



## SPECIAL – Kopfhörer

# HÖREN OHNE RAUM

In unserem Abhörmonitor-Vergleich hat sich gezeigt, wie dramatisch der Einfluss des Raumes auf unseren Höreindruck ist. Da erscheint es doch naheliegend, den Faktor „Raum“ beim Mixen und Mastern komplett auszuschalten – mittels Kopfhörer. Wir gaben 11 aktuellen Modellen die Chance, ihre Fähigkeiten als Referenzschallwandler zu beweisen. Dazu durften wir exklusiv ein noch lötwarms Exemplar des Luxus-Kopfhörer-Verstärkers SPL Phonitor einsetzen.

von Roman Beilharz

► Erfahrene Tonmeister schütteln auf die Frage, ob ein guter Kopfhörer nicht sowieso die bessere Hörreferenz ist, müde den Kopf. Das Credo, geschöpft aus vielen Jahren Hörfahrung und abgeleitet aus den Erkenntnissen zur neurophysiologischen und psychoakustischen Funktionsweise menschlichen Hörens: Reine Kopfhörer-Mixes funktionieren auf Lautsprecher-Systemen häufig nicht besonders gut – und vice versa. Warum das so ist und bis zu einem gewissen Grade vermutlich immer so sein wird, werden wir in diesem Beitrag genauer erläutern.

Doch die grundsätzliche Frage, der wir uns heute stellen sollten, setzt davor an: Ist es überhaupt noch sinnvoll und angemessen, wie eh und je davon auszugehen, dass die große Mehrzahl von Musikmischungen über Lautsprecher-Systeme konsumiert wird und wir folglich in erster Linie für Lautsprecher-Systeme mixen? Im heutigen iPod-Zeitalter wäre es doch interessant, ob ein Statistiker bestätigen könnte, dass gezieltes Musikhören immer noch zu einem signifikanten Prozentsatz auf Lautsprecher-Systemen stattfindet. Wir bezweifeln dies, können diese Frage jedoch an dieser Stelle nicht fundiert untersuchen. In jedem Falle werden Mischungen, welche auch oder sogar insbesondere auf Kopfhörern gut klingen durch die zunehmende, massenhafte Verwendung von MP3-Playern, Walkman-Handies, Laptops, Smartphones und PDAs immer wichtiger. Zeit

also, das raumlose Monitoring per „Klangmütze“ einer gründlichen Prüfung zu unterziehen. Nebenbei waren wir neugierig, ob sich nicht Lösungen finden lassen würden, welche das Mischen und Mastern mit Kopfhörern dem Abhören mit guten Lautsprechern in einem ausgewogenen Raum so ähnlich machen, dass man dadurch auch im WG-Zimmer mit kleinem Budget zu einem relativ unverfärbten, universellen Abhörweg gelangen könnte.

### Homo Sapiens Surround 2.0

Selbst vielen professionell arbeitenden Tonschaffenden ist nicht wirklich klar, dass es sich bei der Lautsprecher-Stereophonie und der Kopfhörer-Stereophonie um zwei völlig verschiedene Systeme handelt, welche viel weniger miteinander verwandt sind, als man gemeinhin annimmt. Um die Unterschiede zu verstehen, müssen wir uns ein ungefähres Bild davon machen, wie unser natürliches räumliches Hören – also das „Live-Hören“ – funktioniert.

Dieses basiert zunächst einmal auf **Pegeldifferenzen** zwischen beiden Ohren: Wenn ein Signal rechts deutlich lauter ist als links, so lokalisieren wir die Richtung des Signals als von rechts kommend. Dies erscheint zwar selbstverständlich, ist aber bei genauer Überlegung eigentlich eine Täuschung unseres Gehörs. Angenommen die-

ses Signal würde abgesehen von der Lautstärkendifferenz auf beiden Ohren klanglich identisch, gleichzeitig und ohne jeden Nachhall ankommen – was beim natürlichen Hören nicht vorkommt, beim „Panpot-Stereo“ jedoch normal ist – bliebe der Höreindruck jedoch flach. Der Klang hätte keine subjektive Breite, eine genauere Lokalisation wäre schwierig. Daher ist die Amplitude eines Signals nur ein Teil der Hörwahrnehmung, zu ihr gesellen sich die **Laufzeitunterschiede** der Wellenfronten zu den Ohren. Die Schallwellen eines Signals von exakt rechts – also von 90 Grad – kommen ca. 0,6 ms früher am rechten Ohr an als am linken; dadurch ergeben sich charakteristische Phasenverschiebungen zwischen beiden „Ohr-Kanälen“, welche unser Gehirn auswertet. Diese Laufzeitunterschiede sind besonders bis ca. 1600 Hz entscheidend für das Richtungshören.

## Das natürliche räumliche Hören basiert auf einer Auswertung von Pegel-, Laufzeit- und Spektraldifferenzen sowie von Umgebungs-Reflektionen.

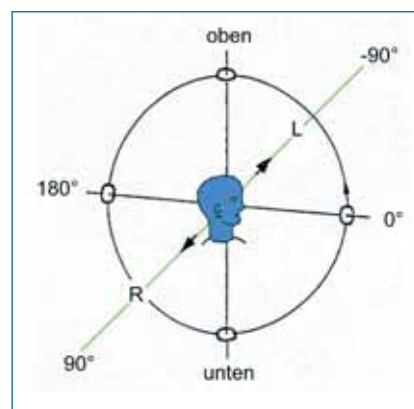
Darüber sind zunehmend Pegeldifferenzen für die Lokalisation auf der 90-Grad-Achse verantwortlich. Doch der Abstand des Schallereignisses zum Hörer kann erst durch die Auswertung von **Umgebungsreflektionen**

einigermaßen präzise bestimmt werden. Schnippen sie einmal neben einem Ohr und vergrößern Sie den Abstand; Sie werden feststellen, dass die Raumreflektionen mit zunehmendem Abstand im Verhältnis zum Direktschall immer lauter werden. Unser Schnippen wird sozusagen von unserem Arm „in den Hallraum“ geschickt – so als würden wir den Effect-Send am Mischpult hochdrehen. Unser Gehirn interpretiert das Schnippen dadurch korrekt als immer weiter weg vom Ohr; das Schallereignis wird so zu einem Hörereignis mit spezifischer horizontaler Breite bzw. Auslenkung auf der 90-Grad-Achse und variabler Nähe.

Doch unser Gehör kann noch mehr: Wir sind sogar in der Lage, sehr genau zu hören, in welchem Winkel wir uns zur Schallquelle befinden und ob sich diese vor, hinter, über

oder unter unserem Kopf befindet. Dieses natürliche „Surround-Hören“ wird im Zusammenspiel mit den bisher genannten Faktoren durch spezifische **Spektraldifferenzen** ermöglicht, welche sich aufgrund der Physiognomie unseres Kopfes ergeben. Unser

Kopf, Torso und unsere Ohrmuscheln bilden als natürliche Reflektions- und Absorptionsflächen aus Fleisch und Blut zusammen mit dem Gehörgang ein komplexes Filter- und Resonatorsystem, welches bestimmte Fre-



Die Medianebene befindet sich senkrecht zur 90-Grad-Achse (grün); hier haben Schallereignisse weder Pegel- noch Laufzeitdifferenzen zu beiden Ohren.

quenzanteile verstärkt, andere hingegen abschwächt. Auch der Kopf selbst sorgt je nach Winkel und Frequenz für mehr oder weniger starke akustische Abschattungen. Tiefe Frequenzen gelangen zudem als Körperschalle über den Schädel zum Innenohr. Daher klingen von vorne kommende Signale ganz anders als von hinten kommende. Schnippen Sie mal mit den Fingern in ca. 10 cm Abstand vor und dann hinter der gedachten Mittelachse, welche quer durch Ihre Ohren verläuft. Sie werden feststellen, dass das Schnippen von vorne heller und direkter klingt; hinten dumpfer und irgendwie hohl. Wenn wir exakt mittig vor unserem Kopf

schnippen und dann im selben Abstand mittig über und schließlich hinter unserem Kopf, dann hören wir den Einfluss dieser Spektraldifferenzen nahezu in Reinform, denn dort ergeben sich zu den Ohren weder Laufzeit- noch Pegelunterschiede. Das Schnippen befindet sich in allen drei Fällen in der sogenannten **Medianebene**, die man sich wie einen erweiterten Längsschnitt vorstellen kann, welcher den Kopf zwischen den Augen teilt (s. Grafik). Interessant ist, dass diese Spektraldifferenzen beim natürlichen Hören nicht nur die Orientierung vorne/hinten ermöglichen, sondern meist auch einwandfrei unterscheidbar machen, ob ein Signal von oben oder unten ertönt.

