

## Zur Verständlichkeit von Einsilbern und Dreinsilbern im Störgeräusch

I. HAUTMANN, H. FASTL

Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München

### Einleitung

Menschen mit gesundem Gehör sind in der Lage, sich in lauter Umgebung auf einen einzelnen Sprecher zu konzentrieren und ihn aus Störgeräuschen herauszuhören. Für Untersuchungen, insbesondere von beginnender Schwerhörigkeit wurde ein Störgeräusch entwickelt (Fastl [1]), das im Mittel die spektrale und zeitliche Hüllkurve fließender Sprache nachbildet. Die Verständlichkeit von Einsilbern und dreimal wiederholten Einsilbern (Dreinsilbern) in diesem Störgeräusch wurde untersucht und mit der Wortverständlichkeit in anderen Störgeräuschen verglichen.

### Messungen

Die Verständlichkeit von Einsilbern des Freiburger Wörterttests nach DIN 45621 wurde für 68 dB Pegel des Störgeräusches und Signal-Geräuschabstände von -20 dB bis 0 dB in 2.5 dB Schritten bei 128 Personen untersucht, um Referenzkurven zu schaffen. Darüber hinaus wurde die Verständlichkeit von dreimal wiederholten Einsilbern (Dreinsilber nach Döring) im Störgeräusch ermittelt. Als Versuchspersonen stellten sich vor allem Studenten und Mitarbeiter des Lehrstuhls im Alter von 16 bis 61 Jahren zur Verfügung. Das Störgeräusch für die Sprachaudiometrie [1] und die Aufsprache des Freiburger Wörterttests mit dem Sprecher Claus Wunderlich (1969) sind bei der Westra Digital Audiometrie Disc Nr. 11 [2] auf zwei getrennten Kanälen gespeichert. Diese wurden jeweils mit dem gewünschten Signal-Geräuschabstand addiert und den Versuchspersonen diotisch über elektrodynamische Kopfhörer (Beyer DT 48) mit Freifeldentzerrer nach Zwicker und Fastl ([3], S.7) in einer schallisolierten Meßkabine dargeboten. Die Versuchspersonen schrieben die von ihnen gehörten Wörter auf ein Versuchsprotokoll. Ein Teil der Versuchspersonen begann dabei mit den Einsilbertests, der andere mit den Dreinsilbertests. Die Untersuchungen zum Einsilbertest wurden mit den Wörter-Gruppen 11 bis 20 durchgeführt, wobei die dargebotenen Wörter-Gruppen bei den einzelnen Sprachpegeln variiert wurden, so daß jede Wörter-Gruppe pro Sprachdarbietungspegel im Mittel gleich oft verwendet wurde. Für den Dreinsilbertest wurde das gleiche Verfahren, jedoch mit den Wörter-Gruppen 1 bis 10 verwendet. Ausgewertet wurde jeweils die Häufigkeit  $h$  der richtig verstandenen Wörter. In den Figuren werden die Daten als Zentralwerte mit wahrscheinlichen Schwankungen dargestellt.

Neben dem Sprachverständnistest wurden von jeder Versuchsperson die Ruhehörschwellen beider Ohren ermittelt, um die Versuchspersonen entsprechend ihrem Hörvermögen klassifizieren zu können.

### Ergebnisse

An 88 klinisch normalhörenden Versuchspersonen, deren Ruhehörschwelle beider Ohren bei den Frequenzen 125, 250, 500 Hz und 1, 2, 3, 4, 6 und 8 kHz um maximal 20 dB von der Norm abwich, wurde die in Fig. 1 dargestellte Sprachverständlichkeit im sprachsimulierenden Störgeräusch nach Fastl [1] ermittelt.

