine Totzeit bei Störungen aufweist und keine Knackser beim Umschalten verursacht. Dies hat es sogar jeder herkömmlichen Digitalschnittstelle voraus. Bis sich ein Gerät in einem Taktverbund zum Beispiel von Wordclock auf AES-Takt umgetaktet hat, kann einige Zeit vergehen. Oft ist dies mit sehr lauten Störungen verbunden, die sich auch bei guten Designs nur schwer verhindern lassen.

Dante Virtual Soundcard

Die für viele Anwender wichtigste Komfortfunktion von Dante, liegt in der sogenannten DVS, der Dante Virtual Soundcard. Diese virtuelle Soundkarte ist nichts anderes, als ein Treiberpaket für den Computer, welches die eingebaute Ethernet-Schnittstelle des Rechners in einen Dante-Teilnehmer umwandelt. Für die DAW stellt sich diese Karte als klassisches Audiomodul, mit ASIO- oder Core-Audio-Treibern dar. Die DVS bietet je 64 Ein- und Ausgänge und steht damit zum Beispiel einer MADI-Karte in der Kanalzahl nicht nach. Bei der DVS addieren sich die ASIO-Pufferlatenz und die Dante-Latenz zu einem Gesamtwert. Die minimale Dante-Latenz liegt hier bei vier Millisekunden. Um die Last des Netzwerkes und der lokalen Schnittstelle zu reduzieren, kann das System auf eine geringere Kanalzahl begrenzt werden. Im einfachsten

Fall bietet DVS nur je einen Ein- und Ausgang in Stereo. Auch die Abtastraten sind bei der DVS auf 44.1, 48 und 96 kHz begrenzt. Für viele Anwendungen, etwas Livemitschnitte, spielen diese Beschränkungen nur eine untergeordnete Rolle. Vor allem die Latenzen können hierfür problemlos relativ hoch sein. Mit einem über Dante angebotenen Mischpult können somit Mehrspurmitschnitte auf einem einfachen Laptop realisiert werden, die sowohl die Eingangskanäle oder bearbeitete Kanäle ‚post-fader‘, als auch eventuelle Submixe oder die Summe enthalten. Werden mehr Audiowege, geringere Latenzen und erweiterte Abtastraten bis 192 kHz benötigt, so muss auf eine dedizierte Dante-Soundkarte zurückgegriffen werden. Solche Systeme bietet Audinate auf PCIe-Basis nicht selbst, aber als Lizenzprodukt, zum Beispiel bei Focusrite, an. Die Karten bieten deutlich größere Kanalzahlen (bis zu 128 und

GERÄT KAPUTT?

Dann brauchen Sie einen Audio-Service!

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

Audio-Service Ulrich Schierbecker GmbH

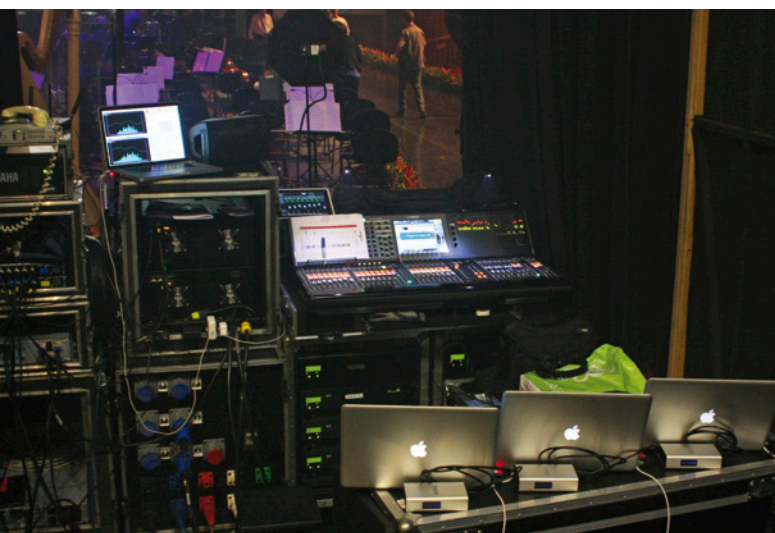
Telefon +49 (0)40 85 17 70 - 0 · Fax +49 (0)40 8 51 27 64
mail@audio-service.com · www.audio-service.com



Kohar-Show: Ein großer Teil des Ensembles während der Show auf der Bühne



Kohar-Show: Drei Auvitrans Wandler übernehmen die Übersetzung zwischen Dante und MADI



sogar 256 Ein- und Ausgänge), geringere Latenzen und nutzen die Dienstgütefunktionen des Netzwerks voll aus. Allerdings haben sie den großen Nachteil, dass sie zurzeit nur für Desktoprechner zur Verfügung stehen.

RedNet

Auch das von Focusrite vor kurzem vorgestellte System RedNet sei an dieser Stelle kurz erwähnt. Es handelt sich dabei um eine Geräteserie mit Wandlern und Digitalinterfaces, die auf das Dante Netzwerk zurückgreifen. Der Name RedNet ist daher etwas verwirrend, da leicht der Eindruck entstehen könnte, es handle sich um ein eigenständiges Netzwerk. Die Komponenten aus der RedNet-Serie lassen sich vollständig in jedes Dante Netzwerk einbinden. Focusrite bietet eigene Steuersoftware für das Netzwerk an. Somit kann eine Installation aus RedNet-Geräten, quasi als eigenständiges System auf Dante-Basis betrachtet werden.

AVB

In dieser Serie wird es später noch genauer um das ‚Mysterium AVB‘ gehen, allerdings lohnt es sich bereits hier einen kurz Blick darauf zu werfen. AVB ist die Abkürzung für Audio/Video Bridging. Hinter diesem Begriff verbirgt sich ein in der Spezifizierung befindlicher, internationaler Standard für die Übertragung von Audio- und Videostreams in Netzwerken. Der Standard wird von der IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) erarbeitet. Die Spezifikationen für diesen Standard sind noch nicht in allen Belangen abgeschlossen, da sich die entsprechenden Arbeitsgruppen dem Thema unter vielen Aspekten nähern und damit ein gigantisches Arbeitspensum vor sich haben. AVB unterscheidet sich von Dante in verschiedenen Hinsichten. Zunächst ist es ein offener Standard, der ohne Lizenzierung und Beschränkung genutzt werden kann. Allerdings benötigt er neue Netzwerkhardware und kann nicht mit den bisher genutzten Switches und Routern verarbeitet werden. Darüber hinaus definiert AVB die Rahmenbedingungen der Übertragung auf dem zweiten Netzwerklayer, und damit eine ‚Stufe‘ unterhalb des IP-basierten Ansatzes von Dante. Die durch AVB geschaffene Infrastruktur kann, und soll, jedoch in Zukunft auch für das Dante Netzwerk genutzt werden. Audinate hat angekündigt, dass Dante mit einem Firmwareupdate nahtlos mit AVB zusammenarbeiten können wird. Damit kann Dante zum Beispiel die für AVB ausgearbeiteten Systeme zur Dienstgüte auf Layer 2 nutzen, um die

Netzwerk-Philosophie

Die große Frage ist, warum bieten sich Netzwerke eigentlich für die Übertragung von Echtzeitaudio an? Auf der einen Seite sind natürlich die Vorteile gegenüber der analogen Signalübertragung. Der Verzicht auf hunderte von Kabeln und Multicores ist eine enorme Arbeitserleichterung. Egal, ob auf der Bühne, im Studio oder im Ü-Wagen. Es ist schon ein Segen, sich nur noch mit einem dünnen, einfach zu verlegenden und zu trommelnden Kabel zu beschäftigen. Das geringe Gewicht erlaubt die Verlegung an Stellen, die für ein analoges Sammelkabel bisher unerreichbar blieben. So können die ‚Strippen‘ auch gern mal mit einfachen Halterungen durch Bäume und über Wege gespannt werden. Aber solcherlei Vorteile haben natürlich die meisten digitalen Sammelübertragungswege. Ein MADI-Kabel kann ebenso praktisch verlegt werden. Als zweiter Aspekt kann der Preis gelten. Hier siegt das Netzwerkkabel natürlich sofort gegenüber fast allen Alternativen. Selbst Coax-Leitungen sind auf den Meter gesehen deutlich teurer, von optischen Kabeln gar nicht erst zu sprechen. Robust sind die meisten Verbindungen leider nicht besonders. Weder die Stecker, noch die Leitungen selbst erfüllen die hohen Anforderungen

im rauen Außeneinsatz. Letztendlich spielt ein Netzwerk keine Rolle, solange man es mit je einer einzelnen Quelle und Senke zu tun hat. Nichts spricht gegen Punkt-zu-Punkt Verbindungen, solange das System autark bleibt. Spannend wird es natürlich sofort, wenn ein dritter Teilnehmer involviert ist. Der Monitorplatz muss versorgt werden? Keine Splitter nötig. Er braucht aber nur die ersten sechs Kanäle der linken Stagebox, dafür aber Kanal 4, 7 und 9 von der rechten Stagebox? In dieser Situation Kabel zu ziehen ist, egal ob es analoge oder digitale sind, genau das, woran der Erfinder des Wortes ‚komfortabel‘ bei seiner Wortkreation nicht dachte. Hier spielen digitale Netzwerke ihr volles Potential aus. Dabei ist dem Netzwerk zunächst völlig egal, welche Art von Daten es transportiert. In unserem Falle natürlich Audio, das System eines Netzwerks bleibt jedoch immer gleich. Jeder Teilnehmer kann Daten in das Netz einspeisen, die damit automatisch überall dort zur Verfügung stehen, wo sie benötigt und angefordert werden. Die größte Stärke digitaler Audionetzwerke ist damit die Loslösung von physikalischer und logischer Verbindung.

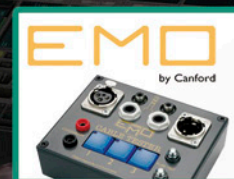
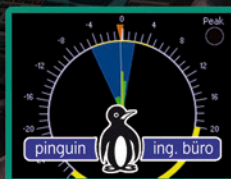
Verbindungen noch robuster zu gestalten. Auf der anderen Seite bietet Dante den komfortablen Überbau, der einem Layer 2 Protokoll prinzipbedingt fehlt. Auf dem Papier sieht dieses Zusammenspiel zurzeit sehr vielversprechend aus. Wie es sich bewährt, wird allerdings erst in ein paar Jahren ersichtlich sein. Inzwischen haben die ersten Hersteller AVB-fähige Switches auf den Markt gebracht, die Weichen sind also weitgehend gestellt.



Für geringe Latenzen empfiehlt sich eine dedizierte Dante Netzwerkkarte als Alternative zu eingebauten Netzwerkadaptern mit DVS (Abbildung Audinate)

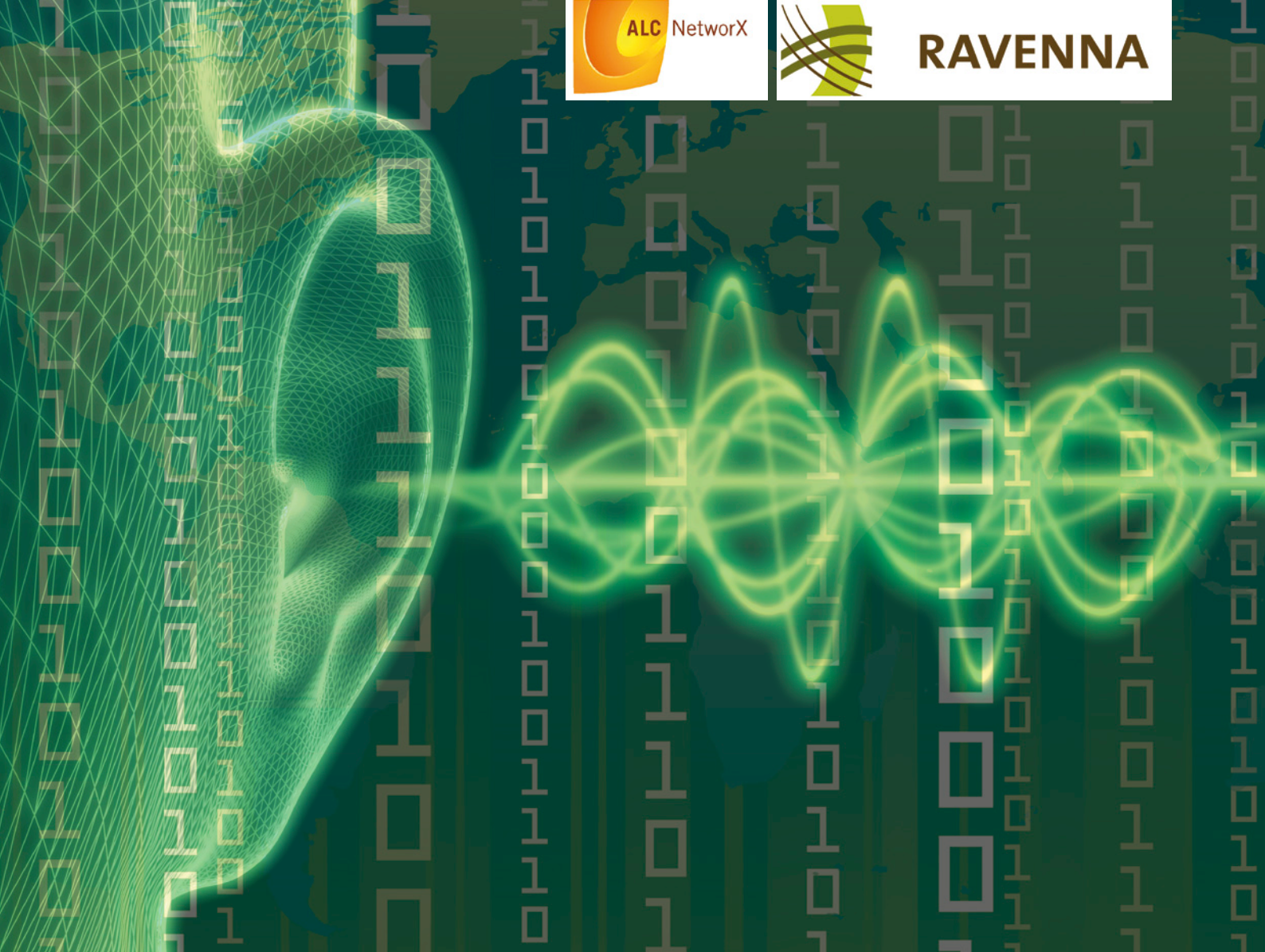
FOR-TUNE

Vertrieb für professionelle Studioteknik • Krummenackerstr. 218 • D-73733 Esslingen/Neckar



Recording | Mixing | Mastering

Tel.: 0711-46915185 • Fax: 0711-46915187 • <http://www.for-tune.de>



FRIEDEMANN KOOTZ, ABBILDUNGEN: ALC NETWORKX, LAW0, DIVERSE

Audio over IT

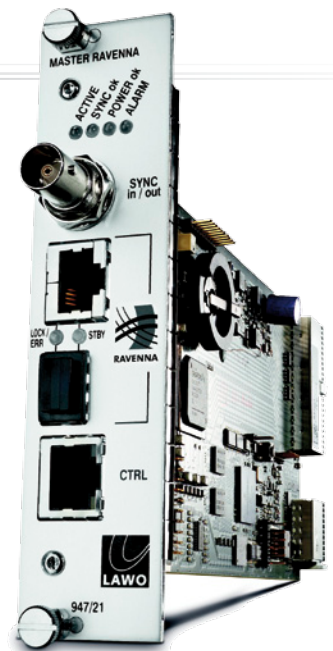
HINTERGRUND AUDIO-NETZWERKE TEIL 3 – ALC NETWORKX RAVENNA

Wenn man im vergleichsweise jungen Bereich der Echtzeitaudionetzwerke überhaupt von ‚Global Playern‘ sprechen kann, dann gehört Ravenna von ALC Networx wohl zukünftig genau in diese Kategorie. Die Geschwindigkeit, mit der Ravenna zurzeit, vor allem im Bereich Broadcast, Verbreitung unter den Herstellern findet, ist schon erstaunlich. Allerdings verwundert dieser Zuwachs nur auf den ersten Blick. Denn wenn man schaut, wer hinter der Firma und dem System steht, dann wird der Druck in den Markt verständlicher. Gegründet wurde ALC Networx im Jahr 2007 vom Mischpulthersteller Lawo. Die Philosophie von Ravenna war von Anfang an eine offene Struktur, auf die nicht nur jeder Partner zugreifen kann, sondern auch Einfluss auf ihre Entwicklung hat. Lawo möchte Ravenna zu dem einen System machen, mit dem Audionetworking in Zukunft realisiert wird.

Genau wie das in der letzten Folge vorgestellte Dante von Audinate, basiert Ravenna auf Protokollen im dritten Netzwerklayer des OSI-Modells, also dem sogenannten IP-Layer. Ravenna benötigt also keine besondere Netzwerkhardware, sondern lässt sich in bestehende Systeme integrieren, so lange bestimmte Technologien beziehungsweise Protokolle von den aktiven Netzwerkkomponenten verarbeitet werden können. Das auf den ersten Blick erstaunliche ist, dass sich Ravenna nicht abschließend auf eine bestimmte Anzahl Kanäle bei definierten Abtastraten festlegen lässt. Prinzipiell ist das System so offen, dass so viele Streams geöffnet werden können, wie es von Seiten der Hardware möglich wird. Es gilt also, je besser die verwendeten Komponenten, desto größer die Anzahl Audiostreams. Natürlich ist die Gesamtzahl auch davon abhängig, wie groß die Latenz des Systems sein darf. Einige hundert Streams in beide Richtungen, bei 48 kHz Standardabtastrate und 24 Bit, stellen jedoch kein prinzipielles Problem dar. Allerdings wird die Leistungsfähigkeit so etwas weniger fassbar. Die Netzwerkinfrastruktur kann zwar auf dem älteren Fast Ethernet mit 100 MBit/s aufgebaut werden, allerdings wird dazu geraten, mindestens den Backbone des Systems mit Gigabit-Ethernet (1.000 MBit/s) auszustatten. Heute spricht jedoch nichts mehr dafür, nicht vollständig auf Gigabit-Ethernet zu setzen. Das Daten-transportprotokoll gestattet prinzipiell jede Form von Paketinhalt. Ausgelegt ist Ravenna für digitale Audiosignale im Format AES/EBU mit 16 oder 24 Bit, sowie allen Standardabtastraten von 32 bis 192 kHz. Dabei ist die freie Architektur kein Hindernis für exotische Formate (zum Beispiel DXD oder DSD), Video oder zum Beispiel Floating Point Audiosignale mit 32 Bit. Natürlich müssen sowohl Sender, als auch Empfänger mit dem Format arbeiten können. Alle Datenformate werden vollständig transparent übertragen. Eine Abtastratenwandlung findet nicht statt. Das bedeutet, dass auch kodierte Inhalte, wie zum Beispiel Dolby- oder DTS-Streams, mit Ravenna übertragen werden können.

Offener Standard

Das zentrale Anliegen bei der Gründung von ALC Network war es, keine proprietäre Netzwerklösung zu entwickeln. Natürlich ist die Akzeptanz von geschlossenen Standards vor allem im Broadcast-Bereich nicht sehr groß. Die Problematik in einem großen und komplexen System, wie dem einer Rundfunkanstalt, auf ein isoliertes System von einer oder wenigen Firmen zu setzen, ist natürlich sofort ersichtlich. Schaut man in die naheliegende Vergangenheit, so fällt auf, dass die meisten Formate erst flächendeckend integriert wurden, nachdem sie von ihren Erfindern offen frei gegeben wurden. ALC Network setzt bei Ravenna im Prinzip auf eine bestehende Protokollsammlung. Das bedeutet, dass für alle Aufgaben innerhalb des Netzwerkes offene und etablierte Standards genutzt werden. Außer der Datenstruktur innerhalb des Datenpakets, werden alle Ebenen der Übertragung nach Prinzipien der IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), IETF (Internet Engineering Task Force), W3C (World Wide Web Consortium) und anderen internationalen Organisationen realisiert. Der größte Anteil der Protokolle entstammt aus der sogenannten Internetprotokollfamilie (IP-Suite). Das im Folgenden als Ravenna bezeichnete Netzwerk ist also in Wirklichkeit ein ‚normales‘ IP-basiertes Netzwerk, welches einige der Protokolle nutzt, um Audiopakete priorisiert weiterzuleiten. Dennoch sei das ganze System als Ravenna bezeichnet, um nicht zu sehr zu verwirren.



FOR-TUNE

Vertrieb für professionelle Studiotechnik

G.J. ACOUSTIC
STUDIO MONITORING

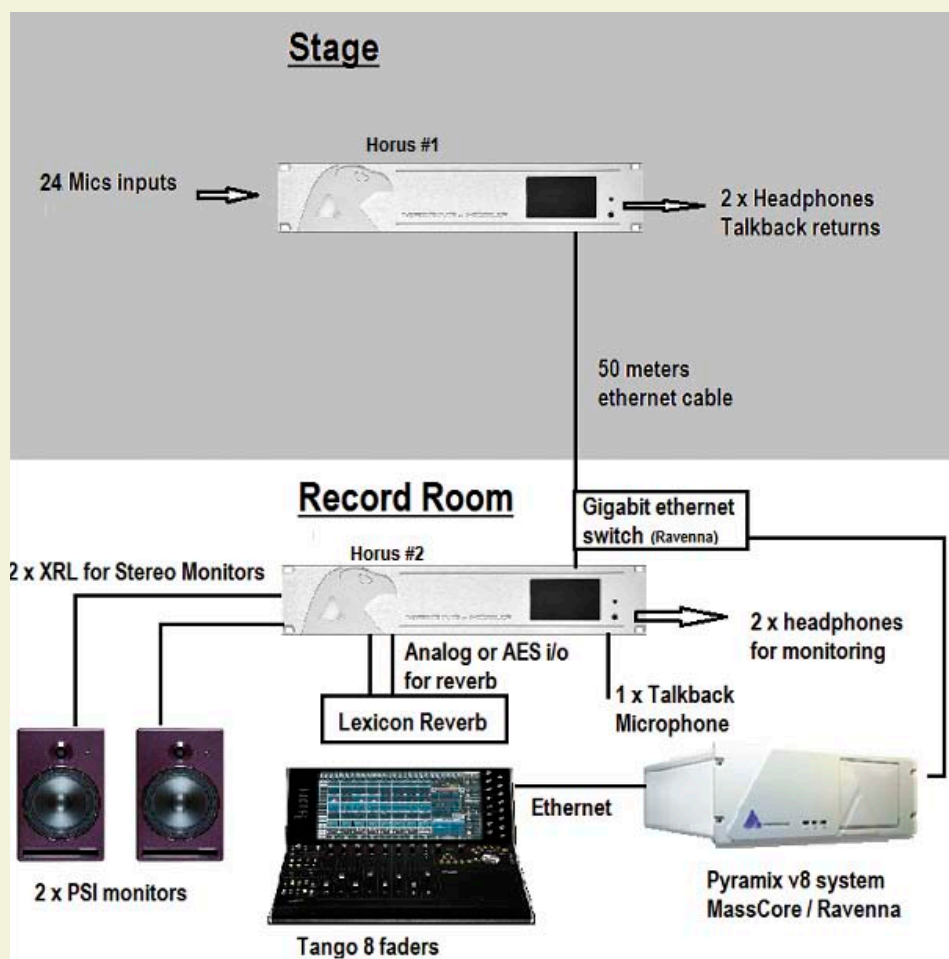
TD350 Pro



True Monitoring

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

Ravenna im Recording-Einsatz



Netzstruktur des für die Chandos-Aufnahmen verwendeten Aufnahmesetups (Foto: Merging Technologies)



Horus als Ravenna-Node im Einsatz bei den Aufnahmen für Chandos (Foto: Merging Technologies)

Neeme Järvi ist der künstlerische Leiter, und seit 2012 Chefdirigent, des ‚Orchestre de la Suisse Romande‘. Für das bekannte englische Klassik-Plattenlabel Chandos führte er im letzten Sommer Aufnahmen von Stücken des Schweizer Komponisten Joachim Raff und des Franzosen Emmanuel Chabrier durch. Die Zusammenarbeit des Künstlers mit dem Label hat bereits eine lange Tradition und reicht zurück bis 1982, kurz nachdem Neeme Järvi von Estland in die USA emigrierte. Die Produktion wurde genutzt, um den neuen Audiowandler mit Ravenna-Anbindung ‚Horus‘ von Merging Technologies, unter realen Bedingungen zu testen. Da mehr als eine Wandlerreinheit nötig waren, um die Kanalzahl für Aufnahme und Monitoring zu bewältigen, wurden zwei Horus-Einheiten über Ravenna an eine Pyramix-Workstation angebunden. Pyramix wurde hierfür sowohl als Recorder, als auch als Mischpult genutzt. Die Aufnahmen erfolgten mit der Abtastrate 96 kHz und mit einer Auflösung von 24 Bit. Als Steuerungseinheit für das Pyramix kam ein Tango-Controller von Smart AV zum Einsatz. Die Aufnahmen erfolgten in der Victoria Halle in Genf. Dieser spektakuläre Raum wurde im Jahr 1890 im Auftrag des Britischen Konsuls, Daniel Barton, zu Ehren der Queen erbaut. Zum Beginn des 20. Jahrhunderts wurde er der Stadt als offizielle Spende übergeben. Obwohl der Raum eine besonders gelungene Akustik aufweist, konnte auf zusätzliche künstliche Verhallung nicht verzichtet werden. Hierfür wurde ein Lexicon-Hallgerät als AES/EBU-Insert direkt an einen der Horus-Wandler angeschlossen. Die Aufnahmen wurden vom Tonmeister und Labelfeher von Chandos, Ralph Couzens,

persönlich durchgeführt. Die Produktion übernahm Brian Pidgeon. Ralph Couzens Urteil fiel nach der Produktion sehr positiv aus. „Wir haben Pyramix schon bei verschiedenen Anlässen sehr erfolgreich genutzt und ich hatte nicht realisiert, dass wir tatsächlich die ersten sind, die das neue Horus mit Ravenna nutzen können. Die Aufnahmen klingen absolut hervorragend und wir hatten tolle technische Unterstützung durch Claude Cellier und Ricardo Ryan von Merging. Wir konnten die Aufnahmen sogar vor dem Zeitplan abschließen. Horus und Ravenna arbeiteten absolut fehlerfrei.“ Horus konnte seinen Qualitätsanspruch schon bei verschiedenen Prestigeprojekten unter Beweis stellen und zeigte sich nun, mit Ravenna um die Möglichkeiten eines komplexen Audionetzwerks erweitert, als leistungsfähiges System mit höchster Klangqualität. Claude Cellier, Präsident von Merging Technologies, urteilte: „Es war eine große Freude Chandos bei der Realisierung dieses großartigen Recordingprojektes zu unterstützen. Wir hatten keine Zweifel daran, dass das System fehlerfrei laufen würde, aber der Druck bei einer solchen Orchesteraufnahme ist natürlich der beste Test für ein neues Produkt.“

Betrachtet man die Latenz eines Systems, so sollte man dies mit einer gewissen Rationalität tun und nicht unnötigerweise auf kleinste Werte setzen. Je nach Anwendung können die verschiedenen Streams durchaus mit unterschiedlicher Priorität belegt sein. Daraus resultiert, dass die Latenz je nach Anwendungsfall unterschiedlich groß sein darf und das System diese Unterscheidung auch gestattet. Jeder einzelne Netzwerkstream kann mit einer individuellen Latenz weitergegeben werden. Eine globale Latenzvorgabe besteht nicht, allerdings ist das System dadurch auch nicht in jeder Konfiguration gleich. Ändern sich Streams im System, so kann sich auch die Notwendigkeit ergeben, eventuell genutzte Maßnahmen zur Latenzkompensation anzupassen. Natürlich können die Latenzvorgaben in globalen Presets abgelegt werden, damit die Grundkonfiguration nicht für jeden Stream neu begonnen werden muss. Besteht zwischen den Audiosignalen verschiedener Streams eine Korrelation, so müssen sie alle auf die größte, gemeinsame Latenz erweitert werden, um Samplesynchronität am Ausgang zu gewährleisten. Da auch Ravenna prinzipbedingt mit paketorientierter Übertragung arbeitet, hängt die Verzögerung maßgeblich davon ab, wie viele Samples in einem Datenpaket gesammelt werden, bevor es abgeschickt wird. Kleine Pakete gestatten es, wenige Samples (Ravenna erlaubt es sogar, einzelne Samples zu versenden) schnell abzuschicken, belasten allerdings den Übertragungspfad mit häufigen Übertragungen und dem damit zusammenhängenden Protokolloverhead. In der Folge sinkt so die maximale Anzahl Streams ab. Allerdings genügt die Anzahl Streams und Kanäle auch bei minimalen Netzwerklatenzen bereits vielen Ansprüchen. Natürlich bestimmt nicht allein die Paketgröße die Latenz des Systems. Hinzu kommen Wandler, Zwischenspeicher (Puffer am Empfänger) und die Priorisierung. Allerdings kann die reine Netzwerklatenz eben auf Werte von Bruchteilen einer Millisekunde herunter gesetzt werden. Auch Ravenna unterstützt Mechanismen zur Dienstgüteverwaltung (Quality of Service, QoS) und kann Streams darüber priorisieren. Die Paketdatenübertragung verhindert natürlich, dass ein Audiostream seine Taktinformation implizit mit sich trägt. Die separate und vor allem hochpräzise Taktübertragung im gesamten Netzwerk ist also auch für Ravenna ein essentielles Problem. Der verfolgte Ansatz macht sich abermals das klassische Prinzip eines ‚Uhrenabgleichs‘ zunutze. Mit dem ‚Precision Time Protocol‘ PTP, sendet ein zentraler Taktgeber im System seine derzeitige Zeitinformation an alle angeschlossenen Netzwerkteilnehmer,

RELAUNCH Dec. 2013

Abbey Road Studios Brilliance Pack

Drei passive Höhen-Equalizer, modelliert aus der Original Abbey Road-Hardware jetzt im VST-, VST3-, Audio Unit-, RTAS-, AAX Native- und AAX DSP-Format als Softube Plug-in erhältlich.