### Kopfhörer-Stereofonie

Die klassische **Kopfhörer-Stereofonie** basiert auf einer direkten, axialen Beschallung durch dicht vor den Ohrmuscheln platzierte elektrodynamische Wandler. Die Schallwellen werden direkt in den Gehörgang geleitet, sodass sie fast senkrecht auf dem Trommelfell auftreffen. Damit werden zwei Faktoren des natürlichen Hörens umgangen, nämlich der Einfluss der Raumreflektionen und die Filterfunktion des Kopfes bzw. der Ohrmuscheln. Für eine naturidentische räumliche Abbildung mit dreidimen-

sionaler Lokalisation **muss eine Aufnahme diese Informationen also bereits enthalten**. Um dies zu erzeugen, kann man Stereo-Aufnahmen mit einem sogenannten **Kunstkopf** machen; eine Konstruktion, welche Gehörgang, Kopf, Hals und Schultern wie bei einer Puppenbüste nachbildet und an Stelle des Trommelfells Mikrofone mit Kugelcharakteristik positioniert. Alternativ stehen einfachere Hilfsmittel wie zwei im Hörabstand von ca. 17–22 cm montierte Mikrofone mit einem Trennkörper in der Mitte – wie z. B. bei der Jecklin-Scheibe – zur Verfügung. In jedem Falle spricht man von **binauralen Aufnahmeverfahren**, welche ausschließlich für Live-Aufzeichnungen und Wiedergabe und über Kopfhörer taugen. Kunstkopf-Aufnahmen können eine beeindruckende Räumlichkeit vermitteln, welche

jeder Lautsprecher-Wiedergabe in der Glaubwürdigkeit der Live-Illusion weit überlegen ist. Wenn auch die Lokalisation auf der 90°-Achse perfekt gelingt, so ist die räumlich korrekte Zuordnung von Schallereignissen schwierig, welche während der Aufnahme über, unter, vor und hinter dem Kunstkopf erklangen. Dies liegt daran, dass jeder reale Kopf mit seinen individuellen Proportionen von Innen- und Außenohr andere **richtungsbestimmende Frequenzbänder** ausprägt; das bedeutet, dass jeder Mensch von Geburt an auf andere Spektraldifferenzen konditioniert wird. Folglich funktioniert das Verfahren nur dann einwandfrei, wenn der Kunstkopf zufällig dem eigenen Kopf in hohem Maße ähnelt. Ist das nicht der Fall, kommt es zu verschiedenen **Fehllokalisationen**: Von vorne kommende Signale hört man häufig als von hinten kommend und vice versa, direkt frontale Schallereignisse erscheinen seltsam erhöht und auch oben und unten kommen leicht durcheinander. Gelegentlich kommt es zu dem Eindruck, die Schallquelle säße direkt im Kopf. Sehr schmalbandige Klangereignisse fallen sowie so leicht durch den Grill; auch beim natürlichen Hören kommt es hier zu Täuschungen.

Da die Phasigkeit und Spektralverteilung bei binauralen Aufnahmen für die räumliche Illusion so entscheidend ist, **verbietet sich jeder Einsatz eines Equalizers**; solche Aufnahmen lassen sich auch nur bedingt mehrspurig überlagern. Diese für die kreative Audio-Arbeit empfindlichen Einschränkungen machen deutlich, wie massiv sich die Kopfhörer-Stereofonie von der uns so vertrauten Lautsprecher-Stereofonie unterscheidet.

### Vom Kunstkopf zum Eckkopf

Edmund Stoiber erschuf im Fall Bruno die verhaltensbiologisch bahnbrechenden Begriffe „Normalbär“ und „Problembär“. Wir machen es wie er und stellen dem Kunstkopf nun den **Eckkopf** gegenüber, um dem Trend zu selbst gebastelten binauralen Aufnahmen und verbotenen Mitschnitten einen seriös klingenden Namen zu geben. Anbieter

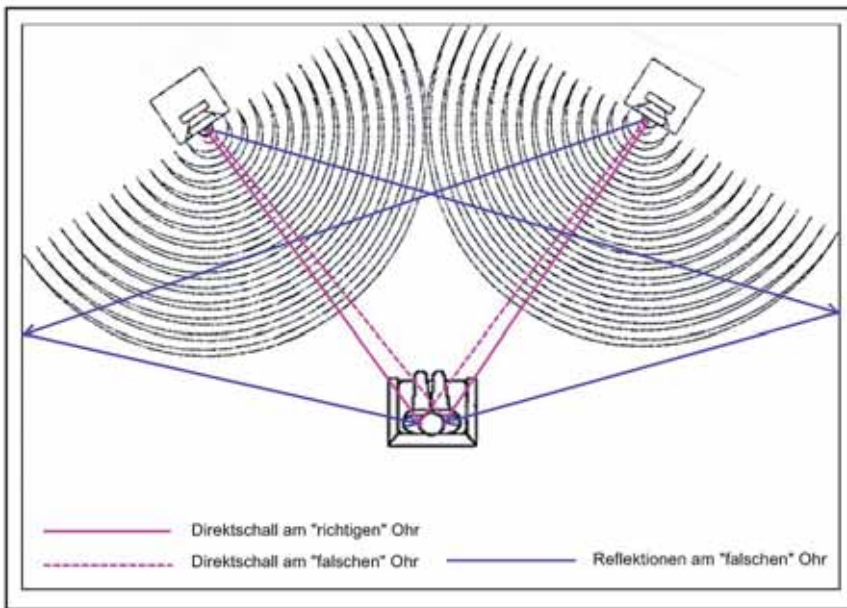


Mit hochwertigen Subminiatur-Lavalier-Mikrofonen wird auch Ihr Kopf zum „Kunstkopf“ (TFB-2 von [soundprofessionals.com](http://soundprofessionals.com)).

wie **Soundprofessionals.com** bauen in Knöpfchen, die wie MP3-Player-Kopfhörer aussehen, Subminiatur-Mikrofone ein, mit denen sich äußerst unauffällig hochwertige binaurale Live-Mitschnitte machen lassen. Bei der Lösung mit der Typen-Bezeichnung TFB-2 werden die Kondensator-Mikrofonchen sogar ein Stück in den Gehörgang eingesetzt, sodass zum „Kopfklang“ nun die Filterfunktion der eigenen Ohrmuschel hinzukommt. Damit ist zwar der Einfluss des Gehörgangs selber nicht gewahrt, doch dürften die Aufnahmen durch die hohe Kohärenz zum Kopf des Aufnehmenden in Sachen Drei-D-Lokalisation eher besser abschneiden als technisch höherwertige, aber spektral höchstens zufällig passende Kunstkopf-Aufnahmen. Wohl gemerkt gilt dies nur dann, wenn der „Aufnahmekopf“ auch dem „Wiedergabekopf“ entspricht. Sonst ist es mit der Authentizität der Raumillusion schnell vorbei und – wie Ede Stoiber sagen würde – der „Normalkopf“ würde zum „Problemkopf“.

### Lautsprecher-Stereofonie

Bei der **Lautsprecher-Stereofonie** handelt es sich um ein gänzlich künstliches System, dessen Wirkung untrennbar mit dem Hörraum und der Physiognomie des Hörers verknüpft ist. Jede der beiden Lautsprecher-Boxen wird in Bezug zum Hörer zu einer Art Sammel-Schallquelle, welche in der Regel auch leicht als solche lokalisierbar ist. Im Stereodreieck wird die Illusion von einer Schallquelle in der Mitte der beiden Boxen lediglich dadurch erzeugt, dass ein Signal auf beiden Lautsprechern gleich laut ist; man



Bei der Lautsprecher-Stereofonie kreuzen sich die Signale sowohl direkt als auch durch Raumreflexionen – und landen damit stets auch beim „falschen“ Ohr.

spricht dabei von der **Phantommitte**. Diese wird ebenso wie seitlich außerhalb der Boxen zu lokalisierende Signale je nach Raum und Equipment mehr oder weniger glaubwürdig und präzise dargestellt.

Der stereofone Eindruck entsteht hier in der Regel durch Pegeldifferenzen vieler Einzelsignale – erzeugt durch Panorama-Regler und Kanalfader – sowie durch natürliche (Stereo-Mikrofonierungen) oder simulierte Laufzeitdifferenzen (Delay/Raumeffekte). Beide Faktoren stehen jedoch in einem ganz anderen Zusammenhang zur Raumillusion als bei binauralen Verfahren. Während beim

Kopfhörer-Mix eine Pegeldifferenz von ca. 9 dB ausreicht, um den Eindruck eines zu 100 Prozent von einer Seite kommenden Schallereignisses zu erwecken (90 ° rechts oder links), müssen es bei der Lautsprecher-Stereofonie mindestens 16 dB Pegelunterschied sein. Dies liegt unter anderem daran, dass sich hier im Gegensatz zum Kopfhörer-Hören die Kanalinformationen auf dem Weg zum Hörer kreuzen: Das linke Ohr hört bei Lautsprecher-Wiedergabe auch stets den rechten Kanal und vice versa.

Im klassischen, gleichseitigen Stereo-Dreieck

mit um 30 Grad zum Hörer gedrehten Lautsprechern kommen wir selbst bei noch höheren Pegelunterschieden nicht über eine seitliche Auslenkung von 30 Grad rechts oder links hinaus. Für eine stärkere horizontale Breite müssten wir die Boxen links und rechts vom Kopf aufstellen, was abgesehen von Phasenproblemen den **Sweet-Spot** (den optimalen Hörplatz) winzig machen würde – sicher keine ernsthafte Alternative. Reichen bei binauralen Verfahren 0,6 ms Laufzeitunterschied zwischen linkem und rechtem Kanal aus, um das Signal als klar von einer Seite kommend zu interpretieren, braucht man bei Lautsprecher-Stereofonie schon eine Laufzeitdifferenz von 1–2 ms für denselben Eindruck. Daher ist es völliger Unsinn, Stereomikrofonierungen wie bei binauralen Verfahren zwingend im Ohrabstand aufzubauen. Erst eine deutlich breitere **Stereobasis** (so nennt man den Abstand zweier Mikrofone bei Stereo-Aufnahmen) erzeugt Laufzeitdifferenzen, welche auch bei der Lautsprecher-Wiedergabe eine eindrucksvollere Stereobreite und Räumlichkeit vermitteln können als reines „Panpot-Stereo“. Bei der Mikrofonierung sollte man jedoch stets etwas direkter an die Schallquelle(n) herangehen, als man den Raumanteil bei der Wiedergabe zu empfinden wünscht, da sich beim Hörer unweigerlich zwei Rauminformationen doppelten – die des Aufnahme-raums im Studio und die des Hör-raumes. Zudem separiert das Gehirn beim intelligenten Live-Hören automatisch die Musikdarbietung vom umgebenden Husten, Stühleknarren, Rascheln etc. und senkt die Wahrnehmung des Raumanteiles ab. Diese **intelligente Se-**



**parierung** ist an die visuelle Wahrnehmung gekoppelt, sodass wir unauffällige Klangergebnisse gelegentlich nur dann wahrnehmen, wenn wir den entsprechenden Musiker sehen; vor allem zu Beginn des Schallereignisses (also beim Schlagen, Zupfen, Anstreichen, Mund öffnen etc.).

