

Zur Bedeutung von Zeitfaktoren in der Produktion und Perzeption von Sprachlauten

Hasso von Wedel

Als wahrnehmendes System besitzt das Gehör die Fähigkeit, akustische Informationen aus seinem Umgebungsraum aufzunehmen und in den Kommunikationsprozeß zu integrieren. Neben der reinen Orientierung in der Umwelt, die sich z.B. im Lokalisationsvermögen ausdrückt, sind die Spracherkennung und die Steuerung der eigenen Sprachlautproduktion wesentliche Voraussetzungen einer ungestörten Kommunikation.

Nach *Hirsh* (1959) werden Verarbeitungsprozesse der Sprachwahrnehmung wesentlich durch die Sprachstruktur determiniert. Signalsequenzen und Zeitmuster in Sprachsignalen reflektieren die Fähigkeiten des auditiven Systems zur Zeitmusteranalyse. Nach *Lashley* (1951) und *Martin* (1972) wird der Zusammenhang zwischen Gehörwahrnehmung und Sprachlautproduktion durch rhythmische Gesetze bestimmt. Ihr Basis-konzept versteht die Sprachlautproduktion im wesentlichen als rhythmischen Vorgang. Die Sprachsequenzen sind durch akzentuierte und nichtakzentuierte Einheiten gekennzeichnet, die zeitlich organisiert sind. Damit läßt sich folgern, daß Signalsequenzen wie Sprachlaute, die eine charakteristische rhythmische Organisation aufweisen, durch ein Wahrnehmungssystem perzipiert werden, welches den rhythmischen Mustern entsprechend konzipiert ist. Diese Hinweise unterstreichen die besondere Bedeutung zeitlicher Strukturen sowohl für die Sprachlautproduktion als auch für die Perzeption.

Bildung und Perzeption von Transienten

Da Sprache bekanntlich eine nichtstationäre Signalform beinhaltet, in der Amplitude, Grundton und Formantfrequenzen sich zeitlich ändern, erscheint es wichtig, nicht nur die grundlegenden Informationen durch das Sprachspektrum hervorzugeben, sondern vor allem auf die Bedeutung von Transienten hinzuweisen. Diese erlauben zum einen die Analyse spezifischer Verarbeitungsmuster auf der Perzeptionsebene und liefern über die Transferfunktion gleichzeitig die zum Verständnis von zeitlichen Abläufen im Vokaltrakt notwendigen Informationen (*Carré und Lancia* (1975)).

Die Untersuchungen von *Carré und Lancia* (1975) mit synthetisierten Vokalen zeigen, daß Amplituden-Transienten bei der Vokalartikulation als signalspezifische Auswertungskriterien einen wesentlichen Informationsgehalt für das auditive System darstellen. Variationen der Ein- und Ausschwingzeiten der einzelnen Formanten zeigen destruktive Auswirkungen auf die Perzeption. Veränderungen dieser Größen bewirken bei ausreichender Gesamtvokaldauer keine Reduzierung der Diskrimination.

Von größerer Bedeutung für die Phonemdiskrimina-

Hearing as a perceptive system possesses the ability to record acoustic information from its ambient and to integrate it in the communication process. Apart from pure orientation in the surroundings, which is expressed for instance in the ability of localization, speech sound production are essential pre-requisites for undisturbed communication.

According to *Hirsh* (1959), processes of speech perception are determined essentially by the speech structure. Signal sequences and time patterns in speech signals reflect the ability of the auditory system for time-pattern analysis. According to *Lashley* (1951) and *Martin* (1972), the relationship between hearing perception and speech-sound production depends upon rhythmical laws. Their basic concept understands speech-sound production essentially as a rhythmical process. The speech sequences are characterized by accented and non-accented units which are organized in time. Thus, it follows that signal sequences such as speech sounds which possess a characteristic rhythmical organization, are discerned by a perceptive system being conceived according to rhythmical patterns. These remarks underline the special significance of temporal structures both for speech-sound production and for perception.

Formation and perception of transients

Since we know that speech contains a non-stationary signal form in which amplitude, key note and formant frequencies vary with time, it appears important not only to stress the basic information by the speech spectrum, but above all, to point out the significance of transients. These permit on one hand the analysis of specific processing patterns at the perception level and supply at the same time, via the transfer function, the necessary information for the understanding of temporal processes in the vocal tract (*Carré and Lancia* [1975]).

The investigations made by *Carré and Lancia* (1975) with synthesized vowels show that amplitude transients in the vocal articulation represent an essential information content for the auditory system as signal-specific evaluation criteria. Variations in the attack and release times of the individual formants exercise a destructive effect on perception. With sufficient total vowel duration changes in these dimensions do not produce any reduction in discrimination.

The sole analysis of vowels, fricatives and plosives is less important for phoneme discrimination than the combination of these.

Above all, the transitions occurring between consonants and vowels also termed formant deflections, represent transient processes which supply the essential

The Significance of Time Factors in the Production and Perception of Speech Sounds

tion ist nicht die Analyse von Vokalen, Frikativa und Explosiva allein, sondern deren Kombination. Vor allem die zwischen Konsonanten und Vokalen auftretenden Übergänge, auch als Formantenabbiegungen bezeichnet, stellen transiente Vorgänge dar, die die wesentlichen unterscheidenden Merkmale zur Konsonant-Vokal-Kombination liefern. Die Transienten-Bildung ist durch schnelle Bewegungsübergänge der Artikulationsorgane zwischen Konsonant- und Vokalbildungs-orten gekennzeichnet.

Um zwischen einzelnen Explosiva zu differenzieren, wird artikulatorisch ein kurzer Geräuschblock erzeugt, der zusammen mit dem sogenannten »freien Intervall« vor dem Transienteneinsatz ein wesentliches Merkmal zur Identifikation und Diskrimination verschiedener Konsonant-Vokal-Übergänge darstellt (Abb. 1).

Untersuchungen zu den die Sprachperzeption bestimmenden Parametern sind vielfältig.

Hinweise auf im wesentlichen peripher gelegene Verarbeitungsprozesse von Vokalen finden sich bei *Ainsworth* (1975). Er spricht von peripheren Anpassungsmechanismen, die eine vokalspezifische Mustererkennung auch bei unterschiedlichen Sprechern gewährleisten. Ein notwendiges Feed-Back-System auf semantischer Ebene wird von ihm ausgeschlossen. Im peripheren Hörbereich sind Grundton und Formantfrequenz, also spektrale Komponenten, ausreichende Parameter zur Vokaldifferenzierung. Auch Variationen der Vokale bei weiblichen, männlichen oder kindlichen Stimmen werden entsprechend den aufgeführten Parametern durch den peripheren Anpassungsmechanismus erfaßt. Zeitfaktoren werden in ihrer Bedeutung als nebensächlich angesehen.

Im Gegensatz zu dieser Feststellung heben andere Autoren, die den Einfluß der Zeitdauern von Vokalen, Explosiva, Frikativa und auch freien Intervallen bestimmen, die besondere Bedeutung von Zeitfaktoren für die Diskrimination einzelner Phonemkomponenten hervor.

