

Einfluss des Telefon-Übertragungssystems auf das Sprachverstehen von Schwerhörigen

Gregor Feneberg, Hans Geier¹; Müller-BBM GmbH, Planegg b. München

1. Einleitung

Bei modernen, insbesondere mobilen Telekommunikations-Übertragungsverfahren für Sprache werden verstärkt Verfahren zur Datenreduktion eingesetzt. Eine der effektivsten Verfahren sind die bei der GSM-Übertragung eingesetzten CELP Codec Standards. Zu deren Auslegung wurden u.a. psychoakustische Grundlagen, also die Eigenschaften des (gesunden) Gehörs herangezogen.

Die Fragestellung zu dieser Arbeit lautet, inwieweit Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen über unterschiedliche Telefonsysteme genauso wie Personen mit normalem Hörvermögen telefonieren können. Es wurden hierzu eine digitale Fernsprechverbindung (ISDN) sowie eine Mobiltelefonverbindung (GSM 900 MHz mit Enhanced Full Rate) vergleichend an insgesamt 27 Probanden mit und ohne Hörschädigungen untersucht.

2. Datenreduktion bei digitalen Telefonsystemen

Die Datenübertragungsrate von Sprachsignalen über die Luft-schnittstelle per Mobilfunk ist aus übertragungstechnischen und kommerziellen Gründen limitiert. Im derzeit eingesetzten GSM (Global Systems for mobile Communication) sowie im zukünftigen UMTS System (Universal Mobile Communication Standard) werden maximal 13 kbit/s an Nutzdaten bereitgestellt. Diese ergeben - abhängig von verschiedenen Kompressionsalgorithmen - eine bewusst tolerierte schlechtere Sprachqualität als über das digitale Festnetzsystem ISDN. Die Verständlichkeit der Sprache soll jedoch auch bei mobilen Übertragungsverfahren möglichst wenig eingeschränkt sein [1].

	System	Nettodatenrate kbit/s	Verfahren	Beschreibung
MUSIK	CD-Audio	700 *	PCM (16bit/44kHz)	Pulse Code Modulation
	MiniDisc	146 *	ATRAC	Adaptive Transform Acoustic Coding
	DVD	96 *	MPEG Layer 2	Digital Versatile Disc - Motion Picture Expert Group
	MP3	64 *	MP3	MPEG Layer 3
SPRACHE	ISDN	64	PCM (8bit/8kHz)	Integrated Services Digital Network
	DECT	32	ADPCM	Dig. Enhanced Cordless Teleph. / Adaptive Differential PCM
	GSM-FR	13	RELTP	Full Rate - Residual excited linear prediction
	GSM-EFR	13	ACELP	Enhanced Full Rate - Adaptive code excited linear prediction
	GSM-HR	5,6	VSELTP	Half Rate - Vector sum excited linear prediction
	UMTS	4,75 ... 12,2	ACELP	Adaptive Multi Rate

*) einkanalig

Tab. 1: Ausgewählte Sprachcodec – Standards und deren Datenübertragungsraten im Vergleich zu ausgewählten digitalen Musikspeicherstandards.

Aus der Tabelle 1 ist ersichtlich, dass insbesondere für die bei Mobiltelefonen verwendeten GSM Sprachcodecs nur maximal 2 % der bei einer hochqualitativer Tonübertragung (Compact Disc digital Audio) verwendeten Datenrate übertragen wird. Diese effektive Datenreduktion wird im Wesentlichen durch Ausnutzen von redundanten und schon bekannten Eigenschaften der Sprache ermöglicht. Dennoch wirken diese geringen Datenübertragungsraten sehr stark auf die Sprachverständlichkeit bei auftretenden Störungen, Unterbrechungen und nichtlinearen Beeinträchtigungen etwa durch hohe Relativbewegungen zwischen Mobilfunkgerät und Basisstation. Die Verstehbarkeit der gesprochenen Information sinkt drastisch, da Pausen bei der Übermittlung auftreten, oder fehlende Information durch Signalwiederholungen („Robot Voice“) kompensiert wird. Einen Sonderfall nimmt hierbei der zukünftig bei UMTS verwendete AMR Sprachcodec ein, bei dem mit zunehmender Qualitätsbeeinträchtigung der Funkschnittstelle Übergangslos zu höher komprimierten Sprachdatencodern gewechselt wird und damit noch Gespräche aufrechterhalten werden können, bei denen im GSM-Modus schon Aussetzer auftreten.

