

GERNEMANN, Andreas [UNIVERSITÄT KÖLN / CME ACOUSTICS]

## **Die stereofone Perspektive - eine Definition und praktische Anwendung**

### *The Stereophonic Perspective - Definition and Application*

#### **1. Einleitung**

Es ist zumindest für Elementarsignale möglich, bei der Stereophonie innerhalb der Basisbreite einer Lautsprecheranstellung ein Hörereignis - hier auch Phantomschallquelle genannt - so zu erzeugen, daß es dem Hörereignis einer realen Schallquelle sehr nahe kommt bzw. sogar entspricht.

Für komplizierte Schallereignisse wie z.B. Musikinstrumente zeigen sich jedoch Unterschiede in der Wahrnehmung sowohl beim natürlichen Hören im Vergleich zum stereophonen Hören, als auch zwischen den unterschiedlichen stereophonen Verfahren, insbesondere zwischen Laufzeit- und „Intensitäts“-Stereophonie.

An dieser Stelle soll nun mit Überlegungen über die jeweiligen akustischen Gegebenheiten diesem Phänomen ein wenig auf den Grund gegangen und daraus der Begriff der stereophonen Perspektive definiert werden. Anschließend wird anhand von Standardbeispielen diskutiert, welche Anwendung dieser Begriff in der Praxis findet bezüglich des verwendeten stereophonen Verfahrens, Monostützen und der Überlagerung von verschiedenen Mikrofonanordnungen mit den üblichen Faustregeln (z.B. 3:1-Regel) und den dramaturgischen Einflüssen.

Es wird gezeigt, daß mit Hilfe dieser neuen Betrachtungsweise eine einfache Erläuterung und Handhabung alltäglicher aufnahmetechnischer Situationen möglich ist.

#### **2. Grundlagen**

Als herkömmliche Stereophonie werden diejenigen Systeme bezeichnet, die zur Übertragung von Schallereignissen zwei Kanäle und zur Wiedergabe entsprechend zwei Lautsprecher benutzen, also die bekannte Anordnung im gleichseitigen Stereodreieck. Bei einem akustischen Vergleich des stereophonen Hörens mit dem natürlichen Hören fällt ein

bedeutender Unterschied auf während beim Hören einer natürlichen Schallquelle, beispielsweise eines Instrumentes, der Schall, der beide Ohren eines Hörers erreicht, in erster Linie direkt von diesem Instrument stammt, existieren bei der Stereophonie zwei Schallquellen, nämlich die beiden Lautsprecher (siehe Bild 1 und Bild 2)

Dennoch werden bei der Wiedergabe einer stereophonen Aufnahme dieses Instrumentes nicht zwei Schallquellen wahrgenommen, sondern das Instrument wird irgendwo zwischen unseren Lautsprechern lokalisiert. Man spricht hier auch von sogenannten „Phantomschallquellen“, da die realen Schallquellen, also die Lautsprecher, und der Ort des durch dieselben hervorgerufenen Hörereignisses nicht übereinstimmen

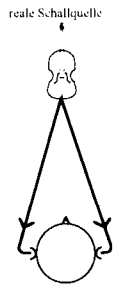


Bild 1: natürliches Hören

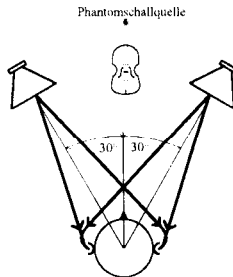


Bild 2: stereophones Hören

In der Psychoakustik ist dieses erstaunliche und bis heute noch nicht eindeutig erklärbare Phänomen bekannt unter dem Namen „Summenlokalisation“.

Summenlokalisation meint hier: ein Hörereignis wird durch zwei kohärente bzw. teilkohärente Schallereignisse hervorgerufen. Bis heute konnte trotz einer großen Anzahl an Erklärungsmodellen nicht befriedigend geklärt werden, warum unser Gehör so reagiert. Ein Grund ist sicherlich, daß in der Natur der Fall zweier Schallquellen, die sehr ähnliche Signale abstrahlen, so gut wie gar nicht vorkommt.

Die oben erwähnte Standardabhörposition im gleichseitigen Dreieck, bei der also die beiden Schallwandler in einem Winkel von  $\pm 30^\circ$  zur Blickrichtung des Hörers unabhängig von der Entfernung zu ihm aufgestellt sind, stellt einen Kompromiß dar. Bei dieser Anordnung sind die Hörereignisse bzw. Phantomschallquellen in der Mitte zwischen den beiden Lautsprechern kaum bis gar nicht eleviert und es ergibt sich dennoch eine hinreichende Basisbreite für die räumliche Abbildung zwischen den Schallwandlern. Diese Anordnung ist also keineswegs willkürlich festgelegt. Werden die Lautsprecher weiter auseinander gezogen, der Winkel Lautsprecher / Hörer also stumpfer wird, erscheinen die mittleren Hörereignisse weiter nach oben eleviert. Bei einer Aufstellung von  $\pm 90^\circ$  erscheinen sie häufig sogar über dem Kopf. Sind die Lautsprecher enger beieinander aufgestellt, wird die nutzbare Basisbreite für die Abbildung von Phantomschallquellen kleiner.

Somit erkennt man einen weiteren Unterschied zwischen natürlichem und stereophonem Hören: bei der Stereophonie ist der Lokalisationsbereich auf die Lautsprecherbasis begrenzt, während beim natürlichen Hören Schallquellen aus jeder beliebigen Richtung lokalisiert werden können.

### **3. Stereophone Grundverfahren**

Als stereophone Grundverfahren bezeichnet man Laufzeit- und „Intensitäts“-Stereophonie. Weiterhin existieren andere stereophone Verfahren wie Äquivalenz- und Trennkörperstereophonie, die aber hier nicht weiter betrachtet werden sollen, da die folgenden Überlegungen für die Grundverfahren weitestgehend auf beide übertragen werden können. Bei der Laufzeit- bzw. „Intensitäts“-Stereophonie entstehen stets kohärente Signale zwischen den beiden Lautsprechern.