Thomas u.a. (1970) variieren die Vokaldauer zwischen 75 und 300 ms und ermitteln für eine Dauer von 100 msec noch zu 100% korrekte Diskriminationsangaben. Bei einzelnen Vokalen tritt für Vokaldauern von 27 ms bei trainierten Probanden noch häufig eine 100% richtige Vokalbestimmung auf. *Spreng* (1975) beschreibt für Explosiva von nur 26 ms eine 75% korrekte Diskrimination. Für Frikativa wird dieser Wert erst bei etwa 100 ms erreicht. Freie Intervalle, die, wie eingangs beschrieben, vor dem Einsatz von Transienten angeordnet sind, bewirken die günstigsten Diskriminationswerte bei Zeitdauern zwischen 30 und 80 ms.

Die verschiedenen Zeitkonstanten lassen auf durchschnittliche Phonemdauern zwischen 50 bis 500 ms

distinguishing features for consonant-vowel combination. The transient formation is characterized by rapid dynamic transitions of the articulation organs between the sites of formation for consonants and vowels.

In order to differentiate between individual plosives, the articulation organs produce a short noise block which represents together with the so-called "free interval" before the transient attack an essential feature for the identification and discrimination of different consonant-vowel transitions (Fig. 1).

Diverse investigations have been made on the parameters determining perception.

Hints on the essentially peripheral processes of vowels are to be found with *Ainsworth* (1975). He mentions peripheral adaptation mechanisms which guarantee a vowel-specific recognition of patterns, even with different speakers. He excludes necessary feedback system at the semantic level. In the peripheral area of the auditory pathway, key tone and formant fre-

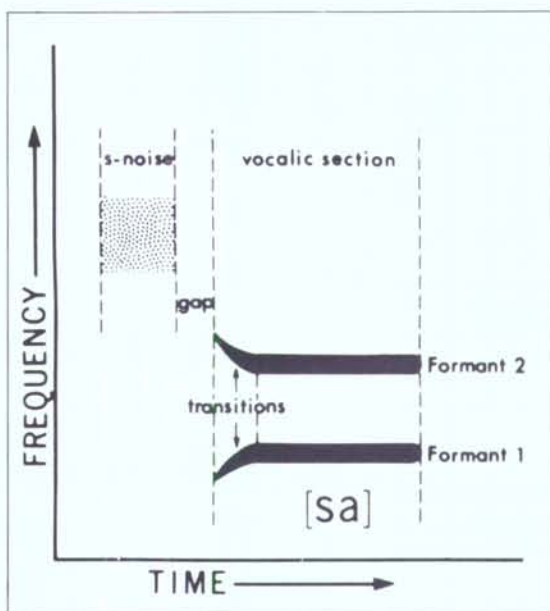


Abb. 1 Konsonant-Vokal-Übergang [sa] mit den wesentlichen Bestimmungsteilen: Geräuschblock (s-noise), freies Intervall (gap), Transienten (transitions) und Vokalformanten 1 und 2 (aus Libermann und Pisoni)

Fig. 1 Consonant-vowel transition [sa] with the essential characteristics: Noise block (s-noise), free interval (gap), transients (transitions) and vowel formants 1 and 2 (from Libermann and Pisoni)

schließen, um eine ausreichende Diskrimination zu gewährleisten. *Liebermann* u.a. (1967) geben minimale Phonemauern von 70 bis 80 ms an, die bei normaler Sprachgeschwindigkeit auftreten. Derartige Minimalwerte sind jedoch nicht repräsentativ für die normale Sprachlautproduktion, wenn man bedenkt, daß Vokale etwa 200 bis 300 ms und einige Konsonanten 70 bis 80 ms andauern. Grundsätzlich muß jedoch zwischen den real auftretenden Zeitdauern einiger Phonemsegmente bei der Sprachlautproduktion und den zur 100%igen Diskrimination notwendigen Zeitkonstanten differenziert werden. Letztere sind häufig wesentlich geringer und weisen auf die ausgeprägte Redundanz des Gehörs hin.

Zeitkonstanten in der Sprachmusteranalyse

Die wichtigsten zeitlichen Analysevorgänge von Sprachsignalen durch das Gehör lassen sich nach *Spreng* (1975) wie folgt darstellen:

Während einer Dauer von 10 bis 400 ms muß der Frequenzbereich grob bestimmt werden können, von dem aus ein Transient beginnt. Das nach dem Geräuschblock vor dem Transienten angeordnete »freie Intervall« beträgt 30 bis 80 ms, die Transientendauer selbst etwa 50 ms. Der Formantbereich weist im Mittel Zeitkonstanten um 300 ms auf. Während dieses Zeitraums muß die Anordnung der Formanten analysiert werden. Die unterschiedlichen Ausgangsbereiche für verschiedene Explosiva und Frikativa sowie das breite Spektrum der Formantfrequenzen der Vokale bedingen geringe Variationen der Zeitkonstanten einzelner Konsonant-Vokalübergänge.

Die unterschiedlichen Auswirkungen von Zeitkonstanten an verschiedenen Stellen von Phonemsequenzen werden aus den entsprechenden Ausführungen von *Liebermann* und *Pison* (1976) verständlich.

Nach den in Abb. 2 schematisch aufgeführten Phonemsequenzen für unterschiedliche Anordnungen der Phoneme [b] und [p] lassen sich folgende Zusammenhänge beschreiben: In der Initialposition wie in dem oberen Silbenmuster kommt dem Zeitintervall bis zum Einsatz der Stimmhaftigkeit besondere Bedeutung zu. So wird bei [pid] die Stimmhaftigkeit erst wesentlich später als beim [bid] erreicht.

Bei Anordnung zwischen zwei Vokalen (mittleres Silbenmuster) ist als wesentliches Unterscheidungsmerkmal das Pausenintervall zu erkennen. Und letztlich wird in der Finalposition (unteres Silbenmuster) die Zeitdauer des vorangehenden Vokals zur Differenzierung beider Silben entscheidendes Kriterium.

Auf zusätzliche Gesichtspunkte, wie unterschiedliche Formantordnungen der Vokale, Transientenverhalten

quency, that is spectral components, are adequate parameters for vowel differentiation. Variations in the vowels with female, male or infantile voice are covered according to the parameters quoted by the peripheral adaptations mechanisms. Time factors are considered to be of secondary importance.

In contrast to this opinion, other authors, who determine the influence of the time duration of vowels, plosives, fricatives and also free intervals, stress the particular importance of time factors for the discrimination of individual phoneme components.

Thomas et al. (1970) vary the vowel duration between 75 and 300 ms and establish for a duration of 100 msec up to 100% correct discrimination results. With individual vowels, 100% correct vowel determination occurs frequently for vowel durations of 27 ms with trained test persons. *Spreng* (1975) gives 75% correct discrimination for plosives of only 26 ms duration. For fricatives this value is reached only at around 100 ms. Free intervals, which, as described previously, are arranged before the occurrence of transients, produce the most favourable discrimination values with durations between 30 and 80 ms.

