

Qualitätsansprüche

Jens Reule

Fotos: UFO Sound Studios

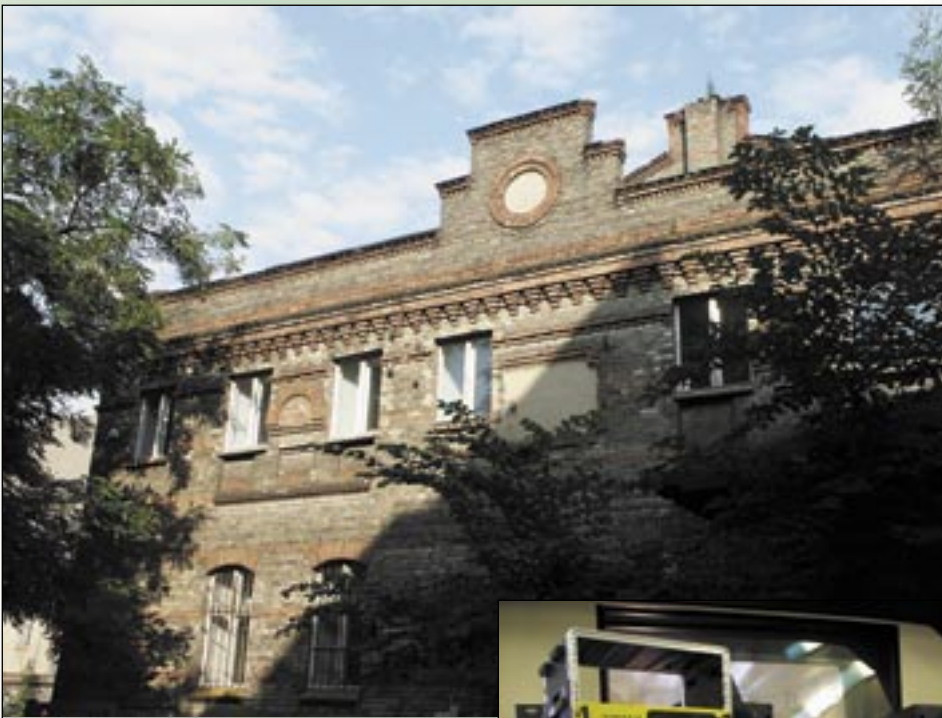
Wandler und Surround-Mikrofone in der Praxis

Eines Abends stolperte ich in einem angesagten Berliner Club über den auffallend schlechten Sound des Beschallungssystems. ‚Schlecht‘ bedeutete für mich in diesem Fall eine extreme Mitten- und Höhenanhebung. Bei der praktizierten Lautstärke erstarrte man eher, als dass man tanzte. Vielleicht nur schlecht entzerrt – am Plattenspieler konnte es ja wohl nicht liegen! Plötzlich, von einem Song zum anderen, war der Sound perfekt und die Anlage auf wundersame Weise geheilt. Was war passiert? Nach einer Runde neu-

ester Hits legte der DJ Musik aus den 80ern auf. Noch nie hatte ich Whitney Houston so gemocht, wie an diesem Abend. Hohe Mitten wirken bei geringen Lautstärken kaum störend, können aber bei Discolautstärke mühelos zur Taubheit führen. Dass die digitalen Mischungen analog auf Vinyl gepresst werden, hilft da anscheinend auch nicht. Im Alltag eines Toningenieurs ergeben sich nur wenige Möglichkeiten, einmal in Ruhe herauszufinden, wie die Produktionstechniken funktionieren, die man jeden Tag anwendet. Mit Glück und viel Arbeit bekommt man bekannt-

lich alles zum Laufen und Klingen. Aber was tut man wirklich jeden Tag? In den UFO Sound Studios veranstalten wir unter anderem Einjahres-Sounddesigner-Kurse. In diesem Jahr nutzte ich die Gelegenheit und führte mit den Beteiligten ausführliche Testreihen durch. Wir ver-

suchten, grundsätzliche Aufklärung über zwei viel diskutierte Themen zu erlangen, nämlich die Surround-Mikrofonie und das Klangverhalten neuer und alter Wandler mit unterschiedlichen Auflösungen in PCM- und DSD-Technik. Beide Testreihen erstreckten sich über drei Monate. Es wurden fortlaufend wechselnde Personen der Sounddesignergruppe und Fremdtoningenieure zu ihren Meinungen und Eindrücken befragt.



Wandler, Bandmaschinen, PCM, DSD, kHz, MHz, Bits...

Arbeitet man täglich am guten Klang, und macht das nicht erst seit gestern, nimmt man jede Belastung seiner Ohren ungemein stark wahr. Während die Ohren des gewöhnlichen Konsumenten scheinbar sehr leidensfähig sind, egal ob Musikliebhaber oder potentiell abgestumpfter Discogänger, begeben sich Tontechniker immer ganz automatisch auf Fehlersuche. Whitney Houstons schmerzlindernder Einsatz im Sage Club und der ‚gesündere‘ Sound der Aufnahmen aus den achtziger Jahren im Gegensatz zu den wirklich bösen Frequenzgängen des aktuellen Chartmaterials ließen mich grundsätzliche Fragen aufwerfen: Spielt Klang überhaupt noch eine Rolle? Oder haben sich alle an den harten und kalten Sound der digitalen Technik gewöhnt? Und gibt’s den überhaupt?

Seinen Kunden verspricht man Klangneutralität bei Digitalaufnahmen. Im Endprodukt findet aber offensichtlich eine Beeinflussung des Signals statt. Unter keinen Umständen kann man diese, wie bei der Analogtechnik, als positiv oder sogar wünschenswert betrachten. Deshalb werden bei fast jeder ernstzunehmenden Produktion nach wie vor kritische Instrumente, etwa Schlagzeug, mit Bandmaschinen aufgenommen. Der harte Sound dieser Instrumente soll weich gemacht werden, damit der Klang der folgenden digitalen Wandler weniger auffällt. In Studi-

Der Autor

US Dipl. Toningenieur Jens Reule studierte von 1992 bis 1995 im Fachbereich ‚Music Production and Engineering‘ am Berklee College of Music in Boston.

1995 bis 1997: Arbeit als fester und später freier Toningenieur in diversen Studios.

1997: Gründung der UFO Sound Studios (www.ufo-studios.de) im Prenzlauer Berg, Berlin.

2002: Gründung des Rock@t Sound Studio in Charlottenburg, Berlin.

Arbeitsbereich der Studios: Musikproduktionen, Mastering, Sounddesign, Hörfunk, Audio Post Pro, Live-Recording.

Produktionen: Morin Smole, Fanfare Ciocarlia, Romy Haag, Inchtabokatables, Blind Passengers, Mila Mar u. v. a..

