

J. BLAUERT

# Ein neuartiges Präsenzfilter

Es wird ein Präsenzfilter beschrieben, das sich von den bisher im Tonstudio üblichen Filtern ähnlicher Art dadurch unterscheidet, daß es andere, wirksamere lineare Verzerrungen der Tonsignale vornimmt. Diese linearen Verzerrungen nutzen psychophysiologische Beziehungen aus, die beim Richtungshören in der Medianebene eine Rolle spielen und durch sogenannte richtungsbestimmende Bänder (directional bands) [1] gekennzeichnet werden.

Im Bereich der Tonaufnahme und -gestaltung hat sich zur Beschreibung bestimmter Merkmale des akustisch Wahrgenommenen bei den Fachleuten eine Reihe von speziellen Fachausdrücken eingeführt. Zu diesen gehört neben Durchsichtigkeit, Fülle, Trockenheit, Brillanz usw. insbesondere der Begriff „Präsenz“. Möglichkeiten, das als Präsenz beschriebene akustische Merkmal zu manipulieren, sind von erheblichem praktischen Interesse. Die hierzu heute bekannten und praktizierten Techniken befriedigen nur teilweise. Nachstehend wird ein neuartiges Präsenzfilter beschrieben, dessen Anwendung zumindestens hinsichtlich eines Aspektes der Präsenz einige Verbesserung bringt.

## 1. Was ist Präsenz?

Betrachtet man verallgemeinernd die Funktion des Hörorgans, so kann man es als ein System beschreiben, das auf die Erregung mit einem jeweils bestimmten physikalischen Signal (einem Schalleignis) mit der Erzeugung eines bestimmten akustischen Wahrgenommenen (einem Hörereignis) reagiert [2]. Erkenntnistheoretische Betrachtungen zeigen, daß Hörereignisse wie alles Wahrgenommene räumlich, zeitlich und eigenschaftlich bestimmt sind. Mit dem Begriff „Präsenz“ werden räumliche Merkmale der Hörereignisse gekennzeichnet.

Kuhl [3] definiert Präsenz als „genau definierten Ort einer scheinbaren Schallquelle“. Ein präsenten Hörereignis wäre demnach ein solches, das präzise lokalisiert ist (der Gegensatz dazu wäre „diffus“ lokalisiert). Im NTG-Entwurf 1702 [4], der sich mit der Terminologie in der

Dr.-Ing. Jens Blauert ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Elektrische Nachrichtentechnik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Volker Aschoff).

Kurzfassung eines Vortrags auf der 8. Tonmeistertagung am 20. November 1969 in Hamburg

Tontechnik befaßt, findet man unter Präsenz: „Eigenschaft einer Teilschallquelle, sich aus dem gesamten Klangbild hervorzuheben“. Dieser Definition schließen sich Hanns und Steinke [5] („Eindruck des Hervortretens einer oder mehrerer Teilschallquellen aus einem Klangbild“) und Schampaul [6] weitgehend an.

Die letztgenannten Definitionen gehen über die von Kuhl insofern hinaus, als sie nicht von einem einzigen Hörereignis ausgehen, sondern von einem mehr oder weniger komplexen räumlichen Gemisch von Hörereignissen. Aus diesem Gemisch soll das präzente Hörereignis hervortreten.

Ein Hervortreten erfordert einerseits, daß das präzente Hörereignis präzise lokalisiert ist. Zusätzlich ist andererseits erforderlich, daß das präzente Ereignis von den anderen Hörereignissen, die ihrerseits präzise oder diffus lokalisiert sein können, räumlich getrennt ist. Zumeist wird angestrebt, das präzente Hörereignis dem Hörer relativ näher erscheinen zu lassen als die übrigen Hörereignisse.