Einführungspreis bis 09.01.2014 nur
bei Bezug über den Fachhandel

136 EUR

Softube

20Tage
DEMO

Vertrieb:
www.audiowerk.eu

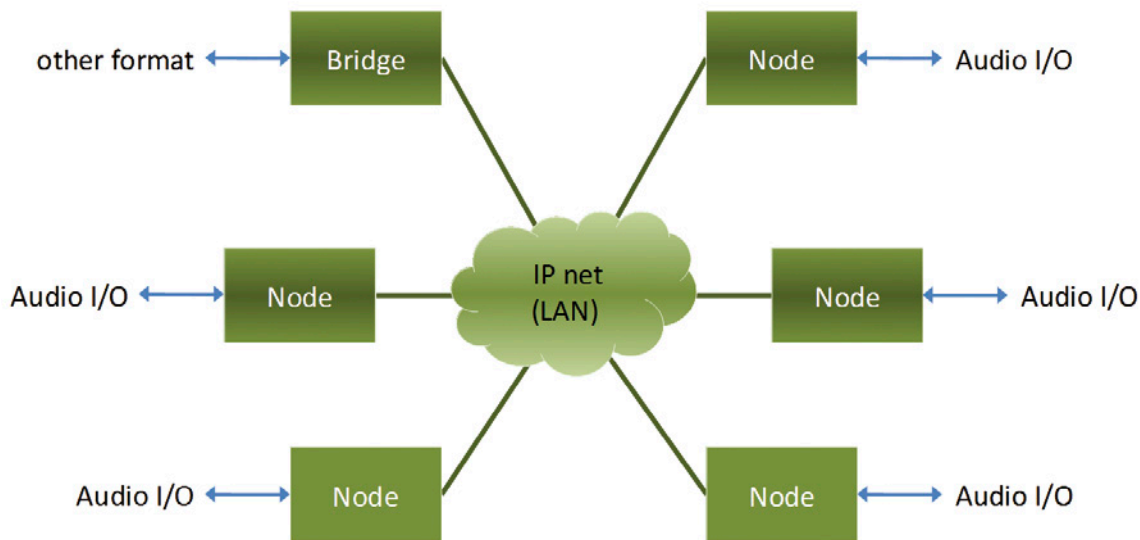


die sogenannten Nodes. Ein Node gleicht seinen internen Takt mit dem eingehenden Zeitstempel ab und kann so den eigenen Takt synchron halten, ohne ihn direkt aus einem Taktsignal zu extrahieren. Der zentrale Taktgeber wird hier als ‚Grandmaster‘ bezeichnet. Spannenderweise könnte die Synchronisation von verschiedenen, räumlich getrennten Netzen ebenfalls über einen gemeinsamen Grandmaster erfolgen, wenn dieser wiederum auf ein Referenzsignal zurückgreift. Denkbar ist dies zum Beispiel, wenn ein GPS-Signal herangezogen wird. GPS ist im vereinfachten Sinne auch nichts anderes als eine sehr präzise Uhrzeitangabe. Tatsächlich gilt das GPS-Signal als die zweitgenaueste Taktreferenz überhaupt, nach der Atomuhr. Sie kann auf unter 10 Nanosekunden genau sein. Wer-

Netzwerk-Philosophie

Lesern, die sich schon mit den ersten beiden Folgen dieser Serie beschäftigt haben, wird aufgefallen sein, dass sie vieles nun inzwischen schon kennen und doppelt lesen. Das liegt jedoch nur zum Teil an der Faulheit des Autors sich wieder etwas Neues auszudenken, sondern hauptsächlich daran, dass die verschiedenen Systeme gar nicht so unterschiedlich sind. Die Hersteller versuchen ihr eigenes Produkt natürlich offensiv als das bessere darzustellen. Dennoch darf man es auch einmal frech beim Namen nennen; letztendlich sollen alle Systeme nur Audio, dessen Qualität sie nicht mitbestimmen, in möglichst großer Menge und so schnell wie möglich von A nach B und C transportieren. Die Grundlagen einer solchen Übertragung sind per se reine IT-Themen und in der Welt der Computer sind Netzwerke weitestgehend ausgereift. Die Standards werden von Organisationen bestimmt, die einen viel größeren Verantwortungsbereich überspannen, als es jede Audiofachgruppe jemals können und sollen wird. Und wie sehr sich die bestimmenden Konzerne und Standards der Welt um Audio kümmern, wenn es um Geld geht, haben wir alle am Beispiel der Funkmikrofone erlebt. Letztendlich sind wir darauf angewiesen, dass die zu Grunde liegenden Standards – auch – Audio können. Wir haben mit der Netzwerktechnik unseren Einflussbereich verlassen und versuchen nun das ‚zu Hause Gelernte‘ auf der Straße zu verteidigen. Eine AES konnte in der Vergangenheit einen Audiostandard wie AES₃ (AES/EBU) bestimmen und für uns alle weitestgehend perfektionieren. Im Falle von X192 sieht man glücklicherweise davon ab, einen eigenen Standard zu etablieren, schafft stattdessen einen ‚Rahmenvertrag‘ minimaler Anforderungen an bestehende Protokolle. Die Erstellung von Stan-

dards aus dem eigenen Dunstkreis würde die Welt eher kalt lassen. Die einzige Chance kann es sein, im großen Stil einzuwirken, beispielsweise auch bei der Endspezifikation von AVB. Und genau an dieser Stelle müssen die Mechanismen in unserer Branche greifen und sich schnell auf die Gemeinsamkeiten einigen. Letztendlich haben wir in den letzten Jahren festgestellt, dass die Technologie PCM zu Ende entwickelt ist. Es gibt alles, nur noch nicht von Jedem. Diese Einsicht bringt uns im ersten Moment in eine seltsame Depression. Wenn man jedoch rational weiterdenkt und analysiert, dann fällt auf, wo es hin geht. Audio wird global und das ist die Herausforderung der Zukunft. Die Qualität von 192 kHz Audio schert außerhalb unserer kleinen Welt Niemanden. Fällt der Ton beim Champions League Endspiel (was für ein Spiel!) jedoch aus, dann wird das wirkliche Problem deutlich. Wir müssen mitgehen und unsere Technologien schneller machen. Schneller im Sinne von Konfigurierbarkeit und -geschwindigkeit, Bedienbarkeit, Stabilität, Verteilbarkeit. Audio ist, spätestens seit es das Kino gibt, ein Randprodukt. Wir gehen nicht voran, wir werden an die Hand genommen und mitgeschleppt. Aber wehe, wir fehlen. Netzwerkaudio ist der richtige und entscheidende Schritt. Wir müssen damit leben, in Zukunft nicht mehr das Privileg zu bekommen, dicke Strippen durch Wandbohrungen, Steckfelder und zur Not verkeilte Türen legen zu dürfen. Es wird schlicht nicht mehr akzeptiert werden, denn ein Handy kann ‚schließlich auch per Bluetooth streamen‘... Aber nur wenn sich unsere Standards verstehen, dann können wir damit auch an der Hand der anderen mitgenommen werden, ohne auf der halben Strecke in einem Netzwerkschicht verloren zu gehen.



Die generelle Struktur von Ravenna entspricht der eines normalen IP-Netzwerks

den verschiedene Ravenna über ein WAN (Wide Area Network) zusammengeschaltet, so ist dies mit GPS-synchronisierten Grandmasters in beiden Subnetzen möglich. Innerhalb des Ravenna-Netzes können mehrere Backups des Grandmasters zur Verfügung stehen, die im Falle eines Ausfalls die Synchronisation sofort neu verteilen. Der Ausfall des Grandmaster unterbricht den Datenstrom nicht, da die Takte immer aus dem Generator des Node selbst kommen. Damit kann Ravenna helfen, eines der leider am häufigsten wiederkehrenden Probleme zu lösen.

Viele Systeme sind falsch getaktet und verursachen so Störungen, die dem Anwender nur sporadisch auffallen oder einfach nur ein ‚schlechtes Gefühl‘ verursachen. Es gilt, dass in einem digitalen Verbund immer alle Geräte einem Taktgeber folgen müssen. Die häufigsten Fehler liegen darin, dass Geräte nicht als Taktfolger (Slaves) konfiguriert wurden und so, ohne dass der Anwender sich dessen bewusst ist, auf dem internen Takt laufen. Je ähnlicher der Takt des einge-

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

henden Synchronisationssignals zu der internen Taktung ist, desto seltener kommt es zu einer Störung. Manchmal knackst es nur zwei bis drei Mal am Tag und wenn man darauf wartet, passiert sehr lange gar nichts. Da Ravenna allein aushandelt, welches Gerät den sogenannten Grandmaster stellt (selbstverständlich hat der Anwender darauf Einfluss), kann es hier nicht zu Fehlbedienungen kommen. Innerhalb eines Ravenna Netzwerkes können verschiedene Abtastraten und dementsprechend auch Taktfrequenzen verteilt werden. Natürlich müssen Sender und Empfänger mit demselben Grandmaster synchronisiert sein und auf der gleichen Abtastrate laufen. Mikrofon A kann jedoch problemlos mit 48 kHz an Mischpult B senden, während ein Netzwerkplayer C mit 96 kHz an eine Workstation D streamt. Es ist ebenso möglich, mehrere Datenstreams mit gleicher Abtastrate, aber unterschiedlichen Grandmasters, zu nutzen. Das System verhält sich in diesem Punkt also so, als seien mehrere Ravenna-Netze auf der gleichen Hardware aufgesetzt. Entscheidend ist letztendlich nur, dass Nodes mit zueinander etablierten Datenverbindungen auch auf den gleichen Grandmaster synchronisiert sind.

Dienstgüte & Fremdnutzung des Netzwerks

Da sich Ravenna auf der Hardwareseite komplett auf Standard-Netzwerkkomponenten aufsetzt, ist es naheliegend, über eine gemeinsame Übertragung von verschiedenen Netzwerkprotokollen nachzudenken. Die Daten in Netzwerken auf dem oder oberhalb des IP-Layers, können prinzipiell problemlos koexistieren. Da in einem unverwalteten Netzwerk jedoch immer das Prinzip gilt, ‚wer zuerst kommt, mahlt zuerst‘, kann die rechtzeitige Übertragung der echtzeitkritischen Ravenna-Daten nicht garantiert werden. Zwingende Voraussetzung ist daher ein Dienstgütemanagement, die sogenannte ‚Quality of Service‘ (QoS). Das für Ravenna genutzte System nennt sich ‚Diff-Serv‘ (engl. Differentiated Services). Es kann jedem Datenpaket eine von 64 möglichen Klassifizierungen zuweisen.

Für jede Klasse kann nun das Verhalten pro Weiterleitung (engl. Per-hop-behaviour, PHB) bestimmt werden. Ein Beispiel verdeutlicht dieses System. Ein Ravenna-Node sendet seine Daten mit der DiffServ-Klassifizierung 5 an einen Switch. Gleichzeitig erreicht ein Datenpaket aus dem Internet den Router und wird ebenfalls auf den Switch gesendet. Dem Internetpaket wurde automatisch die Klassifizierung 0 zugewiesen. Der Switch entscheidet nun, dass das Paket mit Klasse 5 zuerst weitergeleitet wird. Das Paket 0 muss so lange warten, bis alle höher priorisierten Pakete durchgereicht wurden. Eine höhere Klassifizierungsnummer bedeutet dabei nicht, dass die Priorität auch automatisch höher ist. Letztere wird frei nach den PHB-Einstellungen bewertet. Einzig der Wert 0 ist fest auf das Prinzip ‚Best Effort‘ festgelegt. Die Pakete bekommen also nur Netzwerkkapazität zugewiesen, wenn die höheren Prioritäten abgearbeitet sind. Innerhalb von Ravenna genießen Synchronisationsdaten die höchste Priorität, gefolgt von Paketdaten mit Medieninhalten. Erst darunter werden Steuerungsdaten und ‚externer‘ Datenverkehr priorisiert.

Datenübertragung & Routing

Die eigentliche Übertragung von Nutzdaten erfolgt auf verschiedenen Ebenen. Innerhalb Ravenna wird hierfür das Real-Time Transport Protocol (RTP) genutzt, welches seine Daten in UDP-Paketen versendet. Allerdings ist es damit nicht getan. Der Ablauf einer solchen Verbindung ist mit dem Aufruf einer Website vergleichbar. Durch die Eingabe der Webadresse wird über das sogenannte HTTP-Protokoll eine Anfrage an den Zielservers gesendet und eine Verbindung etabliert (eine Session gestartet). Durch diese Verbindung sendet der Server nun die angeforderten Daten, meist in Form von TCP-Paketen, zurück. Ist die Übertragung abgeschlossen, so beendet HTTP die Serververbindung. Klickt man auf der Website auf einen Link, so läuft dieser Prozess von vorn los. In unserem Audionetzwerk übernimmt das sogenannte Real-Time Streaming Protocol (RTSP) die Organisation des Datentransports, etabliert die Transportverbindung zwischen Sender und Empfän-



Viele Hersteller bieten inzwischen Ravenna als Optionskarte oder feste Schnittstelle an. Das Foto zeigt das Producer.com von DirectOut Technologies (Foto: DirectOut Technologies)

Latenzen und Systemlast

Bytes per sample		4		MTU-RTP		1460		Freq		48000	
Frames per packet		1	8	16	32	64	128	256			
Latency ms		0,02	0,17	0,33	0,67	1,33	2,67	5,33			
Packet size in bytes											
Channels per frame	1	4	32	64	128	256	512	1024			
	2	8	64	128	256	512	1024	2048			
	3	12	96	192	384	768	1536	3072			
	4	16	128	256	512	1024	2048	4096			
	5	20	160	320	640	1280	2560	5120			
	6	24	192	384	768	1536	3072	6144			
	7	28	224	448	896	1792	3584	7168			
	512	2048	16384	32768	65536	131072	262144	524288			
Bandwidth in Mbit/s											
Channels per frame	1	33,02	5,47	3,50	2,52	2,03	1,78	1,66			
	2	34,56	7,01	5,04	4,06	3,56	3,32	3,20			
	3	36,10	8,54	6,58	5,59	5,10	4,85	4,73			
	4	37,63	10,08	8,11	7,13	6,64	6,39	6,27			
	5	39,17	11,62	9,65	8,66	8,17	7,93	7,80			
	6	40,70	13,15	11,18	10,20	9,71	9,46	9,34			
	7	42,24	14,69	12,72	11,74	11,24	11,00	10,88			
	512	817,92	790,37	788,40	787,42	786,92	786,68	786,56			
Streams per Link											
Channels per frame	1	27	164	256	357	443	505	542			
	2	26	128	178	221	252	271	281			
	3	24	105	136	160	176	185	190			
	4	23	89	110	126	135	140	143			
	5	22	77	93	103	110	113	115			
	6	22	68	80	88	92	95	96			
	7	21	61	70	76	80	81	82			
	512	1	1	1	1	1	1	1			
Speed		1000		max. Load %		90					

Diese etwas komplexe Abbildung illustriert die Belastungen des Systems unter verschiedenen Konfigurationen. Der oberste Block illustriert die Paketgröße in Byte unter Berücksichtigung der maximalen Paketgröße (Maximum Transmission Unit für RTP-Pakete, MTU-RTP) bei verschiedenen Variationen von Sampleanzahl (Frames) und Kanalzahl (Channels). Der zweite Block illustriert die genutzte Bandbreite. Es wird hier sehr deutlich, dass sich der Protokoll-overhead, also der häufige Versand von redundanten Nicht-Nutzlast-Daten, bei kleinen Paketen extrem auf die Bandbreite auswirkt. Geringe Latenzen kosten Bandbreite. Der unterste Block illustriert die mögliche Anzahl Streams pro physikalischer Verbindung (Link).

ger, verwaltet Rückmeldungen beider Seiten und verhandelt und garantiert die QoS. RTSP übernimmt bei Ravenna also die gleiche Rolle wie HTTP im World Wide Web. Der Hauptunterschied (neben dem Datenformat) beider Protokolle liegt in der Länge der Übertragung. Bei einem Web-

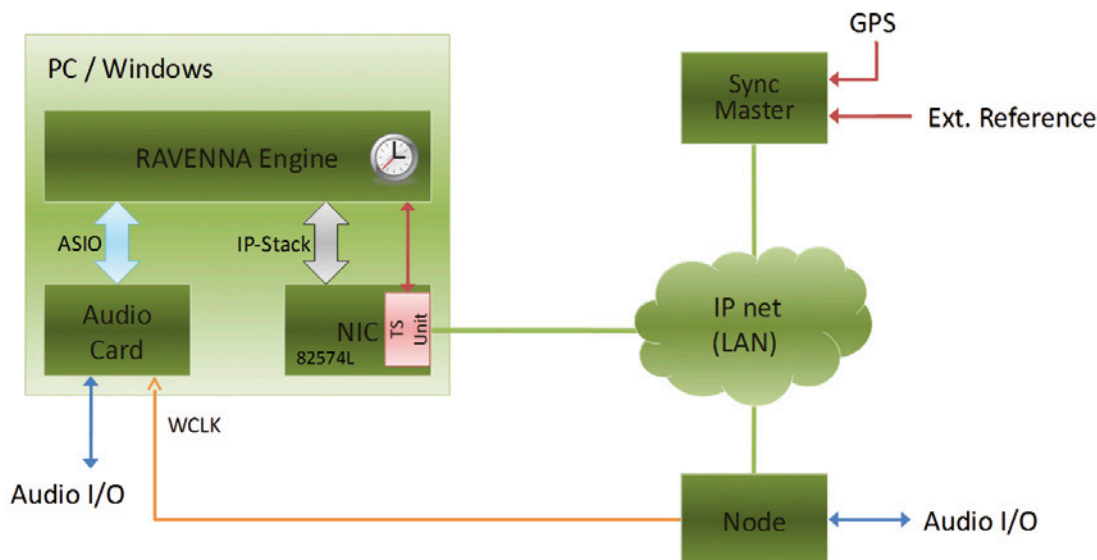
siteabruf wird die Session nach der Übertragung, spätestens aber beim Schließen der Browserseite beendet. Der etablierte Audiostream bleibt so lange bestehen, wie es das Routing verlangt. Die Session wird also nach dem Einschalten des Systems gestartet, bei Unterbrechungen so-

Grace Design m905



- Analoge Inputs: Symmetrisch, Unsymmetrisch, CueLoop und TalkbackMic
- Digitale Inputs: 2x AES3, S/PDIF, TOSLINK und ADAT (wählbar zwischen 4 Paaren, oder 2 Paaren in sMUX)
- USB Input (asynchron, usb-class2), unterstützt bis zu 24bit/192kHz
- Mastering Grade D/A-Konverter mit konfigurierbarem de-emphasis filtering
- 3 konfigurierbare Stereo Outputs, davon 2 Outputs wahlweise als 2.1 konfigurierbar
- s-Lock dual-stage PLL (Phase Lock Loop) für extrem geringe Jitterwerte
- Referenz Kopfhörerverstärker mit sowohl einem Ausgang auf der Remote, als auch einen weiteren am Mainframe-Rack (faktisch ein integrierter Grace Design m903)
- Fünf Jahre Herstellergarantie

Grace Design m905 - High End Stereo Monitorcontroller für alle Formate mit Fernbedienung



Wird ein Computer mit Soundkarte als Ravenna-Node genutzt, so muss die Karte über Wordclock oder eine andere Taktleitung mit dem Netzwerktakt synchronisiert werden

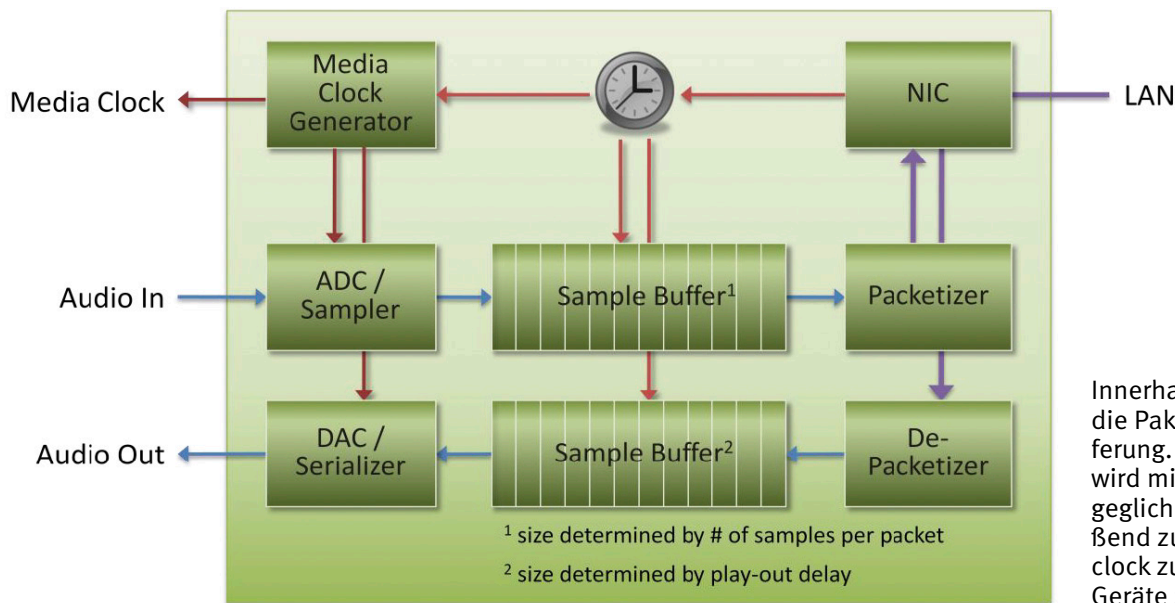
fort neu etabliert und nur geschlossen, wenn das Routing neue Quellen und/oder Ziele definiert. Das RTP-System kennt Verbindungen sowohl nach Unicast-Prinzip, also der direkten Verbindung zwischen einem Sender und einem Empfänger, als auch als Multicast. Soll ein Stream zu mehreren verschiedenen Senken gesendet werden, so muss er prinzipbedingt mehrfach gesendet werden. An dieses Problem stoßen zum Beispiel Webradios, deren Netzwerk- oder Serverlast an der Anzahl der Zuhörer hängt. Bei einer größeren Anzahl Abnehmer kann die Verteilung jedoch auch an einen Netzwerkknotenpunkt (Switch) übergeben werden, so dass die direkte Last auf der Schnittstelle des Senders überschaubar bleibt. Der Switch übernimmt die Kopie und Neuadressierung der Pakete. Tatsächlich spielt auch HTTP selbst eine Rolle innerhalb von Ravenna. Hiermit können Datenverbindungen zur Steuerung der verschiedenen Nodes etabliert werden. So ist es zum Beispiel denkbar, die Steuerung eines Gerätes mit Hilfe eines Webbrowsers direkt über Ravenna zu übernehmen. Auch Bedienoberflächen können ihre Datenverbindungen mit HTTP etablieren oder alternativ zum Beispiel mit dem Ember-Protokoll übertragen. Auf diese Weise lassen sich auch Automations- und Steuerungsdaten direkt mit an den jeweiligen Node übertragen und Ravenna wird vom Audionetzwerk zum komplexen System.

Damit eine Datenübertragung im Netzwerk überhaupt möglich ist, müssen alle angeschlossenen Nodes mit einer gültigen IP-Adresse versehen sein. Die Konfiguration eines solchen Systems kann mit steigender Anzahl Nodes sehr komplex werden. Letztendlich müssen große Netzwerke von IT-Personal verwaltet werden und nicht von Toningenieurern. Allerdings arbeitet auch Ravenna mit verschiedenen Hilfeprotokollen, die die Konfigurati-

on zumindest in kleinen und mittleren Systemen deutlich erleichtern. Die hierfür bekannteste Technologie hört auf den Namen DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Sie sorgt dafür, dass alle angeschlossenen Nodes ihre IP-Adresse automatisch von einem Hostcontroller zugewiesen bekommen. DHCP ist den meisten Anwendern eines WLAN ein bekannter Begriff. Die Vergabe der IP-Adressen ist natürlich nur der erste Schritt, denn darüber hinaus müssen sich die Nodes untereinander kennen, um zu wissen, welche Verbindungen sie wohin etablieren können. Hierfür wurde das Schlagwort ‚Zeroconf‘, also etwa ‚konfigurationsfrei‘, eingeführt. Tatsächlich kann Zeroconf ein kleineres, abgeschlossenes Netzwerk fertig konfigurieren. Nachdem die Geräte ihre Adressen erhalten haben, melden sie ihre Dienste im Netz an und registrieren alle beteiligten Nodes. Der verbleibende Verwaltungsaufwand ist wiederum leicht von einem engagierten Toningenieur zu erfüllen. Apples Bonjour stellt die gleiche Funktion bereit.

Redundanz

Ravenna bietet an den meisten Interfaces einen doppelten Netzwerkanschluss an. Die beiden Buchsen laufen im Dateninhalt völlig parallel. Das bedeutet, dass zwei vollständig unabhängige Netzwerke mit der gleichen Struktur aufgebaut werden können. Durch doppelte Switches und Verkabelung ist das Ausfallrisiko ähnlich stark reduziert, wie bei konventionellen Redundanzlösungen. Hinzu kommt die implizite Redundanz eines größeren Netzwerkes, innerhalb dessen automatisch eine Alternativroute gesucht wird, sobald es eine ‚Streckensperrung‘ gibt. Wenn die Datenübertragung in einem der beiden



Innerhalb des Nodes erfolgt die Paketverwaltung und -pufferung. Die interne Taktquelle wird mit dem Grandmaster abgeglichen und steht anschließend zum Beispiel als Wordclock zur Anbindung externer Geräte zur Verfügung

Netzwerke nicht mehr gewährleistet werden kann oder die eingehenden Daten beschädigt sind, schaltet das System völlig unterbrechungsfrei auf die andere Schnittstelle um.

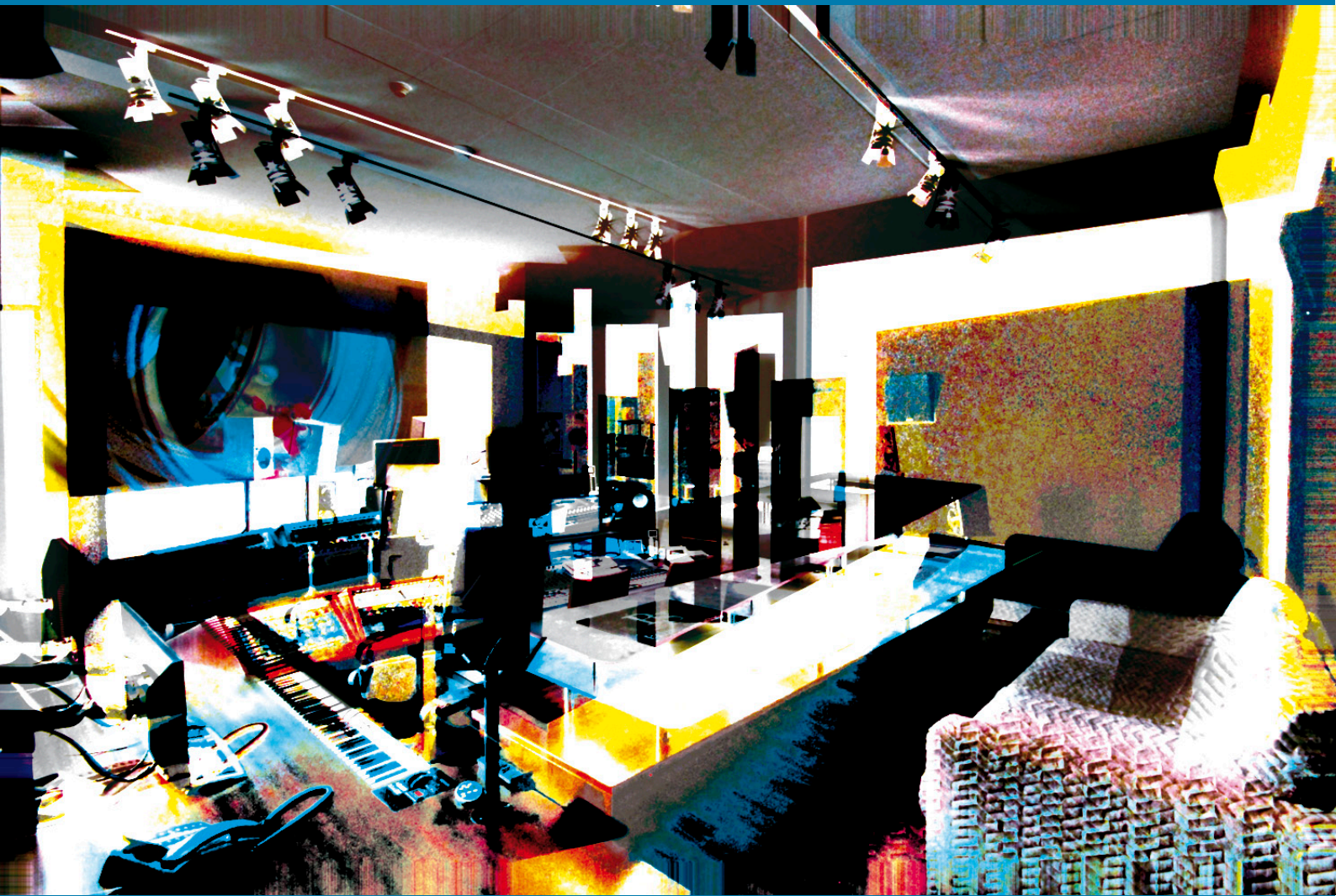
Ravenna Virtual Sound Card

Die Ravenna Virtual Sound Card (RVSC) wird in Kürze in zwei verschiedenen Varianten vorgestellt. Sie erlaubt es einem Computer, über den Netzwerkanschluss direkt mit einem Ravenna zu kommunizieren. Dadurch kann ein Laptop zum Beispiel als Mehrspurrecorder genutzt werden, ohne dass ein separates Audiointerface benötigt wird. Die beiden Varianten unterscheiden sich im Funktionsumfang. Eine frei verfügbare Version unterstützt zwei WDM-Wiedergabedevices und ein Aufnahmegerät. Alle drei Devices sind dabei parallel nutzbar. Darüber hinaus bietet die ‚professionelle‘ Version der RVSC eine unbegrenzte Anzahl Devices an, wobei die tatsächlich nutzbare Zahl natürlich durch die Leistungsfähigkeit des PCs begrenzt wird. Laut ALC Network werden jedoch je acht Aufnahme- und Wiedergabedevices kein Problem darstellen. Ein WDM Device unterstützt bis zu acht Kanäle, wodurch sich also eine Leistungsfähigkeit von mindestens je 64 Ein- und Ausgängen ergibt. Die professionelle Variante der RVSC ist nicht frei verfügbar, sondern kann über entsprechende Ravenna-Partner erworben werden. Voraussetzung für die Funktionalität der RVSC ist allerdings, dass der verwendete Netzwerkchip das Precision Time Protocol unterstützt. Dies ist zum Beispiel beim Intel 82574L der Fall. Ebenfalls in der Testphase befindet sich der relativ weit verbreitete Intel i350. Eine universelle Lösung für jeden Netzwerkchip, auch ohne PTP-Funktionalität,

befindet sich in der Entwicklung, wird jedoch nicht vor 2014 veröffentlicht. Die mit einer RVSC und PTP-fähigem Netzwerkchip erreichbaren Latenzen liegen unter 20 ms, wobei in Versuchsreihen sogar Werte unter 10 ms erreicht werden konnten. Auch eine ASIO-Version der RVSC befindet sich bereits in der Testphase.

