

Richtungshören in der Horizontalebene bei Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit und bei seitengleicher Innenohrschwerhörigkeit Teil 1

Ute L. J. Pröschel, Wolfgang H. Döring

Herrn Prof. Dr. rer. nat. Werner Endres zum 75. Geburtstag gewidmet

Zusammenfassung Bei Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit ist es nicht oder nur schwer möglich, in Gegenwart einer oder mehrerer konkurrierender Schallquellen das interessierende Schallsignal herauszuhören. Über solche Probleme — insbesondere beim Verstehen von Sprache in störschallerfüllter Umgebung — klagen neben Schwerhörigen auch Personen mit routineaudiometrisch unauffälligem Gehör. Die Fähigkeit des Richtungshörens ist mit der auditiven Selektionsfähigkeit eng verbunden. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit das Richtungshören in der Horizontalebene bei Normalhörenden mit und ohne Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit sowie bei Personen mit verschiedengradigen seitengleichen Innenohrschwerhörigkeiten im Hochtonbereich untersucht. Bei insgesamt 105 Probanden zeigte sich, daß mit zunehmender Schwerhörigkeit auch das Richtungshören stärker gestört war. Als hauptsächliche Fehler traten Spiegelungen des Hörereignisortes gegenüber dem Schallereignisort an der Frontalebene auf¹⁾. Auch die Personen, die trotz normaler Hörschwellen über Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit klagten, zeigten ein individuell mehr oder weniger stark gestörtes Richtungsgehör. Sie unterscheiden sich in dieser Hinsicht im statistischen Vergleich nicht von den Probanden mit mäßigen Hochtonschwerhörigkeiten. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß neben Störungen in der binauralen Hörverarbeitung auch cochleare Läsionen im Hochtonbereich, die im Tonschwellenaudiogramm noch nicht in Erscheinung treten, bereits Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit bewirken können.

Schlüsselwörter: Richtungshören, auditive Selektionsfähigkeit, Cocktail-Party-Effekt, Cochleare Hörstörungen

¹⁾ Frontalebene: Gedachte Ebene durch beide Ohren senkrecht zur Horizontalebene und senkrecht zur Medianebene

Directional Hearing in the Horizontal Plane in Disorders of "Auditory Selection" and Bilateral Sensorineural Hearing Loss

Dedicated to Prof. Dr. rer. nat. Werner Endres on the occasion of his 75th birthday

Summary *Auditory disorders, in which it is hardly or not possible to discriminate the information of a certain sound source from that of one or more concurrent sound sources, in the following are called disorders of "auditory selection". These disorders are not only found in people with hearing impairment but also in people with normal hearing thresholds. Directional hearing is one of the fundamental capabilities which are associated with the ability of "auditory selection". Therefore the directional hearing in the horizontal plane was investigated in people with normal hearing thresholds with and without disorders of "auditory selection" and compared to that of people with bilateral sensorineural hearing impairment in the high frequency range.*

All 105 subjects included in this study had been selected according to the following criteria:

- *Absence of conductive hearing loss, i. e. normal results otoscopically and by tympanometry; air-bone gap less than 10 dB in the frequency range 250 to 8000 Hz.*
- *Symmetrical bilateral sensorineural hearing loss in the high frequency range with less than 20 dB difference in the pure tone audiograms of both ears (250–4000 Hz).*
- *Absence of any subjective or objective reference to the existence of central auditory lesions.*
- *Speech perception in quiet according to the estimated scores for the given hearing loss, i. e. no reference to the existence of disorders of central speech processing.*

Dependent on the mean hearing loss in the frequency ranges 250–500 Hz, 1–2 kHz and 4–6 kHz and the presence or absence of "auditory selection" disorders the patients were classified in four groups:

- *group N – less than 20 dB hearing loss in all frequency ranges with subjectively and objectively normal hearing ability.*
- *group N-SEL – less than 20 dB hearing loss in all frequency ranges, but subjectively disorders of "auditory selection".*
- *group S1 – more than 20, but less than 40 dB hearing loss in one or more frequency ranges.*
- *group S2 – more than 40 dB hearing loss in one or more frequency ranges.*

The directional hearing test consisted of 60 presentations of four-syllable number words (duration appr. 1.5 sec. per word) at 65 dB(A) in a free sound field condition (circle with

12 loudspeakers, diameter 3 m). Five presentations for each of the twelve sound directions (separated by 30°) were given in a randomized order. Subjects had to indicate the direction of hearing sensation by a number according to an analog watch dial, i. e. numeral 12 in front of the subject, 3 to the right, etc.. The head of the subject was directed to loudspeaker 12 and was fixed, i. e. head movements for direction finding were prevented. The test was performed in darkness to exclude guidance of the visual sense.

