

Zur Sprachverständlichkeit und deren Messung

Zusammenfassung Die Informationsübermittlung wird erläutert. Die Sprachverständlichkeit wird definiert, die verschiedenen benutzten Spracheinheiten behandelt und die Meßmethodik für die Fernsprechtechnik derjenigen der Sprachaudiometrie gegenübergestellt. Die Beeinflussung der Verständlichkeit für Sprache durch den übertragenen Frequenzumfang, durch Störungen und durch die Begrenzung seitens der Übertragungsanlage wird wiedergegeben.

Summary The transmission of information is explained. Speech intelligibility is defined, the various word groups used are dealt with and the methods of measuring in telecommunication technique are compared with those of speech audiometry. The influence of the transmitted frequency range, of disturbances and of the limitations of the transmitting system on speech intelligibility is treated.

Résumé La transmission d'informations est expliquée. La compréhension de la parole est définie, les divers groupes de mots employés sont cités et la méthode de mesure en technique de télécommunication est comparée avec celle de l'audiométrie. L'influence de la gamme de fréquence transmise, du parasitage et de la limitation du système de transmission de l'intelligibilité de la parole est traitée.

Informationsübermittlung

Die fortschreitende Entwicklung auf dem Gebiet der fernmeldetechnischen Informationsübertragung war bereits in ihren Anfängen fest mit der Forderung verknüpft, Mittel und Wege zu finden, um die Aufnahme einer von einem Sprecher (Sender) ausgesandten Mitteilung durch einen in bestimmter Entfernung befindlichen Zuhörer (Empfänger) quantitativ zu kontrollieren. Zwischen Sprecher und Zuhörer liege zunächst ein nach allen Seiten unbegrenztes Übertragungsmedium, z. B. die uns umgebende Luft. Die drei in Abb. 1 symbolisch dargestellten Glieder einer solchen Übertragungskette können durch spezifische Störungen (St 1, St 2, St 3) die Verständigungsfähigkeit beeinträchtigen.

Dazu folgendes Beispiel aus dem Alltag: Auf einer verkehrsreichen Straße erblickt ein ausländischer Student auf der gegenüberliegenden Fußgängerseite einen deutschen Studienfreund. Da die Verkehrsampel für ihn gerade auf rot steht, darf er nicht hinüber und ruft infolgedessen seinem Kommilitonen eine Information über die Straße hinweg zu, und zwar in stark gebrochenem Deutsch. Bedingt durch die mangelhafte Sprach-

beherrschung des Ausländers (St 1) und durch das lärmgestörte Übertragungsmedium (St 2) kommt der Inhalt dieses Zurufs nur unvollkommen beim Empfänger an, d. h. der Zuhörer jenseits der Straße versteht die Information nicht oder sehr unvollkommen. Grundsätzlich kann die Übermittlung von Informationen gestört sein (vergl. Abb. 1):

- (St 1) durch den Sprecher (z. B. Sprachfehler, Dialekt, mangelhafte Beherrschung der verwendeten Fremdsprache)
- (St 2) durch die Übertragung (z. B. Schäden an der technischen Übertragungsanlage, am Übertragungsmedium durch Dämpfung oder atmosphärische Störungen)
- (St 3) durch den Zuhörer (z. B. Gehörschaden, mangelnde Intelligenz, um dem Inhalt zu folgen, ungenügende Beherrschung der verwendeten Fremdsprache)

Auch eine beliebige Kombination von Störeinflüssen ist möglich, die die verständliche Übertragung einer Information erheblich beeinflussen, bzw. gänzlich zunichte machen kann, wie z. B.

$$\text{St 1} + \text{St 2} \cdot \text{St 2} + \text{St 3} \cdot \text{St 1} + \text{St 3} \cdot \text{St 1} + \text{St 2} + \text{St 3}$$

Die spezifischen Störungen St 1 und St 3 sind oftmals naturbedingt. Die bei der Übertragung auftretende Störung kann durch technischen Aufwand fast zum Verschwinden gebracht werden, so daß die übermittelte Information vollständig und richtig ankommt. Für die Telefonverbindung, bei der die Übertragung über die Fernsprechanlage (St 2) vor sich geht, wird der technische und wirtschaftliche Aufwand soweit