The different time constants permit the conclusion that phoneme durations on average must range between 50 and 500 ms in order to guarantee adequate discrimination. *Liebermann* et al. (1967) state minimum phoneme durations of 70 to 80 ms which occur with normal speaking speed. Such minimum values are, however, not representative of normal speech-sound production, if one considers that vowels last around 200 to 300 ms and some consonants 70 to 80 ms. It must, however, be differentiated fundamentally between the durations of some phoneme segments really arising with speech-sound production and the time constants required for 100% discrimination. The latter are often significantly smaller and point out the pronounced redundancy of hearing.

Time constants in the analysis of speech patterns

The most important temporal analysis processes of speech signals by the hearing can be represented according to *Spreng* (1975) as follows:

During a duration of 10 to 400 ms, it must be able to determine roughly the frequency range from which a transient starts. The "free interval" arranged after the noise block before the transient amounts to 30 to 80 ms, the transient duration itself is around 50 ms. The formant range has, on average, time constants of 300 ms. During this time, the arrangement of the formants must be analyzed. The different output ranges for various plosives and fricatives as well as the wide

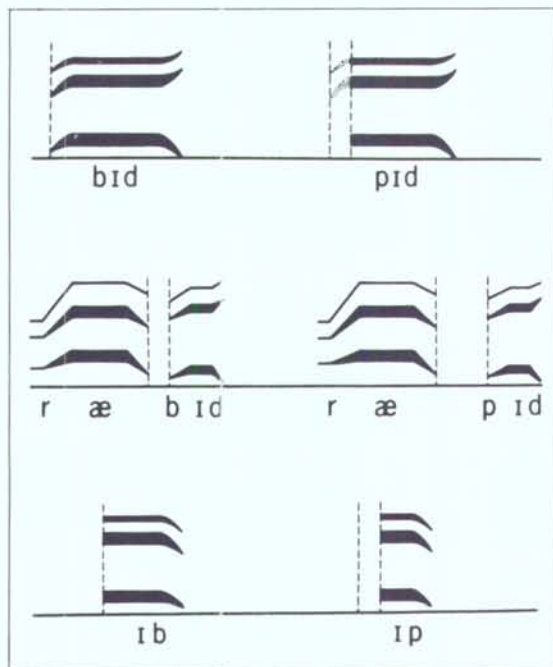


Abb. 2 Phonemsequenzen zur Darstellung von Zeitfaktoren bei unterschiedlicher Anordnung der Phoneme [b] und [p] (aus Libermann und Pisoni)

Fig. 2 Phoneme sequences for the display of time factors with different arrangements of the phonemes [b] and [p] (from Libermann and Pisoni)

und andere phonetische Strukturen, soll in diesem Zusammenhang nur hingewiesen werden.

Im Hinblick auf schnelle Veränderungen von Intensität und Spektrum in Sprachsignalen werden Verarbeitungsprozesse beschrieben, die Zeitkonstanten zwischen 20 und 30 ms beinhalten, Stevens (1975) beschreibt Detektoren, die für schnelle Spektrumänderungen auf einer höheren Ebene liegen als für die einfacher strukturierten schnellen Intensitätsänderungen. Auf die Existenz spezieller Speichereinheiten, die besonders empfindlich für Spektrumveränderungen sind, weisen auch die Ergebnisse der Untersuchungen von Klatt und Shattuck (1975) hin. Diese auditiven Speicher können spezielle Signalkomponenten aufnehmen und analysieren. Wie diese Speicher konzipiert sind und welchen Veränderungen sie bei extremen Signalvariationen und bei pathologischem Gehör unterliegen, können auch Pickett und Danaher (1975) in ihren Untersuchungen an Patienten mit hochgradiger sensorineuraler Schwerhörigkeit nicht eindeutig aussagen.

spectrum of the formant frequencies of the vowels result in small variations of the time constants of individual consonant-vowel transitions.

The differing effects of time constants at different points in phoneme sequences can be understood from the appropriate observations made by Libermann and Pisoni (1976).

According to the phoneme sequences shown diagrammatically in Fig. 2 for differing arrangements of the phonemes [b] and [p], the following relationships can be defined:

In the initial position as in the upper syllabic pattern, particular significance is attached to the time interval up to the onset of vocalization. Thus, with [pid], vocalization is only reached much later than with [bid].

With the phoneme arranged between two vowels (middle syllabic pattern), the pause interval is discerned as essential differentiating feature. And finally in the terminal position (lower syllabic pattern), the duration of the preceding vowel is a decisive criterion for differentiating between the two syllables.

In this connection only passing reference is made to additional aspects such as differing formant arrangement of the vowels, transient behaviour and other phonetic structures.

With regard to rapid changes in intensity and spectrum in speech signals, processing operations are described which contain time constants between 20 and 30 ms. Stevens (1975) describes detectors which lie on a higher level for rapid spectrum changes than for the more simply structured rapid intensity changes. The results of the investigations achieved by Klatt and Shattuck (1975) also point to the existence of special memory units which are particularly sensitive to spectrum changes. These auditory "stores" can accept and analyze special signal components. Even Pickett and Danaher (1975) could not state clearly in their investigations on patients with high-degree sensorineural hearing impairment how the memories are conceived and to which changes they are subjected in the event of extreme signal variations and pathological hearing.

According to Nooteboom (1979), it can be assumed that the transformed speech information in the peripheral memory passes through a sliding time window featuring an average time constant of around 250 ms. Should this time window be correlated with the refractory period of the neural components, a short attack and release time constant and a rapidly decayed after-image can be presumed to occur. This may explain why the auditory memory as time window between the beginning and end of a word usually displays no further information relationships. An

Nach *Nooteboom* (1979) kann angenommen werden, daß die im peripheren Speicher verfügbaren transformierten Sprachinformationen ein gleitendes Zeitfenster durchlaufen, welches eine mittlere Zeitkonstante von etwa 250 ms aufweist. Sollte dieses Zeitfenster mit der Refraktärzeit der neuralen Komponenten korreliert sein, kann eine kurze Ein- und Ausschwingzeitkonstante und ein schnell abgebautes Nachbild vermutet werden. Dies mag erklären, warum der auditive Speicher als Zeitfenster zwischen Wortbeginn und -ende meistens keine Informationszusammenhänge mehr zeigt. Eine zu Wortbeginn vorliegende Information wird mit den Nachbarelementen verglichen, ist jedoch nicht mehr verfügbar, wenn das Wortende vorliegt.

Die Sprachwahrnehmung wird nach *Nooteboom* (1979) durch die Zeitkonstanten des Zeitfensters unterschiedlich beeinflusst. In der Größenordnung von Sekunden liegen Zeitkonstanten im Falle der Wahrnehmung von Sprachkomponenten geringen Informationsgehalts wie Intonations- und Rhythmus-Mustern. Dies trifft auch für die Wahrnehmung prosodischer Merkmale zu. Auf der anderen Seite bedingt das Erkennen von Wörtern oder Morphemen in den meisten Fällen ein recht kurzes Zeitfenster, um überhaupt die sehr feinen Strukturunterschiede zu analysieren. Damit werden entsprechend der notwendigen Informationsqualität unterschiedliche Zeitkonstanten erforderlich: Informationen hoher Qualität sind durch Zeitkonstanten zwischen 150 bis 200 ms gekennzeichnet; ist die Informationsqualität als gering zu veranschlagen, werden mehrere Sekunden als ausreichend angesehen.

