

Schallpegel-Dynamikbereich und Hörgeräte-Anpassung

(Unter besonderer Berücksichtigung objektiver audiometrischer Untersuchungsverfahren und der Otometrie)

Hasso v. Wedel

Zusammenfassung Zu den wichtigsten Kenndaten des Gehörs gehört ohne Zweifel der Schallpegel-Dynamikbereich, dessen einwandfreie Bestimmung Grundvoraussetzung einer optimalen Hörgeräte-Anpassung ist.

In diesem Zusammenhang werden die seit Jahren verwendeten Methoden der Ton- und Sprachaudiometrie durch objektive Untersuchungsverfahren der ERA und der Stapediusreflex-Audiometrie sowie durch die Otometrie als zusätzliche Möglichkeiten einer erweiterten Hörgeräte-Anpassung ergänzt.

Ausgehend von der Problematik der psychoakustischen Wahrnehmungsexperimente werden nach einem Überblick über die »klassischen« Methoden zur Bestimmung des Dynamikbereichs Validität und Reliabilität dieser zusätzlichen Meßmethoden dargestellt und diskutiert.

1. Einleitung

Das Spektrum der zur Hörgeräte-Anpassung verwendeten Untersuchungsverfahren ist in der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich zu anderen Staaten ohne Zweifel ausgesprochen breit. Trotzdem oder gerade deshalb dürfen die vielfältigen Versuche und Diskussionen zu Methoden der Hörgeräte-Anpassung nicht aufgegeben werden.

Die seit Jahren gebräuchliche Ton- und Sprachaudiometrie liefert notwendige Informationen zur Erfassung der wichtigsten Kenndaten des Gehörs zur Hörgeräte-Vor- und Endauswahl. Alle wichtigen Parameter zur optimalen Versorgung lassen sich hiermit nicht immer ausreichend bestimmen.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zusätzlicher und erweiterter Untersuchungsverfahren. Das gilt insbesondere im Hinblick auf zunehmende elektronische Mög-

1. Introduction

In comparison with other countries, the spectrum of the examination procedures employed in the Federal Republic of Germany in the fitting of hearing aids is, without any doubt, a wide one. Despite this fact, or perhaps on account of it, the numerous experiments and discussions on methods of hearing-aid fitting should not be abandoned.

The techniques of pure-tone and speech audiometry, in common use since years, provide necessary information for the establishment of the most important characteristic data of hearing for the preliminary and final selection of a correct hearing aid. With these techniques, it is not always possible to determine adequately all the important parameters for an optimal fitting.

This fact results in a need for additional and more

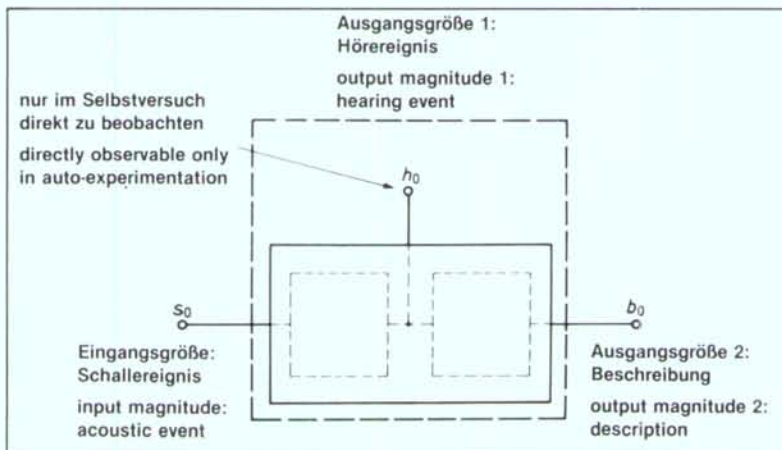


Abb. 1 Schema für eine Person im Hörversuch (nach Blauert [4])

Fig. 1 Scheme for the hearing testing of a single person (after Blauert [4])

Dynamic Range of the Sound Level and the Fitting of Hearing Aids

(With Particular Attention Being Paid to Objective Audiometric Examination Procedures and Otometry)

Summary One of the most important characteristic data of hearing is, without any doubt, the dynamic range of the sound level, the accurate determination of which is a basic prerequisite for an optimal fitting of hearing aids.

In this conjunction, the methods of pure-tone and speech audiometry, that have been employed for years, are supplemented by the objective examination procedures of ERA (evoked response audiometry), stapedius reflex audiometry and also by otometry, as additional possibilities for expanding the accuracy of hearing aid fitting.

On the basis of the problems of psycho-acoustic perception experiments, a review of the "classical" methods for the determination of the dynamic range is followed by a representation and discussion of the validity and reliability of these additional measuring methods.

lichkeiten, die auch bei der Weiterentwicklung von Hörgeräten neuere Aspekte zur Anpassung erfordern.

Insbesondere die erheblich verfeinerten und vielfältig verwendbaren Regelsysteme der verschiedenen Hörgeräte waren Anlaß, zusätzliche Möglichkeiten zur Untersuchung und Bestimmung des Dynamikbereichs zu eruieren. Diese Abhandlung kann daher kein Leitfaß für die alltägliche Routinearbeit der Hörgeräte-Anpassung sein. Dieser Themenkatalog kann zum Teil der angegebenen Literatur entnommen werden [3], [6], [8], [14], [15], [20], [21], [23], [24], [25].

2. Systematischer Teil

2.1. Einführung in die Problematik psychoakustischer Hörprüfmethoden

Die vielfältigen Versuche von Audiologen und Hörgeräte-Akustikern, die Palette der Hörgeräte-Anpaßmethoden zu erweitern, zeigen die Problematik, die den meist psychoakustisch konzipierten Untersuchungsverfahren anhaftet. Einschränkungen sind bei allen nicht objektiven Hörversuchen durch die Notwendigkeit der Beschreibung (b_{\odot}) eines Merkmals, in der Abb. 1 zum Beispiel der Eingangsgröße S_{\odot} , dem Schallereignis durch den Probanden vorgegeben. Die einzige Möglichkeit der direkten Erfassung des Hörereignisses ist nur über den Selbstversuch (h_{\odot}), in dem Versuchs-person und Versuchsleiter identisch sind, gegeben.

Es ist notwendig, sich dieses Schema psychoakustischer Experimente zu verdeutlichen, wenn Ergebnisse audiologischer Untersuchungen eindeutige Zusammenhänge aufdecken sollen. Dies gilt auch für die entsprechenden Hörtests zum Dynamikbereich des Gehörs.

comprehensive examination procedures. This applies in particular with regard to the increasing electronic possibilities which require new approaches in hearing-aid fitting, especially in the case of the further development of hearing aids.

In particular, the considerably more refined control systems for the various hearing aids, which can be used in a wide variety of ways, represented the occasion for working out additional possibilities for the investigation and determination of the dynamic range. This exposition, therefore, cannot be a guideline for daily routine work in the field of hearing-aid fitting. This aspect of the problem is, in part, dealt with in the referenced literature [3], [6], [8], [14], [15], [20], [21], [23], [24], [25].

2. Systematic section

2.1. Introduction to the problems of psycho-acoustic methods in testing the hearing

The multitudinous attempts of audiologists and hearing-aid acousticians to expand the range of methods for the fitting of hearing aids reflects the problems that attach to the examination procedures which are usually designed as psycho-acoustic tests. In the case of all non-objective hearing tests, restrictions are "pre-programmed" by the necessity of describing (b_{\odot}) a feature — in Fig. 1, for example, the input magnitude S_{\odot} , of the acoustic event, by the test subject. The only possibility of directly establishing the hearing event is by means of a test carried out on oneself (h_{\odot}) in which the test subject and the examiner are one and the same person.