Allgemein gewinnt das Gehör die Information über den Ort eines zu bildenden Hörereignisses sowohl aus dem zeitlichen Verlauf als auch aus dem Spektrum der an den Ohren anliegenden Schallsignale (Bild 1). Welche speziellen Merkmale von Zeitfunktion und Spektrum jedoch für die Präsenz der Hörereignisse relevant sind, ist weitgehend unklar. Der NTG-Entwurf 1702 [4] sagt recht

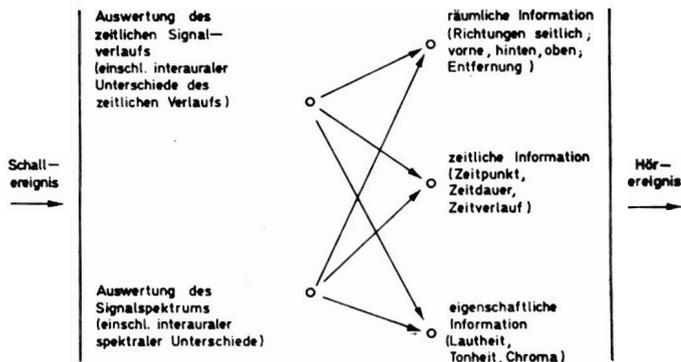


Bild 1. Verknüpfungsschema zur Bildung des Hörereignisses durch das Gehör

**pauschal: Präsenz** wird erreicht: 1. durch Überwiegen des direkten im Vergleich zum diffusen Schallanteil, 2. durch bestimmte Moden (auch nichtlineare) Verzerrungen.

Die erste Möglichkeit wird beispielsweise in der Weise praktisch genutzt, daß man bei Tonaufnahmen ein Aufnahmemikrophon nahe an eine Schallquelle heranbringt und/oder bei der Wiedergabe Lautsprecher verwendet, die bestimmte günstige Richtcharakteristiken haben. Zur zweiten Möglichkeit zählt die Verwendung sogenannter Präsenzfilter, wobei eine auf Eckmiller zurückgehende Filterkonzeption weitverbreitet ist. Das sogenannte Eckmiller-Filter ermöglicht an einer wählbaren Stelle im Frequenzbereich zwischen 1 und 4 kHz eine Anhebung von max. 6 dB. Die Anhebung äußert sich im Frequenzgang als resonanzkurvenförmiger Höcker mit einer 3-dB-Bandbreite von 2 Oktaven.

Die folgenden Teile dieses Aufsatzes behandeln die zweite Möglichkeit der Manipulation der Präsenz, nämlich der durch lineare Verzerrungen. Es werden ähnlich wie von Eckmiller bestimmte Anhebungen im Frequenzbereich vorgenommen. Lage, Stärke und Bandbreite dieser Anhebungen weichen jedoch von den durch das Eckmiller-Filter realisierbaren ab.

## 2. Das Konzept der „richtungsbestimmenden Bänder“

Bei Untersuchungen der Vorgänge beim Richtungshören in der Symmetrieebene des Kopfes (der sogenannten Medianebene) wurden bestimmte Zusammenhänge zwischen der Frequenz der Schallereignisse und der Richtung der Hörereignisse gefunden, die durch sogenannte „richtungsbestimmende Bänder“ beschrieben werden. Da über diese Untersuchungen an anderer Stelle [1] ausführlich berichtet wird, genügt hier eine kurzgefaßte Darstellung der Ergebnisse:

Ein Zuhörer, der seinen Kopf wenig oder gar nicht bewegt, werde durch einen Lautsprecher beschallt, der sich irgendwo in der Medianebene seines Kopfes befindet, also beispielsweise in einem bestimmten Abstand vor oder hinter ihm. Die Schallsignale an beiden Ohren dieser Versuchsperson sind dann wegen der Symmetrie des Aufbaus gleich. Die Hörereignisse der Versuchsperson entstehen unter diesen Umständen in der Medianebene, jedoch nicht unbedingt in der Lautsprecherrichtung.

Straht man über den Lautsprecher schmalbandige Signale ab (also beispielsweise sinusförmige Signale oder Rauschimpulse von Terzbreite), so zeigt sich, daß die Richtung des von der Versuchsperson Gehörten nur von der Signalfrequenz bestimmt wird, nicht jedoch von der Richtung der Schallquelle. Die Richtung des Hörereignisses ist also eine Funktion der Frequenz des Schallereignisses. In bestimmten Frequenzbändern erscheint das Hörereignis vorne, in anderen hinten, in einem weiteren oben. Diese Frequenzbänder werden als richtungsbestimmende Hinten-, Vorne- und Oben-Bänder bezeichnet. Ihre Lage auf der Frequenzachse zeigt Bild 2 (Ergebnisse von Messungen an 20 Versuchspersonen). Die richtungsbestimmenden Bänder sind unabhängig vom Versuchsraum.

