

# Die Anpassungsverfahren für stereophone Hörgeräte

René Lehmann

*Zusammenfassung Die Verfahren der Hörgeräte-Anpassung in den gängigsten Fällen einseitiger Versorgung sind heute hinlänglich bekannt und werden von den meisten Hörgeräte-Akustikern auch zufriedenstellend angewandt. Seit einigen Jahren sind jedoch bestimmte Fachärzte und zahlreiche Hörgeräte-Akustiker mit Recht besonders daran interessiert, eine bestimmte Gruppe von Schwerhörigen mit zwei voneinander unabhängigen Geräten zu versorgen. Die Anpassungsverfahren für zwei Simultanhörgeräte sind jedoch noch nicht genormt und verständlicherweise weichen sie zwangsläufig von den herkömmlichen Verfahren ab, wenngleich sie mit diesen vergleichbar sind. Ziel einer solchen Anpassung ist, den bestmöglichen Ausgleich zwischen den beiden versorgten Ohren herbeizuführen. In der vorliegenden Arbeit unternimmt der Verfasser den Versuch, die verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten, die sich seiner Ansicht nach dem Hörgeräte-Akustiker bieten, zu untersuchen, damit stets die besten Ergebnisse erzielt werden können.*

## I. Wiederherstellen der binauralen Funktion und ihre Bedeutung

Es ist seit langem bekannt und wurde durch Versuche wiederholt bewiesen, daß ein nur auf einem Ohr hörender Patient entweder kein Tonrelief oder doch nur ein sehr unvollständiges wahrnimmt. Er ist nicht imstande, den Ursprung der Schallquellen anzugeben. Nicht weniger schwerwiegend ist, daß die Sprachverständlichkeit insbesondere bei Lärm sehr stark gestört ist.

Verständlicherweise liegt die Wirksamkeit eines Hörgerätes darin, daß es die binaurale Funktion soweit wie möglich wiederherstellt, was jedoch nur über eine stereophone Versorgung möglich ist. Liegt ein zweiseitiger Hörverlust vor, kann diese Funktion keinesfalls dadurch wiederhergestellt werden, daß nur ein Ohr apparativ versorgt wird.

Hervorzuheben ist auch, daß diese binaurale Funktion im wesentlichen, wenn nicht gar ausschließlich, vom binauralen Hören abhängt. Fehlt das beidohrige Hören oder sind beide Ohren funktionsmäßig nicht voneinander unabhängig, kann eine räumliche Schallortung nicht stattfinden. In diesem Zusammenhang muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Bewegungsfreiheit des Kopfes bei dieser Ortung keine unwesentliche Rolle spielt.

Anläßlich des Kongresses in Travemünde im vergangenen Jahr befaßte ich mich in meinem Referat mit der Bedeutung der Stereophonie bei der Versorgung von Schwerhörigen, wobei ich Gelegenheit hatte, die nachfolgend aufgezählten Vorteile dieser Versorgungsart besonders hervorzuheben:

- Verbesserung der Hörschwelle
- Verbesserte Pegelauflösung
- Verbesserte Frequenzauflösung
- Verbesserter subjektiver Lautstärkeindruck

## I. The restoration of the binaural hearing function and its importance

It has been long known and demonstrated repeatedly by experiments that a person hearing with only one ear perceives no sound contour at all or only a very imperfect one. He is unable to localize the sound source and no less important is that speech intelligibility is adversely affected, especially in noise.

It is thus understandable that the effectiveness of a hearing instrument lies in its being capable of restoring the binaural function as far as possible, and this can only be achieved by a stereophonic fitting. When there is bilateral hearing loss, this function cannot be restored, if only one ear is provided with a hearing aid.

It must also be stressed that this binaural function depends mainly, if not exclusively, on binaural hearing. If it is absent, or if the two ears are not functionally independent, a spatial localization of the sound source is not possible. In this connection it should also be pointed out that the free movement of the head plays by no means a negligible role.

On the occasion of the Congress held in Travemünde last year, I presented a paper dealing with the importance of stereophonic fitting and this gave me an opportunity to enumerate its advantages:

- Improved hearing thresholds
- Improved differential intensity thresholds
- Improved differential frequency thresholds
- Improved subjective sensation of intensity
- Increased speech intelligibility, both in quiet and in noise
- Improvement of the critical bandwidth
- Improved possibilities of auditory orientation
- Improved spatial localization of sound
- Improved perception of distance.

# The Fitting Procedures for Stereophonic Hearing Aids

**Summary** *The methods of amplification in most conventional cases of monaural fitting are relatively well-known and generally satisfactorily employed by most hearing-aid acousticians. However, for several years now some specialists and many hearing-aid acousticians have had a special and justifiable interest in providing a certain group of hard-of-hearing persons with two independent instruments. A standardized procedure for the simultaneous fitting of two hearing aids has not yet been established and as will be understood, it differs considerably from the previous procedures, if indeed a comparison is possible. The objective of such a fitting is to achieve the best possible balance between the two aided ears. In the present paper, the author attempts an examination of the various possibilities of binaural fitting which, in his view, are available to the hearing-aid acoustician, by which the best results can be achieved.*

- Erhöhte Sprachverständlichkeit in ruhiger und lärm-erfüllter Umgebung
- Verbesserung der kritischen Bandbreite
- Verbessertes Richtungshören
- Verbesserung des räumlichen Hörens
- Verbessertes Entfernungshören.