Seit zwei Jahren werden in den UFO Sound Studios Sounddesigner-Lehrgänge durchgeführt. Der Autor half hier bei der Entwick-



lung und Verwirklichung des neuen Audio/Medienberufes ‚Sounddesigner‘. Dieser ein Jahr dauernde Lehrgang verknüpft fundamentales Theorie- und Praxiswissen aus dem Bereich der Tontechnik mit Aspekten immer wichtiger werdender neuer Medien wie DAW-Technologie, Videoschnitt, Webdesign, Musikrecht u. v. a. m..

okreisen ist der charakteristische oder auch schlechte Sound mancher Wandler wie zum Beispiel des Digidesign 888 durchaus bekannt. Aufgeklärte Kunden informieren sich mittlerweile wie selbstverständlich, ob an dem Pro Tools System, das sie buchen wollen, Apogee-Wandler oder eine vergleichbare Qualität angeschlossen ist.



Autor Jens Reule (rechts) und Toningenieur Thomas Gutsch

Systeme und Testanordnung

Bei unserer Testreihe wurden die Surround-Aufnahmen zeitgleich mit unterschiedlichen Wandler-Systemen aufgezeichnet, um deren Klangverhalten bei unterschiedlichsten Musikstilen miteinander vergleichen zu können. Zum Einsatz kamen folgende Systeme: (PCM Wandler) Digidesign HD 192 kHz und HD 96 kHz; Kuhnle AD 8192 bis 192 kHz; Kronauer ADDA X2 bis 96 kHz; Apogee AD 8000 bis 48 kHz; Jünger C8000 ADDA bis 96 kHz; Digidesign 888 bis 48 kHz; (DSD Wandler) dCS 904 ADC und 954 DAC bis 2,822 MHz. Als DAWs kamen Merging Technologies Pyramix, Digidesign HD3 und ein Pro Tools Mix Plus System zum Einsatz. Als Quelle dienten uns Aufnahmen mit den hoch auflösenden Sennheiser Mikrofonen des Typs MKH 800.

Der analoge Input wurde dem Ergebnis der Wandlerung über DSD-, PCM- und Analog-(Band)Technik zeitgleich mit identischem Pegel und blind gegenübergestellt. Untersucht wurden dabei folgende Eigenschaften: Allgemeine Frequenzlinearität, Dimensionalität und Plastizität der Aufnahmen auch in Bezug auf die Rauigkeit der Mitten und Höhen, allgemeine Wärme und Druck der Aufnahmen, Wirkung der Filter, Interpolation und Dezimierung auf das Audiosignal. Wir stellten uns darüber hinaus

folgende Fragen: Entspricht das in DSD gewandelte Signal dem analogen Eingangssignal? Welche Bedeutung haben High-Resolution-Aufnahmen und sind sie notwendig? Besteht noch der Wunsch, analoge Technik wie Bandmaschinen und diverse Signalprozessoren im Rahmen der heutigen ausgezeichneten Möglichkeiten der digitalen Technik einzusetzen?

Geht es um Wandler, wird mit vielen Begriffen und Erklärungen um sich geworfen: hohe Abtastraten, steifflankige Filter bei PCM sowie Interpolation und Dezimierung bei DSD und so weiter. Mal Hand aufs Herz, wer kann mit diesen Begriffen wirklich etwas anfangen und sich nur entfernt klangliche Auswirkungen der unterschiedlichen Technologien vorstellen? Na klar, jeder kennt den Klang seines eigenen aktuellen Wandler-systems. Und der ist ganz bestimmt nicht minderwertiger, als der Sound jener Wandler, die vor wenigen Jahren noch das Zwanzigfache kosteten. Bei den Vergleichstests legten wir unser Hauptaugenmerk darauf, große Unterschiede festzustellen und kleinere über einen längeren Zeitraum auf ihre Signifikanz hin zu überprüfen. Unsere Vorgehensweise beruhte mehr auf Relationsunterschieden, als auf absoluten Daten, da unsere Ohren nur ein subjektives Messinstrument sind, abhängig von inneren und äußeren Umständen, der psychologischen und körperlichen Verfassung, Luftdruck, Temperatur, Vollmond etc.. Aus diesen Gründen wiederholten wir die Tests an unterschiedlichen Tagen.

Mit den DVD-Standards wurden 192 kHz als neue Hi-End-Abtastrate definiert. Unsere noch recht neuen Testkandidaten, die diese Abtastrate unterstützen, waren der Digidesign HD 192 und der Kuhnle 8192 in PCM Technologie. Beim Bestimmen des klanglichen Unterschiedes verschiedener Auflösungen zwischen älteren und den neuen 192 kHz Wandlern machten wir sofort eine überraschende Feststellung: die Plastizität der neuen, unabhängig von der Abtastrate, war so überragend, dass man im Blindtest jedes dieser Geräte ohne Mühe auseinander halten konnte. Im Vergleich zu den neuen Wandlertypen ‚klatschte‘ einem der Sound der alten Systeme förmlich ins Gesicht. Durch die flache Zweidimensionalität war etwas vom Originalklang verloren gegangen. Kein Wunder, dass sich die digitale Technik den Ruf als ‚Hartmacher‘ gefal-



**Tatsächlich Vergangenheit?
Die gute alte Studer A80 24-Spur**

len lassen muss. Das konnte im Vergleich jeder hören. Verantwortlich für diesen immensen Unterschied ist eine neue Chipgeneration. Der AKM 5394 wurde für eine höhere Auflösung entwickelt und erreicht eine bislang nicht gekannte dreidimensionale Plastizität. Alle anderen Wandler, die die 192 kHz-Rate nicht unterstützen, haben natürlich andere Chips, zu mal die 5394 noch sehr rar sind und ein Vielfaches des Vorgängers AKM 5393 kosten. Was bedeutet das? Die alten Wandler wegwerfen und neue kaufen? – Nun ja, eigentlich klingen die alten Wandler bei dumpfen und perkussiven Instrumenten gar nicht mal schlecht, wenn nicht sogar besser, denn gerade hier fordert man diesen sehr nahen und dichten Sound. Besonders unser Apogee AD 8000 machte in dieser Hinsicht eine gute Figur, zumal es so schien, als hätte er auch eine bessere Tiefenwiedergabe als die neuen HD-Wandler von Digidesign. Möglichkeiten der Kopplung und des differenzierten Einsatzes beider Generationen sollte jeder selbst ausprobieren.

Der direkte AD-Vergleich des Digidesign HD Wandlers und des Kuhnle 8192 (DA Wandler über den HD) ergab eine leicht neutralere Höhenwiedergabe des Kuhnle, sonst schienen beide recht identisch im Frequenzgang zu sein. Aufnahmen, die simultan in 96 kHz auf dem Digidesign HD 192 und HD 96 erfolgten, zeigten, dass sich beide Geräte im Klangverhalten nicht voneinander unterscheiden. Auch unsere anderen Testkandidaten klangen im Wesentlichen alle ähnlich. Leichte Frequenzabweichungen konnten über eine geringfügige Entzerrung so angeglichen werden, dass kein Unterschied mehr wahrnehmbar war. Kein Wunder, in fast allen Wandlern arbeiten die gleichen Chips. Große Abweichungen konnten wir nur bei älteren Modellen, wie dem Motu 2408 und der AD-Seite des Digidesign 888 feststellen. Die DA-Seite des 888 war wiederum identisch mit der unseres Apogee AD 8000.