Verwendet man statt der schmalbandigen Schallsignale breitbandige (zum Beispiel Musik, Sprache, Geräusche), so werden je nach Art des Signals die energiereichsten Signalanteile auf eine Klasse der richtungsbestimmenden Bänder entfallen. Diese Klasse richtungsbestimmender Bänder bestimmt dann im wesentlichen die Richtung des entstehenden Hörereignisses. Es ist also durchaus mög-

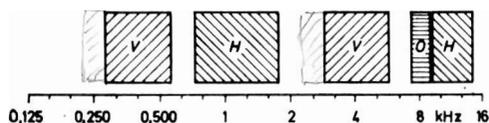


Bild 2. Lage der richtungsbestimmenden Bänder auf der Frequenzachse

lich, daß ein Signal mit starken Anteilen im Bereich der Hinten-Bänder ein hinten gelegenes Hörereignis entstehen läßt, obwohl der abstrahlende Lautsprecher vorne steht.

Im täglichen Leben entsteht das Hörereignis meistens in der Richtung der Schallquelle, und zwar deshalb, weil die Schallsignale das äußere Ohr (Ohrmuschel und Ohrkanal) passieren müssen. Dabei werden sie beispielsweise bei Schalleinfall von vorne gerade so linear verzerrt, daß die stärksten Signalanteile in den Vorne-Bändern auftreten. Entsprechendes gilt für die anderen Schalleinfallrichtungen in der Medianebene. Die richtungsabhängige Filterwirkung des äußeren Ohres ist paßgerecht zu den richtungsbestimmenden Bändern.

Durch geeignete Vorfilterung der Signale läßt sich die Wirkung des äußeren Ohres jedoch überspielen, und man kann das Hörereignis unter den obengenannten Versuchsbedingungen in beliebiger Richtung innerhalb der oberen Hälfte der Medianebene erzeugen [1].

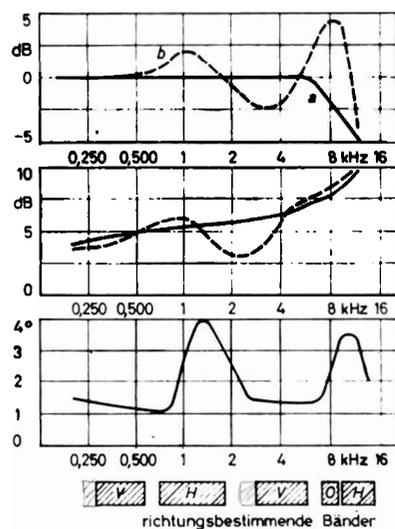
Die Bedeutung der geschilderten Zusammenhänge für Kopfhörerwiedergabe liegt auf der Hand. Bei Lautsprecherwiedergabe sind dadurch Einschränkungen gegeben, daß die Versuchsbedingung „gleiche Signale an beiden Ohren“ dann nicht mehr erfüllt ist, wenn die Versuchsperson ihren Kopf während länger andauernder Signale stärker bewegt. Sie erhält dann nämlich aus den an den Ohren entstehenden interauralen Signaldifferenzen eine zusätzliche Richtungsinformation, welche die über die richtungsbestimmenden Bänder gewonnene Information zum großen Teil verdeckt. Es bleibt jedoch auch dann noch ein deutlicher Effekt übrig: Bei Aufstellung der Lautsprecher vor der Versuchsperson und Anhebung von Signalanteilen im Bereich der Hinten- und/oder Oben-Bänder wird das Hörereignis diffuser, bei Anhebungen im Bereich der Vorne-Bänder dagegen präziser lokalisiert. Diese Wirkung läßt sich zur Beeinflussung der Präsenz ausnutzen.

## 3. Einige korrespondierende Meßergebnisse aus dem Schrifttum

Im Schrifttum finden sich bestätigende Hinweise dafür, daß Anhebungen im Bereich der richtungsbestimmenden Bänder die Präsenz beeinflussen. Eine Zusammenstellung zeigt Bild 3.