Die Lautsprecher strahlen bei den Grundverfahren also entweder

1. identische Signale ab, oder aber die Signale sind
2. identisch, jedoch minimal voneinander verzögert (Laufzeitstereophonie), oder die Signale erscheinen
3. gleichzeitig, besitzen dieselbe Kurvenform, haben aber unterschiedliche Amplituden („Intensitäts“-Stereophonie Richtigter wäre die Bezeichnung Pegeldifferenzstereophonie).

Bei Punkt 1 spricht man auch von monophonen Signalen. Eine Verzögerung (Punkt 2) oder eine Abschwächung (Punkt 3.) eines der beiden Lautsprechersignale führt zu einer Verschiebung der Phantomschallquellen aus der Mitte heraus zu dem jeweils anderen Lautsprecher hin. Bei größeren Pegeldifferenzen oder, wenn nur ein Lautsprecher das Signal abstrahlt, wird die Schallquelle nur aus einem Lautsprecher geortet. Bei zu großen Laufzeitunterschieden gilt hingegen das Summenlokalisationsprinzip nicht mehr: man hört zwei Schallquellen, ähnlich einem Echo.

Die Größenordnungen der Laufzeit- und Pegeldifferenzen für die Summenlokalisierung im Stereodreieck liefert die folgende Tabelle (vergl. auch Bild 3):

<b>Ort der Phantomschallquelle</b>	<b>reine Laufzeitunterschiede</b>	<b>reine Pegelunterschiede</b>
ganz links	links 0,6 ms bis 1,5 ms früher als rechts	rechts – links - 18 dB
75% links	links 0,35 ms bis 0,75 ms früher als rechts	rechts = links - 11 dB
50% links	links 0,24 ms bis 0,45 ms früher als rechts	rechts = links - 7 dB
25% links	links 0,1 ms bis 0,23 ms früher als rechts	rechts = links - 3 dB
Mitte	links und rechts gleichzeitig	rechts und links gleichlaut

Tabelle 1: psychoakustische Auswertung zur Summenlokalisierung im Stereodreieck

Für eine Verschiebung der Phantomschallquellen nach rechts gelten die Werte weitestgehend entsprechend. Bei Laufzeitdifferenzen größer als 1ms bis 5ms werden je nach Testsignal bereits zwei Schallquellen getrennt wahrgenommen (Echoeffekt)

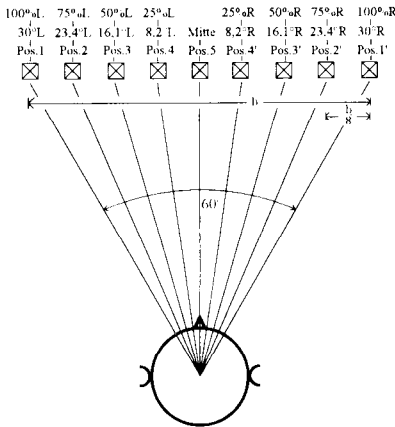


Bild 3: Anordnung der Höreignisorte (Phantomschallquellen) für die Werte aus Tabelle 1

Wichtig ist, daß bei Kopfhörerwiedergabe sich wiederum andere Größenordnungen der Werte für Laufzeit- und Pegeldifferenzen ergeben. In diesem Fall spricht man auch von Lateralisation (nicht zu verwechseln mit Kunstkopfaufnahmen) Bei der Lateralisation werden Höreignisse im Kopf auf einer Verbindungslinie zwischen den beiden Ohren lokalisiert. Es ist noch zu bemerken, daß im Fall der reinen Laufzeitdifferenzen die bisherigen zahlreichen Untersuchungen sehr unterschiedliche Ergebnisse liefern (daher die Angabe von-bis in der Tabelle), während für den Fall der reinen Pegeldifferenzen gute Übereinstimmungen der einzelnen Untersuchungen zu verzeichnen sind. Dies liegt zum einen daran, daß die individuellen Angaben der einzelnen Versuchspersonen untereinander bei Lokalisationsversuchen mit Laufzeitdifferenzen stärker schwanken als bei Lokalisationsversuchen mit Pegeldifferenzen, zum anderen fallen bei ersteren Fehler bei der Erzeugung des akustischen Testsignals stärker ins Gewicht (häufig auch als mangelnde Lokalisationscharfe der Laufzeitstereophonie attestiert). Grundsätzlich gilt bei Laufzeitdifferenzen: je präziser die Schallwandler (z.B. Elektrostaten, Biegewellenwandler oder digital entzerrte Kolbensysteme), desto kleiner die zur Verschiebung der Höreignisorte benötigten Laufzeitdifferenzen und desto scharfer die Lokalisation der Höreignisse.

Auch der Wiedergaberaum hat einen generellen Einfluß, besonders auf die Lokalisationsschärfe. Hier gilt: je reflexionsärmer und je kürzer die Nachhallzeit, desto höher die Lokalisationsschärfe.

Wichtig ist ebenfalls die strenge Einhaltung der Position des Hörers im Stereodreieck. Bei einer abweichenden Position, in der der Hörer also unterschiedliche Entfernungen zu den beiden Lautsprechern hat, entstehen akustisch zusätzliche Laufzeit- und Pegeldifferenzen. Die Phantomschallquellen werden dann verschoben lokalisiert, bei extremen Positionen sogar nur noch am Ort des näher gelegenen Lautsprechers.

Mikrophananordnungen für die Laufzeit- und „Intensitäts“-Stereophonie sind hinlänglich bekannt. Laufzeiten zwischen zwei Mikrofonen können erzeugt werden, indem man die beiden Mikrofone räumlich voneinander trennt (AB - Anordnung). In Abhängigkeit der so entstehenden und variablen Mikrofonbasis sowie in Abhängigkeit des Schalleinfallswinkels können die benötigten Laufzeitdifferenzen eingestellt werden.

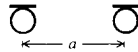


Bild 4: Laufzeitstereophonie

Ausschließlich Pegeldifferenzen erhält man durch koinzidente Mikrophananordnungen. So werden bei der XY-Anordnung richtende Mikrofone unmittelbar übereinander aufgestellt und gegeneinander verdreht. Die erforderlichen Pegeldifferenzen entstehen in Abhängigkeit dieses Versatzwinkels und der Schalleinfallrichtung.