3. Versuchsteilnehmer

Insgesamt 27 Probanden mit normalem Gehör sowie mit unterschiedlichen Arten und Graden von Schwerhörigkeit nahmen an der Untersuchung zur Bestimmung der Sprachverständlichkeit sowie der Güte der Sprachqualität teil. Zunächst wurden die Personen hinsichtlich ihrer Telefongewohnheiten und - falls vorhanden - ihrer Schwerhörigkeit und Ursachen befragt. Es waren keine Personen mit so starker Hörschädigung dabei, dass sie nicht mehr ohne Hörgerät telefonieren können.

Die Probanden, die an der Untersuchung teilnahmen, wurden zunächst hinsichtlich ihrer Ruhehörschwelle audiologisch vermessen. Anschließend wurden sie abhängig vom Hörverlust im Sprachfrequenzbereich in zwei Gruppen eingeteilt:

- Normalhörende: 18 Probanden im Alter zwischen 15 - 47 Jahren, davon 11 weiblich
- Schwerhörige: 9 Probanden im Alter zwischen 14 - 51 Jahren, davon 4 weiblich

Die Versuchspersonen mit eingeschränktem Hörvermögen trugen bei den Telefonaten kein Hörgerät und verwendeten dasjenige Ohr, mit dem sie auch sonst telefonieren.

4. Versuchsaufbau und -durchführung

4.1. Versuchsaufbau

Der Messaufbau für die Einspielung der Testwörter zur Ermittlung der Sprachqualität und Reimtestverständlichkeit ist in folgendem Blockschaltbild dargestellt.

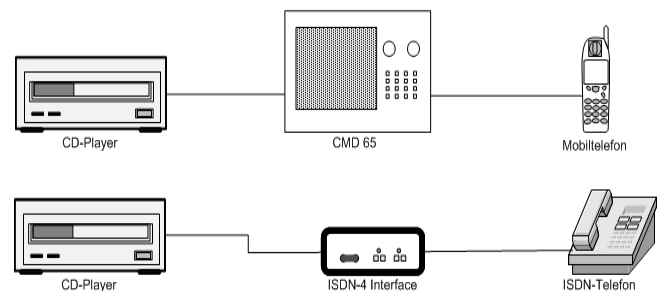


Abb. 1: Versuchsaufbau

Das Mobiltelefon wurde über einen Basisstationssimulator direkt per Antennenbuchse angeschlossen. Es wurde eine qualitativ sehr gute Netzversorgung (RXQUAL = 0) eingestellt. Als Endgeräte wurden handelsübliche Telefone eingesetzt (Siemens S35 und Ascom eurit 33). Es wurde jeweils die Empfangsseite, nicht die Sendeseite der Übertragungsstrecke betrachtet. Die Probanden telefonierten bei den Tests direkt mit den Telefonen bzw. mit dem Handapparat am Ohr. Die Abhörlautstärke konnte im Rahmen der Möglichkeiten des Telefons frei eingestellt werden und wurde anschließend per Fragebogen abgefragt.

4.2. Wortverständlichkeit

Zur Messung der Wortverständlichkeit wurde ein Sotscheck Reimtest mit geschlossener Antwortform verwendet [2], welcher rechnergesteuert den Testpersonen das Testwortmaterial und über berührungsempfindlichen Bildschirm die 6 Antwortalternativen darbot und die Antworten einlas. Pro Testperson und beurteiltem System wurden 100 Testsätze dargeboten.

4.3. Qualität des Sprachsignals

Nach Durchführung des Wortverständlichkeitstests wurden einige Aspekte hinsichtlich der empfundenen Sprachqualität über eine Attributbewertung über Fragebogen ermittelt. Abgefragt wurden die Ausprägtheit der Attribute dumpf / schrill, spitz;

hohl / füllig; verzerrt / unverzerrt; unangenehm / angenehm sowie ein Gesamturteil zur Sprachqualität.