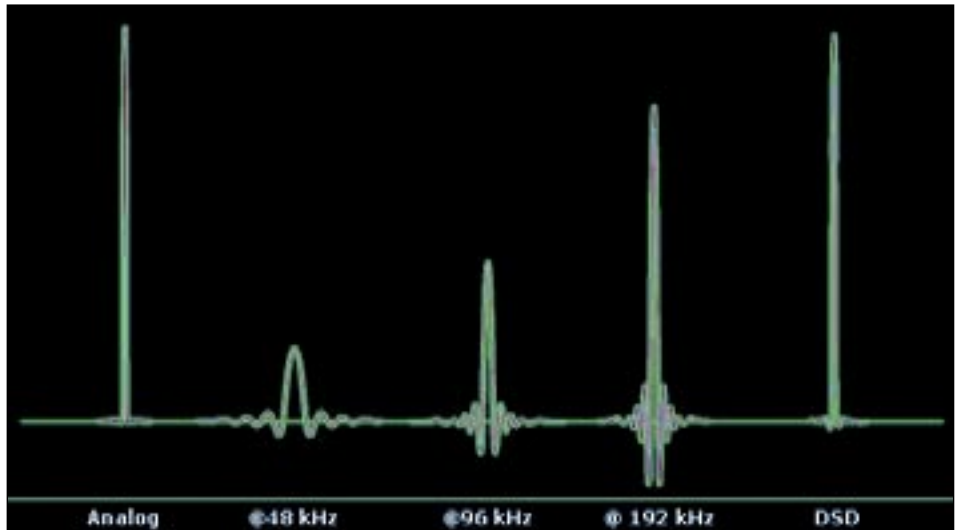
DSD gegenüber PCM

Der spannendste Programmpunkt unserer Testreihe war für mich, DSD erleben und klanglich definieren zu können. An unser auf DSD nachgerüstetes Pyramid-System schloss ich AD/DA Wandler von dCS an, deren Besonderheit ist, dass sie keine Chips verwenden, um höhere Abtastraten zu realisieren. Die Konfiguration der Wandler war sehr gewöhnungsbedürftig, da beide Geräte unterschiedliche Menüführungen besitzen, aber von der Bedieneroberfläche fast identisch sind. Beide Wandler boten unterschiedliche Filtermöglichkeiten, somit waren die Ergebnisse im Frequenzgang variabel. Im Vergleich zu anderen Wandler-systemen fiel auf, dass das gewandelte Ergebnis ebenfalls die gleiche Plastizität wie die der PCM 192 kHz Wandler zeigte. Der Klang der DSD-Wandler unterschied sich nach erstem Hören nicht überragend vom Ergebnis der PCM-Wandler. Allen Beteiligten fiel aber auf, dass DSD irgendwie ‚reiner‘ klang. Sein subjektives Hörempfinden konnte aber niemand genauer definieren.

Was tun? Wir entschlossen uns, eine etwas längere Session über beide Wandler-systeme aufzunehmen und jeweils entspannt zu hören. Leider kamen wir zu keinem klaren Ergebnis, bis uns nach ein paar Tagen auf-fiel, was an der PCM-Aufnahme störte. Es waren die Höhen, die verschmiert und phasig klangen. Dieser Effekt nahm mit geringerer Auflösung zu. Der generelle Klang wurde in den Mitten schneidender. Selbst bei

einer Auflösung von 192 kHz war ein leichter Schmiereffekt erkennbar, den der DSD-Wandler nicht produzierte. Wahrscheinlich war es genau das, was jeder unter dem Begriff ‚rein‘ verstand, für einen Wandler ein sehr ungewöhnliches Ergebnis. Ungewöhnlich aus dem Grunde, weil sich wahrscheinlich jeder an diese phasige Klangverschmierung gewöhnt hat und sie gar nicht mehr bewusst wahrnimmt.

Ein wesentlich drastischerer Unterschied konnte festgestellt werden, als wir den Höhenbereich der DSD-Wandler ausführen. Dazu nahmen wir unseren Flügel direkt über den Saiten mit zwei MKH 800 Großmembranmikrofonen von Sennheiser ab. Dieses Mikrofon wird schon länger als kompatibel für DVD- und SACD-Produktionen beworben, wegen seines Frequenzganges bis 48 kHz. Die Aufnahmen der Pianistin Caroline Wegener erfolgten gleichzeitig über die dCS und HD-192-Wandler. Der DSD-Wandler gab die Höhen bis hinauf zu den Obertönen kristallklar wieder, die durch die Nahmikrofonierung ungewohnt präsent abgebildet wurden. Ganz anders beim PCM-Wandler. Die Höhen waren wie abgeschnitten, trotz der Abtastrate von 192 kHz. Insgesamt klang das Instrument verglichen mit der DSD-Aufnahme sehr dumpf. Natürlich stellt sich die Frage, ob der Höhenreichtum eines Instrumentes für die Produktion überhaupt wichtig oder gar erwünscht ist. Kein Mensch würde seine Ohren direkt an ein Instrument halten, um dessen Obertöne besser hören zu können. Unsere Aufstellungsvariante lässt nicht viel Spielraum für die Mikrofonie und schließt unterschiedliche Perspektiven aus. Sie ist auch nur bei einzelnen Instrumenten sinnvoll, die ein sehr ausgeprägtes Höhenpektrum besitzen. Bei Fernmikrofonie war, bis auf das Schmieren des PCM-Wandlers, kaum ein Unterschied zu hören. Die kurzen Wellenlängen der Höhen wurden ohnehin durch die Luftabsorption bedämpft. Für jeden Testhörer müsste eine verlustlose Wiedergabekette präzise eingehalten werden. Er hätte eine SACD in unmittelbarer Nähe von Boxen oder unter Kopfhörern anzuhören, um diese speziellen Höhen wahrnehmen zu können. Ich glaube deshalb nicht, dass der erweiterte Frequenzgang der DSD-Technologie einen Musikliebhaber unbedingt in den siebten Himmel entschweben ließe, sondern ausschließlich der pure und unverfärbte Klang, der vor allem bei wieder-



Impulsverhalten (v. l. n. r.) eines analogen, eines 48 kHz, 96 kHz und DSD-Systems bei einem 3 µs Burst mit -6 dB Eingangspegel (Quelle: Media Assistance)

holtem Hören einfach freier als eine gefilterte PCM-Aufnahme klingt. Schuld an den Phasenschmierereien sind die steilflankigen Filter, die Teile des Signals in den Hörbereich zurückfalten und so die Phaseneffekte im Mitten- und Höhenbereich erzeugen. Der Klang verliert mit abnehmender Abtastrate zunehmend seinen Fokus.