Eine Variante der koinzidenten Verfahren ist die MS-Anordnung, bei der in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses von M- und S-Signal und des Schalleinfallswinkels nach Dematrizierung ebenfalls Pegeldifferenzen zwischen linkem und rechtem Kanal erzeugt werden.



Bild 5: „Intensitäts“-Stereophonie: XY-Anordnung

#### 4. Wahrnehmung

Die obigen Ausführungen haben gezeigt, daß es einen erheblichen Unterschied zwischen natürlichem und stereophonem Hören gibt. Zusammenfassend existiert einerseits bei der Stereophonie eine Einschränkung des Lokalisationsbereiches, die Phantomschallquellen werden nur zwischen den Lautsprechern wahrgenommen, während beim natürlichen Hören Schallquellen aus jeder beliebigen Richtung lokalisiert werden können. Andererseits basiert das stereophone Hören ausschließlich auf dem psychoakustischen Phänomen der Summenlokalisierung zweier Schallquellen, hier der Lautsprecher. Beim natürlichen Hören wird eine Schallquelle in der Regel an ihrem realen Ort lokalisiert.

Die herkömmliche Stereophonie ist also ein eigenständiges akustisches System und hat mit dem natürlichen Hören nur wenig gemeinsam.

Dennoch läßt sich zumindest für sehr einfache, meist künstliche Signale eine gute Übereinstimmung der Hörwahrnehmungen erzielen. Als Beispiel seien hier Lokalisationsversuche mit Rauschsignalen oder dem Stoßsignal („Knackse“) genannt, bei denen zum einen das Hörereignis per Summenlokalisierung zwischen zwei Schallwandlern erzeugt und zum anderen vergleichsweise ein einzelner Schallwandler, der dieses Signal abstrahlt, an die entsprechenden Hörereignisorte verschoben wird. In der Regel entstehen so bei Summenlokalisierung und realer Schallquelle gleiche Hörereignisse.

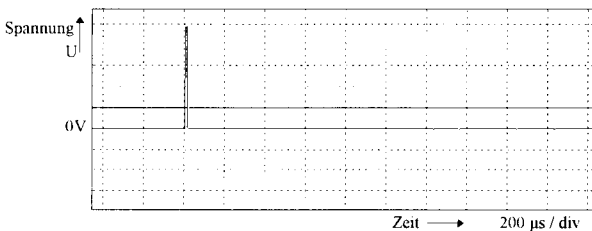


Bild 6: der Stoß, ein Elementarsignal, angenähert durch ein sehr schmales Rechtecksignal

Bei komplexeren Schallereignissen wie z.B. Musikdarbietungen von einzelnen Instrumentalisten und Ensembles oder von Naturgeräuschen zeigen sich jedoch aufgrund der oben beschriebenen akustischen Gegebenheiten deutliche Unterschiede in der Wahrnehmung beim natürlichen und stereophonen Hören. Ein vergleichbares Hörereignis stellt sich nicht ein.

Besonders auffällig ist dabei die unterschiedliche Größenwahrnehmung von Hörereignissen. Beim Hören natürlicher Schallereignisse entspricht die wahrgenommene Größe der Abmessung der Schallquelle. Das Gehör wertet das Verhältnis des Erregungszentrums der Schallquelle zu den Beugungserscheinungen des Schalls an dem das Erregungszentrum umgebenden Körper aus und kann daraus sicher auf die Größe der Schallquelle schließen. Dadurch „hort“ sich auch ein brullender Elefant für einen Menschen größer an als ein laut bellender Hund, obwohl die Lautstärken und der maximale Schalldruck bei beiden vergleichbar sind. Ein ähnlicher Effekt läßt sich auch an einem Lautsprecher selbst beobachten, bei dem die zwangsläufig entstehenden Beugungserscheinungen an den Kanten seines Gehäuses nicht eliminiert sind. Hörereignisse erscheinen bei der Wiedergabe von beliebigen Signalen über kleine Boxen auch bei zusätzlicher Subwooferunterstützung entsprechend kleiner als bei der Wiedergabe über große

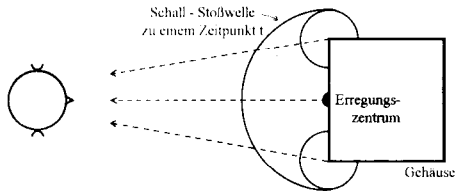


Bild 7 Größenwahrnehmung durch Beugung von Schall an Gehäusekanten

In Analogie zum Sehsinn läßt sich also auch ein größenperspektivisches Hören ausmachen. Zusätzlich treten bei natürlichen Schallquellen auch Abschätzungen durch Mustererkennung auf.

Bei der Lautsprecherstereophonie existiert diese originale Hörperspektive nicht mehr. Eine Originalperspektive kann bei der herkömmlichen Stereophonie mit Summenlokalisation niemals erreicht werden, da hierzu die originalen Ohrsignale wiederhergestellt werden müßten. Daraus ergibt sich eine unterschiedliche Größenwahrnehmung von Hörereignissen beim natürlichen und stereophonen Hören.

Interessanterweise läßt sich aber auch eine unterschiedliche Größenwahrnehmung der Hörereignisse je nach Verwendung des jeweiligen stereophonen Grundverfahrens ausmachen. Dies wird sehr deutlich bei hochpräzisen Wandlern, die in ihrem Übertragungsverhalten optimiert worden sind. Besonders wichtig ist dabei die Eliminierung der Beugungseffekte an



den Kanten der Lautsprecher, sei es durch entsprechende Korrekturmaßnahmen oder den Einbau der Lautsprecher in eine Wand, da sie direkt in die Größenwahrnehmung miteingehen. Bei kleinen Lautsprechergehäusen (Stichwort: Nahfeldmonitore) ohne Beugungskorrektur oder / und weniger optimierten Schallwandlern tritt der im folgenden beschriebene Effekt kaum bis gar nicht auf