Das obere Diagramm enthält Ergebnisse einer Messung von Kuhl [3] an einem Kugellautsprecher. Dieser Kugel-

Bild 3. Vergleich einiger Meßergebnisse aus dem Schrifttum mit den richtungsbestimmenden Bändern; oben: Messungen von Kuhl (a Schalldruck, b Lautstärke); Mitte: Messungen von Hanns und Steinke (Schallbündelungsmaß) an zwei Lautsprechern; unten: Messungen von Mills (Ortungsschärfe)



lautsprecher ist durch seine sehr unpräzise Wiedergabe bekannt. Die durchgezogene Linie (a) stellt den Frequenzgang des vom Lautsprecher in einem Raum erzeugten Schalldruckes dar. Die gestrichelte Kurve (b) zeigt zum Vergleich die durch Hörversuche ermittelte Lautstärke.

Man sieht, daß diese Lautstärke Maxima bei 1 kHz und 8 kHz aufweist.

Bei Beschallung durch den Kugellautsprecher in einem normalen Raum erreicht den Zuhörer Schall von vielen Seiten etwa gleich stark. Kuhl erklärte die Lautstärke-maxima durch unterschiedliche Empfindlichkeiten des Gehörs bei frontalem beziehungsweise allseitigem Schalleinfall. Nach dem im Abschnitt 2 Gesagten, läßt sich eben dieser Sachverhalt als Folge von Filterwirkungen des äußeren Ohres verstehen. Die Lautstärkemaxima entstehen bei allseitigem Schalleinfall im Bereich richtungsbestimmender Hinten- und Oben-Bänder.

Im mittleren Diagramm ist ein Ergebnis von Hanns und Steinke [5] dargestellt. Diese Autoren haben den Zusammenhang zwischen dem Schallbündelungsmaß von Lautsprechern und der Präsenz ihrer Wiedergabe untersucht. Das Schallbündelungsmaß kann in gewisser Weise als ein Maß für das Verhältnis von Direktschall zu diffusem Schall am Orte des Zuhörers angesehen werden. Durch die durchgezogene und die gestrichelte Kurve werden zwei Lautsprecher mit unterschiedlicher Frequenzfunktion des Bündelungsmaßes beschrieben, die sich jedoch in der Frequenzfunktion der abgestrahlten Gesamtleistung weitgehend gleichen. Beim Abhören ergibt sich, daß bei dem einen Lautsprecher (durchgezogen) präsenzere Hörereignisse entstehen als beim anderen (gestrichelt). Beim präsenzteren Lautsprecher ist das Schallbündelungsmaß im Bereich der Vorne-Bänder größer. In diesem Bereich ist also mehr Direktschall vorhanden. Der Direktschall trifft den Zuhörer frontal und wird somit durch das äußere Ohr im Bereich dieser Vorne-Bänder angehoben. Daß der Direktschall den Hörer außerdem etwas früher erreicht, verstärkt nach dem Gesetz der ersten Wellenfront die Wirkung noch.

Im unteren Diagramm sind Ergebnisse von Mills [7] zusammengefaßt. Mills hat 1958 gemessen, wie stark eine Schallquelle, die sich in Vorwärts-Richtung vor einer Versuchsperson befindet, seitlich ausgelenkt werden muß, damit die Auslenkung gerade zu einer Richtungsänderung des Hörereignisses führt. Die mittlere, gerade erkennbare Auslenkung des Schallereignisses heißt „Ortungsschärfe“. Sie ist frequenzabhängig und hat ausgeprägte Minima im Bereich der richtungsbestimmenden Hinten-Bänder.

Ohne im einzelnen eine Begründung für diese Ergebnisse zu geben, kann angenommen werden, daß für den Frequenzgang der Ortungsschärfe wiederum das äußere Ohr verantwortlich ist. Im Rahmen dieser Arbeit ist vor allem eins wichtig: Ein Schallereignis mit starken Anteilen im Bereiche von Vorne-Bändern führt zu präzise lokalisierten Hörereignissen.

#### 4. Das richtungsbestimmende Filter

Aufgrund der dargestellten eigenen und fremden Meßergebnisse wurde ein Präsenzfilter entworfen und aufgebaut, das bestimmte, weitgehend einstellbare Anhebungen von Signalanteilen im Bereich richtungsbestimmender Bänder ermöglicht. Die Eigenschaften und Funktionen dieses „richtungsbestimmenden Filters“ werden nachstehend kurz beschrieben.

