

# GESTÖRTE AKUSTISCHE UMGEBUNGEN UND IHR EINFLUSS AUF NETZBASIERTE AUDITIVE TESTVERFAHREN

*Christian Richter, Tobias Holfeld*

*BTU Cottbus*

*christian.richter@tu-cottbus.de*

**Abstract:** Anhand von Störeinflussuntersuchungen an realistischen akustischen Umgebungen, während der Durchführung netzbasierter Sprachgütemessungen wurde der Frage nachgegangen, ob auditive Sprachgütemessungen über das heutige Medium Internet zu einem signifikanten Ergebnis führen.

## 1 Einleitung

Sprache ist die bedeutendste Form der zwischenmenschlichen Kommunikation und die Hauptaufgabe der Sprachübertragung liegt in der Informationsübermittlung. Daher ist die Sprachverständlichkeit die bedeutendste Größe zur Bestimmung der Qualität einer Sprachprobe. Zu deren Ermittlung müssen auditive Testmethoden herangezogen werden, da nach aktuellem technischen Stand nur anhand von persönlichen Einschätzungen eine hinreichend aussagefähige Möglichkeit besteht, die Güte einer Sprachprobe zu bewerten. Ein wichtiger Aspekt ist die Gewinnung von Testpersonen, die an einem vorgegebenen Ort zur Verfügung stehen.

In der heutigen Zeit tritt das Thema der mobilen Vernetzung immer mehr in den Vordergrund. Zieht man in Betracht, dass sich in den vergangenen 10 Jahren das Internet sowie deren Nutzung stark geändert haben, wenn man nur an die Anwendungen von Social-Media denkt, zeigt sich, dass derartige Tests einem Wandel unterzogen sind. Die Untersuchung der gestörten Umgebung trägt somit der Tatsache Rechnung, dass ein Anstieg der mobilen Anwendung zu beobachten ist und damit auch die räumlichen Randbedingungen variabler erscheinen. Diese Tests sind jedoch sehr umfangreich und nehmen viel Zeit in Anspruch. Die Sprachgütemessungen über das Medium Internet sind hierbei eher eine Nebenerscheinung in der Evaluation von sprachverarbeitenden Systemen.

Der vorliegende Beitrag knüpft an die bereits geleisteten Untersuchungen zu diesem Thema an. Bisher wurden Dinge wie Oberflächen- und Dialoggestaltung, Client-Server-Modelle sowie die Reproduzierbarkeit und Hardwareanforderungen untersucht.

## 2 Internet-basierte Sprachgütemessung

Das größte Problem der internet-basierten Sprachgütemessung besteht in den akustischen Randbedingungen an verschiedenen Testorten. Jeder Testteilnehmer hat andere Gegebenheiten und Störeinflüsse. Es wurden typische Umgebungsszenarien und ihre Auswirkung auf die Ergebnisse näher untersucht. Dafür wurden mit einer größeren Anzahl von Probanden Sprachgütemessungen in realistischen, virtuellen akustischen Umgebungen durchgeführt.

Am Lehrstuhl Kommunikationstechnik der Brandenburgischen Technischen Universität in Cottbus wurden bereits einige Testverfahren zur Sprachgütemessung mit unterschiedlichen Techniken entwickelt und durchgeführt. Hierbei ist die Nutzung des Internets besonders zu erwähnen. Ein großer Vorteil ist dabei, dass kein fester Ort für den Hörtest mehr von Nöten ist, da die Probanden den Test in ihrer häuslichen Umgebung oder am Arbeitsplatz durchführen können. Weiterhin kann positiv erwähnt werden, dass mit dem internet-basierten

Verfahren wesentlich mehr Testperson in deutlich kürzerer Zeit erreicht werden können. Nachteilig ist jedoch, dass bei jeder Testperson andere Umgebungsbedingungen herrschen und die technische Ausstattung abweicht [2]. Eines der ersten vom Lehrstuhl durchgeführten Testverfahren für das Internet war ein Bewertungstest.