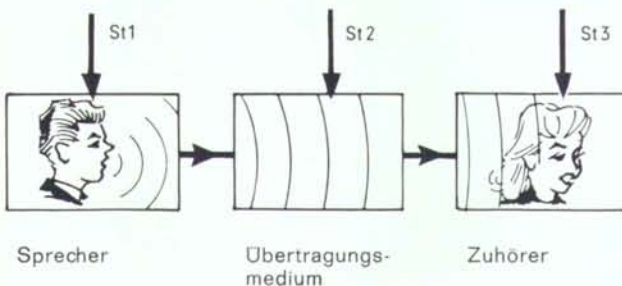


Abb. 1
Symbolische Darstellung
einer Informations-
übermittlung

getrieben, bis die Sprachverständlichkeit optimal ankommt. Eine Überprüfung der Übertragungseigenschaften des Systems erfolgt hierbei durch Messung der Verständlichkeit vorgegebener Sprache, unter Verwendung einwandfreier Sprecher und normalhörender, intelligenter Personen (St 1 und St 3 gleich Null). Ihre Aussage entscheidet über den Wert der Übertragungsanlage.

Mit normalem Sprecher (St 1 gleich Null) und einem hochwertigen System (St 2 gleich Null) läßt sich natürlich auch prüfen, wie weit ein Zuhörer hörgeschädigt ist (St 3 nicht gleich Null), wenn man seine Verständlichkeit für Sprache mit der eines normalhörenden Beobachters vergleicht.

Von den oben aufgeführten Kombinationen der Störeinflüsse ist die Kombination St 2 + St 3 für die Hörgeräteakustik am bemerkenswertesten: Ein Hörgeschädigter (St 3 ungleich Null) benutzt ein Hörgerät, dessen Übertragungseigenschaft aus wirtschaftlichen Gründen eingeschränkt ist (St 2 auch ungleich Null). In diesem Fall liefert die Prüfung der Sprachverständlichkeit eine Aussage über die Kombination von Übertragungsgerät und Zuhörer.

Sprachverständlichkeit

Unter Verständlichkeit meint man den Prozentsatz einer bestimmten Anzahl von Spracheinheiten (z. B. Wörter), die nachweislich richtig verstanden werden, d. h. also: werden 10 Wörter dargeboten und werden davon 8 richtig wiederholt, dann ist die Verständlichkeit 80 %. In der Regel sind solche Spracheinheiten zu Gruppen unter bestimmten Gesichtspunkten zusammengestellt worden. Dabei wird dem Zuhörer eine Wörtergruppe in gleicher Lautstärke, d. h. mit einem bestimmten Schalldruckpegel, dargeboten. Die Verständlichkeit kann man mit einem fortlaufenden Sprachtext prüfen und nach dem Sinn des Textes fragen. Eine Erfassung des Meßergebnisses ist nicht ganz leicht. Einfacher wird die Messung, wenn man einzelne Sätze benutzt und die Verständlichkeit dieser Sätze an Hand von Antworten prüft. Indessen ist es — wie die Definition aussagt — üblich, den Satz in einzelne Wörter aufzulösen, oder noch weiter, die Wörter in Silben und nach deren Verständlichkeit zu fragen. Von besonderer Bedeutung ist die Silbenverständlichkeit geworden, aus der man beispielsweise auch eine Satzverständlichkeit herleiten kann.

Von der Fernsprechtechnik her wissen wir, daß die Durchsage eines fortlaufenden Textes sehr gut verstanden wird. Eine Prüfung einer solchen Apparatur würde ein zu gutes Meßergebnis vortäuschen, wenn man mit einem fortlaufenden Text prüfen würde. Wir wissen jedoch, daß beispielsweise Eigennamen nicht ohne weiteres verständlich sind, so daß wir sie häufig buchstabieren müssen. Es war deshalb naheliegend, eine erschwerte Prüfmethode für ein solches Übertragungssystem zu entwickeln.

