

# Qualitätsansprüche – zweiter Teil

Jens Reule  
Fotos: Jens Reule

## Tag der offenen Tür in den UFO Sound Studios

Als Vorwort der Redaktion wollen wir die folgenden Erläuterungen verstanden wissen, bevor sich der Autor Jens Reule bei Ihnen zu Wort meldet. Der von ihm verfasste Beitrag ‚Qualitätsansprüche‘, den wir in der Februar-Ausgabe veröffentlichten, hat deutlich vernehmbaren Widerspruch, ja sogar Verärgerung ausgelöst. Speziell letztere wollen wir nur ungern unkommentiert



lassen. Als regelmäßige Leser dieser Fachzeitschrift wissen Sie, dass sich bei uns, ausgenommen unsere Sonderheft-Projekte, nur selten Gastautoren die Ehre geben. Studio Magazin versteht sich aber trotzdem als Forum für die professionelle Audiobranche, das jeder, der etwas Sinnvolles zu unserem Leitthema beizutragen hat, für sich nutzen kann, solange er keine unlauteren Absichten verfolgt. Herr Reule, der mit seinem Team weder Kosten noch Mühen scheute, um in einer individuellen experimentellen Annäherung an ein Thema für sich zu neuen Erkenntnissen zu gelangen und Sie alle daran teilhaben zu lassen, hat diese Möglichkeit ergriffen. Wenn dort Aufnahmeverfahren oder Vorgehensweisen beschrieben wurden, die klassischen Methoden widersprechen, so heißt das noch lange nicht, dass sie nicht statthaft wären, um abseits eingefahrener Pfade neue Erkenntnisse zu gewinnen. Wir würden uns als Redaktion weniger inoffiziell geäußerte Verärgerung oder Geringschätzung

als offene, konstruktive Kritik wünschen, an denen alle Leser teilhaben können, um dabei vielleicht doch etwas für die tägliche Arbeit Nützliches hinzu-zulernen. Lesen Sie also den folgenden Beitrag als dreiteiligen Schlussbericht, bestehend aus den persönlichen Ausführungen des Autors, einem Interview mit Bert van der Wolf, geführt vom Autor, und einem Gastkommentar des Physikers Fred-Michael Bülow, ebenfalls initiiert durch Jens Reule.

Im April stellten wir in den UFO Sound Studios die Ergebnisse der Testreihen zur Surround-Mikrofonierung und eines Wandlervergleichs (siehe Studio Magazin 2/03) an zwei ‚Tagen der offenen Tür‘ vor. Vorausgegangen waren drei Monate intensiven Aufnehmens in Surround und Stereo, PCM und DSD. Sinn und Zweck der Surround-Testreihen war es, möglichst viele unterschiedliche

Arbeitsweisen vorzustellen, um Höreindrücke analysieren zu können. Bewusst wurden auch Wege demonstriert, die nicht unbedingt die funktionalste Lösung darstellten oder eine neuere und offenere Einstellung verlangten. Dogmen sind auf diesem vielseitigen Gebiet ohnehin fehl am Platze. Wir alle haben gemeinsam neue Wege zu ergründen, um den Hörer zu überzeugen.

Bis heute scheint der Umgang mit dem Surround-Medium nicht selbstverständlich zu sein, wie viele Produktionen deutlich zeigen. Fragt man den Verkäufer einer beliebigen HiFi-Marktkette, denkt der Konsument nur an den extra ‚Wumms‘ von hinten, um ein bisschen Kinogefühl zu Hause zu erleben. Niemand spricht beeindruckt von Musikaufnahmen, die so umwerfend realis-

tisch sind, dass Stereo einfach nicht mehr ausreicht. Vielleicht gibt es Möglichkeiten, hier zu helfen.

Unser zweites Thema ‚Wandler‘ ist immer noch Mysterium Nummer 1. Wer hat hier noch den Durchblick? Wir werden mit unterschiedlichsten Begriffen und Standards gequält, die neue Qualitäten versprechen. Die meisten Toningenieure mögen davon des Nachts träumen; erlebt und gehört hat sie kaum jemand. Zum besseren Verständnis der Testreihen ist es zu empfehlen, den Bericht vom Februar zu lesen. Er steht auch als Download unter [www.ufo-studios.de](http://www.ufo-studios.de) zur Verfügung.