Die Schnelligkeit und Effizienz auditiver Worterkennung wird auch in einem Modell von *Marslen-Wilson* und *Welsh* (1978) hervorgehoben. Danach wird die Worterkennung durch eine Anzahl unabhängiger Erkennungsmerkmale bewirkt, deren zugeordneten Speicher aktiviert werden müssen, um das akustische Eingangssignal anhand spezifischer Merkmale zu analysieren. Diese Speicher bleiben inaktiv, wenn z.B. durch Störungen der akustischen Signalmuster durch externe Komponenten oder durch pathologische Veränderungen im Hörbahnsystem eine Fehlanpassung vorliegt.

Im Hinblick auf mögliche Perzeptionseinheiten bzw. Kurzzeitspeicher vermutet *Massaro* (1972), daß die Silbe und nicht das Phonem als wichtigste Informationseinheit der Sprache zu betrachten ist.

Nach *Wood* (1974) laufen Sprachverarbeitungsprozesse hinsichtlich auditiver und phonetischer Merkmale praktisch parallel ab. Es besteht jedoch allgemeine Übereinstimmung, daß die auditiven Prozesse eher beginnen. Ein Vergleich zwischen der Konsonant- und der Vokaldiskrimination zeigt, daß die Strukturen der Vokale auf einer früheren auditiven Ebene analysiert

information present at the beginning of a word is compared with the adjacent elements but is no longer available when the end of the word is reached.

According to *Nooteboom* (1979), speech perception is influenced differently by the time constants of the time window. Time constants in the case of perception of speech components having a low information content, such as intonation and rhythm samples, lie in the order of magnitude of seconds. This also applies to the perception of prosodic features. On the other hand, the recognition of words or morphemes necessitates in most cases a rather short time window in order to be able to analyze at all the very fine structural differences.

Hence differing time constants are required depending on the necessary information quality: Information of higher quality is characterized by time constants between 150 and 200 ms; if the information quality is estimated to be low, several seconds are considered sufficient.

The rapidity and efficiency of auditory word recognition is also emphasized in a model of *Marslen-Wilson* and *Welsh* (1978); According to this, word recognition is effected by a number of independent recognition features, the associated memories of which must be activated in order to analyze the acoustic input signal with reference to specific features. These memories remain inactive if, for instances, faulty adaptation is present because of disturbances in the acoustic signal patterns by external components or because of pathological changes in the auditory pathway system.

Massaro (1972) surmised with regard to possible perception units or short-time memories that the syllable and not the phoneme should be considered the most important information unit of speech.

According to *Wood* (1974), speech processing operations run practically parallel with regard to auditory and phonetic features. There is, however, general agreement that the auditory processes commence earlier. A comparison between consonant and vowel discrimination shows that the structures of vowels are analyzed on an earlier auditory level than those of consonants. Vowels, in addition, are less influenced than consonants by masking effects. The shorter processing time and the faster auditory access mean that vowel differences are discriminated considerably more rapidly than consonant differences.

Auditory segmentation and synchronisation

According to *Christovich* et al. (1975), processing operations can be assumed in the peripheral area which break down the acoustic input signal into discrete seg-

werden als die der Konsonanten. Vokale sind außerdem weniger durch Verdeckungseffekte beeinflussbar als Konsonanten. Die geringere Verarbeitungszeit und der schnellere auditive Zugriff bewirken für Vokale, daß Vokalunterschiede wesentlich schneller als Konsonantenunterschiede diskriminiert werden.

Auditive Segmentation und Synchronisation

Nach *Christovich* u.a. (1975) können im peripheren Bereich Verarbeitungsprozesse angenommen werden, die das akustische Eingangssignal in diskrete Segmente zergliedern und diese entsprechend ihrem Signalinhalt unterschiedlichen Zwischenspeichern zuführen. Sie vermuten, daß alle akustischen Signalformen wie Sprache, Musik, Maschinenlärm etc. in dieser Form vorverarbeitet und das diese Verarbeitungsstufen insbesondere als Vorstufe der Phonemerkennung zu sehen sind. Dabei werden On- und Off-Effekt, deren neuronalen Entladungsmuster in fast allen Bereichen des Hörsystems feststellbar sind, als Grenzwerte eines Signalsegments betrachtet. Nach der peripheren Zerlegung in einzelne Segmente scheint sich der zentrale Verarbeitungsprozeß anzuschließen. In diesem Zusammenhang haben *Christovich* u.a. (1975) entsprechende Konsonant-Vokal- und Vokal-Konsonant-Vokal-Anordnungen untersucht. Von besonderer Bedeutung scheint nach ihren Ergebnissen eine mögliche Synchronisation zwischen peripherer Segmentierung und zentraler Analyse der einzelnen Speicher zu sein.

Die den Synchronisationsvorgang auslösenden Trigger sollen die On- und Off-Effekte im Sprachsignal sein, denen jedoch unterschiedliches Gewicht zukommt. Zum Beispiel wirken synthetisch realisierte On-Off-Effekte in Form einer künstlichen Pause in einer Sprachsignalsequenz durch Auslassen einer Silbe als Störung der zeitlichen Synchronisation. Dies führt zu einer Reduzierung der Sprachdiskrimination. Die Störung der Synchronisation zwischen peripheren und zentralen Prozessoren wird extrem deutlich, wenn die Unterbrechungsintervalle vergrößert werden.

Myers u.a. (1975) bestimmen die Zusammenhänge der auditiven Segmentation durch dichotische Stimulation mit synthetischen Signalen, deren Spektrum dem Vokal [a] entspricht. Durch variable monaurale oder binaurale Pausen zwischen 0 und 90 ms und zusätzlichen interauralen Intensitätspegeldifferenzen ergeben sich für die entsprechend fusionierten und lateralisierten Signalbilder in Abhängigkeit von der Pausendauer unterschiedliche Wahrnehmungseindrücke. So werden z.B. segmentierte Signalfolgen der Form [ara], [ala] oder [ata] verstanden. *Myers* u.a. (1975) nehmen an, daß Segmentierungsvorgänge mehr peripher gelegen sind. Die wesentlichen Analysen bei der Sprachperzeption

und conduct these to different intermediate memories according to their signal content. They surmise that all acoustic signal forms such as speech, music, machine noise etc. are preprocessed in this shape and that these processing stages in particular are to be seen as pre-stages of phoneme recognition. Here, on- and off effects, the neural discharge patterns of which can be identified in nearly all areas of the auditory pathway system, are considered as limiting values of a signal segment. After the peripheral breakdown into individual segments, the central processing operation for phoneme determination appears to follow. *Christovich* et al. (1975) have investigated corresponding consonant-vowel and vowel-consonant-vowel arrangements in this connection. A possible synchronization between peripheral segmentation and central analysis of the individual memories appears, according to their results, to be of particular significance.