ANLAUTE		VOKALE		ABLAUTE			
	Aussprache		Aussprache		Aussprache		
B		N		A	saal	B	
BL		P		E	beere	C	z
BR		PL		I	liebe	Ĉ	tsch
C	z	PR		O	sohle	D	
Ĉ	tsch	PS		U	schule	FT	
D		R				G	
DR		S				K	
F		SL				L	
FL		SP	scharfes s			M	
FR		ST				N	
G		STR				NG	
Ĝ	dj	Ŝ	sch			P	
GL		ŜL				R	
GR		ŜR				RS	
H		ŜT				S	
J		T				ST	
K		TR				Ŝ	sch
KL		V	w			T	
KR		VL	wl			V	w
L		Z	weiches s (stimmhaft)			Z	weiches s (stimmhaft)
M							

Tab. 1 Laute zur Bildung von Esperanto-Logatomen nach CCIF

Deshalb ging man zunächst aus von Gruppen, die aus Silben bestanden. Die Erfahrung zeigte, daß man mit einer Silbenverständlichkeit von 50 % eine fast vollständige Satzverständlichkeit erzielen konnte.

Jedoch war die Silbenverständlichkeit — gemeint sind deutsche Silben — nicht international anwendbar, denn die Telefonapparaturen wurden nicht nur innerhalb eines Landes erprobt, sondern mußten über sehr weite Strecken auch im Ausland eine hinreichende Sprachverständlichkeit haben. Deshalb führte man »Logatome« ein. Darunter versteht man eine Zusammenstellung von Konsonanten-Vokalen-Konsonanten.

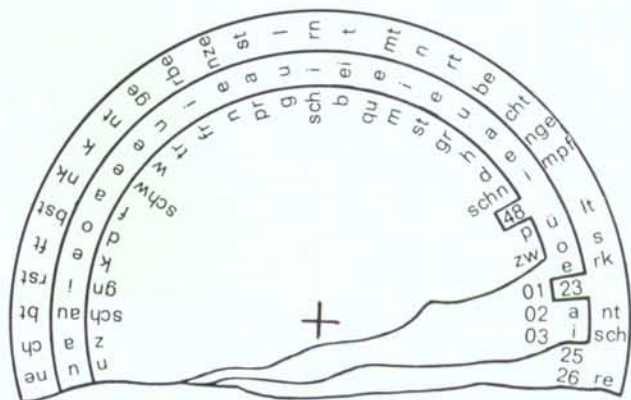
In der Tab.1 sind die vom »Internationalen beratenden Ausschuß für Telefonie auf große Entfernung« (CCIF = Comité Consultatif International des Communications Téléphoniques à Grande Distance) zusammengestellten Konsonanten und Vokale angegeben, die als Esperanto-Logatome benutzt werden können. Sie haben internationale Gültigkeit, wenn Sprachverständlichkeit geprüft wird [1]. In dieser Tabelle sind die in allen Sprachen am häufigsten verwendeten Laute enthalten; allerdings mit Ausnahme derjenigen, die schwer auszusprechen sind. Es wurden 300 untereinander gleichwertige Listen zusammengestellt. Als Beispiel ist die Logatom-Liste Nr.1 des CCIF in der Tab. 2 wiedergegeben.

In Deutschland wird häufig statt der Esperanto-Logatome eine andere Zusammenstellung benutzt, deren Laute aus der deutschen Sprache stammen und zwar in der gleichen Häufigkeit, wie sie tatsächlich auftreten. Diese Zusammenstellung läßt sich an einer »Logatom-Uhr« (Abb. 2) ablesen [2]. Bei dieser Uhr handelt es sich um 3 Scheiben

Tab. 2
Logatom-Liste Nr. 1
des CCIF

GUV	FRIZ	PROR	SLAD	TOM
ŜUT	KRENG	NID	SEK	PLEL
GLUP	PIV	DREŜ	ĈEST	ŜLIŜ
MAG	KLAFT	SEP	STUC	RUST
VOFT	TRARS	HUZ	ŜTON	ZEG
DONG	GRUS	VAL	NOR	TUM
BEV	VLARS	BIN	BLAT	LIĈ
BROT	SPIL	LIS	ĜIB	FLIN
MOŜ	JOF	RUF	KEB	PSOR
STRAM	ŜAK	ŜREC	CAS	FUĈ