Spektraldifferenzen spielen in der Lautsprecher-Stereophonie zur Lokalisation von Signalen keine konstruktive Rolle, auch wenn manche Pseudo-Stereo- und Drei-D-Effekte gezielt Spektraldifferenzen erzeugen – z. B. um Mono-Signalen eine künstliche Stereo-Breite zu verpassen oder durch den Raum „fliegen“ zu lassen. Mit solchen Maßnahmen sollte man bei Musikmischungen jedoch äußerst vorsichtig umgehen, da diese blind auf der Klaviatur der richtungsbestimmenden Frequenzbänder des Hörers spielen und unter Umständen dafür sorgen, dass Klänge bei der Wiedergabe von verschiedenen Hörern unterschiedlich und damit in nicht vorhersehbarer Weise lokalisiert werden. Unter [www.sengpielaudio.com](http://www.sengpielaudio.com) finden Interessierte vertiefende Informationen zu den Unterschieden der beiden Stereophonie-Verfahren sowie fundierte und unterhaltsame PDFs zu vielen weiteren Themen der Tontechnik. Dem mit zwei Grammys ausgezeichneten Tonmeister Dipl.-Ing. Eberhard Sengpiel (AES, VDT, UdK Berlin) sei an dieser Stelle herzlich für die freie Veröffentlichung seiner hervorragenden Arbeiten gedankt, welche uns bei der Recherche zu diesem Beitrag enorm geholfen haben.

### Kopfmischung

Egal welches der beiden gängigen Stereo-Verfahren wir nun betrachten, vom natürlichen Hören sind beide meilenweit entfernt; beide stellen einen Kompromiss dar, welcher spezifische Vor- und Nachteile mitbringt. So hört man bei der Kopfhörer-Wiedergabe von Lautsprecher-Stereophonie – also unser „normales“ Kopfhörer-Hören – Clicks, Verzerrungen und andere unfreiwillige Störgeräusche wesentlich genauer heraus. Auch Hallräume und Delays werden exakter gehört und erscheinen lauter, sodass man diese für eine

gute Lautsprecher-Kompatibilität gefühlt eher ein bisschen zu satt einstellen darf. Dies gelingt leichter, wenn man die Mischung auf den Lautsprechern beginnt und dann auf dem Kopfhörer die Details ausarbeitet. Die Pegel-Balance der einzelnen Elemente im Mix bekommt man so auch besser hin, denn durch den Detailreichtum des Kopfhörers

## Mixes funktionieren meist besser, wenn man die Basis auf Lautsprechern erstellt und dann die Details mit dem Kopfhörer ausarbeitet.

hört man selbst Instrumente noch gut, welche auf Boxen klar untergehen. Ist eine Gegenprobe mit Lautsprechern nicht möglich, so stellt man den Kopfhörer vorübergehend so leise, dass man die Mischung gerade noch hört. Dann stellt man sich folgende Fragen:

- Welche Elemente dominieren den Höreindruck zur Recht/zur Unrecht?
- Fehlen plötzlich Instrumente?
- Stimmt die Räumlichkeit; sind die Hall-Effekte ausreichend zu hören?

Wenn die Basis steht, kann man überlegen, ob man beim Kopfhörer-Monitoring noch ein paar niedrigpegelige Elemente wie z. B. spektral eingegrenzte Echos oder interessante Panorama-Bewegungen einbauen möchte, welche sich auf Lautsprechern nicht voll erschließen und Kopfhörer-Hörern sozusagen als „Bonus-Content“ zur Verfügung stehen. Hermann Gier von SPL nennt das Hören mit und ohne Kopfhörer im Phonitor-Handbuch sehr treffend **Hören mit und ohne Lupe**. Andersherum betrachtet kann man sich das Hören mit und ohne Raum auch als **Hören mit und ohne Weichzeichner** vorstellen. So kann es nämlich durchaus sein, dass eine ziemlich trockene Aufnahme zwar im Hörraum toll funktioniert, doch die Instrumente auf dem Kopfhörer auseinanderzufallen scheinen. Dann hilft unter Umständen ein dezenter Hallraum, um diese auf dem Kopfhörer besser zu verbinden.

Die Beurteilung des Bassbereichs auf

dem Kopfhörer fällt in vielen Fällen schwer, was mitunter daran liegen dürfte, dass wir beim Live-Hören nicht nur mit den Ohren, sondern mit dem ganzen Körper hören bzw. fühlen. Der vorhandene **Körperschall** eines Kopfhörers wirkt dagegen nur sehr punktuell aber dafür heftig auf das Innenohr. Dabei übertragen manche Kopfhörer die tiefen

Bässe durchaus druckvoller und sauberer als die meisten Lautsprecher in unseren von **Raummoden** (= stehenden Wellen) geprägten Hörräumen. Doch dies nützt wenig, wenn bei der Nutzung einer ausgesprochen bassstarken

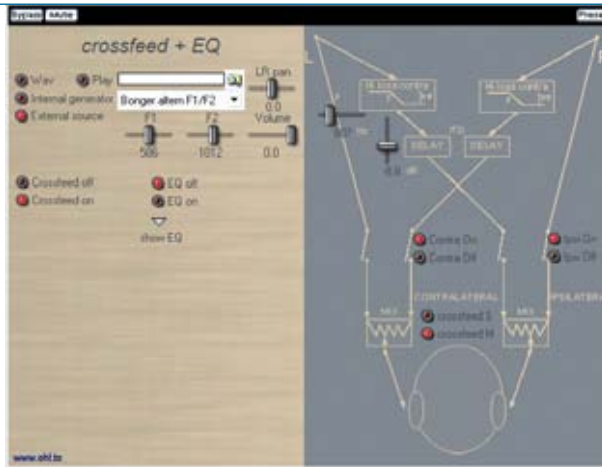
Referenz beim Mischen die Mehrzahl der Lautsprecher-Systeme anschließend zu dünn klingen würde. Hier hilft nur die **stetige Gegenprobe** auf allen zur Verfügung stehenden Boxen-Systemen (Auto, Küchenradio, Hi-Fi-Anlage etc.).

### Es werde gleich!

Seit Jahren versuchen nun schon Hersteller, Forscher und Anwender, die beiden Stereo-Verfahren miteinander „kompatibel“ zu machen. Wie wenig sie das von Hause aus sind, merkt man z. B. beim Hörvergleich einer klassischen Beatles-Mischung auf Kopfhörer und Lautsprechern. Die z. T. brutal auf nur einen Stereo-Kanal gelegten Einzelspuren erzeugen im Hörraum einen durchaus reizvollen Stereo-Effekt. Ein Klassiker dieses sogenannten **AB-Stereo** ist der Song „Come together“: Gitarre hart links, Schlagzeug hart rechts. Auf dem Kopfhörer erscheint der Effekt so extrem und künstlich, dass man ihn schon nach kurzer Zeit als unangenehm und ermüdend empfindet. Solche stark einseitigen Signale stehen bei dauerhafter Anwendung sogar im Verdacht, gesundheitsschädlich zu sein. Daher sollte man für möglichst universelle Mixes Panorama-Positionen von Mono-Spuren am Seitenanschlag vermeiden und diese zumindest ein paar Grad in die Mitte holen.

Schon aufgrund der Beschränkungen der Stereobasis im klassischen Hördreieck ist es unmöglich, bei der Lautsprecher-Wiedergabe Verhältnisse zu erzeugen, welche der

Das kostenlose VST-Plug-in **Crossfeed EQ** macht die Kopfhörer-Stereophonie der Lautsprecher-Wiedergabe ähnlicher



Kopfhörer-Stereophonie auch nur entfernt ähneln. Auch wenn es verschiedene Ansätze gibt, um binaurale Aufnahmen auf Lautsprecher-Systemen zum Funktionieren zu bringen, sind diese in der Praxis weder klanglich überzeugend noch mit der herkömmlichen Lautsprecher-Stereophonie kompatibel. Binaurale Aufnahmen klingen bei normalen Lautsprecher-Installationen seltsam hohl und verfärbt – kein Wunder, schließlich hat man es nun mit einer unnatürlichen **Doppelung der Spektraldifferenzen** von Kunstkopf und „Echtkopf“ zu tun.

Der umgekehrte Vorgang – das Kopfhörer-Hören der Lautsprecher-Stereophonie anzugleichen – ist wesentlich vielversprechender und wird von den Kopfhörer-Herstellern im Ansatz seit Jahren praktiziert. Deren

**Das Kopfhörer-Hören der Lautsprecher-Stereophonie anzugleichen, ist wesentlich vielversprechender als der umgekehrte Vorgang.**

Entwickler linearisieren die Kopfhörer nämlich nicht „im Gehörgang“, sondern so, dass deren Frequenzgang dem einer Referenzbox in einem neutralen, gleichmäßig reflektierenden Raum nahekommt. Man nennt diese Vorgehensweise **Diffusfeldentzerrung**. Da die Zeitebene dabei ebenso wenig berücksichtigt wird wie die bei Kopfhörer-Wiedergabe fehlenden Spektraldifferenzen und Rauminformationen, greift dieser Ansatz für

eine umfassende Konvertierung natürlich viel zu kurz. Die vollkommen andere Räumlichkeit beim Kopfhörer-Hören bleibt nach der Diffusfeldentzerrung ebenso erhalten wie die unnatürliche **Im-Kopf-Lokalisation** der Mitsignale.