Erste psychoakustische Versuche zeigen, daß im Fall der „Intensitäts“-Stereophonie Hörereignisse bei der Wiedergabe recht groß erscheinen, die Perspektive also sehr klein ist. Bei der Laufzeitstereophonie ergeben sich bei vergleichbaren Mikrofonparametern unterschiedliche Größen der Hörereignisse, und zwar in Abhängigkeit von der Mikrofonbasis. Die Hörereignisse sind bei nahezu konstantem Entfernungseindruck um so größer, je kleiner die Mikrofonbasis ist. Diese ist also anscheinend nicht nur für die benötigten Laufzeitdifferenzen für die Lautsprecherstereophonie von Bedeutung, sondern auch für den perspektivischen Eindruck. Besonders deutlich wird dies selbst mit weniger präzisen Lautsprechern bei einem direkten Vergleich von durch Laufzeit- und „Intensitäts“-Stereophonie entstandenen Aufnahmen desselben Schallereignisses. Aus diesem Sachverhalt heraus kann nun der Begriff der **stereophonen Perspektive** definiert werden. Die stereophone Perspektive bezeichnet die wahrgenommene Größe von Hörereignissen bei der Lautsprecherstereophonie. Im Fall der „Intensitäts“-Stereophonie ist die Mikrofonbasis gleich null, die Perspektive ist klein, und die Hörereignisse erscheinen sehr groß. Hingegen sind sie bei der Laufzeitstereophonie in Abhängigkeit von der Mikrofonbasis stets kleiner. Die stereophone Perspektive ist dort also größer. Dabei werden Phantomschallquellen bei der Laufzeitstereophonie realistischer empfunden als bei der „Intensitäts“-Stereophonie. Dies wird von verschiedenen Autoren immer wieder bestätigt und läßt sich neuerdings auch in meßtechnischen Untersuchungen nachvollziehen, worauf allerdings an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll (siehe hierzu Literaturhinweise).

Wichtig zu unterscheiden vom Begriff der „stereophonen Perspektive“ sind die Begriffe wie „Räumlichkeitseindruck“, „räumliche Ausdehnung“ einer Phantomschallquelle auf der Lautsprecherbasis oder „Klangfülle“ und „Entfernungseindruck“, die allesamt in der Regel durch andere gestalterische Mittel realisiert werden. Zwecks weitestgehender Vereinfachung meint die stereophone Perspektive hier nur den Eindruck einer subjektiv wahrgenommenen Größe eines oder mehrerer Hörereignisse bei der Stereophonie.

Am ehesten anschaulich vergleichbar ist der Begriff der stereophonen Perspektive mit den unterschiedlichen Kameraeinstellungen beim Film / Fernsehen: „akustische“ Großaufnahme

oder Totale. Allerdings spielt in diesem Zusammenhang auch der Entfernungseindruck eine Rolle. Dieser sollte aufgrund der Vereinfachung nicht zur Thematik der stereophonen Perspektive gehören, da der Entfernungseindruck, wie gesagt, durch andere gestalterische Maßnahmen (Entfernung Mikrophon-Schallquelle, Art und zeitliche Abfolge von Direktschall und ersten Reflexionen in einem realen oder künstlich erzeugtem Raum, etc.) geprägt wird.

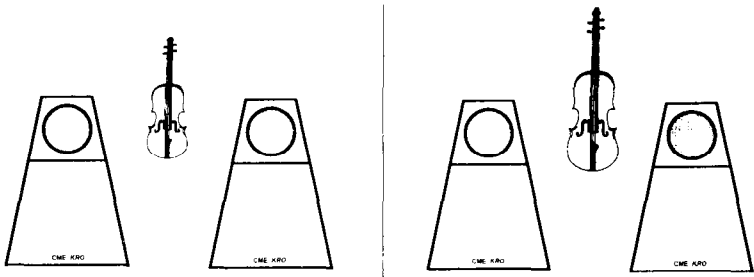


Bild 8: schematische Darstellung der unterschiedlichen Größenwahrnehmungen einer Phantomschallquelle bei der stereophonen Wiedergabe über hochpräzise Schallwandler in Abhängigkeit des Aufnahmeverfahrens bzw. der Mikrophonbasis. Rechts erscheint die Phantomschallquelle sehr groß, d.h. die stereophone Perspektive ist eher klein. Hier wurde als Aufnahmeverfahren „Intensitäts“- Stercophonie oder Laufzeitstercophonie mit extrem kleiner Mikrophonbasis gewählt. Links wirkt die Phantomschallquelle kleiner, mit einer eher realistischeren Größe. Die stereophone Perspektive ist größer als im rechten Beispiel. Hier wurde bei der Aufnahme Laufzeitstercophonie mit typischer Mikrophonbasis eingesetzt.

## 5. Praktische Anwendung

Die unterschiedlichen Wahrnehmungen sowohl zwischen natürlichem und stereophonem Hören als auch zwischen den unterschiedlichen stereophonen Verfahren kann man sich für gestalterische Zwecke zunutze machen.

Das „Spiel“ mit verschiedenen stereophonen Perspektiven ist ein effektvolles dramaturgisches Element. So ist es beispielsweise bei der Ersten Musik durchaus üblich, einen Solisten aus einer Instrumentengruppe durch eine sehr große Abbildung (kleine stereophone Perspektive) auf der Lautsprecherbasis herauszuheben, um seine künstlerischen Qualitäten und seine Bedeutung zu unterstreichen. Dies kann mit einer zusätzlichen Mikrophonanordnung mit kleiner Mikrophonbasis oder, als Extrem, mit einer Monostütze vor dem Solisten realisiert

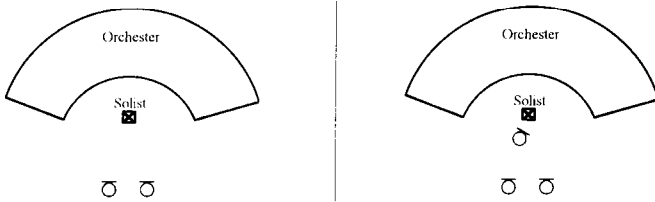


Bild 9: Zwei Standardaufstellungen. links eine einfache AB-Anordnung, rechts die gleiche AB-Anordnung mit einer mit hinreichendem Pegel zugemischten Monostütze vor dem Solisten. Bei letzterer Mikrofonierung werden zwei stereophone Perspektiven, die kleine der Monostütze und die etwas größere der AB-Anordnung, überlagert. Der Solist erscheint durch die kleine stereophone Perspektive der Monostütze mit einer im Vergleich zum Orchester großen Abbildung auf der Stereobasis zwischen den Lautsprechern. Im linken Beispiel ist die wahrgenommene Größe des Solisten bei der Wiedergabe entsprechend kleiner.