The triggers releasing the synchronisation process are assumed to be the on-off effects in the speech signal which, however, are given differing weighting. For example, synthetically realized on-off effects in the shape of an artificial pause in a speech-signal sequence by leaving out a syllable interfere with the temporal synchronization. This leads to a reduction in speech discrimination. The disturbances of the synchronization between peripheral and central processors becomes extremely manifest when the interruption intervals are increased.

Myers et al. (1975) establish the relationships of auditory segmentation by dichotic stimulation with synthetic signals, the spectrum of which corresponds to the vowel [a]. Differing perceptive impressions are produced for the appropriately fused and lateralized signal images, depending upon the pause duration, by variable monaural or binaural pauses between 0 and 90 ms and additional interaural intensity-level differences. Thus, for instance, segmented signal sequences of the shape [ara], [ala] or [ata] are understood. *Myers* et al. (1975) assume that segmentation processes are more peripheral. The essential analyses for speech perception must therefore take place on two different levels. Thus, continuously arriving speech signals are broken down peripherally into the discrete sequence of individual segments and are retained in a sort of phonetic memory. On the second stage, which is to be assigned to the central processor, the stored sequences are analyzed at the linguistic level according to phonological, syntactic and semantic parameters. These processes contain important hints on the course of speech perception with regard to automatic speech recognition and the generation of synthetic speech signals.

tion müssen demnach in zwei verschiedenen Ebenen ablaufen. Danach werden kontinuierlich einlaufende Sprachsignale peripher in eine diskrete Sequenz von Einzelsegmenten zerlegt und in einer Art phonetischem Speicher festgehalten. Auf der zweiten Stufe, die dem zentralen Prozessor zuzuordnen ist, werden die gespeicherten Sequenzen auf linguistischer Ebene nach phonologischen, syntaktischen und semantischen Parametern analysiert. Diese Vorgänge beinhalten wichtige Hinweise zum Ablauf der Sprachperzeption im Hinblick auf die automatische Spracherkennung und die Erzeugung synthetischer Sprachsignale.

Sprachliche und nichtsprachliche Verarbeitungsprozesse

Verschiedene Untersuchungen bestätigen, daß die Signalverarbeitung sprachlicher und nichtsprachlicher Komponenten durch unterschiedliche Prozessoren erfolgt, obwohl beiden im peripheren Bereich ähnliche Verarbeitungsmechanismen zugrunde liegen. Nach *Day* und *Bartlett* (1972) beeinflussen sich beide Prozessorentypen nicht. Es wird jedoch eine Dominanz der linguistischen Prozessoren gegenüber den nichtsprachlichen vermutet, die auch für Einflüsse des Zeitauflösungsvermögens gilt. In ihren Untersuchungen werden den Probanden dichotisch zwei Sprachsignale [baenket] und [lenket] angeboten, die sich nur in ihren Initial-Phonemen unterscheiden. Bei einer Differenz der relativen Einsatzzeitpunkte um 100 ms geben die Probanden [b l aenket] an und können keine Aussage über den zeitlichen Ablauf der Initialphoneme machen. Unabhängig von der tatsächlichen Reihenfolge gaben sie grundsätzlich an, [b] zuerst gehört zu haben. Diese Studie unterstützt Vermutungen zur Dominanz sprachlicher Merkmale bei der Zeitablaufsteuerung. Beschränkt sich die Beurteilung interauraler Verzögerungen des Einsatzzeitpunktes auf die Fragestellung, welches Ohr führt, zeigen die Situationen Sprache-Nichtsprache und Sprache-Sprache bei dichotischer Beschallung in ihrer Fehlerhäufigkeit der richtigen Beurteilung ähnliche Ergebnisse. Eine zeitliche Verzögerung des Signalbeginns zugunsten des rechten Ohres hat eine verstärkte Dominanz dieser Seite zur Folge. Andere Versuche zum dichotischen Hören weisen bei entsprechenden Diskriminationstests ebenfalls auf eine Dominanz des rechten Ohres hin (*Feldmann u.a.* [1965]).

Ein weiteres Beispiel zu Verarbeitungsvorgängen bei interauralen Signalverzögerungen beschreibt *Day* (1970). Werden die Signalanfänge zweier Silben [taes] und [taek], die jeweils beiden Ohren gleichzeitig angeboten werden, um 0 bis 100 ms in beiden Richtungen interaural verzögert, sind die Probanden grundsätzlich

Linguistic and non-linguistic processing

Various investigations confirm that the signal processing of linguistic and non-linguistic components takes place by different processors although both are based upon similar processing mechanisms in the peripheral area. According to *Day* and *Bartlett* (1972), the two processor types do not influence one another. However, a dominance of the linguistic processors over the non-linguistic ones is surmised and this also applies to influences of the time resolving power. In their investigations, the test persons were offered dichotically two speech signals [baenket] and [lenket], which differ only in their initial phonemes. With a difference in the relative onset points of around 100 ms, the test persons state [b l aenket] and can furnish no information on the temporal course of the initial phonemes. Independent of the actual sequence, they basically state that they have heard [b] first of all. This study supports assumptions that there is a dominance of linguistic features in the time-course control.

If the assessment of interaural delays of the onset point is restricted to the question as to the dominant ear, the situations language-non language and language-language with dichotic sound exposure show similar results in their error frequency of the correct assessment. A time delay of the signal start in favour of the right ear leads to an intensified dominance of this side. Other tests of dichotic hearing and corresponding discrimination tests, also point to a dominance of the right ear (*Feldmann et al.* [1965]).

Day (1970) describes a further example of processing mechanisms in the case of interaural signal delays. If the signal commencements of two syllables [taes] and [taek], which are presented simultaneously to both ears, are delayed interaurally by 0 to 100 ms in both directions, the test persons are basically able to decide if they have heard last of all an [s] or a [k]. However, when stating the term understood, the test persons often indicate [taesk] or [taeks] respectively, in contrast to the actual ending.

Time-pattern analysis in pathological hearing

Only a few of the authors quoted compare their investigation results on normally hearing test persons with those for hearing-impaired persons.

According to the observations made by *Fujisaki et al.* (1975), no significant changes in the discrimination of speech, segment durations or segment pauses of different length are to be found in children with sensorineural hearing defects. For synthesized speech, on the other hand, it was possible to determine higher discrimination losses which, with regard to 11 to 12

in der Lage zu entscheiden, ob sie zuletzt ein [s] oder ein [k] gehört haben. Bei Angaben des verstandenen Begriffs wird jedoch häufig im Gegensatz zur tatsächlichen Endung [taesk] bzw. [taeks] angegeben.

Zeitmusteranalyse bei pathologischem Gehör

Nur wenige der bisher aufgeführten Autoren vergleichen ihre Untersuchungsergebnisse an normalhörenden Probanden mit denen für Hörgeschädigte.