Ein Vorteil der HTML-Version ist das nur geringe Datenaufkommen. Während der Weiterentwicklung der internet-basierten Testverfahren wurde die Benutzeroberfläche für einen Hörtest geschaffen. Dieser realisierte die Speicherung der Daten mittels Cookies. Diese erlauben einem JavaScript-Programm, Daten auf der Festplatte des Anwenders zu speichern. Die Auswertung war weiterhin manuell vorzunehmen.

Eine zweite Testoberfläche nach dem Client-Server-Prinzip wurde um eine MySQL-Datenbank erweitert. Mit Hilfe der Datenbank können die für den Test notwendigen Daten gespeichert werden und mittels PHP erfolgt aus diesen Daten die Generation dynamischer Webseiten. Somit können die vom Benutzer abgegebenen Ergebnisse direkt in die MySQL-Datenbank eingetragen werden. Durch die Datenbanktechnologie für internet-basierte Testverfahren können große Datenmengen gespeichert und zentral erfasst werden.

Das Referenz-Studioergebnis konnte in beiden Fällen nicht exakt reproduziert werden, da die Versuchsbedingungen der Probanden nicht identisch waren (unterschiedliche Hardware- und Umgebungsbedingungen). Dennoch ist zu erwähnen, dass die Teilnehmer, die den Versuch mit Kopfhörern durchgeführt hatten, annähernd an das Studioergebnis herangekommen sind. Aufgrund der vielen Störeinflüsse und unterschiedlichen Randbedingungen kann man schlussfolgern, dass bei internet-basierten Testverfahren immer eine große Anzahl von Versuchspersonen benötigt wird. Durch eine Vielzahl von Bewertungen können Störeinflüsse durch Mittelung der Ergebnisse minimiert werden.

## **2.1 Ausgewählte akustische Szenarien**

Jede Umgebung wird mit einem Foto veranschaulicht (siehe Abbildung 1), auf dem der Kunstkopf an seinem Testplatz zu sehen ist. Diese Anordnung würde im Versuch der Position des Probanden entsprechen. Des Weiteren werden die Umgebungsbedingungen zur besseren Vorstellung beschrieben. Um einen guten akustischen Eindruck des Raumes zu bekommen, wird jeweils die Nachhallzeit der einzelnen Umgebungen berechnet und angegeben. Zur Vereinfachung werden die Schallabsorptionsgrade der einzelnen Materialien der Testräume für eine Frequenz von 1 kHz betrachtet und etwaige Möblierung vernachlässigt, da diese in den vorliegenden Fällen keinen großen Einfluss auf die Dämpfung der Nachhallzeit aufweisen würde.

Anhand eines Spektrogrammes wird jeweils die akustische Umgebung veranschaulicht. Die Frequenz ist logarithmisch auf der Ordinatenachse von 40 Hz bis 22,1 kHz aufgetragen. Die Signale werden im Bereich zwischen -90 und 0 dB durch verschiedene Graustufen kenntlich gemacht. Durch diese Kennzeichnung wird jeweils die Stärke der entsprechenden Frequenz dargestellt. Bereiche mit nur geringen Anteilen werden dunkel abgebildet. Frequenzanteile mit dem größten Pegel sind hell dargestellt. Durch diese Zuordnung kann bei der Analyse genau auf störende Bereiche eingegangen werden.

Die erste Umgebung demonstriert ein Zimmer an einer befahrenen Straße. Damit die Verkehrsgeräusche besser wahrgenommen werden können, erfolgt die Aufnahme des Kunstkopfes bei geöffnetem Fenster. Das Fenster befindet sich hinter dem Probanden. Die Schallwellen erreichen den Kunstkopf mit einem Schallpegel von etwa 45 dB. Durch das Eintreffen der Schallwellen von hinten, wird das Verkehrsgeräusch nur sehr leise und indirekt wahrgenommen. Die Testumgebung hat eine Fläche von etwa 15m<sup>2</sup> und eine Höhe von 2,90m. Von den 45,9m<sup>2</sup> Wandfläche sind 2,4m<sup>2</sup> Fensterfläche vorhanden. Das Zimmer ist mit einem dämpfenden Bodenbelag ausgestattet, und die Wände sind mit Raufaser versehen. Die