werden (Bild 9). Auch überlagerte stereophone Perspektiven von verschiedenen Instrumentengruppen können eine effektvolle Präsenz vermitteln, die den Hörer in ein Klanggeschehen einbezieht, welches er im Konzertsaal nie so erleben wird. In der Unterhaltungsmusik (Pop, Rock, Jazz, etc.) wird sogar ein stereophones Klangbild gefordert, das es vergleichbar in der Natur nicht gibt. Hier werden oft sehr große Phantomschallquellen durch Monomikrofone erzeugt, deren Signal einfach mit unterschiedlichem Pegel auf die beiden Stereokanäle geschaltet wird (Panpot). Dies entspricht der „Intensitäts“-Stereophonie bzw. ihrer Sonderform, der Polymikrofonie bei mehreren Instrumenten (siehe auch Beispiele weiter unten). Man erkennt, welche enormen gestalterischen Möglichkeiten die stereophone Perspektive bietet.

## 6. Beispiele für bekannte Faustregeln

Bekannt ist sicherlich auch die sog. 3:1-Regel für Mikrophonaufstellungen, die im Grunde erläutert, ob es sich bei einer Mikrophanordnung eher um Laufzeitstereophonie oder eher um Polymikrofonie handelt. Der Begriff der stereophonen Perspektive bettet sich gut in diese Thematik ein. Bei großen Abständen (bzw. Mikrofonbasen) der Mikrophone zueinander und geringer Entfernung zur Schallquelle kann nämlich nicht mehr von einer Anordnung für die Laufzeitstereophonie gesprochen werden. Die dabei zusätzlich

entstehenden entfernungsabhängigen Pegeldifferenzen bei seitlichem Schalleinfall werden so groß, daß die Summenlokalisation allein durch Laufzeitdifferenzen stark beeinträchtigt wird. Als (dehnbare) Faustregel läßt sich sagen: wenn der Abstand der Mikrophone mindestens dreimal so groß ist wie der Abstand der Mikrophone zur Schallquelle bzw. zu mehreren Schallquellen / Instrumenten mit vergleichbaren Schalldruckpegeln, so sind die Mikrophone mehr oder weniger unabhängig voneinander und stellen somit jeweils ein Monomikrofon mit entsprechend kleiner stereophoner Perspektive dar. Die so erzeugten Phantomschallquellen wirken eher groß. Da der kohärente Überschreiteil der Mikrophoneinsignale aufgrund der besagten zusätzlich auftretenden Pegeldifferenzen gering wird, können diese Signale im Gegensatz zu Laufzeitstereophonie-Signalen in der Regel beliebig je nach klanglicher Ästhetik per Panpot und Fader gemischt werden (bei vernachlässigbaren Interferenzerscheinungen). Dies entspricht dann der Polymikrophonie, bei der mehrere kleine stereophone Perspektiven überlagert werden.

Umgekehrt existiert ebenfalls eine (ebenso dehnbare) Faustregel: Die geringste Entfernung einer AB-Anordnung sollte, um zusätzliche Pegeldifferenzen durch unterschiedliche Wegdifferenzen des Schalls zu jeweiligen Mikrophone klein zu halten, nicht weniger als zweimal die Mikrophonebasis betragen (1:2-Faustregel) und außerdem einen generellen Abstand von ca. 1 m zur Schallquelle nicht unterschreiten. Ist dies beachtet, hat man Laufzeitstereophonie mit einer entsprechenden größeren stereophonen Perspektive. Die Phantomschallquellen erscheinen kleiner und haben eine mehr realistische, „natürlichere“ Größe.

Als einfaches Beispiel betrachte man die Mikrophonierungen in Bild 10. Im ersten Fall (links) wird unter Beachtung der 1:2-Regel eine AB-Anordnung mit zwei Mikrophone in einem genügend großen Abstand zu den Instrumenten und sorgfältig ausgewählter Mikrophonebasis benutzt. Im zweiten Fall (rechts) werden die beiden Mikrophone weit auseinander, eines direkt vor der Violine, das andere direkt vor dem Saxophone aufgestellt.



Bild 10 Vergleich Laufzeitstereophonie und Polymikrophonie

Im ersten Fall wird eindeutig Laufzeitstereophonie mit entsprechender stereophoner Perspektive angewandt, die Hörereignisse wirken eher „natürlich“, nicht übermäßig groß und realistisch. Im zweiten Fall kann man nicht von einer Mikrofonanordnung für die Laufzeitstereophonie sprechen. Die beiden Mikrophone sind eher als Monomikrophone im Sinne von Polymikrofonie zu sehen (3:1-Regel). Die Hörereignisse erscheinen, falls die Panpotregler des jeweiligen Mikrophonsignals ganz nach links bzw. rechts eingestellt sind, entsprechend auch extrem links / rechts, vielleicht sogar als „Pingpong-Effekt“. Mehr oder weniger unabhängig von der Panoramaeinstellung durch die Panpotregler erscheinen die Phantomschallquellen im Vergleich zum ersten Fall sehr groß. Die beiden Monomikrophone haben jeweils eine kleine stereophone Perspektive, diese werden dann bei der Mischung überlagert.