Nach Aussagen von *Fujisaki* u.a. 1975 finden sich keine signifikanten Veränderungen der Diskrimination verschieden langer Sprachsegmentdauern bzw. Segmentpausen bei Kindern mit sensorineuralen Hörstörungen. Für synthetisierte Sprache werden dagegen größere Diskriminationsverluste ermittelt, die bei den 11 bis 12 Jahren alten Kindern jedoch mit Rückständen in der Sprachausbildung und mangelhaftem Hörtraining erklärt werden.

Physiologische Studien zur Zeitmusteranalyse cochleärer Nervenfasernentladungsmuster bei pathologisch veränderter Cochlea zeigen wenig oder überhaupt keine Einflüsse auf Zeitverarbeitungsprozesse (*Evans*, [1975]; *Kiang* et al., [1970]). Es ist daher anzunehmen, daß cochleäre Hörverluste nicht mit substantiellen Veränderungen bei der zeitlichen Verdeckung oder bei der Adaptation einhergehen. Eine Ausnahme könnte nach *Evans* et al. (1977) die Ménièresche Erkrankung bilden.

Obwohl einige Autoren wie z.B. *Jesteadt* et al. (1976) Verschlechterungen des zeitlichen Integrationsvermögens und ein verbessertes Zeitauflösungsvermögen in Abhängigkeit cochleärer Hörverluste beschreiben, kann doch im allgemeinen angenommen werden, daß eine veränderte Adaptation und ein verschlechtertes Zeitauflösungsvermögen eher Läsionen im Hörnerven oder im Nucleus cochlearis zuzuordnen sind (*Evans* et al., [1977]; *Owens*, [1964]).

Im Hinblick auf die zentralen Verarbeitungsprozesse zeitlicher Signalstrukturen bei pathologischem Gehör sind unterschiedliche Veränderungen bekannt. So bewirken Abtragungen des auditiven Kortex im Tierexperiment (*Neff* et al., [1975]) ebenso wie Läsionen des dominierenden Temporallappens beim Menschen wesentliche Veränderungen des Analysevermögens für zeitliche Signalmusterkomponenten. Obwohl normale Hörschwellen vorliegen und das Frequenz- und Intensitätsunterscheidungsvermögen unauffällig ist, weisen Diskriminationsversuche, die Veränderungen in der Frequenzsequenz, im Zeitmuster, in der Signaldauer und in der Signalablauffolge beinhalten, erhebliche Verschlechterungen gegenüber der Norm auf. Auf die in diesem Zusammenhang so wichtigen kortikalen Neurone, die vornehmlich durch zeitliche Signalmu-

year old children, however, are said to be due to deficient speech training and inadequate hearing training.

Physiological studies of the time-pattern analysis of cochlear nerve fiber discharge patterns with a pathologically altered cochlea demonstrate few or no influences at all on time-processing (*Evans*, 1975; *Kiang* et al., 1970). It is therefore to be assumed that cochlear hearing losses are not accompanied by substantial changes in the temporal masking or adaptation. Ménière's disease could constitute an exception to *Evans* et al. (1977).

Although some authors such as *Jesteadt* et al. (1976) describe worsening of the temporal integration capacity and improved time resolution in dependence of cochlear hearing loss, it can yet be assumed in general that altered adaptation and worsened time resolution are more likely to be associated with lesions in the auditory nerves or in the cochlear nucleus (*Evans* et al., [1977]; *Owens*, [1964]).

With regard to the central processing of temporal signal structures, when a pathological hearing is present, different changes are known to take place. Thus, removal of the auditory cortex in animal experiments (*Neff* et al., [1975]) as well as lesions of the dominant temporal lobe in humans, produce essential alterations in the analytic capacity for temporal signal-pattern components. Although normal hearing thresholds are present and the frequency and intensity discrimination is uneventful, discrimination tests for identifying changes in the frequency sequence, the time pattern, the signal duration, and in the signal sequence, demonstrate considerable worsening compared with the standard. Only passing reference is made at this point to the cortical neurons which in this connection are so important and which are innervated primarily by temporal changes in the signal pattern.

The influences of a disturbed time-resolving power in the case of aphasic (*Efron*, [1963a]; *Swisher* and *Hirsh*, [1972]; *Tallal* and *Newcombe*, [1977]), become particularly apparent with the discrimination of rapidly changing signal parameters or with the determination of signal sequences. Time intervals must be increased significantly in order to guarantee adequate discrimination. The analysis of rapid formant transients is correspondingly reduced and in this connection increasing masking effects may influence the time analysis (*Danaher* and *Pickett*, [1975]).

It is apparent that the defects in the analysis of time-sequences as well as the disturbed processing of transients quoted can considerably interfere with the perception of continuous speech. The time analysis

sterveränderungen innerviert werden, soll an dieser Stelle hingewiesen werden.

Die Einflüsse eines gestörten Zeitauflösungsvermögens bei Aphasikern (*Efron*, [1963a]; *Swisher* und *Hirsh*, [1972]; *Tallal* und *Newcombe*, [1977]) wird besonders offensichtlich bei der Diskrimination schnell veränderlicher Signalparameter oder bei der Bestimmung von Signalablaufolgen. Zeitintervalle müssen wesentlich vergrößert werden, um eine ausreichende Diskrimination zu gewährleisten. Entsprechend reduziert ist daher die Analyse schneller Formanttransienten, wobei in diesem Zusammenhang zunehmende Maskierungseffekte die Zeitanalyse beeinflussen können (*Dancher* und *Pickett*, [1975]).

Daß die hier aufgeführten Defekte in der Analyse von Zeitablaufolgen ebenso wie die gestörte Transientenverarbeitung die Perzeption von fließender Sprache erheblich stören können, ist offensichtlich. Auch für nichtsprachliche Stimuli ist die Zeitanalyse beeinträchtigt (*Tallal* und *Newcombe*, [1977]). Diese Feststellung ist wichtig, wenn man die häufig geäußerte Vermutung heranzieht, daß nichtverbale Informationen in der nicht dominanten rechten Hemisphäre verarbeitet werden. Nach *Evans* et al. (1977) kann jedoch davon ausgegangen werden, daß sowohl die Analyse verbaler als auch nichtverbaler Zeitmuster vornehmlich in der linken Hemisphäre vorgenommen wird.

Da auch bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen ähnliche Verarbeitungsstörungen zeitlicher Signal-komponenten festgestellt werden konnten (*Tallal* und *Piercy*, [1974]; *Tallal* et al., [1976]), halten es *Evans* et al. [1977] für wahrscheinlich, daß sowohl für die Sprachentwicklung als auch für den Erhalt der Sprachlautproduktion das zeitliche Auflösungsvermögen eine wichtige und notwendige Fähigkeit darstellt.

