

Wie nahe kommen die Test- und Anpaßverfahren bei Schwerhörigen der eigentlichen Funktion des Gehörs?

Manfred Spreng

Unser Gehör ist weder dafür entwickelt, bestimmte Frequenzen extrem genau zu analysieren, noch ist es eingesetzt, um Lautstärken in Schwellennähe zu diskriminieren. Seine Hauptaufgabe besteht darin, extrem dynamische Veränderungen in Amplitude und Frequenz bei mittleren Lautstärken zu verarbeiten und damit Sprache zu erkennen. In der Tat muß das Zeitanalysesystem Ohr erkennen, daß das von einem menschlichen Organismus verursachte Geräusch im Gegensatz zu demjenigen einer Maschine im allgemeinen Sprache ist; auch dann, wenn kein visueller, sondern nur ein akustischer Kontakt besteht. Es muß zusätzlich, falls die Sprache bekannt ist, ein gesprochenes Wort erkannt haben, wenn es in seinem Zeitverlauf beendet ist. Im Gegensatz zum Auge hat das Ohr nicht die Möglichkeit, mehrfach abzutasten: Das gesprochene Wort ist letztlich ein schnelles, singuläres Ereignis; es kann praktisch niemals erneut absolut identisch artikuliert werden.

Wir besitzen mit unserem Gehör also ein außerordentlich schnelles, hochflexibles adaptives System, welches auf Decodierungsmechanismen beruht, die im folgenden kurz angesprochen werden sollen. Dieses Spracherkennungssystem wird beeinflusst durch die gesamte Zahl derjenigen Erkennungselemente, die aktiviert bzw. inaktiviert sind, falls das akustische Eingangssignal mit ihren internen Spezifikationen übereinstimmt oder nicht. Man darf sich die Verarbeitung nicht so vorstellen, daß ein zentraler Entscheidungsmechanismus existiert, der nach einer gewissen Verarbeitungszeit den besten Kandidaten aus einem vorliegenden Lexikon herausucht. Im Gegenteil, der Beginn eines Wortes öffnet im Sinne einer Parallelverarbeitung eine große Liste möglicher Bedeutungskandidaten, die alle mit einer ähnlichen akustischen Folge beginnen. Jedes der derart aktivierten Worterkennungssysteme wird die einlaufende akustische Information dann kontinuierlich weiterbeobachten und mit zunehmender Dauer des akustischen Signals mehr und mehr Wortkandidaten aus der eigentlichen Verarbeitung herausnehmen, bis schließlich ein einziger Kandidat verbleibt. Dies entspricht einer Realzeitverarbeitung, bis am Ende das am besten passende Ergebnis überlebt, und deshalb ist der Worterkennungsvorgang oft bereits vor dem tatsächlichen Ende eines Wortes beendet (Spreng, 1984).

Um über die Erkennungselemente etwas Näheres zu erfahren, betrachten wir in Abb. 1a Sonagramme typischer Konsonant-Vokalfolgen. Dabei sind bereits die infrage kommenden kurzen Zeitbereiche zu erkennen (das Gehör muß in der Lage sein, die Information über die Artikulationsstelle des Konsonanten in einem Geräuschblock innerhalb 20 bis 400 ms zu erkennen und grob zu dekodieren, und es muß fähig sein, ein freies Intervall im Falle eines Plosives auszumessen, welches

Our hearing has been developed neither for analysing certain frequencies extremely accurately nor is it used in order to discriminate volumes close to the threshold. Its main task consists of processing extremely dynamic changes in amplitude and frequency at medium volumes and thus of recognizing speech. In fact, the time analysis system of the ear must recognize that the noise caused by a human organism in contrast to that of a machine is generally speech; this applies even when no visual but only an acoustic contact exists. In addition, provided the language is known, it must have recognized a spoken word when it has completed its course in time. In contrast to the eye, the ear does not possess the possibility of sampling several times; the spoken word is in the final analysis a rapid singular event; it can practically never be articulated again absolutely identically.

We therefore possess with our hearing an extremely fast, highly flexible adaptive system which is based on decoding mechanisms which should be discussed briefly below. This speech recognition system is influenced by the total number of those recognition elements which are activated or inactivated provided the acoustic input signal agrees with the internal specifications or not. The processing system should not be imagined as a central decision mechanism which picks out the best candidates from an existing lexicon after a certain processing time. On the contrary, the start of a word opens in the sense of parallel processing a large list of possible meaning candidates which all start with a similar acoustic sequence. Each of the word recognition systems activated in this way will then continue to further observe the incident acoustic information and sort out more and more word candidates from the actual processing system with increasing duration of the acoustic signal until finally a single candidate remains. This corresponds to real-time processing until at the end the most suitable result survives and therefore the word recognition process is often completed before the actual end of a word (Spreng, 1984).

In order to obtain more information on the recognition elements, we observe in Fig. 1a sonagrams of typical consonant-vowel sequences. Here, the short time ranges which come into question can be recognized (the hearing must be in a position to recognize and roughly decode the information on the articulation place of the consonant in a noise block within 20 to 400 ms and it must be capable of measuring out a silent interval in the case of a plosive which possesses a duration of around 30 to 80 ms. An analysis of the quasi steady-state formant frequencies during an average period of around 300 ms is necessary directly subsequent to the transitions which represent very fast frequency modulations. The latter differ by

How close Do the Test and Fitting Procedures with Hard-of-Hearing Persons Approach the actual Function of Hearing?

eine Dauer von etwa 30 bis 80 ms besitzt. Unmittelbar anschließend an die Transitionen, die sehr schnelle Frequenzmodulationen darstellen, ist eine Analyse der quasi eingeschwungenen Formantfrequenzen während einer mittleren Dauer von ungefähr 300 ms notwendig. Die letzteren unterscheiden sich um etwa 1 bis 4 Oktaven im Frequenzbereich 700 bis 300 Hz.)

Als weiteres interessantes Phänomen entdeckt man bei Betrachtung derartiger Sonogramme von bestimmten Phonemen das Problem der fehlenden Invarianz. So wird bei der Silbe |did| das |d| am Anfang durch eine aufsteigende Transition zum zweiten Hauptformanten bestimmt und durch eine absteigende Frequenzmodulation am Ende. Bei der Silbe |dud| hingegen ist das |d| durch eine abfallende Transition am Beginn des zweiten Hauptformanten des Vokals |u| gegeben und durch eine aufsteigende Frequenzmodulation am Ende dokumentiert. Abb. 1b zeigt in der linken oberen Hälfte, daß eine ansteigende Transition zum ersten Formanten des Vokals |i| einem Höreindruck eines |k| entspricht, also die Silbe |ki| produziert. Folgt auf ein s-Geräusch nur ein kurzes freies Intervall und dann der i-Vokal, dann wird die Silbe |si| perzipiert (links unten). Wird einfach das freie Intervall nach dem s-Geräusch vergrößert, dann genügt diese zeitliche Dehnung vollauf, um den Konsonanten |k| hörbar und damit die Silbe |ski| perzipierbar zu machen. Der untere Teil von Abb. 4 zeigt den bekannten Unterschied zwischen den Silben |ba| und |ga|, wobei diese sich nur in Richtung der zweiten Transition, die für |b| ansteigt und für |g| abfällt, unterscheiden. Werden die Transitionen bzw. Frequenzmodulationen allein dargeboten, dann klingen sie wie steigende oder fallende Glissandi oder ähnlich wie Zirpgeräusche, sind also vom Klang eines |b| oder |g| weit entfernt.

Bedauerlicherweise bringt die grobe Messung des Verlaufs der Hörschwelle und auch das Sprachaudiogramm, gemessen in absoluter Stille, nur geringe Anhaltspunkte über das Ausmaß der Fehlfunktion derartiger dynamischer Detektionselemente unseres Hörsystems, auf deren Funktionsmöglichkeiten später eingegangen werden soll. Außerdem wird in den wenigsten

around 1 to 4 octaves in the frequency range from 700 to 300 Hz.)