Abschließend kann man sagen, dass das gewandelte DSD-Signal dem ursprünglichen Eingangssignal schon sehr nahe kommt. Für eine Definition des „Wie nahe?“ wären noch viele Langzeithörtests durchzuführen. Man sollte vielleicht noch eine Weile auf die technologische Perfektionierung des DSD-Verfahrens warten. Generell eignet sich DSD für den gesamten Produktionsablauf, ist aber einfach noch zu teuer und speicherintensiv; und bietet noch keine guten technischen Voraussetzungen. DSD wird nach unserer Einschätzung zunächst nur in Mastering-Studios angesagt sein. Möchte man ausschließlich mit einem PCM-System arbeiten, sollte man darauf achten, dass man beim Mastern mit guten Wandlern, die in der Lage sind, die Plastizität des Audiosignals darzustellen, mit 176,4 kHz aufnimmt und danach zum Beispiel auf 44.1 kHz konvertiert. Die Plastizität bleibt so zum Teil erhalten und das Phasenverhalten ist auf jeden Fall besser, wenn die Aufnahmen über ältere Wandler wiedergegeben werden.

Ausblick

Gibt es noch einen Beweggrund, analoge Technik zu verwenden, wenn die digitale Technologie scheinbar alle Probleme löst?

Diese Frage ließ ich mehrere unserer Kunden beantworten. Sie konnten zwischen einer Aufnahme mit einem Pro Tools HD-System und einer Studer A80 bzw. Mechlabor STM700 (16 Spur 2-Zoll) wählen. Egal, ob Klassiker oder Rocker, die Kunden entschieden sich immer für die Bandmaschine. Der Bandmaschineneffekt erzeugt mit seinem verfärbten Originalsignal einen angenehmeren Klang und wirkt natürlicher als das reine Duplizieren der digitalen Aufnahme. Der Nachteil jeglicher digitaler Geräte (Plug-Ins, Wandler, Effektgeräte...) ist, dass sie mit einem einzigen Algorithmus arbeiten, der immer die gleichen Berechnungen vornimmt und so ein statisches Musiksignal erzeugt. Analoge Bearbeitungen eines Audiosignals bringen durch die Auswirkungen der Signalkette hingegen immer neue komplexe Signalstrukturen hervor, die kein zufallsgesteuerter Algorithmus simulieren kann. Das analoge Ereignis kann man daher vielleicht am Besten als eine Fluktuation in den Obertönen beschreiben, die durch eine ständige Erzeugung unterschiedlicher harmonischer und unharmonischer Obertöne gekennzeichnet ist. Vergleicht man zum Beispiel Plug-Ins mit ihren analogen Originalen, kann man ganz besonders bei Entzerrern die ‚digitale Statik‘ wahrnehmen. Auch bei Überspielungen von Analogaufnahmen über Wandler auf ein digitales Medium klingt es, als würden alle Obertöne die ganze Zeit über statisch angeglichen werden. Die Aufnahmen verlieren so nach und nach ihren Reiz und ermüden tatsächlich den Hörer. Analoge Technik wird daher wahrscheinlich nicht so schnell

aussterben (Deutschland vielleicht ausgenommen). Sie wird die ‚Geheimwaffe‘ weniger Studios bleiben, die besser klingen-de als Master als andere erstellen.

Surround-Mikrofonierung in der Praxis

Seit der Quadrophonie beschäftigen sich Toningenieur weltweit damit, Klangquellen in einem virtuellen Raum anzuordnen oder zu bewegen. Vor nicht all zu langer Zeit wurden feste Surround-Standards fixiert und man hatte nach Möglichkeiten zu suchen, diese Dreidimensionalität mit Mikrofonen, abgestimmt auf den Standard, umzusetzen. Es ging darum, eine möglichst echt klingende räumliche Darstellung über die das Surround-Feld markierenden Lautsprecher zu erreichen, was bisher mit stereophonen Aufnahmen nicht möglich war. Ein Versuch von Soundfield, dies mit nur einem Mikrofon zu realisieren, konnte mich nicht sonderlich überzeugen. Wahrscheinlich lag es an den vier eng aneinander liegenden Kapseln des SPS 422, die so zwar phasestarr arbeiten, aber durch die unmittelbare Nähe übersprechen. Eine bessere Trennung ermöglichten dann Surround-Spinnen- oder Einzelstativkonstruktionen, die durch ihre Positionierung besser an die 5.1-Lautsprecheranordnung angepasst sind. Die Anordnung der Mikrofone wurde schon sehr kontrovers diskutiert. Kein Wunder, denn die Herangehensweise ist vollkommen neu und in Surround-Fragen sollte man nicht unbedingt auf Regeln stereophoner Techniken zurückgreifen. Durch das Zusammenspiel der fünf Lautsprecher entsteht ein ganz anderer räumlicher Höreindruck. Neue Regeln sind also gefordert. Der Zugewinn von drei Lautsprechern schafft mehr Raum und wirkt beim Umschalten von Stereo auf Surround befreiend – ähnlich dem Gefühl, zu lange Zeit in einem kleinen Zimmer verbracht zu haben und plötzlich in die freie Natur hinausgehen zu dürfen.

Enge Mikrofonplatzierungen, wie Stereotechniken sie vorschreiben, sind meiner Meinung nach unter dem Surround-Gesichtspunkt ungeeignet. Manchem wird es schwer fallen, sich von den typischen A/B-Anordnungen zu lösen, realisiert zum Beispiel mit der MAB 1000 Schiene von Schoeps. Das wirkliche Potential der Surround-Mikrofonierung liegt in der Vorstellungsgabe des Toningenieurs. Das muss erst einmal begriffen werden.



Setup für die Kirchaufnahme mit Atmos-Controller und Kuhnle AD 8192

Mehr Mut täte gut...

In aktuellen Veröffentlichungen sind Surround-Kanäle nur vorsichtig integriert. Entweder traut man sich nicht, Monoquellen außerhalb des Stereofeldes zu platzieren – das klingt auch oft künstlich und gewollt, oder man ordnet bei diskreter Surround-Mikrofonierung die Mikros nach dem Stereoprinzip vor dem Orchester an. Letzteres kann sicher eine realistischere räumliche Darstellung der Zuhörerposition vermitteln. Jedoch, der minimale Zugewinn an räumlichen Reflexionen in den Surround-Lautsprechern rechtfertigt niemals die komplexe und teure Umrüstung auf Surround für einen Konsumenten, der sich meistens nur zufällig im Sweetspot aufhält. Ihm reicht Stereo vollkommen aus, solange ihn keine wirklich neue Hördimension überzeugt.