For the quantitative evaluation of the test results a procedure was developed calculating a directional hearing index RT (appendix), consisting of the following weighted components:

- number of inversions in the median plane (INM).
- number of inversions outside the median plane (INA).
- mean square difference between the directions of hearing sensation and that of the sound source (DR).
- shift of the mean direction of the hearing sensation for a single direction of the sound source in relation to the mean directions of hearing sensation for the other sound directions of the same hemisphere (MR).
- interruption of the normally monotonic sequence of the mean directions of the hearing sensation (MV).

Additionally, as an indicator for the uncertainty of the subject's decisions the mean standard deviation SD for the differences between the directions of hearing sensation and that of the sound sources was calculated.

The results show that the directional hearing ability decreases with severeness of hearing impairment, resulting in an increasing amount of inversions, i. e. virtual reflections on the frontal plane²⁾ between the direction of hearing sensation and the direction of the sound source (fig. 2, 3, 4). These confused directions all are located on the surface of a "cone of confusion" (fig. 5), where the interaural time delay and the interaural sound pressure level differences are constant. In that case, additionally monaural features as the timbre are to be used to make a decision for the direction of hearing sensation in question.

Subjects with normal hearing thresholds, but complaining of disorders of "auditory selection" (group N-SEL) showed similar disorders in directional hearing as subjects with moderate sensorineural hearing loss (group SI). Statistically, there was no difference between this group and the group of patients with minor hearing impairment in the high frequency range (table 1).

So beside disorders in binaural signal processing cochlear lesions in the high frequency range that are too low to appear in the pure tone audiogram, are to be taken in consideration as potential reasons for disorders of "auditory selection".

Keywords: Directional Hearing, Auditory Selection, Cocktail-Party-Effect, Sensorineural Hearing Loss

²⁾ Frontal plane: virtual plane crossing both ears, perpendicular to the horizontal plane and to the median plane.

1. Einleitung

Die Fähigkeit, die Position einer Schallquelle im Raum relativ zum Empfänger zu bestimmen, ist eine fundamentale Eigenschaft des Gehörs. Diese Lokalisationsfähigkeit des Gehörs erlaubt nicht nur, die Position einer einzelnen Schallquelle im Raum festzustellen, sondern ermöglicht es auch, zwei Schallquellen als räumlich voneinander getrennt wahrzunehmen. Diese Fähigkeit wird im folgenden »auditive Selektionsfähigkeit« genannt.

Im täglichen Leben ist die Lokalisationsfähigkeit in der Horizontalebene von besonderer Bedeutung zur Orientierung im Raum, insbesondere in Gefahrensituationen. Deshalb ist es wünschenswert, eventuell auftretende Einschränkungen dieser Fähigkeit infolge von Hörstörungen zu kennen und durch den Einsatz spezieller Richtungshörtests zu erkennen, sowohl zur Diagnostik als auch z. B. zur Abschätzung erhöhter Risiken beim Auftreten von Gefahrensituationen.

In der vorliegenden Arbeit wird über Untersuchungen des Richtungshörens in der Horizontalebene bei Patienten mit verschiedengradigen Hochtonhörverlusten und bei routineaudiometrisch Normalhörenden berichtet.

2. Auswahl der Probanden

Alle Probanden, die in diese Studie einbezogen wurden, erfüllten die folgenden Voraussetzungen:

Außen- und Mittelohrfunktion

Der otoskopische Befund war unauffällig. Das Tympanogramm war unauffällig.

Die Tonschwellenaudiogramme beider Ohren zeigten keine Differenzen zwischen Luft- und Knochenleitungshörschwellen im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 8000 Hz von mehr als 10 dB (d. h. der Einfluß von Schalleitungsstörungen wurde ausgeschlossen).