It is necessary to remember this scheme of psycho-

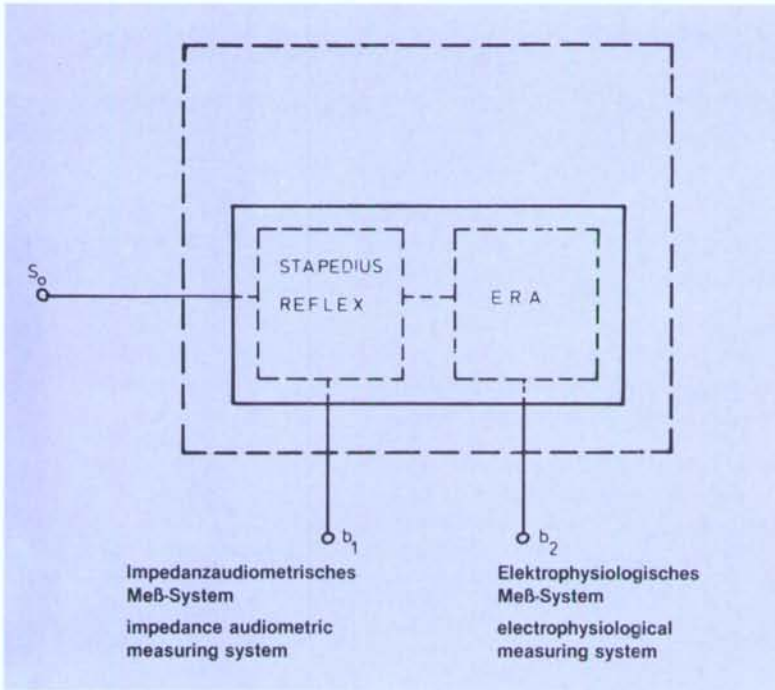


Abb. 2 Schema für objektive Hörprüfmethodelemente einer Person im Hörversuch

Fig. 2 Scheme for objective methods of testing the hearing of a single person

Das von *Blauert* [4] angegebene Schema zur einfachen Darstellung einer Versuchsperson im Hörversuch kann für unsere Fragestellungen zum Dynamikbereich erweitert werden. Notwendig hierfür ist ein direkter Zugriff zu den gestrichelt eingezeichneten Systemelementen, die andeuten, daß h_0 und b_0 nicht identisch sind.

Damit kann das Schema von den psychoakustischen auf die objektiven Hörprüfungen erweitert werden. In Abb. 2 ist diese Möglichkeit durch die Stapediusreflex-Audiometrie und die Methoden der ERA gekennzeichnet, die einen direkten Zugriff zu den in Abb. 1 gestrichelt dargestellten Systemelementen erlauben.

2.2. Das Hörfeld und Parameter einer möglichen Hörschädigung

Abb. 3 verdeutlicht den umfangreichen Informationsgehalt, den die im Hörfeld dargestellten Parameter zur Diagnose von Hörstörungen anbieten. Auf die einzelnen Begriffe, deren Aussage und Nutzeninformation zur Hörgeräte-Anpassung wird in den einzelnen Unterpunkten eingegangen. Leider bringt die »gängige« Tonaudiometrie nicht alle wesentlichen Parameter zur apparativen Rehabilitation. Eine Ursache hierfür liegt in der Verwendung quasi-stationärer reiner Sinustöne,

acoustic experiments when the results of audiological investigations are intended to reveal unequivocal relationships. This also applies to the corresponding hearing tests concerning the dynamic range of the hearing.

The scheme suggested by *Blauert* [4] for the simple representation of a test subject in the hearing test procedure can be expanded to include our query on the dynamic range. A necessity for this is a direct access to the elements of the system marked by dashed lines, which indicate that h_0 and b_0 are not identical.

Thus, the scheme can be expanded from the psychoacoustic tests to include the objective hearing tests. In Fig. 2, this possibility is characterized by the stapedius reflex audiometry and the methods of ERA, which permit a direct access to the system elements marked by dashed lines in Fig. 1.

2.2. The auditory area and the parameters of a possible hearing impairment

Fig. 3 indicates the comprehensive information content provided by the parameters represented in the auditory area, for the diagnosis of hearing impairments. The in-

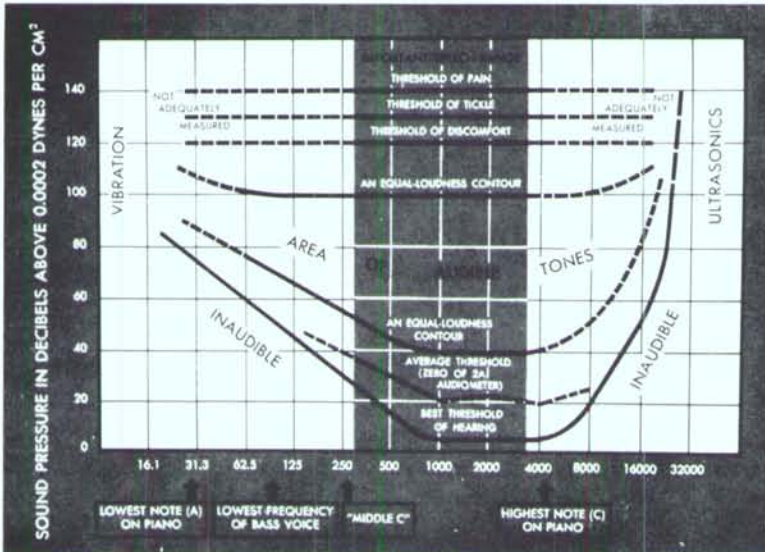


Abb. 3 Hörfeld mit den entsprechenden Frequenz- und Intensitätsbereichen

Fig. 3 Auditory area showing the appropriate frequency and intensity ranges

die als unphysiologisch angesehen werden müssen, weil sie in der Natur kaum vorkommen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit erweiterter apparativer und signal-spezifischer Verfahren. So kann zum Beispiel mit Schmalbandrauschen die Bestimmung der frequenzabhängigen Unbehaglichkeitsschwelle realisiert werden. Dies führt letztlich zum Einsatz von Sprachsignalen und zur Auswertung der sprachaudiometrischen Daten.

Die zuletzt angesprochenen Komponenten sind zur Bestimmung des Dynamikbereichs unverzichtbar, sie sind jedoch nicht Gegenstand dieser Abhandlung. Trotzdem sollten sie für das Ziel einer Hörgeräte-Versorgung, nämlich die Optimierung des Sprachverstehens, nicht aus den Augen verloren werden.

Aus dem dargestellten Hörfeld lassen sich recht einfach die möglichen Parameter einer Hörschädigung ableiten. Dem in Abb. 4 dargestellten Schema von Keller [10] können die beliebig miteinander kombinierbaren wesentlichen Parameter einer Störung des Hörorgans entnommen werden. Auf alle Verlustebenen kann im einzelnen nicht eingegangen werden. Unser Interesse wird sich vornehmlich auf das Phänomen des Dynamikverlustes beschränken.

Verallgemeinert umschreibt eine reduzierte Dynamik des Gehörs bekanntlich das Phänomen, daß der Hörbereich zwischen Hörschwelle und Unbehaglichkeitsschwelle eingengt ist. Damit ist der etwa 100-120 dB umfassende Dynamikbereich des Normalhörenden

dividual terms, their significance and useful information they provide for the fitting of hearing aids will be dealt with the individual subsections. Unfortunately, the "common" pure-tone audiometry does not provide all the parameters important for a hearing-aid rehabilitation of the patient. One reason for this is to be seen in the use of quasi stationary, pure sinusoidal tones which must be considered to be non-physiological since they hardly ever occur in nature. As a result, there is a need for more extensive apparatus-mediated and signal-specific procedures. Thus, for example, the de-

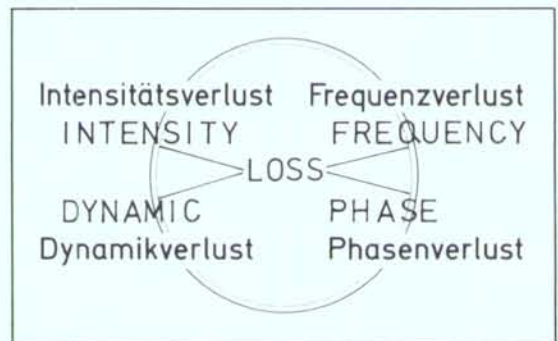


Abb. 4 Parameter einer möglichen Hörschädigung (nach Keller [10])

Fig. 4 Parameters of a possible hearing impairment (after Keller [10])

entsprechend des vorliegenden Hörschadens zur Sprachperzeption nicht mehr verfügbar.

Derartige Einengungen der Dynamik finden sich fast ausnahmslos bei reinen Innenohrschädigungen. Cochleäre Hörstörungen sind häufig durch ein Recruitment gekennzeichnet, bei dem nach *Spreng* [27] im unteren Intensitätsbereich ein vermindertes Hörvermögen, bei höheren Intensitäten aber ein normales Hören vorliegt. Diese Definition stimmt recht gut mit dem von *Klinke* [13] vermuteten normalen Verlauf der Tuningkurven im oberen Intensitätsbereich überein. Erklärungen zur Funktion der inneren und äußeren Haarzellen beim Recruitment bedürfen in diesem Zusammenhang sicherlich einer Überprüfung.