### Über Kreuz hören

Um dies zu ändern, müssen wir zunächst die „übertriebene“ Kanaltrennung des Kopfhörer-Hörens abschwächen, indem wir das natürliche Übersprechen beider Lautsprecher auf beide Ohren simulieren. Dazu wird jedem Kanal ein um ca. 100 bis 600 Mikrosekunden verzögertes

Signal des gegenüberliegenden (contralateralen) Kanals beigemischt (**Crossfeed**).

Dieser Wert leitet sich aus dem

Winkel der Lautsprecher zum Hörer und dem individuellen Ohrabstand ab. Um auffällige Phaseninterferenzen zu vermeiden, sollte dieses Signal mit einem sanft zupackenden Low-Pass-Filter bearbeitet werden, was der natürlichen Höhenbedämpfung im Hörabstand und der Schalltransformation entlang unseres Kopfes ähnelt. Die Stereobasis wird dadurch subjektiv enger und die virtuelle Bühne im Kopf scheint im besten Fall ein



SPL Phonitor: Ohne Frage der leistungsfähigste Kopfhörer-Verstärker, der je gebaut wurde.

Stückchen nach vorne zu wandern. Da sich diese Signalverschaltung im Sequencer nur mühselig realisieren lässt und es nur wenige Delays ermöglichen, Verzögerungszeiten im Mikrosekundenbereich präzise einzustellen, waren wir hoch erfreut, ein kostenloses Crossfeed-Plug-in im VST-Format zu finden (nur PC; s. [www.ohl.to](http://www.ohl.to)). Es heißt schlicht **Crossfeed-EQ** und kann in den Abhörweg jedes gängigen VST-Hosts eingeschliffen werden. Mittels verschiedener „eingebauter“ Testsignale, welche man mit einem Pan-Regler zunächst hart nach rechts oder links schickt, kann man den Grad und die Art des Übersprechens auf dem jeweils gegenüberliegenden Kanal gut hören. Die Einsatzfrequenz und der Grad der Absenkung des internen Shelving-Filters sind die wesentlichen Variablen bei der Einstellung; man sollte versuchen, dass das Testsignal aus ca. 30–45° von vorne zu kommen scheint. Die Delay-Zeit lässt sich bei der aktuellen Version 3.9 aus unerfindlichen Gründen nicht mehr regeln, doch auch so tut der Crossfeed-EQ seine Wirkung: Die Seitensignale rücken etwas näher zusammen und das Klangbild wird kompakter. Selbst der Beatles-Song „Come together“ macht nun seinem Namen alle Ehre und erklingt ohne allzu extreme Separierung recht lautsprecherähnlich auf dem Kopfhörer. Je nach Phasenlage und Art des Materials verändert sich der Bassbereich mit Crossfeed, weil sich hier die Frequenzen mit denen des contralateralen Kanals ohne Filterung überlagern und dabei sowohl Auslöschungen als auch Anhebungen entstehen

können. Genau dies passiert jedoch bei der Lautsprecher-Wiedergabe auch. Es empfiehlt sich daher bei einem universellen Mastering, den Tiefbass bis ca. 80 Hz aus den Seitensignalen zu entfernen und dafür in der Mono-Mitte etwas anzuheben. Der Mono-Maker des Brainworx M/S-EQs **bx\_digital** macht dies halbautomatisch, doch für Sparfüchse tut es auch eine Kombination aus den Free-ware-Tools **MSED** und **Overtone GEQ** von Voxengo ([www.voxengo.com](http://www.voxengo.com)). Dazu wird der MSED wir in den Encode-Modus geschaltet, sodass der Overtone-EQ mit seinen zwei EQ-Kanälen die Mitten- und Seiten-Signale separat bearbeiten kann. Anschließend sorgt eine weitere Instanz des MSED im Modus Decode

für die Rückführung in ein Stereosignal. Bei der Gelegenheit kann man das Mittensignal ein wenig zurücknehmen, denn dies erscheint beim Hören mit Crossfeed leicht überbetont, sodass beim unkorrigierten Monitoring Mischungen in der Mitte tendenziell etwas schwächeln. Bei allen Software-Lösungen dürfen wir keinesfalls vergessen, diese beim Umschalten auf die Lautsprecher oder gar beim Rendern zu deaktivieren. Eventuelle Lautheits-Sprünge beim AB-Vergleich muss man ggf. mit einem Leveler in der Plug-in-Kette ausgleichen; ein Latenzersatz lässt sich durch bypassen in der Bedienoberfläche des Plug-ins verhindern.

### Der Phonitor besitzt eine in unzähligen Hörsitzungen penibel optimierte, analoge Crossfeed-Schaltung.

### Auf den Phonitor!

Viel komfortabler geht das Ganze mit dem brandneuen Referenz-Kopfhörer-Verstärker **Phonitor** von **SPL**. Einen Abhör-Controller vorausgesetzt, kann man hiermit ohne langes Geklicke zwischen Lautsprecher- und Kopfhörer-Monitoring umschalten. Der Phonitor besitzt eine in unzähligen Hörsitzungen penibel optimierte, analoge Crossfeed-Schaltung. Diese wird im Kern durch zwei Dreh-Schalter eingestellt, welche den Grad des Crossfeeds und den simulierten Lautspre-

cher-Winkel zur 0°-Achse in je 6 Stufen regeln.

Beide Regler bedingen sich intern gegenseitig und steuern die interne Delayzeit

von 80 bis 630 Mikrosekunden in Abhängigkeit zu contralateraler Filterkurve und Crossfeed-Pegel. Doch mit solchen Spitzfindigkeiten muss sich der Anwender bei SPL wie gewohnt natürlich nicht herumschlagen; man ermittelt seine Lieblingseinstellung am besten gehörmäßig. Wir bevorzugten nach einigen Hör-Sessions die Einstellung 30 Grad für Speaker Angle und den Crossfeed auf 3. Um dem Problem der subjektiv zu laut werdenden Phantommitte zu begegnen, hat sich SPL nicht lumpen lassen und eine komplette **M/S-Matrix** integriert (!). Mit dieser lässt sich die Mono-Summe bzw. das Mittensignal in 6 Stufen um bis zu 2 dB absenken. Wir

wählten für den Kopfhörer-Test eine dezente Mittenkorrektur von  $-0,9$  dB. Im Gegensatz zu üblichen Kopfhörerverstärkern mit maximal  $\pm 18$  V – meist sogar nur mit  $\pm 9$  V – kommen im Phonitor neun der von der Gain-Station bekannten Class-A Supra-OPs in 120-V-Technik zum Einsatz ( $\pm 60$  V). Diese bieten bei einem Signal-Rauschabstand von 116 dB und nahezu 34 dB Übersteuerungsfestigkeit insgesamt einen Headroom von knapp 150 dB (!) und erzeugen auch bei sehr hoher Last kaum messbare – geschweige denn hörbare – Verzerrungen. Dies sorgt für ein ermüdungsfreies Arbeiten mit unglaublich plastischen, entspannten Höhen, aufgeräumten Mitten und einem druckvollen, knackigen Bassbereich. Alle anderen Kopfhörerverstärker in unserem Studio begannen ab einer gewissen Lautstärke mit niederohmigen Kopfhörern hörbar zu zeren; deren Eignung als Mischreferenz darf man daher getrost bezweifeln. Ein großer, griffiger Lautstärke-Regler bildet das taktische Zentrum des Phonitor, zwei runde VU-Meter und einige Kipp-schalter sind symmetrisch um die Mitte herum angeordnet. Alle Bedien- und Schaltelemente sowie das per Klappfüßchen vorne hochbockbare, stabile Gehäuse wirken edel und von allerhöchster Güte, was man bei einem empfohlenen VK von 1.599 Euro allerdings auch erwarten kann. Luxus eben; alles vom Feinsten. Die Einzel-Kanäle lassen sich durch eine Kombination von Solo- und Mono-Schalter auch mittig hören und damit ideal auf spektrale Unterschiede untersuchen. Der eine, einzige Kopfhörer-Ausgang auf der Front macht unmissverständlich klar: **Hier hört der Chef** – und wer sich frech per Y-Kabel dazuklinken möchte (was abgesehen von etwaigen Lautstärkeunterschieden einwandfrei funktioniert), sollte sich besser schämen. Die hinten per XLR anliegenden Eingangssignale werden ebendort auch auf

## Unser Abhörsignal müsste um die spezifischen Spektral-, Pegel- und Laufzeitdifferenzen unseres eigenen Kopfes im Hörraum angereichert werden.

XLR verlustfrei durchgeschleift, sodass man dort zur Not – weil ohne Lautstärkenregelung – zwei Aktivboxen bzw. einen Monitor-Controller anschließen kann. Wenn Sie viel und gerne auf Kopfhörern mischen und/oder aus ihrem Lieblings-Kopfhörer das Beste herausholen möchten, gibt es für Sie kein besseres Upgrade als den SPL Phonitor. Ambitionierte Mastering-Häuser werden ohnehin nicht lange fackeln und sich diesen derzeit konkurrenzlosen High-End-Kopfhörer-Verstärker gönnen ([www.soundperformance-lab.com](http://www.soundperformance-lab.com)).