Symmetrie der Hörverluste

Die Tonschwellenaudiogramme beider Ohren wichen im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 4000 Hz um nicht mehr als 20 dB voneinander ab (bei größeren Hörschwellendifferenzen zwischen beiden Ohren ist die binaurale Hörverarbeitung gestört [Eitner 1975, Renninghoff 1975]).

Art der Hörstörungen

Bei den Probanden mit Schwerhörigkeiten handelte es sich ausschließlich um Personen mit Hochtonhörverlusten cochlearer Ursache.

Alle Probanden erreichten im »Hörtest für Sprache nach DIN 45621« (Freiburger Sprachverständnistest) über Kopfhörer ohne Störschall normale oder ihrem Hörverlust entsprechende Ergebnisse (Ausschluß zentraler Hör- und Sprachverarbeitungsstörungen).

Es bestand weder anamnestisch noch symptomatisch ein Anhalt für grobe neuronale oder zentrale Störungen, z. B. durch multiple Sklerose, Tumore etc.

Um die Einteilung der Probanden in Gruppen mit verschiedenen Schwerhörigkeiten zu erleichtern, wurde für das Tonschwellenaudiogramm eine Datenreduktion durchgeführt. Die Frequenzachse wurde in drei Frequenzbereiche unterteilt: 250 bis 500 Hz, 1000 bis 2000 Hz und 4000 bis 6000 Hz. Für jeden der drei Frequenzbereiche wurde für jeden Probanden ein mittlerer Hörverlust beider Ohren errechnet.

Alle Probanden, die in keinem der drei Frequenzbereiche einen mittleren Hörverlust von mehr als 20 dB aufwiesen und bei denen weder subjektiv noch anamnestisch eine Hörbeeinträchtigung vorlag, wurden als »normalhörend« bezeichnet und der Gruppe N zugeordnet.

Die Probanden, die zwar eine normale Reintonhörschwelle hatten, die aber über Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit klagten, wurden in der Gruppe N-SEL zusammengefaßt.

Bestand in einem oder mehreren der Frequenzbereiche ein mittlerer Hörverlust von 20 bis 40 dB, so wurden diese Patienten der Schwerhörigengruppe S1 zugeteilt. Alle Probanden mit einem Hörverlust von mehr als 40 dB in mindestens einem Frequenzbereich kamen in die Schwerhörigengruppe S2.

Im folgenden werden also vier Gruppen unterschieden:

■ Gruppe N: Probanden mit normalen Ergebnissen in der Routineaudiometrie ohne subjektive Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit.

■ Gruppe N-SEL: Probanden mit unauffälligen Ergebnissen in der Routineaudiometrie, aber mit subjektiven Störungen der auditiven Selektionsfähigkeit.