Nachhallzeit dieses Raumes beträgt bei 1 kHz etwa 0,38 Sekunden. Demzufolge ist in diesem Raum nur sehr gering mit störenden Reflektionen zu rechnen. Das Spektrogramm in Abbildung 1 zeigt die Umgebungsgeräusche des Szenarios. Der Verkehrsschall ist weitestgehend nur im Frequenzbereich zwischen 20 und 250 Hz zu finden. Die ansteigenden niederen Frequenz-Anteile im Bereich von 20 bis 80 Hz treten jeweils beim Vorbeifahren eines Fahrzeuges auf. Dies ist bei 3 bis 6 und 11 bis 13 Sekunden wahrnehmbar. Ab 250 Hz ist das Eigenrauschen des Raumes erkennbar.

Weitere Szenarien waren: Wohnraum mit Störgeräuschen (Küchenarbeit), PC-Labor und Büroraum mit Baustellenlärm.

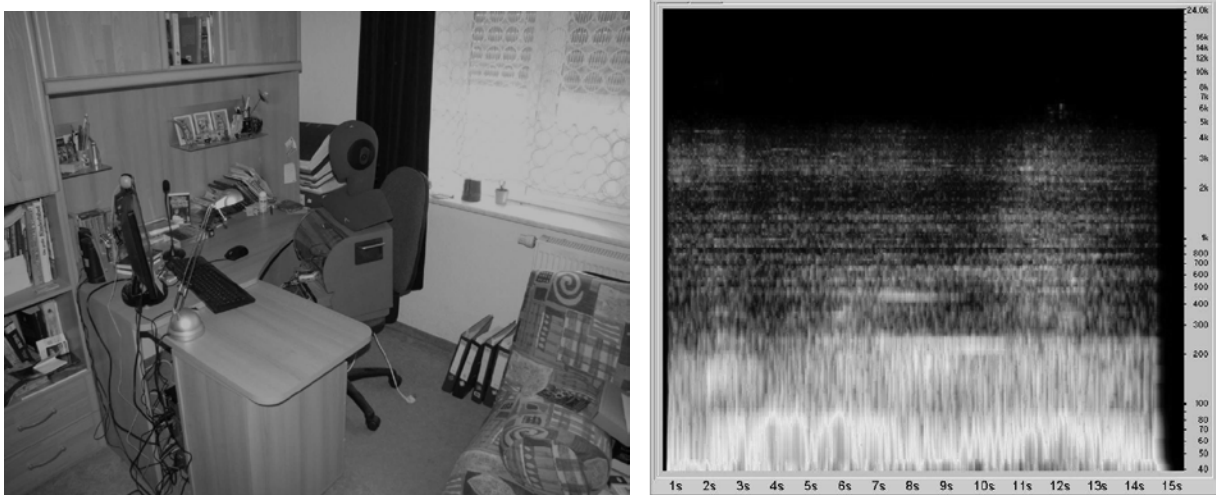


Abbildung 1 – Zimmer an befahrener Straße mit dazugehörigem Spektrogramm

## 2.2 Versuchsdurchführung

Zu Beginn werden die Probanden in den Test eingewiesen. Damit jeder Versuchsteilnehmer die gleichen Voraussetzungen besitzt, erfolgt die Einweisung in schriftlicher Form anhand eines Informationsblattes. Im Anschluss können die Testpersonen Fragen an den Versuchsleiter stellen. Anschließend wird anhand einer vereinfachten Gehörschwellen-Ermittlung die optimale Testlautstärke eingestellt, sodass jeder Proband den Versuch gleich laut empfindet. Die Hörschwelle ist eine sogenannte absolute Schwelle. Unterhalb dieser Grenze werden Schalle nicht gehört. Durch Motivation, Lärm oder Alter kann sich die Hörschwelle bekanntermaßen verändern. Die Anpassung an die Hörschwelle hat auf die Lautstärkeempfindung der Szenarien keine Auswirkung, da eine schlechter bzw. besser hörende Person die Umgebungsgeräusche ebenfalls schlechter bzw. besser wahrnehmen würde. Zur Anpassung an das Gehör wird der Testperson ein Sinus-Ton mit einer Frequenz von 1 kHz und einer Lautstärke von -60 dB dargeboten. Dieser Wert spiegelt die Hörschwelle wider. Mit Hilfe der markierten Regler kann der Proband nun die Lautstärke soweit verringern, bis er den Ton gerade noch wahrnimmt. Um dies zu gewährleisten, soll der Testton erst soweit herunter geregelt werden, bis er nicht mehr gehört wird und anschließend soll die Lautstärke wieder erhöht werden, bis der Sinus-Ton das erste Mal wieder wahrgenommen wird. Auf eine Testphase wird verzichtet, da die Probanden rein intuitiv bewerten sollen.

