

Anmerkungen zu den Begriffen „Verständlichkeit“ und „Verstehbarkeit“ bei der Sprachqualitätsmessung

*Klaus Fellbaum (ehemals) Lehrstuhl Kommunikationstechnik, Dirk Höpfner, Lehrstuhl
Medientechnik, BTU Cottbus-Senftenberg
fellbaum@tu-cottbus.de*

Abstract

Zum Thema „Sprachqualität“ gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen und Standards (z.B. [1] bis [10]). Zumeist stehen dabei Messmethoden bzw. statistische Verfahren der Auswertung im Mittelpunkt. Nur selten wird tiefergehend hinterfragt, was eigentlich „Sprachqualität“ ist, was ein Hörender in erster Linie wahrnimmt und schließlich, was seine Urteilsbildung über die Qualität einer gehörten Sprachprobe am stärksten beeinflusst. Kritisch anzumerken ist auch, dass viele Begriffe im Zusammenhang mit der Sprachqualität nicht eindeutig definiert sind und/oder nicht korrekt benutzt werden. Ein typisches Beispiel ist die Verwendung der Begriffe „Verständlichkeit“ und „Verstehbarkeit“, die unter anderem im Zusammenhang mit Messungen der Silbenverständlichkeit (bzw. der Silbenverstehbarkeit) auftreten. Der vorliegende Beitrag soll vor allem dazu dienen, die beiden genannten sowie einige weitere Begriffe kritisch bezüglich ihrer Bedeutung und ihrer Brauchbarkeit für die Sprachqualitätsbeurteilung zu hinterfragen. Dabei wird sich zeigen, dass es noch immer Defizite bei der Charakterisierung und Beurteilung der Sprachqualität gibt. Natürlich kann es nicht Ziel des Beitrags sein, die sehr komplexe Qualitäts-Thematik erschöpfend zu behandeln; das würde mit Sicherheit den Rahmen eines Konferenzbeitrages sprengen. Die Autoren hoffen aber, mit den Ausführungen eine weitergehende Diskussion anregen zu können.

1. Zum Begriff der Sprachqualität

„Verstehbarkeit“ und „Verständlichkeit“ charakterisieren in hohem Maße die Sprachqualität. Es bietet sich daher an, zunächst näher auf den zentral wichtigen Begriff „Qualität“ einzugehen. Hierzu finden wir in der DIN 55 350 [9] folgende Definition:

„Qualität: Beschaffenheit einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.“

Diese Definition ist natürlich noch viel zu allgemein, um im Zusammenhang mit der Sprachqualität nutzbringend angewendet werden zu können. Jekosch [3] definiert daher konkreter:

„Sprachqualität: Ergebnis der Beurteilung der Gesamtheit aller erkannten und benennbaren Merkmale und Merkmalswerte einer betrachteten Sprechprobe bezüglich ihrer Eignung, die Gesamtheit der erkannten und benennbaren Merkmale und Merkmalswerte von individuellen Erwartungen und/oder gesellschaftlichen Forderungen und/oder sachgerechten Erfordernissen zu erfüllen“.

Sprachqualität ist nach dieser Definition weder etwas Absolutes noch eine Eigenschaft des Sprachsignals; vielmehr wird Sprachqualität dem Sprachsignal durch den wahrnehmenden und beurteilenden Menschen zugewiesen.

Das Sprachqualitätsereignis ist *erwartungsgesteuert*. Wahrnehmung und Beurteilung hängen davon ab, in welcher Sprechumgebung bzw. Sprechsituation sich der Mensch befindet. So ist beispielsweise die Erwartungshaltung bei einem Telefongespräch eine deutlich andere als bei einem direkten Sprachdialog; bei ersterem weiß der Benutzer aus Erfahrung, dass er mit wesentlich geringerer Sprachqualität zu rechnen hat, und er stellt sich gewissermaßen innerlich darauf ein. Die Sprachqualität und ihre Messung müssen also stets auch im Anwendungszusammenhang gesehen werden (vgl. hierzu auch [1]). Das gilt dann natürlich auch für die Verstehbarkeit und der Verständlichkeit.