Diese rasche, vielleicht nicht erschöpfende Aufzählung unterstreicht deutlich die Vorzüge der stereophonen Versorgung.

## II. Die Kriterien der stereophonen Versorgung

Das binaurale Hören bewirkt nicht nur eine verbesserte Wahrnehmung des Nutzschalls in lärmgefüllter Umgebung, sondern auch, zumindest teilweise, die Wiederherstellung der Funktion, die von bestimmten Autoren als »Stereoacousie« bezeichnet wird (= ein Vorgang, durch den die tatsächliche Verteilung der Schallquellen im Raum abgeschätzt werden kann und die Spracherkennung im Lärm möglich wird). Wenn das beidohrige Hören und die funktionelle Unabhängigkeit der beiden Ohren fehlen, kann weder eine genaue räumliche Schallortung noch eine ausreichende Spracherkennung im Lärm stattfinden. Wenn ein Schwerhöriger eine Mitteilung nur mit einem Ohr wahrnimmt, so ist es für ihn sehr schwierig, diese aus dem Lärm herauszulösen. Verschiedene Verfasser haben schon vor langer Zeit bewiesen, daß die Möglichkeit, eine Nutzschallquelle in lärmgefüllter Umgebung zu orten, den Empfang von Signalen aus dieser Quelle verbessert, was besonders in Hinblick auf die Sprache interessant ist. Um eine Versorgung a priori als tatsächlich stereophon ansprechen zu können, muß die binaurale Funktion maximal wiederhergestellt sein, was bedeutet, daß die Geräte zumindest den vier folgenden Kriterien entsprechen müssen:

- Wiederherstellung eines möglichst symmetrischen

This rapid and probably non-exhaustive enumeration clearly underlines the advantages of stereophonic fitting.

## II. The criteria of stereophonic fitting

Binaural hearing not only permits improved perception of useful sound in the presence of noise but also the recovery, at least partially, of the function designated by some authors as stereo-acousia (the process of estimating the actual distribution of sound sources in space and by which the discrimination of speech in the presence of noise becomes possible). When there is no binaural hearing and the functional independence of the two ears is missing, it is neither possible to accurately localize the sound source in space nor to adequately discriminate speech in noise. When a hard-of-hearing person picks up a sound signal with one ear only, it is very difficult for him to separate it from the background noise. Various authors have already long ago demonstrated that the possibility of localizing useful sound in noise improves perception of this sound source and this benefits particularly the understanding of speech. In order that a fitting can be truly defined as stereophonic, it must maximally restore the binaural function of the sufferer, which means that the hearing aids must at least meet the following criteria:

- Restoration of binaural hearing with the greatest degree of symmetry within the greatest possible frequency range,
- Restoration of the functional independence of each ear,
- Sound pickup in the area of the affected ear which necessarily means the use of behind-the-ear aids, in-the-ear aids or hearing glasses,
- Unrestricted movement of the head, for experience

binauralen Hörens innerhalb eines möglichst breiten Frequenzbereiches,

- Wiederherstellung der funktionellen Unabhängigkeit jeden Ohres,
- Schallaufnahme im Bereich des betreffenden Ohres, was zwangsläufig die Verwendung von Hinter-Ohr-Geräten, Hörbrillen, oder Im-Ohr-Geräten voraussetzt,
- Bewegungsfreiheit des Kopfes, denn die Erfahrung beweist, daß bestimmte Wahrnehmungsunterschiede zwischen den beiden Ohren eng damit zusammenhängen.

Einige Verfasser fügen manchmal noch ein fünftes Kriterium hinzu, das sich auf den Phasenabgleich der beiden Hörgeräte bezieht. Ich persönlich bin von dieser Forderung nicht überzeugt, wenn es sich um das Hören komplexer Schallgebilde wie Sprache oder Musik handelt, wiewohl diese Forderung für das Hören reiner Frequenzen verständlicherweise absolut erforderlich ist.

Unter diesem Gesichtspunkt müssen die im allgemeinen als stereophon bezeichneten Geräte von den sogenannten monostereophonen unterschieden werden. Die ersteren bestehen faktisch aus zwei vollkommen getrennten Geräten, die jeweils an einem der beiden Ohren angeordnet sind, während die zweiten hauptsächlich aus einem einzigen Gerät bestehen, an welches zwei Hörer angeschlossen sind, die jeweils ein Ohr versorgen. Im zweiten Falle ist es also insbesondere nicht möglich, weder den Pegel noch die Frequenzkurve entsprechend an jedes Ohr anzupassen; davon ausgenommen ist die Möglichkeit, die elektroakustischen Kennwerte der Hörer zu regeln, was jedoch nur eine verhältnismäßig geringe Verstellbreite ergibt. Die letztgenannten Geräte werden häufig als diotische Geräte bezeichnet. Sie sind, zumindest teilweise, geeignet, das beidohrige Hören wiederherzustellen, sind jedoch nicht in der Lage, stereoakustische Verhältnisse zu schaffen, weil die Funktionsunabhängigkeit der beiden Ohren nicht berücksichtigt wird.

Es ist auch darauf zu achten, daß CROS-Geräte keineswegs einem stereophonen Gerät gleichgestellt werden können.