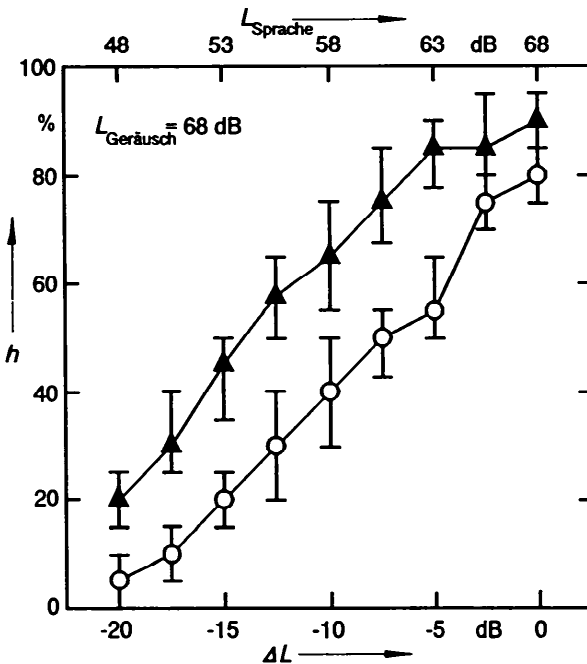


Fig. 1: Häufigkeit  $h$  richtig verstandener Einsilber (Kreise) und Dreinsilber (Dreiecke) als Funktion des Sprachpegels  $L_{\text{Sprache}}$  bzw. des Sprach-Geräuschabstandes  $\Delta L$ . Zentralwerte und Wahrscheinliche Schwankungen aus jeweils 88 Daten.

Bei den Einsilbertests werden im Mittel 50% der Wörter bei einem Signal-Geräuschabstand von  $-7,5$  dB verstanden. Wird die Sprache und das Störgeräusch mit gleichem Pegel dargeboten, so werden im Mittel 80% richtig verstanden.

Bei den dreimal wiederholten Einsilbern (Dreinsilbern) ist die Verständlichkeit bei den verschiedenen Sprachpegeln im Mittel um etwa 25% höher. Werden Teile des Wortes durch ein relatives Maximum des Störgeräuschs bei der ersten Darbietung verdeckt, so können diese bei der zweiten oder dritten Wiederholung gerade auf ein lokales Minimum des Störgeräuschs treffen. Daher kann das Wort im Laufe der Wiederholungen vollständig verstanden werden. Für Si-

gnal-Geräuschabstände größer als -5 dB geht die Kurve für die Dreinsilber (Dreiecke) in eine Art Sättigung über. Sogar bei gleichem Pegel von Sprache und Störgeräusch werden lediglich 90% der Wörter richtig verstanden, während der 50%-Wert für Dreinsilber bei einem Signal-Geräuschabstand von -14 dB liegt.

Neben dem reinen Wortverständnis spielt bei den Dreinsilbern aber auch der Sprachschatz der Versuchsperson eine Rolle, da sie genügend Zeit hat, um sich zu dem verstandenen Wortteil passende Wörter zu suchen und bei den Wiederholungen gezielt auf ein Merkmal zu achten.

Spaltet man die Gruppe von 105 Versuchspersonen mit Hörverlusten kleiner als 30 dB feiner auf und unterteilt sie in Gruppen mit Hörverlusten unter 10 dB, 15 dB, 20 dB und 30 dB, so erhält man Diskriminationskurven, die meist um nicht mehr als 5% - entsprechend einem Wort pro Wörter-Gruppe - von den ermittelten Referenzkurven gemäß Fig. 1 abweichen und im Bereich der Wahrscheinlichen Schwankungen liegen. Die Versuchspersonen mit Hörverlusten größer als 30 dB (hauptsächlich Versuchspersonen über 50 Jahre und junge Personen mit schmalbandigen Schäden zwischen 5 und 10 kHz) erzielen dagegen vor allem bei mittleren Signal-Geräuschabständen um etwa 15% niedrigere Wortverständlichkeiten unterhalb der Wahrscheinlichen Schwankungen der Referenzkurven.

Mit 8 normalhörenden Versuchspersonen wurden vergleichende Studien zum Sprachverständnis bei dreimal wiederholten Einsilbern (Dreinsilbern) für CCITT-Rauschen und die Störgeräusche nach Fastl [1] und Döring [4] durchgeführt. Zum Vergleich werden die Daten der Wortverständlichkeit für Einsilber, verdeckt durch das Störgeräusch nach Fastl, mit aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Fig. 2 dargestellt.