Abb. 2
Logatom-Uhr für die
Bildung deutscher Logatome



mit jeweils verschiedenen Durchmessern, die um eine gemeinsame Achse gegeneinander verdreht werden können. Auf den Scheibenrändern sind von innen nach außen je 50 Anlaute, 50 Vokale und 50 Ablaute vermerkt. Die beiden kleineren Scheiben besitzen außerdem jeweils eine Kerbe, in der die Nummer der betreffenden Logatom-Kombination abgelesen werden kann. Mit dieser Uhr kann man selbst bis zu 2500 Logatom-Listen zusammenstellen.

Die Abb. 2 zeigt die Kombination 48/23. Ablesbar sind z. B. folgende Logatome . . . went, truge, frirbe, nenze . . .

Für die Messung von hörgeschädigten Zuhörern stehen gänzlich andere Gesichtspunkte im Vordergrund. Mit Logatomen ist eine ausgesprochen geringe Sprachverständlichkeit bei ihnen erzielbar. Die Zusammenstellung von Wörtergruppen für die Überprüfung einer hörgeschädigten Person muß nach ganz anderen Aspekten erfolgen als bei der Überprüfung technischer Apparaturen, noch dazu, wenn man daraus eine Diagnostik ableiten will. (Beispiele finden wir bei K.-H. Hahlbrock [3], F. J. Meister [4] und K. Schubert [5].)

Auch für schwerhörende Kinder (früher in Taubstummschulen) sind bestimmte Wörtergruppen zusammengestellt worden, die auf den relativ geringen Wortschatz des Kindes besondere Rücksicht nehmen (H. Hof: »Münchener Sprachtest« [6]).

Messung der Sprachverständlichkeit

Die Meßmethodik der Sprachverständlichkeit wurde von Seiten der Fernmeldetechnik her entwickelt. Die Verständlichkeitsmessung wird hier mit Sprechern und Zuhörern durchgeführt, die über normale Sprach- und Höreigenschaften verfügen (St 1 und St 3 praktisch gleich Null). Die zu lösende Aufgabe besteht in der Prüfung irgendeiner technischen Sprachübertragungsanlage (St 2 nicht gleich Null). Zur Überprüfung werden hierbei Meßtrupps aufgestellt, die aus männlichen und weiblichen Zuhörern und Sprechern zusammengesetzt sind. Dabei gilt als Grundregel, daß mindestens 5 Personen an einem Meßtrupp beteiligt sein sollen, wovon abwechselnd stets eine Person als Sprecher eingesetzt wird und die übrigen das Gehörte niederschreiben. Die Personen werden ausgesucht und zwar müssen sie sauber, klar und dialektfrei sprechen können, und die Zuhörer müssen normalhörend, also frei von irgendwelchen Hörschäden sein. Bei dieser Meßmethodik ist es üblich, daß die Meßtrupps vor jeder Messung Vorübungen durchführen, die durchaus als »Leerversuche«, d. h. ohne Benutzung des Übertragungssystems erfolgen können.

Der dabei benutzte Sprachschallpegel ist einheitlich festgelegt durch einen Sprachabstand von 4 cm vom Mund des jeweiligen Sprechers [1]. Die Sprachschallpegelhöhe an dieser Stelle beträgt 95 dB.

Damit der Zuhörer keine Zeit zum Denken und Überlegen hat, werden die für die Verständlichkeit benutzten Spracheinheiten in schneller Folge verlesen. Es wird ein bestimmter Zeitabstand eingehalten, der gerade ausreichend ist, um die dargebotenen Spracheinheiten niederzuschreiben.

In der Fernmeldetechnik wird im allgemeinen die Sprachverständlichkeit als Funktion irgendwelcher technischer Änderungen des Fernsprechsystems überprüft — beispielsweise durch Benutzung eines Mikrofons mit geänderten Übertragungseigenschaften.