Ein weiteres Beispiel soll zeigen, daß man diese Effekte auch an nur einem Instrument erzeugen kann (siehe Bild 11). Im ersten Fall wird wieder eine AB-Anordnung mit zwei Mikrofonen in einem genügend großen Abstand über den Dämpfern eines Flügel und entsprechend ausgewählter Mikrofonbasis gewählt. Im zweiten Fall werden die beiden Mikrophone weit auseinander, eines über dem Baß-, das andere über dem Diskantbereich, aufgestellt

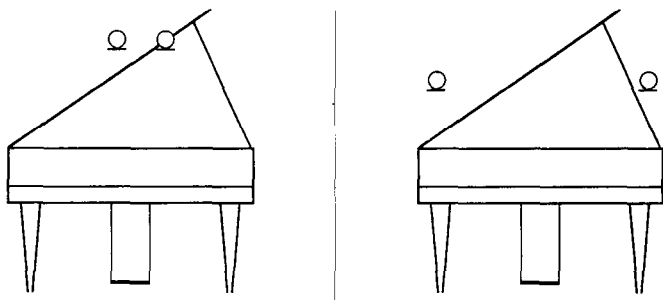


Bild 11: Unterschiedliche Mikrofonierungen an einem Instrument

Im ersten Fall wird wiederum eindeutig Laufzeitstereophonie mit entsprechender stereophoner Perspektive angewandt (1:2-Regel), das Hörereignis wirkt auch hier nicht übermäßig groß und mehr oder weniger realistisch (selbstverständlich sind rund um das

Instrument auch andere, vielleicht auch geeignetere Positionen der AB-Anordnung denkbar). Im zweiten Fall greift die 3:1-Regel: die Mikrophone stellen eine Polymikrophonie-Anordnung dar. Das Klavier wirkt je nach Einstellung der Panpotregler für die Mikrophonesignale eher „aufgeblasen“. Hier werden also wiederum zwei kleine stereophone Perspektiven von Monomikrofonen überlagert.

Dennoch kann man nicht sagen, welche der beiden Varianten in den beiden gezeigten Beispielen denn nun die einzig richtige sei. Dies hängt sicherlich von verschiedenen Parametern, wie z.B. auch vom musikalischen Kontext, ab. Die jeweils erste Anordnung (links in Bild 10 und Bild 11) kann man sich eher für eine Aufnahme im E-Musikbereich vorstellen, während letztere (rechts in den Bildern) vielleicht im U-Musikbereich ganz interessant ist. Die Frage nach dem „besten“ stereophonen Verfahren ist daher eher müßig. Obige Ausführungen haben gezeigt, daß es ein „bestes“ Verfahren nicht gibt. Die Wahl eines stereophonen Verfahrens ist immer von der Situation am Einsatzort und den gewünschten Resultaten abhängig.

## **7. Schlußbemerkungen**

Neben vielen weiteren künstlerischen Gestaltungsmöglichkeiten, die die stereophone Aufnahmetechnik bietet, zeigen die vorangegangenen Ausführungen ebenfalls, daß eine stereophone Aufnahme immer auch eine tontechnische Interpretation darstellt.

Interessanterweise werden von Schallplattenkritikern gerade diejenigen Aufnahmen als „klanglich ausgewogen“ und „gut durchhörbar“ bezeichnet, bei denen nachweislich erhebliche gestalterische Maßnahmen, u.a. auch im Sinne der Wahl von verschiedenen stereophonen Perspektiven, vom Toningenieur / Tonmeister ergriffen worden sind. Daran läßt sich die künstlerische Verantwortung und das gestalterische Können eines Toningenieurs / Tonmeisters ablesen, indem er im Zusammenspiel mit der Musik und den ausübenden Künstlern ein stereophones Klangbild schafft, welches bewußt durch das Einfügen dramaturgischer Elemente von den Schallereignissen und Wahrnehmungen beim natürlichen Hören abweicht. Es zeigt sich aber auch, daß, ob nun bewußt oder unbewußt gewollt, in jeder stereophonen Aufnahmesituation, selbst der einfachsten, diese dramaturgischen Elemente stets mit einfließen, sei es durch die Wahl der Mikrophonaufstellung oder der eingesetzten Technik. Eine tontechnisch interpretationsfreie stereophone Aufnahme gibt es nicht.

Übertragungstechnisch kann die herkömmliche Stereophonie kein natürliches Schallereignis erzeugen oder rekonstruieren. Sie bietet aber als eigenständiges System eine besondere Art der Aufführungspraxis von akustisch dargebrachter Kunst, welche sich die gestalterischen Mittel dieses Systems zunutze machen kann.

Der Begriff der stereophonen Perspektive ermöglicht nun eine neue Betrachtungsweise bekannter Phänomene und Zusammenhänge bei der Stereophonie. Diese Betrachtungsweise kann einerseits eine Hilfestellung für das Verständnis der Arbeit eines Toningenieurs / Tonmeisters bieten und andererseits eine einfache Handhabe alltäglicher aufnahmetechnischer Situationen leisten.

Auch für die heute praktizierten und voraussichtlich für alle zukünftigen Mehrkanalverfahren kann der Begriff der stereophonen Perspektive in der Praxis hilfreich sein, da die Mehrkanalverfahren sich ebenfalls grundlegend das Prinzip der Summenlokalisation zusammen mit dem Gesetz der ersten Wellenfront zunutze machen - erweitert auf mehrere Schallquellen, die ein oder auch mehrere Höreignisse erzeugen können.

## Literatur

BLAUERT, J.: *Räumliches Hören*, Hirzel Verlag Stuttgart 1974

BLAUERT, J.: *Räumliches Hören - Nachschrift, neue Ergebnisse und Trends seit 1972*, Hirzel Verlag Stuttgart 1985

BLAUKOPF, K.: *Der Stellenwert des Tonträgers in der musikalischen Kommunikation der Gegenwart*, aus *Bericht 11. Tonmeistertagung 1978*, Verband Deutscher Tonmeister 1978, S. 46 bis 53

BOER, K. DE: *Plastische Klangwiedergabe*, Heft 4, Philips Technische Rundschau 1940

BOSS, G.: *"Das Medium ist die Botschaft" (Marshall McLuhan) - zur Frage der Interpretation auf Tonträgern*, aus *Bericht 18. Tonmeistertagung 1994*, Verlag K.G.Saur 1995, S. 215 bis 234

BREHL, K.: *Zur Klangästhetik der modernen Schallplatte*, aus *Bericht 8. Tonmeistertagung 1969*, Pressestelle des Westdeutschen Rundfunks 1969, S. 116 bis 120

COEN, C.: *Comparative Stereophonic Listening Tests*, reprint from the *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 20, no. 1 January/February 1972, S. 19 bis 27

COOPER, D., BAUCK, J.: *On acoustical specification of natural stereo imaging, preprint of the 65nd convention London 1980*, Audio Engineering Society Inc., New York 1980

