



Zur Erforschung von Raumklang hat die Arbeitsgruppe um Stefan Weinzierl einen Kunstkopf mit hochsensiblen Messinstrumenten entwickelt.



VIRTUELLE REALITÄT FÜRS OHR

Sogenannte Wellenfeldsynthese ermöglicht es, **Schallquellen scheinbar beliebig im Raum zu platzieren** – und zwar so, dass sie für jeden Zuhörer gleich klingen. Ähnliche Systeme verbessern sogar den Sound von Handys.

VON ULRICH PONTES

Erst war Mono, dann Stereo, dann Surroundsound mit fünf, schließlich sieben Kanälen und ebenso vielen Lautsprecherboxen – meist ergänzt um einen Subwoofer für ganz tiefe Töne: So könnte man die Technikgeschichte der Audiowiedergabe grob zusammenfassen. Seit vielen Jahren sorgt zudem Digitaltechnik für klaren Klang, und das Frequenzspektrum umfasst bei hochwertigeren Anlagen seit Langem den vollen Umfang dessen, was das menschliche Gehör wahrzunehmen vermag: Töne von 20 bis 20 000 Hertz. Man könnte also fragen, was die weitere Entwicklung in der Audiotechnologie überhaupt noch bringen soll.

Offenbar scheint aber eine Steigerung möglich – selbst für die Ohren von Laien. Das lassen zumindest die Erfahrungsbe-

richte zum neuesten Kinosound-Standard „Dolby Atmos“ vermuten: Schon der Atmos-Trailer lasse allenthalben die Kinnladen herunterklappen. Zwischenmenschliche Szenen würden emotional dichter. Die ganze akustische Kulisse versetze einen in nie da gewesener Weise mitten in die Handlung – so oder ähnlich klingen die einhelligen Kommentare derer, die das neueste System der kalifornischen Soundschmiede in Aktion erlebt haben. In Deutschland ist das vor zwei Jahren eingeführte System inzwischen in gut einem Dutzend Kinosäle installiert, unter anderem in Berlin, Hamburg und Nürnberg.

Worauf beruht der qualitative Sprung? Atmos wartet mit noch mehr Boxen auf und bezieht erstmals auch die dritte Dimension durch Deckenlautsprecher mit ein. Doch die eigentliche Revolution findet hinter den Kulissen statt: Bei der Produktion

Fotos: Dahl/TU Berlin, Böck/TU Berlin



Der Hörsaal H 104 an der TU Berlin ist mit der weltweit größten Beschallungsanlage (2700 Lautsprecher) ausgestattet, die nach dem Prinzip der Wellenfeldsynthese funktioniert.

Raum auflösen“, sagt Rodigast. Die Boxen würden dann eine Art Klanghologramm erzeugen, das die Zuhörer komplett einhüllt. Das Fraunhofer IDMT baute eine entsprechende Technologie mit dem Markennamen „Iosono“ schon 2003 in ein Ilmenauer Kino ein. Doblays Atmos scheint nun ganz Ähnliches zu leisten – wie es genau funktioniert, ist allerdings Betriebsgeheimnis.

Mithilfe dieser Technologie können Klangingenieure beim Publikum ein ganz neues Raumgefühl erzeugen, etwa von einem großen Saal oder einem Tempel. Sie nutzen dabei aus, dass an Wänden und Gegenständen reflektierte Schallwellen viel über den Raum verraten, in dem sich der Zuhörer befindet – ohne dass er sich dessen bewusst ist. Experten können deshalb durch geschickte Steuerung der Lautsprecher ein Schallwellenmuster erzeugen, durch das Geräusche nicht von Wänden und Decke des Kinosaals zu kommen scheinen, sondern etwa von weit vorn oder hoch oben – Reflexionen des gewünschten Raums inklusive.

Dass solche Klanghologramme im Prinzip herstellbar sind, folgt aus einem physikalischen Prinzip, das der Niederländer Christiaan Huygens (siehe TR 2/2012, S. 92) schon im 17. Jahr-

hundert erkannte: Wo genau eine Wellenfront zu einem bestimmten Zeitpunkt verläuft, hängt davon ab, wo sie sich kurz zuvor befand. Nun könnte man aber, so besagt das Huygenssche Prinzip, entlang diesem vorherigen Verlauf genauso gut lauter einzelne kleine Punktwellen anstoßen – deren Überlagerung ergäbe wiederum genau die gleiche fortlaufende Wellenfront. Beliebige Schallwellen innerhalb eines bestimmten Raumes lassen sich also als Summe von sogenannten Elementarwellen konstruieren, die von den Wänden beziehungsweise einer sehr großen Zahl – im Idealfall: unendlich vielen – dort montierter Lautsprecher ausgehen (siehe Grafik Seite 94).