As further interesting phenomenon, one discovers with observation of such sonagrams of certain phonemes the problem of lack of invariance. Thus, with the syllable |did| the |d| at the start is determined by a rising transition to the second main formant and by a falling frequency modulation at the end. With the syllable |dud|, on the other hand, the |d| is given by a falling transition at the start of the second main formant of the vowel |u| and is documented by a rising frequency modulation at the end. Fig. 1b shows in the left upper half that a rising transition to the first formant of the vowel |i| corresponds to a hearing impression of a |k|, therefore, it produces the syllable

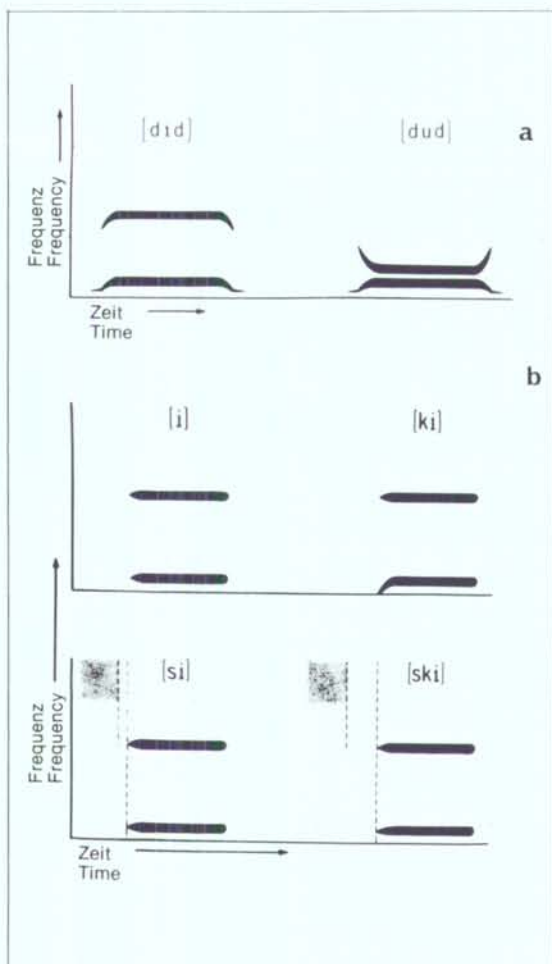


Abb. 1a): Die Sonogramme |did| und |dud| zeigen unterschiedlichen Verlauf der Transitionen für den Konsonanten |d|.

Abb. 1b): Die Sonogramme der Silben |ki| und |ski| verdeutlichen die gleichartige Wirkung einer ansteigenden Transition und eines vergrößerten freien Intervalls bezüglich des Konsonanten |k|.

Fig. 1 a): The sonagrams |did| and |dud| show a different course of the transitions for the consonant |d|.

Fig. 1 b): The sonagrams of the syllables |ki| and |ski| illustrate the similar effect of a rising transition and an enlarged free interval with regard to the consonant |k|.

Fällen ausreichend genau der Verlauf einer bzw. mehrerer Rekrutmentkennlinien ermittelt; ebenfalls ein Gesichtspunkt, der noch ausführlich diskutiert werden soll.

Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, wenn über die wahre Diskriminationsleistung des geschädigten Ohres nur wenig ausgesagt werden kann. Eine echte Diskriminationsprüfung ist nur möglich in Gegenwart eines Störgeräusches, wobei dieses nicht nur ein sprachsimulierendes Rauschen sein darf, sondern ein Störschall sein sollte, der z.B. gemäß dem Langzeit-spektrum von Sprache generiert wird (*Plomp* und *Duquesnoy*, 1982) oder – um die zeitliche Struktur den realen Gegebenheiten möglichst nahe kommen zu lassen – aus einem tatsächlichen Sprachgewirr (party noise) bestehen müßte. Führt man dies in normaler Entfernung durch, dann zeigt der Normalhörende einer Sprachverdeckungsschwellenkurve, die im höheren Intensitätsbereich etwa 10 dB unter dem Störschall liegend mit 45° ansteigt (doppelt gezeichnete Linie in Abb. 2). Mit angegeben sind in dieser Abb. die Sprachdynamikbereiche für die Frequenzen 400 Hz (fallend schraffiert) und 4 000 Hz (steigend schraffiert), wobei die reflektorische Stimmanhebung (ca. 5 dB pro 10 dB Störschallpegelanstieg) mit berücksichtigt ist. Beim Normalhörenden wird der mittlere Sprachpegel (in der Abb. durch Kreise markiert) bei Störschallpegeln von 65 bis 70 dB überschritten, so daß eine ausreichende Verständlichkeit dann nicht mehr gegeben ist.

Liegt nur eine reine Schwellenerhöhung (EHS) vor (im Schemabild gestrichelt bei 45 dB eingezeichnet), dann treten erwartungsgemäß bei leiser Sprache im unteren Störschallbereich Verluste und damit Verständlichkeitsschwierigkeiten auf. Im mittleren Störschallbereich kann der so Geschädigte Sprache wie ein Normalhörender wahrnehmen (gestrichelte Linie geht in die doppelt gezeichnete über).

In den meisten Fällen von Schwerhörigkeit ist jedoch hinsichtlich der Sprachverständlichkeit eine verminderte Selektivität (VS: »distorsion loss«) gegeben, die unabhängig vom Störschallpegel verschlechternd wirkt (gepunktete Kurve in Abb. 2). In diesem Fall wird der mittlere Sprachpegel bereits bei Störschallpegeln von 50 dB überschritten und nicht erst bei Störschallpegeln in der Größenordnung 70 dB wie beim Normalhörenden. Auch wenn nur eine geringe Schwellenerhöhung (EHS) vorliegen würde, bedeutet diese Selektivitätsminderung einen Verlust der Sprachverständlichkeit bei Störschallpegeln, die also 20 dB niedriger liegen als beim Normalhörenden.

Im allgemeinen liegen reine Schwellenerhöhung (EHS) und verminderte Selektivität (VS) bei Schwerhörigkeit gemeinsam vor, so daß sich für das geschädigte Ohr die

[ki]. If only a short silent interval and then the i-vowel follows an s-noise, then the syllable [si] is perceived (left below). If the silent interval after the s-noise is simply magnified, then this temporal expansion is amply adequate to make the consonant [k] audible and thus the syllable [ski] perceptible. The lower part of Fig. 4 shows the known difference between the syllables [ba] and [ga], whereby these differ only in the direction of the second transition which rises for [b] and falls for [g]. If the transitions or frequency modulations are presented alone, then they sound like rising or falling glissandos or similarly to cheeping noises and are therefore far removed from the sound of a [b] or [g].

Unfortunately, the rough measurement of the course of the hearing threshold and also the speech audiogram measured in absolute silence provides only slight indications concerning the extent of the malfunction of such dynamic detection elements of our hearing system, the functional possibility of which should be discussed later on. In addition, the course of one or several recruitment characteristics is determined sufficiently accurately in the smallest number of cases; also an aspect which should still be discussed in detail.

For this reason, it is not surprising when only little can be said about the true discrimination performance of the damaged ear. A true discrimination test is only possible in the presence of an interfering noise whereby this may not be only a speech-simulating noise but should be an interference sound which, for instance, is generated according to the long-term spectrum of speech (*Plomb* and *Duquesnoy*, 1982) or – in order to let the temporal structure approach as closely as possible the real conditions – it has to consist of an actual babel of voices (party noise). If this is performed at a normal distance, then the normal-hearing person shows a speech-masking threshold curve which rises at 45° in the higher intensity range lying around 10 dB below the interference sound level (double drawn line in Fig. 2). The speech dynamic range for the frequencies 400 Hz (falling cross-hatched) and 4 000 Hz (rising cross-hatched) are also shown in this Fig., the reflectory voice elevation (approx. 5 dB per 10 dB interference sound level rise) is also taken into account. With the normal-hearing person, the mean speech level (marked in the Fig. by circles) is exceeded at noise levels of 65 – 70 dB, so that adequate comprehension is no longer provided.

If a pure threshold rise (EHS) is present (drawn in the diagram dashed at 45 dB), then, as is to be expected, loss and thus comprehension difficulties occur with soft speech in the lower noise range. The person whose hearing is impaired in this way can perceive speech in the medium noise range like a person of normal hearing (dashed line goes over into the double drawn line).

in Abb. 2 dick durchgezogen gezeichnete Kurve ergibt. Sie entsteht durch Addition der reinen Hörschwellenerhöhungskurve (dick gestrichelt) und der gepunkteten Kurve, die die verminderte Selektivität dokumentiert.