DICKREITER, M.: *Handbuch der Tonstudietechnik*, Band I und II, 5. Auflage 1987 / 1990, Verlag K G Saur 1987 / 1990

DICKREITER, M.: *Tonmeister Survival Kit*, herausgegeben in Zusammenarbeit mit dem Verband Deutscher Tonmeister, Nürnberg 1990

DOOLEY, W.L., STREICHER, R.D.: *M-S Stereo: A powerful Technique for Working in Stereo*, reprint from the *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 30, no. 10 October 1982, S. 707 bis 728

ESPER, A., MANGER, J.W., MANGER, D.: *Einschwingungsfreier Punktstrahler*, Manger Vertrieb Mellrichstadt 1993

FRANSEN, N.V.: *Some investigations on directional hearing*, 1960

FRANSEN, N.V.: *Stereophonie*, Philips technische Bibliothek Eindhoven 1963

FRANKE C., NEHLS, W.: *Klangästhetik im Wandel - Befunde an Aufnahmen von Brahms' 2.Sinfonie*, aus *Bericht 16. Tonmeistertagung 1990*. Verlag K G Saur 1991, S. 319 bis 328

GERNEMANN, A.: *Summenlokalisierung im Stereodreieck - Überlegungen zu psychoakustischen Untersuchungen mit dynamischem Testsignal und hochpräzisen Schallwandlern*, 3. Auflage, Technische Berichte Nr.5, CME Acoustics Köln 1994

GERNEMANN, A.: *Meßtechnische Untersuchung der akustischen Vorgänge beim natürlichen Hören im Vergleich zu den Vorgängen bei der Laufzeit- und „Intensitäts“-Stereophonie*, Verlag Shaker Aachen 1995

GERNEMANN, A.: *Ein Beitrag zum Verständnis der Stereophonie*, offizieller Ausstellungskatalog HIGH END '95, sowie auch auf CD-ROM *Durchblick-High Fidelity*, König + Hut Verlag Buchholz 1996

GERNEMANN, A.: *Eine Anmerkung zu „puristischen“ Aufnahmetechniken*, offizieller Ausstellungskatalog HIGH END '96, sowie auch auf CD-ROM *Durchblick-High Fidelity*, König + Hut Verlag Buchholz 1996

GERNEMANN, A.: *Umdrucke zum tontechnischen Praktikum*, Musikwissenschaftliches Institut der Universität zu Köln 1996, demnächst auch im Internet: <http://www.rz.uni-koeln.de/phil-fak/muwi>

GOERTZ, A., LECKSCHAT, D.: *Digitale Lautsprecherentzerrung*, aus *Bericht 16. Tonmeistertagung 1990*, Verlag K G Saur München 1991, S. 720 bis 726

GÖRNE, T.: *Mikrophone in Theorie und Praxis*, Elektor-Verlag Aachen 1994



GRAGT, C.H. VANDER: *Gedanken zum Thema Hauptmikrofon*, aus *Bericht 15. Tonmeister-  
tagung 1988*, Verlag K G Saur 1989, S. 288 bis 301

HARBUSCH, K.: *Wieviel Luft braucht ein lebendiger Klang - Beobachtungen aus der Praxis  
zum Problem der werkadaquaten elektroakustischen Raumabbildung*, aus *Bericht 15.  
Tonmeister-Tagung 1988*, Verlag K G Saur 1989, S. 254 bis 263

HARDEN, I.: *Klang und Form - Schallplattenkritische Anmerkungen zur Aufnahmetechnik*,  
aus *Bericht 13. Tonmeister-Tagung 1984*, Verlag K G Saur 1985, S. 45 bis 53

HÜBNER, L.: *Der musikalische Informationsaufbau über Lautsprecher*, aus *Bericht 15.  
Tonmeister-Tagung 1988*, Verlag K G Saur 1989, S. 425 bis 434

KASZYNSKI, G., ORTMAYER, W.: *Die Zwei-Kanal-Stereophonie und ihre  
Aufnahmeverfahren*, Teil 1 und 2, aus *Bild und Ton* 1961, Heft 4 S. 107 bis 111 und Heft 5  
S. 155 bis 157

KATZFEY, W., SCHRÖDER, F.K.: *Die Grundlagen des stereophonen Hörens*, aus *Radio  
Mentor* 6, 1958, S. 377 bis 380

LEAKEY, D.M.: *Some measurement on the effects of interchannel intensity and time  
differences in two channel sound systems*, aus *The Journal of the Acoustical Society of  
America* 31, 1959, S. 977 bis 986

LECHNER, T.: *Klangeigenschaften und Richtungsabbildung von Stereo-Mikrofon-  
anordnungen mit Druckempfängern*, aus *Bericht 16. Tonmeister-Tagung 1990*, Verlag  
K.G.Saur München 1991, S. 260 bis 272

LECKSCHAT, D.: *Verbesserung der Wiedergabequalität von Lautsprechern mit Hilfe von  
Digitalfiltern*, Dissertation Aachen 1992

MANGER, J.W.: *Der Manger Schallwandler und das Mangerschallsystem als zeitgenauer  
koaxialer Schallwandler*, aus *Bericht 11. Tonmeister-Tagung 1978*, Verband Deutscher  
Tonmeister 1978, S. 332 bis 336

MAKITA, Y.: *On the directional localization of sound in the stereophonic sound field*, aus  
*European Broadcasting Union Review-Part A, No. 73*, S. 102 bis 108, 1962

MERTENS, H.: *Directional hearing in stereophony - theory and experimental verification*,  
aus *European Broadcasting Union Review-Part A, No. 92*, S. 1 bis 14, 1965

OLSON, H.F.: *Stereophonic Sound Reproduction in the Home - Location Tests*, reprint from  
the *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 6, no. 2 April 1958, S. 84 bis 88

ORTMEYER, W.: *Über die Lokalisierung von Schallquellen bei der Zweikanalstereophonie*, aus  
*Hochfrequenztechnik und Elektroakustik* 75, 1966, S. 77 bis 87

ORTMEYER, W.: Schallfelduntersuchungen bei Zweikanalstereophonie, aus *Hochfrequenz-technik und Elektroakustik* 75, 1966, S. 137 bis 145