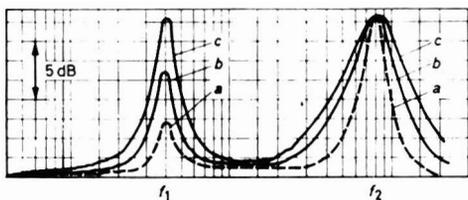


Bild 4. Realteil des Übertragungsmaßes (Frequenzgang) des richtungsbestimmenden Filters;  $f_1$  in Terzschritten wählbar im Frequenzbereich 250...1600 Hz,  $f_2$  in Terzschritten wählbar im Frequenzbereich 2...12,5 kHz; Anhebungen: a 4 dB, b 8 dB, c 12 dB; Bandbreiten: a Terz, b 2 Terzen, c Oktave

Das richtungsbestimmende Filter ist ein 2-Kanal-Stereo-Filter in aktiver Bauweise. Sein Frequenzgang (Realteil des Übertragungsmaßes) ist im Bild 4 schematisch dargestellt. Es lassen sich im Frequenzgang zwei einzeln einstellbare „Höcker“ erzeugen. Die Einstellbarkeit der Höcker ist in folgenden Grenzen möglich:

Höcker 1 ( $f_1$ ): Höhe: 0 ... 12 dB kontinuierlich einstellbar  
Lage: Im Frequenzbereich 150 Hz...1,6 kHz in Terzschritten einstellbar  
Bandbreite (3 dB): Terz, 2 Terzen oder Oktave.

Höcker 2 ( $f_2$ ): Höhe: 0 ... 12 dB kontinuierlich einstellbar  
Lage: Im Frequenzbereich 2 kHz...12,5 kHz in Terzschritten einstellbar  
Bandbreite (3 dB): Terz, 2 Terzen oder Oktave.

(Für Experimentierzwecke lassen sich diese Einstellmöglichkeiten leicht erweitern zu doppelten Höhen, halben Lageschritten, halben Bandbreiten.)

Die Prinzipschaltung zeigt ausschnittsweise Bild 5. Es werden in Kette geschaltete integrierte Operationsverstärker verwendet. Die Form des Höckers wird durch ein RLC-Filter zweiter Ordnung im Rückkopplungsweig des ersten Verstärkers OP 1 bestimmt. Am zweiten Ver-

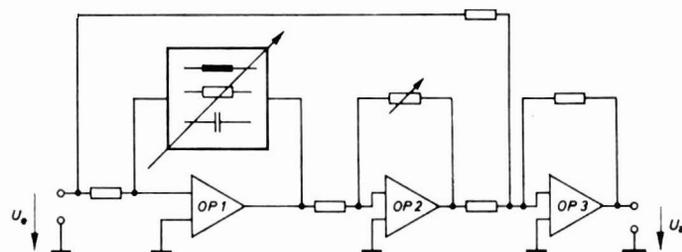
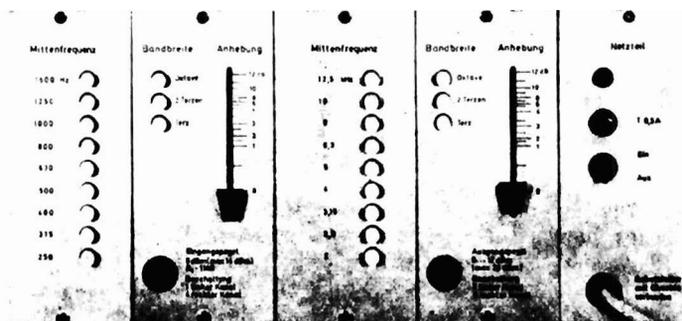


Bild 5. Prinzipschaltung (Ausschnitt) und Frontplattenansicht des Präsenzfilters

stärker OP 2 wird die Höckerhöhe eingestellt, der dritte Verstärker OP 3 dient zum Hinzumischen des unverzerrten Anteils. Eingang- und ausgangseitig ist das Filter durch hier nicht gezeichnete Impedanzwandler abgeschlossen. Insgesamt werden zehn integrierte Verstärker und 18 Transistoren verwendet.

Die Bedienelemente sind ebenfalls aus Bild 5 zu sehen. Es sei noch erwähnt, daß das Filter in seinen elektrischen Daten so ausgelegt ist, daß der Anschluß an ein normales Studio-Mischpult möglich ist. Bezüglich der Übertragungseigenschaften werden die im Studio üblichen Qualitätsanforderungen erfüllt. Beim Aufbau des Labormusters wurde auf Miniaturisierung kein Wert gelegt. Es dürfte jedoch ohne Schwierigkeiten möglich sein, das Gerät etwa in der Größe einer Studio-Doppelkassette aufzubauen.