Zusätzlich kann sowohl bei cochleären als auch bei rein neuronalen Hörstörungen eine ausgeprägte Lärmempfindlichkeit den Dynamikbereich (Restbereich) weiter reduzieren. Diese Komponente ist durch eine herabgesetzte Unbehaglichkeitsschwelle gekennzeichnet.

Wie Untersuchungen zum Recruitment (*Opitz* [22]) und zur Unbehaglichkeitsschwelle zeigen, sind diese Größen ebenso wie die Hörschwelle häufig frequenzabhängig. Damit werden Forderungen nach einer frequenzgerechten Dynamikkompression für Hörgeräte offensichtlich.

Da der überwiegende Teil Hörgeschädigter, denen mit einem Hörgerät geholfen werden kann (*Keller* [9]), sensori-neurale Hörstörungen mit entsprechenden Dynamikverlusten aufweist, zeigt sich die Bedeutung einer ausreichenden Bestimmung der Restdynamik.

Zusätzlich muß zwischen den Hörverlusten mit oder ohne Recruitment und normaler Unbehaglichkeitsschwelle und den Hörschäden mit Lärmempfindlichkeit differenziert werden. Bei den vielfältigen Möglichkeiten des Dynamikverlustes und dessen Kompensation durch entsprechende Kompressions- oder PC-Systeme (oder deren Kombination) sind geeignete Untersuchungsmethoden eine »conditio sine qua non«. Die Untersuchungsergebnisse bestimmen letztlich für optimal ausgestattete Hörgeräte den Erfolg oder Mißerfolg einer ausreichenden Hörgeräte-Versorgung.

2.3. »Meßbare« Parameter zur Erfassung des Dynamikbereichs

In der einfachsten Form ist der Dynamikbereich des Hörfelds als Differenzwert aus US und HS bestimmbar (Abb. 5). Eine derartig ermittelte Dynamikbreite setzt jedoch voraus, daß neben der Normhörschwelle auch die Unbehaglichkeitsschwelle, zumindest beim Normalhörenden, durch einen Normwert gekennzeichnet ist. Zweifel kommen auf, wenn man Untersuchungen

termination of the frequency-dependent threshold of discomfort can be realized by employing narrow-band noise. This leads, in the last resort, to the use of speech signals and to the evaluation of the speech-audiometric data.

The last-mentioned components are indispensable for the determination of the dynamic range, but they are not the object of this discussion. Nevertheless, for the objective of the provision of a hearing aid, namely the optimization of speech intelligibility, they should not be lost sight of.

From the acoustic field represented, the possible parameters of a hearing impairment can easily be deduced. The essential parameters of a disorder of the organ of hearing, which can be combined at will, can be obtained from *Keller's* scheme [10], represented in Fig. 4. We cannot deal in detail with all the loss planes. Our interest will be restricted, in the main, to the phenomenon of loss of dynamic range.

Speaking generally, a reduced dynamic range of the ear, as is well known, describes the phenomenon in which the hearing range between the threshold of hearing and the threshold of discomfort is restricted. The result is that the dynamic range of about 100-120 dB seen in the normal-hearing person is, depending upon the hearing impairment involved, no longer available for the perception of speech.

Such restrictions of the dynamic range are seen almost exclusively in pure inner ear disorders. Cochlear hearing disturbances are frequently characterized by a recruitment which, according to *Spreng* [27] results in a reduction in hearing ability in the lower intensity range in the presence of normal hearing at higher intensities. This definition conforms well with the normal course of the tuning curves in the upper intensity range as suspected by *Klinke* [13]. Explanations as to the function of the internal and external hair cells in recruitment, certainly need reviewing in this connection.

In addition, both in the case of cochlear and purely neural hearing impairment, a marked sensitivity to noise can further reduce the dynamic range (residual range). This element is characterized by a lowered threshold of discomfort.

As investigations on recruitment (*Opitz* [22]) and studies on the threshold of discomfort show, these magnitudes are, in common with the threshold of hearing, often dependent upon frequency. This explains why demands are being made for a frequency-oriented dynamic compression for hearing aids.

Since the greater number of hearing-impaired persons who can be helped with a hearing aid (*Keller* [9]) manifest sensorineural hearing impairment with corre-

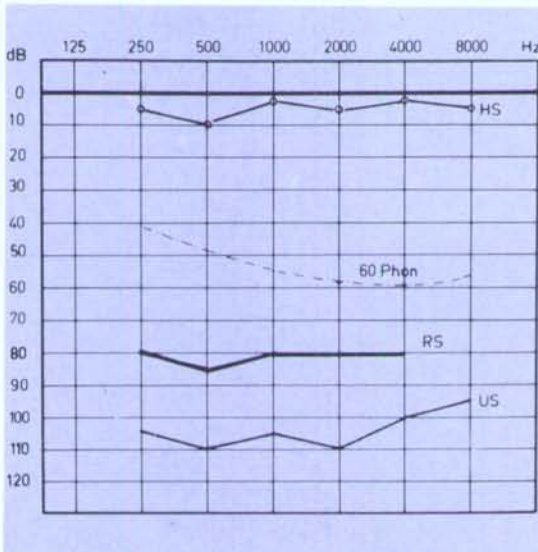


Abb. 5 Parameter des Tonaudiogramms: Hörschwelle (HS), Reflexschwelle (RS), Unbehaglichkeitsschwelle (US) und der Bereich des angenehmen Hörens (60 Phon)

Fig. 5 Parameters of the pure-tone audiogram: Threshold of hearing (HS), reflex threshold (RS), threshold of discomfort (US) and the range of comfortable loudness (60 Phon)

von Spreng [26], [28] zur Unbehaglichkeitsschwelle und Schmerzschwelle entnimmt, daß erstere wahrscheinlich bei niedrigeren Werten als bei ca. 120 dB liegt. Diese Ergebnisse wurden auch durch entsprechende elektrophysiologische Messungen gestützt [28].

In diesem Zusammenhang wird offensichtlich, daß mit den ermittelten Daten dieser beiden Schwellen eine Restdynamik zwar einfach berechenbar ist, die Bezugspunkte dieses Differenzwertes jedoch durch andere Fakten beeinflußt und verändert sein können. Hierzu gehören nicht nur Art und Grad einer Hörstörung, sondern auch psychologische, physikalische und phonetische Gegebenheiten, die durch die Umgebungswelt des Patienten determiniert sind. Derartige Einschränkungen führen notwendigerweise zur Suche nach anderen Bezugspunkten, die unabhängiger von den oben aufgeführten, häufig nicht kontrollierbaren Fakten sind.

So untersuchten Bernath u. a. [1] die funktionellen Zusammenhänge zwischen HS, US, RS einerseits und dem Sprachverständnis andererseits. Ebenfalls versuchen Bernath u. a. [2] mögliche Korrelationen zwi-

spendend dynamic range losses, the importance of an adequate determination of the residual dynamic range can be recognized.

In addition, a differentiation must be made between hearing losses with or without recruitment and normal threshold of discomfort and the hearing impairments with sensitivity to noise. In view of the numerous possibilities of a dynamic range loss and its compensation by means of appropriate compression or PC systems (or a combination of them), suitable examination techniques are a "conditio sine qua non". After all, for optimally equipped hearing aids, the results of such investigation determine the success or lack of success of an adequate hearing-aid fitting.

2.3. "Measurable" parameters for the determination of the dynamic range

In the simplest form, the dynamic range of the auditory area can be determined as the difference between the threshold of discomfort and the threshold of hearing (Fig. 5). A dynamic range determined in such a way, however, requires that, in addition to the normal threshold of hearing, the threshold of discomfort — at least in the normal-hearing person — should also be characterized by a standard value. Doubts occur when one sees from investigations carried out by Spreng [26], [28] on the threshold of discomfort and the threshold of pain, that the former probably lies at lower values than about 120 dB. These results have been supported by corresponding electrophysiological measurement [28].

In this connection it becomes clear that, although a residual dynamic range is easy to compute from the data established for these two thresholds, the reference points of this differential value can, however, be influenced and modified by other factors. Among these we find not only the nature and degree of a hearing impairment but also psychological, physical and phonetic circumstances which are determined by the environment of the patient. Such restrictions lead, of necessity, to a search for other reference points which are less dependent upon the above-mentioned, frequently not controllable, factors.