Sehr gefreut haben wir uns über zahlreiche Gäste von der Herstellerseite, die Rede und Antwort standen. Bert van der Wolf von Northstar (dCS Wandler), Rainer Hess von Media Assistance (Pyramix Harddisk System und Kuhnle Wandler), Klaus Gelhaar von TC Electronics, Andre Inderfurth von SPL, Martin Schneider von Neumann und Dr. Helmut Jahne von Stagetec. Zum korrekten Abhören der Surround-Aufnahmen stellte Joachim Kiesler von der Firma MEG Musikelectronic Geithain freundlicherweise eine 5.0 Surround-Lautsprecheranlage zur Verfügung, die er vor Ort installierte. Zusätzlich wurden aktuelle SACD-Veröffentlichungen vorgestellt; der hochwertige Player und die Software wurden von Hans Peter Gerlach, Sony Deutschland, zur Verfügung gestellt.

Was verspricht Surround-Sound? Was bringt er so Neues, dass sich ein Verbraucher in Unkosten stürzt, eine gute Anlage kauft und häusliche Kämpfe mit dem Lebenspartner um den Aufstellungsplatz im Wohnzimmer austrägt? Anders gefragt: ab wann reicht Stereo als Kompromisslösung nicht mehr aus?

Alle Anwesenden diskutierten über Sinn und Nutzen von Surround-Sound ausgiebig. Ist Surround überhaupt notwendig? Stereo reiche doch völlig aus, war gerade von älteren Kollegen zu hören. Der normale Zuhörer verspricht sich von jeder Klangrevolution Phänomenales: eine neue Dimension, entweder so realistisch, dass er mittendrin zu stehen glaubt, oder völlig surreal, fern jeder Realität. Eigentlich sucht der Hörer für sein Geld intensivere Emotionen oder Erfahrungen, er will überrascht und beeindruckt werden. Da reicht es nicht mehr aus, nur Räumlichkeit mit den hinteren Lautsprechern darzustellen. Echte Klangquellen müs-



sen dort auch starr oder beweglich positioniert sein. Dieser Ansatz wurde bei allen Hörbeispielen verfolgt.

Als Kompromiss erwies sich in der Praxis der Lautsprecherabstand in Bezug auf die Lautsprechergröße im Abhörraum. Beide Komponenten mussten so abgestimmt werden, dass genügend Zuhörer Sitzplätze fanden und trotzdem nicht in der ersten und letzten Reihe vom Druck größerer Lautsprecher in die Irre geführt wurden. Für viele Besucher wurden dadurch natürliche Lokalisationen, Dynamik und Bewegungen nicht so deutlich erkennbar, wie zum Beispiel in unserem Regieraum mit einer engeren Anordnung. Hier bestätigte sich, wie wichtig es ist, den Abhörabstand des Hörers (und die Entfernung der Lautsprecher zueinander) in Bezug auf die Größe der Wellenfront der gegebenen Lautsprecher richtig festzulegen. Unumgänglich ist, wie verschiedene Teilnehmer anmerkten, dass die festgelegte Mehrkanal-Anordnung ITU-R BS775 in ihrer Norm eingehalten wird, damit die Wiedergabe standardisiert ist.

### **Wie reagierten die Zuhörer auf die ‚Mitten-im-Geschehen‘-Aufnahmen?**

Die Experimentalanordnungen boten verschiedenste Perspektiven: Nah- und Fernmikrofonie, kleiner und großer Raum, diskrete Surround-Aufnahmen mit verschiedenen Spinnen und Stativsystemen, diskrete Sur-

round-Aufnahmen und die Einbindung von Monoquellen, verschiedene Surround-Instrumente gleichzeitig, Spinnensysteme räumlich verschoben und im Surround-Feld bewegte Instrumente. Gerhard Steinke, Audioconsultant (Berlin) experimentierte schon in den frühen Sechzigern mit Surround, war auf dem Gebiet klassischer Surround-Aufnahmen wohl der Gast mit dem größten Erfahrungspotential. Ihm missfiel der Ansatz, ein klassisches Orchester aus der Mitte zu hören, fand ihn jedoch für Pop Produktionen interessant. Diese Ansicht teilten viele erfahrene Toningenieure. Die Orchestermusiker selbst und jüngere Zuhörer fanden aber diese Hördimension für ein Orchester phänomenal. Gerhard Steinke vertrat die Auffassung, Aufnahmen großer Besetzungen, zum Beispiel einer Big Band, funktionierten nur in großen Räumen. In kleinen Räumen bestünde der Nachteil darin, dass die ersten Reflexionen zu deutlich hörbar seien. Ein Empfinden räumlicher Enge, sowie die Reduzierung der Surround-Lokalisierung wäre ebenfalls die Folge. Kleinere Besetzungen könnten aber durchaus in kleineren Lokalitäten aufgenommen werden. Es war aber die Absicht dieser Aufnahmen, eine Klang- und Hördimension zu kreieren, die nichts mit einem klassischen Ansatz zu tun hat. Die Vorteile einer Nahmikrofonierung in kleineren Räumen sind: Druckerhöhung durch Raummoden und Nahbesprechungseffekt, drastischere Panorama-Posi-



Jens Reule (links) und Oliver Hertkorn

tionen- und Bewegungen durch die Nähe zu den Mikrofonen.