In most cases of hearing impairment, however, there is reduced selectivity with regard to speech comprehension (VS: "distortion loss") which produces a worsening effect independent of the noise level (dotted curve in Fig. 2). In this case, the medium speech level is

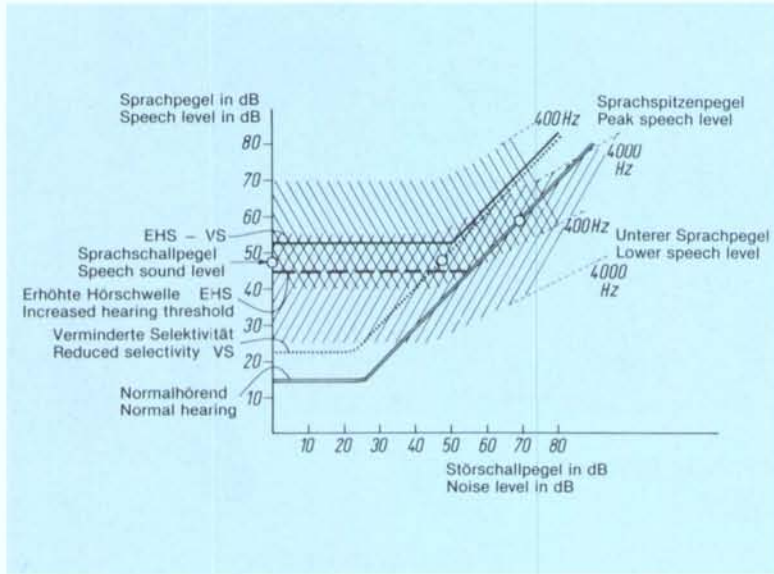


Abb. 2: Sprachverdeckungskurven für Normalhörende (doppelt gezeichnete Linie) und Hörgestörte mit erhöhter Hörschwelle (EHS: gestrichelt), verminderter Selektivität (VS: gepunktet) und beiden (EHS + VS: dick durchgezogen) in Abhängigkeit vom Störschallpegel (Normalabstand). Mit angegeben sind die Sprachdynamikbereiche für 400 Hz (fallend schraffiert) und 4000 Hz (steigend schraffiert) und der normale mittlere Sprachschallpegel (Kreise). Bei gleichzeitig vorliegender erhöhter Hörschwelle und verminderter Selektivität (EHS + VS) kann letzterer unterhalb der Sprachverdeckungskurve liegen, so daß eine Sprachperzeption in normaler Umgebung nicht mehr möglich ist. Modifiziert nach Plomp und Duquesnoy, 1982).

Fig. 2: Speech masking curves for normal-hearing persons (double drawn line) and hearing-disturbed persons with increased hearing thresholds (EHS: dashed), reduced selectivity (VS: dotted) and both (EHS + VS: bold) as a function of the noise level (normal distance). The speech dynamics ranges of 400 Hz (falling cross-hatched) and 4000 Hz (rising cross-hatched) and the normal average speech sound level (circles) are also indicated. With simultaneously present increased hearing threshold and reduced selectivity (EHS + VS), the latter can lie below the speech masking curve, so that speech perception in normal surroundings is no longer possible (modified according to Plomp and Duquesnoy, 1982).

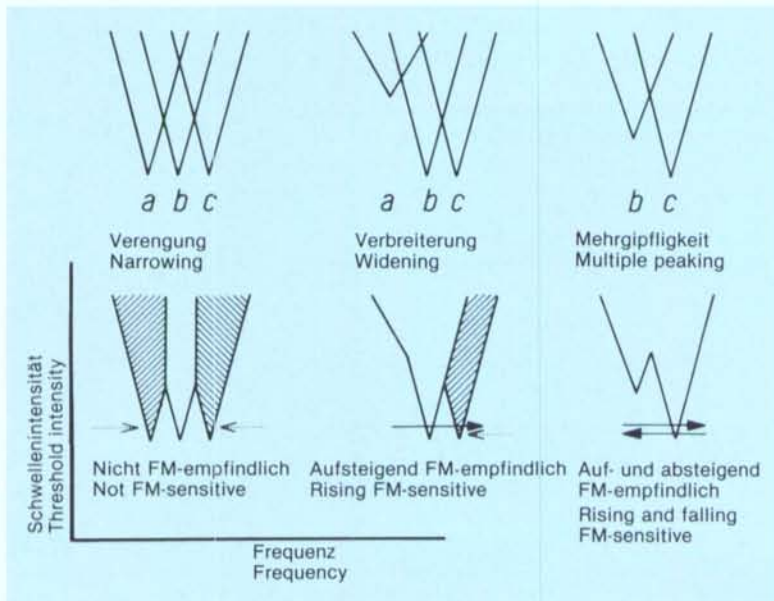


Abb. 3: Schematische Erläuterung des Zustandekommens verschiedener Einzelelement-Schwellenkurven (Tuningkurven) und des unterschiedlichen Verhaltens bezüglich Frequenzmodulation der neuronalen Elemente (Hemmgebiete schraffiert)

Fig. 3: Schematic explanation of the production of different single element threshold curves (tuning curves) and of the different behaviour with regard to frequency modulation of the neural elements (inhibition regions cross-hatched)

Im gewählten Beispiel liegt diese dick durchgezogene Summenkurve stets oberhalb des normalen mittleren Sprachpegels und nahe bei den Sprachspitzenpegeln für 4 000 Hz. Eine Sprachperzeption in normaler Umgebung ist damit (bei den hier gewählten 45 dB Hörverlust) praktisch nicht mehr gegeben, wenn das Ausmaß der verminderten Selektivität den angegebenen Wert (ca. 7 dB in diesem Beispiel) aufweist. Die Ursachen dieses stark die Sprachverständlichkeit in Gegenwart von Umgebungsgeräusch mindernden Selektivitätsverlustes sind natürlich vor allem in der Fehlfunktion der eingangs erwähnten Detektionselemente und im Rekrutmentverhalten der geschädigten Ohren zu suchen, wie durch folgende Vergleichsbetrachtungen näher ausgeführt werden soll.

Abb. 3 zeigt im Schema, wie durch Zusammenschaltung neuraler Elemente verschiedener Schichten die Frequenzselektivität und die Empfindlichkeit gegenüber reiner Frequenzmodulationen zustande kommt bzw. verändert werden kann. In Abb. 3 sind in der oberen Reihe die Abstimm- bzw. Tuningkurven (Schwellenkurven) von Elementen einer tieferen neuronalen Schicht vorgestellt und in der unteren Hälfte diejenigen einer höheren neuronalen Verarbeitungsschicht. Die Elemente in der niedrigeren Ebene mögen Abstimmkurven besitzen mit kritischen Frequenzen, die nahe benachbart liegen (a, b und c). Es ist nun ersichtlich, wie durch eine komplexe Zusammenschaltung der beiden Ebenen eine Verengung bzw. Flankenversteilung, eine Verbreiterung und auch Elemente mit Mehrfachgipfeln in der nächsthöheren Schicht zustande kommen können. Dabei ist generell zu erwähnen, daß häufig Abstimmkurven vorliegen, die beidseitig Hemmzonen aufweisen, was bedeutet, daß die Erregung durch einen Ton entsprechender Frequenz und Intensität innerhalb des Bereiches der Abstimmkurve dann unterdrückt wird, wenn gleichzeitig oder kurz zuvor bzw. kurz danach Töne innerhalb der schraffierten Hemmbereiche mit entsprechender Frequenz bzw. Intensität mit vorhanden sind (Zweitonenunterdrückung). Aufgrund der zeitlichen Nachwirkung sowohl von Bahnungs- und vor allem Hemmvorgängen ist leicht verständlich, daß das Element mit beidseitigen Hemmzonen (schraffiert) überhaupt nicht auf Frequenzmodulationen einer mittleren Geschwindigkeit anspricht. Die Inhibition, die während der Frequenzpassage durch die Hemmzone hervorgerufen wird, dauert eine längere Zeit an und wirkt als Vorwärtsinhibition auf das eigentliche Diskriminationselement ein. Deshalb ist die Hemmung noch vorhanden, wenn der Frequenzbereich passiert wird, der eigentlich Erregungen hervorgerufen sollte (nicht schraffiert). In gleicher Weise ist ein Element mit nur einer einzigen Hemmzone für diejenigen Frequenzmodulation empfindlich, die nicht primär

already exceeded at noise levels of 50 dB and not at noise levels of the order of magnitude of 70 dB as with normally hearing persons. Even is only a slight threshold increase (EHS) were to be present, this reduction in selectivity means a loss of speech comprehension at noise levels which are therefore 20 dB lower than with normal-hearing persons.

In general, pure threshold increase (EHS) and reduced selectivity (VS) are present jointly in the case of a hearing impairment, so that the thickly drawn-through curve in Fig. 2 results for the damaged ear. It arises from addition of the pure hearing threshold increase curve (thickly dashed) and the dotted curve which documents reduced selectivity.

In the example selected, this thickly drawn summation curve always lies above the normal medium speech level and close to the peak speech levels for 4 000 Hz. Speech perception in normal surroundings is thus practically no longer present (with the hearing loss of 45 dB chosen here) when the extent of the reduced selectivity has the value stated (approx. 7 dB in this example). The causes of this selectivity loss which strongly reduce speech comprehension in the presence of ambient noise are naturally to be looked for primarily in the malfunction of the detection elements mentioned at the beginning and in the recruitment behaviour of the damaged ears, as should be discussed further by the following comparative observations.