Thus, Bernath et al. [1] investigated the functional relationships between the threshold of hearing, the threshold of discomfort and the reflex threshold, on the one hand, and speech intelligibility on the other. Likewise, Bernath et al. [2] made an attempt to establish possible correlations between the reflex threshold and the threshold of discomfort on the one hand and personality dimensions on the other.

Closely bound up with these questions are the numer-

schen RS und US und den Persönlichkeitsdimensionen zu ermitteln.

Eng verbunden mit diesen Fragestellungen sind die vielfältigen Untersuchungen zum Bereich des »angenehmen« Hörens. Da die Isophone angenehmen Hörens zwischen HS und US liegen, bietet sich der Versuch an, sie als Bezugspunkt einer Hörgeräte-Anpassung zu verwenden. Dabei wird häufig übersehen, daß keine eindeutige Korrelation zum Dynamikverlust vorliegt. Dies konnte in umfangreichen Untersuchungen zur Otometrie an unserer Klinik nachgewiesen werden. Letztlich können nur die Ergebnisse mehrerer Untersuchungsmethoden ausreichende Aussagen zum tatsächlichen Dynamikverlust erbringen.

Ergänzend zu den in Abb. 5 dargestellten hier interessierenden Parametern des Hörfelds, soll die Notwendigkeit des Toleranztests nicht unterschätzt werden, auch wenn man aufgrund entsprechender Untersuchungen (Keller [9]) den Wert der Unbehaglichkeitsschwelle von 500 Hz als Richtwert der Sprachtoleranz verwenden könnte. Zwei Beispiele sollen in diesem Zusammenhang die Möglichkeiten und Fehldeutungen der Verwendung von HS, US und RS allein oder kombiniert zur Bestimmung von Dynamikbereich und Isophonen des angenehmen Hörens andeuten.

Abb. 6 zeigt den Fall einer beidseitigen mittelgradigen sensori-neuralen Schwerhörigkeit unklarer Genese mit

ous investigations in the range of comfortable loudness. Since the isophones of comfortable hearing lie between the hearing threshold and the threshold of discomfort, it would seem obvious to use them as a reference point for the fitting of a hearing aid. It is, however, often forgotten that there is no unequivocal correlation to the loss of sound volume range. This was demonstrated in extensive otometric investigations at our hospital. In the last resort, only the results of several examination procedures can provide adequate information as to the actual loss of dynamic range.

Supplementary to the parameters of the auditory area of interest here and illustrated in Fig. 5, the necessity of the tolerance test should not be underestimated, even if, on the basis of appropriate investigations (Keller [9]), the level of the threshold of discomfort at 500 Hz might be used as the guiding value of speech tolerance. In this connection, two examples might serve to indicate the possibilities and misinterpretations of the use of the hearing threshold, the threshold of discomfort and the reflex threshold either alone or combined, for the determination of the dynamic range and the isophones of comfortable hearing.

Fig. 6 shows a case of bilateral, medium sensori-neural hearing impairment of unknown genesis with the intensity values of the reflex threshold and the threshold of discomfort for pure tones entered. This

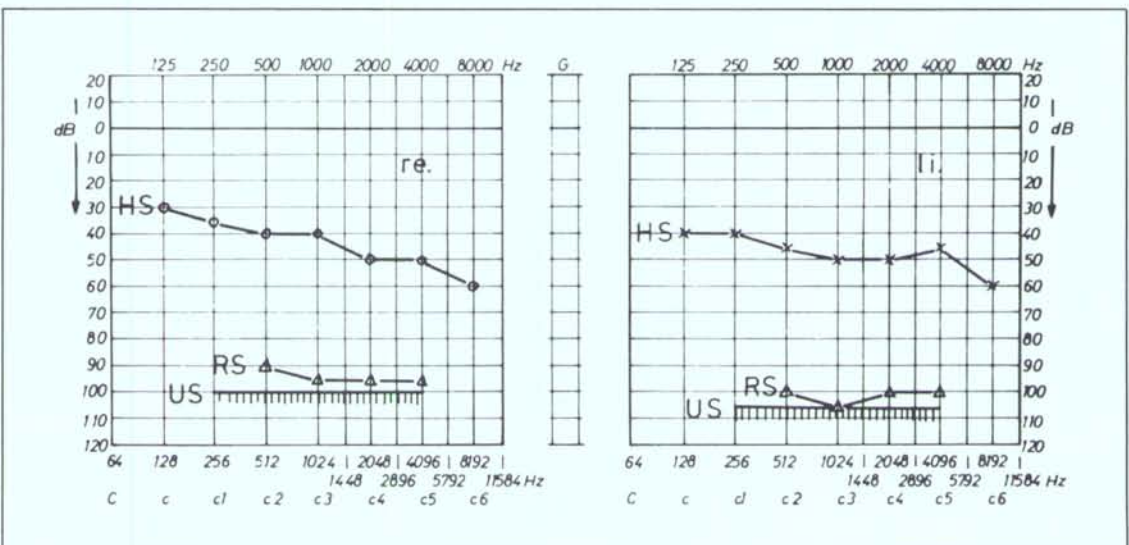


Abb. 6 Beispiel einer mittelgradigen pancochlären Hörstörung mit Hörschwelle (HS), Reflexschwelle (RS) und Unbehaglichkeitsschwelle (US)

Fig. 6 An example of a medium-grade pancochlear hearing impairment showing the threshold of hearing (HS), the reflex threshold (RS) and the threshold of discomfort (US)

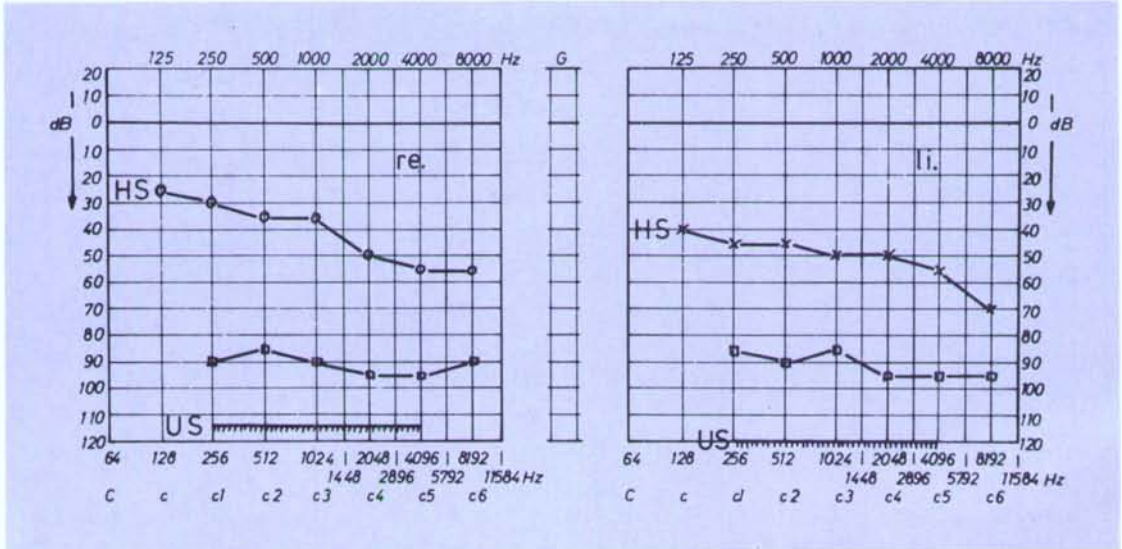


Abb. 7 Beispiel einer mittelgradigen pancochleären Hörstörung mit Hörschwelle (HS) und Unbehaglichkeitsschwelle (US) sowie Bereich des angenehmen Hörens (□—□)

Fig. 7 An example of a medium-grade pancochlear hearing impairment showing the threshold of hearing (HS) and the threshold of discomfort (US) together with the range of comfortable loudness (□—□)

ingezeichneten Intensitätswerten der Reflex- und der Unbehaglichkeitsschwelle für Töne. Dieses Beispiel macht offensichtlich, daß die Stapediusreflex-Schwelle allein als Anhalt zur Bestimmung des Dynamikbereichs zu einer völlig verkehrten Einstellung der Kompression führen würde.