#### 5. Hörversuche mit dem neuen Filter

Außer im Institut des Verfassers wurden im Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, Berlin, und

beim WDR Köln ausführlichere beziehungsweise orientierende Hörversuche durchgeführt, die zu folgenden Ergebnissen führten:

1. Künstlich verhallte Sprache und Musik wurden in einem Raum mit etwa 1 s Nachhallzeit von vier geübten Versuchspersonen über einen Lautsprecher abgehört. Wurden nun im Bereich richtungsbestimmender Vorne-Bänder Anhebungen vorgenommen, so erschien die Wiedergabe „klarer“. Die Tiefenstaffelung der Hörereignisse wurde besser erkennbar. Bei Sprache ging der Eindruck der Halligkeit deutlich zurück.

2. Über zwei in Stereo-Standardaufstellung angeordnete Lautsprecher wurde vier geübten Versuchspersonen jeweils ein Rosa-Rauschsignal als Bezugssignal und unmittelbar darauf das gleiche Rauschen, jedoch mit einer terzbreiten Anhebung von 8 dB vorgespielt. Die Lage der Anhebung auf der Frequenzachse wurde variiert. Die Versuchspersonen hatten zu entscheiden, ob das jeweils zweite Hörereignis präziser oder diffuser als das Bezugsereignis lokalisiert war. Als Ergebnis zeigte sich der Trend, Hörereignisse mit Anhebungen in Vorne-Bändern als präziser, solche mit Anhebungen in Hinten- und Oben-Bändern als diffuser lokalisiert zu bezeichnen.

Auf Grund dieser Feststellungen wurden folgende Filtereinstellungen als „empfohlene“ Einstellungen festgelegt:

„Präsent“-Einstellung:

Anhebungen bei 315 Hz (2 Terzen)  
und bei 3150 Hz (2 Terzen),

„Diffus“-Einstellung:

Anhebungen bei 1 000 Hz (1 Terz)  
und bei 10 000 Hz (1 Terz).

Die zu wählende Anhebungsstärke hängt davon ab, ob hörbare Klangfarbenänderungen in Kauf genommen werden können. Es wurde festgestellt, daß Klangverfärbungen im Mittel solange kaum hörbar werden, wie die Höhe der beiden Höcker im Frequenzgang etwa 4 dB nicht übersteigt. Dies deckt sich mit Angaben von Bücklein [8]. Stärkere Anhebungen führen jedoch nicht unbedingt zu unnatürlichen oder störenden Klangfarbenänderungen.

In weiteren Hörversuchen wurde das richtungsbestimmende Filter beim Abhören fertiger Stereo-Musikaufnahmen eingesetzt. Beim Abhören über Lautsprecher wurde festgestellt, daß bei Verwendung der „Präsent“-Einstellung die Hörereignisse vorne schärfer erschienen. Bei Verwendung der „Diffus“-Einstellung trat eine räumliche Verwischung auf; die Hörereignisse wurden breiter und konturenschwächer. Gleichzeitig entstanden vereinzelte, kurze Hörereignisse in wechselnden Richtungen auch hinter den Zuhörern, was von einigen als „stärkerer“ Raumeindruck interpretiert wurde.

Beim Abhören über Kopfhörer konnten die Hörereignisse wahlweise nach nah vorn oder nach nah hinten gebracht werden. Erste Abhörversuche von Aufnahmen, die über einen Kunstkopf gewonnen wurden, weisen darauf hin, daß das richtungsbestimmende Filter auch bei dieser Technik ähnlich effektiv eingesetzt werden kann.

Abschließend soll einem Einwand gegen das richtungsbestimmende Filter vorgebeugt werden, der davon ausgehen könnte, daß dieses Filter Klangverfärbungen erzeugt, sobald Anhebungen von mehr als etwa 4 dB eingestellt werden. Dem ist entgegenzuhalten, daß Klangverfärbungen entgegen der allgemeinen Ansicht nicht grundsätzlich zu verwerfen sind, sondern nur dann, wenn sie sich als Klangverfälschungen auswirken. Das menschliche Außenohr erzeugt selbst erhebliche Klangverfärbungen. In Abhängigkeit von der Schalleinfallrichtung nimmt es Anhebungen von Signalteilen bis zu 20 dB vor. Gerade diese ohrspezifischen Anhebungen

werden aber vom richtungsbestimmenden Filter bei richtiger Anwendung simuliert. Die Klangfarbe ändert sich zwar, aber sie bleibt „natürlich“. Das ist neben der größeren Wirksamkeit der wesentliche Vorteil des richtungsbestimmenden Filters gegenüber den bisher üblichen Präsenzfiltern.