Das Wort „Verständlichkeit“ beinhaltet den Begriff „verstehen“. Was aber bedeutet im Zusammenhang mit der Sprachwahrnehmung „verstehen“? Die Beantwortung dieser Frage wird sicherlich unterschiedlich ausfallen – je nachdem, welche Wissenschaftsdisziplin gefragt wird.

Ein Geisteswissenschaftler wird in erster Linie am *Inhalt* der Äußerung interessiert sein. Der Ingenieur dagegen, der sich mit der elektronischen Sprachverarbeitung beschäftigt, wird vor allem dafür Sorge tragen wollen, dass sein entwickeltes technisches System eine sprachliche Äußerung möglichst gut verstehbar wiedergibt bzw. produziert – ganz gleich, welcher Inhalt vermittelt wird.

Selbstverständlich gibt es bei der Beurteilung des Verstehens in beiden genannten Disziplinen auch große Gemeinsamkeiten – ganz sicher etwa die Forderung nach einer hohen Sprachqualität. Es zeigt sich auch, dass die Leistungsfähigkeit eines Sprachverarbeitungs- oder ein Sprachübertragungssystems dadurch verbessert werden kann, dass es die Bedeutung der Äußerung auswertet (typische Beispiele: Systeme zur Spracherkennung und Sprachsynthese).

Wir wollen die Diskussion über das inhaltliche Verstehen hier nicht weiterführen - sie würde mit Sicherheit den Rahmen des Beitrags sprengen – und uns im Wesentlichen auf „technische“ Aspekte des Verstehens beschränken.

3. Zur Definition von Verstehbarkeit und Verständlichkeit

Zunächst ist anzumerken, dass die beiden Begriffe oftmals nicht auseinander gehalten werden; zumeist verwendet man auch nur die „Verständlichkeit“. Wir wollen nachfolgend verdeutlichen, dass doch beträchtliche Unterschiede zwischen der Verstehbarkeit und der Verständlichkeit bestehen. Wichtige Informationen, die auch die Grundlage für die nachfolgenden Betrachtungen bilden, findet man bei Jekosch [3,4], Bosshart [6], Möller [1,2], Vary [17] und Fellbaum [12,13].

3.1 „Verstehbarkeit“ (comprehensibility)

Möller definiert die Verstehbarkeit als „...*die Fähigkeit des Sprachsignals, Inhalt zu transportieren. Je nach Größe der Einheiten unterscheidet man zwischen segmentaler Verstehbarkeit und Silbenverstehbarkeit*“ [1].

Geht man von der Wortstruktur des Begriffs „Verstehbarkeit“ aus, so bedeutet der Wortbestandteil „-barkeit“ eine „Fähigkeit“ (vgl. auch „Änderbarkeit“, „Machbarkeit“ usw.);

hier ist es die Fähigkeit des Sprachsignals, Inhalt zu transportieren. Wichtig ist hierbei, dass sich die Beurteilung der Verstehbarkeit auf die Identifizierbarkeit der lautlichen Zusammensetzung der Äußerung bezieht – nicht aber auf den inhaltlichen (semantischen) Gehalt. Es muss, im Gegenteil, dafür gesorgt werden, dass das Verstehen aus dem Sinnzusammenhang (das sogenannte „Kontext–Verstehen“) vermieden wird. Das lässt sich beispielsweise erreichen durch die Darbietung von sinnleeren Silben (Logatomen) oder sinnleeren Wörtern. Letztere werden gebildet aus einer Kombination von Konsonanten (K) und Vokalen (V); üblich sind die Kombinationen: VK, KV, VKV, K_nV, VK_n, K_nVK_n. Dabei steht „n“ für die jeweilige Anzahl der aufeinanderfolgenden Konsonanten bzw. Vokale.

Durch eine gezielte Auswahl der genannten K- und V-Kombinationen lassen sich natürlich auch deren Verstehbarkeiten ermitteln; man spricht dann meist von *segmentaler Verstehbarkeit*.