Das zweite Beispiel ist durch eine ebenfalls mittelgradige sensori-neurale Hörstörung gekennzeichnet (Abb. 7). Es werden jedoch keine Reflexe, eine Unbehaglichkeitsschwelle bei etwa 110 dB und ein Bereich des angenehmen Hörens mittels der Otometrie bei etwa 90-100 dB ermittelt. Die ergänzende Bestimmung der optimalen Sprachdiskrimination wies auf einen notwendigen Sprachschallpegel um 100 dB hin. Hier hätten einzelne Bestimmungsstücke oder auch ihre Kombination, zum Beispiel die Ermittlung des Isophonendifferenzmaßes, auf eine Fehlanpassung bei einer notwendigen Hörgeräte-Versorgung hingeführt.

Die geschilderten Fälle machen offensichtlich, wie leicht eine einseitige Verwendung nur eines Parameters oder auch der beiden Größen HS und US allein zur Fehldeutung der vorhandenen Restdynamik führen. Die vielfältigen Versuche, aus den einzelnen Größen oder aus deren Kombination Aussagen zum Dynamikbereich oder zum Bereich des angenehmen Hörens zu

example makes it clear that the Stapedius reflex threshold alone, as the basis for the determination of the dynamic range would lead to a completely erroneous setting of the compression.

The second example is also characterized by a moderate sensorineural hearing impairment (Fig. 7). However, no reflexes are determined, but a threshold of discomfort at some 110 dB and a range of comfortable loudness — with the aid of otometry — at some 90 to 100 dB. The supplementary determination of the optimal speech discrimination indicated a necessary speech intensity level of about 100 dB. Here, individual determination elements or even their combination, for example, the establishment of the measure for the isophone differential, would have led to a "misfit" of a necessary hearing aid.

The cases described make it clear how easily a one-sided use of only one of the parameters or even of the two magnitudes threshold of hearing and threshold of discomfort alone can lead to a misinterpretation of the residual dynamic range still present. The multifarious attempts to obtain information as to the dynamic range or the range of comfortable loudness from the individual magnitudes or their combination reveal the relationships indicated in Fig. 8 by dashed lines. Based

machen, zeigen die in Abb. 8 gestrichelt eingezeichneten Zusammenhänge. Bei eindeutigen Aussagen bieten die aufgeführten einzelnen Bestimmungsstücke durchaus die Möglichkeiten einer optimalen Hörgeräte-Anpassung. Abb. 9 weist auf die Korrelation zwischen Stapediusreflexen und Unbehaglichkeitsschwelle einerseits und den Einstellmöglichkeiten von Hörgeräten andererseits hin. Ergänzend ist auch hier die Otometrie zugefügt, die jedoch nach unseren bisherigen Erfahrungen insbesondere zur Dynamikkompression wenig bzw. keine Einstellmöglichkeiten zuläßt.

2.4. Überschwellige audiologische Untersuchungsverfahren zur Hörgeräte-Anpassung

Das abschließende Kapitel soll einzelne spezielle Untersuchungsverfahren zur Bestimmung des Dynamikbereichs und zur Hörgeräte-Anpassung näher erläutern. Versuche über die Stapediusreflexe, die Otometrie und die Methoden der ERA vorab Hinweise zur Kompressionseinstellung zu erhalten, sollen in diesem Zusammenhang kritisch untersucht werden. Ebenfalls soll analysiert werden, inwieweit diese Untersuchungsverfahren bei der Hörgeräte-Anpassung Verwendung finden können, um eine optimale Nutzung der Restdynamik des Gehörs zu gewährleisten.

In Untersuchungen zum Stapediusreflex-Verhalten im reflexüberschwelligen Intensitätsbereich haben wir bei kontinuierlicher Intensitätszunahme bzw. -abnahme für Dauer- und Pulstöne die Kontraktion des Musculus stapedius registriert [31]. Primär sollten im klinischen Bereich durch diese Methode zusätzliche Diagnosehinweise zur Differenzierung zwischen cochleären und retrocochleären Hörstörungen erhalten werden.

In ergänzenden Versuchen zur Hörgeräte-Anpassung zeigte diese Methode bei vorausgesetzt intakten Mittelohren gute Möglichkeiten zur Einstellung der notwendigen Verstärkung sowie einer Kompression oder Begrenzung. Über die entsprechenden Versuchsabläufe sowie über Ergebnisse dieser Methode haben wir an anderer Stelle berichtet. Eine ergänzende Arbeit zur Verwendung dieser »überschwelligen« Stapediusreflex-Audiometrie zur Hörgeräte-Anpassung wird demnächst diese Untersuchungen ergänzen. In ähnlichen Untersuchungen hat Kießling [11], [12] das überschwellige Reflexverhalten bei Anpassungen mit nicht kooperativen Patienten, insbesondere bei Kleinkindern, in sein Untersuchungsspektrum einbezogen.

Er versucht ebenfalls wie mit der von uns vorgestellten Methode der kontinuierlichen Stapediusreflex-Registrierung die Eingangs-Ausgangs-Kennlinie des krankhaften Gehörs mit Hilfe eines geeigneten Hörgerätes an

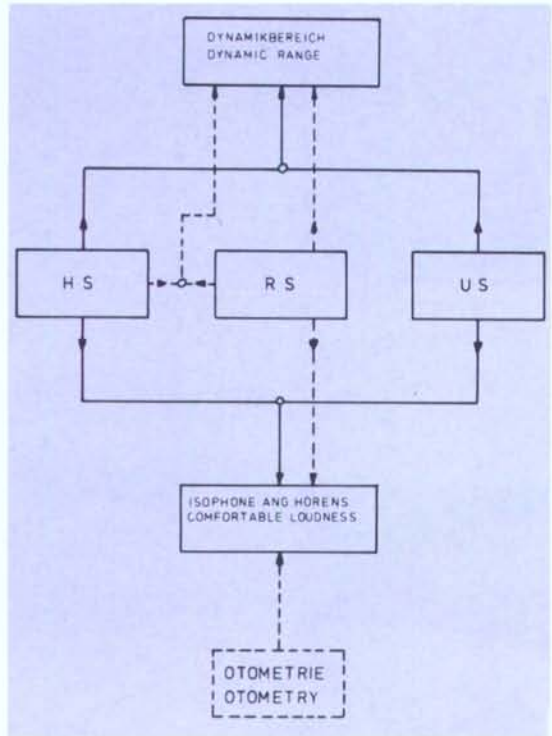


Abb. 8 Bestimmung des Dynamikbereichs und der Isophone des angenehmen Hörens über die in Abb. 5 dargestellten Hörfeldparameter; gestrichelt eingezeichnet sind die kritischen Zusammenhänge

Fig. 8 Determination of the dynamic range and the isophones of comfortable loudness via the auditory area parameters represented in Fig. 5; the critical relationships are shown by means of dashed lines

on unequivocal information, the individual determining elements indicated, certainly make it possible to effect an optimal hearing-aid fitting. Fig. 9 reveals the correlation between the stapedius reflexes and threshold of discomfort on the one hand and the setting possibilities of hearing aids on the other. For the sake of completeness, otometry has been added, here, too; in accordance with our experience to date, however, it permits, in particular with respect to the dynamic range compression, little or no setting possibilities.

2.4. Supraliminal audiological examination procedures for hearing-aid fittings

The final chapter will deal in more detail with some special examination procedures for the determination

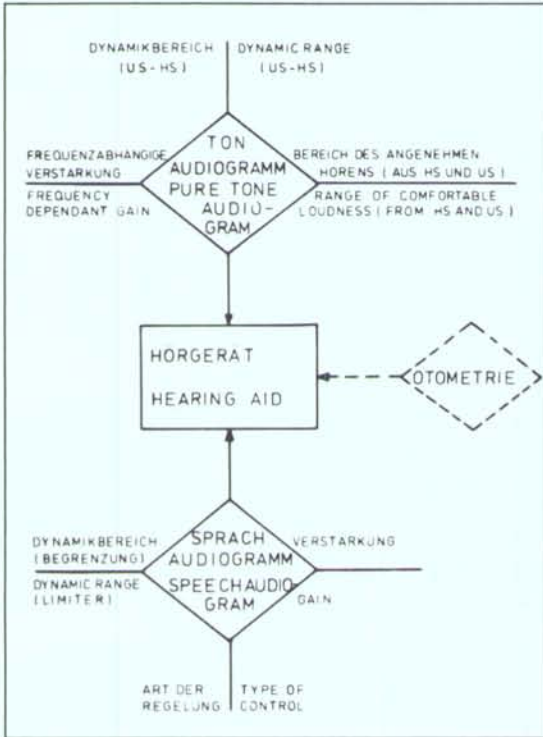


Abb. 9 Einstellmöglichkeiten am Hörgerät aus dem Tonaudiogramm, dem Sprachaudiogramm und der Otometrie

Fig. 9 Setting possibilities for the hearing aid obtained from the pure-tone audiogram, the speech audiogram and the otometric examination

erstellte Norm-Kennlinien Normalhörender anzunähern. Durch Einsatz eines Mittelwertrechners erreicht er eine größere Genauigkeit der Reflexschwellen und damit präzisere Einstellmöglichkeiten der Hörgeräte.