Fig. 3 shows diagrammatically how the frequency selectivity and the sensitivity compared with pure frequency modulation are created or can be changed by coupling neural elements of different layers. The matching or tuning curves (threshold curves) of elements of a lower neural layer are presented in Fig. 3 in the upper row and those of a higher neural processing layer in the lower half. The elements in the lower plane may possess tuning curves with critical frequencies which lie closely adjacent to one another (a, b and c). It can now be seen how a narrowing or slope steepening, a widening and also elements with multiple peaks in the next-higher layer can come about by complex coupling of the two planes. Here, it must be mentioned in general that there frequently exist tuning curves which possess inhibition zones on both sides, which means that the excitation by a tone of corresponding frequency and intensity inside the range of the tuning curve is suppressed when tones inside the cross-hatched inhibition region with corresponding frequency or intensity are also present simultaneously or shortly before or shortly afterwards (two-tone suppression). Because of the temporal after-effect of both facilitation and above all inhibition processes, it is easy to understand that the element with inhibition zones on both sides (cross-

den Hemmbereich passiert. Deshalb, wie im mittleren Teil der Abb. gezeigt, ist dieses Element nur empfindlich hinsichtlich Aufwärtsmodulation und nicht Abwärtsmodulation der Frequenz. Und natürlich existieren auch Elemente, die für beidseitige Frequenzmodulationen empfindlich sind.

Betrachten wir das bereits erwähnte Beispiel mit den Silben [ba] und [ga], bei denen nur die ansteigende und fallende Transition (Aufwärts- und Abwärtsfrequenzmodulation) den entscheidenden Unterschied ausmacht (Abb. 4). Falls nun höher angeordnete Elemente mit Abstimmkurven existieren, die in die Detektion des zweiten Formanten des Vokals [a] involviert sind (Teil eines F2-[a]-Detektors), dann kann man annehmen, daß beide Elemente durch den Vokal [a] aktiviert sein können (dick gezeichnete Kurve in Abb. 4). Wenn wir

hatched) does not respond at all to frequency modulations of medium speed. The inhibition which is produced during the frequency passage through the inhibition zone lasts for a longer time and acts as forward inhibition on the actual discrimination element. Therefore, the inhibition is still present when the frequency range which should produce the actual excitations has passed (not cross-hatched). In the same way, an element with only one single inhibition zone is sensitive to that frequency modulation which does not primarily pass the inhibition region. Therefore, as shown in the central part of the Fig., this element is sensitive only to upward modulation and not to downward modulation of the frequency. And naturally elements also exist which are sensitive to bilateral frequency modulations.

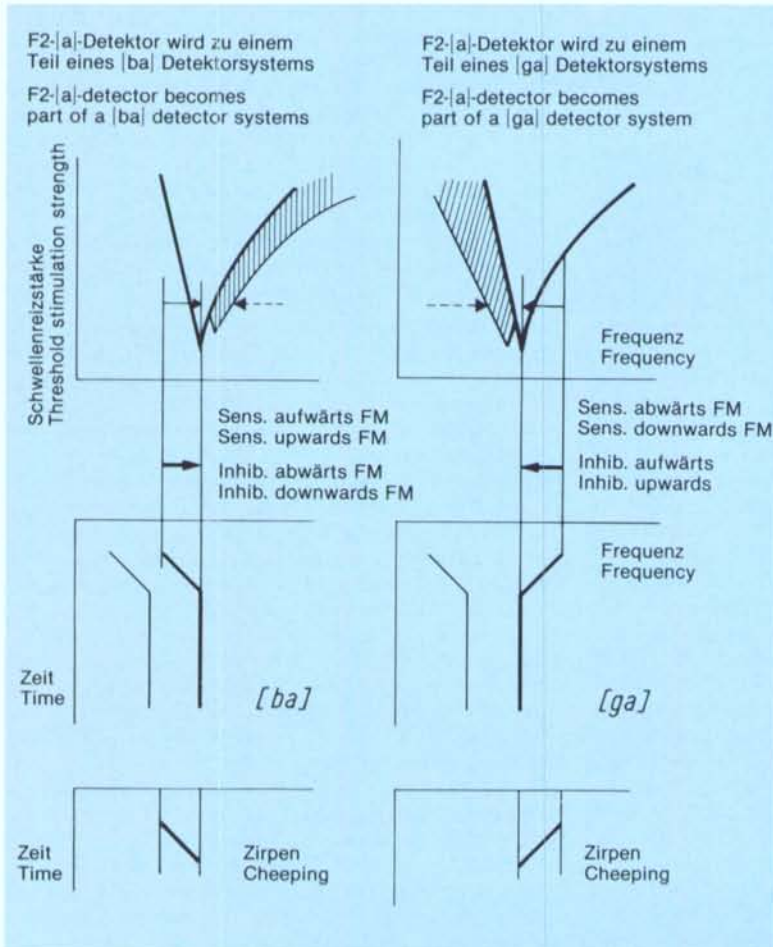


Abb. 4: Verhalten hypothetischer Sprachdekodierungselemente bei unterschiedlichen Transitionen, die der gleichen Konfiguration von Formanten vorausgehen

Fig. 4: Behaviour of hypothetical speech decoding elements with different transitions which precede the same configuration of formants

weiter annehmen, daß die Gruppierung der neuronalen Elemente derart vorliegt, daß zwei unterschiedliche Hemmzonen existieren (schraffiert in Abb. 4), dann ist leicht einzusehen, daß während einer vorangehenden Aufwärtsfrequenzmodulation, wie sie bei der Silbe [ba] auftritt, ein Element für längere Zeit inhibiert sein dürfte (rechte Bildhälfte), das andere Element nicht (linke Bildhälfte). Dieser Effekt ist gerade umgekehrt, wenn die Silbe [ga] einwirkt, wodurch der ursprüngliche Teil eines einfachen F 2-|a|-Detektorsystems nun zu einem Teil eines [ga]-Detektorsystems umgeschaltet wird.

Zusätzlich ist zu bemerken, daß entsprechend der zeitlichen Umkehr (schnellere Verarbeitung der Vokale als der vorangehenden Konsonanten) bei der Verarbeitung im akustischen System die Inhibition verzögernd einsetzt. Das bedeutet, daß beide Elemententypen zunächst als Vokaldetektoren für eine kurze Zeit arbeiten, bevor ein Teil von ihnen durch den früher auftretenden Geräuschblock des Konsonanten und die spezifische Transition inhibiert wird. Mit anderen Worten:

Let us consider the already mentioned example with the syllable [ba] and [ga], where only the rising and falling transition (upward and downward frequency modulation) constitutes the decisive difference (Fig. 4). Should higher situated elements now exist with tuning curves which are involved in the detection of the second formant of the vowel [a] (part of a F 2-|a|-detector), then one can assume that both elements can be activated by the vowel [a] (bold curve in Fig. 4). If we further assume that the grouping of the neural elements is present in such a way that two different inhibition zones exist (cross-hatched in Fig. 4), then it is easy to see that one element may be inhibited for a lengthy time (right figure half), but not the other element (left figure half) during a preceding upward frequency modulation, as occurs with the syllable [ba]. This effect is just the reverse when the syllable [ga] acts, whereby the original part of a simple F 2-|a|-detector system is now switched over to a part of a [ga]-detector system.