Die Homogenität der Surround-Spinnen und des dadurch geschaffenen natürlichen Surround-Raumes war für die Zuhörer eine neue aufregende Hörerfahrung. Es bedarf jedoch sicherlich mehr Zeit, um sie wirklich schätzen zu lernen. Hörgewohnheit spielt hier eine große Rolle. Die Platzierung einer Mono-Quelle im diskreten Surround-Feld fiel jedem als störendes Element auf. Abhilfe wurde hier mit einer Verteilung der Mono-Quelle auf zwei Lautsprecher geschaffen. Die Darstellung verschiedener Instrumente gleichzeitig, die nacheinander mit Surround-Mikrofonen aufgenommen wurden, und somit für den Hörer das surreale Klangbild einer Band herstellten, löste allgemeine Zustimmung und Euphorie aus.

In der Höhe und im Raum verschieden platzierte Surround-Spinnen und Stativmikrofone wirkten sich oftmals negativ auf die Lokalisation aus. Vorteil dieser Platzierung ist aber die bessere räumliche und klangliche Darstellung der Quellen, also eher eine Kompromisslösung, deren Bewertung von Höreigenschaften- und Gewohnheiten des Einzelnen abhängig ist. Allgemein wurde die Darstellung von Einzelinstrumenten wie Schlagzeug und Flügel aber sehr gelobt. Sie erzeugte einen extremen Realismus, zum Teil besser als in der realen Position des Spielers.

Für das Schlagzeug-Beispiel wurden die Surround-Spinnen direkt über den Musiker gehängt, um seine Hörposition direkt nachzuempfinden. Fünf Mikrofone wurden dann zusätzlich um das Schlagzeug herum aufgebaut, um es im Ganzen räumlich einzubinden. Die Kombination aus Direktfeld

ablehnende Haltung nicht verstehen. Allgemein dezente Bewegungen wurden durchgehend als positiv bewertet.

Resümierend ist festzustellen, dass die Bewertung der ‚Mitten-im-Geschehen‘-Aufnahmen sehr von den Hörgewohnheiten des Publikums abhängig ist. Jemand, der sein ganzes Leben damit verbracht hat, Stereo-Aufnahmen bewusst zu hören, besitzt ein ‚Ortungsbewusstsein‘, das sehr auf Stereo-Hören fixiert ist. Dazu kommt natürlich noch die Einstellung, dass die Musik nur von vorne kommen kann, da ein Zuhörer die Bühne stets vor sich erwartet. Unbelastete junge Hörer sind dagegen meistens offen für neue Hördimensionen. Man kann das gut mit der Bildführung von Sendern wie MTV und Viva vergleichen, deren schnelle Bildwechsel bei Älteren Kopfschmerzen, zumindest aber Unverständnis hervorrufen.

Meine persönliche Wahrnehmung von Musik lege ich selbst fest. Produziere ich, analysiere ich kritisch und mein Ortungsmechanismus arbeitet auf Hochtouren. Genieße ich Musik, und das kann auch während einer Produktion der Fall sein, lasse ich mich vom emotionalen Gehalt hinreißen, meine Ortungsmaschinerie wird zweit-rangig. Ich kenne Profis, die ihr Lokalisationsdenken nicht abschalten können. Sie sind unfähig, Musik als einen homogenen Klangkörper zu genießen. Es sind solche Prägungen, die uns das Unbekannte verschließen. Offen-

heit und viel Geduld, immer wieder neu hören zu lernen, sind die einzige Möglichkeit einer persönlichen und beruflichen Weiterentwicklung. Ich sehe eine große Chance für diese Art der Darstellung in jeder Musikrichtung. Sie schafft eine neue Identität und Bedeutung. Wie oft wird Musik nur als Hintergrundgeräusch benutzt. Mit einer räumlichen Anordnung der Musiker kann man sich der Faszination nicht mehr Entziehen.