Im Gegensatz zur Fernmeldetechnik liegt bei der Sprachaudiometrie eine so weit wie möglich einwandfreie Anlage (Sprachaudiometer) vor, mit der man die individuelle Hörfähigkeit einer Person, meistens eines Hörgeschädigten, ermitteln will, d. h. während

man zur Überprüfung einer fernmeldetechnischen Einrichtung mehrere Sprecher und mehrere Zuhörer mit erschwertem Test verwendet und auf diese Weise eine rein statistische Aussage gewinnt, arbeitet man in der Audiometrie mit nur einem Sprecher — meist in Form einer Tonkassette — und erleichtertem Test. Aus dieser unterschiedlichen Aufgabenstellung ergeben sich auch für die Meßmethodik verschiedene Gesichtspunkte. Liegt nämlich beim Zuhörer ein Hörverlust vor, dann muß dieser nicht unbedingt bei einem vorgegebenen Schallpegel eine ausreichende Verständlichkeit haben. Er kann sie indessen wiederbekommen, wenn der Schallpegel erhöht wird. Es ist deshalb üblich, die Sprachverständlichkeit als Funktion der dargebotenen Schallpegelhöhe zu bestimmen.

Die zeitliche Reihenfolge der Darbietung ist so gewählt, daß der Zuhörer etwas Zeit zum Überlegen hat und dann die dargebotene Spracheinheit nachsprechen kann. Erst dann erfolgt eine Fortsetzung des Versuches.

Für die Diagnostik von Hörschäden sind im wesentlichen zwei Arten von Hörprüfungen üblich geworden:

Bei der Darbietung von Gruppen mehrsilbiger Zahlen läßt sich bei geeigneter Schallpegelerhöhung eigentlich stets eine mehr als 50%ige Verständlichkeit erzielen. Es läßt sich deshalb, auf einen Normalhörenden bezogen, ein Hörverlust definieren, der für die Schallpegel gilt, bei denen eine 50%ige Verständlichkeit für die vorgedachten Einheiten resultiert.

Bei der Darbietung von einsilbigen Wörtern, d. h. bei einem erschwertem Testverfahren, kommt es häufig nicht zu einer 50%igen Wortverständlichkeit, so daß hier die Angabe eines Hörverlustes sinnlos wäre. Aus dem Ergebnis läßt sich jedoch angeben, wie groß überhaupt die Verständlichkeit im Höchstfall werden kann (Diskrimination). Auch aus diesem Meßergebnis lassen sich diagnostische Rückschlüsse ziehen.

Einige Wörtergruppen sind vom Normenausschuß für Elektrotechnik in einer Vornorm DIN 45 621 [7], festgelegt. Diese Norm ist zunächst als Vornorm herausgegeben worden, weil man mit ihr erst Erfahrung bei der praktischen Anwendung sammeln will.

Beeinflussung der Sprachverständlichkeit

Auf die Sprachverständlichkeit sind physikalische, phonetische, physiologische, psychologische und soziale Faktoren von Einfluß. In sozialer und psychologischer Hinsicht sind es insbesondere das Alter, der durch den Bildungsstand bedingte Wortschatz, der Beruf, der seelische Zustand, sowie das individuelle Konzentrationsvermögen. Physiologisch bedingte Faktoren sind alle Hörschäden wie z. B. der Hörverlust, das Frequenzunterscheidungsvermögen, die Hörermüdung, die Adaptation und das Ohrensausen. Die Art der dargebotenen Spracheinheiten, der Sprachrhythmus und die Betonung, sowie die sinnlose oder sinnvolle Wortzusammenstellung faßt man zusammen unter der Kategorie der phonetischen Einflüsse. Physikalische Einflußfaktoren neben der Schallpegelhöhe sind: wiedergegebener Frequenzumfang der Sprache, Raumakustik und Störlärm, sowie die Begrenzung des Schallpegels durch die Übertragungsanlage.