Ausgehend von der Notwendigkeit verbesserter Einstellmöglichkeiten von Hörgeräten bei Kleinkindern beschreibt Leitner [16] Kontraktionsphänomene nach Reizende für Breitbandrauschen. Danach unterscheiden sich als »unbehaglich« empfundene Lautstärken von geringeren Intensitätspegeln durch eine verlängerte Kontraktion nach Reizende (Abb. 10). Nach Leitner lassen sich damit objektive Einstellmöglichkeiten bei AGC-Geräten realisieren.

Zu den Möglichkeiten und Begrenzungen der bisher verwendeten otometrischen Anpassungen über den Bereich des angenehmen Hörens wurde ausführlich be-

achtet der dynamischen Reichweite und für die Anpassung von Hörgeräten. In diesem Zusammenhang, Versuche, im Voraus Hinweise auf die Kompressions-Einstellung durch die Mittelohrreflexe, Otometrie und die Methoden der ERA, werden kritisch untersucht. Außerdem wird eine Analyse des Grades durchgeführt, in dem diese Untersuchungsverfahren bei der Anpassung von Hörgeräten eingesetzt werden können, um eine optimale Nutzung des verbleibenden dynamischen Bereichs des Gehörs zu gewährleisten.

In Untersuchungen über das Verhalten des Mittelohrreflexes im Intensitätsbereich oberhalb der Reflexschwelle, wurden die Kontraktion des Mittelohrreflexmuskels bei kontinuierlich ansteigender und abnehmender Intensität bei kontinuierlichen und pulsierten Reizen [31]. In der ersten Instanz, im klinischen Bereich, wurde diese Methode zur zusätzlichen diagnostischen Information für die Unterscheidung zwischen cochleären und retrocochleären Gehörstörungen eingesetzt.

In ergänzenden Versuchen über die Anpassung von Hörgeräten, wurde festgestellt, dass gute Möglichkeiten für die Einstellung der notwendigen Verstärkung und einer Kompression oder Begrenzung vorliegen, wenn das Mittelohr intakt ist. Wir haben dies an anderen Stellen in entsprechenden Versuchsberichten und den daraus resultierenden Ergebnissen berichtet. Diese Untersuchungen werden durch weitere Arbeiten über die Anwendung dieses »supraliminalen« Mittelohrreflexaudiogramms für die Anpassung von Hörgeräten ergänzt. In ähnlichen Untersuchungen, Kiefling [11], [12] untersuchte das Verhalten des Mittelohrreflexes bei der Anpassung von Hörgeräten für nicht kooperierende Patienten, insbesondere für junge Kinder, im Bereich der Untersuchungen.

Ähnlich der Methode der kontinuierlichen Mittelohrreflexaufzeichnung, die von uns eingeführt wurde, versuchte er, die Input/Output-Charakteristiken des pathologischen Gehörs an den Standardcharakteristiken normaler Gehörte anzunähern, wobei er die Hilfe eines Mittelwertrechners benutzte. Durch die Verwendung eines Mittelwertrechners erreichte er eine größere Genauigkeit der Reflexschwellen und damit präzisere Einstellmöglichkeiten der Hörgeräte.

Startend von der Voraussetzung der Notwendigkeit für verbesserte Einstellmöglichkeiten für Hörgeräte bei Kleinkindern, Leitner [16] beschreibt Kontraktionsphänomene nach dem Ende der Stimulation für Breitbandrauschen. Entsprechend seinen Ergebnissen, wurden Intensitäten empfunden, die als »unbehaglich« von niedrigeren Intensitätspegeln durch eine verlängerte Kontraktion am Ende der Stimulation (Abb. 10). Entsprechend Leitner, lassen sich damit objektive Einstellmöglichkeiten für AGC-Einheiten auf der Grundlage dieses Phänomens realisieren.

Detaillierte Berichte über die Möglichkeiten und Begrenzungen der otometrischen Anpassungen über den Bereich des angenehmen Hörens wurden ausführlich be-

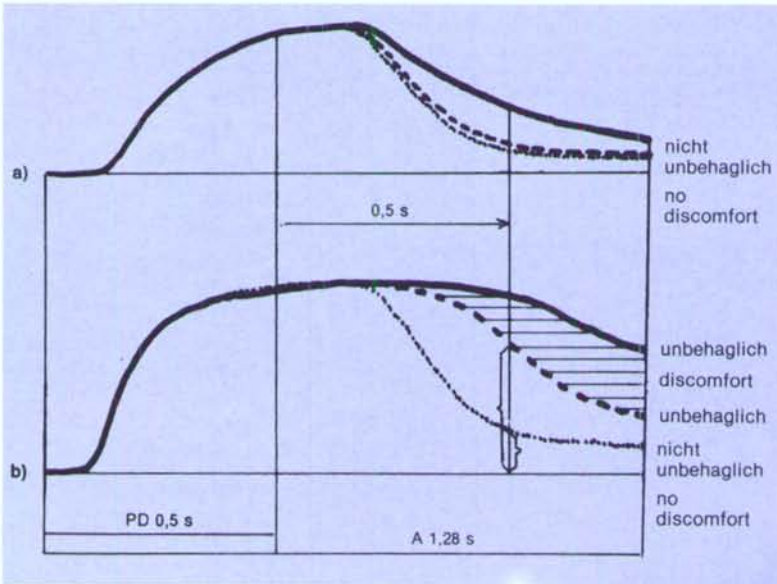


Abb. 10 Veränderungen der post-stimulatorischen Phase des Kontraktionsverhaltens des Stapediusreflexes als Hinweis auf eine optimale Hörgeräte-Anpassung (aus Leitner [16])

Fig. 10 Changes in the post-stimulatory phase of the contraction behaviour of the stapedius reflex as an indication for an optimal hearing-aid fitting (from Leitner [16])

richtet [5], [29], [30], [32]. Die Problematik lag bisher in der Verwendung dieser Methode zur Anpassung von Hörgeräten mit Kompression.

Nach Leitner [17], [18] ergeben sich mit einer auf der Basis der Otometrie erstellten Meßanordnung durch Verwendung von Schmalbandrauschimpulsen bei einem zusätzlichen Hintergrundgeräusch von ca. 40 dB neben einer optimalen Einstellung der Grundverstärkung Möglichkeiten, die notwendige Kompression über den Bereich des angenehmen Hörens korrekt einzustellen. Ergebnisse zu dieser Anpaßmethode sind demnächst aufgrund umfangreicher Reihenuntersuchungen an verschiedenen Kliniken und Hörgeräte-Instituten zu erwarten. Zur Zeit sind wir durch unsere bisherigen Erfahrungen mit der Otometrie, die sich vornehmlich des von Victoreen [29] vorgeschlagenen »damped wave train« bedient, skeptisch, ob sich dieses Anpaßsystem, ergänzt durch die Stapediusreflex-Audiometrie und eine einfache Hörgeräte-Meßbox als Kompaktanlage, durchsetzen wird.

Als letzte der zur Hörgeräte-Anpassung verwendbaren objektiven Untersuchungsmethoden sollen die Möglichkeiten elektrophysiologischer Hörprüfungen nicht unerwähnt bleiben. Ist der apparative Aufwand zwar beträchtlich und daher vornehmlich Universitätskliniken und größeren Krankenhäusern vorbehalten, so ist der Wert dieser Hörtests doch unumstritten [7].

Nicht nur zur Bestimmung des Hörvermögens sowie

method for the fitting of hearing aids with compression.

According to Leitner [17], [18], with the aid of a measuring set-up arranged on the basis of otometry, and by employing narrow-band noise pulses in the presence of an additional background noise of approximately 40 dB, in addition to an optimal setting of the basic gain, possibilities are also obtained of correctly setting the necessary compression over the range of comfortable loudness. In the near future, results obtained with this fitting method, on the basis of comprehensive mass investigations in various hospitals and hearing-aid institutes are to be expected. At the present moment, through our previous experience with otometry, which, in particular, makes use of the "damped wave train" proposed by Victoreen [29], we are doubtful that this fitting system, supplemented by the stapedius reflex audiometry method and a simple hearing aid measuring box in the form of a compact device will find general acceptance.