Zum Abschluss der Vorführungen nahmen wir abends die Bands For P'n'J, The East Blues Experience und die Künstlerin Morin Smole live in Surround auf. Zum Einsatz kamen wieder die ASM-5 Spinne von Brauner, die uns Bernd Schimmler freundlicherweise zur Verfügung stellte, sowie der Neumann KM140 Spinnenprototyp. Aufgenommen wurde über den Kuhnle AD8192 (Neumann), sowie den Stagetec-Wandler (Brauner/SPL). Hörbeispiele der Session finden sich auf unserer DVD mit speziellen Surround-Mikrofon-Vergleichen (siehe Bezugshinweis am Ende dieses Beitrags).

Zusätzliche Hörvergleiche zwischen dem Stagetec AD, Kronauer DA und dCS AD/DA Wandler fanden während der Livesession eher in kleinem Rahmen statt. Das Trio P'n'J lieferte in der Besetzung Flügel, Kontrabass und Geige die Grundlage. Mikrofoniert wurde mit zwei Kleinmembran-Druckempfängern von Sonodore, einer Eigenentwicklung von Bert van der Wolf. Das Besondere an diesen Mikrofonen ist ihr erweiterter Frequenzbereich, ihr gutes Impulsverhalten und ihre Klangeigenschaften. Anders, als man es von herkömmlichen Druckempfängern gewohnt ist, wirken sie fokussiert und plastisch zugleich. Die Einsatzmöglichkeiten sind damit weitaus größer als bei anderen Druckempfängern.

Der A/B Schnellvergleich zwischen den Wand-

Der A/B Schnellvergleich zwischen den Wand-

Der A/B Schnellvergleich zwischen den Wand-



Diskussion in der Expertenrunde

lern zeigte, dass es immense Unterschiede bei der Wandlertechnologie gibt. Einstimmig wurden die dCS-Wandler als herausragend eingestuft. Signifikantes Kriterium war die dreidimensionale Plastizität gegenüber der zweidimensionalen Darstellung aller anderen Wandler. Darüber hinaus waren weitere Unterschiede im Klang zwar zu hören, konnten aber von den Beteiligten in der kurzen Testphase nicht genau definiert werden. Dr. Ing. Helmut Jahne vermutete, dass die klanglichen Unterschiede wahrscheinlich von den immer gleichen, starren und steilflankigen Filtern der PCM-Wandlerchips ausgingen, von denen bisher angenommen wurde, dass sie das Audiosignal nicht beeinflussten.

Unsere ausgiebigen Wandlervergleichstestreihen (Studio Magazin 2/03) lösten auch Kritik aus. Beanstandet wurde die Herangehensweise, dass zum Beispiel unterschiedliche Geräte verschiedener Hersteller unter diversen Gesichtspunkten, wie Auflösung oder digitalen Verfahrensweisen gegeneinander getestet wurden, um eine allgemeine Aussage gültig zu formulieren. Die Kritik ist sicher berechtigt und findet bei ewigen Theoretikern auch Beifall, aber was nützt das einem Tontechniker, hilflos und halbwissend im tiefen Dschungel der Fachbegriffe werbender Firmen allein gelassen? Er weiß, die neuen Qualitätsvorteile der digitalen Techniken genauso wenig einzuschätzen, wie der Straßenkonsument und viele Hersteller.

Es kann nicht falsch sein, sich ein eigenes Bild unter alltäglichen Arbeitsbedingungen zu machen, sich einen Überblick über einen Teil der am Markt positionierten Wandler zu verschaffen und hörbare Gemeinsamkeiten oder signifikante Unterschiede zu formulieren.

### Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse

Alle herkömmlichen PCM-Wandler (mit Standardchips) erzeugen, je nach Auflösungstiefe, eine Höhenschmierung in unterschiedlichen Frequenzlagen, die mit dem Gehör eines Tontechnikers als Kammfiltereffekt (also ‚phasig‘) definiert werden könnten. Dieser Effekt lässt alle Obertöne der Musik ‚vereinheitlicht‘ klingen. Die Musik verliert mit zunehmender Hörzeit an Reiz und löst Ermüdung aus.

PCM-Wandler mit dem 192 kHz AKM 5394 Chip wirken, wie die dCS-Wandler, dreidimensional, alle anderen mit älteren Chips

nur zweidimensional. Der dCS DSD-Wandler erzeugt im Höhenbereich keine störende Artefakte. Die Obertöne entfalten sich frei, jedoch erscheint das gewandelte Signal reiner als das analoge Eingangssignal. Also sind auch hier noch Verbesserungen bezüglich der Auflösung oder noch neutralere Filtertechnologien möglich.