### Und es geht doch!

Crossfeed ist ja gut und schön, aber ist es wirklich völlig unmöglich, das Lautsprecher-Hören einigermaßen vollständig und räumlich korrekt auf dem Kopfhörer nachzubilden? Um eine naturidentische, dreidimensionale Nachbildung des Lautsprecher-Hörens

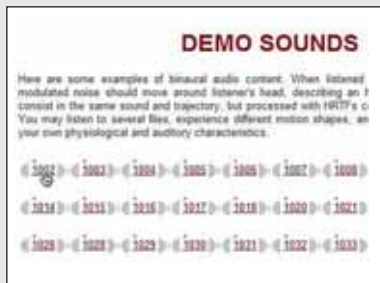
auf dem Kopfhörer zu erzeugen, müsste unser Abhörsignal um die spezifischen Spektral-, Pegel- und Laufzeitdifferenzen **unseres eigenen Kopfes im Hörraum** angereichert werden. Und genau dies ist heute nicht nur theoretisch möglich: Stellen wir uns einmal vor, wir würden uns in einen Spitzen-Hör室 mit zwei hochwertigen Abhörboxen begeben, unseren Kopf in der Mitte des Sweet-Spot platzieren und mit zwei In-Ear-Mikrofonen ausstatten. Nun schicken wir breitbandige Impulssignale durch den linken, anschließend durch den rechten Lautsprecher und zeichnen diese mit den Kopf-Mikrofonen auf. Mit einem **Deconvolver** kann man aus diesen Aufnahmen zwei Impulsantworten generieren, welche wir unserem Abhörsignal mit jeder **True-Stereo-fähigen Faltungs-Engine** aufprägen könnten. Damit würden wir auch auf Kopfhörern annähernd so hören, als würden

wir vor den zwei Lautsprechern sitzen: Die Stereo-Basis rückte näher zusammen, die Schallereignisse erschienen uns so, als kämen sie von schräg vorne und wir würden selbst die Phantommitte endlich nicht mehr im Kopf, sondern auf einer imaginären Bühne vor uns lokalisieren. Da es den wenigsten von uns möglich sein dürfte, diese Prozedur tatsächlich durchzuführen, haben wir ein kostengünstiges und vergleichsweise unaufwendiges Verfahren entdeckt, welches es ermöglicht, dem Ideal-Szenario im Ergebnis recht nahezukommen. Denn wenn auch jeder Mensch anders hört, so gibt es doch offenbar eine überschaubare Zahl von relativ ähnlich hörenden Typen. Das IRCAM (Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique) in Paris hat zusammen mit AKG 51 Menschen in einen **anamorphen** (reflektionsarmen) Raum gesetzt und mit diesen das geschilderte Verfahren durchgeführt, allerdings nicht nur für zwei, sondern für jeweils 187 Lautsprecher-Positionen – vorne, seitlich, hinten, oben, unten etc. All diese Positionen stehen nun als fertige, diffusfeldentzerrte Stereo-Impulsantworten, **HRIR** (Head related impulse response) genannt, frei zum Download bereit. Um herauszufinden, welcher Kopf-typ einem am ehesten entspricht, kann man auf der Ircam-Webseite Audio-Demos durchhören. Anschließend nutzt man das entsprechende Impuls-Set zur **Faltung mit dem Abhörsignal**. Mit etwas Glück findet man ein Impuls-Set, welches dem eigenen Kopf so nahekommt, dass man damit erstmals auf dem Kopfhörer der Lautsprecher-Stereofonie entsprechend hören kann. Die exakte Vorgehensweise finden Sie im Kasten **Kopfsprecher**; die Links und zwei bearbeitete Demo-Mixes finden Sie auf der Heft-CD. Falls Ihr Kopf so gar nicht zu den Ircam-Impulsen passen sollte, können Sie sich unter [www.wavearts.com](http://www.wavearts.com) ein Demo des kommerziellen HRTF-Simulators **Panorama 5** herunterladen, welcher einige Kopfanpassungen mitbringt, die relativ universell zu funktionieren scheinen. (→ auf S. 24).





## Kopfsprecher



Schritt 1: Versuchen Sie drei Demos zu finden, bei welchen das Testsignal perfekt gegen den Uhrzeigersinn um ihren Kopf zu wandern scheint.



Schritt 2: Laden Sie die entsprechenden Impuls-Sets herunter und entpacken Sie diese auf die Festplatte.



Schritt 3: Mit dem True Stereo File Creator von SIR2 kombinieren Sie je zwei 30-Grad-Impulse zu einem SIR-Preset und suchen den Kopftyp mit der neutralsten Übertragung aus.

Um ihr Abhörsignal auf dem Kopfhörer mit dem Lautsprecher-Hören bestmöglich kompatibel zu machen, benötigen Sie ein Impulsfaltungs-Patch in True-Stereo, welches ihrem individuellen räumlichen Hören am ehesten entspricht. Um ein solches Patch zu erstellen, gehen Sie auf die Webseite des französischen IRCAM unter <http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/sounds.html> und hören die Demos durch. Bei langsamen Leitungen empfiehlt es sich, die 51 Demos herunterzuladen und anschließend lokal zu öffnen. Nun versuchen Sie mindestens drei Demos zu finden, bei welchen das Testsignal möglichst perfekt gegen den Uhrzeigersinn um ihren Kopf zu wandern scheint. Deren Typnummern notieren Sie sich und klicken anschließend auf den **Download**-Link in der Kopfzeile der Ircam-Webseite. Nun laden Sie sich die entsprechenden Impuls-Sets herunter (jeweils ca. 15 MB) und entpacken Sie diese auf Ihre Festplatte.

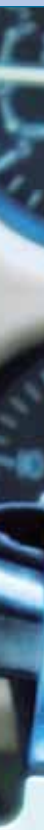
Nun brauchen Sie eine True-Stereo-fähige Impulsfaltungs-Engine wie **SIR2**. Voxengo's Pristine Space tut es zwar auch, doch mit SIR2 spart man einige Klicks. Für erste

Experimente genügt das SIR2-Demo, welches Sie unter [www.knufinke.de/sir](http://www.knufinke.de/sir) herunterladen können. Nun laden Sie ein Leveler-Plug-in in den vorletzten VST-Slot des Programms, mit dem Sie abhören möchten und senken Sie den Pegel um ca. 5–7 dB ab, um digitales Clipping nach der Faltung zu vermeiden. In den letzten VST-Slot laden Sie SIR2 und rufen unter Tools den **True Stereo File Creator** auf. Dort gehen Sie für den linken Kanal in den Ordner Ihres ersten Impuls-Sets, navi-

### Sie benötigen ein Impulsfaltungs-Patch in True-Stereo, welches ihrem individuellen räumlichen Hören am ehesten entspricht

gieren in den Unterordner COMPENSATED > WAV > IRC\_10 [Typnummer] \_C und selektieren die Datei mit dem Ende „ (...) T030\_P000.wav“. Für den rechten Kanal wählen Sie die Datei „ (...) T330\_P000.wav“. Über den Button **Save and open in SIR** erzeugt und lädt SIR2 das gewünschte Preset. Nun erstellen Sie für die anderen von Ihnen favorisierten Kopftypen in der gleichen Weise je ein Preset.

Zum Hören müssen Sie in SIR2 unbedingt den **trockenen Signalanteil und Auto-Gain abschalten** (Dry = Off, Autogain = Off) und den Wet-Regler auf 0 dB stellen (Doppelklick). Die virtuelle Bühne sollte nun deutlich nach vorne und in die Mitte rutschen, die Phantommitte deutlich mittig vor der Stirn erscheinen. Zum Vergleichen ihrer Presets mit der normalen Kopfhörer-Stereofonie deaktivieren Sie SIR2 per Bypass. Wenn eines Ihrer Presets mit der SIR2-Einstellung **Stereo In auf 0 %** (unbedingt wieder auf 100 % rückstellen!) nicht exakt mittig klingt, sollten Sie es aussortieren. Auch starke subjektive Klangverschlechterungen sind ein Ausmusterungsgrund. Sollte es Ihnen gar nicht gelingen, einen passenden Kopftyp zu finden, probieren Sie es mit 45°-Impulsen. Diese scheinen ohnehin der beste Kompromiss zwischen normaler Kopfhörer-Stereofonie und echtem Lautsprecher-Hören zu sein – sozusagen Lupe und Weichzeichner! Dazu müssen Sie im **True Stereo File Creator** jeweils Dateien mit der Endung „ (...)T045\_P000.wav“ (links) und „ (...)T315\_P000.wav“ (rechts) auswählen.