Man kann sich die Wirkung des richtungsbestimmenden Filters durch einen einfachen Versuch ungefähr veranschaulichen. Dazu umschließe man während einer Schallabstrahlung die beiden Ohrmuscheln in der Weise mit der hohlen Hand, wie es Schwerhörige zu tun pflegen. So also, daß die „Trichterwirkung“ der Ohrmuschel verstärkt wird (put-the-hand-on-the-ear-method). Die Hörereignisse werden dabei deutlich schärfer lokalisiert, und die Klangfarbe ändert sich. Es entsteht der Eindruck der „Präsenz“. Dann lege man die Hände so vor die Ohrmuscheln, daß sie für frontalen Schalleinfall ein Hindernis, für von hinten einfallenden Schall dagegen einen Trichter darstellen. Die Hörereignisse erscheinen nun in allen Richtungen, zum großen Teil auch hinten. Die Klangfarbe ist deutlich verändert. Es entsteht der Eindruck der „Diffusität“.

\*

Der Verfasser dankt neben den vielen hilfsbereiten Versuchspersonen insbesondere Herrn Th. Düllmann, der das Filter aufbaute, sowie den Herren Tonmeistern Hafner, Köln, und Dr. Plenge, Berlin, die bei ersten Erprobungen behilflich waren.

#### Schrifttum

- [1] Blauert, J.: Sound localization in the median plane. *Acustica* Bd. 22 (1969/1970) S. 205-213
- [2] Blauert, J.: Die Beschreibung von Hörversuchen an Hand eines einfachen systemtheoretischen Modells. *Kybernetik* Bd. 5 (1969) S. 45-49
- [3] Kuhl, W.: Verbesserung von Präsenz und Natürlichkeit bei Lautsprechern mit räumlichem Klangbild. *Frequenz* Bd. 16 (1962) S. 86-90
- [4] NTG-Entwurf 1702: Terminologie in der Tontechnik. *Nachrichtentechn. Z. Bd. 19 (1966) S. 45-49*
- [5] Hanns, E. u. Steinke, G.: Das Schallbündelungsmaß von Studioabhörrichtungen und Versuche, seine Eignung für eine Relation zum subjektiven Bewertungsparameter Präsenz zu ermitteln. *Techn. Mitt. RFZ* Bd. 12 (1968) S. 59-66
- [6] Schampaul, N.: Die Präsenz als akustisches Phänomen. *Radio Mentor Electronic* Bd. 35 (1969) S. 239-242
- [7] Mills, A. W.: On the minimum audible angle. *J. Acoustical Soc. Bd. 30 (1958) S. 237-246*
- [8] Bücklein, R.: Hörbarkeit von Unregelmäßigkeiten in Frequenzgängen bei akustischer Übertragung. 1964, Dissertation TH München

*The author describes an accessory filter which differs from similar units hitherto used in sound-recording studios in that it applies more effective linear distortion to the audio signal. Such distortion utilizes certain psycho-physiological relationships which have an impact on directional listening in the median plane and may be characterized by what is termed "directional bands".*

*On décrit un filtre qui se distingue de ceux jusqu'ici normalement utilisés dans les studios de prise de son par le fait de provoquer d'autres distorsions linéaires plus efficaces en mettant à profit les effets psycho-physiologiques, intervenant en cas de l'ouïe directionnelle dans le plan médian, et qui sont caractérisées par les bandes dites directionnelles.*

*Se describe un filtro de presencia el cual difiere de todos los filtros similares, usuales hasta la fecha en el estudio, porque efectúa otras distorsiones lineales más efectivas de las señales acústicas. Estas distorsiones lineales aprovechan relaciones psico-fisiológicas, las cuales son de importancia para la audición direccional en el plano sagital y que se caracterizan por las llamadas bandas determinadoras de la dirección (directional bands).*