Bei der Test-Durchführung wird üblicherweise die „offene“ Antwortform gewählt, bei der die Testperson das Gehörte aufschreiben oder sprachlich wiederholen muss. Die Verwendung einer „geschlossenen“ Antwortform (Testperson wählt aus einer begrenzten Anzahl von gegebenen Alternativen aus) wäre zwar für die Testperson bequemer, hätte aber den Nachteil, dass die Testperson raten und damit das Ergebnis verfälschen könnte.

Näheres zu diesem Thema findet man bei [1], [3,4], [13].

3.2 Verständlichkeit (intelligibility)

Hierbei gilt:

„Verständlichkeit beschreibt, wie gut der Inhalt einer Äußerung aufgrund der Form identifiziert werden kann. Verständlichkeit hängt - neben der Verstehbarkeit einzelner Einheiten - auch vom lexikalischen, syntaktischen und semantischen Kontext ab...“ [1].

Entscheidend ist hier der Begriff „Kontext“. Verständlichkeit wird in hohem Maße dadurch erreicht, dass Sinnzusammenhänge über Störungen, Verfälschungen, Auslassungen etc. hinweg hergestellt werden können. Das ist natürlich nur dann möglich, wenn die Äußerung aus sinnvollen Sätzen, Wörtern, Silben oder anderen Elementen besteht und davon eine genügend große Anzahl identifizierbar ist.

Ein verwandter Begriff zur Verständlichkeit ist *Verständnis (Comprehension)*. „...*Verständnis setzt Kommunikationsfähigkeit voraus und ist das Resultat eines Kommunikationsprozesses...*“ [1].

Neben diesen, die Kommunikation betreffenden Aspekten kennzeichnet der Begriff „Verständnis“ auch die Bereitschaft, verstehen zu *wollen* und sich in die Lage des Kommunikationspartners zu versetzen. Man denke beispielsweise an die Redewendung „ich habe Verständnis für deine Probleme“.

3.3 Kombinationen von Verstehbarkeits- und Verständlichkeitsmessungen

Verstehbarkeit wird auch häufig im Zusammenhang mit sinnvollen Sprachelementen untersucht. So verwendet man zur Ermittlung der Satzverstehbarkeit oft auch sinnleere Sätze

mit sinnvollen Wörtern; man spricht dabei auch von „semantisch unvorhersagbaren Sätzen“, „semantically unpredictable sentences“ (Abkürzung: „SuS“). Beispiele für solche Sätze:

„Müde Wiesen arbeiten rosa“,

oder

„Haben unser werden Sprache die“.

Beim ersten Beispiel haben wir noch eine korrekte Syntax; das gilt dann nicht mehr für das zweite Beispiel; jedoch sind die Wörter in beiden Fällen sinnvoll.

Auch auf der Wortebene lassen sich Kombinationen aus sinnvollen und sinnleeren Elementen bilden. Als Beispiel sei der sogenannte *Reimtest* genannt, bei dem der Testperson jeweils auf einem Bildschirm eine feste Anzahl von sinnvollen Wörtern (häufig sechs Wörter) gezeigt wird, die sich nur im An-, In-, oder Auslaut unterscheiden. Eines dieser Wörter wird dann gesprochen, und die Versuchsperson hat die Aufgabe, das gehörte Wort auf dem Bildschirm zu markieren. Da alle Wörter sinnvoll sind, wird die Ebene des Laut-Kontextes gezielt ausgeschlossen. Der Reimtest ist somit ein Laut-Verstehbarkeitstest.

3.4 Diskussion

Aus dem Gesagten wird deutlich, dass sich Verstehbarkeit auf eine Eigenschaft oder Fähigkeit des Sprachsignals (nämlich, Information zu tragen) und Verständlichkeit auf eine Fähigkeit des Zuhörers (Rezipienten) bezieht. Es ist auch einleuchtend, dass die Verständlichkeit ein gewisses Maß an Verstehbarkeit voraussetzt und dass die Verständlichkeit (gegenüber der Verstehbarkeit) für die Kommunikation eine übergeordnete Rolle spielt.