Auf Untersuchungsmethoden zur veränderten Zeitmusteranalyse, die durch die pathologische Adaptation bzw. Hörermüdung bedingt sein können, soll ebenso wie auf die über die zentrale Hörbahndiagnostik erfaßbaren zeitlichen Veränderungen nur hingewiesen werden. Letztere beinhalten vorwiegend Testverfahren, die die große Redundanz der akustischen Information herabsetzen und so die Leistungsgrenzen des Gehörs aufdecken. Hierzu gehören z.B. Tests wie die Sprachbeschleunigung, die Sprachunterbrechung, die Sprachverzögerung, der dichotische Diskriminationstest sowie spezielle Diskriminationstests mit Hintergrundgeräuschen.

Im Hinblick auf die veränderte Sprachlautproduktion bei gestörter Kontrolle durch das auditive System sei auf verschiedene Versuche mit dem Lee-Effekt und dem Lombardtest verwiesen. Der Lee-Effekt ist durch eine verlängerte Rückkopplungszeitkonstante gekennzeichnet und beeinträchtigt die Sprachlautproduktion qualitativ und quantitativ erheblich. Der Lombard-Test bewirkt dagegen vorwiegend eine quantitative Veränderung in Form einer Anhebung des Sprachintensitätspegels.

Die aufgeführten Gesichtspunkte mögen verdeutli-

is impaired even for non-linguistic stimuli (*Tallal* und *Newcombe*, [1977]).

This observation is important when one refers to the frequently expressed supposition that non-verbal information is processed in the non-dominant right hemisphere. According to *Evans* et al. (1977), however, it can be assumed that the analysis of both verbal and non-verbal time patterns is carried out primarily in the left hemisphere.

Since children with disturbed speech development were found to present similar disorders in the processing of temporal signal components (*Tallal* und *Piercy*, [1974]; *Tallal* et al., [1976]), *Evans* et al. (1977) consider it probable that the temporal resolution represents an important and indispensable ability for both ensuring speech development and maintaining speech-sound production.

Only passing reference is made to examination methods for altered time-pattern analysis likely to be affected by pathological adaptation or auditory fatigue, and to the temporal changes measurable via central auditory pathway diagnosis. The latter contain principally test procedures which reduce the large redundancy of acoustic information and thus expose the performance limits of the hearing. Tests such as speech acceleration, speech interruption, speech delay, the dichotic discrimination test as well as special background noise discrimination tests are examples of these.

With regard to the changed speech-sound production in the case of disturbed control by the auditory system, reference is made to different experiments with the Lee-effect and the Lombard test. The Lee effect which is characterized by a lengthened feedback time constant, impairs the speech-sound production qualitatively and quantitatively to a considerable extent. By contrast, the Lombard test produces primarily a quantitative change which consists in the raising of the speech-intensity level.

The aspects quoted should make clear that auditory processing of speech signals is largely determined by the speech structure.

Changes in the frequency and intensity of continuous speech contain complex time-pattern sequences, the parameters of which determine important processing mechanisms in the auditory pathway system. If, in addition to a disturbed hearing ability the unrestricted information transmission of temporal signal structures, as in speech signals, is impaired already at the entry to the auditory pathway system, a considerable reduction in verbal communication is to be expected.

As a result, the influence and significance of the time-pattern analysis for the prosthetic support of the organ of hearing with hearing aids or implants should be viewed more critically in order to ensure that with regard to the transformation and coding of time patterns at least the minimum requirements are satisfied by hearing prostheses.

chen, daß auditive Verarbeitungsprozesse von Sprachsignalen erheblich durch die Sprachstruktur determiniert werden.

Veränderungen in der Frequenz und der Intensität fließender Sprache beinhalten komplexe Zeitmusterabläufe, deren Parameter wesentliche Verarbeitungsprozesse im Hörbahnsystem bestimmen. Wird zusätzlich zu einem gestörten Hörvermögen bereits am Eingang des Hörbahnsystems die uneingeschränkte Informationsübertragung zeitlicher Signalstrukturen, wie in Sprachsignalen, beeinträchtigt, ist eine erhebliche Reduktion der verbalen Kommunikation zu erwarten.

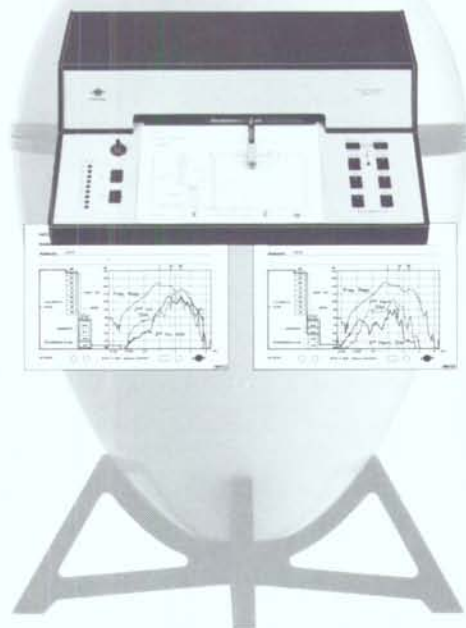
In diesem Zusammenhang sollen Einfluß und Bedeutung der Zeitmusteranalyse für die prothetische Versorgung des Hörorgans mit Hörgeräten oder Implantaten kritischer gesehen werden, um zumindest die minimalen Anforderungen an Hörprothesen im Hinblick auf die Transformation und Codierung von Zeitmustern zu erfüllen.

Literatur/References

- Ainsworth, W. A. (1975) – Intrinsic and extrinsic factors in vowel judgements. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M.A.A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 103
- Carré, R., Lancia, R. (1975) – Perception of vowel amplitude transients. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M.A.A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 83.
- Chistovich, L. A., Fyodorova, N. A., Lissenko, D. M., Zukova, M. G. (1975) – Auditory segmentation of acoustic flow and its possible role in speech processing. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M.A.A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 221
- Danaher, E. M., Pickett, J. M. (1975) – Some masking effects produced by low-frequency vowel formant in persons with sensorineural hearing loss. *J. Speech Hear. Res.* 18, 261
- Day, R. S. (1970) – Temporal order judgements in speech: Are individuals language – bound or stimulus bound? status Report 21/22, Haskins Laboratories, New Haven, Conn, 71 (aus: Peters, 1975)
- Day, R. S., Bartlett, J. C. (1972) – Separate speech and nonspeech processing in dichotic listening. *J. Acoust. Soc. Amer.* 51, 79 (A)
- Efron, R. (1963) – The effect of handedness on the perception of simultaneity and temporal order. *Brain.* 86, 261
- Evans, E. F. (1975) – Normal and abnormal functioning of the cochlear nerve. In: Sound Reception in Mammals, Symp. Zool. Lond. 197, Academic Press, New York, San Francisco, London, 133
- Evans, E. F., Ainsworth, W. A., Darwin, C. J., Fant, G. C. M., Fourcin, A. J., Godstein, J. L., Klinke, R., Leiner, H., Müller, J. D., Milner, B. A., Neff, W. D., Risberg, A., Tallal, P. A. (1977) – Disorders of hearing and language: Understanding, diagnosis, rehabilitation. Seminar report. In: Recognition of complex acoustic signals. T. H. Bullock (editors), Dahlem Konferenzen, Life Sciences: Research Report 5, 367
- Feldmann, H. (1965) – Dichotischer Diskriminationstest, eine neue Methode zur Diagnostik zentraler Hörstörungen, Ohr-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 184, 294

Brüel & Kjær

Automatischer Meßplatz für Hörhilfen



Audio-Prüfgerät Typ 2116

einschließlich Generator, Präzisions-Meßmikrofon, Meßverstärker, Mitlauffilter, Schreiber, Steuereinrichtung,...