Hersteller	AKG	Audio-Technica	Beyerdynamic	Beyerdynamic	BOSE	Sennheiser	Sennheiser	SONY	SONY	Ultrasone	t.bone
Produkt	K 242 HD	ATH M50	DT 880	DT 770	Around-Ear	HD 600	HD 280 Pro	MDR 7509 HD	MDR 7506	PRO 2500	HD 790
Bauart	dyn. halboffen	dyn. geschlossen	dyn. halboffen	dyn. geschlossen	dyn. geschlossen	dyn. offen	dyn. geschlossen	dyn. geschlossen	dyn. geschlossen	dyn. offen	dyn. halboffen
Gewicht (o. Kabel)	240 g	284 g	295 g	270 g	142 g	260 g	220 g	300 g	230 g	294 g	k.A.
Impedanz	55 Ω	38 Ω	250 Ω	250 Ω (opt. 80 Ω)	k.A.	300 Ω	64 Ω	24 Ω	63 Ω	40 Ω	32 Ω
Frequenzbereich	15 – 25.000 Hz	15 – 28.000 Hz	5–35.000 Hz	5 – 35.000 Hz	k.A.	12–39.000 Hz	8 – 25.000 Hz	5 – 80.000 Hz	10 – 20.000 Hz	8–35.000 Hz	20–20.000 Hz
Kabelzuführung	gerade, einseitig	gewendelt, einseitig	gewendelt, einseitig	gewendelt, einseitig	gerade, beidseitig	gerade, beidseitig	gewendelt, einseitig	gewendelt, einseitig	gewendelt, einseitig	gerade / gewendelt, einseitig	gerade, einseitig
Anschluss	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm	3,5 mm Klinke + Adapter f. 6,3 mm
Kabel steckbar	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-
Faltbar	-	X	-	-	-	-	X	X	X	-	-
Hörmuscheln drehbar / umklappbar	-	X / X	-	-	-	-	X / X	- / X	- / X	X / -	-
Zubehör	-	Transportbeutel	Ledercase	Ledercase	Transportbeutel, Verlängerung	Pappcase	-	Transportbeutel	Transportbeutel	Hardcase, zus. Kabel, Demo-CD Ers.-Ohrpolster	-
Besonderheiten	Anpassungsautomatik, wei- che Ohrpolster	sehr robuste Faltkonstruktion	fester Sitz, wei- che Ohrpolster	fester Sitz, wei- che Ohrpolster	leichte, kompakte Bauweise	Marmor- Design, große Hörmuscheln	Fast alle Teile einzeln auswechselbar	sehr hohe Belastbarkeit (3000 mW)	kompakte Faltkonstruktion	S-Logic, Mag. geschirmt (ULE)	Volumenregler, langes Kabel (3,80 m)
Impulstreue	•••	••••	•••••	••••	••	••••	•••	••••	•••	••••	••
Höhen	•••	••••	•••••	••••	•••	••••	••	••••	••••	•••••	•
Mittbereich	•••	•••	•••	•••	••	••••	••••	•••••	••••	••••	••
Bässe	•••	••••	••••	••••	••••	•••	•••	•••	•••	••••	•
Spektrale Balance	••••	•••	•••	•••	••	•••••	••	••	••••	•••••	••
Räumlichkeit	••	••	•••	•••	•••	••••	•	•••	•••	•••••	•
Subj. Klangeindruck	••••	••	••••	••••	•••••	•••	••	••	•••	••••	••
Außenschall- bedämpf.	•	••••	••	•••	•••	•	•••••	•••	•••	••	••
Lautheit	••	••••	•••	•••	••••	•••	••••	••••	•••	••••	••
Tragekomfort	•••••	••	•••	•••	••••	•	•••	••••	•••	••••	•
Verarbeitung	•••	•••••	••••	••••	••	••••	••••	••••	••••	•••••	••
Design	••	••••	•••	•••	•••	••	••	•••	•••	••••	•
Ausstattung	•	••	•••	•••	••	••	•	••	••	••••	••
Preis/Leistung	••••	••••	•••	••••	••	•••	••••	•••	••••	••••	•••••
Webseite	www.akg.com	www.audio-technica.com	www.beyer-dynamic.de	www.beyer-dynamic.de	www.bose.de	www.sennheiser.com	www.sennheiser.com	www.haudio.de	www.haudio.de	www.ultrasone.com	www.thomann.de
Preis pro Paar (UVP/Straße)	€ 159,- / 130,-	€ 154,70 / 149,-	€ 269,- / 220,-	€ 185,- / 140,-	€ 149,-	€ 349,- / 190,-	€ 160,- / 100,-	€ 279,90 / 230,-	€ 166,- / 130,-	€ 299,-	€ 14,90

Spezifikationen

Wertung

Info

## Wie hätten se's denn gern?

Früher gab es auch im professionellen Bereich noch etliche Kopfhörer-Modelle, welche wie der klassische Walkman-Kopfhörer mit Schaumstoff-Polstern direkt auf den Ohren auflagen. Diese Bauweise ist auf die Dauer nicht nur wenig komfortabel, sondern auch kaum in der Lage, Störgeräusche von außen effektiv zu mindern. Das Feld spaltet sich daher heute im Wesentlichen in ohrmschließende (**circum-aurale**) Bügelkopfhörer sowie in der Ohrmuschel klemmende (**Ear-bud**) oder im Gehörgang sitzende K(n)opfhörer (**In-Ear**). Letztere sind für das analytische Hören höchstens dann geeignet, wenn sie mit dem Gehörgang perfekt abschließen. Nur dann gelingen Außenschallbedämpfung und Basswiedergabe bestmöglich. Wer nicht mit Retouren pokern will, kann sich beim Hörgeräte-Akustiker individuell geformte In-Ear-Kopfhörer anfertigen lassen. Diese sind

zwar wunderbare Monitore für Live-Gig und Aufnahme, doch bei langwierigen Hörsessions stört

die meisten Anwender der leichte Druck im Ohr. Daher sind alle unsere Testkandidaten ohrmschließende Modelle mit eher geräumigen Hörmuscheln. Innerhalb des Testfeldes finden sich **geschlossene, halboffene** und **offene** Varianten. Geschlossene Kopfhörer haben die beste Außenschallbedämpfung und in der Regel einen satteren Bassbereich, doch in den Mitten gibt es immer wieder Resonanzprobleme durch stehende Wellen innerhalb der Hörmuschel-Gehäuse. Bei Mikrofon-Aufnahmen sind sie ideale Monitore, denn die Bedämpfung funktioniert in beide Richtungen, sodass das Übersprechen des Playbacks auf die Aufnahmespur minimal ist. Auch beim **Mixen in lauter Umgebung** sollte es ein **geschlossener Kopfhörer** sein. Dennoch ziehen viele Tonschaffende halboffene Kopfhörer auch im Aufnahmebetrieb

## Als Allround-Kopfhörer für Aufnahme und Mix ist ein halboffenes Modell die erste Wahl.

vor, weil manche Solisten der fehlende Druckausgleich geschlossener Kopfhörer stört und etliche Sänger „unter der Taucherglocke“ schlechter intonieren. Um noch mehr vom natürlichen Raumklang der eigenen Stimme zu hören, machen manche sogar grundsätzlich ein Ohr frei. Dies gelingt mit dreh- und klappbaren Kopfhörern besser; allerdings muss man je nach Position darauf achten, dass der Kopfhörerschall nicht ungebremst in Richtung Mikrofon dringen kann – am besten man regelt den entsprechenden Kanal komplett herunter. Wenn Sie einen **Allround-Kopfhörer** suchen, der in allen Disziplinen mithalten kann, **ist ein halboffenes Modell die erste Wahl**. Wer in vollständig ruhiger Umgebung arbeiten kann und für den Aufnahmebetrieb bereits einen geschlossenen oder halboffenen Kopfhörer besitzt, sollte **sich als Mischreferenz** ruhig auch **offene Modelle** anhören, denn diese

klingen häufig „luftiger“, zeigen im Durchschnitt eine **bessere spektrale Balance** und sind im

Dauerbetrieb oft komfortabler zu tragen. Doch gerade der Tragekomfort ist eine hochgradig individuelle Angelegenheit: Die Konstruktion muss zu Ihrer Kopfform passen. Alle Testkandidaten geben sich redlich Mühe, es durch verstellbare, gepolsterte Bügel und anschiessame Ohrpolster jedem Schädel recht zu machen. Wir mussten jedoch feststellen, dass dies unmöglich ist; nur wenige Modelle fanden alle Testhörer bequem. Man sollte einen Kopfhörer daher **unbedingt ausprobieren**, bevor man sich zum Kauf verpflichtet – oder von seinem Rückgaberecht Gebrauch machen. Ist der Anpressdruck gar zu hoch, kann man Typen mit Metallbügel durch vorsichtiges Aufbiegen anpassen. Wer schnell schwitzt, sollte die Finger von glatten Kunstleder-Ohrpolstern lassen und samtartige Oberflächen vorzie-

hen. Diese lassen sich häufig sogar austauschen und damit ggf. auch mit einem milden Waschmittel von Hand waschen.

## Ärger mit Kabeln



Man kann nur hoffen, dass sich AKGs Kabel-Konzept mit Mini-XLR-Stecker irgendwann auch bei anderen Herstellern durchsetzen wird.

Ein echtes Ärgernis ist die fehlende Motivation der Hersteller, sich auf einen sinnvollen Standard für austauschbare Kabel zu einigen. So muss man bei festen Kabeln nach einigen Jahren – manchmal sogar nur Monaten! – mit einer teuren Kabelreparatur vom Hersteller rechnen. Die wenigen Modelle, die ihre Zuleitungen mittels Stecker mit dem Kopfhörer verbinden und damit für einen einfachen Wechsel sorgen, verwenden allesamt proprietäre Steckverbinder. Wie schön wäre doch die Welt, wenn alle Hersteller das von AKG in der Studio-Serie verwendete **Mini-XLR-System** übernehmen würden. Dieser Steckverbinder funktioniert auch unter Spannung kurzschlussfrei, rastet sicher ein und kann sich nicht selbsttätig aufdrehen. Mit einem solchen Standard müssten wir nicht lange warten, bis kostengünstige Ersatzkabel auf dem Markt wären.

## AKG

Der österreichische Hersteller AKG ist im Tonstudio ein alter Bekannter; kaum ein anderer Hersteller ist so breitbandig und zahlreich in den TV-, Rundfunk- und Aufnahmestudios der Welt vertreten. Dies liegt unter anderem daran, dass AKG stets versucht hat, Kopfhörer für Menschen und nicht für Datenblätter zu entwickeln. Der halboffene K 240 Studio ist z. B. einer der beliebtesten Monitor-Kopfhörer – sowohl für Toningenieure als auch



Der äußerst komfortable K 242 HD ist eine gute bis sehr gute Mischreferenz zu einem überaus attraktiven Preis.

für Solisten – obwohl es etliche Kopfhörer mit einer besseren Außenschalldämmung oder besseren klanglichen Eigenschaften gibt. Manchmal ist die Mitte eben golden! Ein Alleinstellungsmerkmal ist bei AKG-Kopfhörern die patentierte **Anpassungsautomatik** mit Gummizug, welche auf fast allen Köpfen sofort und ohne langes Herumgezerre für einen hervorragenden Tragekomfort sorgt. Die Gummibänder müssen allerdings nach einigen Jahren erneuert werden, da sie mit der Zeit ausleiern. Unter Studio-Profis wird das **Hi-Fi-Topmodell K 701** hoch gehandelt, es gilt als sehr neutral, dezent und ausgewogen – wir werden es evtl. bei einer Nachlese berücksichtigen. In dieser Runde hatten wir das Modell K 242 aus der neuen HD-Serie im Test; ein Nachfolger des Klassikers K 240 mit Samt-Ohrpolstern, etwas geringerer Außenschalldämmung und verbessertem Klang. Die Überarbeitung lässt gehörmäßig auf die Verwendung von neu entwickelten Schallwandlern schließen, denn **der K242 HD zeigt ein sehr ausgeglichenes, dynamisches Klangverhalten** mit gegenüber dem K240 wesentlich verbessertem Mitten- und Höhenbereich. Alle Tönelemente erscheinen klar platziert und direkt im nicht allzu großen virtuellen Raum; der subjektiv sehr positive Klangeindruck deckt sich mit einer **lautsprecherähnlichen Ausgewogenheit**. Leider hat AKG der HD-Serie nicht auch beidseitig steckbare Kabel spendiert; wenigstens innerhalb des Hauses AKG sollten Mini-XLR-Kabel zum Standard werden. Abgesehen davon ist der K 242 HD eine gute bis sehr gute Mischreferenz zu einem überaus attraktiven Preis.