5. Ergebnisse

5.1. Wortverständlichkeit

Bei der Gruppe der normalhörenden Versuchspersonen lagen die beiden Übertragungsverfahren ISDN und GSM mit einer Reimtestverständlichkeit von 98% und 96% (jeweils Median und wahrscheinliche Schwankungen von 97 bis 99% bzw. 94 bis 98%) sehr nahe beieinander. Anders jedoch bei der Gruppe der schwerhörigen Probanden: hier fiel das GSM System in der Wortverständlichkeit im Median auf 80,5% (wahrscheinliche Schwankung von 61 bis 96%) wohingegen das ISDN System bei 92% (73 bis 99%) lag (siehe Abb. 2).

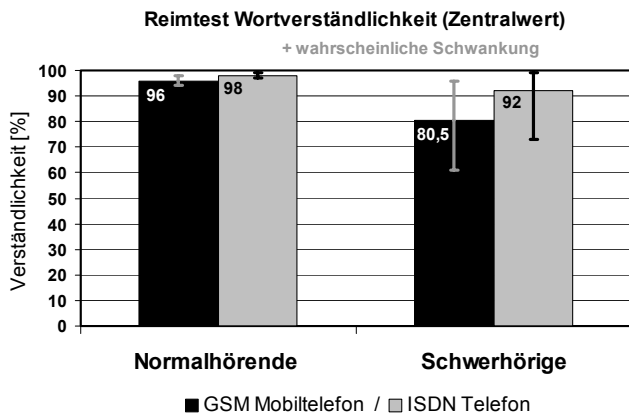


Abb. 2: Ergebnisse der Wortverständlichkeitstests

Bei Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen wirkt sich das Telefon-Übertragungssystem deutlich stärker auf die Wortverständlichkeit aus als bei normalhörenden Menschen.

Eine Detailanalyse der durch die Schwerhörigen nicht erkannten Wörter bei GSM (19,5%) im Wortschatz des Reimtests [3] ergab, dass 43,1% der verwechselten Wörter am Wortanfang (überwiegend Konsonanten), 28,9% in der Wortmitte (überwiegend Vokale) und 28% am Wortende (überwiegend Konsonanten) Antwortalternativen hatten. Somit wurden in 2/3 der Fälle Wörter verwechselt, bei denen Konsonanten zur Alternative standen.

5.2. Qualität des Sprachsignals

Bei der Auswertung der Beurteilung der Sprachqualität zeigt sich, dass Schwerhörige einen deutlich geringeren Unterschied zwischen den unterschiedlichen Telefonsystemen hinsichtlich der Sprachqualität machen. Darüber hinaus bewerten sie die beiden Systeme, insbesondere aber das GSM Mobiltelefon besser als die normalhörenden Testhörer.

Diese Tendenz wird in den beiden folgenden Gesamtdarstellungen gemäß Abbildung 3 der Einzelattribute der Klangfarbe (dumpf – schrill, hohl – füllig), der Verzerrung und „Angenehmheit“ des Sprachklangs ersichtlich. Hierbei werden in der Ordinate das ermittelte Gesamturteil zur Sprachqualität über die Einzelattribute aufgetragen. Hierbei lauten die Bewertungen 0 = neutral, positive Werte entsprechen einer besseren Bewertung, bei negativen das Gegenteil. In der Abszisse werden die Urteile der 4 Einzelattribute aufgetragen. In einem positiv bewerteten System liegen die meisten Symbole oben rechts, in einem negativ bewerteten System somit unten links. Im oberen Diagramm sind die beiden von normalhörenden Testpersonen bewerteten Telefonsysteme eingetragen, im unteren Diagramm die Resultate von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen. Diese Ergebnisse zeigen auf, dass Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen weniger Qualitätsunterschiede zwischen den beiden Telefonsystemen erkennen als normalhörende Testpersonen. Weiterhin beurteilen schwerhörende Testpersonen beide Telefonsysteme, insbesondere aber das GSM Mobiltelefon in der globalen Sprachqualität besser als normalhö-

rende Testpersonen. Dies steht jedoch beides im Widerspruch zu den Resultaten der Reimtestverständlichkeit. Hierbei zeigt sich eine Verschlechterung der Wortverständlichkeit bei GSM Mobiltelefon insbesondere bei den schwerhörenden Testpersonen.