X192 & AVB

Bei X192 handelt es sich um ein Projekt der AES, verschiedene Netzwerksysteme auf ihre gemeinsamen Nenner herunter zu brechen und dadurch eine gewisse Kompatibilität zu garantieren. Dabei geht es nicht darum eine neue Lösung zu finden, sondern die bestehenden Systeme miteinander zu verbinden. In der dazu gehörigen Arbeitsgruppe sind Vertreter verschiedener Netzwerksystemhersteller organisiert. Das Ergebnis, also die Etablierung eines AES-Standards, wird zum Ende des Jahres 2013 erwartet. Ravenna wird X192 nahezu vollständig unterstützen. Bereits in der Standardkonfiguration sind die meisten Forderungen aus X192 implizit erfüllt. Darüber hinaus soll es ein gesondertes X192 Profil innerhalb des Ravennanetzes geben, welches die vollständige Kompatibilität sichert. Funktionalitätsnachteile sollen sich dadurch nicht ergeben. Die Kompatibilität zum sogenannten Audio-Video-Bridging, AVB ist hingegen ein komplexeres Thema. AVB setzt mit seinem Protokoll eine Ebene unterhalb Ravennas, auf dem zweiten Netzwerk-Layer, auf und erfordert spezielle Hardwarelösungen bei der Netzwerkinfrastruktur. Damit ist es prinzipiell erst einmal nicht zu Ravenna kompatibel. Über Möglichkeiten der Übersetzung oder Anbindung, wird in einem separaten AVB-Artikel eingegangen werden.



CHRISTOPH WAX, GESCHÄFTSFÜHRER DER SDI GMBH MÜNCHEN

Operation Postproduction

GEDANKEN ZUR PLANUNG UND STRUKTUR EINES A/V-
POSTPRODUCTION-STUDIOPERIETS AUS DER SICHT
DER TONBEARBEITUNG

„Planung ersetzt Zufall durch Irrtum“. Natürlich kann man mit dieser Art von Humor schnell den Glauben an die Notwendigkeit eines Projektplaners verlieren, doch sieht die Realität ganz anders aus. Mit einer vernünftigen Planung spart man Zeit und Geld, und zwar mehr als die Planung kostet. Da gibt es keine Ausnahme. Die Errichtung eines Audio/Video-Studios ist je nach Projektgröße eine große, Herausforderung, der im Normalfall kein Bauherr im Alleingang gewachsen wäre. Die Übersicht über eine Vielzahl von technischen, konstruktiven und strukturellen Details zu behalten, die Kosten zu kontrollieren und die Bauüberwachung bis zum Projektschluss konsequent durchzuführen, lenkt von der wesentlichen Aufgabe des Studiobetreibers ab, nämlich während der Bauphase bereits Geld zu verdienen und den vorhandenen Kundenstamm unvermindert aufmerksam zu betreuen.

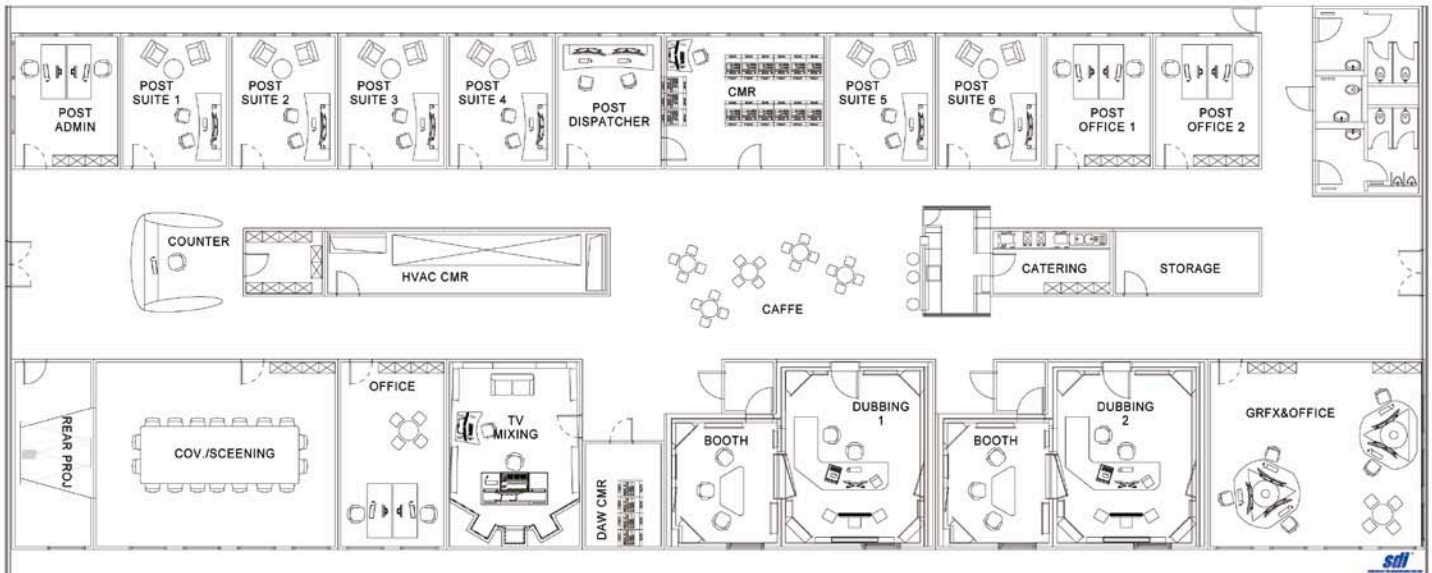
Wenn man im günstigen Fall Gelegenheit bekommt, mit einem Studiobetreiber über eine Planung zu sprechen, muss man zunächst einmal aufmerksam zuhören, denn wenn ein Planer nicht zuhört, wird er nichts begreifen. Die Aufgabe des Planers ist, zunächst herauszufinden, wem er zuhören und welchen Details er Aufmerksamkeit schenken soll. Der Bauherr und sein Team präzisieren im Normalfall die bisherigen Erfahrungen im bestehenden Arbeitsumfeld. Die Wünsche und Vorstellungen auf der Basis des Businessplans und der Abgrenzung des Geschäftsfeldes äußert er meistens nur zähhaft, weil er Angst vor den Kosten hat. Das ist zu kurz gedacht, denn dadurch schränkt er das Projekt in der wichtigsten Phase überhaupt unbewusst ein. Er hat die Befürchtung, dass bereits im Stadium der Grundlagenermittlung, in der wichtige Weichen gestellt werden, das Projekt durch den Planer grenzenlos ‚aufgeblasen‘ wird, obwohl er eigentlich eine klare Zielvorstellung hat. Die Aufgabe des Planers ist es, die Sichtweite zu öffnen und aufzuzeigen, dass der bisherige Weg vielleicht zu viel Energie und Ressourcen verbraucht hat. Im späteren Verlauf sind Fehlentscheidungen selten reversibel. Der Planer nimmt im ersten Gespräch die Art und Form der Geschäftsprozesse auf. Seine Aufgabe ist es herauszufinden, womit der Kunde sein Geld verdient und welche Bereiche hinzukommen werden. Die Qualität eines Planungsbüros wird nicht nur durch technische Kompetenz, sondern auch im Wesentlichen durch die Fähigkeit, neue Impulse aus den Erfahrungen in bisherigen Projekten mit in das Projekt hineinzutragen. Der erste Ansatz ist in allen Fällen die Zusammenführung aller Ressourcen wesentlicher Arbeitsprozesse. Dabei interessieren zum Beispiel Details über die Anzahl der DSP-Kanäle eines Mischpultes oder der Workstation erst einmal überhaupt nicht. Diese Art der Empfehlung oder Auswahl gehört zum Handwerk und kann daher auch zu einem späteren Zeitpunkt behandelt werden. Die wesentliche Frage lautet zunächst, wie ich die gesamten Arbeitsprozesse eines Studios auf eine kleine Kiste, also zum Beispiel auf einen Geräteschrank zusammenschumpfen kann. Dabei ist die Überlegung eminent, auf welche Weise man mit einem Gerät mehrere Arbeitsschritte abdecken kann. In diesem Zusammenhang fallen Stichworte wie ‚zentrale Archivverwaltung‘, ‚automatisierte Arbeitsabläufe‘ oder ‚Software-Lizenzverwaltung‘. In einem größeren Studioverbund kommen wir dann meist sehr schnell zum Begriff des ‚Dispatchers‘ oder Transferbereiches, das bedeutet, einem zentralen Arbeitsbereich, in dem alle Arbeiten abgewickelt werden können, für die man keine ‚ruhige‘ Arbeitsumgebung benötigt – eine Arbeitsumgebung, die den täglichen Anforderungen dynamisch an-

Christoph Wax ist Geschäftsführer und Leiter der Planungs- und Systemabteilung der SDI GmbH in München. Die SDI ist ein Systemhaus für die Projektentwicklung, Planung und Realisierung von Produktions- und Sendestudios, sowie medientechnischen Einrichtungen im privatwirtschaftlichen und öffentlichen Bereich.



gepasst werden kann. Auch ergonomische Aspekte spielen eine Rolle. Wenn ich beispielsweise O-Ton einspielen will, dann muss ich das nicht an einem teuren Arbeitsplatz mit hochwertiger Abhörsituation tun. Ein anderes Beispiel: Viele Anwender sind der Meinung, sie bräuchten unbedingt eine HD-MAZ um nach außen kompatibel zu sein. Unter Umständen kann man die Bilddaten aber auch auf Datenträger oder per DFÜ bekommen und es reicht ein Schnittsystem, obwohl darauf möglicherweise gar nicht geschnitten, sondern lediglich die Daten-Kompatibilität hergestellt werden muss.

Bei der Grundlagenermittlung ist natürlich wichtig, ob das Gebäude und/oder die technische Umgebung neu gebaut werden soll oder ob man darüber spricht, in einem bestehenden Gebäude und Umfeld neue Arbeitssituationen und Strukturen zu schaffen. Bei einem Neubau steht die Erstellung eines Raumnutzungskonzeptes an erster Stelle, ausgehend von der Zahl der Mitarbeiter und der Menge und Form der Arbeitsprozesse. Was muss zeitgleich mit einer entsprechenden Entwicklungsreserve bewältigt werden? Welchen Einfluss haben die angrenzenden Geschäftsbereiche auf das Grundlagenkonzept? Ein Beispiel: Denkt man etwa in Richtung ‚Digital Cinema‘, ist die klassische Mehrkanalton-Kodierung schon bald passé. Wenn man dann nur noch Trackfiles mit einem DC-Mastering-System zusammenfügt, entsteht nach dem Mischprozess Zeit, die man für Auskopplungen und Versionsverarbeitung verwenden kann. Dazu braucht man ein Mischatelier und den zentralen Maschinenraum nicht, sondern nur einen Transferarbeitsplatz mit einem guten Abhörsystem und einer kleinen Konsole, die auf das Datenarchiv zugreift, um die benötigten Auswertungen der Mischung durchzuführen. Bei der Neugestaltung ‚alter‘ Strukturen zergliedern sich Ar-



Raumnutzungsplan für einen A/V-Produktionskomplex vor der Weitergabe an den Architekten

beitsplätze in kleinere Schritte, das heißt hin zur zentralen Betriebstechnik unter der Maßgabe, dass jeder Host-Rechner mit jeder Software-Lizenz jederzeit an beliebigen Plätzen verfügbar sein muss. Das Gesamtkonzept stimmt dann, wenn das Studio kurzfristig auf geänderte Produktionsabläufe reagieren kann, ohne redundante Technik vorhalten zu müssen. Dabei helfen rechnergestützte Studio-technik und automatisierte Konsolenbeschaltung. Wichtig ist hierbei, dass technische Infrastruktur und das Verständnis dafür dem Bauherren und seinem Team im Rahmen der Grundlagenermittlung nachvollziehbar vorgestellt werden. Wenn das misslingt, wird auch kein Verständnis dafür zu finden sein, wenn ein erweiterter Arbeitsprozess später zusätzliches Geld kostet.

Vom Tonmeister zum Bildmeister...?

Wir erstellen Raumnutzungskonzepte auch für kleine Ein-Mann-Studios. Auch da zeichnen wir bis ins letzte Detail und maßstabgerecht bereits in der Phase der Vorplanung, wie das Studio unter technischen Gesichtspunkten später aussehen kann, bevor überhaupt der erste Reinentwurf entsteht. Dies ist ein wichtiger Unterschied zur Arbeit des Akustikers und Innenarchitekten, denn uns interessiert das Design zu diesem Zeitpunkt weniger. Wir halten als Planer den Menschen, seinen Arbeitsplatz und die Funktion im Fokus. Von dort aus planen wir die Technik um ihn herum. Wir stellen den Platzbedarf fest, wir ermitteln den Leistungsbedarf, erstellen Zugriffsdiagramme, Wärmelasttabellen und bestimmen den Lichtbedarf mit möglichst viel Tageslicht an den Arbeitsplätzen. Deshalb entstehen häufig Studiokonzepte, die sich um einen zentralen Technikbereich gruppieren, in dem Tageslicht von untergeordneter

Bedeutung ist. Im Bereich ‚Ton zum Bild‘ existieren in der Regel nur Nachbearbeitungsplätze und wenig Produktionsstudioräume. Ein völlig neuer Ansatz wurde von uns in den Prime Studios in Österreich entwickelt. Dort ist der kreative Produktionsprozess von Anfang an mit dem Bild verknüpft. In einem Mischatelier befindet sich daher nicht nur ein Ton-, sondern auch ein kompletter Bildbearbeitungsplatz. Es ist tatsächlich neu, dass in einem Raum Ton- und Bildbearbeitung parallel stattfinden können; Bildschnitt- und Tonbearbeitung erfolgen gleichzeitig. Das ist eine Anforderung, die sich auf dem Weg zur Entwicklung in Richtung digitales Kino herauskristallisiert. Oft sind die Zeit und das Budget nicht mehr da, den gesamten Tonbearbeitungsprozess dem fertigen Produkt ‚Bild‘ nachzulagern. Im Bereich der digitalen Filmproduktion spielen andere Prozesse eine bedeutendere Rolle. Man muss Tonelemente den Bildelementen noch genauer oder auch variabel angepasst angliedern können. Gerade bei Animationsfilmen und 3D Produktionen können und müssen in einer sehr späten Produktionsphase wesentliche Details veränderbar sein, so dass auch an Bildelemente angeheftete Tonelemente ‚online‘ beeinflusst werden können.

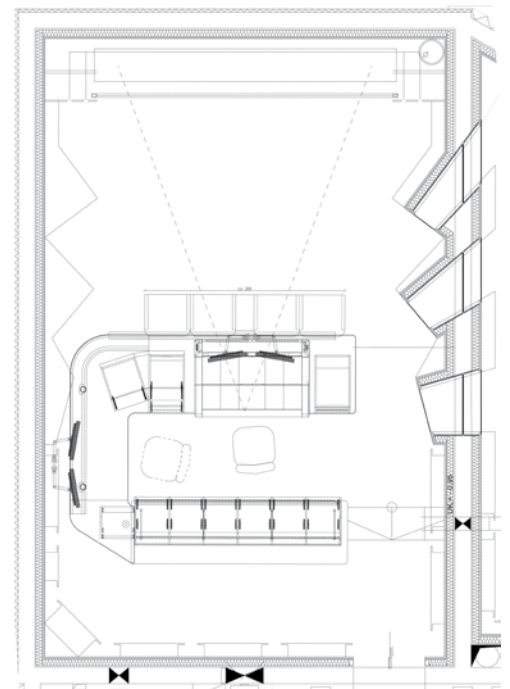
Auf der Technologieseite stellen sich außerhalb der Planungsarbeit für technische Einrichtungen auch Herausforderungen Brücken herzustellen, mit denen zum Beispiel zwischen einem Tonbearbeitungssystem und der Bildbearbeitung/Bildkomposition, Schnittstellen zur objektbezogenen Verknüpfung eingerichtet werden können. Das heißt, wir denken nicht mehr in Timecode- sondern in Video- und Audio-Objektdatenbank-Beziehungen. Eine sehr gute und mittel- bis großformatige Bilddarstellung ist erforderlich, da sonst wichtige Details des Bildes verloren gehen, beziehungsweise der Gesamteindruck nicht ausreichend deutlich

wahrgenommen werden kann und die Glaubwürdigkeit der Vertonungsarbeit darunter leidet. Der Tonmeister muss zu einem früheren Zeitpunkt in den Produktionsprozess eingreifen und die Tonproduktion ist nicht mehr so starr mit dem linearen Bild verkoppelt. Diesen Anforderungen muss man natürlich auch planerisch folgen. Wenn wir davon ausgehen, dass die technische Entwicklung tatsächlich steigende Anforderungen nach sich zieht, tun wir gut daran, in der Planung innovativ zu agieren, vielleicht auch die eine oder andere Möglichkeit zu berücksichtigen, die aktuell noch nicht benötigt wird.

Film- und TV-Mischung liegen inzwischen sehr nahe zusammen. Beide Bereiche arbeiten mehrkanalig, mit engem Bildbezug und vielschichtiger. Immer mehr Layer müssen gleichzeitig bearbeitet werden können. Das Muster der Vorgehensweise ist ähnlich gelagert: Vorproduzierte Effekte, Dialoge, O-Ton und Musik werden in der Mischung zusammengeführt. Ein deutlicher Unterschied liegt jedoch in der Spuren- und Kanalanzahl, der Eingriffsgenauigkeit und eben der Verwaltung einzelner Elemente, die bei der Filmmischung um den Faktor 3 höher ist. Es laufen in der Regel zwei oder drei DAW Systeme parallel mit bis zu 300 Spuren. Eines der drei Systeme ist bisweilen nur für die Sound Effekte zuständig und wird von einem Toningenieur separat bedient, während in der TV-Mischung das Zusammenführen vorgemischten Materials Alltag ist. Aber auch das ändert sich im Zuge der Einführung des digitalen Kinos und einer wachsenden Anzahl von Verbreitungskanälen. Die letzte Instanz der Auskopplungen und Auswertungen für Kino, Fernsehen, DVD und vieles mehr wird

in der bekannten Form verschwinden, da aus der Filmmischung heraus in detaillierter Tiefe beliebige andere Mischungen, mit sogar unterschiedlichen Elementen sofort abgeleitet werden können. Es können, je nach Lizenzlage, auch kürzere Fassungen unmittelbar ohne Filmnachbearbeitung erzeugt werden. Bisher mussten derartige Aufgaben in der Tonnachbearbeitung getrennt werden. Es ist durchaus vorstellbar, dass ein Tonmeister sich an ein HD-Schnittsystem setzt und die ‚Compilation‘ nach Vorgabe durchführt. Die Technologie erlaubt dies ohne Qualitätsverlust, zum Beispiel, um einen Spielfilm wegen Überlänge in zwei Episoden aufzuteilen, oder andere Auswertungen anzufertigen. Es geht dabei eigentlich nur noch um die Erfüllung urheberrechtlicher Belange und Vorgaben der Filmstudios. Die Kostenersparnis liegt in der Verlagerung vieler Arbeitsschritte von einer höheren in eine tiefere Bearbeitungsebene.

Ein A/V-Studio betrachte ich wie eine sehr gute Schreinerwerkstatt, in der hochwertige Maschinen eingesetzt werden. Man muss exakt wissen, wo diese Maschinen installiert werden müssen. Jede Maschine braucht einen Staubabzug, einen Leistungsanschluss, manchmal sogar Kühlung. Wenn dort Planungsfehler passieren, fallen sie zu einhundert Prozent auf den Planer zurück und es entstehen Kosten. Genauso ist es im Studiobereich auch. Wir kommen damit aus der Betrachtung des Geschäftsumfeldes in ganz andere Bereiche. Wenn der Bauherr Holz und Stoffe als Material bevorzugt, viel Platz haben und aus dem Fenster schauen möchte, oder lieber eine Graffiti-Wand und Kellerziegel sehen beziehungsweise im Ambien-



A/V-Produktionsregie für integrierte, zeitgleiche Bild- und Tonbearbeitung

te einer Bahnstufunterführung arbeiten möchte, muss der Planer auch diese Wünsche berücksichtigen, da er sich um die gesamte Gebäudetechnik kümmern muss. Dazu kommen die Elektrotechnik, Trassenführung, Beleuchtungs- und Gebäudeleittechnik. In vielen Fällen landet man auch bei einem kompletten architektonischen Grundkonzept eines Gebäudes, das wir dann an den Architekten und die Fachplaner für Statik und Akustik weitergeben. In der Vorplanung müssen all diese Aspekte zusammengeführt werden, damit der Bauherr und sein Team die Konzeptplanung verabschieden kann.

Zu teuer?

Mit dieser Frage beginnt die Konsolidierung des Konzepts nach unten. Aber es war gut, dass man darüber gesprochen hat, denn lieber lässt man dann einen oder mehrere Räume je nach Größe des Studios weg, als dass man an dem Grundkonzept etwas verändern würde. Im Falle eines größeren Produktionshauses, das sich gerade in Berlin in der Fertigstellung befindet, war es tatsächlich so, dass wir einen Arbeitsbereich einfach haben leer stehen lassen. Die Anschluss technik ist jedoch vorhanden, so dass dort sehr kurzfristig im Plug & Play-Verfahren Arbeitsplätze eingerichtet werden können. Wir wussten im Abschluss der Ausführungsplanung nicht, in welche Richtung das gehen würde. Auch ein Studio mit einem schlüssigen Gesamtkonzept kann nicht vorhersagen, welche Aufträge im nächsten Jahr hereinkommen werden. Werden es beispielsweise mehr Voice-Over- oder mehr SFX-Aufträge sein, oder kommen komplette Produktionen auf das Studio zu? Mittlerweile hat sich herausgestellt, dass im genannten Fall die komplette Produktionskette abgebildet werden muss. Es kommen die Rollen ins Haus, es müssen der Rohschnitt und der HD-Schnitt, das Colour Grading und die komplette Vertonung und Mischung ausgeführt werden, bis hin zur Ausbelichtung des Films und des finalen DCDMs (Digital Cinema Distribution Master). Zusätzliche Arbeitsplätze können an die zentrale Betriebstechnik in kürzester Zeit angeschlossen werden. Hier spielt der Aspekt der Anmietung von Geräten und kompletter Systeme eine wichtige Rolle. Warum soll man kostspielige Arbeitsplätze kaufen, wenn man sie zielgerichtet für eine Produktion mieten kann? Die Planung muss diese Art der Projektabwicklung im Vorfeld berücksichtigen.

Das Problem bei allen Planungsanstrengungen ist, dass der Bauherr diese Gedankengänge oft nicht nachvollziehen kann. Für ihn stehen in erster Linie die aktuelle Tagesarbeit und die Kosten im Vordergrund. Vieles kann doch

auch zu einem späteren Zeitpunkt eingerichtet werden? Wir können aber eindeutig den Nachweis führen, dass im Bereich der Infrastruktur ‚später‘ automatisch auch ‚teurer‘ bedeutet. Meist wird bei Nachrüstungen durch andere Anbieter auch die schlüssige Planung verlassen, was bisweilen oft zum ‚Verschliff‘ des eigentlichen Konzeptes führt und unnötige Zusatzinvestitionen nach sich zieht. Wir versuchen unsere Erfahrung einzubringen und setzen daher alles daran, den Bauherrn zu überzeugen, dass eine durchgängige Planung Vorteile auf der ganzen Linie bietet. Der Kunde, der ursprünglich ganz genau wusste, was er will, findet sich spätestens zum Abschluss der Vorplanungsphase in einer völlig neuen Umgebung wieder. Er bekommt immer noch alles, was er sich vorgestellt hat, dies aber in einem durchgängig geplanten Gesamtkonzept, das alle technologischen, architektonischen, strukturellen und ergonomischen Überlegungen beinhaltet, aber eben kostenoptimiert.

Und jetzt?

Wenn die Vorplanung abgeschlossen ist, die sich in der Regel durch einen dicken Stapel Papier ausdrückt, liegen auch schon eine detaillierte Kostenschätzung und ein Raumnutzungskonzept vor das direkt angewendet werden kann. Unterlegt ist eine solche Dokumentation durch Ansichtsbeispiele, Übersichtspläne, Grundriss im 1:50 Maßstab, Gerätelisten und Zahlen. Energie wird immer teurer, sowohl Heizen im Winter als auch Kühlen im Sommer. Allein durch eine sinnvolle Anordnung der Räume lässt sich sehr viel Energie sparen. Wenn man alle Wärme emittierenden Geräte zentral anordnet, kann man im Winter damit zurückheizen. Sehr oft hilft es, dem Bauherrn die einzelnen Arbeitsbereiche als verschiebbare Papiermodule zur Verfügung zu stellen, damit er auch selbst Vorstellungen des Raumnutzungskonzeptes verändern oder nachvollziehen kann. Das ist der Moment, der eine Pause erfordert. Der Bauherr stimmt sich dann mit seinem Team und seiner Bank ab. Wenn die Vorplanung maßstabgerecht und sehr detailliert ist, so wie wir es im Planungsteam stets handhaben, kann man die Phase der Entwurfsplanung überspringen. Anders hat es keinen Sinn, da die Ergebnisse sehr schnell konkret werden müssen. Vielleicht lenken diese Ausführungen etwas sehr weit von der Studioteknik ab, wir kommen aber sehr schnell wieder auf den Punkt. Nach der Vorplanungsphase geben wir die meisten Gewerke an die Fachplaner ab, die im Rahmen der Vorgaben ihre Arbeit tun müssen. Für mich ist dieser Moment immer spannend, denn dann kommen die Einwände, was warum

in der vorgegebenen Form angeblich nicht geht. Der Kostendeckel weist den Fachplaner meistens schnell in seine Schranken, aber gute Innenarchitektur und Studio Design müssen nicht zwangsläufig große Geldsummen verschlingen. Unser Interesse ist natürlich, dass möglichst viel Budget für jene Investitionen übrigbleibt, mit denen der Studiobetreiber tatsächlich auch Geld verdienen wird. Bei größeren Projekten folgt nun die Genehmigungsplanung, die Brandschutzkonzepte und Arbeitsstätten-Verordnungen einbezieht. Oft geht es dabei um Details wie Türdrehrichtungen oder die Ausführung von Fluren und Zugängen sowie Meldeeinrichtungen. Spätestens, wenn alle Punkte erfüllt sind, steht das Konzept und die Ausführungsplanung beginnt. Hier bewegt sich auch die größte Einflussnahme auf die Entwicklung des Studios und die späteren Erweiterungs- oder Umgestaltungsmöglichkeiten, vorausgesetzt, der Bauherr ist bereit, das Planungsteam als Berater und lernendes Element bei der Durchführung des Projektes anzunehmen. Wir verstehen uns als lernendes Element, als integrativen Teil eines sehr komplexen Gebildes.

Um die Investitionen in eine gesunde Rückführungsphase zu bringen, muss das gesamte System einige Jahre stabil laufen, da in den meisten Fällen kein wesentliches Kapital für Nachbesserungen mehr vorhanden ist, beziehungsweise die Investitionsvolumina erschöpft sind. Nach der Fertigstellung greift das Geschäftsmodell gnadenlos. Dann bewahrheitet sich spätestens der Unterschied zwischen einer guten und einer schlechten Planung. Der Bauherr muss jederzeit prüfen können, ob die Kostenkalkulation einem Wettbewerb standhält, es gibt keine Geheimnisse und keine verdeckten Kosten. Wenn wir als Generalunternehmer in einzelne Kostengruppen ‚überfahren‘ mussten, sind wir gefragt, sehr detailliert die Gründe dafür erklären.