Höhenreduktion bei einem 192 kHz PCM-Testwandler (Digidesign HD) gegenüber dem dCS-Wandler: bei Nahmikrofonierung eines Flügels mit hochauflösenden Mikrofonen. Bei Standardmikrofonen ist dieser Effekt durch die Höhenbeschränkung natürlich nicht mehr wahrnehmbar.

Alle gerade beschriebenen Hörerfahrungen sind messtechnisch praktisch nicht zu belegen. Haben sie, zum Beispiel, schon einmal von einem Tiefenstaffelungsmeter gehört? So ist es auch mit den Messdaten der dCS-Wandler. Zum Beispiel sorgen sie mit 120 dB Dynamik und 117 dB Rauschabstand technisch gesehen nicht für mehr Aufregung als jeder bezahlbare Studio-Standard-Wandler. Hörbar liegen hier jedoch Welten dazwischen. Bekanntermaßen verwirren viele Messwerte den oft ahnungslosen Kunden. Bei Wandlern wird zum Beispiel von

Low Jitter geredet. Aber welcher Jitter ist gemeint? Es gibt fünf verschiedene Arten Jitter. Um ein wenig Licht ins große Wandlermysterium zu bringen, nutzte ich die Gelegenheit und fragte einen Experten. Bert van der Wolf von Northstar arbeitet als Berater für die Firma dCS und kann als alter Hase auf diesem Gebiet so manche Lösung bieten. Langjährige Forschungsarbeiten auf den Gebieten PCM und DSD und vor allem seine Erfahrungen als Tonmeister mit hochwertigen Aufnahmen machen ihn zum kompetenten Ratgeber. Ihm geht es ums Wesentliche, nämlich die Funktion der Wandlung im richtigen Anwendungsbereich: komplexe Musiksignale anstatt Sinustöne.

Die dCS-Wandler unterscheiden sich grundlegend von anderen Wandlerkonzepten, da sie ohne die herkömmlichen Wandlerchips auskommen. Diese proprietäre Technologie trägt die Bezeichnung ‚5 Bit Ring DAC‘ und ermöglicht eine flexible Filter- und Modulator-Programmierung. dCS steht auf dem Gebiet der Filterprogrammierung beinahe konkurrenzlos da. Ständig entwickelt das Unternehmen neue Filtermethoden und testet sie auf Musikalität. Ich sprach mit Bert van der Wolf am Rande unserer Veranstaltung.

**Jens Reule:** *Man hört von kompetenten Leuten, DSD sei mit Problemen behaftet und der hörbare Nutzen werde bezweifelt. Wollen Sie das so stehen lassen?*

**Bert van der Wolf:** Es ist richtig, dass DSD mit Problemen behaftet ist. Es kommt zum Beispiel zu einer hochfrequenten Geräuschentwicklung, die aber außerhalb des Hörbereiches liegt. Overloads sind auch bei etwa 200 kHz möglich. Probleme kann man aber lösen und es bleiben die Vorteile von DSD. Für den Produktionsbereich ist es vielleicht zu komplex in der Anwendung, aber es ist perfekt als Zuliefer-Format.

Die eigentliche Effizienz von DSD liegt darin, dass hier die meisten Informationen in der Audiobandbreite gegen die tiefste Datenmenge zur Verfügung stehen. Somit kann man flexibel optimale Filter einsetzen, nicht nur für Sinustöne, sondern auch für komplexe dynamische Musiksignale.

**Jens Reule:** *Was ist das Besondere an den dCS-Filtern, und warum sind sie so wichtig?*

**Bert van der Wolf:** Die Filter fangen grundsätzlich weit oben an, zum Beispiel bei 20 kHz und fallen dann bis 1,4 MHz weich nach unten ab. Wir müssen sie dann doch etwas steiler gestalten, damit es keine Overloads bei 200 kHz gibt. Wir bieten hier eine Menge so genannter Gaus'scher Filter an, die wir in jahrelangen Forschungen entwickelt haben und auch ständig weiter entwickeln. Diese haben dann natürlich immer unterschiedliche Ein- und Ausgangsfrequenzen im gesamten nutzbaren Frequenzbereich von DSD. Das Geheimnis unserer schwachflankigen Filter ist ihr gutes Impulsverhalten.