## Audio-Technica

Audio-Technica ist ein Meister der Vielfalt; kein anderer Hersteller hat so viele verschiedene Kopfhörer-Serien und -Ausführungen im Programm. Von daher ist es sicher nicht angemessen, nur einen Audio-Technica-Kopfhörer im Test zu haben – eins der Hi-Fi-Spitzenmodelle ist bei einer Nachlese unbedingt fällig. Wir waren jedoch froh, überhaupt ein Testmuster zu bekommen, denn der deutsche Vertrieb hatte Schwierigkeiten, uns rechtzeitig das neue Studio-Top-Modell **ATH-M50** zukommen zu lassen. Wir danken hiermit der Firma Thomann für ihre schnelle und unbürokratische Hilfe in Form von Verkaufsware zum Testen. Der ATH-M50 beeindruckt zunächst durch seine **durchdachte mechanische Konstruktion**, bei welcher sich die geschlossenen Hörmuscheln falten, drehen und komplett umklappen lassen. Im mitgelieferten Transportbeutel verstaut man den zusammengefalteten Kopfhörer bequem und sicher in jedem Rucksack. Der perfekt verarbeitete, professionell und edel wirkende Kopfhörer schließt mit einem relativ hohen Anpressdruck dicht ab, was für eine sehr **hohe Außenschallbedämpfung** sorgt, den Tragekomfort jedoch erwartungsgemäß mindert. Die spektrale Balance ist für einen



Wer Wert auf eine hohe Außenschallbedämpfung legt, findet im piffig konstruierten ATH-M50 einen unverwüstlichen, klangstarken Partner.

geschlossenen Kopfhörer hervorragend; die Bauweise sorgt für eine hohe Lautheit und ausgezeichnet straffe **Bässe, welche bis weit unter 80 Hz kraftvoll bleiben**. Die Höhen machen einen feinen, „richtigen“, niemals penetranten Eindruck. In den insgesamt gut aufgelösten Mitten scheint lediglich zwischen ca. 500 und 1500 Hz irgendetwas nicht zu stimmen; hier sollte man zwischenzeitlich einen Lautsprecher zu Rate ziehen. Wer in einer lauten Umgebung mischen muss oder Aufnahmen mit geringstem Übersprechen wünscht, findet im ATH-M50 einen unverwüstlichen, piffig konstruierten und schicken Partner für viele bewegte Jahre.

## Beyerdynamic



Eine hervorragende Impulstreue und detaillierte, strahlende Höhen machen den DT 880 Pro zu einem der Favoriten im Test.

Beyerdynamic bietet mit den Modellen **DT 770 Pro** und **DT 880 Pro** zwei sowohl klanglich als auch bautechnisch ähnliche Modelle an. Wo der DT 770 Pro geschlossene Kunststoffschalen besitzt, hat der DT 880 Pro ein elegantes Metallgitter, welches für ein halb-offenes Übertragungssystem sorgt. Dementsprechend wird man für Aufnahmesituationen den 770er, in der Mischung den 880er bevorzugen. **Stabile Metallbügel** sorgen in beiden Fällen dafür, dass die weichen, samtartigen Ohrpolster fest am Kopf sitzen. Dadurch verrutschen beide Kopfhörer

nicht so leicht, sind jedoch bei längeren Hörsessions weniger komfortabel als z. B. der AKG 242 HD.

Beim ersten Hören mit dem 880er erschließt sich ein **beeindruckend detailliertes Klanggefüge** mit außergewöhnlich schnellen, silbrigen Höhen und runden, tief ausgreifenden Bässen, welche nie ins Wummern abgleiten: die perfekte „HörLupe“. Im Vergleich zu unseren Referenz-Lautsprechern entstand jedoch oberhalb von 10 kHz der Eindruck von leicht übertriebenen Höhen, was für einen Punktabzug bei der spektralen Balance sorgte. Der geschlossene DT 770 Pro kämpft bauartbedingt mit rund um 100 Hz etwas plakativ wirkenden Bässen, nicht ganz so luftigen Höhen und leichten Auflösungschwächen in den oberen Mitten. Wenn eine hohe Schallbedämpfung Priorität hat, würden wir ihm den ungefähr gleich teuren ATH-M50 aus verschiedenen Gründen vorziehen. Beide Beyerdynamic-Kopfhörer sind weder klapp- noch faltbar und brauchen daher in ihrem **schicken, serienmäßigen Ledercase** einiges an Platz. Der DT 880 Pro polarisierte mit seinen strahlenden Höhen die Testhörerschaft, ist jedoch sicherlich einer der Kopfhörer, die ambitionierte Anwender unbedingt testen sollten.

## Bose



Mit Boses leichtem und komfortablen Around-Ear klingt alles wunderbar; verlassen sollte man sich darauf beim Mischen jedoch nicht.

Wir waren neugierig, wie sich in diesem Zusammenhang ein Kopfhörer des Herstellers Bose machen würde, welcher im Consumer-Bereich immer wieder mit innovativen Ideen Furore macht. Der einzige circum-aurale Kopfhörer im Bose-Programm nennt sich schlicht **Around Ear** und ist mit Abstand der

leichteste Kopfhörer im Test. Trotz seines festen Sitzes trägt sich der dünne, gepolsterte Metallbügel mit seinen ergonomisch geformten, geschlossenen Hörschalen äußerst angenehm. Das dezente Design in schwarz-silber wirkt zwar seriös, doch angesichts eines Preises von rund 150 Euro hätten wir edlere Oberflächen erwartet. Klanglich wartet der Kopfhörer mit **außergewöhnlich fetten Bässen** und einer bis in die feinen Höhen hinein **hohen subjektiven Räumlichkeit** auf. Alles klingt hier eine Spur besser und größer – im Guten wie im Bösen. Denn im Direktvergleich zu den Studio-Kopfhörern wird deutlich, dass das Klangbild des Bose klar **in Richtung Car-Hi-Fi** geht und sicherlich keine brauchbare Mischreferenz für das analytische Hören darstellt. Einige Testhörer fragten jedoch begierig nach dem Verbleib des Testmusters – für MP3-Player-Fans in Bus und Bahn ist der Bose Around-Ear sicherlich eine „Ohrenweide“ mit hohem Suchtfaktor.

## Sennheiser

Der offene **HD 600** von Sennheiser wird unter Profis seit einiger Zeit als **Geheimtipp** gehandelt, zumal ihn trotz seiner knackigen unverbindlichen Preisempfehlung von 349 Euro einige Internet-Shops für weit unter 200 Euro anbieten. Dies mag daran liegen, dass der ursprünglich für den Hi-Fi-Bereich entwickelte Kopfhörer optisch nicht gerade professionell wirkt: Der Bügel und die Hörmuschel-Einfassungen sind in grau-blau marmoriertem Kunststoff gehalten, welcher jedem Pizzeria-Tisch zur Ehre gereicht hätte. Der große Bruder HD 650 kommt zwar im amtlichen Studio-Look daher, wird jedoch von vielen Profis rein klanglich dem HD 600 nachgeordnet, sodass wir für den Test dieser Empfehlung folgten. In den großen, ovalen Samt-Hörmuscheln bringt man auch die ausuferndsten Lauschlappen unter; der dick gepolsterte Bügel ist jedoch so ungünstig proportioniert, dass wir niemanden finden konnten, der den Kopfhörer wirklich bequem fand. Klanglich spielt der HD 600 jedoch eindeutig in der Oberliga: klare, niemals aufdringliche Mitten, fein auflösende Höhen, dezente, trockene Bässe und eine ausgewogene Impulsschnelle sorgen mit für die **lautsprecherähnlichste spektrale Ausgewogenheit** und die **beste Räumlichkeit**



Mit die beste spektrale Balance und Räumlichkeit im Test zeigte der HD 600 von Sennheiser, der jedoch nicht an jeden Kopf passt.

im Test. Das Design ist sehr offen konstruiert, sodass sich keinerlei Druckgefühle im Ohr einstellen, Umgebungsschalle jedoch deutlich in das Hörerlebnis einstreuen können. Das etwas dünn geratene, nicht sehr stabile Kabel ist Hi-Fi-typisch an beiden Hörmuscheln befestigt (Y-Verbindung) und lässt sich Gott sei Dank relativ einfach selbst auswechseln. Wer keine Passform-Probleme hat und auf die Optik pfeift, kann derzeit mit dem Sennheiser HD 600 einen Referenz-Kopfhörer zum Schnäppchenpreis erwerben.

Einen völlig anderen Schwerpunkt hat der unverwüsthliche, klapp-, dreh- und faltbare **HD 280**. Er hat als geschlossenes Modell die **höchste Außenschalldämpfung und Lautheit** aller Testkandidaten, ist sehr gut verarbeitet und ist damit der **ideale DJ-Kopfhörer**. Falls doch einmal etwas zu Bruch gehen sollte, lassen sich fast alle Teile einzeln auswechseln. Klanglich hat der HD 280 einen klaren Mittenschwerpunkt mit druckvollen, nicht völlig ausgewogenen Bässen und einer Höhenabstimmung, welche auf minimale Hörermüdung getrimmt scheint.