In der Ausführungsplanung beginnt die Entwicklung der Arbeitsumgebung. Gerade im Bereich der A/V Postproduktion ist die Arbeitsplatzergonomie schwer zu vereinbaren. Eine Bildprojektion widersetzt sich in den meisten Fällen den Vorgaben einer optimalen Regiefrent nach elektroakustischen Gesichtspunkten. Hier sind neue Ansätze und Ideen gefragt. Als lernendes Element tragen wir Erfahrungen von Fachleuten diverser Disziplinen und natürlich auch eigene sofort in das Projekt. Alles andere wäre falsch. Wenn der Kunde die Entwürfe in der Hand hält, fängt auch er an zu lernen und seine Anforderungen neu zu überdenken. Es ist unsere Aufgabe, die Pläne so auszuführen, dass er sich sein Studio wirklich vorstellen kann. Für manche Projekte bauen wir einfache 1:1 Modelle von Arbeitstischen, zeichnen alles bis zur Maus maßstab-

gerecht auf und lassen den Kunden ausprobieren. Das ist ein vergleichsweise kleiner Aufwand gegenüber der Unzufriedenheit, die sich im Nachhinein einstellen könnte und über Jahre festgeschrieben bleibt. Wenn ein Tonmeister zu der Ansicht kommt, dass sein Arbeitsplatz nicht richtig funktioniert oder gegen seine Gewohnheiten gestaltet wurde, wird es keine guten Mischungen geben. In den Prime Studios gab es beispielsweise eine Diskussion mit einem Tonmeister, dem die Basis für die Midfield-Lautsprecher in der 5.1-Mischung zu eng war. Wir entschieden uns für ein Schienensystem, auf der die Lautsprecher zwischen der messtechnisch zulässigen Position und der ‚Parkposition‘ verfahren werden können. Mit einem digitalen Raum-Korrekturprozessor, wie zum Beispiel dem Trinnov Optimizer, können suboptimale Lautsprecherpositionen und Raumakustik an die ‚richtige Stelle‘ gerückt werden.

Reduktion auf den Verwendungszweck – die Klausur

Oft dampft der Kunde Planungskonzepte auf den reinen Verwendungszweck ein. Aus einem ursprünglich halbkreisförmigen Arbeitstisch mit ergonomischer Bildschirmordnung und höhenverstellbarem Gestell wird ein ‚Ikea-Tisch‘. Aus einem Raum mit optimiert geplanter Raumakustik wird eine ‚Mischgarage‘. Die Qualität eines Planungskonzeptes erkennt man dann, wenn auch Zwischenlösungen sinnvoll einbringbar und später wieder reversibel sind. Als Planer darf man sich hier nicht verschließen, muss aber auch Durchsetzungsvermögen zeigen. Wenn man eine Makulatur-Akustik baut, mit einem Dachlattengerüst und ein bisschen Schaumstoff, wird diese fragwürdige Lösung möglicherweise Jahre überdauern und Probleme bereiten, bis sie korrigiert werden kann. Das gleiche gilt für den technischen Bereich: Das Fehlen eines vernünftigen Anschlussfeldes und stattdessen ein paar hineingeworfene Kabel sind keine Lösung. Es gibt keine Reserven, es gibt kein nachvollziehbares Konzept und es können keine zweckmäßigen Erweiterungen stattfinden. Man muss der Veränderung einer Aufgabenstellung und neuen Arbeitsweisen folgen können, wenn ein Konzept über viele Jahre ohne nennenswerte Kosten tragfähig bleiben soll. Um es noch deutlicher zu sagen: Nach meiner Auffassung muss eine Edit-Suite von einem reinen Tonbearbeitungs- auf einen reinen Bildbearbeitungsplatz innerhalb von zwei Stunden umrüstbar sein. Die Technik muss der Kreativität und den täglichen Anforderungen des Geschäftsbetriebs den Freiraum bieten, der notwendig ist um Arbeitszeit in positiv bewertbare Ergebnisse umsetzen zu können.

Arbeitsbereiche

Heute besteht ein A/V-Studio aus einem PC, einem bisschen was zum Sehen und einem bisschen was zum Hören? Im Bereich des Layouts oder des Mini-Budgets kann diese Vorstellung durchaus eine Rolle spielen. Auch mit einem begrenzten Gerätepark kann man schon sehr viel erreichen. Das Problem fängt dann an, wenn man sich die Frage nach der Außenkompatibilität oder dem Durchsatz stellt. Man braucht zunächst ein gutes Tonbearbeitungswerkzeug. Pro Tools, Fairlight, Nuendo... wir kennen sie alle. Fairlight ist nach wie vor ein sehr veritables System – sehr zuverlässig, sehr weit zugeschnitten auf den A/V-Post-Bereich, sowohl hinsichtlich der ergonomischen Anordnung der Befehlselemente als auch der Software-Struktur. Man kann aber auch genauso gut mit Sadie, Pyramix, Sadie, oder Digas Systemen arbeiten und ausgezeichnete Ergebnisse erzielen. Man muss seine Vorlieben unter dem Gesichtspunkt betrachten, welche Arbeitsszenarien im Studio realisiert werden müssen. Wir haben die klassische Feature-Film-Nachbearbeitung, die TV-Nachbearbeitung, Aktualitäten- und viele Crossover-Aufgaben. Es gibt mittlerweile auch Studios, die ausschließlich für das Internet arbeiten und deren Output zum Beispiel ein Flash-Movie ist. So mancher Autohersteller hat heute einen eigenen TV-Sender im Netz. Gerade dort ist es oft so, dass reines Bildmaterial ins Studio kommt, mit der Aufgabe, dafür einen guten Sound mit Sprachkommentar herzustellen. Dafür braucht man Werkzeuge, die zuverlässig funktionieren und nach außen vernünftige Schnittstellen. Es geht los mit der Digi-Beta oder jetzt der HD-MAZ, denn meistens bekommt man sein Bildmaterial in diesen Formaten. Man braucht eine Möglichkeit über OMFI oder sonstige Importprozesse den Rohschnitt auf die internen Systeme zu importieren. In vielen Fällen rücken die Arbeitsprozesse immer dichter zusammen. Ehe man sich versieht, sitzt die Bildregie im Tonstudio, die, während ein Sprecher einen Take aufnimmt, das Bild umschneiden muss. Medien die morgens noch als einzelne Clips ohne Ton hereinkommen, müssen am Nachmittag schon sendefähig oder online eingestellt sein. Auch hier liegen die Qualitätsmaßstäbe trotz der hohen Zeitkompression und der einzubringenden kreativen Qualität sehr hoch.

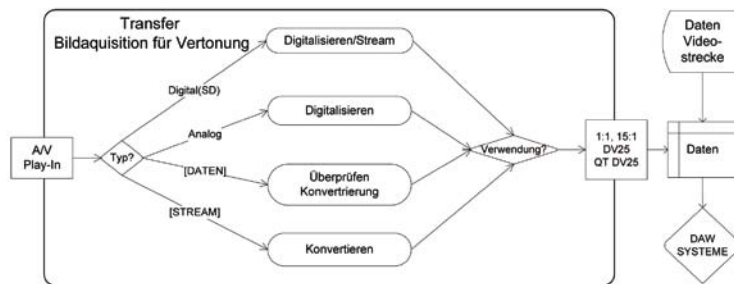
Es wird viel diskutiert über die Entwicklung des Berufsbildes des bildbearbeitenden Tonmeisters oder des Tonaffinen Cutters. Zu viel; denn dieses Berufsbild existiert längst und ich habe sehr viele Bild/Tonmeister kennengelernt, die Beachtliches leisten. Nur eben der richtige Na-

me dafür fehlt noch, und die Lehre will sich offenbar auch noch nicht so recht darauf einstellen.

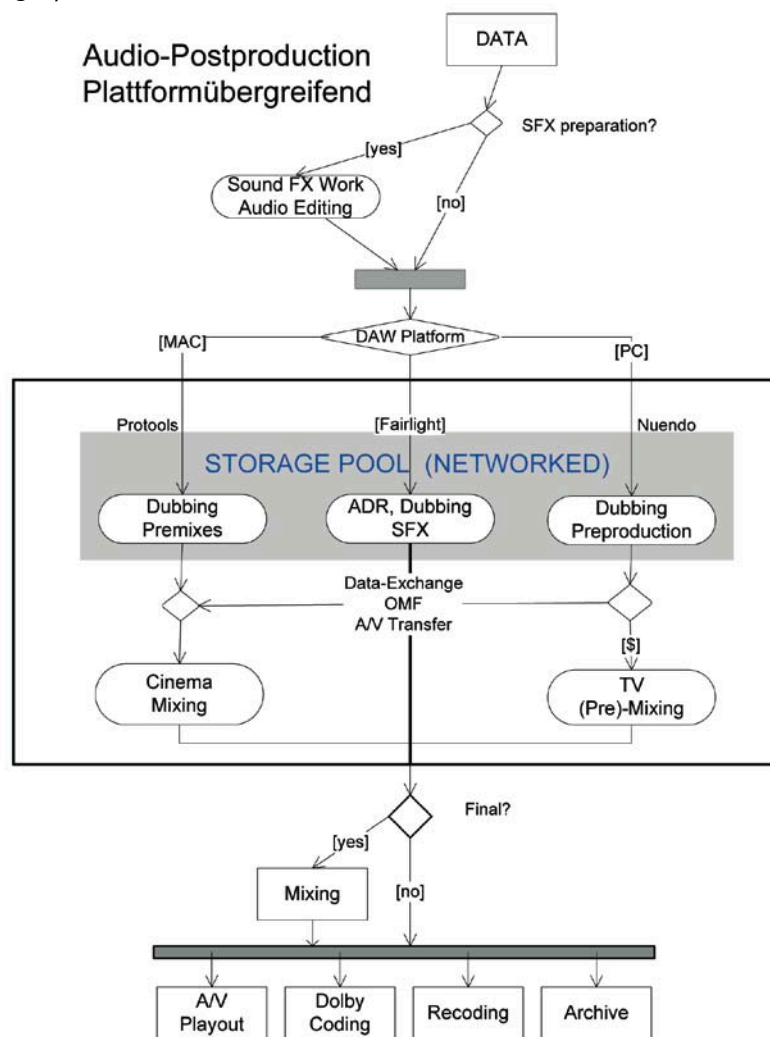
In der reinen Film-Postproduction geht es in der Regel etwas geordneter zu. Es kommt der fertige Film oder Teile davon. Das Studio braucht dann als Werkzeug eine große Sound-Datenbank oder man spielt den O-Ton ein, der heute meistens in Dateiform ins Haus kommt. Die Sound-Datenbank stellt eine große Investition dar, denn an sich schon teure sechs Terrabyte große Sounddatenbanken nutzen überhaupt nichts, wenn sie nicht ‚gesichtet‘ wurden. Irgendwo steht der dicke Datenspeicher, auf den alle im Studio zugreifen können. Dazu gehört aber auch ein intelligentes Verwaltungstool, das eine Stichwort- oder Tonale-Suche mit Sounderkennung und Verwendungshistorie erlaubt. Auch diese Werkzeuge sind sehr teuer, aber man braucht sie, um effektiv zu sein und kreative Ideen schnell umsetzen zu können. Es gibt bereits webbasierende Datenbanklösungen, aber leider werden diese Services noch nicht so verbreitet angenommen, obwohl es doch eigentlich konsequent wäre, wenn große Datenmengen iterativ aufgebaut und von einer großen Anwendergemeinschaft unterhalten werden. Vielleicht liegt es ja daran, dass viele immer noch glauben, dass alles, was aus dem Internet kommt, kostenlos sein muss? Ein merkwürdiger Ansatz, wenn wir gleichzeitig Qualität und optimale Auswahl erwarten. In einer größeren Arbeitsumgebung ist die Sounddatenbank ein kompletter Arbeitsplatz, der nichts anderes tut, als Sounds einzupflegen und zu verwalten.

Technisch reicht für einen Tonnachbearbeitungsplatz eine normale DAW mit Tastatur, Maus, Bildschirm und Lautsprecher. Im Idealfall lässt man sich aber die Bilddarstellung etwas kosten. Mit einem auf dem TFT eingeblendeten Quicktime-Movie kommt man zwar schon in die Richtung, aber man kommt nicht besonders weit. Wenn man eine vernünftige Vertonung machen will, muss man ein vernünftiges Bild haben, denn hier zählt der Eindruck. Sieht der Tonmeister eine U-Bahn auf einer kleinen Bildeinblendung einfahren, macht er dazu einen anderen Sound, als wenn er das Bild auf einem 50-Zöller oder einer Leinwand sähe. Dann gibt es aber auch noch die Werkzeuge, die der Tonmeister für das Dialog Replacement braucht. Auch hier braucht man DAW und Bildwiedergabe, eine Video-maschine zum Einspielen oder ein entsprechendes Transferabkommen mit dem (den) Bildlieferanten. Dazu kommt ein Aufnahmerraum, der wirklich gut funktionieren muss und in dem sich Sprecher/innen wohlfühlen. Der Sprecher muss stehen, sitzen, steppen, kurz, er muss alles tun können, um eine Szene überzeugend ‚spielen‘ zu können. Da-

bei macht es eigentlich keinen Unterschied, ob wir von einem Werbetext oder von einer Sprachsynchro- nisation für Film sprechen. Man hört eben, ob etwas in einer Noppenschäumkiste aufgenommen wurde oder in einem raumakustisch homogenen Umfeld. Wenn ein Studio- betrieb einen hohen Durchsatz zu bewältigen hat, braucht er ein Dialog-Tool (ADR), mit dem man alle Szenen über eine EDL einlesen kann. Es gibt Werkzeuge, die diese Auf- gabe automatisch erledigen, oder aber es sitzt ein Assi- stent im Studio, der alle Szenen vorbereitet. Auch hier stellt sich wieder die Frage der Bildzuspielung für den Sprecher. Ein kleines Studio kann sich im Regelfall keinen HD-Zuspieler mit der entsprechend hochwertigen Einspie- lung leisten. Die Anforderung an den Toningenieur lautet, in jedem Fall bildsynchon zu arbeiten. Mit einem Stan- dard-Flachbildschirm braucht man wegen der Latenzpro- blematik erst gar nicht ankommen. Gleichwohl, es gibt in- zwischen auch schnellere Bildschirme, das heißt, das La- tenzthema ist irgendwann demnächst durch. Solange hilft man sich mit einem Röhrenmonitor. Wichtiger ist das Vor- handensein einer automatischen Archivierung, denn die schnellen Arbeitsabläufe erlauben heute kaum noch, zu- sätzliche Zeit auf Verwaltungsaufgaben zu verwenden. Man merkt vielleicht schon, dass das Arbeitsumfeld stim- men muss, wenn man ‚richtig‘ arbeiten will. Man braucht gute Mikrofone, gute Vorverstärker, eine gute Raumakus- tik, eine Sichtverbindung zum Sprecher, viele Tools für Transfer und Konvertierungsaufgaben, aber auch Sitz- plätze für die Gäste, für die Dialog-Regie, für den/die Regisseur(in), für die Kunden, für Assistenten – schlicht eine passende Infrastruktur. Alle Anwesenden kosten Geld, der Stressfaktor ist immer hoch, weshalb kleine Studios in diesem Genre meist nicht lange durchhalten. Ohne professionelle Arbeitswerkzeuge und ein Raumkon- zept für ein organisiertes Team kommt man nicht weit. Außerdem werden innerhalb der Gesamtdisziplin Audio/ VideoPost sehr unterschiedliche Berufsbilder zusammen- geführt. Dialog Replacement und Sound-Effekte sind sehr spezialisierte Gebiete, weshalb es in den meisten Fäl- len Tonkollegen gibt, die das eine oder das andere aus- schließlich machen. Wenn man es aber nicht jeden Tag macht, wird das Ergebnis darunter leiden. Aber wir haben ja auch noch die Musik. Es gibt den Film- musik-Komponisten, das Orchester in der klassischen Scoring-Stage mit dem Tonmeister und der Orchesteras- sistenz, und den Composer, der im Alleingang mit elek- tronischen Instrumenten arbeitet und fertige Musiken ab- liefert. Auch das ist ein wichtiges und sehr spezialisier- tes Berufsbild. Im Zusammenhang mit den Sound-Effek-



Bilddaten unterschiedlicher Herkunft und Formate werden in verschiedenen Bandbreiten zentral vorgehalten und zur Syn- chronisation abgerufen. ‚Online‘-Daten aus dem Videoschnitt werden über automatisierbare ‚Clearing-Prozesse‘ direkt ein- gespielt



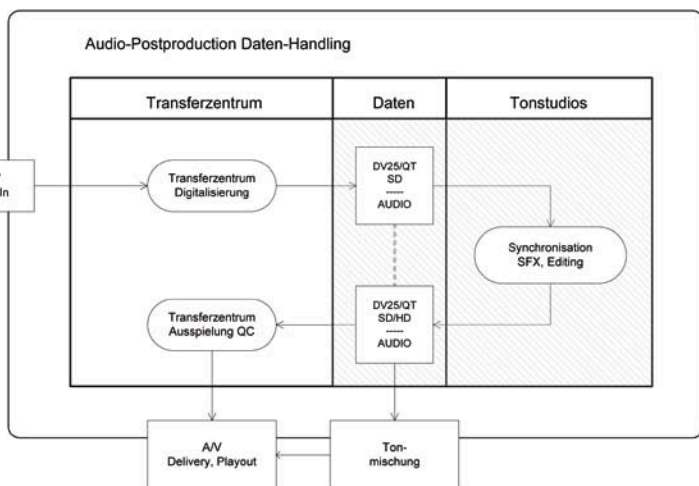
Plattformübergreifende Vernetzung der Audioproduktion: ‚Für jede Aufgabe das richtige Gerät, jedoch mit gemeinsamer Da- tenbasis‘

ten ist auch noch die Foley-Stage zu erwähnen, mit dem Geräuschemacher, der immer dann gerne verpflichtet wird, wenn er nicht zu teuer ist; leider, denn es ist mitunter er- staunlich mit welcher Qualität und Schnelligkeit gearbei- tet wird.

Kommen wir zum wichtigen Thema des Transfers. Schon bei zwei Arbeitsplätzen kann es sinnvoll sein, aus Kosten-



Natur aus kein Herrschaftswissen bleiben. Jeder Kunde hat das Recht auf eine optimale Beratung. Wenn man mit anderen über ein gutes Konzept spricht, hört man darüber zwei Wochen später als Vorschlag eines anderen. Damit muss ein Planer umgehen können. Es gehört dazu, Impulse zu setzen und mit Ideen und Lösungsstrategien offensiv umzugehen. Naturgemäß betreibt der Planer kein eigenes Studio und profitiert damit auch nicht selbst von seiner Kreativität, sondern ausschließlich der Kunde, den er berät. Auch die Kunden der Studios tragen Ideen für neue Geschäftsfelder ins Haus oder nehmen Know-how in andere Studios mit, obwohl der Weg von der Idee bis zur effektiven Umsetzung sehr weit sein kann. Erstaunlich ist, wie sehr sich die Arbeitsprozesse der einzelnen Studios doch voneinander unterscheiden, obwohl sie eigentlich alle das gleiche machen. Oft hat es damit zu tun, woher die Mitarbeiter kommen – aus dem Ton- oder aus dem Bildbereich. Die ‚Bildleute‘ denken sehr Storyboard-orientiert und haben stets den gesamten Arbeitsablauf im Auge. Für die ‚Tonleute‘ ist zunächst der Sound das zentrale Element. Jedoch ist dieser einsichtige Unterschied im Wandel begriffen. Die Toningenieure begreifen langsam, dass sie mehr als ein isolierter Teil des gesamten Produktionsablaufs sein können, greifen viel früher in die kreativen Prozesse ein und geben auch später ab – das heißt, sie bleiben früher und länger am gesamten Produktionsprozess beteiligt. Aus dem Begriff ‚Post Production‘ ist also längst ‚Production Services‘ geworden. Bei der Beurteilung der Qualität einer Planungsarbeit gibt es keinen Spielraum in der Interpretation. Die Arbeit muss zu einhundert Prozent effektiv geleistet werden. Wenn dennoch etwas nicht so dreht, wie es gedacht war, muss der Planer selbst zusammen mit dem Ausführenden Hand anlegen, egal ob eine Software-Anpassung nicht funktioniert oder eine Übertragungsstrecke nicht wie bestellt arbeitet. Der Begriff Erfolgskontrolle ist fester Bestandteil jeder Planung. In einem Projektabschlussbericht wird eine genaue Gegenüberstellung dessen durchgeführt, was ursprünglich geplant war, worauf auf dem Wege zur Realisation in Abstimmung verzichtet wurde und was dazugewonnen werden konnte. Ein wichtiger Aspekt ist die Aufrechterhaltung des Kontaktes nach Projektabschluss. Zum einen möchten wir möglichst genau wissen, wie sich die Planung in der Realität des Arbeitsalltags bewährt, zum anderen stecken auch ein wenig Bedenken dahinter, ob das Studio konsequent in dem von uns verlassenen Endzustand gehalten wird. Aber man darf in dieser Hinsicht vielleicht nicht so sensibel sein...



gründen einen separaten Arbeitsplatz dafür einzurichten. Es gibt in diesem Feld viele Aufgaben, die ein Assistent übernehmen kann: Überspielen, Digitalisieren, Ein- und Auspielen, Qualitätskontrolle, Codierungen, Formatkonvertierung, Archivdienstleistungen, FTP-Kundenserver-Betreuung. Die Darstellung der Perspektiven, welche Dienstleistungen ein Studiobetrieb vermarkten kann, gehört eben auch zu den Aufgaben eines Planers, womit er auch ein wenig die Rolle des Unternehmensberaters übernimmt und die technische Umgebung beziehungsweise die Infrastruktur dahingehend zu optimieren bemüht sein sollte.

Abspann

Die Fülle von Erfahrungen und Detailwissen, die innerhalb eines ‚Planerlebens‘ zusammenkommt, kann von



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 Eingangsübertrager
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 *)

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



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 *)

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,

WAHRSCHAFT...

Wie uns optische Hilfsmittel bei der Bewertung von Klang hinters Licht führen

Friedemann Kootz, Abbildungen: Friedemann Kootz

Man kann es leider drehen und wenden wie man will, der Mensch scheint in der Reihenfolge seiner Wahrnehmungsprioritäten weitgehend festgelegt zu sein. Und so sind nicht nur ‚Normalhörer‘ sondern auch wir Audiomenschen in erster Linie von optischen Einflüssen geprägt und geleitet. Daher verwundert es auch nicht, dass die meisten Anwender manchmal etwas zu sehr auf die ‚optische Mischung‘, als auf ihre Ohren vertrauen. Haben Sie sich nicht auch schon einmal dabei erwischt, einen nach Gehör eingestellten EQ nach einer optischen Kontrolle des Wertes wieder etwas zurück genommen zu haben, damit er nicht ganz so extrem groß ist? Ich kann guten Gewissens zugeben, dass ich diesem Phänomen bereits mehrfach erlegen bin. Und auch bei optischen Hilfsmitteln, wie etwa aufwändigen Messgeräten, kommt man hin und wieder in die Versuchung sich etwas optisch schön zu bearbeiten. Aber was nützt der perfekte Frequenzgang, wenn das Ergebnis akustisch nicht mehr funktioniert. Es gilt also abzuwägen in wie weit man seinen Ohren traut und bei welchen Aufgaben man ein zusätzliches Messgerät zu Rate zieht.

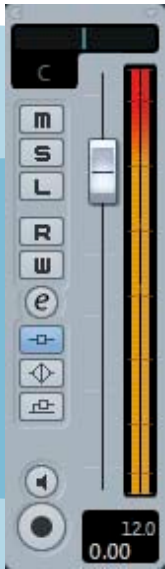
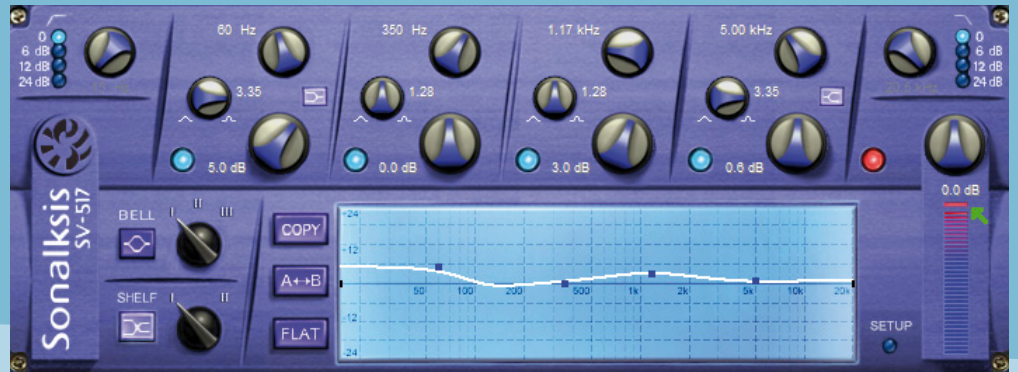


Abbildung 1: Die 0 dBFS-Marke gilt in einer modernen DAW nicht als feste Übersteuerungsgrenze

Abbildung 2: Geht in einem Plug-In die Übersteuerungswarnung an, so muss die Aussteuerung dringend korrigiert werden



Doch dieser Artikel soll sich nicht dem Für und Wider der Verwendung von Messgeräten widmen, sondern viel mehr einmal schauen, welche Tücken sich bei den einzelnen optischen Hilfsmitteln ergeben. Denn machen wir uns nichts vor, eine Messkurve nützt nur dann etwas, wenn man sie korrekt interpretieren kann und sich nicht von ihr an der Nase herumführen lässt.

Pegelmeter

Dass Pegelanzeigen nur dann einen nützlichen Wert liefern, wenn man ihre Anzeigeeigenschaften kennt, weiß jeder, der schon einmal mit einem VU-Meter gearbeitet hat. Die Schar an verschiedenen Skalen, Ballistiken und Spezialeigenschaften hat auch in den letzten Jahren neuen Zuwachs bekommen, so dass Tonschaffende fast keine Chance haben den Überblick zu behalten. QPPM, VU, LKFS, LU, RMS, bBr, dBFS, dBu, dBTP sind dabei nur die Grundausrüstung an Abkürzungen, die man beherrschen muss. Aber abseits dieser Verwirrung ist es auch in einer DAW mit dem einfachen Samplepeakmeter nicht immer so einfach wie es scheint. Wir haben gelernt, dass Pegel oberhalb von 0 dBFS nicht existieren können (was theoretisch stimmt, praktisch aber auch nicht die ganze Wahrheit ist). Geht eine unserer Anzeigen in der DAW also in den roten Bereich bei 0 dBFS, so müssen sofort die Alarmglocken schellen und der Pegel reduziert werden. Würde dies so einfach stimmen, dann könnte keine DAW zwei voll ausgesteuerte Spuren summieren, da die Pegel sofort clippen würden. Tatsächlich stimmt es aber natürlich so einfach nicht. Das liegt daran, dass die 0 dBFS Anzeige der Spur innerhalb einer DAW gar nicht der Vollaussteuerung entspricht, wie wir sie im allgemeinen Sprach-

gebrauch meinen. Tatsächlich wird das digitalisierte Signal mit seinem Dynamikumfang in eine Berechnung mit viel Headroom eingefügt (Abbildung 1). Die Vollaussteuerung verliert hier vorübergehend ihre Bedeutung. Zwar sind der realen Situation auch Grenzen gesetzt, man kann nicht unendlich viele Kanäle mit Vollaussteuerung summieren, aber die Reserven liegen bei modernen DAWs so weit oben, dass man sich keine praktischen Gedanken darum machen muss. Dies war übrigens nicht immer so. Genau wie die Busse in analogen Mischpulten eine Aussteuerungsgrenze besitzen, so waren die digitalen Busse früher Digitalmischpulte oftmals recht schnell überlastet. Dies war sicher mit einer der Gründe, weshalb diese Mischpultgeneration keinen sonderlich guten Ruf genossen hat. Die Pegelanzeige in einem Kanal muss daher nicht automatisch zu panischen Reaktionen führen. Die DAW ist heutzutage intern nahezu übersteuerungsfest. Dies gilt natürlich nicht für den Summenregler. Wird hier ein Übersteuern signalisiert, so hilft nur eine Pegelreduktion. Anders als früher genügt es allerdings, den Summenfader selbst abzusenken. Signale, die die DAW verlassen, müssen genau überwacht werden. Übrigens ‚verlässt‘ man die DAW auch, wenn man ein Plug-In nutzt. Da viele Plug-Ins intern mit vergleichsweise geringer Auflösung arbeiten, können sie durchaus ‚übersteuerbar‘ sein (Abbildung 2).