Diese Idee der sogenannten Wellenfeldsynthese kam bereits in den späten 80er-Jahren auf. Die bis heute größte Anlage wurde 2007 in einem Hörsaal der Technischen Universität Berlin fertiggestellt, dem „WellenFeld H 104“. Der Saal hat 640 Plätze. Etwa auf Kopfhöhe sind rundherum im Abstand von zehn Zentimetern 2700 Lautsprecher angebracht, die ein Computer-Cluster mit insgesamt 832 Audio-Kanälen ansteuert. Den Forschern vom IDMT reichten 2011 bereits nur noch etwa 60 Boxen, um

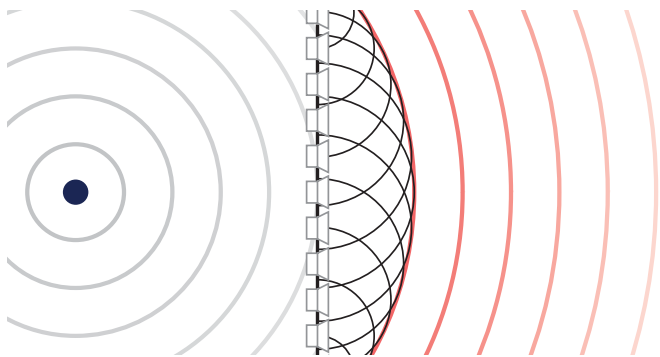
das Jenaer Planetarium mit ihrem System „SpatialSound Wave“ auszustatten. Eine ähnliche Anlage eröffnet DJs in der Münchner Nobeldisko P1 neuartige räumliche Gestaltungsmöglichkeiten (siehe TR 1/2011, S. 18). Rodigast: „Irgendwann wird das im Wohnzimmer ankommen.“

Tatsächlich setzt die US-Konkurrenz bereits an, das Heimkino zu erobern: Hersteller von

wird der Sound nämlich nicht – wie sonst üblich – für eine gewisse Anzahl von Kanälen fertig abgemischt. Stattdessen bekommt jede Klangquelle eine räumliche Position zugeordnet. Die kann sowohl innerhalb als auch außerhalb des Zuschauer-raums liegen und sich auch verändern. Diese Metadaten bilden mit der zugehörigen Tonspur ein sogenanntes Audioobjekt. Erst bei der Wiedergabe „rendert“ ein spezieller Audioprozessor den Sound – berechnet also aus den Audioobjekten, was genau jede einzelne Box in welcher Lautstärke wiedergeben muss. Dadurch lassen sich Geräusche viel präziser positionieren, als das bei fünf oder sieben Kanälen möglich ist. Vor allem aber kann sich das System optimal an die jeweilige Wiedergabesituation wie Zahl und Ort der Boxen anpassen.

Der Umstieg auf objektbasiertes Audio behebt zudem ein Problem bisheriger Raumbeschallungen. „Nur für Hörer mit optimaler Platzierung in der Mitte stimmt der räumliche Eindruck“, erläutert René Rodigast vom Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie (IDMT) in Ilmenau. Einfaches Beispiel: Soll eine Schallquelle bei Stereowiedergabe mittig erscheinen, tönen beide Lautsprecher genau gleich laut. Bewegt sich der Hörer jedoch zur Seite, kommt er also einer Box näher, nimmt er diese lauter wahr – die Schallquelle scheint ebenfalls zu dieser Seite zu wandern. „Dieses Problem lässt sich durch mathematische Algorithmen und eine geeignete Verteilung von Lautsprechern im





Durch Überlagerung der für jeden Lautsprecher errechneten Signale entsteht der Schall einer virtuellen Schallquelle.

AV-Receivern wie Onkyo, Denon, Marantz oder Yamaha haben seit diesem Herbst Dolby-Atmos-fähige Geräte im Angebot. Nach eigenen Angaben musste Dolby für den Sprung ins Wohnzimmer vor allem an zwei Stellen Entwicklungsarbeit investieren: Atmos erlaubt bis zu 128 Audioobjekte gleichzeitig – die entsprechend großen Datenmengen erfordern neue Kompressionsverfahren, um etwa auf eine Blu-ray-Disk zu passen. Außerdem sollen auch solche Nutzer in den Genuss eines ansprechenden dreidimensionalen Erlebnisses kommen, die nicht gleich dutzendweise Lautsprecher installieren wollen. Deshalb setzt Dolby Atmos in der Heimvariante nicht nur auf die Synthese eines räumlichen Schallfeldes, sondern trickst das Gehör bei Bedarf auch aus (siehe Kasten rechts).