PLATTE, H.-J., GENUIT, K.: *Ein Beitrag zum Verständnis der Stimmenlokalisierung*, aus *Fortschritte der Akustik*, DAGA München 1980, VDE-Verlag Berlin 1980, S. 595 bis 598

PLENKE, G.: *Überlegungen zur Stabilität und Leistungsfähigkeit verschiedener stereophoner Übertragungsverfahren*, aus *Bericht 13. Tonmeistertagung 1984*, Verlag K. G. Saur 1985, S. 158 bis 169

REINECKE, H.-P.: *Adäquate Wiedergabe von Musik*, aus *Bericht 9. Tonmeistertagung 1972*, Verband Deutscher Tonmeister 1972, S. 108 bis 112

REINECKE, H.-P.: *Das Ideal des naturgetreuen Klangbildes - ein psychologisches Problem*, aus *Bericht 8. Tonmeistertagung 1969*, Pressestelle des Westdeutschen Rundfunks 1969, S. 85 bis 88

RIEDERER, S. VON PAAR.: *Biegewellenwandler, Vergleich mit dynamischen Kolbensystemen, -besonders im Zeitverhalten, objektive wie subjektive Untersuchungen*, Diplomarbeit Düsseldorf 1992

SCHAMPAUL, N.: *Die Übertragung des natürlichen Klangbildes*, aus *Bericht 8. Tonmeistertagung 1969*, Pressestelle des Westdeutschen Rundfunks 1969, S. 45 bis 50

SENGPHEL, E.: *Blätter zur Vorlesung*, Hochschule der Künste Berlin 1992 - 1996

SIDES, A.: *Using recording techniques to create a sound field not found in nature*, The Sweden Sound & Music Seminar, Västerås 1992, eigene Aufzeichnungen

STREICHER, R. D., DOOLEY, W. L.: *Basic Stereo Microphone Perspectives - A Review*, reprint from the *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 33, no. 7/8 July/August, S. 548 bis 556

STOLLA, J.: *Klangbild und Interpretation*, aus *Bericht 18. Tonmeistertagung 1994*, Verlag K. G. Saur 1995, S. 235 bis 240

THEILE, G.: *Hauptmikrofon und Stützmicrophone - neue Gesichtspunkte für ein bewährtes Aufnahmeverfahren*, aus *Bericht 13. Tonmeistertagung 1984*, Verlag K. G. Saur 1985, S. 170 bis 185

THEILE, G.: *Neue Erkenntnisse zur Wahrnehmung der Richtung und Entfernung von Phantomschallquellen und Konsequenzen für die stereophone Aufnahmepraxis*, aus *Tonmeisterinformationen*, Januar / Februar und Mai / Juni 1984, Verband Deutscher Tonmeister Berlin

THEILE, G.: *Weshalb ist der Kammfilter-Effekt bei der Stimmenlokalisierung nicht hörbar?*, aus *Bericht 11. Tonmeistertagung 1978*, Verband Deutscher Tonmeister 1978, S. 200 bis 214

- THEILE, G.: *Wie natürlich kann das stereophone Klangbild in Zukunft sein?*, aus *Bericht 15. Tonmeistertagung 1988*, Verlag K.G. Saur 1989, S. 78 bis 105
- THEILE, G.: *Zur Theorie der optimalen Wiedergabe von stereophonen Signalen über Lautsprecher und Kopfhörer*, aus *Rundfunktechnische Mitteilungen* 1981 Nr. 25, S. 155 bis 169
- TUSCHEN, C.: *Auslöschung der Beugung an den Kanten einer Lautsprecherbox*, Diplomarbeit Dusseldorf 1994
- WIEBERS, J.: *Tonstudioteknik*, 4. Auflage, Franzis-Verlags GmbH München 1985
- WENDT, K.: *Das Richtungshören bei der Zweikanalstereophonie*, *Rundfunktechnische Mitteilungen* 1964 Nr. 8, S. 171ff
- WENDT, K.: *Versuche zur Ortung von Intensitäts-Stereophonie*, aus *Frequenz* Nr. 14 1960, S. 11 bis 14
- WILLIAMS, M.: *Unified theory of microphone systems for stereophonic sound recording, preprint of the 82nd convention London 1987*, Audio Engineering Society Inc., New York 1987
- WILLIAMS, M.: *Frequency dependent hybrid microphone arrays for stereophonic sound recording, preprint of the 92nd convention Vienna 1992*, Audio Engineering Society Inc., New York 1992
- WÖHR, M., GOERES, H.-J., PÖSSELT, C., THEILE, G.: *Raumbezogene Stütztechnik - eine Möglichkeit zur Optimierung der Aufnahmequalität*, aus *Bericht 15. Tonmeistertagung 1988*, Verlag K.G. Saur 1989, S. 302 bis 315
- WÖHR, M., NELLESEN, B.: *Untersuchungen zu Wahl des Hauptmikrofonverfahrens*, aus *Bericht 14. Tonmeistertagung 1986*, Verlag K.G. Saur 1987, S. 106 bis 120
- WUTTKE, J.: *Betrachtung bekannter Grundlagen und Theorien stereophoner Aufnahmetechnik*, aus *Bericht 15. Tonmeistertagung 1988*, Verlag K.G. Saur 1989, S. 264 bis 274
- ZAHN, W., PÜLLMANN, H.: *Neue Erfahrungen, Ergebnisse und Erläuterungen zu laufzeitstereophonen Aufnahmetechniken unter Verwendung von Druckempfängern* aus *Bericht 13. Tonmeistertagung 1984*, Verlag K.G. Saur 1985
- ZWICKER, E., FELDKELLER, R.: *Das Ohr als Nachrichtenempfänger*, Hirzel Verlag Stuttgart 1967
- ZWICKER, E.: *Psychoakustik*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1982
- ZWICKY, P., BÄDER, K.O.: *Kompensation von Zeitfehlern in Mehrband-Studiolautsprechern mit Hilfe digitaler Signalverarbeitung*, aus *Bericht 17. Tonmeistertagung 1992*, Verlag K.G. Saur 1993, S. 662 bis 668