### III. Indikationen für die stereophone Versorgung

Die Indikation für eine stereophone Versorgung ist nicht immer leicht festzulegen, denn sie erfordert die Erfüllung mehrerer Bedingungen, von denen insbesondere zwei von wesentlicher Bedeutung sind:

- a) Beide Ohren müssen sich klinisch und funktionell

shows that certain differences in interauricular perception are closely linked with this.

Some authors occasionally quote a fifth criterion which relates to the phasing of the two hearing aids. Personally, I am not convinced of this requirement if the perception of complex sounds, such as speech or music, is involved. It is, however, quite evident that this criterion would be an absolute must for the hearing of pure frequencies.

From this point of view, the hearing aids generally called stereophonic must be distinguished from the so-called monostereophonic aids. The first consist of two completely separate hearing aids, one in each ear, while the latter represent in essence, a single instrument to which two receivers are connected, one in each ear. Thus, in the second case, neither the level nor the frequency response curve can be adapted individually to each of the two ears, except for the control of the electro-acoustic characteristics of the receivers within a relatively narrow range. The latter aids are often called diotic instruments. They can, at least in part, restore binaural hearing, but are by no means capable of restoring stereo-acousis as the functional independence of the two ears is left out of account.

It should be noted that aids of the CROS type are by no means equivalent to stereophonic instruments.

### III. Indications for stereophonic fitting

It is not always easy to establish an indication for stereophonic fitting, for several demands must be satisfied, two being essential:

- a) Both ears must qualify, clinically and functionally, for the fitting of a hearing aid. This means that each ear must be individually eligible for the fitting of a hearing aid according to the usual criteria.

b) Both qualitatively and quantitatively, the asymmetry between the two ears must not be too great, since the respective thresholds must be brought to the same level. This is only possible if the above-mentioned differences are of the same magnitude. In this respect, certain authors recommended a maximum difference of 15 dB for the interauricular deviation. Whether this difference must not be exceeded by all frequencies within the speech range or only certain frequencies, still needs clarification. I, personally, think that for the frequencies between 250 and 4000 Hz, a maximum deviation of the order of 20 to 25 dB would be acceptable, and that stereophonic fitting is likely to be difficult if the deviation at any specific frequency exceeds this value.

I also feel that only a hearing-aid trial in the free sound

für eine individuelle Versorgung eignen. Dies bedeutet, daß beide Ohren getrennt den üblichen Versorgungskriterien entsprechen müssen.

b) Sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht darf zwischen den beiden Ohren keine allzu große Asymmetrie bestehen, denn die jeweiligen Pegel müssen faktisch auf den gleichen Wert gebracht werden, was nur möglich ist, wenn die Unterschiede in der gleichen Größenordnung liegen. Unter diesem Gesichtspunkt haben bestimmte Verfasser übrigens eine maximale Differenz von 15 dB als Abweichung zwischen den beiden Ohren empfohlen. Es müßte jedoch genauer festgelegt werden, ob diese Differenz bei allen Frequenzen des Sprachbereichs oder nur bei einigen Frequenzen nicht überschritten werden darf. Meine persönliche Ansicht geht dahin, daß man für die zwischen 250 und 4000 Hz liegenden Frequenzen eine maximale Abweichung von 20 bis 25 dB annehmen könnte und daß die stereophone Versorgung vermutlich schwierig ist, wenn die Abweichung bei einer bestimmten Frequenz diesen Wert übersteigt.

Ich glaube auch, daß nur der Versuch im freien Schallfeld zu einer genauen Indikation führt, denn ein zum Schwellenwert symmetrisches Hören entspricht nicht zwangsläufig einem symmetrischen Hören im überschwelligen Bereich. Es liegt auch auf der Hand, daß genau symmetrische bilaterale Hörverluste die besten Indikationen für eine stereophone Versorgung darstellen. Es ist ferner zu beachten, daß der Prozentsatz dieser Verluste zirka 50% der gesamten versorgbaren Hörverluste beträgt. Wir möchten auch unterstreichen, daß schwere Hörverluste von vornherein keine Gegenindikation für eine stereophone Versorgung darstellen.

Wenn in einem solchen Fall (bei etwa einem von zwei Patienten) nur ein Ohr apparativ versorgt wird, tritt zwischen den Ohren eine künstliche Funktionsasymmetrie ein, die sich sowohl auf die gehörmäßige Ortung und Orientierung als auch auf die Sprachunterscheidung im Lärm sehr nachteilig auswirkt. Erwähnenswert ist ferner, daß die stereophone Versorgung nicht ausschließlich den Erwachsenen vorbehalten bleiben sollte, sondern daß sie in zunehmenden Maße auch auf Kinder und Kleinkinder ausgedehnt werden muß. Laut Aussage bestimmter Verfasser tritt die symmetrische Taubheit beim Kind öfter auf als beim Erwachsenen. Einige Verfasser geben bei Kindern den Anteil der Fälle, in denen sich eine stereophone Versorgung günstig auswirkt, mit 70% an.