Die Untersuchung über die Darbietung von Sprache hat gezeigt, daß beispielsweise die Silbenverständlichkeit von der Breite des dargebotenen Frequenzbandes gemäß Abb. 3 abhängt. Die Kurve a zeigt die Silbenverständlichkeit, die erzielbar ist, wenn man den Frequenzbereich nach unten hin einengt; so z. B. beträgt sie etwas mehr als 80%, wenn alle Frequenzen unterhalb von 1 kHz fehlen, d. h. man kann die »Tiefen« unterdrücken,

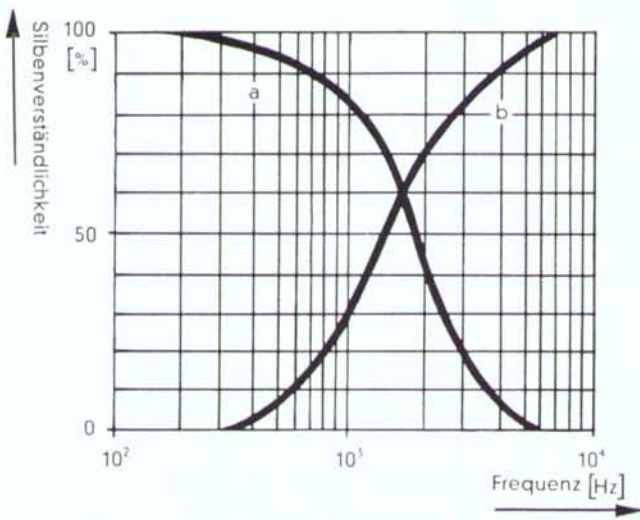


Abb. 3
Silbenverständlichkeit als Funktion
des Frequenzbereichs

Abb. 4 Vokaldreieck

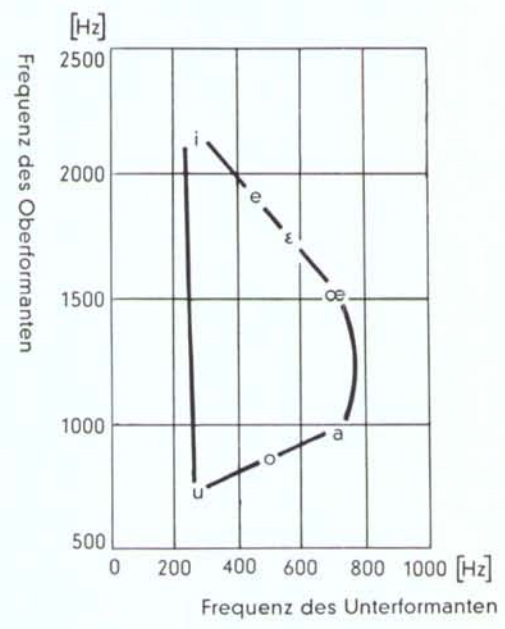
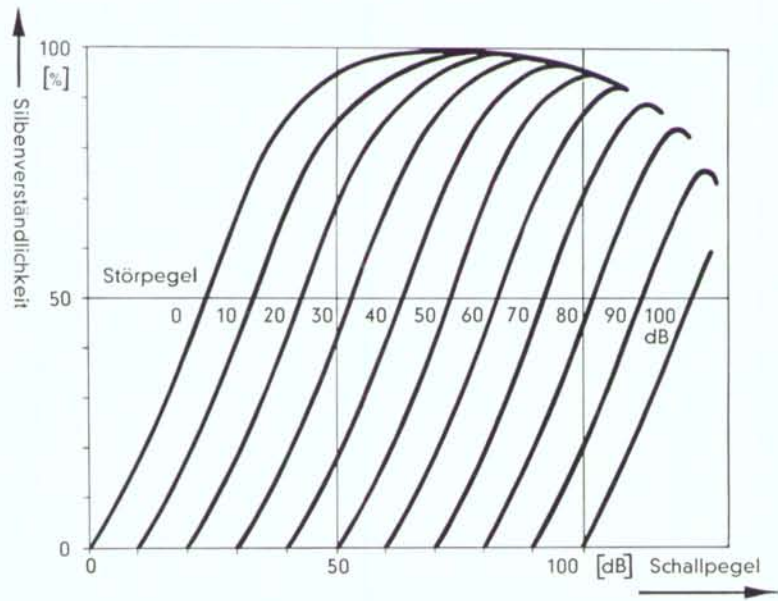