It should be noted in addition that according to the

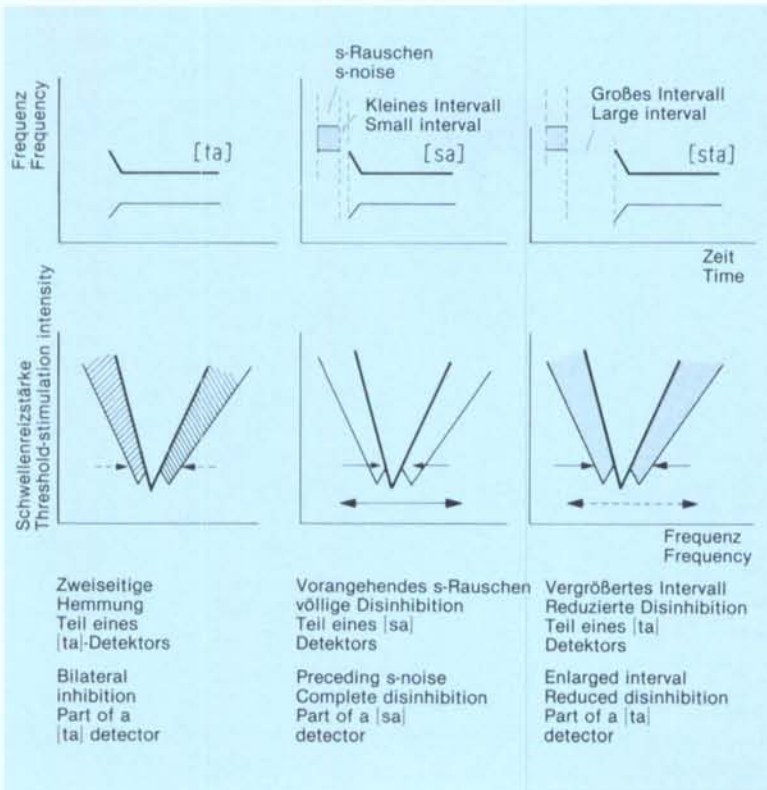


Abb. 5: Verhalten hypothetischer Sprachdekodierungselemente bei fehlenden und vorhandenen Geräuschblöcken bzw. unterschiedlich langen freien Intervallen, die der gleichen Konfiguration von Transitionen und Formanten vorausgehen

Fig. 5: Behaviour of hypothetical speech decoding elements with absent and present noise blocks or silent intervals of different lengths which precede the same configuration of transients and formants.

Vokaldetektoren können durch die begleitenden Transitionen ab- bzw. umgeschaltet werden.

Ein weiteres Beispiel, das die eingangs gestellte Problematik der fehlenden Invarianz versucht zu erläutern, wird mit Abb. 5 angeführt. Wie bereits erwähnt, muß ein freies Intervall zwischen einem Geräuschblock, entsprechend dem Frikativ [s] und einem Vokalabschnitt (Vokal [a]), klein genug sein, um die Konsonant-Vokalfolge [sa] zu produzieren. Dies ist im mittleren Teil dieser Abb. veranschaulicht. Liegt kein vorangehendes Konsonantgeräusch vor, dann wird durch die angegebene Transition-Formantsequenz die Silbe [ta] perzipiert. Wird nun das freie Intervall zwischen dem Geräuschblock und dem Vokalabschnitt größer (ca. 50 ms), dann wird der Hörer in der Tat diesen Plosivlaut [t] empfinden, obwohl er nicht ursprünglich vorhanden war. Er hört in diesem Fall anstatt der Silbe [sa] die Silbe [sta].

Zur Erklärung dieses Effektes können wir wieder die neuronalen Elemente mit charakteristischen Frequenzen um den zweiten Formanten des Vokals [a] heranziehen. Im unteren Teil der Abb. 5 (linke Seite) ist ein solches Element mit einer zweiseitigen Hemmzone gezeigt. Dieses Element könnte als Teil eines [ta]-Detektionssystems aufgefaßt werden, falls die entsprechenden Transitionen ohne den Geräuschblock vorhanden sind. Der mittlere Teil dieser Abb. zeigt nun was passiert, wenn ein s-Geräuschblock dem Vokalabschnitt vorangeht. Eine Vorwärtsinhibition macht das betrachtete Element empfindlicher für die Transitionen und schaltet es so um, daß es nun als Teil eines [sa]-Detektionssystems fungiert. Diese Art von Vorwärtsinhibition ist nur wirksam, wenn das freie Zeitintervall zwischen dem Geräuschblock und dem Vokalabschnitt gering ist. Die Vorwärtsdisinhibition wird umso weniger wirksam, je größer das freie Zeitintervall wird, und deshalb zeigt der rechte Teil von Abb. 5 den erneuten Anstieg der Inhibition (bei vergrößertem Intervall) und somit den Übergang des Elementes zurück zu einem Teil des [ta]-Detektorsystems. Als Ergebnis dieses Vorgangs wird natürlich die Silbe [sta] vom Hörer empfunden, obwohl das [t] nicht artikuliert wurde, sondern nur das Zeitintervall verlängert auftritt.

Vergleichbar zu diesen zwei Beispielen existieren eine Vielzahl interessanter Effekte, die relativ einfach durch derartige zeitlich veränderliche Hemm- und Enthemmvorgänge komplex miteinander vermaschter neuronaler Elemente erklärt werden können. Diese ändern einfach ihre Zugehörigkeit je nach akustischer Vorgeschichte bzw. akustischen Begleitumständen – eine Eigenschaft, die für die Hörgeräteanpassung von entscheidender Bedeutung sein dürfte.

Der zweite wichtige Gesichtspunkt, welcher für die so

temporal reversal (more rapid processing of vowels than of preceding consonants) the inhibition starts with a delay in the case of processing in the acoustic system. This means that both element types work at first as vowel detectors for a short time before a part of them is inhibited by the earlier occurring noise block of a consonant and the specific transition. With other words: vowel detectors can be switched off or switched over by the accompanying transitions.

A further example which attempts to explain the problem of missing invariance set at the beginning is shown in Fig. 5. As already mentioned, a silent interval between a noise block, corresponding to the fricative [s] and a vowel section (vowel [a]) must be small enough to produce the consonant vowel sequence [sa]. This is illustrated in the central part of this Figure. If no preceding consonant noise is present, then the syllable [ta] is perceived by the given transition formant sequence. If the silent interval between the noise block and the vowel section is now larger (approx. 50 ms), then the listener will actually sense this positive sound [t] although it was not originally present. In this case, he hears the syllable [sta] instead of the syllable [sa].

To explain this effect, we can once again call upon the neural elements with characteristic frequencies about the second formants of the vowel [a]. Such an element is shown with a bilateral inhibition zone in the lower part of Fig. 5 (left side). This element could be interpreted as part of a [ta] detection system, should the corresponding transitions be present without the noise block. The central part of this Fig. now shows what happens if an s-noise block immediately precedes the vowel section.

A forward disinhibition makes the element observed more sensitive for the transitions and switches it over so that it functions now as part of a [sa] detection system. This type of forward disinhibition is only effective when the silent interval between the noise block and the vowel section is small. The forward disinhibition becomes the less effective the larger the silent interval is and therefore the right part of Fig. 5 shows the renewed rise of the inhibition (with enlarged interval) and thus the return of the element to a part of the [ta] detector system. As a result of this process, the syllable [sta] is naturally sensed by the listener although the [t] was not articulated but only the time interval extended.

A multitude of interesting effects, which can be explained relatively simply by such temporarily changing inhibition and disinhibition processes of complexly intermeshed neural elements exist comparable to these two examples. These simply change their affiliation according to acoustic history or acoustic accompany-

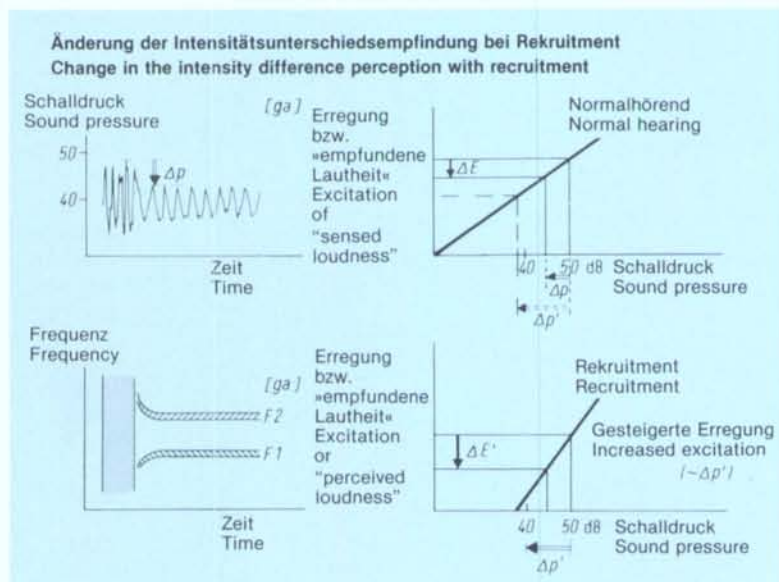


Abb. 6: Durch die von der erhöhten Schwelle ausgehende versteilte Kennlinie (rechts unten) kommt es bei Recruitment zu gesteigerten Erregungswerten ($\Delta E'$) gegenüber dem Normalhörenden (ΔE) bei gleichen Schalldruckänderungen (Δp); z.B. beim Übergang lauter Konsonant – leiser Vokal (links oben), dessen Sonogramm ebenfalls dargestellt ist (links unten)

Fig. 6: Because of the steepened characteristic resulting from the increased threshold (right below), increased excitation values ($\Delta E'$) are obtained with recruitment compared with the normal-hearing person (ΔE) at the same sound pressure changes (Δp); e.g. on the transition from loud consonant to soft vowel (left above), the sonagram of which is also shown (left below).

nachteiligen Diskriminationsstörungen (verminderte Selektivität) verantwortlich gemacht werden muß, sind Recruitmentschäden. Diese Schädigung (Abb. 6 rechts unten) manifestiert sich bekanntlich durch eine erhöhte Schwelle (im Beispiel 35 dB) und vor allem durch eine von diesem erhöhten Schwellenwert aus gegenüber der Intensitätsfunktion des Normalhörenden (Abb. 6 rechts oben) steiler ansteigende Kennlinie. Durch ein derartiges Recruitment wird die sprachliche Kommunikation dreifach beeinträchtigt.