Audio-Prüfkammer Typ 4222

eiförmige, schallgedämmte, einen verzerrungsarmen Lautsprecher enthaltende schalltote Meßkammer

für elektroakustische Messungen an Hörhilfen, Kopf- und Ohrhörern, Knochenleitungshörern, Gehörschützern, Mikrofonen, Lautsprechern, Übertragungseinrichtungen, Telefonen,...

mit automatischer Aufzeichnung von Frequenzgängen (1. Ordnung, selektiv gemessen), harmonischen Verzerrungen (2. und 3. Ordnung) und Intermodulationen (2. und 3. Ordnung)

bei einfachster Handhabung in Produktion, Endkontrolle, Vertrieb (Hörgeräteanpassung), Reparatur, Entwicklung, ...

dazu akustische Simulatoren wie künstliche Ohren, Ohrkuppel, künstliches Mastoid, künstlicher Mund

Fordern Sie Informationen unter C22-2116!

82-228

REINHARD KÜHL KG

Postfach 1160, 2085 Quickborn ☎ 04106/4055, Tx 02 15084
deutsche Vertretung von BRÜEL & KJÆR, Dänemark
Zweigstellen: Düsseldorf ☎ 0211/62 70 64, Frankfurt ☎ 06152/56374,
München ☎ 089/79 30 944, Stuttgart ☎ 07195/45 48

- Fujisaki, H., Nakamura, K., Imoto, T. (1975) – Auditory perception of duration of speech and non-speech stimuli. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M.A.A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 197
- Hirsh, I. J. (1955) – Auditory perception of temporal order. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 759
- Jesteadt, W., Bilger, R. C., Green, D. M., Patterson, J. H. (1976) – Temporal acuity in listeners with sensorineural hearing loss. *J. Speech Hear. Res.* 19, 357
- Kiang, N. Y.-S., Moxon, E. C., Levine, R. A. (1970) – Auditory-nerve activity in cats with normal and abnormal cochleas. In: Sensorineural hearing loss. G. Wolstenholm, J. Knight (editors), Churchill, London, 241
- Klatt, D. H., Shattuck, S. R. (1975) – Perception of brief stimuli that resemble rapid formant transitions. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M.A.A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 221
- Lashley, K. S. (1951) – The Problem of serial order in behavior. In: Cerebral mechanisms in behavior, L. A. Jeffress (editors), John Wiley & Sons, New York, 112
- Liberman, A., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., Studdert-Kennedy, M. (1967) – Perception of the speech code. *Psychol. Rev.* 74, 431
- Liberman, A. M., Pisoni, D. B. (1977) – Evidence for a special speech-perceiving subsystem in the human. In: Recognition of complex acoustic signals. T. H. Bullock (editor), Dahlem Konferenzen, Life Sciences Research Reports, Abakon Verlagsgesellschaft, Berlin, 59
- Martin, J. G. (1972) – Rhythmic (hierarchical) versus serial structure in speech and other behavior. *Psychol. Rev.* 79, 478
- Marslen-Wilson, W., Welsh, A. (1978) – Processing interactions and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychol.* 19, 29
- Massaro, D. W. (1972) – Perceptual images, processing time, and perceptual units in auditory perception. *Psychol. Rev.* 79, 124
- Myers, T. F., Zhukova, M. G., Chistovich, L. A., Mushnikov, v. N. (1975) – Auditory segmentation and the method of dichotic stimulation. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M. A. A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 243
- Neff, W. D., Diamond, I. T., Cossedy, J. H. (1975) – Behavioural studies of auditory discrimination: central nervous system. In: Handbook of sensory physiology V/2, W. D. Neff, W. D. Keidel (editors), Springer Verlag, Heidelberg, 307
- Noteboom, S. G. (1979) – The time course of speech perception. In: "Time" in the production and the perception of speech, W. J. Berry, K. J. Kohler (editors), Arbeitsbericht Nr. 12, Institut für Phonetik der Universität Kiel, 113
- Owens, E. (1964) – Tone decay in VIIIth nerve and cochlear lesions. *J. Speech Hear. Disord.* 29, 14
- Peters, R. (1975) – The measurement of temporal factors in auditory perception. In: Measurement procedures in speech, hearing and language. S. Singh (editor), Univ. Park Press, Baltimore, London, Tokyo, 157
- Pickett, J. M., Danaher, E. M. (1975) – On discrimination of formant transitions by persons with severe sensorineural hearing loss. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M.A.A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 275
- Spreng, M. (1975) – Mechanisch-elektrische Wandlung – Sinneszellfunktion. In: Physiologie des Gehörs, W. D. Keidel (Hrsg.), G. Thieme Verlag, Stuttgart, 267
- Stevens, K. N. (1975) – Feature detection and auditory segmentation: consonant perception-chairman's review. In: Auditory analysis and perception of speech, G. Fant, M.A.A. Tatham (editors), Academic Press, London-New York-San Francisco, 191
- Swisher, L., Hirsh, I. J. (1972) – Brain damage and the ordering of two temporally successive stimuli. *Neuropsychologia* 10, 137
- Thomas, I. B., Hill, P. B., Carroll, F. S., Garcia, B. (1970) – Temporal order in the perception of vowels. *J. Acoust. Soc. Amer.* 48, 1010
- Tallal, P., Piercy, M. (1974) – Developmental aphasia: Rate of auditory processing and selective impairment of consonant perception. *Neuropsychologia* 12, 83
- Tallal, P., Newcombe, J. (1977) – Impairment of auditory perception and language comprehension in dysphasia. *Brain and Language* 4, 207
- Wood, C. C. (1974) – Parallel processing of auditory and phonetic information in speech perception. *Percept. Psychophys.* 15, 501

Aktuelles

9. Kolloquium audiologisch tätiger Physiker und Ingenieure

Zum 9. Male fand am 18. und 19. März 1982 in Erlangen das Kolloquium audiologisch tätiger Physiker und Ingenieure statt. Das große Interesse aller in der Audiologie und deren Randgebieten tätigen Mitarbeiter aus Kliniken, Universitätsinstituten und aus der Industrie drückte sich in der großen Zahl der Teilnehmer und der breitbandigen Palette der Vortragsthemen aus. Was dieses etablierte Symposium auszeichnet, sind, ne-

Forthcoming Meetings

9th Meeting of Physicists and Engineers concerned with Audiology

The 9th Meeting of physicists and engineers engaged in audiology took place in Erlangen on 18th and 19th March 1982. The vivid interest of all those active in audiology and related fields in hospitals, university institutes and in industry was documented by the large number of participants and the variety of lectures presented to the audience. What distinguishes this established symposium, in addition to the efficient and