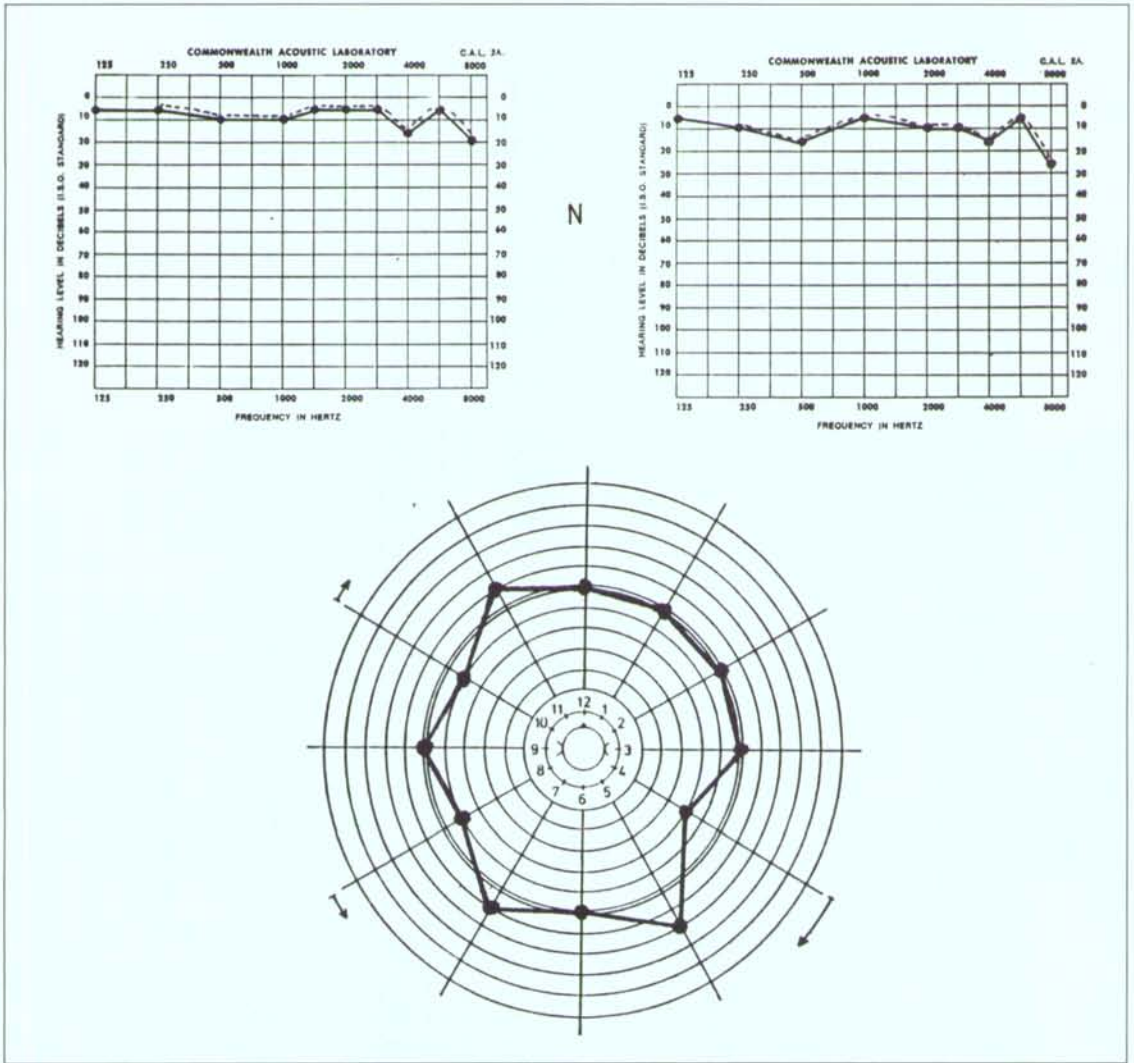


Abb. 1 Richtungshören eines Probanden der Gruppe N: Anzahl der Hörereignisse in den Richtungen 1 bis 12, Darstellung in Polarkoordinaten, Meßpunkte zur Verdeutlichung als Polygonzug verbunden. Darstellung der Verschiebung der mittleren Hörereignisrichtung bezüglich der Schallereignisrichtung durch Kreisvektoren (Details siehe Text)

Fig. 1 Directional hearing of a subject of group N: Number of hearing sensations in the directions 1 to 12, shown in polar coordinates, results connected by straight lines. The shift of the mean direction of the hearing sensation in relation to the direction of the sound source is shown by curved vectors

■ Gruppe S1: Probanden mit einem Hörverlust von bis zu 40 dB in einem oder mehreren Frequenzbereichen.

■ Gruppe S2: Probanden mit einem Hörverlust von mehr als 40 dB in mindestens einem Frequenzbereich.

3. Versuchsaufbau und -durchführung

In einem reflexionsarmen Raum waren zwölf freifeldentzerrte Lautsprecher in regelmäßigem Abstand (30°) auf einem horizontalen Kreisbogen von 3,0 m Durchmesser angebracht. Die Probanden waren so platziert, daß ihr virtueller Kopfmittelpunkt mit dem Kreismittelpunkt übereinstimmte und sie einem bestimmten Lautsprecher gegenüber saßen. Um die gewünschte Ausrichtung der Probanden auch während des Versuchs nach Möglichkeit beizubehalten, war am Stuhl der Probanden eine kleine Kopfstütze angebracht, die individuell eingestellt wurde. Außerdem wurden die Probanden angewiesen, den Kopf während des Versuchsablaufs nicht zu bewegen. Diese Maßnahmen können zwar minimale unbewusste Bewegungen des Kopfes nicht völlig verhindern [Blauert 1974], jedoch mußte auf eine starre Fixation des Kopfes zugunsten der Bereitschaft zur Mitarbeit verzichtet werden. Um den hier störenden Einfluß der »Führung« des visuellen Sinneskanals auszuschließen, wurde der Meßraum während der Versuche völlig abgedunkelt.