#### IV. Anpassung der stereophonen Hörgeräte

Zunächst sei daran erinnert, daß die Ergebnisse der Ton- und Sprach-Audiometrie für jedes der beiden

field will furnish an accurate indication, for symmetric hearing related to the threshold does not necessarily correspond to symmetric hearing in the supraliminal ranges. It is quite obvious that bilateral hearing losses which are exactly symmetrical provide the best indications for stereophonic fitting. It is also worth noting that this type of hearing loss accounts for 50% of all auditory deficiencies that qualify for the fitting of a hearing aid. We also wish to emphasize that severe hearing losses are not per se a counter-indication for stereophonic fitting.

If in such a case (i.e. one out of two approximately) only one ear is fitted with a hearing aid, an artificial functional asymmetry between the two ears arises which will grossly impair the acoustic localization and orientation as well as speech intelligibility in noise. I think it is equally noteworthy that the stereophonic fitting should not be reserved for adults exclusively but that it should be extended increasingly to include children and even infants. According to certain authors, symmetric deafness is found in children more frequently than in adults and others estimate that 70% of infantile hearing disorders are eligible for stereophonic fitting.

#### IV. The fitting of stereophonic hearing aids

It should be remembered that a careful examination of the audiometrically established tonal and vocal findings for each ear is indispensable and that the hearing-aid acoustician depends on these findings for a rational fitting.

When these conditions prevail, I would propose the following procedure:

- a) Tone audiometry to be carried out separately for each ear.
- b) Speech audiometry separately for each ear in quiet and possibly also in noise of known spectral composition, at a precise level (e.g. white noise at about 60 dB).
- c) Adaptation of a hearing aid to the weaker ear in accordance with the conventional method.
- d) Adaptation of a hearing aid to the stronger ear.
- e) Balancing between the two ears, which is certainly the most difficult task in the fitting procedure, since the two hearing aids must be so adjusted with respect to level and frequency response that the intelligibility in quiet is practically the same for both instruments.
- f) Fine adjustment of the balance by exposing both ears simultaneously to white noise from two loudspeakers, one arranged on the left and one on the right side. The output level of the white noise is in the order

Ohren sorgfältig untersucht werden müssen und daß der Hörgeräte-Akustiker auf eine solche Befundung angewiesen ist, wenn er eine rationelle Versorgung erzielen will.

Unter diesen Bedingungen würde ich folgendes Vorgehen empfehlen:

a) Tonaudiometrischer Befund für beide Ohren getrennt;

b) Sprachaudiometrischer Befund für beide Ohren getrennt, ohne Geräusch und möglicherweise mit einem vorgegebenen Störschall bekannter spektraler Zusammensetzung und genauem Pegelwert (z.B. weißes Rauschen bei einem Pegel von ca. 60 dB);

c) Herkömmliche Anpassung eines Hörgerätes an das schlechtere Ohr;

d) Herkömmliche Anpassung eines Hörgerätes an das bessere Ohr;

e) Anschließend Ausgleich zwischen den beiden Ohren als der sicherlich schwierigste Teil der Versorgung, denn die beiden Hörgeräte müssen hinsichtlich Frequenzwiedergabe und Pegel so eingestellt werden, daß die Verständlichkeit ohne Störschall praktisch die gleiche ist;

f) Ausgleichende Feineinstellung bei gleichzeitiger Darbietung von weißem Rauschen aus zwei Lautsprechern an beide Ohren, wobei ein Lautsprecher links und einer rechts angeordnet ist. Der Pegel des weißen Rauschens beträgt etwa 60 bis 65 dB (es kann auch ein Helm dabei getragen werden);

g) Endeinstellung der Verstärkung für beide Geräte unter Beschallung mit weißem Rauschen, und zwar so, daß dem Schwerhörigen auf beiden Ohren das Gefühl gleicher Intensität vermittelt wird. Dies kann nur durch entsprechendes versuchsweises Einregeln erreicht werden, wobei empfohlen wird, hauptsächlich die Verstärkungsregelung des am besseren Ohr angepaßten Hörgerätes zu betätigen. Bei einer optimalen Einstellung gewinnt der Patient den Eindruck, daß das Störgeräusch entweder vor oder hinter seinem Kopf auftritt.

Es ist darauf zu achten, daß der Ausgleich zwischen den beiden Ohren auch dadurch erreicht werden kann, daß man das weiße Rauschen durch gefiltertes schmalbandweißes Rauschen ersetzt. Dieses Verfahren ist allerdings langwieriger und schwieriger als das herkömmliche, aber dafür genauer, da es die Wiederherstellung des beidohrigen Hörens für jedes Frequenzband getrennt erlaubt.

## V. Kontrolle der Wirksamkeit der Anpassung

Die herkömmliche Tonaudiometrie, die zur Überprüfung

von 60 bis 65 dB (ein Helm kann auch für diesen Zweck verwendet werden).

g) Final gain setting of the two hearing aids by administering white noise in such a manner that the hearing-impaired person experiences the same loudness impression in each ear. This adjustment can only be made by the trial and error method and it is recommended mainly to manipulate the gain control of the aid adapted to the stronger ear. With a perfect gain setting, the test person has the impression that the noise occurs either in front of or behind his head.

The interaural balance can also be achieved by replacing the white noise with narrow-band filtered white noise. This procedure takes more time and is more difficult to perform than the conventional approach, but more accurate since it permits restoration of the binaural hearing for each frequency band separately.