Abb. 5
Verständlichkeit als Funktion des Schallpegels
(Parameter: Störpegel)



ohne daß die Verständlichkeit davon merklich beeinflußt wird. Schneidet man jedoch die unteren Frequenzen bis 2 kHz ab, dann sinkt die Silbenverständlichkeit bis auf ca. 45 %. Läßt man andererseits die oberen Frequenzen wegfällen, so wird die erzielbare Silbenverständlichkeit durch Kurve b dargestellt. Sie sinkt z. B. auf etwa 70 % ab, wenn die obere, übertragene Frequenz bei 2 kHz aufhört. Man sieht also, daß ein Frequenzbereich von 0,5 bis 3 kHz für die Silbenverständlichkeit von großer Bedeutung ist, da er der wichtigste Formantenbereich für die Übertragung von Vokalen ist. In Abb. 4 sind die beiden Formanten, die für die Darbietung der Vokale wesentlich sind, in ein Diagramm eingetragen.

Die Raumakustik spielt für die Sprachverständlichkeit eine bedeutsame Rolle. In einem sehr stark nachhallenden Raum ist bekanntlich das Verstehen von Sprache nur möglich, wenn der Sprecher so langsam artikuliert, daß der Nachhall das Original nicht verdeckt. Das Verhalten von Sprache läßt sich physikalisch am sinnvollsten auf die Verdeckung durch ein Störgeräusch (z. B. weißes Rauschen) zurückführen, so daß die Sprachverständlichkeit zweckmäßigerweise bei Verdeckung mit einem weißen Rauschen untersucht werden sollte. Für Normalhörende sind die Meßergebnisse von H. Fletcher [8] bekannt, Abb. 5. Selbstverständlich besteht die Möglichkeit, aus Verdeckungsmessungen dieser Art bei Hörgeschädigten diagnostische Schlüsse zu ziehen.

Im allgemeinen wird man alle Übertragungsanlagen so einrichten, daß die dargebotenen Sprachschallpegel die Leistungsgrenze der Anlage nicht überschreiten. Bei Hörgeräten wird hier häufig die Verstärkung so groß eingestellt, daß die übertragene Sprache durch den größten erreichbaren Schallpegel begrenzt wird. Die Untersuchung der Sprachverständlichkeit bei solchen Begrenzungen ist eine notwendige Forderung, wenn Sprache benutzt wird. Eine Voraussage über die dabei erzielbare Verständlichkeit ist nicht möglich, wenn Sprache gemeinsam mit einer Störung übertragen wird.

Literaturverzeichnis:

- [1] M. Gosewinkel, »Messung der Übertragungseigenschaften von Telefonen, Mikrofonen und Fernsprechern«, Verlag G. Braun, Karlsruhe, 1953
- [2] H. Panzerbieter und A. Rechten, »Subjektive Bestimmung der Güte von Fernsprechverbindungen«, Die Verständlichkeitsmessung, techn. Durchführung, ATM — V 3719-3 (Dez. 1942)
- [3] K.-H. Hahlbrock, »Sprachaudiometrie«, G. Thieme-Verlag, Stuttgart, 1957
- [4] F. J. Meister, »Akustische Meßtechnik der Gehörprüfung«, Verlag G. Braun, Karlsruhe, 1954
- [5] K. Schubert, »Sprachhörprüfmethoden«, G. Thieme-Verlag, Stuttgart, 1958
- [6] H. Hof, Referate der Arbeitstagung des Bundes deutscher Taubstummenlehrer, Bremen 1960
- [7] Vornorm DIN 45 621, Wörter für Gehörprüfung mit Sprache, Oktober 1961, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin
- [8] H. Fletcher »Speech and Hearing«, D. van Nostrand Company, Inc., New York, 1950.

Wertvolle Fachliteratur

Zum Sammeln und übersichtlichen Aufbewahren Ihrer Fachzeitschrift haben wir einen stabilen Plasticordner mit Stabmechanik anfertigen lassen. Die Sammelmappe, die Platz für zwei geschlossene Jahrgänge bietet, kostet DM 3.20 zuzüglich Porto und Verpackung. Bitte richten Sie Ihre Bestellung direkt an den Energie-Verlag, Heidelberg.