Als Testschall zur Bestimmung der Lokalisationsfähigkeit dienten viersilbige Zahlwörter des »Hörtestes für Sprache nach DIN 45621« (Freiburger Sprachverständnistest). Der mittlere Testschallpegel betrug 65 dB(A), gemessen am Kreismittelpunkt. Die Darbietung der Testschalle erfolgte in zufälliger, jedoch für alle Probanden gleicher Richtungsfolge, bei der jede Richtung fünfmal vertreten war, so daß ein vollständiger Testdurchlauf insgesamt 60 Stimuli umfaßte.

Die Aufgabe des Probanden bestand darin, die genaue Richtung seines Hörereignisses³⁾ anzugeben. Um den Probanden die räumliche Vorstellung zu erleichtern, wurden die zwölf Lautsprecher wie die Stundenzahlen auf dem Uhrenzifferblatt benannt. Der Proband sollte sich vorstellen, daß er sich in der Mitte des Zifferblattes mit Blick in Richtung 12 befindet. Auf diese

Weise war also der Lautsprecher 12 median vorn, Lautsprecher 3 genau rechts, Lautsprecher 6 median hinten, Lautsprecher 9 genau links etc. vom Probanden angebracht.

Wenn der Proband bei der Richtungszuordnung unsicher war, wurde ein Raten erzwungen. Die nächste Richtung wurde erst dann angewählt, wenn der Proband seine Hörereignisrichtung angegeben hatte. Die Antwort wurde über ein Lavallier-Mikrofon (Umhängemikrofon) in den Regieraum übertragen, von dem aus der Versuchsablauf interaktiv über einen Prozeßrechner gesteuert wurde.

4. Ergebnisse

Erwartungsgemäß war das Richtungshören der Probanden der Gruppe N durchweg fast fehlerfrei, d. h., daß nur wenige Male die Hörereignisrichtung gegenüber der Schallereignisrichtung um eine Richtungseinheit (30°) verschoben wurde. Der Schallereignisort ist der Ort, an dem sich die Schallquelle tatsächlich befindet, der Hörereignisort der, an dem der Proband sein entsprechendes Hörereignis lokalisiert. Abb. 1 gibt ein Beispiel für das Richtungshören normalhörender Probanden. Die Skizze zeigt eine Aufsicht auf den Versuchsaufbau mit dem in Richtung 12 ausgerichteten Probanden in der Mitte des Lautsprecherkreises. Die Schallereignisrichtungen sind durch die entsprechende Stundenzahl des Uhrzifferblattes gekennzeichnet. Die konzentrischen Kreise dienen – in radialer Richtung ausgehend von der Mitte – als Skala zur Markierung der Häufigkeit, mit der eine bestimmte Hörereignisrichtung genannt wurde. In dem Idealfall, daß für jede Schallereignisrichtung die Hörereignisrichtung fünfmal übereinstimmte, liegen alle zwölf Markierungspunkte auf dem doppelt gezeichneten Kreis. Um eine bessere Anschaulichkeit zu erreichen, wurden die Markierungspunkte benachbarter Richtungen miteinander verbunden. Zusätzlich sind – ganz außen – die Größe und die Richtung der mittleren Verschiebung der Hörereignisrichtungen gegenüber den zugehörigen Schallereignisrichtungen durch entsprechend lange Pfeile gekennzeichnet (Kreisvektoren). Oberhalb der Richtungshörergebnisse ist jeweils das Audiogramm des Probanden dargestellt.

³⁾ Der Begriff »Hörereignis« bezeichnet das im Empfindungsraum des Probanden auftretende und zu beschreibende Ereignis, im Gegensatz zu dem objektiv meßbaren »Schallereignis«.

Fortsetzung folgt
Literaturhinweise folgen in der nächsten Ausgabe