Frequenzanalyse

Wer in den 1980er Jahren in einem Studio etwas auf sich gehalten hat, besaß einen dieser Frequenzanalyser mit roten LEDs, um der werten Kundschaft ein bisschen Lichtshow zu bieten und sich selbst eine Hilfe an die Hand zu geben, um einen Überblick über die Frequenzverteilung

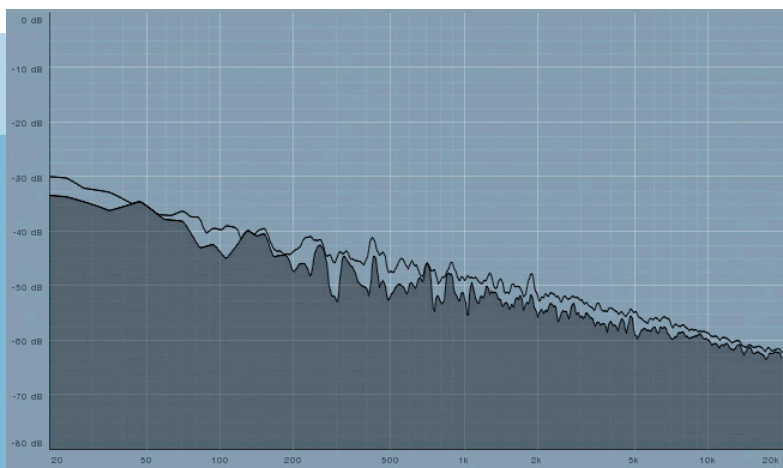


Abbildung 3: Rosa Rauschen in einem Terzband-Analyzer

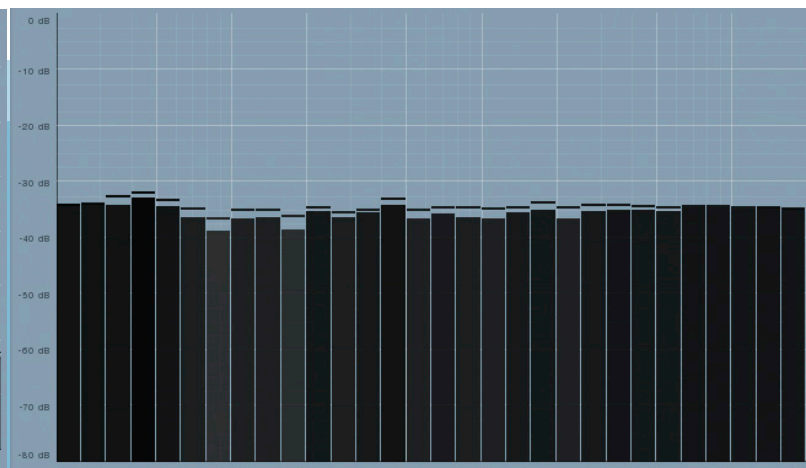


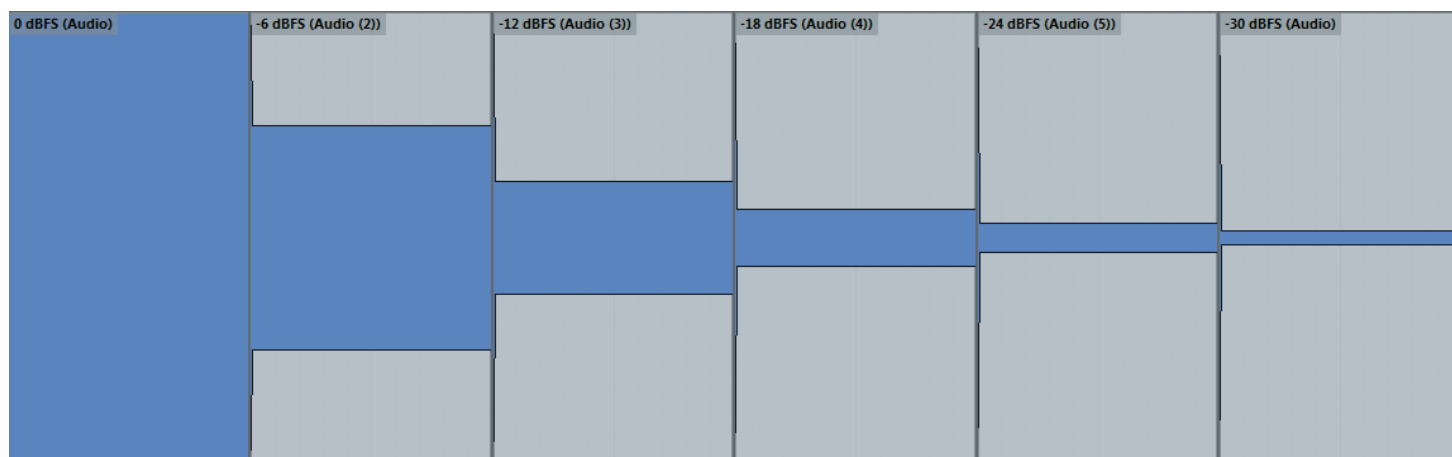
Abbildung 4: Das selbe Signal in einem FFT-Analyser

der Mischung zu ermöglichen. Diese Geräte sind heutzutage fast vollständig verschwunden. Benötigt man eine Frequenzanalyse in der modernen DAW, so greift man meist zu einem Plug-In. Das Praktische daran ist, dass es sehr gute und dabei kostenlose Frequenzanalyse-Plug-Ins zum Download gibt. Diese arbeiten fast alle mit einer Schnellen Fourier-Transformation (FFT) und bieten dementsprechend auf Wunsch eine enorm hohe Frequenzauflösung. Der Nachteil solcher Systeme liegt in der schier unüberschaubaren Konfigurierbarkeit. Im Grundzustand kann man im Prinzip davon ausgehen, dass ein auf einem FFT-Analyser angezeigter Frequenzgang auf einem anderen Gerät (klassischer Analyzer ohne FFT) ohne sorgfältigen Parameterabgleich deutlich anders aussehen wird. Fehlinterpretationen inklusive. Dabei gilt es vor allem die sogenannte ‚Slope‘, also die Steilheit der FFT-Anzeige abzugleichen. Um dies zu verstehen, muss man einen kurzen Blick hinter die Kulissen werfen. Als Beispielsignal soll uns das Rosa Rauschen ($1/f$ -Rauschen) dienen, bei dem die Rauschleistungsdichte bekanntlich mit 3 dB pro Oktave abnimmt. In einem logarithmischen Frequenzdiagramm

würde sich also eine von links nach rechts abfallende Flanke ergeben. Da eine FFT immer mit einer konstanten, linearen Frequenzauflösung einer bestimmten Breite arbeitet, würde dieser Energiedichteabfall sehr exakt dargestellt. Weitere Hinweise zu diesem Thema finden Sie im Kasten ‚Auflösungsproblem‘.

Ein klassischer Analyzer arbeitet intern mit Filterbänken, die das Spektrum in logarithmisch betrachtet gleich breite Bänder zerteilen. Dies können zum Beispiel $1/3$ -Oktaven, also gleichstufige, große Terzen sein. Die Auflösung des sogenannten Terzbandanalyzers sinkt also linear betrachtet nach oben hin ab und die einzelnen Frequenzbänder werden breiter. Die Konsequenz ist, dass die Vergrößerung der Bänder dem Energiedichteabfall des Rosa-Rauschens entgegen wirkt. Als Resultat sehen wir auf solch einem Terzband-Analyser also eine waagerechte Anzeige. Abbildung 3 und 4 zeigen Rosa Rauschen in beiden Systemen.

Abbildung 7: Die bekannte Wellenformdarstellung ist nicht dB-linear, ihre Aussage über den Signalpegel kann daher nicht mit einem Pegelmeter in Beziehung gesetzt werden



Leider weiß man von außen nicht, mit welcher Technik ein Analyzer arbeitet, da auch manche Terzbandanalyzer-Plug-Ins intern mit einer FFT arbeiten (ebenso die meisten feiner auflösenden 64-Band Analyzer) und die Messpunkte anschließend interpolieren. Wer sich seine Werkzeuge also ausgesucht hat, sollte sie zunächst einmalig aufeinander abgleichen. Für diese Aufgabe sind FFT-Analyzer mit einem sogenannten ‚Slope‘-Regler ausgestattet. Mit dessen Hilfe kann die Steilheit der Frequenzkurve ausgeglichen werden, um die Darstellung zu linearisieren. Auf der Position ‚+3dB‘ sollte die FFT-Analyse eines Rosa Rauschens exakt waagrecht verlaufen und somit der Darstellung eines Filter-Analyzers entsprechen. Beobachtet man nun die beiden Anzeigeformen, so wird man eine vergleichbare Reaktion erkennen. Wer möchte, kann sich die Anzeigeeigenschaften der FFT noch etwas weiter an den Filter-Analyzer angleichen, indem er mit den Einstellungen für ‚Averaging‘ und ‚Smoothness‘ spielt. Eine aufwändige FFT-Analyse mit höchster Auflösung ist nur in den seltensten Fällen wirklich notwendig. Die Kisten mit ihren roten LEDs waren eigentlich gar nicht so übel.

Korrelationsgradmesser

Geht man die Häufigkeit der Nutzung von Messgeräten absteigend weiter, so folgen auf Pegelmeter und Frequenzanalysator die Korrelationsgradmesser. Praktische Werkzeuge, die dabei helfen die Monokompatibilität von Stereosignalen zu überwachen. Angezeigt wird die Phasenbeziehung zwischen dem linken und dem rechten Kanal. Diese wird als Korrelation bezeichnet. Nimmt man ein Monosignal und sendet es auf beide Seiten des Stereoweges, so sind die Signale natürlich vollkommen gleich. Sowohl in der Phasenlage (wenn auf dem Weg nichts schief gegangen ist...), als auch in der Ähnlichkeit sind beide identisch. Würde man nun den einen Kanal verpölen, so wären beide Signale noch immer kohärent. Ihre Korrelation ist jedoch vollständig negativ. In einer Summierung würden sich beide Signale auslöschen. Der Zustand gleicher Phasenlage (also zum Beispiel bei gleicher Polarität) wird von einem Korrelationsgradmesser mit dem Wert +1 signalisiert. Alles ist in Ordnung. Die Verdrehung um 180 Grad würde einen Wert von -1 liefern, welcher oftmals rot angezeigt wird und eine deutliche Warnung darstellt. Alle Werte dazwischen sind verschiedenen Phasenlagen zugeordnet und sollen uns helfen, den Grad der Auswirkung abzuschätzen. Der Wert 0 zeigt an, dass der linke und rechte Kanal im Phasenwinkel von 90 Grad vorliegen. Alle Werte zwischen +1 und 0 sind unkritisch, ne-

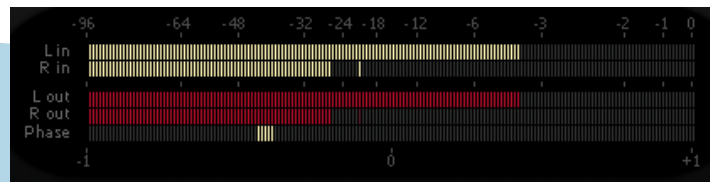


Abbildung 5: Negative Korrelationswerte sind bei Laufzeitstereofonie nicht sehr aussagekräftig (Pegelunterschied beachten)

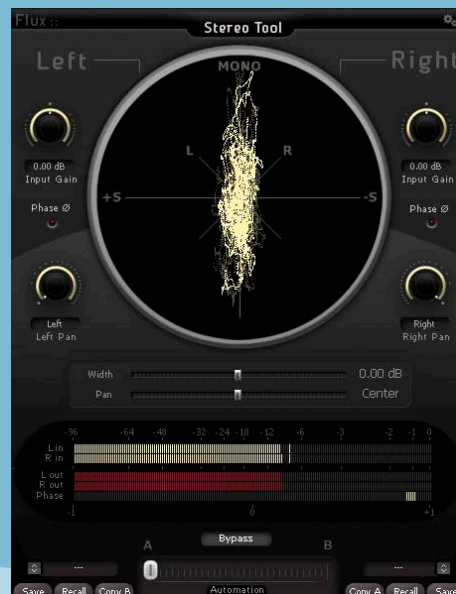


Abbildung 6: Auf einem Goniometer (rundes Instrument oben) kann die Monokompatibilität präziser überwacht werden - das kostenlose Flux Stereotool

gative Werte sind zu vermeiden. Leider, und das wissen viele Anwender nicht, sind diese Messwerte für die kreative Praxis weitestgehend nutzlos, wenn man mit Laufzeitstereofonie arbeitet. Auch hier muss ein kurzer Blick in die Funktionsweise solcher Geräte geworfen werden. Intern werden anliegende Signale über eine halbe Sekunde integriert, in eine Rechteckwellenform umgewandelt und der Phasenversatz zwischen den Flanken vermessen. Durch die Integrationszeit werden Spitzen ausgemittelt und haben fast keinen Einfluss auf die Messung. Die gesamte Messung erfolgt fast unabhängig von den anliegenden Pegeln, aber eben immer nur für Signale, die zum gleichen Zeitpunkt anliegen. Stellen Sie sich vor, sie haben eine schöne Aufnahme in Laufzeitstereofonie, mit einem AB-Hauptmikrofon gemacht. Nun wird der Korrelationsgradmesser die tonmeisterliche Leistung leider nicht belohnen, sondern mit starken negativen Ausschlägen kritisieren. Spielt beispielsweise eine Violine auf der linken Seite solo, so ist die Laufzeit zwischen linkem und rechtem Kanal vergleichsweise groß. Diese Laufzeit wirkt sich direkt auf die Phasenlage in der Vergleichsstufe aus. Je nach Frequenz wird die Anzeige permanent pendeln (Abbildung 5). So kommt es dazu, dass Aufnahmen in Laufzeitstereofonie zwischenzeitlich

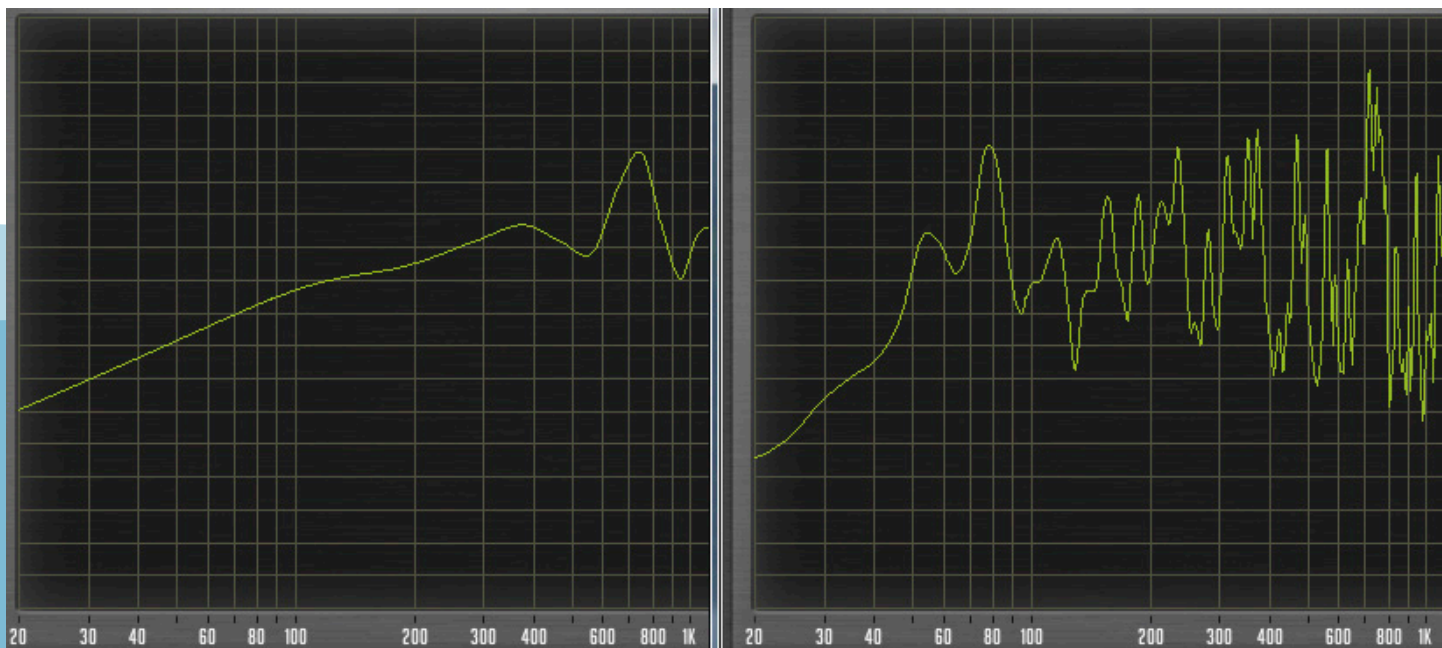


Abbildung 8: Die Frequenzauflösung im Bassbereich bis 1 kHz bei 512 (links) und 8192 (rechts) Samples Blockgröße

stark in den negativen Bereich abdriften, obwohl sie akustisch, auch in Mono, völlig unkritisch sind. Mischt man allerdings nur einzeln aufgenommene oder künstliche Signalen ohne Laufzeitkomponente, so ist der Korrelationsgradmesser durchaus als Orientierung geeignet. Wer jedoch auch die Signalflanken überwachen möchte und einen tatsächlichen Überblick über die Signalverteilung in den Kanälen braucht, kommt um das Goniometer (Abbildung 6) nicht herum. Es liefert alle Informationen des Korrelationsgradmessers in präziser Form. Für Menschen, die sich tatsächlich Sorgen um die Monokompatibilität machen, bleibt in letzter Konsequenz allerdings nur das geschulte Ohr und der Monoknopf. Ein Stereomix kann niemals ohne Qualitätsverlust in Mono überführt werden, das einzige Messgerät für die Relevanz der Verluste ist aber der Hörsinn der Fachkraft vor den Lautsprechern.

Wellenformdarstellung

Dass die ‚Klötzchengrafik‘ der Wellenformdarstellung ihre Tücken aufweist, wurde schon bei verschiedenen Gelegenheiten im Studio Magazin angesprochen. Das offensichtlichste Problem liegt darin, dass der Wellenformverlauf je nach zeitlicher Zoomstufe der Darstellung extremen Veränderungen unterliegt, die durch die grafische Interpolation entstehen. Bei starker Vergrößerung werden die Wellenformen in die einzelnen Samplestufen aufgelöst und nur in sehr seltenen Fällen durch eine korrekte Kurve überlagert. Meist entstehen wilde Treppchen, die mit den Verhältnissen hinter dem Rekonstruktionsfilter nicht viel gemeinsam ha-

ben. Diese Probleme sind in der Praxis allerdings relativ nebensächlich, da die Wellenformdarstellung meist nur für den präzisen Schnitt überhaupt eine Rolle spielt – und dafür ist sie genau genug. Ein weniger offensichtliches Problem liegt allerdings darin, dass die Amplitudenauflösung der Wellenformdarstellung bei den meisten DAWs nicht dB-linear ist. Eigentlich müsste der dargestellte Abstand für jede Dämpfung um 6 dB exakt gleich sein. Die dB-Skala weist bereits ein logarithmisches Verhältnis auf, so dass die Anzeige folglich linear aufgelöst sein kann. Diesem Umstand wird bei Pegelmetern zumindest im oberen Bereich (meist die oberen 40 dB) Rechnung getragen. Die Wellenformdarstellung folgt dieser Regel allerdings nicht. Hier wird eine Dämpfung um 6 dB als Amplitudenhalbierung zur letzten Stufe dargestellt (Abbildung 7). Die Schritte zwischen den folgenden 6 dB Dämpfungen werden also immer schmaler. Eine sinnvolle optische Beurteilung von Pegelunterschieden ist dadurch fast unmöglich. Kann man den Unterschied zwischen -1 dBFS und -7 dBFS noch recht gut abschätzen, ist dies bei -15 zu -21 dBFS schon nicht mehr möglich. Oder haben Sie sich gemerkt, wie klein die Stufe dort sein muss? Der Informationsgehalt einer Wellenformdarstellung ist relativ gering und für die meisten Aufgaben gibt es kleine Werkzeuge, die bessere Arbeit leisten. Man könnte sie für die meisten Anwendungen eigentlich ausschalten. Aber unabhängig von ihrer Funktion sehen sie natürlich schon ‚cool‘ aus oder wie man sagt ‚das Auge mischt mit‘. Nur sollten die Augen eben nicht größer werden als die Ohren! In diesem Sinne, viel Spaß beim Mischen. Hören sie öfters mal genauer hin, statt einer Anzeige zu vertrauen.

Das Auflösungsproblem

Bei einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) wird das breitbandige Signal in eine bestimmte Anzahl Frequenzpunkte zerlegt. Die Zerlegung erfolgt über eine komplexe Filterfunktion, die verschiedenen Regeln folgen muss und daher an bestimmte Bedingungen gebunden ist. Zwei dieser Bedingungen sind, dass die Breite der Frequenzpunkte (also der Filter) und ihr Abstand absolut konstant sind. Die Anzahl der Frequenzpunkte hängt davon ab, wie viel Zeit man der FFT einräumt, Samples für die Analyse zu sammeln. Diese Länge kann über den Parameter ‚Blocklänge‘ variiert werden. Würde man ein Audiosignal (48 kHz Abtastrate) mit einer hypothetischen FFT in 10 Frequenzpunkte zerlegen, so hätten diese alle einen Abstand von 2.400 Hz zueinander. Der Bassbereich, der sehr wichtige Grundtonbereich zwischen 80 und 800 Hz und die unteren Mitten bis 2.400 Hz würde also komplett auf einen einzigen Frequenzpunkt fallen, wohingegen die zehn Bänder oberhalb von 10.000 Hz für viele Anwendungen wohl mehr als fein genug aufgelöst wären. Um die Auflösung im Bassbereich zu verbessern, muss die Blockgröße der FFT vergrößert werden, was jedoch zu mehr Durchlaufzeit führt (Abbildung 8). Die Rechenlast steigt hingegen nicht unbedingt merklich an. In der praktischen Anwendung werden faktisch immer Blockgrößen oberhalb von 512 Samples genutzt, wodurch sich eine Auflösung von rund 40 Hz ergeben würde. Was für die Analyse in jedem Fall genügt, kann für die Filterung schon kritisch werden. Auch wenn manche linearphasigen Filter auch im Bassbereich eine stufenlose Bassauflösung suggerieren, arbeiten sie intern doch auch mit einer sehr großen Anzahl fester Filter, zwi-

schen denen interpoliert wird. Zum Beispiel bei Filtersystemen zur Raumentzerrung kann es daher dazu kommen, dass eine Raummode nicht exakt von einer Filterkerbe getroffen wird, weil die Auflösung zu gering ist und der nächste Filterpunkt etwas danebenliegt. Ausgerechnet im Bassbereich haben Räume aber ihre größten Probleme. Natürlich gibt es andere Möglichkeiten dieses Problem zu lösen, doch steigt dabei die benötigte Rechenleistung (und wieder die Durchlaufzeit) an. Andere Systeme verzichten auf linearphasige Filter im Bassbereich und setzen dort auf ‚konventionelle‘ Technologien. Hybridsysteme also, mit all ihren Vor- und Nachteilen. Wie bei allen Problemen gilt auch hier: Es kann leider keine ideale Lösung geben.



▶ NEUMANN.BERLIN

TLM 107



Discover.



The freedom of sound – the new TLM 107.

▶ WWW.TLM107.NEUMANN.COM • Distribution: Sennheiser Vertrieb und Service • Tel. 03 92 03 / 7 27 41



FRIEDEMANN KOOTZ, ABBILDUNGEN: FRIEDEMANN KOOTZ, VLADIMIR WEGENER

Pünktlich wie die Eisenbahn

THEORIE UND PRAXIS DER WORDCLOCK-ANWENDUNG

Bis zur Erfindung der Eisenbahn gab es für die Menschen keine Notwendigkeit der Zeitsynchronisierung. Die meisten Gebiete hatten ihre eigene Zeitrechnung und richteten sich dabei nach natürlichen Gegebenheiten oder der Kirchturmuhre. Erst als die ersten Züge von einem Ort zum anderen fuhren und man große Strecken in relativ kurzer Zeit überbrücken konnte, erkannte man, dass die Abfahrts- und Ankunftszeiten des Zuges an beiden Enden der Bahnstrecke übereinstimmen sollten. Die Zeitzonen waren geboren und legten den Grundstein für die moderne Synchronisation von Produktion, Handel und Informationen und damit das globale Wirtschaftswachstum. Bis zur Erfindung der Digitaltechnik scherte sich die Audiogemeinde zumindest bei den Tonverbindungen herzlich wenig um Synchronisation ihrer Geräte. Was aus Gerät A raus kommt, wird am Eingang von Gerät B auch ankommen, das ist der Segen der Analogtechnik. Unglücklicherweise funktioniert das bei einer digitalen Übertragung nicht so einfach, und es gibt unzählige Gründe, warum ein Signal am anderen Ende gar nicht oder zumindest nicht korrekt ankommt, um weiter verarbeitet zu werden. Eine der Grundvoraussetzungen für eine funktionierende digitale Audio-Installation ist dabei die korrekte Taktübertragung. Nur wenn alle Geräte mit dem gleichen Systemtakt laufen, können Audiosignale knack- und störungsfrei zwischen den einzelnen Instanzen weitergegeben werden. In einem digitalen Verbund stellt somit ein Gerät, welches als Master bezeichnet wird, den Takt zur Verfügung, auf den sich alle weiteren (als Slave bezeichneten) Geräte einklinken und ihm folgen.

Die Bereitstellung eines funktionierenden Taktes kann grundsätzlich von fast jedem Gerät im Verbund übernommen werden, man sollte es sich dennoch nicht so einfach dabei machen. Denn das bloße Vorhandensein eines korrekten Taktes erlaubt zwar die funktionierende Übertragung, aber dennoch kann die Qualität des Signals durch schlechte Takteigenschaften getrübt werden. Für diese Qualitätseinbuße sind objektive technische Daten verantwortlich. Die Erklärung eines Taktgebers zum Klangwunder ist hier also unangemessen und vor dem technischen Hintergrund seiner Funktionsweise schlicht falsch. Denn streng betrachtet gibt es, im Gegenteil zu Bereichen in der analogen Tontechnik, bei Taktgeneratoren keine Verbesserung der Audioqualität, sondern nur mehr oder eben weniger Verschlechterung. Natürlich kann durch Verwendung eines guten Generators die absolute Audioqualität möglicherweise gesteigert werden, diese steckt aber bereits in den getakteten Wandlern und wird nicht von außen hinzu geführt.

Grundsätzlich betrachtet wäre das perfekte Taktsignal eine Rechteckwelle, ohne Anstiegszeit der Flanke und mit absolut schwankungsfreier Grundtonfrequenz.

Leider hat Einstein in seiner Relativitätstheorie festgestellt, dass sich nichts schneller als das Licht bewegen kann und auch Strom immer Zeit braucht um einen Zustand zu errei-

chen. Deshalb kann es ein ideales Rechteck, also mit absoluter Flanke ohne Anstiegszeit, nur in der theoretischen Mathematik geben. Das Erreichen einer perfekten Frequenz ist dagegen zwar fast schaffbar, aber technisch gesehen extrem anspruchsvoll. Unterschiedliche Technologien können sich nur mehr oder weniger gut diesem Ideal annähern. Um jedoch über die guten oder schlechten Eigenschaften eines Taktgenerators zu sprechen, muss man zunächst einmal verstehen, wie solch ein Taktsignal überhaupt aufgebaut ist und wie es übertragen wird.

Grundlagen

Die Grundlagen der digitalen Audiotechnik vollständig zu erklären, würde für diesen Artikel zu weit führen. Sehr grob zusammengefasst geschieht bei einer digitalen Signalverarbeitung folgendes: Das analoge Eingangssignal wird in den Abständen der vorgegeben Samplefrequenz in seiner Amplitude gemessen. Die ermittelte Spannung wird mit einer Tabelle möglicher Werte verglichen und auf den nächstliegenden gerundet. Die Anzahl der vorhandenen Werte wird dabei durch die Bitrate bestimmt. Das Ergebnis wird als diskrete Zahl dargestellt und, mit zusätzlichen Daten versehen, als digitaler Audiostrom ausgegeben. Nun kann das Signal

DN-700R
Netzwerk Media-Recorder/Player

PROFESSIONAL PLAYBACK & RECORDING TECHNOLOGY



24/7 RecordingNetworker.



Der DN-700R ist ein umfassend ausgestatteter Netzwerk Media-Recorder/Player für professionelle Anwendungen aller Art. Rund um die Uhr – 7 Tage die Woche ist der DN-700R im 24/7 Modus jederzeit bereit, Aufnahmen in bester Qualität zu archivieren. Bei Bedarf können die eingehenden Signale zur Sicherheit gleichzeitig, oder bei besonders langen Aufnahmen kaskadiert auf zwei Datenträger aufgezeichnet werden. Der DN-700R unterstützt die DLNA/UPnP-Anbindung, den Direktzugriff auf FTP-Server und verfügt über ein integriertes Webinterface zur Bedienung - auch über mobile Browser.

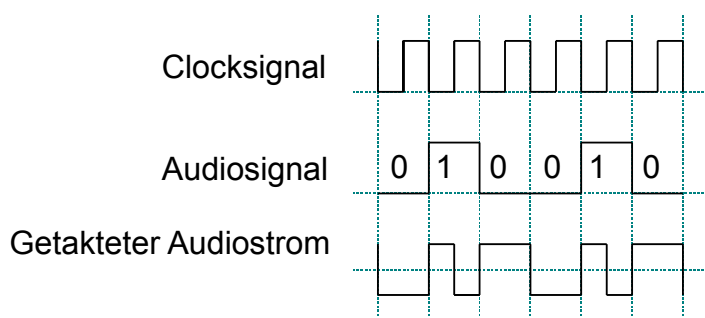
- 24/7 Datenarchivierung per FTP
- Unterstützt NetworkTimeProtocol
- Steuerung über Netzwerk mit Browserinterface "WebRemote" oder Software "ProductManager"
- Dual Rec – Funktion: für höchste Aufnahmesicherheit
- Relay Rec – Funktion: für maximale Aufnahmezeit
- HFS+ formatierte Speicherwiedergabe
- Digital-In/Out: AES/EBU mit Monitorfunktion
- Eingangspegel LINE/MIC schaltbar, 48V Phantomspeisung L/R schaltbar RC-F400S



RC-F400S (optional)



Diagramm 2: Biphas-Mark-Code



übertragen, durch verschiedene mathematische Algorithmen bearbeitet oder zum Beispiel gespeichert werden. Prinzipiell ist für diese Vorgänge nach der Wandlung keine Taktung notwendig. Einer Festplatte zum Beispiel ist der Takt vollkommen egal. Sie zerreißt die digitalen Worte und verteilt sie so, wie sie gerade Platz findet. Auch die Bearbeitung in einem Computer benötigt keinen Zeitbezug. Die Taktrate ist nach der Wandlung also nur entscheidend, wenn das Signal in Echtzeit übertragen oder zurück gewandelt wird. Sender und Empfänger müssen im gleichen Rhythmus arbeiten, damit keine einzelnen Worte verloren gehen oder zerstört werden.

Stellen Sie sich eine einfache Digitalstrecke vor, die nur aus einem analog zu digital Wandler besteht, der über eine beliebige Digitalschnittstelle mit einem digital zu analog Wandler verbunden ist. Würden nun beide Wandlungsvorgnge in einem eigenen Rhythmus vonstatten gehen, dann kommt am Eingang des D/A-Wandlers vielleicht gerade ein Wort an, während dieser aber noch mit der letzten Wandlung beschäftigt ist. Das Wort würde also einfach verworfen. Als Resultat werden sie einen Knackser hören.