**Jens Reule:** *Andere Wandlerhersteller genießen nicht den Luxus, ihre Filter selbst zu programmieren. Wie sehen diese Filter auf den Chips aus, welche hörbaren Effekte rufen sie hervor und wie wirken sie auf den Hörer?*

**Bert van der Wolf:** In der Theorie repräsentieren sie die halbe Abtastfrequenz mit unendlicher Steilheit. In der Praxis fallen

sie aber über einige kHz ab. Es gibt symmetrische und asymmetrische Filter, die alle unterschiedliche Schmierungen verursachen. Die einen hörbarer als die anderen. Unsere Wahrnehmung dieser Verschmierungen, denke ich, hat etwas mit der Verarbeitungskraft unseres Gehirns zu tun. Verschmieren die Impulse, müssen wir mehr verarbeiten, um entspannt zu hören, was gerade passiert. Unsere Konzentration ermüdet dabei. Ohne Konzentration aber sind genau die Transparenz und der Kontrast weg, was sich dann als ‚verwaschene‘ Höhen manifestiert.

**Jens Reule:** *Es gibt einige DSD-Wandler, die mit DSD-Wandlerchips arbeiten. Wie sind hier die Filter ausgelegt?*

**Bert van der Wolf:** Die erhältlichen DSD-Chips haben wie die PCM-Chips festge-

legte Filter und Modulatoren. Die Filter sind nicht steilflankig, aber wirken sich durch ihre Starrheit unter Umständen negativ aus. Das heißt zum Beispiel, das Overload-Verhalten kann mangelhaft sein, oder die Modulatoren werden instabil. Natürlich leidet der Klang darunter. dCS hat aus dieser Erfahrung heraus immer wieder die Modulator/Filter-Kombination verbessert. Dies kann natürlich nur aus Erfahrungen in der praktischen Anwendung heraus erfolgen und die Messmethoden dürfen sich nicht an Sinusmessungen orientieren. Der Aufwand, den dCS hier treibt, schlägt sich natürlich im Verkaufspreis nieder. Bei anderen dauert es ungefähr 18 Monate, einen neuen Chip zu produzieren, der dann in Aufbau und Funktion festgelegt ist. Als Kunde muss man dann immer wieder einen neuen Wandler mit neuer Technologie kaufen.

**Jens Reule:** *Sie sprachen von einer Höhengschmierung bei der PCM-Wandler-technik.*

*Gibt es eine Möglichkeit auch in PCM gute Audioergebnisse zu erzielen, ohne DSD benutzen zu müssen?*

**Bert van der Wolf:** Ja, es gibt natürlich einen goldenen Mittelweg, der auch bei PCM funktioniert. Leider ist die bis jetzt festgelegte obere Grenze von 192 kHz noch nicht ausreichend, um einen guten Filter zu entwickeln. In PCM sind 352 kS/s ungefähr die Untergrenze, um einen Filter zu erhalten, der sich dem Impulserhalten von gutem DSD annähert. Ein solches Filter ist auch in die dCS-Wandler integriert. Zurzeit wird diese Frequenz nur vom Pyramix Harddisk-Recording-System von Merging Technologies und dCS Wandlern unterstützt...

### Zukunftsaussichten

Die Herangehensweise, Technik und Menschen als unterschiedliche unberechenbare Faktoren gegenüberzustellen und so zu testen, ist wohl einleuchtend. Sollte es auch möglich sein, neue Messmethoden zu entwickeln, die die Technik besser definieren, bleibt der Mensch stets ein undefinierbarer Faktor. Abhängig von vielen Einflüssen, insbesondere von so undefinierbaren wie Emotionen, kann das subjektive Empfinden alle Testergebnisse über den Haufen werfen. Jedenfalls sollte man bedenken, dass der derzeit aktuelle Stand in ein paar Monaten wieder ein alter Hut sein wird. Die Technik schreitet weiter voran, nur weiß niemand wohin. Es wird immer neue Produkte mit neuen Errungenschaften geben, das Brut-

tosozialprodukt braucht diese Entwicklungen. Bald gibt es einen Wandlerchip, dessen Filter und Modulatoren frei in DSD oder PCM programmierbar sind, wurde mir erzählt. Dann fehlt nur noch die Erfahrung im richtigen Programmieren.

*Nach dem Artikel „Qualitätsansprüche“ (Studio Magazin 02/03) setzte sich der Physiker Fred-Michael Bülow mit mir in Verbindung. Er hatte sehr ähnliche Hörerfahrungen gemacht und diese vor längerer Zeit in einer Fachzeitschrift veröffentlicht. Seine audiophilen Erfahrungen setzt er mit der erfolgreichen Installation von High-End-Consumer-Anlagen um. Wegen der frappierenden Übereinstimmung bat ich ihn um eine kurze theoretische Zusammenfassung seiner Erkenntnisse...*

### Die DVD Video zu den Surroundmikrofontestreihen ist fertig!

Sie dokumentiert ein einzigartiges Repertoire mit Klangbeispielen der verschiedenen Surroundmikrofone im einzelnen und in der Mischung. Klangquellen waren zwölf verschiedene Bands und Künstler.