As the last objective examination method that might be used for the fitting of hearing aids, the possibility of electro-physiological testing of hearing should not go unmentioned. Although the expenditure in terms of equipment is considerable and therefore "reserved" largely for university hospitals and other large hospitals, the value of this hearing test is unquestioned [7].

The analytical ERA methods can be employed, not

veränderter Verarbeitungsmuster im überschwelligem Bereich wie Recruitment etc. können die Analysemethoden der ERA verwendet werden. Bei nicht kooperativen Probanden, insbesondere bei Kleinkindern, kann das Hörvermögen mit angepaßtem Hörgerät überprüft werden. Es kann also eine objektive Aufblähkurve erstellt, sowie im überschwelligem Bereich eine Korrektur der Eingangs-Ausgangs-Kennlinie durch optimale Einstellung der Kompression erreicht werden.

Neben den langsamen Rindenpotentialen, deren evozierte Reizantworten bei Beschallung mit Tonimpulsen von etwa 500 ms Zeitdauer und etwa 15-20 ms Anstiegsflanke registriert werden, können auch die Reizantworten der Hirnstammpotentialen bei Reizung durch Tonbursts mit gaußförmiger Hüllkurve ausgewertet werden.

In diesem Zusammenhang wäre eine Bestimmung des Bereichs des angenehmen Hörens über diese Tonbursts ein erstrebenswertes Ziel, da dann eine objektive Ermittlung der Isophone des angenehmen Hörens die Anpassung frequenzspezifisch optimieren würde. Auf der Basis der *Victoreen*schen Impulse bestehen bereits ERA-Anlagen. Das Reizantwortmuster der von uns mit dieser Signalform registrierten Potentiale des Hirnstamms zeigt Abb. 11. Einschränkend muß jedoch an dieser Stelle wiederum auf die Problematik der Anpas-

only for the determination of the hearing ability and the altered processing patterns in the above-threshold range, such as recruitment, etc.; in the case of non-cooperative patients, in particular young children, they can also be used to test the hearing ability of a subject fitted with a hearing aid. Thus, an objective "inflation curve" can be obtained, and also, in the supraliminal range, a correction of the input/output characteristics achieved by effecting an optimal setting of the compression.

In addition to the slow cortical potentials, whose evoked responses to stimulation with sound in the form of pure-tone pulses of some 500 ms duration and some 15-20 ms leading edge, are recorded, the responses of the brain stem potentials to stimulation with tone bursts with a Gaussian envelope curve can also be evaluated.

In this connection, the determination of the range of comfortable loudness using these tone bursts would be a desirable goal, since then, an objective determination of the isophones of comfortable loudness would optimize the fitting, frequency-specifically. ERA set-ups based on the *Victoreen* impulses are already available. The response-to-stimulus pattern of the potentials of the brain stem we have recorded with this signal form can be seen in Fig. 11. At this point, however, we must

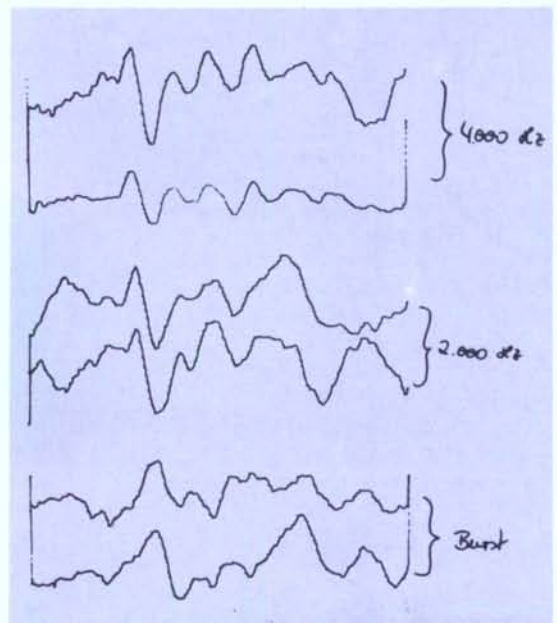


Abb. 11 Reizantworten der Hirnstammpotentialen für einen 2.5 kHz-Impuls mit gaußförmiger Hüllkurve (unten) sowie für den »damped wave train« mit 2 kHz und 4 kHz nach *Victoreen* [29]

Fig. 11 Response of the brain-stem potentials to stimulation by a 2.5 kHz pulse with a Gaussian envelope curve (below) and also the "damped wave train" at 2 kHz and 4 kHz after *Victoreen* [29]

sung von Hörgeräten mit Kompression hingewiesen werden.

Dieses Handicap könnte durch Verwendung von Impulsen mit gaußförmiger oder Trapez-Hüllkurve beseitigt werden. Zur Zeit nehmen die objektiven Methoden der ERA zur Hörgeräte-Anpassung nur einen geringen Prozentsatz der von uns durchgeführten Gesamtanpassungen ein. Die Möglichkeiten der objektiven Ermittlung von Art und Grad einer Hörstörung mittels dieser Methoden bleiben trotz einschränkender Kritik an der Frequenzspezifität der schnellen Potentiale und der häufigen Falsch-Negativ-Aussagen der langsamen Rindopotentiale unumstritten.

3. Diskussion und Zusammenfassung

Das dargestellte Untersuchungsspektrum zum Dynamikbereich und zur Hörgeräte-Anpassung macht offensichtlich, daß es zur Zeit keine Meßmethode gibt, die allein zur Einstellung einer optimalen Kompression Verwendung finden könnte.

Fast durchweg müssen die Ergebnisse mehrerer Methoden verglichen werden, um kombiniert den Restdynamikbereich des pathologischen Gehörs weitgehend zu nutzen.

Neben Unzulänglichkeiten und Einschränkungen, die fast jeder Meßmethode anhaften, man denke zum Beispiel bei der Verwendung der Stapediusreflex-Audiometrie an ein notwendigerweise intaktes Mittelohr oder bei der ERA an ein verwendbares EEG, werden zusätzliche Probleme durch apparative Begrenzungen aufgeworfen. Zur Zeit verfügbare Hörgeräte weisen meist eine frequenzunabhängige Dynamikkompression auf, wo doch in vielen Fällen, zum Beispiel bei einem Hochtonhörverlust mit zusätzlichem Recruitment, nur in diesem Frequenzbereich eine Kompression von Nöten wäre. Daher muß man bei vielen Anpassungen Kompromisse schließen, die bei einer möglichen Multi-Kompressionsregelung, wie sie bereits vielfach experimentell erprobt wurde [19], nicht notwendig wären.

Die Zukunft wird zeigen, ob von der Industrie die Möglichkeiten der heute verfügbaren Technologien auch für die Entwicklung digitaler Hörgeräte oder sogar mikroprozessorengesteuerter Verstärkungs-, Filter- und Regelsysteme angenommen werden. Im Zusammenhang mit einer ausreichenden audiologischen Palette zur Einstellung der notwendigen Bestimmungsstücke des vorhandenen Restgehörs sollten dann auch weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Hörgeräte-Anpassung möglich sein.

qualify this statement by again drawing attention to the problems of fitting hearing aids with compression.

This difficulty might be eliminated by the use of impulses with a Gaussian or trapezium-shaped envelope curve. At the present time, the objective methods of ERA for the fitting of hearing aids represent only a small percentage of the total fittings we have carried out. Despite qualifying criticism of the frequency-specificity of the fast potentials and the frequent false-negative information provided by the slow cortical potentials, the possibilities of objective determination of the nature and degree of a hearing impairment with the aid of these methods remain unquestioned.

3. Discussion and summary

The described spectrum of examinations as to the sound volume range and the fitting of hearing aids makes it clear that, at the present time, there is no measuring method available which, on its own, might be used for the setting of optimal compression.

In almost every case, the results of a number of methods must be compared and combined in order to be able to make good use of the residual dynamic range in pathological hearing.

Apart from shortcomings and limitations which apply to almost any measuring method — consider, for example, the necessity of an intact middle ear when using stapedius reflex audiometry or a useful EEG in the case of ERA — additional problems arise due to equipment-related restrictions. The hearing aids, presently available usually manifest a frequency-independent compression of the dynamic range, although, in numerous cases, for example, a hearing loss for high-frequency tones with additional recruitment, compression would be a requirement only in this frequency range. As a result, in many fittings, compromises have to be made which, in the event of a possible multi-compression regulation, as has been tested experimentally on numerous occasions [19], would not be necessary.