Ich spreche hier von einem neuen Hörerlebnis. ‚Mitten im Geschehen‘ bedeutet, dass der Hörer zum Beispiel die Position eines oder aller Musiker einnimmt, oder sich virtuell oberhalb oder inmitten eines Instruments befindet. Selbstverständlich werden die ungewohnte Hörposition und der surreale Eindruck viele Hörer erst einmal verwirren. Dieser Eindruck entsteht durch die Schwächen eines 5.1-Surround-Systems. Es ist nämlich nicht in der Lage, ein wirklich natürliches Raumgefühl und eine genaue Or-

chestung zu vermitteln, sondern nähert sich diesem nur an. Unsere Tests zeigten aber, dass eigentlich nur Toningenieur diese Empfindung haben. Durch ihren Beruf, Klangquellen bewusst zu verfolgen, überfordert sie dieser extreme Höreindruck meistens. Ähnlich der Situation eines Dirigenten, der ständig einzelne Instrumente in seinem Orchester verfolgt und daran scheitert, es als gewöhnlicher Konsument im Ganzen genießen zu können. Problematisch wird es bei ‚Rundumwiedergabe‘, wenn man sich außerhalb des Sweetspots befindet und so Lokalisierungen der Klangquellen verfälscht werden. Nichtsdestotrotz, mit dieser ‚Mitten-im-Geschehen-Mikrofonierung‘ sind eine unglaubliche Dynamik, Lokalisation, ein unglaubliches Klangvolumen durch Bassanhebung, nahe Begrenzungsflächen und enger Kontakt zu den Instrumenten erreichbar, die mit herkömmlicher ‚Zuhörerpositionsmikrofonie‘ nicht möglich wäre. Dadurch wird Surround zum wirklich neuen Hörerlebnis als Nachfolger der Stereotechnik und rechtfertigt so erst die Anschaffung einer solch kostspieligen Anlage.

Im Rahmen unserer Testreihen machten wir viele Aufnahmen mit unterschiedlichen Mikrofonierungen und Instrumentierungen, die einen guten Überblick über die Möglichkeiten aller Verfahrensweisen vermitteln.



Bigband-Surround-Aufnahme mit zwei Spinnen und Stützmikrofonen

Die Klangquellen

Berlin Big Band, Jessica Galle Band (Jazz), Bonatide (Pop-Rock), Falcon Skeet Club (Blues, Folk, Jazz), der Schlagzeuger Michael Joch, McKinsley (Folk), Bloko Explorativ (Samba Trommel-Ensemble), Kirchenkonzert mit Orchester und Chor (100 Akteure spielten die vier Jahreszeiten), For P'nj' (Geige-Geige/Geige-Klavier/Gitarre-Gitarre-Gesang), die Pianistin Caroline Wegener, Jürgen Kirsch (Celfi, Worldmusic mit Flügel, Percussion, Sitar)

Unsere Testsysteme

1. Die Brauner ASM 5 Spinne mit den starren, weiten Stativarmen und drehbaren Kapseln, sowie dem SPL Atmos 5.1 Pult, dessen automatisierte Vorstufen sehr fein im Verstärkungsgrad aufeinander abgestimmt sind. Zudem lassen sich die Großmembrankapseln frei von Acht bis Kugel durchstimmen. Die LFE und Subsignale können über eine Schaltmatrix aus den fünf Kanälen summiert werden.

2. Die kleine Neumann Spinne mit KM 100 Kleinmembrankapseln, bei der die L/M/R-Mikrofone von individuell biegbaren Schwannenhälsen getragen werden und LS/RS auf starren Metallstangen montiert sind. Die Verstärker der Spinne befinden sich am Ende der sechs Meter langen Audiokabel. Dieser Prototyp wurde schon vor ein paar Jahren angefertigt. Er wird zu Testzwecken immer wieder an interessierte Tontechniker weiter-

gegeben, die unserer Kenntnis nach jedoch bisher kein Feedback über Anwendungsergebnisse oder eine Beurteilung der Konstruktion lieferten.

3. Fünf einzelne Großmembranmikrofone NT 1000 von Rode, die individuell auf Stativen platziert werden können. Mit Hilfe dieser Mikrofone konnte eine sehr kostengünstige Variante der Surround-Mikrofonie getestet werden. Der Grund liegt auf der Hand: der fünffache Anschaffungspreis stellt bei anderen Herstellern für die meisten „Einmikrofon-Studios“ eine unüberwindbare Barriere dar. Bei diesem Preis sind die NT-1000-Kapseln natürlich nicht selektiert. Für ihren eigentlichen Zweck, als hervorragend günstiges Gesangsmikrofon zu dienen, ist das auch nicht notwendig.

Kapselhomogenität und Lautstärkebalance

Die Homogenität der Kapseln ist für Aufnahmen in einem diskreten Surround-Setup, genau wie bei der Stereoproduktion, unverzichtbar. Jede Abweichung führt zu einer unrealistischeren Wiedergabe des Hörereignisses. Das bestätigten alle Probanden prinzipiell. Abweichungen der Kapseln fallen, bedingt durch den erweiterten Klangraum, viel extremer auf, als bei der Stereo-Mikrofonie. Hier zeigen sich erst die tatsächlichen Qualitäten eines Mikrofonherstellers in punkto Erfahrung und Fertigungspräzision. Die Firma Neumann scheint in den Diszipli-

nen Kapselhomogenität und musikalische Frequenzeigenschaften ihre Konkurrenz zu suchen. Auch die Brauner Mikrofone besitzen wegen der hohen Selektion der Kapseln ein sehr homogenes räumliches Abbildungsvermögen und glänzen mit einer unglaublich warmen Tiefenwiedergabe. Erstaunlich war es, dass die ausgewogene räumliche Abbildung der KM-100-Kapseln trotz Verstärkung über unsere nicht so akkurate TL Audio VTC Konsole hervorragend gelang. Schade, dass es nicht möglich war, die Brauner ASM-5-Spinne auch über unser Pult zu testen, um zu sehen, wie viel die Feinabstimmung des Atmos-Pultes ausmacht. Die Rode Mikrofone versagten hinsichtlich der Homogenität des Klangs erwartungsgemäß kläglich. Es war jedoch interessant, sie den anderen Mikrofonen beizumischen. Durch ihren „wildern“ Frequenzgang vermittelten sie eine ungewöhnliche Lebendigkeit. Das widerspricht zwar jeder sinnvollen Arbeitsweise mit dem Ziel, einen ausgeglichenen und natürlichen Klang zu erreichen, doch sind es manchmal genau diese Techniken, aus denen man einen einzigartigen Sound schöpft.