Laufen jedoch beide Wandler im gleichen Takt, erwartet der D/A Wandler ein Signal auch zu dem Zeitpunkt, zu dem der A/D Wandler eines abschickt. Die Daten werden weder beschädigt, noch gehen sie verloren. Ein funktionierender Takt ist also notwendig, um die Übertragung in annähernder Echtzeit überhaupt zustande kommen zu lassen. Die Taktqualität hingegen ist ausschließlich bei einem Domänenwechsel zwischen der analogen und der digitalen Welt entscheidend. Innerhalb einer digitalen Signalkette hat der berühmt-berüchtigte Jitter also überhaupt keine Relevanz, weshalb bei rein digital angeschlossenen Geräten der Systemtakt auch problemlos aus dem Digitalsignal gewonnen werden kann und nicht direkt, in erster Generation, aus dem Clockgenerator stammen muss. Ein digitaler Signalprozessor arbeitet eben nicht besser, wenn man ihn mit einer jitterarmen Clock versorgt. Bevor wir auf das Thema Jitter zu sprechen kommen, bleiben wir zunächst kurz bei der über-

tragung von Audio über die bekannten Digitalschnittstellen. Die meisten digitalen Verbindungen in der Audiotechnik, also zum Beispiel S/P-DIF, AES/EBU, MADI oder ADAT, sind selbsttaktend. Das bedeutet, dass sie nicht nur den Inhalt der Audiowrter übertragen, sondern den zugehörigen Takt gleich frei Haus mitliefern. Außer TDIF, welches zusätzlich Wordclock benötigt, sind damit fast alle relevanten Schnittstellen abgedeckt. Dabei gibt ein Gerät den Takt an das nächste weiter, sofern es mit ihm digital verbunden wurde. Aber es ergeben sich Verbindungen in einem Studio, die diese Weitergabe nicht gestatten. Die Ausgabe des Taktes funktioniert so, dass die einzelnen Bits des Audiowortes im richtigen Rhythmus abgeschickt werden. Hierzu nutzt man den so genannten Biphas-Mark-Code (Diagramm 1). Sie erfolgt daher bei allen Schnittstellen immer nur in der Verbindungsrichtung, also von Ausgang zu Eingang und nie umgekehrt. Die wenigsten A/D-Wandler haben aber einen Digitaleingang und können somit keine Clocksignale auf diesem Wege empfangen. Abgesehen von den klanglichen Aspekten ist es also schon technisch notwendig die Übertragung des Taktes durch eine zusätzliche Verbindung zu ermöglichen. Für diese Aufgabe wurde die Wordclock erdacht. Sie stellt keine eigenständige Digitalschnittstelle dar, sondern überträgt allein den Systemtakt in der jeweilig genutzten Samplefrequenz als einfache Rechteckwelle. Da eine Rechteckwelle aber sehr viele Obertöne hat, muss die Bandbreite der Übertragung bis weit in den Hochfrequenzbereich hineinragen, um die Steilheit der Flanke zu gewährleisten. Nach Fourier müsste ein perfektes Rechteck unendlich viele Obertöne haben. Da dieses aber, wie bereits erwähnt, nicht existieren kann, beschränkt man sich bei der Bandbreite praktischerweise auf einige hundert Megahertz. Bei der Hochfrequenztechnik in diesem Bereich gelten aber bereits andere Regeln als in der normalen Audiotechnik. So gewinnen zum Beispiel Skineffekt und Wellenwiderstand an Priorität und müssen in die Berechnungen für die Übertragungseigenschaften von Sender, Kabel und Empfänger einbezogen werden.

Jitter

Bei Gesprächen über das Thema Clock fällt immer wieder das berüchtigte Schlagwort ‚Jitter‘. Grundsätzlich wird als Jitter die ungewollte Phasenmodulation eines Impulssignals bezeichnet. Dabei gibt es nicht ‚den Jitter‘, sondern mehrere Arten dieses Phänomens, bei deren einzelner Beseitigung die Hersteller durchaus unterschiedliche Prioritäten setzen. Am wichtigsten ist dabei die konstante Phasenmodulation, welche in verschiedenen Frequenzbereichen auftreten kann. Frequenzen unterhalb des Taktgrundtons sind da-



bei leicht mit Filtern in den Griff zu bekommen, andere Frequenzen sind deutlich hartnäckiger. Vor allem, wenn sich die Jitterfrequenz an die des Trägers annähert, steigt der Pegel des Jitters stark an. Die spektrale Verteilung des Jitters ist also ein wichtiges Kriterium bei seiner Eliminierung. Manche Hersteller geben an, dass der Jitter ihrer Clock nicht messbar sei. Da den Angaben jedoch immer Aussagen über die spektralen Komponenten fehlen, kann davon ausgegangen werden, dass nur manche Jitterfrequenzen der Geräte nicht mehr messbar sind, Jitter in bestimmten Spektren jedoch durchaus mit Signifikanz auftritt. Noch schwieriger wird das Entfernen von so genanntem Phasenrauschen, welches die Phase des Rechtecks mit rauschhaftem Charakter, also auf zufällige Weise, moduliert.

Jitter tritt dabei in der Clock selbst auf, aber auch in der Schnittstelle, mit der sie übertragen wird. Aus diesem Grund wird eine getaktete Datenübertragung, wie oben beschrieben, immer jitteranfälliger sein als eine reine Clockübertragung. Die verschiedenen Jitter addieren sich und stören die Qualität des Audiosignals bei der Wandlung empfindlich. Die Auswirkungen von Jitter auf ein Audiosignal können dabei gravierend sein. Durch die Ungenauigkeit in der Taktung entstehen Fehler im analogen Signal, die sich als Intermodulationen oder nichtharmonische Verzerrungen äußern können. Störungen im Phasengleichlauf von Stereokanälen können die Räumlichkeit und Tiefenstaffelung erheblich beeinträchtigen.

Systeminstallation

Angenommen, der Hersteller der Clockquelle hat seine Hausaufgaben beim Design seines Gerätes gemacht, ist der nächste Schritt die korrekte und sorgfältige Verkabelung der gesamten Installation. Die gängigen Verbindungen für das Wordclocksignal sind dabei Koaxialkabel mit BNC-Steckern, die den Systemwiderstand von 75 Ohm genau einhalten. Diese Kabel wurde gewählt, weil man sich zu Zeiten der Normfestlegung die in Fernsehanstalten und vielleicht schon in einigen Tonstudios vorhandene Videoverkabelung zunutze machen wollte. Bis heute habe ich nicht verstanden, wober denn dann die plötzlich ‚heimatlosen‘ Videosignale laufen sollten...

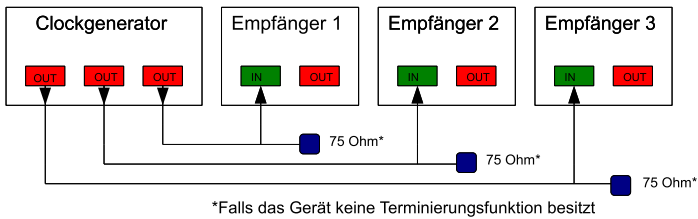
Wichtig ist, dass man nicht in Versuchung gerät, die optisch baugleichen 50 Ohm-Kabel aus der Netzwerktechnik zu verwenden, auch wenn diese einfacher und oft auch günstiger zu bekommen sind. Dies kann zwar im Einzelfall zum Sync-Lock des Empfängers führen, wird aber in jedem Fall die Qualität der Übertragung mindern und dadurch zu Problemen führen. Der Grund liegt darin, dass Kabel und Verbinder mit falschem Widerstand zu Reflexionen an den Übernahmestellen, also Steckverbinder und Kabelende, führen. Wenn Sie sich nun beispielsweise einmal bewusst machen, welche negativen Auswirkungen auf die Präzision der Wiedergabe eine ungünstige Schallreflexion in ihrem Studio haben kann, können Sie sich vielleicht vorstellen, dass der Empfänger des hoch sensiblen Wordclocksignals extrem empfindlich auf Störungen und Echos innerhalb des Signals reagiert. Im schlimmsten Fall kann er sich nicht mehr auf das Signal einlocken, im besten Fall führt es ‚nur‘ zur Verschlechterung der Signalqualität. Wichtig bei der Verkabelung ist, dass jeder Strang an seinem Ende terminiert wird und es auf keinen Fall zu zusätzlichen Terminierungen innerhalb des Strangs kommt. Wenn wir uns kurz an den Physikunterricht der 8. Klasse zurück erinnern, ist auch klar warum:

$$R(\text{Gesamt}) = R_1 * R_2 / R_1 + R_2.$$

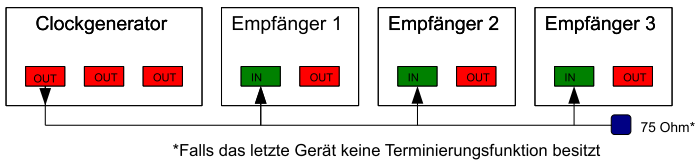
Wir hätten bei steigender Anzahl Terminierungen einen sinkenden Abschlusswiderstand, also eine so genannte Überterminierung und würden somit ungewollte Reflexionen verursachen. Vor allem bei Geräten mit eingebauter Terminierungsfunktion sollte kontrolliert werden, dass diese nicht aus Versehen bei einem Gerät innerhalb der Reihe aktiviert worden ist. Sollte das letzte Gerät keine eingebaute Terminierungsfunktion haben, kann mit einem T-Adapter und einem Aufsteckwiderstand gearbeitet werden.

Die Verkabelung kann dabei auf zwei Arten vollzogen werden, deren Vor- und Nachteile sich gegeneinander aufwiegen. Andere Verbindungsarten, wie zum Beispiel das klassische Daisy-Chaining (also die häufigste Art der Midi-Verbindung: Out->In->Thru/Out->In->Thru/Out->In...) sollten tunlichst vermieden werden. Vor allem die Verbindung in dieser Kettenform ist oft der Grund für sporadisch auftretende Probleme, die nur schwer vom Anwender lokalisiert werden können, da

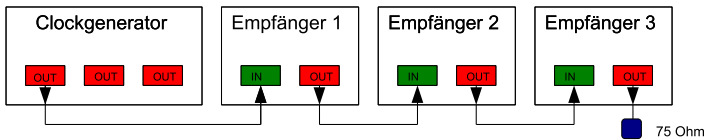
Korrekte (empfohlene) Wordclockverkabelung Variante 1:



Korrekte Wordclockverkabelung Variante 2:



Oft benutzte, falsche Verkabelung (Daisy-Chain):



dieser die Kette als vermeintlich korrekte Anschlussform betrachtet. In der Praxis sieht es dabei aber so aus, dass das Taktsignal vor der Weitergabe am Wordclock-Ausgang des Gerätes zwischengespeichert (gepuffert) oder sogar aufgefrischt wird. Durch diesen Vorgang wird das Signal verzögert weitergegeben und in manchen Fällen in seiner Qualität ‚verschlimmbessert‘. Die korrekten und die falsche Anschlussform entnehmen Sie bitte auch dem Diagramm 2. Bei der Verkabelung mit einem Strang darf die Verbindung von der Clockquelle nicht mit einem T-Adapter geteilt werden. Jeder Strang darf nur in eine Richtung vom Generator ausgehen.

Die Praxis zeigt, dass die maximale Gesamtkabellänge eines Strangs höchstens 10 Meter betragen sollte. Wie überall in der Studioteknik gilt es dabei, die Kabel so kurz wie möglich zu halten. Einige Hersteller empfehlen dabei, alle Kabel gleich lang zu machen, was sich in der praktischen Anwendung oft nicht als praktikabel erweist. Des Weiteren ist zu beachten, dass ein Verteilerzweig niemals mehr als drei Empfänger versorgen sollte, da sonst der Spannungsabfall zu stark werden kann. Natürlich ist es möglich, die Varianten 1 und 2 miteinander zu kombinieren.

Praxis

In jeden Wandler ist immer auch ein Taktgenerator eingebaut. Ob dieser genutzt wird oder nicht, oder gar vom Ent-

wickler gänzlich ausgeschaltet wurde, ist eine andere Frage. Somit kann theoretisch jeder Wandler als Taktgeber genutzt werden, solange er mit allen anderen beteiligten Geräten korrekt verbunden wurde. Bessere Wandlerdesigns zeichnen sich dabei auch immer dadurch aus, dass sie ein gutes eigenes Taktsignal besitzen. In den letzten Jahren kamen aber immer mehr eigenständige Geräte auf den Markt, deren Aufgabe nur die Taktgenerierung und -verteilung ist, ohne einen Wandler zur Verfügung zu stellen. Tatsächlich ist die Erzeugung eines hochwertigen Taktsignals alles andere als eine triviale Aufgabe. Der Aufwand, den manche Hersteller bei ihren Geräten treiben, scheint also nicht aus der Luft gegriffen. Interessanterweise ist das ‚Herz‘ der Digitaltechnik, also das eigentliche Taktgeneratorbauteil, fast immer ein analoges Schwingquarz.

Anfang des Jahres wurde die Clock CC1 des Herstellers Grimm Audio vorgestellt und erregte einiges Aufsehen in der Audioszene. Wir haben dies als Anlass genommen, einen Vergleich mehrerer Geräte durchzuführen und mal zu hören, was verschiedene Kandidaten zu bieten haben. Bitte erwarten Sie nach Art unseres Magazins keinen ‚Shootout‘ mit der abschließenden Kür eines Siegers. Letztendlich ist die Wahl eines Studiogerätes, egal welchen Einsatzzweckes, keine Entscheidung, die anhand einer Bestenliste in einem Magazin fallen sollte. Eine solche Liste wäre auch unfair den Mitbewerbern gegenüber, die vielleicht andere, wichtige Funktionen bieten und dadurch für den professionellen Anwender sogar die bessere Lösung darstellen oder zum Zeitpunkt des Tests einfach nur nicht zur Verfügung standen. Vielmehr geht es uns darum, einen generellen Blick auf die Thematik der externen Taktgeneratoren und deren Vor- und Nachteile sowie die allgemeine Wandler-Qualitätsverbesserung zu werfen. Auch auf besondere Funktionen der einzelnen Teilnehmer konnte nur bedingt eingegangen werden.

Unsere Wahl fiel aus folgenden Gründen auf diese Kandidaten: ‚Big Ben‘ vom Hersteller Apogee ist nach unserem Wissensstand eine der am meisten verbreiteten externen Clocks. Mutec, als einziger uns bekannter Taktgeber, der Redundanzmöglichkeiten bietet und somit für den professionellen Einsatz, vor allem auch im Rundfunk und Fernsehen, prädestiniert scheint. Dritter Kandidat - und wie schon erwähnt Anlass unseres Tests - war die Grimm Audio CC1-Clock, die als neues Gerät vor allem bei Anwendern mit extremen Anforderungen an die Klangqualität zur Zeit regelrechte Begeisterungstürme verursacht. Als ‚stille Referenz‘ beziehungsweise Bezugspunkt in unseren Tests nutzten wir die eingebaute Clock unseres DAIS-Audiorouters von Audio Service aus Hamburg, der auch sonst für die Bereitstel-



lung des Systemtaktes unseres Studios zuständig ist. Als Letztes verwendeten wir die Clock eines alten Digital-Recorders, der uns als ‚Low-End‘-Bezug dienen sollte. Werfen wir zunächst einen Blick auf die Kandidaten.

Apogee Big Ben

Big Ben stellt mit der so genannten ‚C777‘-Clock-Technologie ein Derivat aus der X-Wandlerreihe des US-amerikanischen Herstellers Apogee dar. Das Gerät ist im bekannten Apogee-Design gehalten und bietet auf der Vorderseite folgende Funktionen und Kontrollmöglichkeiten. Ganz links findet sich der Netzschalter, der intern mit einem Jumper auf drei Funktionsweisen gesetzt werden kann. Diese sind das Einschalten beim Drücken des Netzschalters, das automatische Einschalten, sobald das Gerät mit Strom versorgt wird, wobei der Netzschalter aber funktionsbereit bleibt, sowie die vollständige Deaktivierung des Netzschalters. Dadurch kann Big Ben sorgenfrei in einem Maschinenraum untergebracht werden und muss nicht separat an- oder ausgeschaltet werden.

Auf der Frontplatte folgt ein Tastenkreuz, mit dem alle Setup-Funktionen des Gerätes gesteuert werden. Anschließend findet sich ein Displaybereich, in dem die Sample-rate alphanummerisch abgelesen werden kann. Des Weiteren finden sich hier LEDs für die Quelle des Taktes und den Lockzustand des Gerätes auf die Quelle, unterteilt in Weitbereichs- und Nahbereichslock (unter 1 Prozent Phasenunterschied zwischen dem eingehenden Taktsignal und dem Ausgang des Gerätes). Die nächsten LED-Reihen zeigen das Format der digitalen Schnittstellen der Big Ben an. Verfügbar sind hier S/PDIF, ADAT und die zwei SMUX-Formate 2 und 4 für den optischen Ausgang sowie einfache oder doppelte Datenrate für den AES/EBU-Ausgang.

Für Anwender, die variable Sampleraten nutzen müssen, bietet Big Ben die freie Frequenzwahl oder feste Variationen von $\pm 0,1$ und ± 4 Prozent der Standardraten. Außerdem können unabhängig von der generellen Abweichung aller Wordclockanschlüsse die Ausgänge 5 und 6 auf Vielfache der Grundfrequenz gesetzt werden. Hier bietet das Gerät die Möglichkeit der Variation von $1/4$, $1/2$, 1, 2, 4 und 256facher Ausgangsfrequenz. Letztere Option liefert den

richtigen Takt für Geräte, die im Pro Tools-Format arbeiten. Als letzte, in der Praxis sehr hilfreiche Funktion auf der Bedienoberfläche bietet Big Ben Fehlerindikatoren für alle 6 Wordclock-Ausgänge. Hier kann separat für jeden Anschluss abgelesen werden, ob der Ausgang korrekt terminiert wurde, ob eine Überterminierung stattfindet (also zum Beispiel ein Kurzschluss zwischen Schirm und Leiter des Kabels) oder ob keine Terminierung im Signalweg festgestellt werden konnte.

Anschlussseitig bietet das Gerät neben dem Kaltgerätenetzstecker 6 Wordclockausgänge als BNC-Stecker, einen BNC-Eingang (intern terminiert) für Wordclock oder Videosignal (Black + Burst), je einen optischen Ein- und Ausgang, Cinch-Anschlüsse für den S/PDIF-Ein- und Ausgang, je zwei AES/EBU-Schnittstellen als XLR-Buchsen und einen bei unserem Gerät nicht genutzten Slot für Zusatzoptionen.

Wenn man das Gerät öffnet, bietet es einem neben den bereits erwähnten Einschaltmodi noch zwei weitere Jumper, mit denen Spezialeinstellungen vorgenommen werden können. Der eine erlaubt das Unterdrücken der ‚SureLock‘-Funktion, die das ausgegebene Wordclocksignal weiterführt, auch wenn der gewählte Eingang plötzlich keine Referenz mehr empfängt. Diese Funktion ist in Livesituationen sicher extrem wichtig, erschwert aber in einer unkritischen Umgebung die Störungssuche und sollte dann ausgeschaltet werden. Der andere Jumper bietet die Möglichkeit, die eingebaute Formatwandlungsfunktion zwischen den verschiedenen Digitalschnittstellen zu deaktivieren.

Grimm CC1

Die Erscheinungsform des Grimm-Gerätes fasziniert und ist ein echter Blickfang in den meisten, doch recht technisch aussehenden Racks der Tonstudios und Produktionsräume. Die Frontplatte besteht komplett aus einer Edelholzplatte, in die alle Beschriftungen eingegraben wurden. Der i-Punkt des Markennamens ist ein sehr kleines Loch, welches von einer weißen LED von hinten erleuchtet wird. Auf der rechten Seite finden sich drei versenkte Tasten, deren Funktionsanzeigen nach dem gleichen Prinzip gestaltet sind wie der Grimmsche i-Punkt. Die erste Taste ist für die Umschaltung der Grundfrequenz des Gerätes zuständig.

Die drei Schaltzustände sind dabei 44,1 kHz und 48 kHz, in denen das Gerät im Mastermodus arbeitet, sowie ‚Slave‘ für die externe Taktung des Gerätes. Die anderen beiden Tasten schalten die Multiplikatoren der Grund-Samplefrequenz für zwei Gruppen der Wordclockausgänge. Es stehen dabei die Faktoren ‚einfach‘, also 44,1 und 48 kHz, ‚doppelt‘ für 88,2 und 96 kHz sowie ‚vierfach‘ mit 176,4 und 192 kHz zur Verfügung. Alle weiteren Funktionen und Anschlüsse befinden sich auf der Geräterückseite. Neben dem Kaltgeräteanschluss und dem Netzschalter finden sich dort 16 Wordclock-Ausgänge, die in die bereits erwähnten beiden Gruppen unterteilt sind. Sinnvollerweise sind diese Gruppen nicht gleich groß, sondern teilen sich in eine kleine Vierer- und eine große 12er-Gruppe auf. Alle Wordclock-Ausgänge lassen sich über drei DIP-Schalterreihen in ihrer Terminierung von 75 Ohm auf 30 Ohm herabsetzen. Mit einem weiteren DIP-Schalter lassen sich die Ausgänge 11 bis 14 in ihrer Phase um 180 Grad drehen.

Weiter links finden sich auf der Rückseite noch ein Wordclock-Eingang sowie ein AES3- (AES/EBU-) Ein- und Ausgangspärchen in gewohnter XLR-Bestückung. Mit einem einzelnen DIP-Schalterchen kann bestimmt werden, ob der AES3-Ausgang ein am Eingang anliegendes Audiosignal (natürlich mit neuer Clock versehen) weitergibt oder es unterdrückt. Als letztes findet sich zwischen den beiden XLR-Armaturen eine LED, die den Status des am AES3-Eingang anliegenden Signals signalisiert.

Mutec iClock

Die iClock des Berliner Herstellers Mutec ist der einzige Taktgeber im Test, der Redundanzoptionen anbietet und sich dadurch für den Einsatz in Übertragungen, im Ü-Wagen oder in Livesituationen prädestiniert. In der ‚dp‘-Version bietet die iClock sogar zwei vollständig redundante Netzteile mit separaten Kaltgeräteanschlüssen; dafür muss dort, vermutlich aus Sicherheitsgründen, auf einen Netzschalter verzichtet werden.

Die Frontplatte ist in dezentem, aber sehr wertigem Design gehalten. Die dunkelblaue Frontplatte bietet ein sehr großes, blau beleuchtetes Display, auf dem fast alle Einstellungen und Informationen abgelesen werden können. Als weitere Statusanzeigen gibt es drei blaue LEDs, die

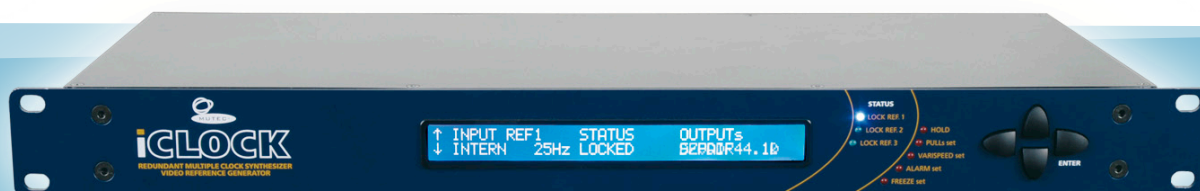
den Lockstatus der drei möglichen Clockquellen des Gerätes darstellen. Fünf rote LEDs zeigen wichtige Systemmeldungen an, die den normalen Betrieb stören oder unterbrechen. Sollte es also auf der Frontplatte rot leuchten, muss der Anwender den Arbeitszustand des Gerätes prüfen. Als letztes findet sich auf der Frontplatte ein Steuerkreuz aus vier Tastern, mit denen auf alle Menüfunktionen des Gerätes zugegriffen werden kann.

Die Rückseite bietet umfangreiche Anschlussmöglichkeiten; ganz rechts beginnend mit Netzanschluss und Netzschalter. Daneben befinden sich ein Erweiterungs-Slot, der bei unserem Gerät nicht bestückt war, ein RS 485-Anschluss zur Steuerung über einen Computer (nach unserem Informationsstand ist die Software hierzu noch nicht verfügbar) und am anderen Ende des Gerätes ein weiterer, kleiner Erweiterungs-Slot, in dem Alarmausgänge auf einem D-Sub-Anschluss installiert werden können. Über letzteren lassen sich Funktionen steuern, die im Falle einer Betriebsstörung wichtige Umschaltvorgänge oder Alarmmeldungen vornehmen.

Die iClock bietet zwei Eingänge im BNC-Format, auf denen fast alle Taktformate anliegen dürfen, die es irgendwo im Umfeld eines Studios geben kann. Hier besteht also freie Wahl zwischen Videoformaten, Wordclock oder zum Beispiel S/PDIF - aber auch exotische Signale wie Telecom-Takte oder das Funkuhrsignal DCF77 der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt können als Zeitreferenz verwendet und angeschlossen werden. Eine Ausnahme bildet AES3, welches eine symmetrische Verbindung benötigt, wofür als dritter Eingang ein XLR-Anschluss zur Verfügung steht. Ausgangsseitig finden sich vier Videoanschlüsse und acht Wordclockausgänge als BNC-Buchsen sowie vier AES3 als XLR- und zwei S/PDIF als Cinch-Buchsen. Alle Anschlüsse sind dabei in Gruppen eingeteilt, deren Parameter unabhängig eingestellt werden können. Jede Gruppe bietet jeweils zwei Ausgänge des gleichen Anschlussformats, die als A und B bezeichnet sind.

Der Testablauf

Die Idee zur Durchführung eines Taktgenerator-Tests kam mir, nachdem ich im Tonstudio eines Kunden eine Vorführung erhielt, bei der mir der Unterschied zwischen einer





sehr hochwertigen Clock und einem deutlich in die Jahre gekommenen PCI-System demonstriert wurde. Obwohl zwischen den Vergleichen immer ein deutlicher Zeitraum lag, in dem die Kabel umgesteckt wurden und das System sich auf den neuen Taktgeber einlockte, schienen mir die Unterschiede zwischen den beiden Klangbildern so deutlich, dass ich sie problemlos im Blindvergleich unterscheiden konnte. Da mir jedoch die Fähigkeiten des Gehirns, sich selbst zu täuschen, bewusst sind und das akustische Kurzzeitgedächtnis beim Menschen leider nicht so ausgeprägt ist, wie man es sich aus Gründen der Objektivität wünscht, dachte ich über die Umsetzung eines objektiveren Klangvergleichs nach. Das Ergebnis dieser Überlegung sind die folgenden Testreihen.

Als Testsignale nutzte ich Aufnahmen der Band Mud Mahaka, die ich vor wenigen Wochen in den Leipziger FWL Studios angefertigt hatte und die von mir im verlagseigenen Studio auf dem dort installierten analogen ADT-Pult gemischt wurden. Die Mischung gestaltete sich dabei so, dass wir 24 Kanäle aus unserer Workstation auf das Pult ausspielten und die Summe wieder digitalisiert in einen Recorder führten. Natürlich wurde bei den Anschlüssen penibel auf die korrekte Terminierung der Verkabelung geachtet. Als Wandler nutzten wir D/A-seitig die Steckkarten unseres DAIS; als Referenz-A/D-Wandler kam das TC System 6000 zum Einsatz. Damit führten wir drei unterschiedliche Testdurchgänge mit jeweils allen Kandidaten durch. Zuerst wurden alle im System befindlichen Wandler (24 D/A- und zwei A/D-Wandler) und Digitalgeräte zentral von allen fünf Testkandidaten getaktet. Das heißt, dass sich D/A- und A/D-Wandler im gleichen Takt befanden. Auf diesen besonderen Fall werde ich weiter unten genauer eingehen.

In zwei weiteren Testreihen wurde die D/A-Seite von der A/D-Seite abgekoppelt und beide wurden unabhängig getaktet. Jeweils eine Seite blieb dabei auf dem DAIS-Bezugstakt und die andere Seite wechselte die Taktgeneratoren der Reihe nach. Alle drei Testdurchgänge wurden anschließend wieder in den Computer geladen. Dort wurden sie anonymisiert in einem ABX-Test über einen Benchmark DAC₁-Wandler abgehört. Auch diesmal musste der Wandler natürlich eine Taktquelle bekommen, bei der wir uns wiederum für das DAIS entschieden, um die Objektivität zwischen den drei Testge-

räten nicht in Zweifel zu ziehen. Wir sind uns bewusst, dass dies nur eine von vielen möglichen Konfigurationen darstellt, die aber in der Praxis nicht alle getestet werden können. Wie Sie weiter unten lesen können, schienen uns die Ergebnisse der Hörtests eindeutig genug, um zu einer generellen Aussage kommen zu können. Wenn Sie sich für die Verwendung einer hochwertigen Clock entschieden haben, können Ihre Hörerlebnisse möglicherweise noch signifikanter als unsere sein, da das gesamte System und nicht nur Teile von der Qualitätssteigerung profitieren können.

Ergebnisse

Wie Sie möglicherweise schon am letzten Absatz erkennen konnten, waren sich alle am Hörtest beteiligten Personen einig, dass es deutliche und wiedererkennbare Unterschiede zwischen den unterschiedlich getakteten Wandlern gibt. Die drei verschiedenen Testanordnungen ergaben aber auch so unterschiedliche Ergebnisse, dass deren Bewertung für die praktische Anwendung hochinteressant ist.

Der erste Test, bei dem alle beteiligten Geräte ihr Clocksignal vom gleichen Taktgeber erhielten, verlief ernüchternd. Es waren tatsächlich keine Unterschiede wahrnehmbar. Selbst mit einem Referenzkopfhörer war es allen drei Testhörern nicht möglich, Unterschiede auszumachen. Die Erklärung für diesen Umstand besteht darin, dass sich die Fehler in der Taktung der einzelnen Wandler ausgleichen. Betrachten wir einmal eine mit einem Jitter belegte D/A-Wandlung und stellen uns vor, dass ein Sample mit einem extremen zeitlichen Fehler ausgegeben wird. Nun befindet sich der A/D-Wandler im gleichen Takt und digitalisiert das mit dem Fehler belegte, analoge Audiosignal wieder mit dem gleichen Samplezeitfehler. Das Resultat ist die Auslöschung des Fehlers im resultierenden Audiofile. Solange alle Arbeitsstufen zwischen den beiden Wandlungen analog ablaufen, werden sich solche Fehler zu einem gewissen Prozentsatz aufheben. Natürlich trifft dies nicht zu, wenn sich eine zeitliche Verzögerung zwischen den beiden Wandlungen ergibt. Da diese aber im Regelfall digital stattfindet, ergäbe sich eine weitere Wandlung. Sollte diese wieder im Systemtakt ablaufen, wäre die gleiche Situation vorhanden wie oben beschrieben.