1. Der Intensitätssprung zwischen Konsonant [g] und Vokal [a], der im Schema (Abb. 6) als Δp bezeichnet ist, bewirkt nicht einen Erregungsunterschied ΔE wie beim Normalhörenden. Vielmehr wird durch die versteilte Kennlinie bei Recruitment eine größere Erregungsänderung $\Delta E'$ resultieren, so als ob scheinbar ein größerer Schalldrucksprung ($\Delta p'$) aufgetreten wäre (Abb. 6 rechts unten).

2. Die beiden Formanten (F 1 und F 2) können gegenüber dem normalen Gehör dadurch erregungsmäßig unterschiedlich wirken, daß im Schädigungsfalle verschieden steile Recruitmentkennlinien für diese beiden Frequenzen Gültigkeit haben.

3. Grundsätzlich sind Frequenzänderungen – auch bei konstantem Schalldruck – infolge der Krümmung der Kurven gleicher Lautstärke mit charakteristischen Lautstärkeänderungen verknüpft, die ebenfalls zur Sprachinformationsverarbeitung beitragen dürften. Dies wird mit Abb. 7 verdeutlicht, welche im oberen

ing circumstances – a property which could be of decisive significance for hearing-aid fitting.

The second important aspect which must be made responsible for the so disadvantageous discrimination disturbances (reduces selectivity) are recruitment damages. This injury (Fig. 5 right below) is known to be manifest by an increased threshold (in the example 35 dB) and above all by a steeply rising characteristic compared with the intensity function of the normal-hearing person (Fig. 6 right above). Speech communication is impaired three-fold by such recruitment.

1. The intensity jump between consonant [g] and vowel [a], which is termed Δp in the diagram (Fig. 6) does not effect an excitation difference ΔE as with normal-hearing persons. Rather, a larger excitation change $\Delta E'$ will result because of the steepened characteristic with recruitment, as if apparently a larger sound pressure jump ($\Delta p'$) had occurred (Fig. 6 right below).

2. The two formants (F 1 and F 2) can act differently with regard to excitation compared to normal hearing in such a way that in the case of damage differently steep recruitment characteristics can be valid for these two frequencies.

3. Basically, frequency changes – even at constant sound pressure – are connected with characteristic volume changes because of the curvature of the equal loudness contours, which should also contribute to speech information processing. This is illustrated in

Bildteil die bekannten Kurven gleicher Lautstärke enthält mit einem Pfeil, der eine Frequenzmodulation bei konstantem Schallpegel von 8 kHz herunter nach 4 kHz angibt. Wie im unteren Bildteil angedeutet, ruft diese reine Frequenzmodulation eine Lautstärkeempfindungsänderung aufgrund der Krümmung der Kurven gleicher Lautstärke von 40 Phon nach 63 Phon hervor.

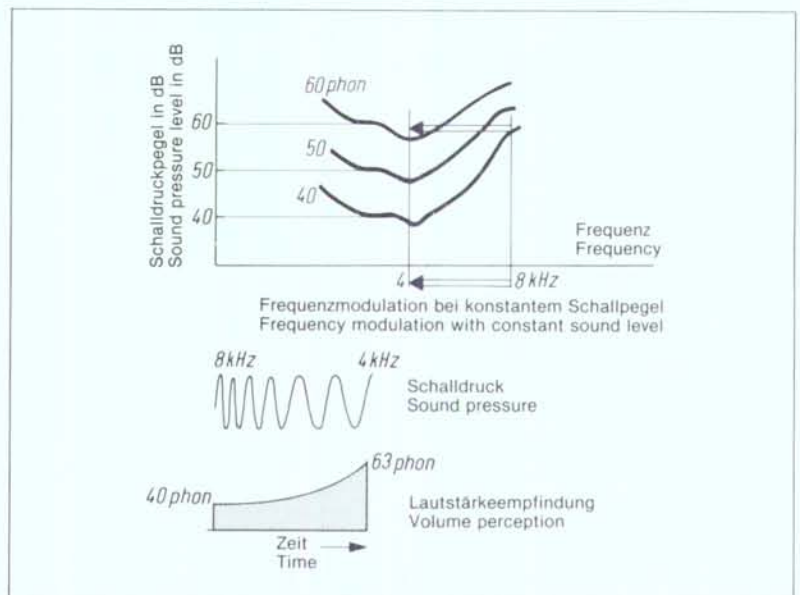
Obwohl nun die Transitionen im Sprachfluß nicht unbedingt reine Frequenzmodulationen sind, muß bei Recruitment dennoch mit einer Beeinflussung der begleitenden Lautstärkeempfindung gerechnet werden. In diesem Zusammenhang zeigt Abb. 8 (oben links) gestrichelt nochmals die bekannten Kurven gleicher Lautstärke bzw. die Hörschwellenkurve (um 90° gedreht). Darunter (unten links) sind ebenfalls gestrichelt zwei Intensitätsfunktionen für die mit A und B gekennzeichneten Frequenzwerte schematisiert. Unter der Annahme, daß entsprechend dem Zusammenrücken der Linien gleicher Lautstärke im höheren Frequenzbereich eine etwas steilere Kennlinie (B) resultiert (Recruitment des Normalhörenden), stellt also die gestrichelte Version das Normalverhalten des Ohres dar. Liegt nun, wie im Schema rechts angedeutet, für die Silbe [ga] ein Transientenübergang von B nach A (schraffierter Pfeil) vor, dann bedeutet dies entsprechend den Kurven gleicher Lautstärke einen Übergang vom hochfrequenten Bereich (B) zum Mittelfrequenzbereich (A). Auch dann, wenn der Schalldruckpegel

Fig. 7 which contains in the upper part of the Figure the known equal loudness contours with an arrow indicating a frequency modulation at a constant sound level of 8 kHz down to 4 kHz. As is indicated in the lower part of the Figure, this pure frequency modulation produces a volume sensitivity change based on the curvature of the equal loudness curves from 40 phon to 63 phon.

Although the transitions in the speech flow are not necessarily pure frequency modulations, an influence on the accompanying volume perception must nevertheless be reckoned with. In this connection Fig. 8 (above left, dashed) shows dashed once again the known equal loudness contours and the hearing threshold curve (rotated by 90°). Below this (lower left, dashed), two intensity functions are also shown for the frequency values identified with A and B. Under the assumption that a somewhat steeper characteristic (B) results (recruitment of the normal-hearing person) corresponding to the moving together of the equal loudness contours in the higher frequency range, the dashed version therefore represents the normal behaviour of the ear. If a transient shift from B to A (cross-hatched arrow) for the syllable [ga] occurs, as indicated in the diagram on the right, then this means a transition from the high-frequency range (B) to the medium-frequency range (A) corresponding to the equal loudness contours. This pure frequency change corresponds to a change in excitation and thus in

Abb. 7: Erläuterung der Lautstärkeempfindungsänderung bei reiner Frequenzmodulation

Fig. 7: Explanation of the change in loudness perception with pure frequency modulation



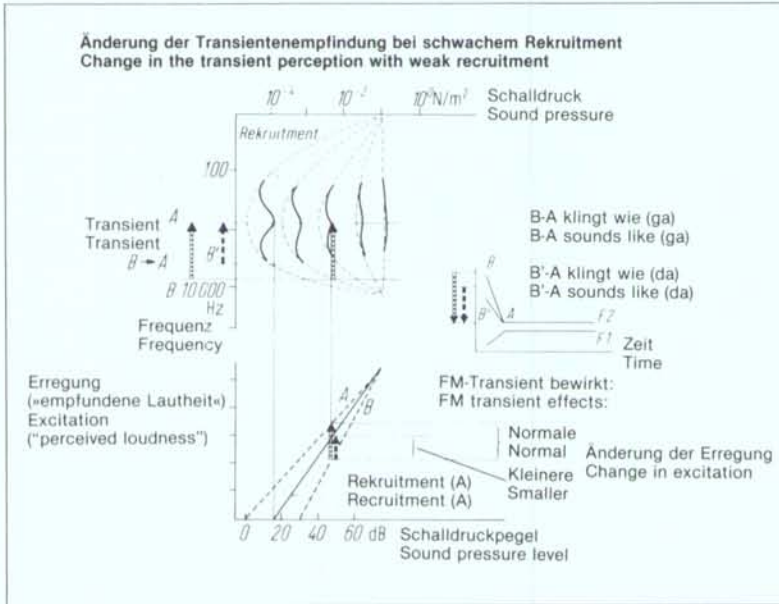


Abb. 8: Änderung der Transientenempfindung bei schwachem Rekrutment und dadurch bewirkte falsche Silbenverständlichkeit

Fig. 8: Change in the transient perception with weak recruitment and ensuing false syllable intelligibility

sich dabei nicht ändert, entspricht diese reine Frequenzänderung einer Erregungs- und damit Lautstärkeänderung, wie sie im Kennliniendiagramm ebenfalls als schraffierter Pfeil eingezeichnet und als normale Änderung der Erregung bezeichnet wird.