Kleinmembran – Großmembran

Mit den Testgeräten konnten wir sehr ergiebig die Vor- und Nachteile von Klein- und Großmembran-Kapseln im Surround-Einsatz testen. Das KM 100 konnte gegenüber den Brauner Mikrofonen mit einem sehr guten Impulsverhalten punkten, besonders wichtig bei perkussiven Instrumenten. Die Tiefenwiedergabe ist, wie bei allen Kleinmembranmikrofonen, im Verhältnis zu den Brauner Großmembranmikrofonen mit ihrer sattem Tiefencharakteristik und dem durch die Kapselgröße volleren Bild bescheiden. Dafür zeigt das KM 100 eine sehr starke Richtwirkung und vermittelt bessere und flexiblere Panoramapositionen als das Brauner-Set. Zusammenfassend kann man sagen, dass sich beide Bauformen gut in ihrer Wirkungsweise ergänzen. Bei gekonnter Platzierung beider Spinnensysteme, sind phänomenale Ergebnisse zu erzielen, die sonst nicht möglich wären. Als Prämisse gilt hier immer die Einhaltung des homogenen Raumeindrucks. Das bedeutet, ausschließlich mit Surround-Sets zu arbeiten. Ein vermehrter Einsatz von zusätzlichen Einzelmikrofonen beeinträchtigt das natürliche Gesamtbild. Zum Thema Groß- und Kleinmembran herrschen unter allen Tonmeistern sehr unterschiedliche Ansichten. Viele wollen Großmembran-



**Mikrofon-Setup für eine Flügel-Surround-Aufnahme
mit Rode NT 1000 auf Einzelstativen und zwei Surround-Spinnen**

mikrofone wegen ihres schlechteren Impulsverhaltens nicht einsetzen. Bei Stereo- und Surround-Aufnahmen werden zur besseren Tiefenwiedergabe zusätzlich Kugelmikrofone eingesetzt – für eine klassische Herangehensweise sicherlich der puristischste Weg. Leider vermindern diese Mikrofone aber auch die Lokalisation. Kugelmikrofone erzeugen eine, nicht immer erwünschte, Tiefendimensionalität. Besonders modernere Produktionen brauchen druckvolle Nähe, dafür eignet sich der Nahbesprechungseffekt der Großmembran-Nieren besser. Die Brauner-Mikrofone bieten frei durchstimbare Richtcharakteristiken von Kugel bis Acht. Die Kugelstellung ist nur im Freien oder in großen Hallen zur besseren Darstellung der Tiefendimensionen sinnvoll. In kleineren Räumen ist diese Einstellung wirkungslos und durch den Verlust der Lokalisation eher nachteilig.

Interessant wäre es, mit den Richtcharakteristiken der einzelnen Kapseln auf großen Konzerten zu spielen. Mit der Nierenstellung bekäme man zum Beispiel eine differenzierte L/C/R Ortung der Band und mit der Kugelposition die Weite und Größe des offenen Raumes und des applaudierenden Publikums. Kritisieren könnte man vielleicht den Verlust des natürlichen Gesamteindrucks durch die unterschiedlichen Richtcharakteristiken. Bei großen Klangflächen kann die große Distanz zwischen den beiden hin-

teren Mikrofonen zum Problem werden und dementsprechend ein Mittenloch zwischen beiden hinteren Lautsprechern erzeugen.

Spinnenkonstruktion

Über die ideale Spinnenkonstruktion wird sehr heftig diskutiert. Obwohl die erste Lösung von Brauner und SPL bereits hier und

dort kritisiert wurde, konnte man auf der letzten Tonmeistertagung bei verschiedenen Herstellern wie zum Beispiel Microtech Gefell sehen, dass diese Idee in Anordnung und Konstruktion ähnlich umgesetzt wurde. Der größte Unterschied des ASM 5 etwa zur MAB 1000 Schiene von Schoeps, mit der im Abstand variablen A/B Anordnung, besteht in der Dreiecksanordnung der vorderen und dem gespreizten Arrangement der hinteren Mikrofone. Die linken und rechten Mikrofone sind im Pegelverhältnis zum Centermikrofon etwas abgesenkt. Dieses Verhältnis soll wohl besser auf die Aufstellung einer 5.1-Surround-Anlage abgestimmt sein. Dies bestätigte sich auch im Klangbild, obwohl ein erhebliches Problem festzustellen war: Bei Bewegungen um das ASM 5, gab es extreme Sprünge zwischen L und LS bzw. R und RS. Das könnte mit der extremen Distanz zwischen den jeweils beiden links- und rechtsseitig angeordneten Mikrofonen zu tun haben, sowie dem schlechteren Richtverhalten der Großmembrankapseln. Ferner störte etwas, dass die Kapseln nicht in der Vertikalen bewegbar waren. Bei Aufnahmen direkt im oder über dem Instrument bekommt man durch die naturgemäß ungünstige Positionierung zu wenig Direktklang. In dieser Hinsicht ist die Neumann-Spinne mit ihren vorderen Schwanenhälsen flexibler. Mit unterschiedlichsten Einstellungen der drei



**Mikrofonsetup für Studiodrummer Michael Joch
mit Brauner-Spinne ASM 5 und Stützmikrofonen**



Mikrofon-Setup für das Samba Trommel-Ensemble ‚Bloko Explosau‘

Fronthäse spielten wir sehr häufig. Die Aufnahmen würden jeden Stereopuristen zeitig ergrauen lassen, wir aber hatten dabei fast nie das Gefühl, etwas falsch zu machen. Extrem entgegen gesetzte vertikale Biegungen funktionierten selbstverständlich nicht, sie brachten das natürliche Raumverhältnis durcheinander. Die starren Gelenkstative der beiden hinteren Mikrofone erwiesen sich in manchen Situationen als hinderlich. Bei der Platzierung der Spinne in einer Kirche hoch über den Musikern zum Beispiel konnten wir die vorderen Mikrofone sehr gut für mehr Direktklang auf die Musiker richten, bekamen aber durch die horizontale Ausrichtung der hinteren Kapseln ein sehr schwaches Signal der Reflektionen der entfernten Rückwand des Kirchenschiffs. Wie bereits erwähnt, dient diese Einzelanfertigung reinen Testzwecken zur Erforschung der Surround-Möglichkeiten. Falls eine Serienfertigung erfolgen würde, wären bestimmt noch einige Modifikationen möglich. Der Entwickler, Herr Peus von Neumann, ist jedenfalls für Anregungen dankbar. Der große Vorteil dieses Systems besteht darin, dass es in einem kleinen Alukoffer Platz findet und sehr flexibel und schnell einsetzbar ist. Seine Handlichkeit erlaubt eindrucksvolle Experimente. Wir schwenkten das Mikrofonsystem zum Beispiel während einer Flügelaufnahme hin und her und erhielten einen interessanten Doppler-Effekt. Sofort verlangte

jemand aus der Gruppe den Live-Einsatz der Spinne. Wie es wohl klingen würde, wenn man sie über eine tobende Menge in Richtung Bühne führe?

Bei der Darstellung von Bewegungen zeigte sich die Spinne sehr ausgeglichen, man erreichte eine sehr gute Ortung der Panoramapositionen. Beim Einsatz als Solo-Surroundmikrofon sollte man jedoch die eingeschränkte Tiefenwiedergabe beachten und ihre Neigung zu einem mittig harten Klang.