**Bestellpreis:** Euro 25,00  
Bestellungen bitte  
per Vorab-Überweisung

### UFO SOUND STUDIOS

Greifswalder Str. 23a, 10405 Berlin  
**E-Mail:** info@ufo-studios.de  
**Fax:** 030/ 42802405

## Sinn und Unsinn der digitalen Audiotechnik Fred-Michael Bülow

Seit Einführung der digitalen Audiotechnik, das heißt, seit 20 Jahren, wird über das Für und Wieder dieser Technik eine endlose, teilweise emotionale und teilweise unsachliche Debatte geführt. Da im Grunde schon alles gesagt und geschrieben worden ist, habe ich vor einiger Zeit zumindest für mich diese Debatte mit folgendem Satz beendet: Die Einführung der Digitaltechnik war eine kaufmännische und folgerichtige Entscheidung auf der Basis falscher Annahmen, bei gleichzeitigem Festhalten an alten technischen Lösungen. In der Audiobranche gibt es mehrere falsche Annahmen, die teilweise auch eine Weiterentwicklung behindern.

Beispiele: Da es oberhalb von 20 kHz beim Menschen zu keiner Tonwahrnehmung kommt, darf ich ungestraft die Bandbreite von Geräten und Signalen begrenzen (das mangelhafte Hören von Ultraschalltönen hat nichts mit der zeitlichen Auflösungsqualität des Gehörs zu tun). Das Ohr ist ein Druckempfänger, daher brauche ich Phasengänge weder messen noch beachten, was aber primär für die Laut-

sprechertechnik gilt (wie codiert Mutter Natur die Information ‚Entfernung‘? Über das Phasenspektrum). Wenn ich im Weiteren von Digitaltechnik spreche, so meine ich das PCM-Verfahren, das heißt, die Darstellung einer komplexen Kurve durch wenige Sampling(Zahlen)-Werte. Die falsche Annahme oder Falschaussage, die man auch noch heute in Lehrbüchern findet, ist folgende: Mit Hilfe einer relativ einfachen Rekonstruktionsformel kann ich/man aus Samples die Ursignalform zurückgewinnen. Diese Aussage geht auf den Informationstheoretiker Claude Shannon zurück. Weiterhin schlug er als Rekonstruktionsformel die  $\sin(x)/x$ -Funktion oder SINC-Funktion vor, die heute weltweit als FIR-Filter in fast allen Geräten zu finden ist. Bevor ich auf die SINC-Funktion näher eingehe, möchte ich an dieser Stelle die Aufmerksamkeit des Lesers auf zwei Kernpunkte lenken: Wo liegt das Problem und welche Lösung(en) gibt es? Die Samples sind nichts anderes als exakte (?) Messwerte. Bei einer Abtastrate von 44,1 kHz (CD) haben diese Messwerte einen zeitlichen Abstand von 22,7 Mikrosekunden. Dazwischen habe ich – nichts, und 22,7 Mikrosekunden sind für das Gehör eine Ewigkeit! Ich brauche daher eine Interpolation dieser Messwerte, wobei ihr Wert nicht verändert werden darf. An diesem Problem haben sich Top-Mathematiker wie Newton, Gauß und andere in den letzten Jahrhunderten die Zähne ausgebissen, mit dem Ergebnis, dass es keine 100%ige Lösung gibt. In anderen technischen Bereichen hat man sich auf eine Kompromisslösung geeinigt: Die SPLINE-Interpolation. Diese Interpolation ist aber sehr rechenaufwendig, und wie oben angegeben, stehen mir in der Praxis (Echtzeitbetrieb) für die Lösung mehrerer Gleichungssysteme nur 22,7 Mikrosekunden zu Verfügung. Weder gestern noch heute hatten CPUs und DSPs die nötige Rechenleistung, das heißt, eine Interpolation der Samples findet aus technischen Gründen nicht statt!