Verstehbarkeit ist noch einigermaßen leicht und vollständig erfassbar. Ihre Messung basiert auf einer möglichst genauen Wiederholung des Gesagten. Das Ergebnis hängt in erster Linie ab von der Qualität des technischen Systems, aber auch von dem Hörvermögen des Rezipienten. Es wird aber auch beeinflusst von den Sprechereigenschaften (z.B. der Deutlichkeit der Aussprache), dem Sprachmaterial und der Annehmlichkeit der Stimme. Es hängt aber, wie bereits diskutiert, nicht ab vom *Inhalt* des Gesprochenen; vielmehr wird versucht, jeglichen Kontext auszublenden.

Dagegen ist die Verständlichkeit von vielen Faktoren abhängig, die zum Teil nur schwer quantifizierbar sind. Auf jeden Fall spielt das Kontext-Hören eine wichtige Rolle; daher besteht das Sprachmaterial bei Verständlichkeitsmessungen aus sinnvollen Sprachbestandteilen. In welchem Maße der Kontext einbezogen werden kann, hängt neben der Verstehbarkeit auch stark von subjektiven Faktoren wie Hörerfahrung, Intellekt, Allgemeinwissen, aber auch Wissen über den gerade diskutierten inhaltlichen Gegenstand sowie von der Erwartungshaltung des Rezipienten ab.

Mit Sicherheit spielen auch emotionale Komponenten eine Rolle; so ist zu vermuten, dass eine unangenehme Stimme zu einer Reduzierung der Verständlichkeit führt. Entsprechendes gilt auch bei Desinteresse oder Müdigkeit des Rezipienten.

Geht man von einer direkten Kommunikation (face-to-face Situation) aus, stehen sich also die Kommunikationspartner unmittelbar gegenüber, so kommen noch visuelle Informationen wie

Gestik, Mimik und Lippenablesen hinzu, die beträchtlich zur Sprachverständlichkeit beitragen können. Wir wollen hier aber die visuelle Kommunikation beiseite lassen, d.h. nur die sprachliche Kommunikation berücksichtigen, um die Problematik des Begriffes „Verstehen“ noch einigermaßen überschaubar zu halten.

Abschließend wollen wir noch einige Ergänzungen bringen, die in engem Zusammenhang mit der Verständlichkeit stehen und die den Kommunikationsaspekt beinhalten.

Bekanntlich ist *Kommunikation* definiert als der Austausch von Informationen, und sie spielt sich meist in Form eines Dialogs ab. Daraus folgt, dass auch bei hoher Verständlichkeit noch Kommunikationsprobleme auftreten können, z.B. dann, wenn der Dialog durch lange Signallaufzeiten gestört wird.

Weiterhin gilt, dass nicht jede Äußerung gleichermaßen gut für eine Kommunikation geeignet ist. Idealerweise würde der Empfänger die Äußerung in allen Details so verstehen, wie sie vom Kommunikationspartner intendiert war. Man spricht in diesem Zusammenhang von *Kommunizierbarkeit* [1]. Sie bezieht sich zum einen auf den thematischen Inhalt der Äußerung („drücke ich mich verständlich aus?“) und zum anderen auf die technischen Voraussetzungen des Übertragungssystems (hinreichende Verstehbarkeit und Verständlichkeit sowie hinreichend kurze Laufzeiten).

4. Testanordnung zur Ermittlung der Verständlichkeit und Verstehbarkeit

Die Untersuchung der Verstehbarkeit und Verständlichkeit hat eine besondere Bedeutung bei der Beurteilung von technischen Systemen. Eine entsprechende Testanordnung ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