Deswegen drängte sich uns eine Kombination beider Systeme auf. Praktisch funktionierte das sehr gut. Mit richtiger Platzierung gewannen wir einen sehr fülligen Gesamtklang, der das Surround-Feld beider Einzelsysteme nach oben, in die Breite und auf speziell anvisierte Punkte erweiterte, ohne das Gefühl eines homogenen Klangverhältnisses zu beeinträchtigen. Erstaunlicherweise kam es auch zu keinerlei Pha-

senproblemen. Deutlicher Vorteil der Spinnensysteme ist ihr einfacher und schneller Aufbau. Die Einzelstativ-Mikrofonierung für Surround stellte sich als sehr mühevoll heraus: Aufstellung und genaue Höhenjustierung der Stative, Ausrichtung der Mikrofone und das furchtbare Kabelgewirr am Ende sind schon sehr anstrengend für den ohnehin geplagten Tontechniker, besonders bei der Live-Anwendung. Eine wichtige Funktion kann jedoch nur diese Einzelstativanwendung erfüllen, nämlich die Klangquellen einzukreisen.

Anhand einer Schlagzeugaufnahme verdeutliche ich die Wirkungsweise der Mikrofongruppen: Die Brauner- und Neumann-Spinnen wurden übereinander über das Drumset gehängt. Die Rode Mikrofone platzierten wir mit etwas Abstand um das Schlagzeug. Im Sinne eines guten Rocksounds gilt es vor allem die Wucht des Sets und des Schlagzeugers zu vermitteln. Mit ihrem großen Klang ist die ASM-5-Spinne hervorragend dafür geeignet. Jedoch herrschte aus den schon erwähnten Gründen, kein ausgeglichenes Klangbild. Hi Hat und Snare Drum wurden einfach zu schwach abgebildet. Zu Hilfe kam die Neumannspinne. Durch ihre stärkere Richtwirkung und positionierbaren Schwanenhäse war sie recht einfach auf die leiseren Instrumente auszurichten. In der Mischung mit der ASM 5 ließ sich problemlos ein ausgewogenes Klangbild formen. Zu beachten ist natürlich, dass die Lautstärkebalance der Spinnensysteme sauber abgeglichen ist. Einzelne Mikrofone in einem Setup lauter zu machen, um bestimmte Instrumente hervorzuheben, zerstört das Gesamtbild der räumlichen Wiedergabe. Deswegen sollte man die Spinnen exakt justieren, da es gerade bei Schlagzeugaufnahmen mit lauten oder unerfahrenen Spielern sehr schwierig ist, einen kontrollierten Sound zu gestalten. Der größte Nachteil einer diskreten Surround-Schlagzeugaufnahme ist, dass man mit dem natürlichen Klang, den man nicht mit vielen Effekten manipulieren kann, auskommen muss. Die Mischung beider Spinnensysteme schien perfekt und nicht mehr zu übertreffen. Für diesen Versuch hatten wir die Rode Mikrofone eher zufällig um das Drumset herum aufgebaut. Hinsichtlich der Phasen- und Ortungsprobleme waren wir skeptisch, ob diese Konstellation wirklich Sinn machte. Es war fast unglaublich, dass keine großen Beeinträchtigungen wahrzuneh-

Als sinnvolle Ergänzung zu den Testergebnissen ist eine DVD Audio bzw. DVD Video für Interessenten in Arbeit, die man zum Preis von 25 Euro direkt beim Autor bestellen kann:

**UFO Sound Studios,
Greifswalderstraße 23 a,
10405 Berlin
oder per E-Mail über
info@ufo-studios.de**

men waren. Ganz im Gegenteil, genau das hatte der Aufnahme noch gefehlt. Bei leichter Zumischung der Rode Mikrofone hörte man das Schlagzeug zum ersten Mal richtig im Raum, wie aus der Hörposition des Schlagzeugers. Auch der Studioschlagzeuger war restlos überwältigt und meinte, er höre sich zum ersten Mal auf einer Aufnahme exakt wie am Set. Das Schönste für ihn war der gewaltige Punch der Tom Toms. Trotzdem fehlte noch etwas Entscheidendes, das auf der Drummerposition auch sonst sehr mager klingt. Man kommt nicht darum herum, die Kick Drum zusätzlich zu mikrofonieren. Während der Aufnahmen wurde immer deutlicher, wie gut beide Spinnensysteme miteinander harmonierten. Wichtig war es einfach, stets darauf zu achten, dass es zu keinen Verschiebungen der Positionen im Surround-Feld kam.

Die Kirchen-Aufnahmen allein mit dem ASM 5 klangen, trotz des wuchtigen Klangs, recht klein. Erst durch die Zugabe der Neumannspinne auf ungefähr 5 bis 6 Metern Höhe, machte man Bekanntschaft mit der Höhe der Kirche. In der Kombination mit dem ASM 5 glaubte man, das Returnsignal eines richtig teuren Surround-Hallgerätes zu zumischen.

Auch bei Flügelaufnahmen bewährte sich die Mischung der drei Systeme. Das Ergebnis war in seiner großen Dreidimensionalität für alle Beteiligten so überwältigend, dass Flügelaufnahmen in Stereo flach und unrealistisch klangen. Seit diesem Klangerlebnis habe ich kein Bedürfnis mehr, Flügel in der alten Art und Weise aufzuzeichnen. Leider kann man sich das nicht immer aussuchen.

Recording Jazz

Die Musiker der Jessica Galle Jazz Band positionierten wir folgendermaßen um die zwei übereinander hängende Spinnensysteme: Auf der rechten Seite befand sich sehr nah der Flügel, auf der linken Seite stand das Schlagzeug etwas entfernter. Vorne teilte sich der Kontrabassist den Platz mit der Sängerin, weit hinten in den Surrounds spielte der Saxophonist. Der Versuch, die Sängerin relativ nah an den Mikrofonen aufzunehmen, scheiterte völlig. Sie war zu leise. Deswegen stellten wir für sie ein zusätzliches Mikrofon auf, das sich dann auf den L/R-Frontlautsprechern gut in den Gesamtklang integrierte. Die Dynamik und das Klangvolumen der Instrumente waren durch ihre Nähe un-



*Orchester/Chor-Aufnahme in einer Kirche:
halblinks erkennt man vor der beleuchteten Wand die Position der Brauner-Spinne*

gläublich. Sehr druckvoll und klar kam der Kontrabass von vorne und selbst der Saxophonist klang auf seiner Position in den Surround-Lautsprechern extrem gut. Diese Aufteilung begrüßte jeder. Man kann sich ruhig trauen, bestimmte Instrumente nach hinten zu legen. Anzumerken bliebe, dass es einige Zeit brauchte, bis die Musiker die richtige Position für einen homogenen Klang fanden. Besonders das Saxophon übertönte wie alle Bläser ungewollt die anderen. Mit dem starken Absorptionsgrad unseres Auf-

nahmeraaumes, der trotzdem niemals unnatürlich wirkte, war es kein Problem die Lautstärke in den Griff zu bekommen.