## V. Checking the effectiveness of the fitting

Conventional tone audiometry, which is usually performed in quiet for the purpose of checking the quality of a fitting, is totally inadequate for demonstrating the real effectiveness of a stereophonic fitting, because the measurements only define the intelligibility of a single person speaking in quiet conditions. But this is listening under artificial conditions which hardly ever occurs in practice.

In order to demonstrate the value of a stereophonic fitting as completely and accurately as possible, the procedure which some 15 years ago was called stereo-audiometry by Decroix and Dehaussy, must be used. Stereo-audiometry, in general, comprises intelligibility tests in noise, but also tests for sound localization and spatial discrimination.

In general, the following stereo-audiometric tests can be proposed:

a) Measurement of speech intelligibility in noise by using preferentially white noise emitted by several loudspeakers placed around the test person and speech coming from a loudspeaker in front of the person. Under these conditions the following successive tests are recommended: the first test without a hearing aid, the second with the left ear aided, the third with the right ear aided and the fourth with binaural fitting.

The white noise level should be 65 to 70 dB and the level in the area of the hearing aids should be roughly 15 dB higher than the level of the background noise.

This test is of great importance because speech discrimination in noise is known to be closely linked with the integrity of the binaural function.

fung der Qualität eines Hörgerätes üblicherweise ohne Störschall durchgeführt wird, erweist sich für den Nachweis des effektiven Wirkungsgrades einer stereophonen Versorgung als absolut unzureichend. Dies deshalb, weil die Messungen nur die Sprachverständlichkeit des Patienten belegen können, der einer einzigen Person gegenübergestellt ist, mit der er ohne Lärmwirkung spricht. Es handelt sich also um durchaus künstliche Hörbedingungen, die im täglichen Leben praktisch nie anzutreffen sind.

Um die Qualität einer stereophonen Versorgung möglichst vollständig und genau festzustellen, ist das bereits vor etwa 15 Jahren von Decroix und Dehaussy Stereo-Audiometrie genannte Verfahren anzuwenden. Ganz allgemein umfaßt dieses Verfahren Verständlichkeitsprüfungen in lärmgefüllter Umgebung sowie Tests zur Schallortung und räumlichen Schallerkennung.

Als stereoaudiometrische Versuche können auf einfache Weise und allgemein folgende Tests vorgeschlagen werden:

a) Messungen der Sprachverständlichkeit unter Lärmbedingungen, wobei vorzugsweise weißes Rauschen von mehreren um den Patienten herum angeordneten Lautsprechern abgegeben wird und die Sprache von einem dem Patienten gegenüberstehenden Lautsprecher kommt. Unter diesen Bedingungen werden vier aufeinanderfolgende Versuche empfohlen: Der erste ohne Hörgerät, der zweite mit versorgtem linken Ohr, der dritte mit versorgtem rechten Ohr und der vierte mit beidseitiger Versorgung.

Der Pegel des weißen Rauschens sollte etwa 65 bis 70 dB betragen, wobei der Pegel im Bereich der Hörgeräte etwa 15 dB über dem Pegel des Hintergrundgeräusches liegen sollte.

Dieser Versuch ist sehr schwierig, denn die Sprachverständlichkeit unter Lärmbedingungen hängt bekanntlich engstens mit der intakten Funktion des beidohrigen Hörens zusammen.

Der Versuch beweist, daß bei vollkommener Wiederherstellung des beidohrigen Hörens die Verständlichkeit um etwa 10 bis 20% höher liegt, wenn die Quellen für Sprache und Störgeräusch räumlich getrennt sind (im Gegensatz zu einer Anordnung, bei der die beiden Quellen zusammenfallen und dem Probanden frontal gegenüberstehen). Wird dagegen das beidohrige Hören nicht wiederhergestellt, bleibt die Verständlichkeit praktisch dieselbe, ob nun das Störgeräusch mit der Nutzschallquelle zusammenfällt oder ob es seitlich von dieser Quelle liegt. Es ist daher unumgänglich, die Versuche nacheinander mit überlagelter Sprache und Stör-

The test demonstrates that if the binaural function of the examinee is completely restored and if the speech and noise sources are spatially separated, intelligibility is 10 to 20% higher than that obtained with the two sources combined and located in front of the examinee. By contrast, if the binaural function is not restored, intelligibility will remain practically the same, regardless of whether the disturbing noise coincides with the source of speech or whether the noise lies to one side with respect to this source. It is therefore indispensable that tests are carried out with useful sound and noise superimposed and to repeat the tests subsequently with speech and noise separated.

Obviously if desired, such measurements can be made with variable noise levels as well as with variable speech levels. This leads to very time-consuming measurements which are not always absolutely necessary. The only aim is a signal-to-noise ratio ensuring speech intelligibility as close to 100% as possible.

b) Identification of the spatial sound localization by the use of several loudspeakers arranged in a semicircle around the examinee.

In this case variable noise is presented, such as pure tones, white noise, filtered white noise etc. and the test person is required to indicate the exact location of the sound source. The loudspeakers used must be highly directional and sufficiently small in size. They must be positioned at a distance of about 1 m from the examinee and at an angle of 30° to each other. The output levels must be again between 65 and 70 dB. In this manner, a so-called sound localization error index is determined which relates to the number of errors made by the test person in localizing the sound source correctly. According to the authors, this index can be calculated in different ways and each examiner is free to define his own method. In my opinion, the simplest method is to penalize the examinee with one point if he makes a mistake of 30° toward the right or toward the left, with two points if he is mistaken to the extent of 60° and with three points if the error is 90°; a case which occurs rather seldom. If required, the response time as compared with that of a normal person can also be considered.