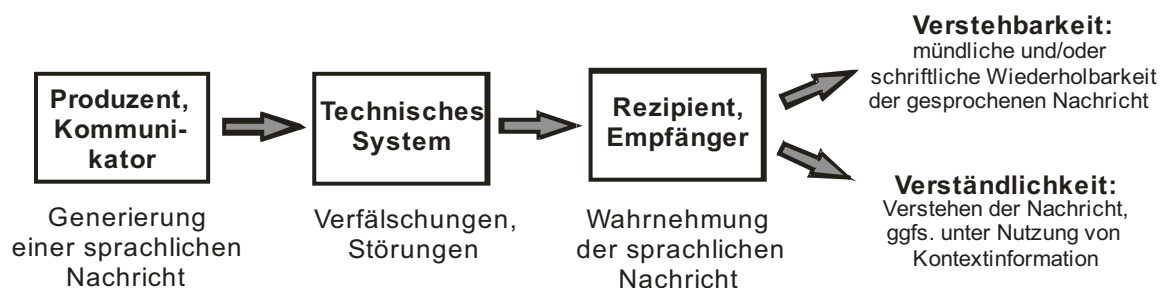


Abb. 1: Anordnung zur Ermittlung der Verständlichkeit und Verstehbarkeit

Ausgangspunkt ist ein Sprecher – bezeichnet als *Produzent, Kommunikator* oder einfach als *Sender* – der eine sprachliche Nachricht produziert. Wir nehmen der Einfachheit halber an, dass der Kommunikator die sprachliche Äußerung unter idealen Randbedingungen produziert. „Ideal“ heißt hierbei, dass ein Zuhörer, der unmittelbar („face to face“) vor dem Sprecher stehen würde, die Nachricht fehlerfrei bezüglich der Verständlichkeit und Verstehbarkeit erfassen könnte. (Und wie bereits erwähnt, berücksichtigen wir dabei nicht die visuelle Kommunikation).

Schaltet man nun ein technisches System zwischen Kommunikator und Rezipient, so wird dieses System in der Praxis stets zu einer Verschlechterung der Sprachqualität und damit letztlich auch zu einer Verminderung der Verstehbarkeit und Verständlichkeit führen. Die

ermittelte Verschlechterung ist – die genannten idealen Randbedingungen vorausgesetzt - ausschließlich auf die Eigenschaften des technischen Systems zurückzuführen; das System kann dann entsprechend beurteilt werden.

6. Verständlichkeit und Verstehbarkeit bei Wahrnehmungsuntersuchungen sehbehinderter Probanden

In einer umfangreichen Arbeit [11] wurde untersucht, wie sich die Verständlichkeit und Verstehbarkeit in Abhängigkeit von der Sprechgeschwindigkeit verändert. Dabei standen sehbehinderte Probanden im Mittelpunkt, und es sollte die oft zitierte Hypothese bestätigt (oder verworfen) werden, dass insbesondere blinde, aber auch sehbehinderte Personen in der Lage sind, eine höhere Sprechgeschwindigkeit zu verstehen als Normalsehende. Die Hypothese ist insofern sehr plausibel, als angenommen werden kann, dass bei Blinden der fehlende Sehsinn zumindest teilweise durch ein geschärftes Hörvermögen kompensiert wird. Kurz formuliert: Blinde können deshalb besser hören als Normalsehende, weil erstere ihren Hörsinn besser trainiert haben als letztere. Falls die Hypothese stimmt, müsste das Ergebnis auch anhand einer besseren Verstehbarkeit und Verständlichkeit nachweisbar sein.

In der Literatur konnten wir keine geeigneten Informationen zu dem genannten Thema finden. Das liegt sicherlich auch daran, dass die meisten der vorhandenen Untersuchungen zur Sprechgeschwindigkeit schon längere Zeit zurückliegen und damals noch nicht die technische Möglichkeit bestand, natürliche Sprache mit hinreichender Sprachqualität unterschiedlich schnell wiederzugeben, d.h. eine geeignete zeitliche Skalierung der Sprache vorzunehmen. Infolgedessen waren auch die Versuchs-Voraussetzungen alles andere als ideal, und die Ergebnisse sind daher nicht sehr aussagefähig.

Mit dem in [11] entwickelten Algorithmus können nun Sprachproben mit unterschiedlicher Sprechgeschwindigkeit und hoher Qualität erzeugt werden. Die durchgeführten Untersuchungen, bei denen eine relativ große Anzahl von normalsichtigen, sehbehinderten und blinden Probanden zum Einsatz kamen, um auf diese Weise auch eine genügend hohe statistische Signifikanz der Ergebnisse zu erreichen, zeigten einige sehr interessante und überraschende Ergebnisse bezüglich der Verstehbarkeit und Verständlichkeit dieser Probanden.