## Sony

Vielen Musikern ist immer noch nicht geläufig, dass Sony nicht nur einer der erfolgreichsten Hersteller von Consumer-Elektronik, sondern auch im Pro-Audio-, TV-, Film- und Broadcast-Bereich einer der großen Innovatoren ist. Dementsprechend bietet Sony auch in Sachen Kopfhörer vom „Knopf im Ohr“ bis zum Rundfunk-Standard so ziemlich alle dankbaren Varianten an „Klangmützen“. Als Referenz für Mix und Mastering sind

natürlich auch Sonys Hi-Fi-Spitzenmodelle einen Blick wert, doch diese sind für den mitunter rauen Studio-Alltag und den Mobil-Einsatz sicher zu empfindlich und zu unhandlich. Die etablierte MDR-Serie aus dem Pro-Audio-Segment versucht, das Beste aus allen Welten zu vereinen. Dementsprechend sind die von uns getesteten, geschlossenen Modelle **MDR 7506** und **MDR 7509 HD** sowohl sehr kompakt zusammenfaltbar, handlich und robust als auch von der Technik her Spitzenklasse. Der größere MDR 7509 HD hat ergonomisch geformte, ausgesprochen bequeme Hörmuscheln, welche ihm zusammen mit dem verstellbaren, gepolsterten Bügel zum **besten Tragekomfort im Test** verhelfen. Seine 50-mm-Membranen vertragen bis zu 3000 mW an Leistung, sodass dieser Kopfhörer auch bei extremen Lautstärken – einen hochwertigen Verstärker vorausgesetzt – **absolut verzerrungsarm** arbeitet. Die Mittenauflösung ist sagenhaft



Der kompakte MDR 7506 von Sony ist der einzige Kopfhörer im Test, welcher durchgängig mit gut oder sehr gut bewertet wurde.

und die Höhen bleiben bis weit bis über die Hörgrenze hinaus stabil, doch die Gesamtgewichtung im Frequenzspektrum wirkte auf uns so, als sei dieser Kopfhörer nicht nach Gehör im Diffusfeld, sondern messtechnisch linearisiert. Dadurch schien dessen Frequenz-

spektrum im Vergleich zu unseren Referenz-Lautsprechern in den Mitten klar überbetont.

In den Höhen und Mitten nicht ganz so stark, aber klanglich wesentlich ausgewogener erschien uns der äußerst kompakte MDR 7506. Er ist der einzige Kopfhörer im Test, welcher durchgängig in allen Wertungskategorien mit **gut oder sehr gut bewertet** wurde und damit zweifellos jeden Cent wert ist. Wie sein großer Bruder lässt er sich im serienmäßigen Transportbeutel sicher in jedem Handgepäck verstauen. Die **analytischen Fähigkeiten** des MDR 7506 sind für einen geschlossenen Kopfhörer höchst erstaunlich und z. B. denen eines AKG K 242 HD klar überlegen. Gleichzeitig ist man mit beiden Sony-Kopfhörern auch bei der Aufnahme in Sachen Übersprechen auf der sicheren Seite und kommt selbst in lauter Umgebung gut zurecht. Der MDR 7506 ist dabei **angenehm wie ein halboffener Kopfhörer** und damit der perfekte Allrounder.



## t.bone

Die Firma Thomann mit ihrer Marke **t.bone** ist bekannt dafür, ordentliche oder zumindest brauchbare Qualität für Einsteiger zu schier unglaublichen Preisen anzubieten. Wir testeten die halboffenen Modelle **HD 790** und **HD 880**, welche man für ein Taschengeld erwerben kann. Wir waren gespannt, ob sich mit dieser Qualitätsstufe auch im Mix arbeiten ließe. Zu unserer Überraschung schlug sich in Sachen spektraler Ausgewogenheit der mit **einem Volumenregler an einem wunderbar langen Kabel** ausgestattete HD 790 so deutlich besser als der rund 10 Euro teurere HD 880 mit seinem bass- und höhenlastigen Car-Hi-Fi-Sound, dass wir uns im folgenden auf den HD 790 konzentrierten. Natürlich musste sich dieser Preisrebell den übrigen Testkandidaten, welche das 10-fache und mehr kosten, in fast allen Disziplinen geschlagen geben. Dennoch war es erstaunlich, um wie viel besser der t.bone-Kopfhörer klang als z. B. ein viel teurerer Ohrmuschel-Knopf aus dem MP3-Player-Sortiment. Als Zusatz zu guten Lautsprechern liefert der HD 790 **aussagekräftige Informationen über Panorama, Hallraum und spektrale Abstimmung** und ist damit ein hervorragender Kauf für alle Homerecorder mit schmalem Budget.

## Ultrasone

Der deutsche Hersteller Ultrasone hat sich ausschließlich der Entwicklung hochwertiger Kopfhörer verschrieben und ist seit einiger Zeit durch verschiedene Innovationen in den Fokus anspruchsvoller Anwender gerückt. So machten sich die findigen Entwickler rund um Florian M. König nicht nur um den guten Ton Gedanken, sondern entwickelten mit dem **ULE-System** eine magnetische Abschirmung, welche den Anwender vor den noch wenig bekannten Langzeitfolgen elektromagnetischer Felder schützt. Diese können bei herkömmlichen Kopfhörern die zulässige Feldstärke von Bildschirmen nach TCO '99 um bis zu Faktor 10 überschreiten! Dies ist sicherlich auch für sonnige Gemüter eine beunruhigende Angabe; schließlich setzt man sich kaum einem elektromagnetischen

Feld so lange und so direkt aus wie bei der Arbeit mit Kopfhörern. Ultrasone dämpft das elektromagnetische Feld seiner Produkte mit einer speziellen MU-Abschirmung um „bis zu 98 %“. Was auch immer diese Angabe im Einzelnen bedeuten mag; es ist lobenswert, dass sich wenigstens ein Hersteller offen zu dieser Frage äußert und funktionierende Lösungen anzubieten hat. Ein weiteres Ultrasone-Patent namens **S-Logic** verspricht, das Problem der leidigen Im-Kopf-Lokalisation und minderer Räumlichkeit bei herkömmlichen Kopfhörern dadurch zu beseitigen, dass die Schallübertragung die Ohrmuscheln des Hörers mit einbezieht. Nebenbei führt der Hersteller eine geringere Hörermündung und einen um „bis zu 40 %“ reduzierten Direkt-schalldruck bei gleicher Lautheitswahrnehmung als Vorteile an. Wir waren daher sehr begierig, das aktuelle Top-Modell **PRO 2500** auf den Kopf zu bekommen, mussten uns jedoch zunächst in Geduld üben, da unsere Anfrage nach einem Testmuster aus uner-



Ultrasones PRO 2500 setzte sich durch perfekte spektrale Balance und Räumlichkeit deutlich vom übrigen Testfeld ab.

findlichen Gründen strandete und die zuständige Mitarbeiterin anschließend auf einer Messe war. Wir danken der Firma Sommer Cable hiermit aufs Herzlichste für ihre Hilfe in Form eines per Express zugestellten Test-Kopfhörers in allerletzter Sekunde. Der in einem praktischen, gepolsterten Kofferchen untergebrachte Kopfhörer ist dreh-, klapp- und faltbar und bringt neben zwei auswechselbaren Kabeln (gewendelt/gerade) sogar

ein **zweites Paar Ohrpolster** mit. Die Kabel verfügen anschlussseitig nicht über die üblichen, kompakten Gewinde-Adapter, sondern lediglich über einen 6,3-mm-Klinkenstecker. Zum Anschluss an Mobilgeräte muss man ein 6,3-auf-3,5-mm-Adapter aufstecken, was 3,5-mm-Buchsen durch den langen Hebel einer unnötigen mechanischen Beschädigungs-Gefahr aussetzt – hier sollte Ultrasone unbedingt nachbessern.

Gehäuse und Kabel sind in einem auffallenden Mittelblau gehalten; silbern gravierte Metallplatten mit dem Firmenlogo schmücken die Seitenteile. Trotz der hervorragenden Verarbeitung und der feinen grauen Samtpolster wirkt das Design etwas technokratisch und klobig. Klanglich gehört der PRO 2500 mit zum Besten, was wir je von einem Kopfhörer gehört haben: Eine **perfekte spektrale Balance** paart sich hier mit einer **analytischen Direktheit und Detailliertheit**, welche durch eine **überdurchschnittliche Räumlichkeit** in keiner Weise verwässert wird. Die Höhen haben eine ähnliche Auflösung wie die des DT 880 Pro, wirken jedoch weniger überbetont und somit dem Lautsprecher-Hören ähnlicher.

Die Außenschallbedämpfung ist für einen offenen Kopfhörer recht gut, was auch an seinem festen, bei großen Köpfen leicht drückenden Sitz liegen dürfte. Zu unserer Enttäuschung konnte die winkelige, exzentrische Anordnung der Treiber (S-Logic) nicht verhindern, dass wir normale Lautsprecher-Stereo-Mitten wie auf allen anderen Kopfhörern klar im Kopf lokalisierten. Erst mit unserer selbst gebastelten Hörkorrektur per Impulsfaltung (s. Kasten **Kopfsprecher**) sorgte die S-Logic-Anordnung für eine deutlich verbesserte, um nicht zu sagen **phänomenale Lokalisations-Genauigkeit**; die virtuelle Bühne verdichtete sich mit dem passenden Impuls-Preset versehen perfekt horizontal vor dem Hörer. Möglicherweise ergänzt die S-Logic-Anordnung die kugelförmige Charakteristik der In-Ear-Mikrofone der Ircam-Impulse optimal?! – Ein Fall für die Forschung. Jedenfalls kam keine andere Test-Kombination dem Lautsprecher-Hören so umwerfend nah wie diese. ■