This test can obviously be performed in quiet or in noise. However, the spatial localization ability of the examinee with aided ears can be best evaluated if the test is carried out in noise, for it is well known that for a person with monaural hearing, sound signal and noise seem to come almost invariably from the same point, whereas in the case of binaural hearing the differences in intensity and phase between useful sound and noise

geräusch und anschließend mit Sprache und Störschall voneinander getrennt durchzuführen.

Auf Wunsch können solche Messungen auch mit veränderlichen Geräuschpegeln und veränderlichen Sprachausgangspegeln durchgeführt werden. Dies schließt sehr langwierige Messungen ein, die jedoch nicht immer unbedingt erforderlich sind. Es sollte lediglich ein solcher Störabstand angestrebt werden, daß die Sprachverständlichkeit möglichst an 100% herankommt.

b) Nachweis der räumlichen Schallortung unter Verwendung mehrerer im Halbkreis um den Probanden aufgestellten Lautsprecher.

In diesem Falle werden Nutzschall und Geräusche zu veränderlichen Pegeln dargeboten, wie z.B. reine Töne, weißes Rauschen, gefiltertes weißes Rauschen, usw. . . ., und der Proband muß dabei die genaue Lage der Quelle orten. Es sind ausreichend klein dimensionierte Richtlautsprecher zu verwenden, die in einem Abstand von etwa 1 m vom Probanden anzuordnen sind und die zueinander einen 30°-Winkel bilden. Die Ausgangspegel müssen erneut etwa 65 bis 75 Dezibel betragen. Man kann hiermit einen sogenannten Schallortungsindex bestimmen, der die Anzahl der vom Probanden gemachten Ortungsfehler berücksichtigt. Dieser Index kann nach den Verfassern auf verschiedene Weise berechnet werden und jeder Prüfer kann seine Methode festlegen. Die einfachste besteht meiner Ansicht nach darin, den Probanden mit einem Minuspunkt zu belegen, wenn er einen Fehler von 30° nach links oder nach rechts begeht, mit zwei Punkten, wenn der Fehler 60° beträgt und mit zwei Punkten, wenn er einen Fehler von 90° begeht, was übrigens selten vorkommt. Gegebenenfalls kann auch die Reaktionszeit der Patienten mit der von gesunden Probanden verglichen werden.

Dieser Versuch läßt sich natürlich mit und ohne Störschall durchführen. Man kann das räumliche Ortungsvermögen des versorgten Probanden jedoch am besten beurteilen, wenn man diese Versuche mit Störschall durchführt, denn bei einohrigem Hören scheinen der Nutzschall und das Geräusch fast immer von der gleichen Stelle zu kommen, während bei beidohrigem Hören die Intensitäts- und Phasenunterschiede zwischen Nutzschall und Störgeräusch allgemein das Nutzsignal verstärkt hervorheben, was dann zu einer genaueren Ortung führt.

c) Nachweis der räumlichen Schallunterscheidung durch Messungen, wie dies bereits oben (a) beschrieben wurde.

Der Versuch bedient sich der Störgeräusche, wobei die Sprache und das Geräusch nicht aus der gleichen Quel-

generally allow the useful signal to be accentuated, which results in a more accurate sound localization.

e) Demonstration of the spatial discrimination by way of intelligibility tests in noise, as described under (a) above, with speech and noise not originating from the same source and the noise being a mixture of voices (cocktail-party noise). This test effectively reflects the quality of integration in the central nervous system of messages received, coded and transmitted from each ear. It is absolutely necessary for this test to be carried out in the free sound field, i.e. in a room with interior walls ensuring maximum sound damping to avoid reverberation. When such tests are carried out and when the fitting is made under good conditions, intelligibility is *invariably* better with aided ears. By contrast, in the case of monaural fitting, it frequently occurs that the intelligibility obtained with an aided ear is *worse* than with unaided ears. It is thus understandable that such a fitting is rather detrimental under these circumstances and is the reason why this spatial discrimination test in noise cannot be dispensed with.

d) Demonstration of the amplification tolerance by the use of either pure frequencies or filtered white noise. This actually refers to the determination of the auditory area of the patient with aided ears, i.e. the difference between the binaural hearing threshold and the thresholds of discomfort in the speech frequency range. This area must by no means be too restricted; it corresponds in fact to the dynamic range of the hearing aid. Under the most favourable conditions, the maximum tolerance levels of the hearing aid must be of the order of 100 dB for the frequencies between 250 and 4,000 Hz, without the user experiencing any discomfort. If he feels discomfort, it would indicate that amplification in this frequency range is not tolerated by the instrument user. The test calls for variable output levels, say between 50 and 70 dB, and for a gain setting so as to ensure sound levels of at least 100 dB in the ears and even higher levels, if possible, provided that the thresholds of discomfort are not reached.

## VI. Conclusions

The limited number of tests performed during the last few years have clearly proved that a symmetric restoration of binaural hearing is important, if not indispensable, whenever maximum speech intelligibility in noise is to be achieved.