So ist beispielsweise die bei Sehbehinderten bzw. Blinden im Vergleich zu Normalsehenden vermutete, signifikant bessere Wortverständlichkeit bei hohen Sprechgeschwindigkeiten nicht nachweisbar! Das gilt zumindest bei der hier verwendeten Versuchsanordnung, bei der sinnvolle Wörter in sinnleere Sätze eingebettet waren, d.h. es handelte sich um eine Kombination aus Verstehbarkeit auf Satzebene und Verständlichkeit auf Wortebene.

Die Versuche zeigten sogar, dass Normalsehende eine höhere Sprechgeschwindigkeit verstehen konnten. Das lässt den Schluss zu, dass der Erwerb von Sinnzusammenhängen (Kontexten) auf Wortebene bei Normalsehenden auch wesentlich durch visuelle Information – als bildliche Repräsentation der Wortbedeutung sowie als Schriftform - geprägt ist. Dagegen müssen sich sehbehinderte und vor allem blinde Personen auf das lautliche Kontextverstehen beschränken.

Interessanterweise steigt aber die Verstehens-Leistungsfähigkeit bei erhöhter Sprechrate deutlich über diejenige bei den Normalsichtigen an, wenn sinnvolle Sätze sowie noch längere (sinnvolle) Sprachpassagen verwendet werden. Hierbei dominiert dann vermutlich das besser trainierte Hör- und Merkvermögen bei den Sehbehinderten.

Neben den genannten Ergebnissen gab es noch eine Reihe weiterer, wichtiger Resultate, die zugleich aber auch die Problematik von Verständlichkeitsmessungen verdeutlichen. So ergaben sich bei unseren Untersuchungen zur Wortverständlichkeit in sinnleeren Sätzen mit erhöhten Sprechraten auch deutliche Einflüsse hinsichtlich der Position des Wortes im Satz, der Satzstruktur, der grammatikalischen Bedeutung des Wortes (Subjekt, Prädikat, Objekt usw.) und natürlich auch der inhaltlichen Bedeutung. Bei letzterer war vor allem wichtig, ob es sich um ein *Schlüsselwort* oder beispielsweise um einen (eher unwichtigen) Artikel handelte. Letztlich beschränkte sich die Erkennung bei hoher Sprechgeschwindigkeit dann nur noch auf die Schlüsselwörter.

7. Schlussbemerkungen

Das Ziel unserer Ausführungen bestand vor allem darin, die Bedeutung der Verstehbarkeit und der Verständlichkeit für Sprachqualitätsmessungen aufzuzeigen. Zugleich wollten wir darauf aufmerksam machen, dass in der Literatur über Sprachqualitätsmessungen nicht immer akribisch auf den Unterschied zwischen Verständlichkeit und Verstehbarkeit geachtet wird. So ist es z.B. üblich, bei Tests mit sinnleeren Silben (Logatomen) von Silbenverständlichkeitstests zu sprechen und das Ergebnis als Silbenverständlichkeit anzugeben (korrekt wäre Verstehbarkeit!).

Bei unseren Diskussionen zum Thema „Verständlichkeit“ ist uns klar geworden, wie komplex dieser Begriff ist und dass die heute üblicherweise angewendeten Messverfahren nur Teilaspekte erfassen können. Wir sind zu der Überzeugung gekommen, dass bisher publizierte Ergebnisse von Verständlichkeitsmessungen in Frage gestellt werden sollten und dabei vor allem auch konsequenter zwischen Verstehbarkeit und Verständlichkeit unterschieden werden muss.

Konsens herrscht sicherlich darüber, dass bei Untersuchungen bezüglich des Störeinflusses von technischen Systemen auf das Sprachsignal die *Verstehbarkeit* im Vordergrund steht. Man ist daran interessiert, herauszubekommen, wie das System das Sprachsignal im Zeit- und Frequenzbereich beeinflusst und in welchem Maße diese Beeinflussung hörbar ist. Um das herauszubekommen, wird man hauptsächlich Verstehbarkeitsmessungen vornehmen und diese bis auf die Ebene der Lautsegmente herunter erstrecken.