Nehmen wir nun weiterhin an, daß ein Hörschaden speziell bei der mittleren Frequenz A mit Schwellenerhöhung und entsprechender Verbiegung der Kurven gleicher Lautstärke vorliegt, dann entspricht dies einer Schwellenerhöhung und Versteilung der Kennlinie A, die ebenfalls dick in das Kennliniendiagramm eingezeichnet ist. Der bei etwa gleichem Schalldruckpegel erfolgende Transientenübergang von der Frequenz B zur Frequenz A ruft nun in diesem Fall (schwaches Rekrutment) eine geringere Änderung der Erregung hervor, wie gestrichelt im Kennliniendiagramm angedeutet. Diese kleinere Erregungsänderung würde z.B. auch dann auftreten, wenn eine geringere Frequenzänderung (von B' nach A) erfolgt wäre. Das Gehör verarbeitet demzufolge zwar den frequenzmäßigen Übergang von der Frequenz B zur Frequenz A richtig, hat jedoch gleichzeitig eine Erregungsänderung, welche hierzu nicht paßt, sondern vielmehr zu einem kleineren Übergang, beispielsweise von Frequenz B' zu A, gehören könnte. Diese kleinere Frequenzänderung beim Übergang vom Geräuschblock zum zweiten Oberformanten (F 2) entspricht, wie rechts gezeigt ist, der Perception der Silbe [da]. Damit ist die Wahrscheinlichkeit

volume even when the sound pressure level remains constant, as is shown in the characteristic diagram as cross-hatched arrow as well and marked as normal change in excitation.

If we further assume a hearing damage to be present especially at the medium frequency A with threshold increase and corresponding distortion of the equal loudness contours, then this corresponds to a threshold increase and steepening of the characteristic A which is also drawn bold in the characteristic diagram. The transient shift taking place at around the same sound pressure level from frequency B to frequency A produces, in this case, (weak recruitment) a smaller change in excitation as is indicated dashed in the characteristic diagram. This smaller change in excitation would, for instance, also occur if a smaller frequency change (from B' to A) had taken place. The hearing accordingly processes the transition in frequency from frequency B to frequency A correctly, but at the same time it experiences an excitation change which is not appropriate to this but which could rather be associated with a smaller transition, for example, from frequency B' to A. This smaller frequency change on the transition from the noise block to the second upper formant (F 2) corresponds, as is shown on the right, to the perception of the syllable [da]. Thus, the probability that the syllable [da] is actually understood instead of [ga] is increased.

erhöht, daß anstelle von [ga] die Silbe [da] tatsächlich verstanden wird.

Im Falle eines starken Recruitments kann die angedeutete Verschiebung der Kurven gleicher Lautstärke noch ausgeprägter sein und deshalb auch eine steilere Intensitätsfunktion vorliegen. Dieser Extremfall (Spreng, 1982) kann für die Transition der Frequenzen B nach A eine inverse Veränderung der Erregung, verglichen mit dem Normalfall, hervorrufen. Die Erregung verhält sich dann so, als ob die Transition nicht an der normalen Artikulationsschwelle ihren Ausgang genommen hätte, sondern beispielsweise dort, wo auch die zweite Formantfrequenz F 2 liegt. In diesem Fall ist natürlich schwer vorauszusagen, wie sich ein dekodierendes System verhält, das einerseits quasi statische Frequenzen (die Vokalsektion) richtig erkennt und auch die Frequenzübergänge frequenzmäßig grob richtig erfaßt, jedoch dazu eine völlig abnormale Erregungsänderung aufweist.

Nun erfolgt natürlich der Recruitmentschaden nicht abrupt, sondern das akustische System hat genügend Zeit, sich langsam an diese Fehlfunktion zu gewöhnen und weist auch bekanntlich eine außerordentlich große Flexibilität auf. Bei fortschreitender Schädigung haben jedoch Patienten mit Recruitment erfahrungsgemäß große Schwierigkeiten, Sprache richtig zu verstehen und insbesondere in Umgebungsgeräusch zu diskriminieren. Wird nun in einem solchen Fall durch eine optimale Anpassung – wenn überhaupt technisch möglich – die Recruitmentschädigung kompensiert, dann muß auch in diesem optimalen Fall u.U. mit einer Verschlechterung des Sprachverständnisses, zumindest für eine gewisse Zeit, gerechnet werden, da die langsame Anpassung an die Fehlfunktion schlagartig überspielt wird.

Wird dem Recruitmentgeschädigten ein Hörgerät ohne Kompression nur gemäß der Schwellenverschiebung angepaßt, dann ist natürlich kaum eine Verbesserung der Sprachdiskrimination zu erwarten, eher durch Veräbungsvorgänge eine Verschlechterung. Der Versuch, mit der automatischen Verstärkungsregelung (AGC) diesen Veräbungseffekt zu reduzieren, birgt weitere Gefahren in sich.

Mit Abb. 9 wird angedeutet, daß durch das AGC-Gerät ein Übergang lauter Vokal – leiser Konsonant in der Größenordnung Δp , der beim Normalhörenden die Normalempfindung ΔE hervorruft, eventuell eine Erregungsüberhöhung ΔE^* resultiert. Wie ganz unten gezeigt, ist natürlich bei zusätzlichem Recruitment mit genereller Überhöhung der Erregungswerte eine weitere Steigerung und damit eine weitere Verschlechterung der Sprachdiskrimination zu erwarten ($\Delta E'$).

Durch die automatische Verstärkungsregelung wird

In the case of strong recruitment, the indicated shift of the equal loudness contours can be even more pronounced and thus a steeper intensity function can be present. This extreme case (Spreng, 1982) can even produce an inverse change in the excitation (compared with the normal case) for the transition of frequencies B to A. The excitation then behaves as if the transition had not originated at the normal articulation place but, for example, where the second formant frequency F 2 also lies. In this case, it is naturally difficult to predict how a decoding system behaves which on the one hand identifies correctly quasi static frequencies (the vowel section) and also properly records at least roughly the frequency transitions in terms of frequency, but which features in addition a completely abnormal change in excitation. Recruitment damage naturally does not take place abruptly but the acoustic

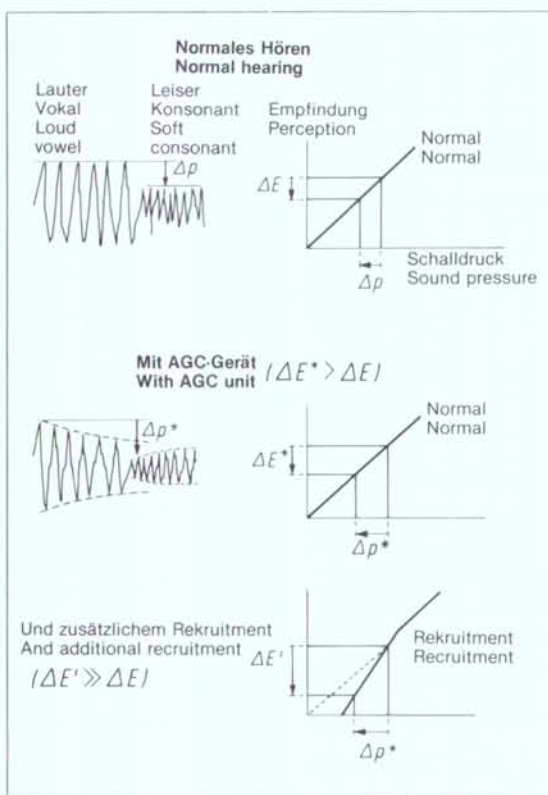


Abb. 9: Zusätzliche Erregungsüberhöhung beim Übergang Vokal-Konsonant durch ein AGC-Gerät

Fig. 9: Additional increase of excitation during a vowel-consonant transition caused by AGC-unit

aber nicht nur der jeweilige Schalldrucksprung in seiner Größe verändert empfunden, sondern auch das freie Intervall, das – wie bereits erwähnt – von großer Bedeutung für die richtige Perzeption ist, kann einer Veränderung unterliegen. Wie mit Abb. 10 angedeutet, wird im Falle des AGC-Gerätes ein einem lauten Konsonantengeräuschblock folgender leiserer Vokal derart durch das AGC-Gerät verändert werden können, daß das dazwischenliegende freie Intervall vergrößert empfunden wird. Damit kann natürlich eine Veränderung, wie wir sie im Falle der Silbe [sa] bzw. [sta] erwähnt haben, ohne weiteres auftreten und eine deutliche Verschlechterung der Sprachverständlichkeit resultieren.