Die Vortäuschung von Räumlichkeit durch geschickte Klangfilterung – Fachleute sprechen von Binauralsynthese – kommt aber nicht nur bei Dolby Atmos zum Einsatz. „Besonders in Verbindung mit Head-Tracking interessieren sich viele für die Binauralsynthese“, sagt Stefan Weinzierl, Inhaber des Lehrstuhls für Audiokommunikation der TU Berlin. Verfolge man nämlich die Kopfbewegungen des Hörers über spezielle Kameras oder Sensoren, lasse sich die Positionierung der Audioobjekte entsprechend nachführen. Im Ergebnis scheinen die Klangquellen für den Hörer stabil im Raum zu stehen. Und zwar wiederum in jedem gewünschten Raum, da sich auch die Akustik von Räumen heute gut in Echtzeit simulieren lässt. Derartige Systeme sind die logische akustische Ergänzung für Virtual-Reality-Brillen und kommen etwa bei den Prototypen von Oculus Rift oder Sonys Projekt Morpheus schon zum Einsatz. Von der vollständigen Immersion in eine virtuelle Umgebung könnten irgendwann Gamer ebenso wie Architekten und deren Kunden profitieren. Aber auch wissenschaftliche Anwendungen sind denkbar: Stefan Weinzierl simuliert an seinem Lehrstuhl unter anderem historische Konzertsäle, um der zeitgenössischen Aufführungspraxis auf die Spur zu kommen.

Wer dagegen eher nach alltagsrelevanten und bereits erhältlichen Neuentwicklungen in Sachen Audiotechnologie sucht, wird beim Fraunhofer IIS in Erlangen fündig. Am Institut für Integrierte Schaltungen, an dem einst das MP3-Format entwickelt wurde, sind die Forscher heute auf ihr Surroundsound-System für Mobilgeräte namens „Cingo“ stolz. Das rein softwarebasierte System können Geräte- oder App-Hersteller lizenzieren.

Erstmals zum Einsatz kam es in der zweiten Auflage des Google Nexus 7. „Wir sind von der Realität zahlloser Smartphone- und Tablet-Nutzer ausgegangen, die sich auf ihren Geräten Filme oder TV-Serien anschauen“, sagt Jan Plogsties, Leiter der Gruppe „Semantic Audio Rendering“. Da dies oft mit Kopfhörern geschehe, habe man zunächst einen Mobilgeräte-tauglichen Algorithmus entwickelt, um den üblichen 5.1-Surroundsound entsprechend aufzubereiten. Dabei ermöglicht Cingo Klangprofile, die sich etwa nach persönlichen Präferenzen oder der Hörsituation richten können.

Außerdem, so Plogsties, müsse man bei Mobilgeräten vor allem „die klangliche Grundqualität der Lautsprecher verbessern“. Dazu passt Cingo die Lautstärkedynamik des Audiomaterials an die beschränkten Möglichkeiten kleiner Lautsprecher an und versucht zudem, gerätespezifischen Schwächen im Frequenzgang entgegenzuwirken. Abseits teurer Profianlagen gibt es eben beim Klang ganz allgemein und nicht nur bei der räumlichen Reproduktion viel Luft nach oben – oder wie Jan Plogsties sagt: „Das klangliche Gesamterlebnis ist mehr als gute Richtungswahrnehmung.“

SO LÄSST SICH UNSER GEHÖR NARREN

Ob ein Geräusch von links oder rechts kommt, erkennen die Hörzentren in unseren Gehirnen anhand der unterschiedlichen Lautstärke sowie der Verzögerung, mit der das Signal am entfernteren Ohr eintrifft (Grafik). Zur Unterscheidung, ob ein Geräusch von vorn, hinten oder oben, von nah oder weit kommt, macht sich das Gehör zunutze, dass die Anatomie von Kopf, Schultern und vor allem den Ohrmuscheln den Klang mitbeeinflusst: Je nach Einfallsrichtung werden verschiedene Frequenzen unterschiedlich gefiltert, bevor sie am Trommelfell ankommen. Da wir wissen, wie sich bestimmte Geräusche anhören, kann das Gehirn anhand der Verfälschung des Frequenzgangs die Richtung bestimmen. Lautstärke und reflektierter Schall enthalten Informationen über die Entfernung. **Algorithmen filtern und manipulieren** die Tonsignale entsprechend, bevor sie verstärkt und zum Lautsprecher oder Kopfhörer geschickt werden.

So täuschen sie räumliche Positionierungen von Schallquellen in allen Dimensionen vor – in gewissen Grenzen, da Ohr- und Kopfform von Mensch zu Mensch verschieden sind.