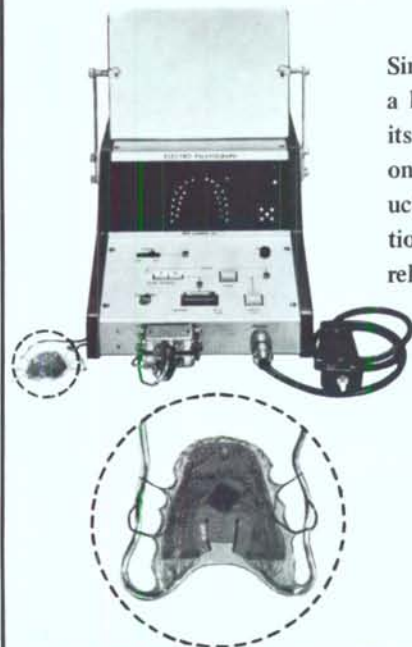
The future will show whether the industry will take up the possibilities of presently available technologies in their applications to the development of digital hearing aids or even micro-processor-controlled amplification, filtering and control systems. In conjunction with an adequate audiological spectrum of possibilities for the setting of the necessary determinative elements for the available residual hearing, further advances in the field of hearing-aid fitting should then be possible.

Literatur/References

- [1] Bernath, O., Dzeik, R., Bormann, B., Richartz, W.: Untersuchungen über den funktionellen Zusammenhang zwischen dem Metzchen Recruitment und der Diskrimination von Sprache. *Audiotechnik* 23 1974, 3-6.
- [2] Bernath, O., Dzeik, R., Bormann, B., Wenger, M.: Experimentelle Untersuchung über den funktionellen Zusammenhang zwischen Stapediusreflex-Schwelle, Unbehaglichkeitschwelle und Persönlichkeitsdimensionen. *Audiotechnik* 25 1975, 20-22.
- [3] Bernath, O., Richartz, W., Bormann, B., Wenger, M.: Klinische Untersuchung über die Wirkung von PC-Hörgeräten und Hörgeräten mit Dynamikkompression auf die Diskrimination von Sprache. *Audiotechnik* 26 1976, 3-7.
- [4] Blauert, J.: Räumliches Hören. S. Hirzel Verlag Stuttgart 1974, 5-7.
- [5] Crouch, J. D., Pendry, B. L.: Otometry in clinical hearing aid dispensing. Reprint from *Hearing Aid Journal* Sept. and Oct. 1975.
- [6] Esser, G., Schunicht, R.: Kinderaudiologische Diagnostik zur Anpassung von Hörgeräten. *HNO* 21 1973, 369-372.

- [7] *Holm, C., Stange, G.*: Überschwellige ERA-Befunde als therapeutische Basis zur Versorgung innenohrgeschädigter Kinder. *HNO* 21 1973, 163-166.
- [8] *Keller, F.*: Technische Hilfe bei der Rehabilitation Hörgeschädigter. Schindele-Verlag 1973, 86-103.
- [9] *Keller, F.*: Anpassung von Hörgeräten mit verstärkter PC. *Audiotechnik* 25 1975, 23-30.
- [10] *Keller, F.*: Hörgeräte-Anpassung heute: I. Aktuelle Probleme. *Audiotechnik* 27 1976, 19-29.
- [11] *Kießling, J.*: Die Dynamik des Stapediusreflexes und dessen Bedeutung für die Hörgeräte-Anpassung. *Ztschr. f. Laryngologie, Rhinologie, Otologie* 57 1978, 823-829.
- [12] *Kießling, J.*: Frequenzspezifische Stapediusreflex-Auslösung zur objektiven Hörgeräte-Anpassung. *Ztschr. f. Hörgeräte-Akustik* 18, Sonderheft 1979, S. 83-89.
- [13] *Klinke, R.*: Pathophysiologie cochleärer (und retrocochleärer) Hörstörungen. Vortrag auf der Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Audiologen und Neurootologen, 1978.
- [14] *König, E.*: Klinische und technische Probleme der Hörgeräte-Anpassung. *Audiotechnik* 20 1973, 3-15.
- [15] *König, E.*: Hörgeräte-Anpassung. *Ztschr. f. Hörgeräte-Akustik* 16 1977, 84-97.
- [16] *Leitner, H.*: Aktuelle Fragen der Hörgeräte-Anpassung im Kindesalter. *Ztschr. f. Hörgeräte-Akustik, Sonderheft* 1976.
- [17] *Leitner, H.*: Konzept eines Meßplatzes für die Anpaß-Audiometrie. Vortrag auf dem 23. Hörgeräte-Akustiker-Kongreß 1978.
- [18] *Leitner, H.*: Persönliche Mitteilung zu einem neuen Hörgeräte-Anpaßsystem, 1979.
- [19] *Ludvigsen, C., Barford, J.*: Sensorineural hearing impairment and hearing aids. *Scandinavian Audiology, Suppl.* 6, 1978.
- [20] *Niemeyer, W.*: Relations between the discomfort-level and the reflex threshold of the middle ear muscle. *Audiology* 10 1972, 172-176.
- [21] *Niemeyer, W., Sesterhenn, G.*: Calculating the hearing threshold from the stapedius reflex threshold for different sound stimuli. *Audiology* 13 1974, 421-427.
- [22] *Opitz, H. J.*: Cochleäre (und neurogene) Hörstörungen – audiometrische Tests und Klinik (Topo- und Differentialdiagnostik). Vortrag auf d. Arbeitstagung Deutscher Audiologen u. Neurootologen 1978.
- [23] *Rappaport, B., Tait, C.*: Acoustic reflex threshold measurement in hearing aid selection. *Arch. Otolaryngol.* 102 1976, 129-132.
- [24] *Ruhrberg, W., Esser, G.*: Die Wirkung der Dynamikkompression bei Innenohrschwerhörigkeit und retrocochleärer Hörstörung. *Audiotechnik* 20 1973, 17-24.
- [25] *Spillmann, T., Huggel, R.*: Ergebnisse der Stapediusreflex-Audiometrie nach Hörgeräte-Anpassung. IV. Audio-Symposium, Bommer AG-Rexton, Zürich 1977.
- [26] *Spreng, M.*: Objektivierende Messungen am Schmerzsinns des Menschen. *Habilitationsschrift*, 1970, aus [28].
- [27] *Spreng, M.*: Langsame Rindenpotentiale, objektive Audiometrie und Psychoakustik. In: *Physiologie des Gehörs*; Herausgeber: W. D. Keidel, Thieme-Verlag, Stuttgart, 1975, 277-358.
- [28] *Spreng, M.*: Physiological and Psycho-physical Aspects of the Threshold of Discomfort and Pain in Hearing. *Ztschr. f. Hörgeräte-Akustik* 15 (1975) 14-29.
- [29] *Victoreen, J. A.*: Basic principles of otometry. Thomas, Springfield, Illinois, 1973.
- [30] *von Wedel, H.*: Otometrie – zusammenfassende Ergebnisse und Diskussion der Anwendung. Vortrag auf dem 23. Hörgeräte-Akustiker-Kongreß 1978.
- [31] *von Wedel, H., Opitz, H. J.*: Kontinuierliche Stapediusreflex-Registrierung im schweligen und überschweligen Bereich. *Ztschr. f. Laryngologie, Rhinologie, Otologie* 57 1978, 716-723.
- [32] *von Wedel, H., Leitner, H.*: Erste klinische Erfahrungen mit der Otometrie. *Ztschr. f. Hörgeräte-Akustik, Sonderheft* 1978.

New Approach for a Speech Training, Electropalatograph (Model DP-01)



Since 1944, the engineers at RION CO. have been working to perfect a harmonious relationship between the acoustical environment and its most important inhabitants . . . mankind. RION's history is based on solid scientific research that has produced a diverse array of products that include sound level meters, sound spectrographs and vibration meters. At RION, we emphasize both performance and reliability.

Rion will exhibit in the International Congress on Education of the Deaf (ICED) at Congress Centrum Hamburg on Aug. 4 through 8, 1980.

For more information, see Rion booth at ICED or write for our catalog.

RION CO., LTD.

Ikeda Bldg., 7-7, Yoyogi, 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo, 151, Japan
Tel.: 379-3251 Cable: "RIONET TOKYO" Telex: J28437