Wenn die eingangs gestellte Frage, wie nahe die Test- und Anpaßverfahren beim Schwerhörigen der eigentlichen Funktion des Gehörs kommen, nunmehr beantwortet werden soll, dann müssen wir sagen, daß von einer genauen Messung der Gehörfunktion hinsichtlich Sprachverständnis noch keine Rede sein kann. Dies sollte vor allem den unmittelbar mit dem Schwerhörigen und der Hörgeräte-Anpassung Beschäftigten zur Vorsicht mahnen. Mindestens sollten meine Ausführungen anregen, eine Hörgeräte-Anpassung in einer

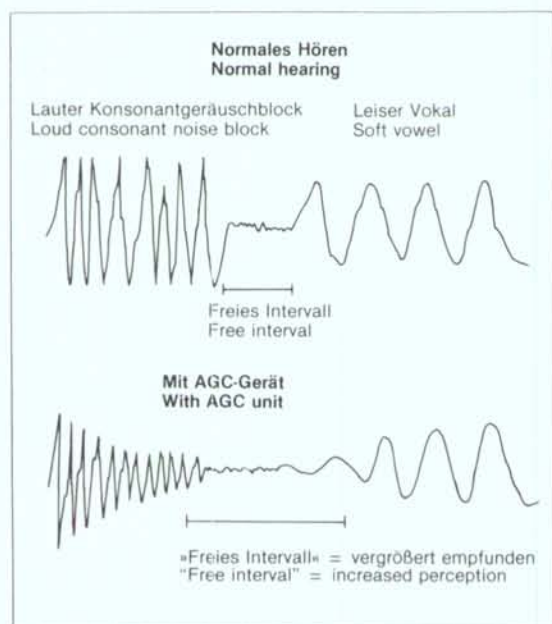


Abb. 10: Veränderung der Empfindung des freien Intervalls durch ein AGC-Gerät

Fig. 10: Change of sensation of the silent interval caused by an AGC-unit

system has sufficient time to become accustomed slowly to this malfunction and it is known to possess an extraordinarily large flexibility. However, experience has shown that with advancing damage, patients with recruitment have great difficulties in understanding speech correctly and in discriminating it particular in ambient noise. If the recruitment damage were compensated in such a case by optimum fitting, if at all technically possible, then even in this optimum case a worsening in speech comprehension must be expected under certain circumstances, at least for a certain time, since the slow adaptation to the malfunction is abruptly overplayed.

If the patient with recruitment damage is fitted a hearing aid without compression only according to the threshold shift, then an improvement in speech discrimination is naturally scarcely to be expected, rather a worsening because of masking processes. The attempt to reduce this masking effect with the automatic gain control (AGC) harbours further dangers.

It is indicated in Fig. 9 that because of the AGC unit, with a loud vowel – soft consonant transition in the order of magnitude of Δp , which produces in the normal-hearing person the normal sensation ΔE , an excessive excitation increase ΔE^* possibly results. As shown quite below, a further increase and thus a further worsening of the discrimination ($\Delta E'$) is naturally to be expected with additional recruitment with generally excessive increasing of the excitation values.

However, because of the automatic gain control, not only the relevant sound pressure jump is sensed to have changed in magnitude, but also the silent interval which – as already mentioned – is of great importance for correct perception, can also be subjected to a change. As indicated in Fig. 10, a softer vowel following a loud consonant noise block can be changed in such a way by the AGC that the intervening silent interval is sensed as if it were enlarged. Thus, a change, as was mentioned in the case of the syllable [sa] or [sta] can naturally occur as a matter of course and a clear worsening of the speech comprehension may result.

In answering the question raised at the beginning as to how close the test and fitting procedure with hearing-impaired persons may approach the actual function of hearing, we must say that we are still far away from speaking of an accurate measurement of the hearing function with regard to speech comprehension. This should warn, above all, those occupied directly with hearing-impaired persons and hearing-aid fitting to be cautious. My arguments should at least prompt the profession to carry out hearing-aid fitting in noise-filled surroundings and to be extremely careful when using an automatic gain control. It appears to me to be

störgeräuschhaltigen Umgebung durchzuführen und mit einer automatischen Verstärkungskontrolle außerordentlich vorsichtig umzugehen. Entscheidend scheint mir zu sein, daß der Patient mit angepaßtem Hörgerät bisher weitgehend allein gelassen und wenig bis gar nichts dazu beigetragen wird, den langfristigen Anpassungsvorgang an den Schaden durch einen vergleichbaren Anpassungsvorgang an das korrigierende Hörgerät zu kompensieren. Eventuell ist es u.U. sogar ratsam, nicht eine Vollkorrektur, sondern erst eine Teilkorrektur eines Hörschadens durchzuführen, wobei ein Lern- und Begleitprozeß in vielen Fällen sicher wünschenswert und für den bleibenden Gebrauch des Hörgerätes erforderlich wäre. ●

decisive that the patient fitted with a hearing aid so far is left largely alone and will contribute little to nothing at all to compensating the long-term matching process to the damage by a comparable matching process to the corrective hearing aid. It is possibly even advisable under certain circumstances not to perform a full correction but firstly a part-correction of a hearing damage, whereby a learning and accompanying process would surely be desirable in many cases and necessary for the continuous use of the hearing aid. ●

Literatur/References

Plomb, R. und A. J. Duquesnoy: A model for the speech-reception threshold in noise without and with a hearing aid. In (O. J. Pedersen, T. Poulsen, Eds.): Binaural effects in normal and impaired hearing. Scand. Audiol. Suppl. 14 (1982) 95-111

Spreng, M.: Auswirkungen des Lärms auf das Hören (Teil 1 und 2). Audiol. Akustik 21 (1982) 66-74 und 94-113

Spreng, M.: Physiologische Hintergründe der zentralen Sprachdecodierungsprozesse. Sprache – Stimme – Gehör 8 (1984)

Aktuelles

Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Audiologen und Neurootologen (ADANO) in Braunschweig Teil 1

Auf Einladung von *Professor Stenger* fand die diesjährige Arbeitstagung der ADANO vom 29. bis 31. März in Braunschweig statt. Unter der bewährten Leitung des Vorsitzenden der Arbeitsgemeinschaft, *Professor Dr. Hoke*, dessen Amtsperiode in diesem Jahre zu Ende ging und zu dessen Nachfolger *Professor Stange*, Karlsruhe, gewählt wurde, konnte wiederum ein umfangreiches, interessantes wissenschaftliches Programm vorbereitet werden, welches sowohl für den Audiologen als auch in diesem Jahre insbesondere für den Neurootologen vielfältige wissenschaftliche Leckerbissen enthielt.

Hauptthemen der wissenschaftlichen Sitzungen waren im neurootologischen Bereich die Olfaktometrie und die Gustometrie, im audiologischen Bereich das binaurale Hören. Ergänzt wurden diese Themenkomplexe

Forthcoming Meetings

Workshop of the Working Group of German Audiologists and Neurootologists (ADANO) in Braunschweig Part 1

At the invitation of *Professor Stenger*, this year's ADANO workshop took place in Braunschweig from 29th to 31st March. A comprehensive interesting scientific program, which offered both audiologists and, this year in particular, neuro-otologists manifold scientific delicacies, was prepared under the proven direction of the Chairman of the Working Party, *Professor Dr. Hoke*, whose period of office came to an end this year.

The main subjects of the scientific meetings dealt with olfactometry and gustometry in the neuro-otological field and binaural hearing in the audiological field. These subjects were supplemented in turn by a large number of free lectures on various fields of audiometry and neuro-otology. Although emphasis should be placed on audiological subjects in this survey, this year