Das gleichförmige CCITT-Rauschen (Rhomben), das von dem Rauschgenerator RG-1 von Wandel und Goltermann erzeugt und zusammen mit Sprache von der Westra Digital Audiometrie Disc Nr. 11 dargeboten wurde, reduziert die Sprachverständlichkeit erheblich mehr als das schwankende CCITT-Rauschen nach Fastl (Dreiecke). Die Diskrimination der Dreinsilber (Rhomben) liegt hier noch unterhalb derjenigen der Einsilber (Sterne) im Störgeräusch nach Fastl.

Als sprachverdeckenden Störschall verwendet Döring [4] ein Wörtergewirr, bestehend aus 32-facher zeitversetzter Überlagerung der einsilbigen Wörter des Freiburger Sprachtests ohne Pausen [5] (Westra Audiometrie Disc Nr. 8). Im Einklang mit Daten von Döring ([4], Abb. 8) zeigt sich der 50% Wert bei einem Signal-Geräuschabstand nahe 0 dB (Quadrate). Da das Wörtergewirr die gleiche Spektralverteilung wie die Sprache aufweist, ist eine stärkere störende Wirkung als durch das Rauschen nach CCITT zu erwarten.

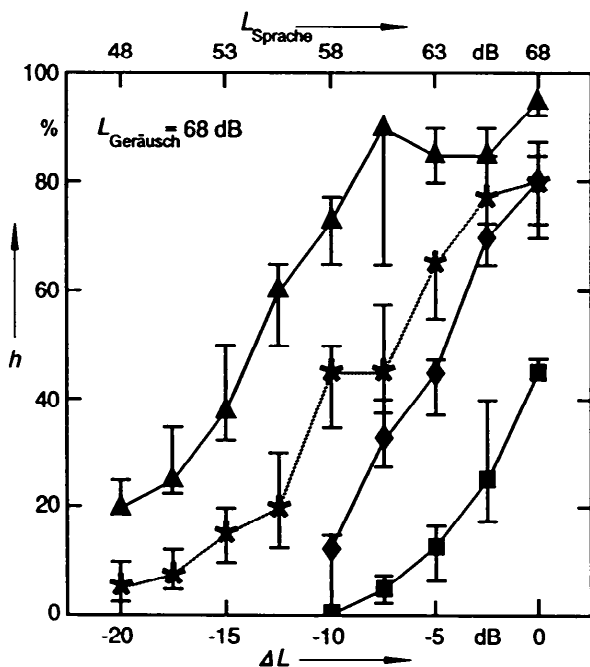


Fig. 2: Häufigkeit h richtig verstandener Dreinsilber als Funktion des Sprachpegels  $L_{\text{Sprache}}$  bzw. des Sprach-Geräuschabstandes  $\Delta L$ . Dreiecke: Störgeräusch nach Fastl [1]; Rhomben: Störgeräusch nach CCITT Rec. G. 227; Quadrate: Störgeräusch nach Döring [4]; Sterne: Einsilber, Störgeräusch nach Fastl [1]. Zentralwerte und Wahrscheinliche Schwankungen aus jeweils 8 Daten.

Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB 204 "Gehör" München gefördert.

#### Literatur:

- [1] Fastl, H. (1987): Ein Störgeräusch für die Sprachaudiometrie. *Audiologische Akustik* 26, 2 - 13.
- [2] Westra Audiometrie Disc Nr. 11 (1992): Zahlen- und Wörtertest nach DIN 45621 mit Störgeräusch nach Prof. Dr.-Ing. H. Fastl.
- [3] Zwicker, E. und Fastl, H. (1990): *Psychoacoustics - Facts and Models*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Tokyo, Hong Kong, Barcelona 1990.
- [4] Döring, W. H. und Hamacher, V. (1992): Neue Sprachverständlichkeitstest in der Klinik: Aachener Logatomtest und "Dreinsilbertest" mit Störschall. In: *Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*, Bd 1, median-verlag Heidelberg.
- [5] Westra Audiometrie Disc Nr. 8 (1990): Wörtertest mit Störschall, basierend auf 3-fach wiederholten Testwörtern der DIN 45621.