Furthermore, only the intelligibility tests with background noise are capable of demonstrating the superiority of a stereophonic fitting over the conventional monophonic fitting.

Apart from this, there are also some results worth

le kommen und das Geräusch selbst sich aus einem Gemisch zusammensetzt (sogenantes Cocktail-Party-Geräusch). Dieser Versuch gibt effektiv die im zentralen Nervensystem stattfindende Integrationsqualität der von jedem Ohr erfaßten, anschließend kodierten und schließlich übertragenen Informationen wieder. Er muß unbedingt im freien Schallfeld durchgeführt werden, d.h. in einem Raum, dessen Innenwände eine maximale Schalldämpfung sicherstellen, damit jede Halligkeit ausgeschlossen ist. Wenn derartige Versuche vorgenommen werden und die Versorgung unter guten Bedingungen erfolgt, so ist das Sprachunterscheidungsvermögen *immer* besser bei versorgten Ohren als bei nicht versorgten. Bei einohriger Versorgung kommt es hingegen häufig vor, daß die mit einem versorgten Ohr erzielte Sprachverständlichkeit *schlechter* ist als mit unversorgten Ohren. Es ist daher verständlich, daß eine *derartige* Versorgung unter diesen Bedingungen eher nachteilig wäre, und dies ist auch der Grund, weshalb dieser räumliche Sprachverständlichkeitsversuch mit Störschall unverzichtbar ist.

d) Überprüfung der Verträglichkeit gegenüber der Verstärkung, sei es unter Benützung reiner Frequenzen oder eines gefilterten weißen Rauschens, Hierbei handelt es sich um die Bestimmung des Hörfeldes beim versorgten Patienten, d.h. um den Unterschied zwischen den beidohrigen Hörschwellen und den Schmerzschwellen im Bereich der Sprachfrequenzen. Dieses Feld darf keineswegs allzu sehr eingeengt sein; es entspricht praktisch der Gerätedynamik. In den günstigsten Fällen betragen die maximalen Verträglichkeitspegel des Hörgeräts etwa 100 dB im Frequenzbereich zwischen 250 und 4000 Hz, wobei keine Schmerzempfindung auftritt, die für diesen Bereich auf eine Unverträglichkeit der Verstärkung hinweisen würde. Dieser Versuch muß mit veränderlichen Ausgangspegeln durchgeführt werden, die etwa zwischen 50 und 70 dB schwanken. Der Verstärkungssteller des Hörgerätes ist so einzustellen, daß die in den Ohren erzeugten Schallpegel mindestens 100 dB und möglichst höhere Werte erreichen, vorausgesetzt natürlich, daß man unter den Schmerzschwellen bleibt.

## VI. Schlußfolgerungen

Die wenigen in den letzten Jahren durchgeführten Versuche haben deutlich gezeigt, daß eine symmetrische Wiederherstellung des beidohrigen Hörens immer wesentlich, wenn nicht unumgänglich ist, wenn eine maximale Sprachverständlichkeit unter Lärm erreicht werden soll.

Es steht ferner fest, daß nur die Sprachverständlichkeitsprüfungen mit Hintergrundgeräusch in der Lage

mentioning which were obtained from enquiries made in France some years ago among hearing-impaired persons and which have revealed that in general, children adapt faster to stereophonic fitting than adults; it has likewise emerged that the patients previously fitted monaurally get used to stereophonic fitting more quickly than those who have not yet worn a hearing aid and, finally, that more than 85% of instrument users are either satisfied or very satisfied with their stereophonic arrangement. They all emphasize the fact that with stereophonic hearing aids understanding in group conversation has greatly improved, that fatigue is lower, probably attributable to weaker amplification and reduced nervous stress.

Finally, I wish to point out that, in my view, stereophonic fitting is at present frequently the only means to correctly rehabilitate a hearing loss in adults of any age group. It also represents the sole possibility of speeding up articulation and speech training of hearing-handicapped children. Further, it is the only means of proving the quality of such a training.

Based on medical diagnosis, stereophonic fitting should always be attempted, whenever both ears can be aided separately, for the restoration of binaural hearing which comes as close to normal hearing as possible.



sind, die Überlegenheit einer stereophonen Versorgung gegenüber einer einohrigen genau nachzuweisen.

Darüberhinaus sind auch einige Ergebnisse aus Umfragen erwähnenswert, die vor einigen Jahren unter Hörgeschädigten in Frankreich durchgeführt worden sind. Diese haben allgemein gezeigt, daß sich Kinder schneller als Erwachsene an eine stereophone Versorgung gewöhnen, daß die vorher einohrig versorgten Patienten sich schneller an die beidohrige Anpassung gewöhnen, als Patienten, die noch nie mit Hörgeräten versorgt worden waren, und daß schließlich mehr als 85% der Hörgerätebenutzer zufrieden oder sehr zufrieden mit der apparativen Versorgung sind. Sie alle heben die Tatsache hervor, daß das Verstehen in Gruppengesprächen beträchtlich verbessert wird und daß die Ermüdung geringer ist, was vermutlich auf die schwächere Verstärkung und die geringere nervliche Belastung im Vergleich zu einer einohrigen Versorgung zurückzuführen ist.