Da waren die Aufnahmen der 20köpfigen Berlin Bigband schon viel problematischer. Es galt zu entscheiden, welche Hördimension man für eine so große Band in einem 60 Quadratmeter messenden Raum erzielen möchte und wie die Musiker sinnvollerweise anzuordnen wären.

Wir entschieden uns für zwei unterschiedliche Arten, nämlich:



Setup für die Jessica Galle Jazz-Band mit Surround-Spinnen und Einzelmikrofonen



Akustik-Gitarren-Aufnahme mit Neumann-Spinne

1. Die Musiker im Halbkreis aufzustellen, um die Hörposition eines Zuhörers zu vermitteln.

2. Die Bläser einmal hinten und einmal vorne spielen zu lassen, und in umgekehrter Reihenfolge die Rhythmusgruppe. Dadurch wird der Zuhörer von den Musikern umrundet.

Die erste Variante funktionierte sehr gut. Sie erbrachte ein sehr ausgeglichenes Verhältnis der einzelnen Instrumente, Klang aber nicht so aufregend wie die zweite Aufstellung. Diese war aber weitaus schwieriger umzusetzen. Bei der Positionierung des Schlagzeugs klangen seitliche und vordere Positionen normal, solange man darauf achtete, es mit anderen Musikern etwas zu verdecken, so dass eine dynamische Balance gewährleistet blieb. Ein ungeschriebenes Gesetz in der Surround-Aufstellung ist sicherlich, niemals Instrumente der Rhythmussektion nach hinten zu setzen, denn so geht die rhythmische Fokussierung verloren. Generell sollte man darauf achten, dass die gegenüberliegenden Seiten bei einer ‚Rundum-Aufnahme‘ mit vielen Musikern auch ihr entsprechendes dynamisches Pendant haben (ausgenommen die Rhythmussektion). Mit der Zahl der Musiker war es schwierig, in einem kleinen Raum eine ausgeglichene Lautstärkebalance in den einzelnen Dynamikstufen zu halten. Besonders Soloinstrumentalisten müssen darauf achten, nicht

lauter zu klingen als andere, deren Instrument schon von Natur aus leiser sein kann. Es passierte ständig, dass einzelne Musiker oder Sektionen aus der Gesamtdynamik ausbrachen. Diese Sprünge fielen, nach einer Zusammenmischung der Spuren auf Stereo nicht mehr auf. Eine weitere neue Hördimension kam hinzu, als verschiedene Instrumente innerhalb eines Titels je-

Tag der offenen Tür

*Live-Hörproben und Diskussion
der Testaufnahmen in den
UFO Sound Studios*

am 12. und 13. April 2003, ab 12 Uhr.

Es werden folgende
PCM- und DSD-Wandler
im Klangverhalten gegenübergestellt:
Kuhnle 8192 ADDA,
Digidesign HD 192ADD, dCS954 DAC
sowie Surround-Aufnahmeverfahren
mit den Neumann- und Brauner/SPL-
Spinnensystemen.

Alle interessierte Toningenieure,
Tonmeister, Musiker und Surround-
Fans sind dazu herzlich eingeladen.
Anmeldungen bitte unter
info@ufo-studios.de
oder unter
030/42802407 per Fax

weils mit den Surround-Mikrofonen aufgenommen wurden. Man nahm als Zuhörer so eine Perspektive ein, als säße man mitten im vollen Klangkörper jedes einzelnen Instrumentes.

Bei der McKinsley Band nahmen wir nach der Surround-Schlagzeugaufnahme die Akustik-Rhythmusgitarre im Overdub direkt unter der ASM-5-Spinne auf. Wir baten die Künstlerin, das Instrument während der Aufnahme langsam zu bewegen. Diese Bewegung erzeugte eine unterschwellige Dynamik, die sehr bemerkenswert klang. Shaker nahmen wir nachträglich auf, indem der Schlagzeu-ger im Rhythmus um die Neumannspinne lief. Auch dieser Effekt war sehr wirksam, wenn man ihn dezent einsetzte.

Für das Duett ‚P’nj‘ positionierten wir eine Geige vorne und den Flügel etwas seitlich. Während der Aufnahme bewegte sich die Violinistin dezent um die Mitte herum, seitlich gegenüber dem Flügel. Zum Ende des Stückes lief sie um das ASM 5 herum und endete auf der Surround-Seite des Flügels. Diese musikalische Einbindung von Bewegungen im Raum gefiel uns sehr gut. Wir experimentierten viel mit perkussiven Elementen, die um die Surround-Mikrofone kreisten oder sich nur zwischen bestimmten Kapseln bewegten. Wanderungen der Trommler von ‚Blokko Explosau‘, eines Samba Ensembles, waren wegen ihres starken Tiefenanteils nicht zu orten. Generell erzeugten sie eine so tolle Dynamik im Surround-Bild, dass alle Beteiligten mit der späteren Summierung auf Stereo unzufrieden waren...

Alle Einzelheiten unserer Experimente würden sicher den Rahmen dieses Berichtes sprengen. Interessenten an den beschriebenen Surround-Aufnahmen können die eher kurz gehaltenen Erläuterungen dieses Berichts mit Hilfe der DVD vertiefen (direkt vom Autor zu beziehen, siehe Informationskasten. Die Redaktion).

Durch die Testreihen habe ich ausreichende Anregungen zu einem eigenen flexiblen Spinnensystem bekommen. Meine Traumspinne müsste in der Lage sein, jeden Mikrofontypen zu tragen, auf Haltern, die in der Horizontalen und Vertikalen genau einzustellen sind. Die Mikrofonarme müssten in der Länge, und im Winkel zueinander frei justierbar sein.

Schlusswort

Aus der Surround-Technik ergeben sich zwei grundsätzlich neue Qualitäten. Erstens funktioniert die Technik nur, wenn der Toningenieur seine Arbeit als künstlerische Ergänzung der musikalischen Darbietung versteht. Von seinen Ohren, seiner Erfahrung und seiner Phantasie ist jede Surround-Aufnahme abhängig. Zweitens entsteht richtige Qualität mit Surround-Aufnahmen nur mit guten Musikern, die gelernt haben aufeinander zu hören. Will die Amateurfraktion dabei bleiben: üben, üben, üben. Einen herzlichen Dank möchte ich an folgende Personen und Firmen richten, die diese Tests erst ermöglicht haben: Rainer Hess von Media Assistance, Stefan Peus von Neumann, Andre Inderfurth von SPL, Jörg Walter von Gerdes/Sennheiser, Herbert Jünger von Jünger Audio, Bert van der Wolff von dCS, Michael von Garnier von Hyperactive und Andreas Lange (Digidesign Support). ■