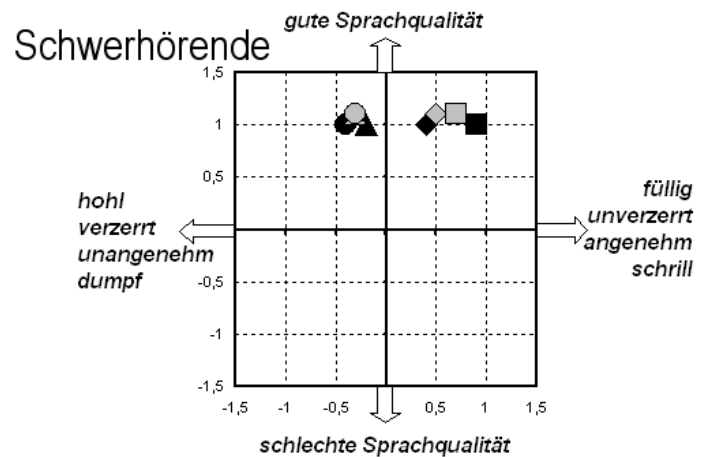
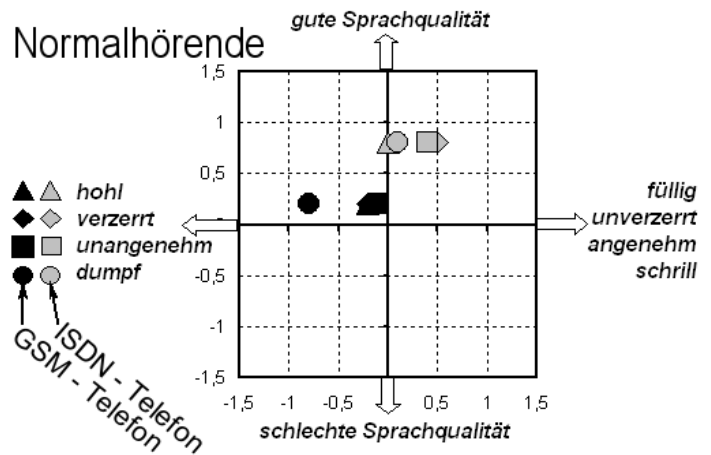


Abb. 3: Ergebnisse der Beurteilung der Qualität des Sprachsignals

6. Zusammenfassung und Ausblick

Das Ergebnis zeigt, dass die Selbsteinschätzung durch Abfrage der Sprachqualität mit den gemessenen Verständlichkeitswerten bei den untersuchten Systemen für die beiden untersuchten Gruppen der normal- und schwerhörigen Personen entgegengesetzt ausfallen.

Normalhörende beurteilen den Unterschied der untersuchten Telefonsysteme hinsichtlich der Sprachqualität in der gleichen Tendenz wie die gemessene Abnahme der Reimtestverständlichkeit.

Schwerhörige Versuchspersonen sind sich dagegen nicht bewusst, dass sie bei GSM Telefonaten - auch über ein optimales Mobilfunknetz deutlich weniger verstehen als bei ISDN Telefonaten über das Festnetz. Es werden durch die drastische Datenreduktion offensichtlich ähnlich klingende Wörter wie zwei / drei oder kein / ein häufiger verwechselt. Diese Verwechslung aber wird auf Grund der immer noch korrekten Syntax im gesamten Zusammenhang des Satzes durch eine Plausibilitätskontrolle bzw. durch fehlende Redundanz nicht erkannt.

Literatur

- [1] Vary, P.; Heute, U.; Hess, W. : Digitale Sprachsignalverarbeitung, Teubner-Verlag, Stuttgart. 1998
- [2] Sotscheck, J.: Sprachgütemessungen heute - Verfahren und einige Ergebnisse, DAGA '86, 21-35, 1986
- [3] WESTRA Digital Audiometer Disc Nr. 6, Reimtest nach Dr. Ing. Jochem Sotscheck, 1989

¹ jetzt pkm electronic, D-84160 Frontenhausen