Aus dieser Betrachtung heraus könnte man zu der Ansicht kommen, dass in einer solchen Schleifensituation die Qualität der Taktung keine Rolle spielt. Dies ist aber nicht korrekt. Wandler arbeiten bei geringem Taktjitter in vielerlei Hinsicht neutraler als mit einem schlechten Takt. Vor allem können, wie bereits erklärt, Verzerrungen entstehen, die sich bei der Rückwandlung natürlich nicht wieder vollständig aufheben. Da außerdem zwischen den Wandlerstufen in den meisten Fällen eine Bearbeitung oder Summierung stattfindet, sollte die höchst mögliche Qualität an die analoge Domäne ausgegeben werden. Die Ursache dafür, dass wir keine Unterschiede wahrnehmen konnten, liegt nach unserem Ermessen an der speziellen Situation, dass wir keine wirklich schlechte Clock im Test verwendet haben (der Mehrspurrekorder wurde erst im nächsten Test verwendet). Es wäre daher grundsätzlich falsch, aus diesem theoretischen Konstrukt heraus eine schlechte Systemtaktung zu akzeptieren.

Dennoch sind die Versuche in den anderen Anordnungen eindeutiger ausgefallen. Vor allem zeigte sich, dass die A/D-Wandlung stärker auf unterschiedliche Taktung reagiert als die D/A-Wandlung. Die Unterschiede unserer Testfiles bei wechselnd getaktetem A/D waren weitaus deutlicher als die bei variierendem Clocksignal für die D/A-Stufen. Die wichtigste Wandlung ist und bleibt damit die allererste Generation, vom Mikrofon in die digitale Ebene. Fehler, die hier dem Signal eingepreßt werden, sind irreparabel und werden bis in das fertige Produkt weitergegeben. Vor allem in der Räumlichkeit und Tiefenstaffelung steigerte sich die Qualität der Wiedergabe mit den unterschiedlichen Clocks.

Außerdem war es uns möglich, minimale Verschiebungen in der Obertonstruktur der Signale auszumachen. Die Gründe hierfür liegen vermutlich in den unterschiedlichen Samplefrequenzen der einzelnen Geräte. Die akustische Bewertung dieser Verschiebung fiel uns schwer. Es muss aber gelten, dass die Clock mit der genaueren Samplefrequenz die

bessere ist. Nur mit möglichst präziser Frequenz ergibt sich durch den Schnitt der vielen Abspielsysteme die höchste Anzahl richtiger Wiedergaben. Durch diesen Umstand konnten sich die drei Kandidaten von unserer nicht ganz optimal kalibrierten DAIS-Clock absetzen. Unterschiede zwischen den drei Kandidaten waren zumindest in dieser Hinsicht nicht auszumachen. Fritz Fey und ich konnten unsere persönlichen Sieger küren, die aber leider nicht identisch waren. Dieter Kahlen konnte die Unterschiede benennen, sah sich aber außerstande, ein Vergleichsurteil für oder gegen einen der Kandidaten abzugeben. Klar ist, dass die drei Testgeräte durchaus unterschiedlich klingen. Mutec wirkt dabei extrem präzise, vielleicht etwas neutral. Grimm klingt sehr schön und genau, dabei aber mit einer leichten, sehr subjektiven Gefälligkeit. Apogee scheint die am wenigsten neutrale, dabei aber wirklich schön klingende Clock zu sein.

Zum Schluss

Ich bin mir der Tatsache bewusst, dass ich mit den vorangegangenen Aussagen den festen Boden der Wissenschaftlichkeit verlassen muss und in den subjektiven Bereich ‚abdrifte‘. Ich möchte Ihnen dennoch dieses Urteil an die Hand geben, damit sie eine Orientierung bekommen, in welcher Richtung sie nach Ihrem Lieblingsgerät suchen sollten. Natürlich ist die Kombination zwischen Clock und Wandler entscheidend wichtig. Man könnte zum Beispiel bestimmte Wandler-Clock-Kombinationen dazu nutzen, klanglich positive Effekte zu verstärken oder eine sonst extrem neutrale Wandlung gehörmäßig angenehmer zu gestalten. Messtechnisch betrachtet, fehlen allerdings die Möglichkeiten, um den ‚richtigsten‘ der drei Generatoren zu benennen. Ich bin jedoch der Meinung, dass die klanglichen Auswirkungen unterschiedlicher, hochwertiger Clocks nur noch im Rahmen von zwei bis drei Prozent letzter Klangqualität liegen und somit der Geschmack entscheiden sollte und darf.





FRIEDEMANN KOOTZ, ABBILDUNGEN: FRIEDEMANN KOOTZ

Es fährt ein Zug nach Nirgendwo...

THEORIE UND PRAXIS DER WORDCLOCK-ANWENDUNG, TEIL 2

...Hauptsache, er fährt pünktlich ab. Dass dies in der digitalen Audiotechnik nicht ganz so einfach ist, haben wir in der letzten Ausgabe des Studio Magazins zeigen können. Es kommt eben nicht nur darauf an, dass man pünktlich los kommt und irgendwie fährt, sondern auch auf die Strecke, die Signale und allerlei Hindernisse auf dem Weg. Rechtzeitig ankommen ist letztendlich das Wichtigste. Je pünktlicher, desto besser. Während der Nachbereitung des Wordclock-Artikels in der letzten Ausgabe haben sich Sachverhalte herauskristallisiert, deren Einflüsse auf die Qualität der gesamten Wandlung durchaus relevant und eine genauere Betrachtung wert sind. Was nützt einem der beste Takt, wenn er unpünktlich oder sogar beschädigt sein Ziel erreicht. Und leider ist das Ziel eben nicht die Buchse am Empfangsgerät, sondern der Wandlerchip auf der Platine. Ich möchte Sie daher einladen, noch einmal mit uns in die Tiefen des digitalen Takts vorzudringen und die technische, für den Einen oder die Andere vielleicht überraschende Realität über das Thema Clocking zu erforschen.

Bei der Betrachtung von Clock-Generatoren, der richtigen Clock-Verteilung und deren Anwendungsgebieten habe ich schon im ersten Teil einige grundlegende Zusammenhänge erklärt. Diesmal werde ich noch etwas genauer auf die Ursachen von Jitter eingehen und schauen, mit welcher Relevanz er in welchen Bereichen auftreten kann. Der theoretische Ausgangspunkt dazu ist die Erkenntnis des Herstellers Grimm Audio, dass Jitter in den Seitenbändern der Taktfrequenz einen entscheidenden Einfluss auf den Audibereich und somit die Hörbarkeit von durch Jitter verursachten Artefakten zu haben scheint. Diese Annahme ist, soweit wir wissen, bisher nicht sehr weit verbreitet und soll uns daher diese Betrachtung wert sein.

Wichtig für eine tiefere Analyse ist die Frage, was in einem Analog-zu-Digital-Wandler passiert, bevor die eigentliche Wandlung stattfindet. Beim besseren Verständnis der technischen Zusammenhänge sowie für begleitende Messungen stand uns Grimm Audio in Theorie und Praxis mit Rat und Tat zur Seite - allerdings natürlich erst nach dem Erscheinen der letzten Ausgabe. Die großzügige Unterstützung durch diesen Hersteller hatte also in keiner Weise Auswirkungen auf die Bewertung unseres Hörtests; dies gilt natürlich ebenso für die in diesem Artikel veröffentlichten Messergebnisse. Das Thema ist schlicht und einfach zu komplex, als dass man alle relevanten Aspekte ohne fachliche Unterstützung korrekt beleuchten könnte.

Der Teufelskreis – die PLL

Werfen wir einen Blick in einen fiktiven, nach dem Prinzip der Delta-Sigma-Modulation arbeitenden A/D-Wandler, der sich unter anderem aus den - für unsere Betrachtungen entscheidenden - Komponenten Taktgenerator, Wandlerchip, Wordclock-Eingangsstufe und einer ‚Phase Locked Loop‘-Schaltung zusammensetzt. Ob diese Einzelteile in einem oder mehreren Chips sitzen oder gar vollständig diskret aufgebaut sind, kommt natürlich auf den Preis und den Anspruch des Entwicklers an sein Gerät an. Wird der Wandler intern getaktet, dann liefert ein Oszillator das Taktsignal, die so genannte Bitclock. Die Bitclock ist ein Rechtecksignal mit der Frequenz der realen Abtastung (also nicht der eingestellten Samplefrequenz, sondern einem Vielfachen davon). Sie taktet den eigentlichen Wandlungsvorgang in 1-Bit-Schritten. Die Multiplikation zur Samplegrundfrequenz (also z.B. 44.100 Hz) kann zum Beispiel $\times 256$ oder $\times 128$ betragen, wenn der Wandler, wie in unserem Beispiel, in Delta-Sigma-Bauweise konstruiert ist und mit Oversampling arbeitet. Der Oszillator ist dabei oft als Schwingquarz ausgeführt, der prinzipiell erstaunlich präzise und stabil in seiner Taktgebung ist. Natürlich wird die Taktqualität aber entscheidend von den Gegebenheiten des elektronischen Umfeldes, zum Beispiel der Elektronik hinter dem Quarz, bestimmt. Dennoch hängt der Wandlerchip mittelbar an seiner Clock-Quelle und die Taktung ist bei gut durchdachten Clock-Generatoren sehr genau, da sie keine weiteren Regelemente durchläuft. Durch den minimalen räumlichen Abstand ist die ‚Angriffsfläche‘ für Einstreuungen sehr gering.

Wird der Wandler nun aber extern getaktet, so ändert sich die Funktion der Taktspeisung und eine Schaltung kommt ins Spiel, deren Motto im Bezug auf Jitter in der Audioanwendung leider manchmal ‚gut gemeint ist das Gegenteil von gut‘ lauten müsste - die Phase Locked Loop, kurz

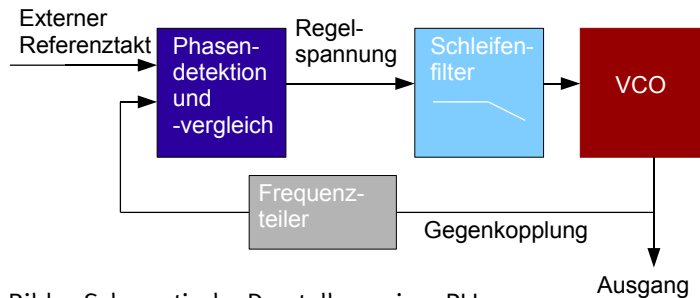


Bild 1: Schematische Darstellung einer PLL

PLL. Das Design dieser Schaltung kann sehr unterschiedlich sein und sich, positiv wie negativ, entscheidend auf die letztendliche Qualität des von ihr generierten Signals auswirken. Prinzipiell stellt eine PLL einen regelbaren Oszillator dar (zum Beispiel den sonst als direkte Clock-Quelle verwendeten Quarzoszillator), dessen Frequenz und Phase mit der des Eingangssignals verglichen wird. Aus der Abweichung wird eine Steuerspannung generiert, die den Oszillator nachregelt, um den Frequenz- und Phasenunterschied beider Signale so klein wie möglich zu halten. Eine schematische Darstellung finden Sie in Bild 1. Der Oszillator ist hier allgemein gehalten als VCO bezeichnet; einen Quarzoszillator bezeichnet man als VCXO (Voltage Controlled Crystal Oscillator) - das Blockschaltbild bleibt aber gleich. Den Fangbereich der Schaltung, also wie weit das Eingangssignal vom Oszillator abweichen darf, bevor keine Nachregelung mehr erfolgt, legt dabei der Schaltungsaufbau fest. Es ist kaum sinnvoll und technisch schwierig, ein Signal mit einer extrem abweichenden Frequenz weiter als Referenz zu verwenden. Außerdem können Quarzoszillatoren nur in einem sehr schmalen Frequenzbereich von etwa 100 ppm (0,01 %) in ihrer Resonanzfrequenz variiert werden. Mehrstufige PLL-Schaltungen erlauben dabei eine Weitbereichs- und eine Nahbereichsverriegelung. Die Umschaltung der verschiedenen Fangbereiche ermöglicht auch Varispeed-Anwendungen oder Pull-Up/Down-Sampleraten, auf die ich später noch zurückkommen werde.

Die Aufgabe der PLL-Schaltung ist es, das eingehende Taktsignal für den Wandler auf die Bitclockfrequenz zu übersetzen, ihn mit der Referenzclock verkoppelt zu halten und eventuell verrauschte Taktsignale aufzubereiten. Die Übersetzung funktioniert so, dass das rückgekoppelte Taktsignal vor dem Phasenvergleich dividiert wird. Verglichen werden also zwei Signale bei einfacher Samplerate, die resultierende Steuerspannung regelt aber den Generator, der das vielfache Signal erzeugt. Dabei sollen Jitter und Störungen am Eingang für den eigenen Takt minimiert werden. Dies gelingt, vor allem für hochfrequente Jitteranteile, eigentlich recht gut. Technisch gesehen hängt also jeder Wandler auch als Slave immer an seiner eigenen Clock, die aber

mit der Außenwelt synchronisiert und dadurch von der Referenzfrequenz moduliert wird. Die PLL ist, wie man sieht, leider technisch notwendig, um eine Taktzuführung überhaupt zu ermöglichen. Wollte man auf sie verzichten, wäre es notwendig, das Wordclocksignal mit der Frequenz der Bitclock zu übertragen. Dies ist aber in Praxis nicht möglich, da verschiedene Wandler mit unterschiedlichen Multiplikationsfaktoren arbeiten. Die Firma Digidesign hatte bei ihrem Protools Mix-System den Versuch unternommen, die Übertragung bei Bitclockfrequenz, als sogenannte ‚Super Clock‘, zu etablieren. Dieser Versuch wurde mit der nächsten Gerätegeneration nicht weiter verfolgt. Außerdem gibt es keine genauen technischen Normen für Wordclock-Signale, die es erlauben würden, den externen Takt direkt auf den Chip zu führen. Die Wandlerhersteller müssen die PLL daher als ‚notwendiges Übel‘ in Kauf nehmen.

Wir führen unserem Wandler eine hypothetische externe Clock zu, die über die Wordclock-Verbindung übertragen wird und deren Qualität dem theoretischen Optimum entspricht. Der Oszillator des internen Gerätes wird leider in keinem Fall genau der Frequenz des Referenztaktes entsprechen. Das bedeutet, dass die PLL-Schaltung irgendwann damit beginnt, das Taktsignal nachzuregeln. Wenn das Signal den Referenztakt erreicht, generiert die Vergleichsschaltung keine Steuerspannung mehr und die PLL hört auf zu arbeiten. Die Verwendung von Filtern im Regelkreis ist notwendig, da die generierte Steuerspannung von Störungen bereinigt werden muss, um den Oszillator beim Regelvorgang nicht mit überlagerten Störspannungen zu modulieren. Zweitens hat das verwendete Tiefpassfilter einen entscheidenden Einfluss darauf, ob die extern zugeführte Clock oder der interne Oszillator die stärkere Auswirkung auf die Bitclock hat. Oberhalb seiner Eckfrequenz steigt der Anteil des internen Taktgebers; unterhalb davon ist die extern zugeführte Referenz-Clock maßgebend. Die Ursache dafür finden Sie im Kasten ‚Schleifenfilter‘ genau erklärt. Der Pferdefuß dieser theoretischen Betrachtung liegt leider darin, dass die Eckfrequenz durch das Design des Wandlers festgelegt ist und dem Anwender verborgen bleibt. Hier entsteht ein Unsicherheitsfaktor, der eine Signalverbesserung nicht vorhersehbar macht und der dem Entwickler die Entscheidung schwerer macht, welche Spektralbereiche als am kritischsten angenommen werden müssen.

Die Laufzeit, die durch die Filterung und die übrigen Bauteile der Gegenkopplung entsteht, birgt eine Gefahr, da sie einen Phasenversatz verursachen kann. Das korrigierte Signal muss sozusagen über sein Ziel hinaus schießen und löst erneut einen Regelvorgang aus, diesmal in die entgegengesetzte Richtung. Schlecht realisierte PLLs können da-

Schleifenfilter

Die Filterfrequenz des Tiefpass-Filters im Regelkreis der PLL (Schleifenfilter) teilt das Signal in zwei Frequenzbereiche auf - einen tieffrequenten Anteil (LF) unterhalb der Grenzfrequenz und einen hochfrequenten Anteil (HF) oberhalb dieser. Nehmen wir an, dass die externe Clock sehr gute LF-Jitterwerte hat, aber im HF-Bereich mit Jitter belastet ist, so wird durch den Tiefpassfilter der LF-Bereich ins Signal ‚übernommen‘ und der HF-Bereich verändert. Ob der HF-Bereich verbessert oder verschlechtert wird, hängt davon ab, ob der interne Oszillator im HF-Bereich bessere Werte aufweist als die Referenz von außen. Der LF-Jitter des internen Takts ist im Slave-Modus egal, da er ausgefiltert wird.

Ist aber der externe Takt im LF-Bereich schlecht, dann wird dieser Jitter zum Ausgang weiter gegeben. Sollte die interne Clock auch nicht gut sein, addieren sich schlechter LF-Wert von außen und schlechter interner HF-Wert. Wenn beide Clockquellen sehr gut sind, addiert die PLL lediglich 1dB Jitter im Bereich der Grenzfrequenz. Dieser ist jedoch zu vernachlässigen.

Entscheidend ist also die Grenzfrequenz des Schleifenfilters, die eine Verbesserung von außen in einem weiten oder nur in einem schmalen Frequenzbereich zulässt. Für den Hersteller externer Taktgeber bedeutet dies, dass er seine Anstrengungen auf den LF-Bereich fokussieren sollte, da er wenig bis keinen Einfluss auf das Resultat im HF-Bereich haben kann. Wie weit der LF-Bereich reicht, ist leider durch die unbekanntenen Grenzfrequenzen nicht vorhersehbar.

durch anfangen, um die Zielfrequenz zu schwingen. Doch selbst dann, wenn man von einer gut durchdachten PLL ausgeht, steckt diese in dem ‚Dilemma‘, dass der interne Taktgenerator zumindest im HF-Bereich gleich gut oder besser sein müsste als die externe Referenzclock. Ist dies nicht der Fall, kann die PLL ihrem eigenen ‚Teufelskreis‘ nicht entkommen und verschlechtert das Signal im HF-Bereich auf jeden Fall, da der externe Referenztakt ja insgesamt hypothetisch perfekt war. Leider ist er aber eben nicht direkt nutzbar. In der Praxis kann es aber natürlich kein perfektes Taktsignal am Eingang geben. Hier gilt nun, durch Hören abzuwägen, ob das PLL-Ausgangssignal trotzdem, durch die eventuellen Verbesserungen im LF Bereich, besser ist, als das Signal der unregelmäßigen, internen Clock. Außerdem muss untersucht werden, ob die Störungen im HF-Bereich eine Verbesserung im LF-Bereich im Ergebnis qualita-

Intermodulation und Jitterseitenbänder

Grundsätzlich ist Jitter nicht nur innerhalb des Frequenzbereichs des Taktsignals relevant, sondern, zum Beispiel als Rauschen oder mit tonalem Charakter, auch in den benachbarten Frequenzbereichen, den so genannten Seitenbändern (ober- und unterhalb der Taktfrequenz). Wird nun ein Samplingvorgang von diesem Clocksignal getaktet, entstehen Intermodulationen, die sich in den hörbaren Frequenzbereich spiegeln. Die Diagramme zeigen auf der horizontalen Achse also diese korrespondierenden Störfrequenzen im Audioband und nicht die verursachenden Jitterfrequenzen. Das bedeutet, dass jitterbehaftete Frequenzen in den Seitenbändern beim Vorgang der Wandlung nichtlineare Verzerrungen im Produkt verursachen können und somit wahrnehmbar werden. Dabei treten sie nur auf, wenn auch Signal vorhanden ist. Das heißt, sie steigen mit höheren Audiopegeln an und sinken bei kleinen Pegeln ab. Sie sind also nur bei laufender Modulation nachweisbar und keine statisch auftretenden Störungen, wie etwa Rauschen. Die vertikale Achse zeigt die Abweichung der Jitterfrequenz von der idealen Flanke des Taktsignals in Sekundenbruchteilen und entspricht nicht dem Pegel der resultierenden Frequenz im Audioband!

Ein Beispiel zur Verständnis: Eine Pegelspitze von 10 Pikosekunden bei 1 kHz im Diagramm würde bedeuten: Eine Frequenz im Bereich der Taktfrequenz oder deren Seitenbändern ist mit einem 10 pS langen Jitter belegt und verursacht dadurch ein nichtlineares Verzerrungsprodukt bei 1 kHz im Audioband. Die tatsächliche Frequenz des Jittersignals bleibt dabei unbekannt, ist aber für unsere Betrachtungen auch nicht relevant.

tiv überwiegen.

Wir kommen hier also an den Punkt, an dem das Schaltungsdesign der gesamten Wandlerchip-Peripherie darüber entscheidet, ob sich eine Verbesserung durch eine externe Taktung überhaupt ergeben kann oder die Qualität gegenüber der internen Taktung sinken muss. Wie ich bereits im ersten Teil des Artikels verdeutlicht habe, ist die Qualität des Taktes nur bei einem Domänenwechsel entscheidend. Die optimale Lösung wäre demnach, den entscheidenden Wandler der jeweiligen Arbeitssituation (also zum Beispiel den A/D in einer Aufnahmesituation) intern zu takten und alle weiteren Geräte an diesen Takt zu koppeln.

Diese Optimallösung hat allerdings mehrere Haken. Natür-

lich muss der Wandler von absoluter Referenzqualität sein und auch seine eigene Clock muss höchsten Kriterien entsprechen. Darüber hinaus muss die Ausgangsstufe für das Wordclock-Signal so gut aufgebaut sein, dass das Signal den Generator ohne nennenswerte Beeinträchtigungen verlassen kann. Des Weiteren muss die Anwendungssituation diese Konfiguration überhaupt erlauben. In einer Mastersuite mit nur einem A/D- und einem D/A-Wandler ist dies ein geringeres Problem als in einem großen Studio, wo viele Kanäle von mehreren Geräten bereitgestellt werden. Nehmen wir an, dass 24 Aufnahmespuren von drei Geräten zu je acht Kanälen gewandelt werden. Hier treffen wir schon auf das Problem, welches wir eigentlich umgehen wollten – mindestens zwei der sensibelsten Geräte der Kette müssten extern getaktet werden. Hier stellt sich also wieder die Frage nach dem besten Kompromiss. Die Störquelle PLL wird gleich zweimal an den empfindlichsten Stellen im System benötigt. Ob nun also ein Wandler, der eine solide Clock halbwegs vernünftig nach außen liefern kann, mit zwei angehängten PLLs bessere Resultate liefern wird als drei PLLs, die von einer exzellenten Clock gespeist werden, kann nur an einer konkreten Konfiguration messtechnisch extrem aufwändig oder empirisch durch Hörtests festgestellt werden. Genau hier kann also das Potential für Verbesserungen durch externe Clocks liegen.

Tatsächlich können gute Wandler mit schlechter interner Clock besser von einem externen Clock-Generator profitieren als Wandler, deren interner Taktgeber von hoher Qualität ist. Ist die interne, also nachgeregelt, Clock besser als die zugeführte Referenzquelle, würde die PLL das eigentlich bessere Signal nachführen und somit verschlechtern. Ein schlechter interner Takt würde hingegen von der PLL auf den richtigeren Pfad gezwungen. In dieser Betrachtung spricht also doch Einiges für die Verwendung einer besonders guten externen Clock, gerade bei hochwertigen Wandlern - wenn sich die externe Taktzufuhr nicht vermeiden lässt.

Andere Technologien

Die Vorhersagen und Urteile erschwerend, kommen Technologien der verschiedenen Gerätehersteller hinzu, die den Jitter des anliegenden Signals hinter der PLL weiter reduzieren sollen. Die Vorteile liegen auf der Hand: Man kann bei einer minderwertigen externen Clock davon ausgehen, dass der Wandler trotzdem ein Signal empfängt, welches nur noch mit vielleicht verschmerzbar geringem Jitter versehen ist. Vor allem dann, wenn das Clocksignal aus einem Audio-Datenstrom rekonstruiert wird, sind diese Technologien sinnvoll.

Die Nachteile können aber die bereits in der Betrachtung der PLL angesprochenen in ihrer Dimension durchaus noch überragen und neue Probleme entstehen lassen. So können durch die zusätzliche Bearbeitung des Taktsignals Zeitverzögerungen entstehen, die die Phasensynchronität zu den übrigen Empfängern gefährden und dadurch die Wandlerqualität stören können. Verwendet man verschiedene Wandler unterschiedlicher Hersteller, so ist hier also große Vorsicht geboten. Eine Bearbeitung kostet eben leider ihre Zeit, und davon ist bei Samplefrequenzen von beispielsweise 11,3 MHz (256×44100 Hz) leider nicht sehr viel vorhanden. Natürlich haben solche Technologien vor allem dann ihre Vorteile, wenn es um Anwendungen mit variablen Taktraten oder extrem schlechten Referenzsignalen geht. Aber auch schon Pull-Up/Down-Sampleraten, wie sie zum Beispiel für die Filmüberspielung benötigt werden, können einer PLL Probleme bereiten. Diese treten auf, wenn die Zielabweichung den Variationsrahmen des Quarzoszillators überschreiten und dieser nicht mehr nachgeführt werden kann. Um solche Probleme zu lösen, greifen viele Hersteller zu einer Art Umschaltung. Sie bauen eine mehrstufige PLL, die verschiedene Taktgeber steuert. Das heißt, eine Nahbereichsstufe regelt einen Quarzoszillator, der nicht sehr weit gezogen werden kann. Wenn das Referenzsignal den Nahbereich des Quarzes verlässt, wird ein technisch anders realisierter Schwinger verwendet, etwa ein LC-Schwingkreis, der in einem weiten Bereich in seiner Frequenz verändert werden kann. So kann der Takt zwar gehalten werden, die Jitterunterdrückung sinkt jedoch leider enorm ab. Außerdem sind die ohne Quarz realisierten Schwinger oft nicht so stabil und damit selbst ein Teil der Ursache für Jitter in der Wandlerung. Hier stellen Technologien wie beispielsweise SteadyClock von RME durchaus eine Verbesserung dar. Erlauben Sie mir als Hinweis noch einmal einen kurzen Rückgriff auf den ersten Teil dieses Artikels im letzten Studio Magazin. Durch die Einflüsse von PLL und eventuell eingebauten, weiteren Regelungsstufen wird noch deutlicher, warum die Distribution des externen Clocksignals niemals in einer Reihenschaltung ([in-out][in-out][in...]) erfolgen sollte. Wie wir später sehen werden, bewegen wir uns mit dem Problem Jitter in so kleinen Dimensionen, dass minimale Änderungen am System einen enormen Einfluss auf die Qualität haben können.

Ein Quarzoszillator liefert ein relativ präzises Signal, welches mit einer Teilerschaltung auf die gewünschte Taktfrequenz herabgesetzt werden kann. Ein kalibrierter Quarzoszillator schwingt mit einer Langzeitabweichung von oft weniger als 0,0001 %. Das Problem ist, dass nicht nur die Qualität der Elektronik des Wandlers und der gesamten Clock-Schaltung

dessen Eigenschaften und somit den Jitter mitbestimmt, sondern dass auch ihre elektronische Umgebung im Gerät entscheidend sein kann.

So streut nicht selten ein schlechtes Netzteil durchaus Rauschen und Brummstörungen in den gesamten Aufbau ein. Weitere Störquellen sind vor allem Masseprobleme und Erderschleifen, zum Beispiel durch schlecht realisierte Ein- und Ausgangsstufen der Wordclock-Anschlüsse oder Hochfrequenzsignale durch benachbarte Digitalstrecken, die Interferenzen mit dem Systemtakt verursachen können. Werfen wir nun nochmals einen genaueren Blick auf die drei Testkandidaten der letzten Ausgabe von den Herstellern Apogee, Mutec und Grimm Audio.

Messtechnik

Wie sich im Laufe unserer Recherchen zu diesem komplexen Thema herausstellte, ist die messtechnische Erfassung der beschriebenen Phänomene alles andere als trivial und geeignete Messaufbauten sind keineswegs an jeder Straßenecke zu finden. Wir nahmen deshalb die von Grimm Audio angebotene Unterstützung bei diesem Unterfangen gerne in Anspruch und machten uns auf den Weg zum Grimm-Firmensitz im niederländischen Eindhoven. Dort konnten wir mit Hilfe einer komplexen Spezialentwicklung des Herstellers und unseres mitgebrachten Audio Precision System Two Cascade einige sehr interessante Messungen vornehmen, mussten aber leider auch feststellen, dass sich bestimmte Einflüsse nicht ohne weiteres detektieren lassen.

Peter van Willenswaard, einer der Inhaber von Grimm Audio, dem wir an dieser Stelle nochmals nachträglich herzlich zum Geburtstag gratulieren möchten, an dem er sich extra Zeit nahm, um mit uns zu arbeiten, hat mit seinen Kollegen ein Messsystem entwickelt, welches die spektrale Zusammensetzung der Auswirkungen von zeitlichem Jitter auf das Audioband so in ein analoges Audiosignal überführt, dass diese im Rahmen einer FFT als Spektrum sichtbar gemacht werden kann. Konkret bedeutet dies, dass der Seitenbandjitter des Taktsignals demoduliert wird und auf einem separaten FFT-Analyser, in unserem Falle dem des Audio Precision-Systems, die Intermodulationsstörungen im Audioband darstellt. Zum genaueren Verständnis der Zusammenhänge finden sie eine Erklärung im nebenstehenden Kasten ‚Intermodulation und Jitterseitenbänder‘.