Für die Sprachkommunikation zwischen Partnern steht jedoch die *Verständlichkeit* im Vordergrund. Da Sprache in hohem Maße redundant ist, kann man - ohne Einbußen bei der Bedeutung in Kauf nehmen zu müssen - auf viele Details in der Sprachäußerung verzichten. Unsere Untersuchungen zur Sprechgeschwindigkeit haben uns gezeigt, dass allein schon durch die Erkennung der Schlüsselwörter weitgehend den Sinn einer Äußerung erschlossen wird. Da diese Wörter häufig auch die Hauptbetonung tragen, sind sie auch zumeist sehr gut zu detektieren.

Es wäre sicherlich sehr nützlich, wenn man - auf den beschriebenen Erkenntnissen aufbauend - noch einmal intensiv über eine Neugestaltung oder zumindest eine Modifikation von Verstehbarkeits- und Verständlichkeitstests nachdenken würde.

Literatur

- [1] *Möller, S.*: Quality Engineering. Heidelberg usw. : Springer Verlag, 2010.
- [2] *Möller, S.* Quality of Telephone-Based Spoken Dialogue Systems. New York : Springer Verlag, 2005.
- [3] *Jekosch, U.*: Sprache hören und beurteilen: Ein Ansatz zur Grundlegung der Sprachqualitätsbeurteilung. Habilitationsschrift Universität Gesamthochschule. Essen : s.n., 2001.
- [4] *Jekosch, U.*: Voice and Speech Quality Perception. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2005.
- [5] *Raake, A.*: Speech Quality of VoIP. Assessment and Prediction. John Wiley&Sons Ltd. Chichester, West Sussex (2006)
- [6] *Bosshart, L.*: Untersuchungen zur Verstehbarkeit von Radio- und Fernsehsendungen. Rundfunk und Fernsehen 24, 1-2. 1976.
- [7] *Coté, N.*: Integral and Diagnostic Intrusive Prediction of Speech Quality. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2011.
- [8] *Loizou, P. C.*: Speech Quality Assessment. [book auth.] W. et.al. Lin. Multimedia Analysis, Processing & Communications. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2011.
- [9] DIN 55350, Teil 11, Nr. 5, Mai 1987: Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik.
- [10] ITU-T-Standards, z.B. die P.800 und P.500- Serien
- [11]: *Höpfner, D.*: Phonembasierte nichtlineare Zeitskalierung von natürlicher Sprache und ihre Anwendung auf Wahrnehmungsuntersuchungen sehbehinderter Probanden. Dissertation BTU Cottbus-Senftenberg 2014 (in Vorbereitung)
- [12] *Fellbaum, K. u.a.*: Auditive und instrumentelle Verfahren zur Sprachqualitätsmessung-eine vergleichende Übersicht. [book auth.] W. Hess und K. Stöber. Elektronische Sprachsignalverarbeitung. Zwölfte Konferenz Bonn. Dresden : TUDpress, Verlag der Wissenschaften, 2001.
- [13] *Fellbaum, K.*: Sprachverarbeitung und Sprachübertragung. 2. Auflage. Springer Verlag 2012
- [14] *Ketzmerick, B.*: Zur auditiven und apparativen Charakterisierung von Stimmen (Diss.). Dresden : TUDpress, 2007.
- [15] *Paeschke, A.*: Prosodische Analyse emotionaler Sprechweise (Diss.). Berlin : Logos Verlag, 2003.
- [16] *Sotscheck, J.*: Ein Reimtest für Verständlichkeitsmessungen mit deutscher Sprache als ein verbessertes Verfahren zur Bestimmung der Sprachübertragungsgüte. Der Fernmeldeingenieur. 1982, Vols. 36, Nr. 4/5.
- [17] Vary, P and u.a.: Digitale Sprachsignalverarbeitung. Stuttgart : B.G. Teubner-Verlag, 1998.