Abschließend möchte ich noch auf die Tatsache hinweisen, daß meiner Ansicht nach die stereophone Versorgung derzeit in vielen Fällen den einzigen Weg darstellt, um eine gehörmäßige Rehabilitation erwachsener Hörgeschädigten in allen Altersgruppen zuverlässig zu erzielen. Nur mit der stereophonen Versorgung kann die Spracherziehung und Sprachschulung hörgeschädigter Kinder beschleunigt werden. Nur mit dieser Versorgung gelingt es, die Qualität einer solchen Schulung zu verbessern.

Aufgrund eines medizinischen Befundes sollte die stereophone Versorgung immer dann angestrebt werden, wenn beide Ohren getrennt versorgt werden können, wenn es also möglich ist, das beidohrige Hören, das möglichst nahe an das normale Hören herankommt, wiederherzustellen.

## Die Mitarbeiter dieses Heftes / Our Contributors



*Jean Claude Lafon*, Prof. Dr. med., begann nach dem Studium der Medizin in Straßburg seine Laufbahn als Forscher am Centre National de la Recherche Scientifique in der HNO-Abteilung zunächst in Straßburg und später in Lyon. Dort gründete er unter der Leitung von Prof. Mounier Kuhn das Institut für Audiophonologie mit den entsprechenden Fächern und Forschungsgebieten. Derzeit leitet er die Abteilung für Hals-Nasen- und Ohrenkrankheiten und für Audiophonologie in Besançon. Ferner gibt er die Zeitschrift »Bulletin d' Audiophonologie« heraus. Die Vorbereitung auf das Fachdiplom in Bio-Akustik, Hörminderungen, sowie Wort- und Sprachstörungen umfassenden Gebieten gehört ebenfalls zu seinen Aufgaben. Er ist auch Doktor der Phonetik und der Naturwissenschaften.

*Ole Bentzen*, Dr. med., zur vita autoris siehe »Zeitschrift für Hörgeräte-Akustik« Nr. 5/1965.

*René Lehmann*, Prof. Dr.-Ing., zur vita autoris siehe »Zeitschrift für Hörgeräte-Akustik« Nr. 4/1979.

*Jean Claude Lafon*, Professor, M. D., after his studies of medicine in Strasbourg, he started his career as a researcher at the Centre National de la Recherche Scientifique, ENT department, at first in Strasbourg and later in Lyon. There he founded, under the direction of Prof. Mounier Kuhn, the Institute of Audiophonology combined with the specialised teaching and research in this field. Presently he heads the Department of Otorhinolaryngology and Audiophonology in Besançon. Furthermore he edits the journal "Bulletin d' Audiophonologie" and a further task incumbent on him is the preparation for the final examination in bio-acoustics, hearing impairment and word and speech disorders. He is also doctor of phonetics and natural science.

*Ole Bentzen*, MD, as to the biographical dates we refer to "Journal of Audiological Technique" No. 5/1965.

*René Lehmann*, Professor, Doctor of Engineering, as to the biographical dates, we refer to "Journal of Audiological Technique" No. 4/1979.

Verlag und Redaktion  
median-verlag  
Hans-Jürgen von Killisch-Horn  
Hauptstr. 64, Postfach 103964  
6900 Heidelberg 1,  
Fernruf (06221) 24665  
Schriftleiter:  
Dr. phil. Werner Güttner  
Bachstraße 11, 8170 Bad Tölz  
Redaktion: Stephen C. Mohrbacher  
Anzeigen: Karin Ball  
Layout: Friedrich Vogt  
Satz und Druck: Dietz Druck,  
6900 Heidelberg

Erscheinungsweise: sechsmal  
jährlich alle zwei Monate  
Bezugspreis  
jährlich DM 42,— netto  
Einzelpreis  
je Heft DM 9,— netto  
Ausland: jährl. DM 42,— netto  
zuzügl. DM 7,— Bankgebühren  
Einzelpreis je Heft DM 9,— netto  
zuzügl. DM 7,— Bankgebühren  
Zur Zeit hat  
Anzeigenliste Nr. 8  
vom 1. Januar 1978 Gültigkeit  
Nachdruck, Übersetzungen  
Rundfunksendungen  
nur mit Genehmigung des Verlages  
© median-verlag 1961

Owned and published by  
median-verlag  
Hans-Jürgen von Killisch-Horn  
Hauptstrasse 64, 6900 Heidelberg  
Editor-in-chief:  
Dr. phil. Werner Güttner  
Bachstraße 11, 8170 Bad Tölz  
Editorial department:  
Stephen C. Mohrbacher  
Advertising: Karin Ball  
Layout: Friedrich Vogt

Published bi-monthly 6 issues  
per annum  
Annual Subscription DM 42,— no  
Single Copies DM 9,— no  
Foreign country: annual  
DM 42,— no plus DM 7,—  
banking rates  
Single copies DM 9,— no  
plus DM 7,— banking rates  
Supplied directly by  
median-verlag, 6900 Heidelberg 1,  
P.O. Box 103964  
Current advertisement  
rates No. 8, January 1st, 1978  
All rights reserved by  
median-verlag  
© median-verlag 1961  
Printed in Western Germany

Einem Teil dieser Ausgabe liegt ein Angebot des Buchvertriebs im median-verlag zur Komplettierung Ihrer Fachliteratur bei. Wir bitten um freundliche Beachtung.