Die Idee von Shannon war nun, die Samples durch ein Filter laufen zu lassen, um damit wieder auf eine analoge Kurve zu kommen. Wenn ich schon in der digitalen Ebene bin, so kann ich dieses Filter auch gleich digital aufbauen. In einem

FIR-Filter wird nur multipliziert und addiert, das heißt, ein Echtzeitbetrieb ist möglich. Warum jetzt aber die SINC-Funktion als Filterfunktion? Per Definition (Abtasttheorem) muss ich zum Beispiel bei 44,1 kHz die Bandbreite knallhart auf circa 21,5 kHz begrenzen, also benötige ich ein Tiefpass-Filter mit rechteckförmigen Durchlassverhalten. Die Hüllkurve des Spektrums eines Rechteck-Signals folgt einer  $\sin(x)/x$ -Funktion. Im Zeitbereich stellt daher diese Funktion die Impulsantwort eines idealen Tiefpass-Filters dar. Die Gedankenkette von Shannon bei der Lösung aller Probleme ist im Grunde genial: Ich muss sowieso Tiefpassfiltern, ich brauche zwischen den Samples weitere Werte (Samples/Oversampling), also warum nicht gleich ‚alle Fliegen mit einer Klappe schlagen‘? Trotz aller Genialität sollte man aber eines nicht aus den Augen verlieren: Das Ganze ist nicht mehr als ein Trick, um zwei technische Unzulänglichkeiten zu kaschieren: Zu wenig Speicherkapazität und zu geringe Rechenleistung. Und aus einem Trick sollte man keine Wissenschaft machen, denn schon eine oberflächliche Betrachtung zeigt, dass die SINC-Funktion ihrem Anspruch nicht gerecht wird: 1. Beim Durchlauf der Ur-Samples durchs FIR-Filter werden ihre Werte verändert, das heißt, die SINC-Funktion moduliert unser Ursignal mit einer Grundfrequenz von 21,5 kHz (bei CD).

2. Die SINC-Funktion ist eine nichtkausale Funktion, die in der Natur nicht vorkommt, das heißt, die oben beschriebene Modulation ist für unser Gehör mehr als ungewöhnlich. Aber erst ein relativ moderner Zweig der Mathematik, die Wavelet-Theorie, konnte folgendes beweisen: Es gibt beliebig viele Rekonstruktions-Funktionen, aber mit keiner ist eine 100%ige Rückgewinnung des Analogsignals möglich. Die SINC-Funktion funktioniert nur bei Sinus-Dauertönen, das heißt, bei Musiksignalen werden die tonalen Aspekte sehr gut heraus gearbeitet, aber die Darstellung von schnellen, hochfrequenten und kurzzeitigen Modulationen ist mit ihr nicht (!) möglich. Wie in der Physik gibt es in der Wavelet-Theorie den Begriff der Unschärfe: Es gibt tonale Genauigkeit und zeitliche Genauigkeit. Aber beides ist nicht gleichzeitig zu haben. Entscheide ich mich für eine Seite, so muss ich Abstriche auf der anderen Seite machen. Persönlich wünsche ich mir daher eine Grundlagenfor-

schung, die die bestmögliche Rekonstruktions-Funktion findet und dann weltweit normen lässt. Wie die Automobil-Industrie, die uns heute noch das Dampfmaschinen-Prinzip (Zylinder, Kolben, Stange, usw.) verkauft, steht die Audiobranche immer noch beim Speicherprinzip von Emil Berliner: Eine drehende Scheibe wird unter einem Winkel von 90 Grad ausgelesen. Mit all seinen Nachteilen: Hörschlag, Schmutz und Oberflächenschäden führen zum Spurverlust (Drop-Outs). Im Dauerbetrieb verdreckte früher eine Nadel, heute eine Linse (was jeden Kneipenwirt mehr als verärgert). Und ‚Flutter‘ nennt man heute ‚Jitter‘.

### Fazit

Mit der sehr guten Analogtechnik der fünfziger Jahre (Band, Vinyl, Röhre und Hornlautsprecher) kann ich den Silbergehalt eines Beckens erhören. ‚Die CD-Technik reduziert den musikalischen Inhalt auf Melodie und Rhythmus, aber auch damit erreiche ich ein Millionen-Publikum.‘ (Mark Nissen, Elephant Music). Die Frage, die bleibt, ist, ob Millionen Menschen den Silbergehalt eines Beckens hören wollen? Falls Nein, kann alles so bleiben, wie es ist. Falls ja, so benötigen Studio-Leute das Terabyte-RAM, der Konsument das Terabyte-ROM und alle benötigen AD/DA-Wandler, die mit Leichtigkeit ein Format mit 4,8 MHz und 32 Bit verarbeiten können (oder lieber doch 48 MHz/64 Bit?). Jede technische Entwicklung ist immer nur ein Zwischenschritt zum Ziel. Mit Sicherheit wird es in der Zukunft eine Symbiose aus analoger Genauigkeit und digitaler Einfachheit geben.