Durch das von uns angewendete Messverfahren ergibt sich nicht nur die Möglichkeit, die Zusammensetzung der einzelnen Jitterkomponenten darzustellen, sondern es ist vor allem möglich, in zeitlichen Bereichen zu messen, die normale Testverfahren nur noch schwer erfassen oder gar vi-

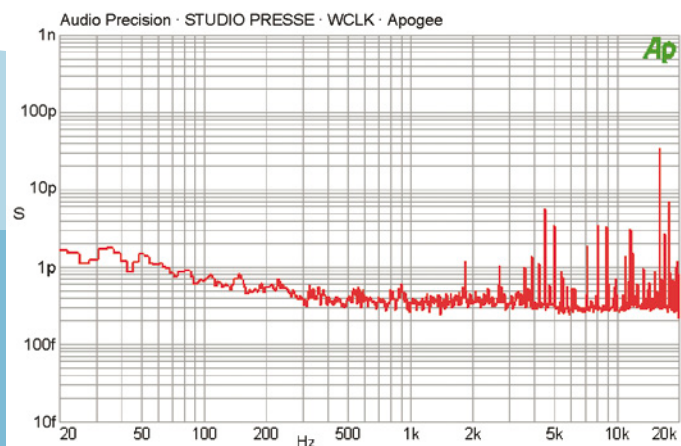


Diagramm 1: Jitterstörungen Apogee Big Ben

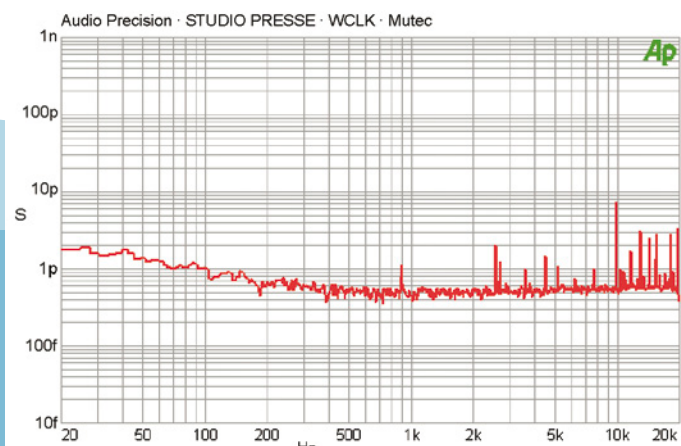


Diagramm 2: Jitterstörungen Mutec IClock

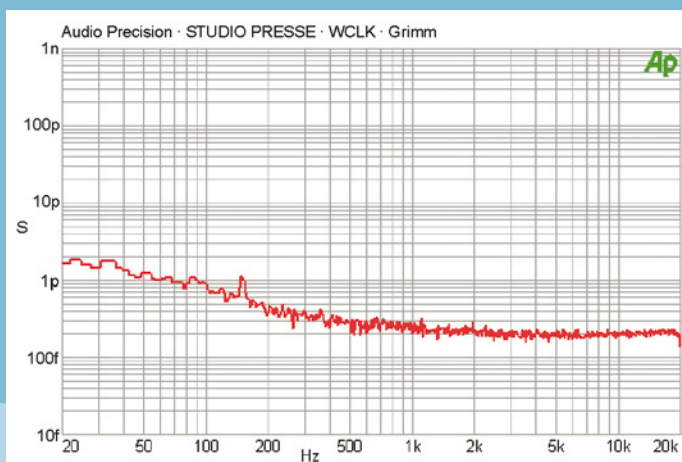


Diagramm 3: Jitterstörungen Grimm Audio CC1

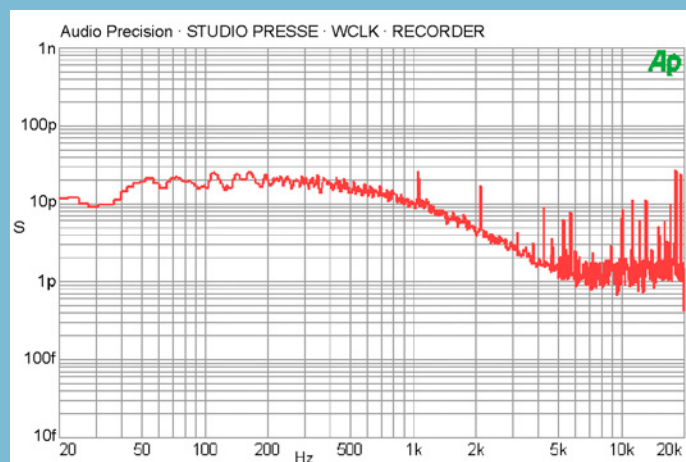


Diagramm 4: Jitterstörungen Bandrekorder

sualisieren können. Unmittelbare Messungen in diesen Bereichen bleiben in der Regel ultrateuren Spezial-Analysen vorbehalten, deren Kosten für unsere kleine Audiowelt schlicht unerreichbar sind.

Mit Hilfe unseres Spezialaufbaus warfen wir einen Blick auf die Jitterzeitwerte und -spektren der drei Referenzclocks, die im ersten Teil des Artikels als Testgeräte zum Einsatz gekommen waren. Gemessen wurde dabei direkt an den Wordclock-Ausgängen (BNC) mit einem etwa einen Meter langen Standardkabel (75 Ohm), wie es man es als Anwender auch verwenden sollte.

Die Diagramme 1 bis 3 zeigen die von den Probanden verursachten, tonhaften Intermodulationsverzerrungen. Das reale Rauschen der Testgeräte ist in seinem Pegel leider, auf Grund der Messproblematik mit einfacher Samplerate, vom Rauschen des Messsystems überlagert. Deutlich sichtbar ist jedoch, dass bei den Geräten von Mutec und Apogee tonale Jitter-Strukturen entstehen, die als Spitzen im Spektrum deutlich sichtbar werden. Vor allem die Apogee Big Ben zeigt sehr hohe Peaks bis über 30 Pikosekunden im Bereich zwischen 4 und 20 kHz. Mutec schlägt sich mit einem Wert von etwa 7 Pikosekunden deutlich besser und die Grimm CC1 weist keine in den Messbereich hinein ragende, tonale Stör-

frequenzen auf. Messtechnisch ist die Grimm-Clock also der beste im Test befindliche Taktgenerator. Auffallend ist, dass die Störungen zu tiefen Frequenzen hin deutlich absinken. Wenn wir uns in Erinnerung rufen, dass der größte Einfluss unterhalb der Eckfrequenz des Schleifenfilters in den Wandler-PLLs liegen soll, dann muss also dieser Spektralbereich die größten Auswirkungen haben. Da wir aber nicht wissen, bei welcher Frequenz und mit welcher Güte die Schleifenfilter arbeiten, kann es durchaus sein, dass eine große Spanne der mit Jitter belasteten Spektralanteile in diesen Bereich fällt. Die Ingenieure bei Grimm Audio nehmen eine durchschnittliche Filtereckfrequenz von 4 kHz an und richten ihre Anstrengungen vor allem auf den Bereich unterhalb dieser Grenze. Vor allem Peaks von über 30 pS, wie wir sie bei Apogee beobachten, werden mit großer Wahrscheinlichkeit nicht ausreichend von den Filtern abgeschwächt und wirken sich auf die Qualität des gewandelten Audiosignals aus. Diagramm 4 zeigt dazu noch den Vergleichswert des in der letzten Ausgabe erwähnten Bandrecorders zu Bezugszwecken – diesem Taktgenerator möchte man sein Signal eigentlich am liebsten nicht anvertrauen, vor allem weil seine größten Probleme in jedem Fall unterhalb der PLL-Filtereckfrequenz liegen und sogar unser Messrauschen deutlich überlagern.

Einige Vorversuche machten wir mit einem geöffneten Testgerät. Dabei stellte sich heraus, dass ein unachtsam auf die Platine gelegtes Kabel tatsächlich bereits einen kleinen Einfluss auf die Messwerte hatte, obwohl es nirgends angeschlossen war. Daran wird klar, wie sensibel die Schaltungen oft sind und dass auch eine gute Abschirmung die Taktqualität verbessern kann.

Im nächsten Schritt sollten die Einflüsse der drei Taktgeneratoren auf unterschiedliche PLLs gemessen werden. Diese Aufgabe war leider nicht so zufriedenstellend zu lösen, wie wir uns dies erhofft hatten. Das Problem dabei ist, dass solche Messungen nur am Bitclock-Eingang des Chips mit 256facher Samplefrequenz vorgenommen werden können (andere Multiplikationsfaktoren erlaubt das Messgerät bisher noch nicht), um verwertbare Ergebnisse mit gutem Signal-Rauschabstand zu liefern. Dieser Punkt ist allerdings bei modernen Wandlernchips in SMD-Technik erstens schwer zu finden, zweitens schien es uns aus verständlichen Gründen zu riskant, in unseren mitgebrachten Leihwandlern Messleitungen an die Chips zu löten. Wir mussten uns daher zur Veranschaulichung auf einen älteren Wandler von Midiman beschränken, bei dem die Lötunkte leicht erreichbar waren. Diagramm 5 zeigt das interne Taktsignal dieses Midiman-Wandlers. Lassen Sie sich bitte nicht irritieren; im Gegensatz zu den Diagrammen eins bis drei, können Sie hier den realen Rauschteppich des Midiman erkennen. Wir messen die Bitclock direkt am Chip und sind somit so nah wie möglich an der Taktquelle. Vom Rauschpegel sind die Diagramme also nicht vergleichbar. Der Grund liegt, wie bereits erwähnt, darin, dass die Messungen 1 bis 3 der Taktgeneratoren am Ausgang, also mit einfacher Samplerate, erfolgt sind. Dabei überwiegt aber das vom Messsystem erzeugte Rauschen und verschlechtert das Messergebnis im Bezug auf Rauschpegel signifikant.

Die erheblichen Spitzen im unteren Spektralbereich von Diagramm 5 lassen auf ein Brummproblem im Messaufbau schließen, das wir im verfügbaren Zeitrahmen nicht lösen konnten - für die eigentliche Aussage der Messungen ist es allerdings auch nebensächlich. In Diagramm 6 sind die Auswirkungen einer externen Taktung, hier exemplarisch durch die Mutec-Clock, zu sehen. Das Rauschen ist hier insgesamt deutlich angestiegen; es zeigt sich also eine Verschlechterung durch die externe Taktung. Die Ergebnisse der Taktung mit den anderen beiden Testgeräten sahen ähnlich aus. Die Interpretation dieser Messungen ist sehr komplex; betrachten Sie diese daher bitte als Eindruck und nicht als eindeutig verwertbares Ergebnis. Dennoch bleibt die Erkenntnis, dass auf die PLL dieses Wand-

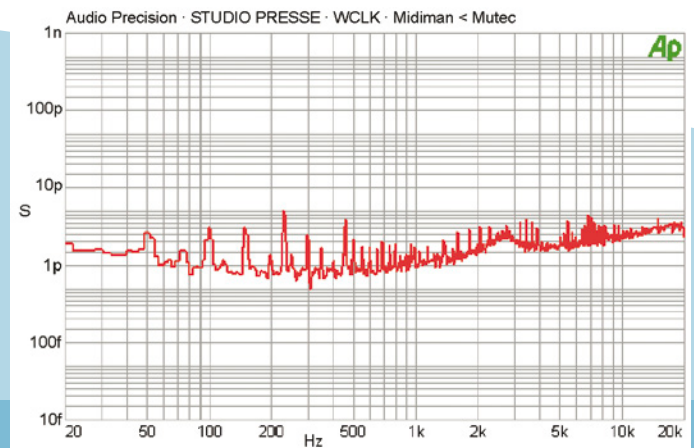


Diagramm 5: Jitterstörungen Midiman, intern getaktet

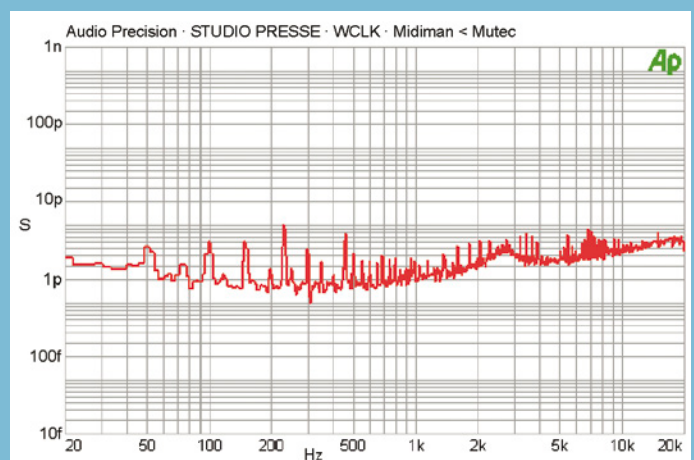


Diagramm 6: Jitterstörungen Midiman, extern getaktet durch IClock

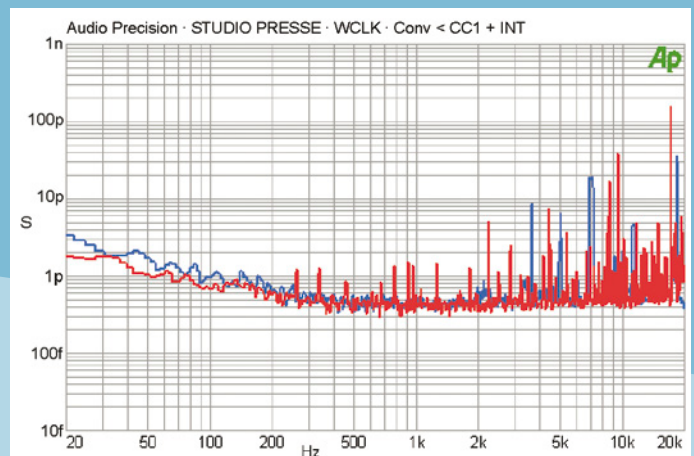


Diagramm 7: Jitterstörungen RME, intern getaktet (rot), extern getaktet durch CC1 (blau)

lers und damit seine Wandlungsqualität die Unterschiede zwischen mehreren externen Clocks wahrscheinlich nur einen geringen Einfluss ausüben können. Gegenüber der internen Taktung ist ein Unterschied aber durchaus feststellbar. Bei einem Testgerät von RME konnten wir aus bereits erwähnten Gründen nur am Wordclock-Ausgang messen. Diagramm 7 zeigt die Auswirkung der internen Clock auf den Ausgang als rote Kurve, die Veränderung bei externer Taktge-

bung, in diesem Fall durch die Grimm Audio CC1, als blaue Kurve. Da RME aber eine signalverbessernde Technologie namens SteadyClock auf den Takteingang anwendet, kann man nicht sagen, ob die Veränderungen durch diese erweiterte PLL-Funktion oder von einem externen Generator verursacht werden. Der Rauschpegel ist auch hier, wegen der Messung der einfachen Samplerate, durch Rauschen des Messaufbaus überlagert. Auf Grund dieser Unsicherheiten konnten wir auch hier leider keine vergleichbaren Werte liefern, die bei der Entscheidung geholfen hätten.

So ernüchternd und vielleicht auch enttäuschend es für die Wissenschaftler unter unseren Lesern auch scheinen mag - es würde messtechnisch einen gigantischen Aufwand bedeuten, den Einfluss der PLL auf externe Taktsignale zu messen. Tatsächlich ist es erstaunlich, wie präzise unsere Ohren hören, da sie solche Unterschiede wahrnehmen können. Die technischen Hintergründe der Taktung machen klar, dass es Unfug ist zu behaupten, eine bestimmte Clock werde das Signal beliebiger Wandler in jedem Fall aufwerten. Es kommt eben immer auf die ganz konkrete Konfiguration an. Aber auch die Ansicht, dass Clock-Generatoren überhaupt keinen Einfluss auf die Signalqualität haben, ist nachweislich nicht richtig. Die bestimmenden Faktoren sind so weit gesteckt, dass qualitative Vorhersagen unmöglich werden.

In der Praxis wurde mir sogar von der kuriosen Situation berichtet, dass bestimmte Störungen bei der Wandlung durchaus positiv aufgenommen werden. Jitter kann also das Signal für die Ohren angenehmer gestalten, obwohl er es objektiv betrachtet verschlechtert. Verwunderlich dabei ist allerdings, dass die Störfrequenzen eigentlich, im Gegensatz zur analogen Verzerrung, keinen harmonischen Bezug zum Signal haben. Trotzdem scheinen einige Anwender diese Störungen als positiv zu empfinden. Mir kam zum Beispiel der Fall zu Ohren, dass ein Kollege einen absoluten High-End-Wandler extern taktet und das Resultat der internen Taktung vorzieht. Diese Entscheidung kann nur durch geschmackliche Kriterien gerechtfertigt werden, da mir der Wandler bekannt ist und die interne Taktung objektiv betrachtet wahrscheinlich keine Alternative erlaubt. Es ergibt sich eine solche Fülle an möglichen Resultaten, dass ich mich an dieser Stelle mit der Bewertung zurückhalten möchte. An unserem konkreten Test-Setup haben sich mit allen Testkandidaten Veränderungen erzielen lassen. Die unterschiedliche Bewertung der drei Ergebnisse allerdings fiel uns schwer, Sie erinnern sich vielleicht. Insgesamt stellt sich die Frage nach der Relevanz. Wenn man den Gesamtjitter einer Taktschaltung betrachtet und dieser unterhalb von etwa 2 Nanosekunden liegt, ist der

Gesamtjitterwert nicht mehr so entscheidend. Das bedeutet, dass ein Gerät mit 1,7 nS nicht besser sein muss als eines mit 1,8 nS. Hier liegt der Haken der meisten Jittermessungen, mit denen Testgeräte oftmals voreilig zu Testsiegern erkoren werden. Daher sind absolute Jittermessungen nur sinnvoll, um überhaupt die Spreu vom Weizen zu trennen. Hat man aber Geräte, die sich in diesem sehr guten Bereich befinden, dann kommt es darauf an, wie die spektrale Verteilung dieses Jitters aussieht. Es kann so vorkommen, dass ein Gerät aufgrund günstiger Spektralverteilung bessere Ergebnisse liefert, als ein Vergleichsgerät mit fast gleichem Gesamtjitter. Da uns die wissenschaftlichen Methoden fehlen, um noch weiter in die Erforschung dieser Phänomene einzusteigen, mussten wir uns auf die Richtigkeit der Forschungsergebnisse unserer Gastgeber verlassen. Durch die erwähnte Filterproblematik kann man natürlich nicht garantieren, dass die betrachteten Spektren wirklich immer die relevantesten sind. Wie ich im letzten Heft erwähnte, setzen unterschiedliche Hersteller verschiedene Prioritäten bei der Jitterreduktion. Bei meinen Recherchen fiel mir allerdings auch auf, dass einige Hersteller viel weniger tief in die Materie eingearbeitet zu sein scheinen. Manche haben bei ihrem Schaltungsdesign vielleicht sogar einfach nur ‚Glück gehabt‘. Die Leidenschaft und Wissenschaftlichkeit, mit der wir unsere Gastgeber erleben konnten, ist für uns daher in höchstem Maße glaubwürdig.

Fazit

Als Fazit möchte ich die Erkenntnisse aus dem ersten Teil dieses Artikels bestätigen: Die Kombination von Clock und Wandler ist in ihrer Auswirkung nicht vorhersehbar, kann aber deutliche Unterschiede verursachen. Wenn man durch die Anwendungssituation auf externe Clockgeneratoren verzichten kann, ist die interne Taktung - bei sehr guten Wandlern und entsprechendem, internen Takt - die bessere Alternative. Von ihrer technischen Notwendigkeit abgesehen, können externe Clock-Generatoren die Wandlung aber durchaus positiv beeinflussen. Auch bei an sich guten Wandlern, deren Taktgeber vielleicht nicht ideal ist, können Verbesserungen auftreten. Die Anwender dürfen nur weder den aufgehenden Sonnenschein im Studio erhoffen, noch müssen sie Tonkatastrophen befürchten. Von hörbarer Verbesserung, über nicht wahrnehmbar, bis hin zu deutlicher, aber vielleicht sogar reizvoller, Verschlechterung kann alles auftreten. Die Unterschiede der Klangqualität liegen im Bereich der letzten paar Prozent Audioqualität. Lassen Sie sich also guten Gewissens von Ihren Ohren leiten und probieren sie beherzt aus. Keine Sorge: Wenn Sie nichts hören, sind Sie nicht taub, wenn Sie etwas hören, erliegen Sie keinem Audio-Voodoo. Viel Spaß.

DANGEROUS MUSIC

Sterling modular

RS

roehruepel

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

Wave Wood

Multi Fusor DC2

Flexi Pol A50/A75

Vicoustic
Innovative Acoustic Solutions

Innovative Produkte für perfekte Raumakustik!

Hörzone GmbH
Schwindstraße 1
80798 München
Telefon 089.72110 06
www.hoerzone.de

HÖRZONE

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 STC-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

THS Medien   

mail: info@ths-studio.de
call: 02182 / 6990049
www.ths-studio.de

...alter Schwede!



CM3 Cardioid **LINE AUDIO DESIGN** 122.- €
lownoise - 78dB, maxSPL 135dB, 48V

8MP Class A Micpreamp - 128 dBu/ 60 dB Gain 599.- €

SMi Stereo und Surround für Ambience und Film

QM12i Quad 12 Membranes 845.- €



Handmade in Sweden • triple membrane cartridge • - 83 dB s/n



Handwerkszeug für Toningenieure

LINEAUDIO Vertrieb für Deutschland

Livemitschnitte • Masteringstudio

Ü-Wagen Verleih 48-Spuren Surround

THS-Medien - Holger Siedler
Rosenweg 22
41542 Dormagen
www.ths-studio.de

Reparaturwerkstatt für ProAudio & Recording Hardware
www.servicecenter-siedler.de



SCS Service Siedler
Am alten Bach 7 • 41470 Neuss
Tel.02137 / 7864212
fax:02137 / 7864057



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 01 70/901 3523 · uli.apel@web.de

MTX-MONITOR.V3 Abhörverstärker



MTX-Monitor.V3 mit neuer, extrem neutraler Audioelektronik für anspruchsvolle Stereo-Abhöraufgaben im Studio- und High-End-Bereich. Kopfhörerverstärker und Messausgänge für Stereo-Peakmeter/Korrelater 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



Master Clocks
Signalverteiler
Formatkonverter
Abtastratenwandler
Referenzgeneratoren



studio essentials!

Für

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



MUTEC GmbH Berlin • Fon ++ 49 - (0) - 30 - 74 68 80 - 0 • Contact@MUTEC-net.com • www.MUTEC-net.com

Studio: Cinesound Berlin



...wir bauen Studios

- Messung
- Beratung
- Planung
- Akustikmodule
- Montage

www.mbakustik.de

mbakustik
büro für akustik und studiodesign

D&R

manufacturer
of
MIXING CONSOLES
and
**SIGNAL
PROCESSORS**

- for
- Music Recording
 - (Film)Postproduction
 - Broadcast
 - Sound reinforcement
 - Installation

Contact us at:

Tel: 0031-294-418 014,
Fax: 0031-294-416 987
Website: www.d-r.nl,
E-mail: info@d-r.nl

Unser Ziel: Die perfekte Übertragung von Tonsignalen.

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-49488 Emsbüren
Tel. +49 59 03 93 88-0
E-Mail info@sea-vertrieb.de
www.sea-vertrieb.de

VOVOX®

weitere Informationen unter www.vovox.com

studioemagazin

Die elektronische Schwester des Studio Magazins ist eine viermal jährlich erscheinende, eigenständige Publikation, die kostenfrei von jedem Besucher unserer Website gelesen werden kann – interaktiv mit zahlreichen Web- und Video-Links

www.studio-emagazin.de

ANALOG!

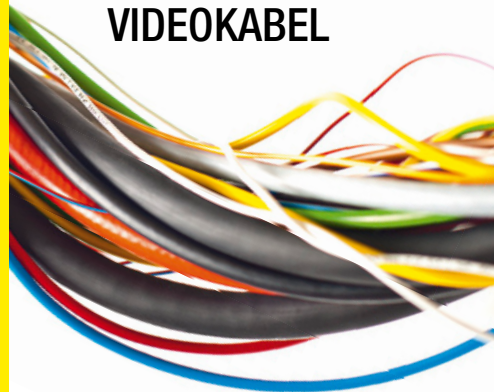
Mischpulte in Inline-Technik für den Bereich Musikproduktion in verschiedenen Serien und unterschiedlichen Ausbaustufen der Automatisierung, Recall- und Reset-Möglichkeiten mit VCA- oder Motorreglersystemen. Mischpulte in Kassettenteknik mit und ohne Automation nach Kundenspezifizierung

adt-audio

SCHOLTWIESE 4 · 45966 GLADBECK · TEL. (02043) 51117
WWW.ADT-AUDIO.COM

kabeltronik®

AUDIO- UND VIDEOKABEL



- ▶ Modulationskabel, Multicore
- ▶ Verdrahtungsleitungen
- ▶ Lautsprecherkabel
- ▶ Mikrofonskabel
- ▶ DMX - Kabel
- ▶ Kombileitungen
- ▶ Video-, Triaxkabel
- ▶ mobilfähige LAN-Kabel
- ▶ CAT 5e / CAT 7 Patchkabel
- ▶ USB-Kabel
- ▶ kundenspezifische Konstruktionen

Wir liefern täglich bundesweit!

Tel.: +49 (0)8466 / 94 04-0
Fax: +49 (0)8466 / 94 04-20
info@kabeltronik.de
www.kabeltronik.de

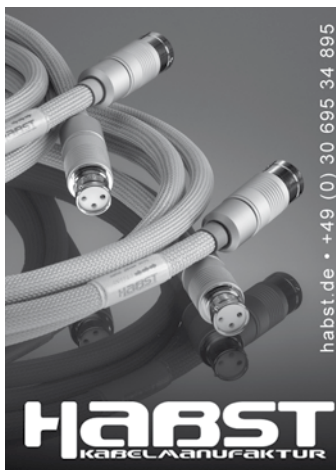
MOBILE RECORDING



www.thein-productions.com



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



habst.de • +49 (0) 30 695 34 895

HABST

KABELANFAKUR

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

studioemagazin

Die elektronische Schwester des Studio Magazins ist eine viermal jährlich erscheinende, eigenständige Publikation, die kostenfrei von jedem Besucher unserer Website gelesen werden kann – interaktiv mit zahlreichen Web- und Video-Links

www.studio-magazin.de

- preisgünstig
- bis 1800 mm
- AB
- ORTF
- DECCA
- 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

medialogic

Ihr AV-Systemhaus

Professionelle Postproduction-, Broadcast-Technik und Systemintegration

Als eines der bundesweit führenden Medien-Systemhäuser beliefern wir Sie mit Audio-, Video- und AV-Netzwerk-lösungen führender Hersteller. Mit uns entstehen aus professioneller Technik und Systemintegration zukunftssichere Investitionen!

Unsere Leistungen umfassen

- Projektierung
- Systemintegration
- Vorführung
- Ausschreibung
- Leihstellung
- Reparatur
- Mitarbeiterschulung

Profitieren auch Sie von unserer Stärke und Erfahrung bei der Entwicklung und Optimierung Ihres vernetzten Workflows.

Media Logic – von Profis für Profis!

Unsere Partner und wir freuen uns auf Sie.

Media Logic GmbH
10963 Berlin
Tel. +49 (0) 30 259 24 46-0
www.new-media-logic.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

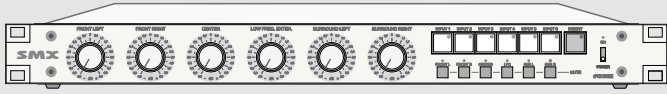
P.o.E. sarl



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.

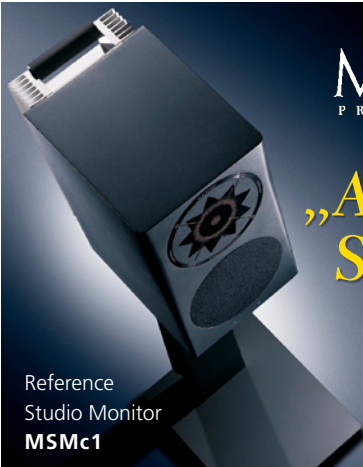


Vertrieb D&A: KORG & MORE – a Division of Musik Meyer GmbH

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
in st. du
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

XL2 Audio- und Akustik Analysator

von Profis für Profis!

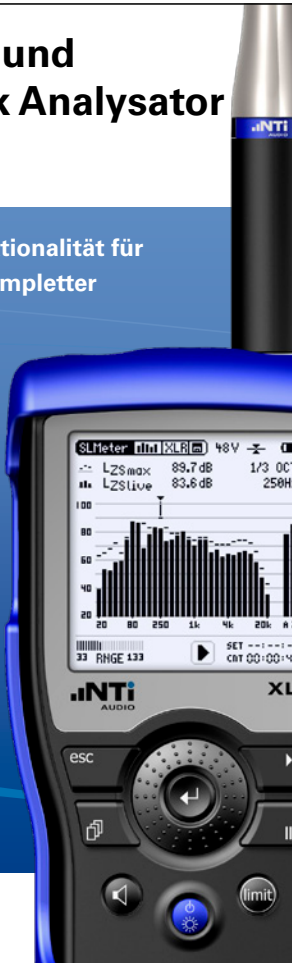
XL2 bietet kompromisslose Funktionalität für die Überprüfung und Wartung kompletter Audio-Systeme. Er analysiert:

- 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



» NEUMANN.BERLIN




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>

studioemagazin

Die elektronische Schwester des Studio Magazins ist eine viermal jährlich erscheinende, eigenständige Publikation, die kostenfrei von jedem Besucher unserer Website gelesen werden kann – interaktiv mit zahlreichen Web- und Video-Links

www.studio-magazin.de



Mikrofontests

Full-Service zu Internetpreisen



W.W.
W.123 CD.de



Presswerk-gemeinschaft

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



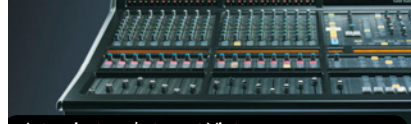
Digital und intuitiv mit Workstationsteuerung

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