Im Anschluss beginnt der eigentliche Test. Den Versuchspersonen werden nun nacheinander Hörproben, eingebettet in einer PowerPoint Präsentation, dargeboten. Die Proben sind nach bestimmten Kriterien zu beurteilen. Um Beurteilungstendenzen auf alle Sprachproben gleichmäßig zu verteilen, werden die Proben in zufälliger Reihenfolge wiedergegeben. Somit werden diese Tendenzen, die durch Gewöhnung oder durch Lerneffekte entstehen können,

vermieden. Die Sprachproben besitzen eine Länge von etwa 10 bis 13 Sekunden. Dies entspricht im Schnitt etwa zwei gesprochenen Sätzen. Zwischen den Testsätzen ist jeweils eine gut wahrnehmbare Pause vorhanden. Die Testsätze bestehen aus alltäglichen Wörtern und enthalten keine unverständlichen Fremdwörter. Dies würde die Verständlichkeit zusätzlich erschweren. Die jeweiligen Umgebungssignale wurden ins Verhältnis zum Sprachsignal gesetzt und mit entsprechendem Pegel abgesenkt. Es wurden fünf unterschiedliche Störschallpegel je Szenario erzeugt. Die Pegelvariation betrug jeweils 6 dB. Das entspricht einer Verdopplung des Schalldruckes. Die Pegeländerungen für die Szenarien betragen -6 dB, 0 dB, 6 dB, 12 dB und 18 dB. Hierbei entspricht -6 dB dem halben Schalldruck, 0 dB dem Original, 6 dB dem doppelten Schalldruck, 12 dB dem vierfachen und 18 dB dem achtfachen Schalldruckpegel. Eine noch extremere Lautstärkeerhöhung wäre nicht sinnvoll, da derartige Geräuschpegel in der natürlichen Hörumgebung nicht vorkommen.

Es zeigte sich, dass von den Probanden eine Vervierfachung bereits als unangenehm empfunden wurde. Es waren insgesamt sieben Szenarien mit Sprachproben anhand der jeweils aufgezeigten 5-stufigen Skala zu bewerten. Die ersten sechs Szenarien werden in der schalldichten Kabine und das siebte Szenario außerhalb der Kabine von den Probanden bewertet. Für jede Umgebung waren fünf Hörbeispiele mit den entsprechenden Lautstärkeänderungen zu beurteilen. Diese wurden in zwei Durchgängen jeweils einmal dargeboten. Im ersten Durchgang war die Sprachverständlichkeit zu bewerten und im zweiten der Einfluss der Umgebung auf die Sprachprobe. Die Reihenfolge und die Zuordnung der Sprachbeispiele waren in jedem Szenario und Durchgang unterschiedlich und zufällig gewählt.

Die Bewertungsskala für die Sprachverständlichkeit, wurde in „sehr gut“, „gut“, „mittelmäßig“, „schlecht“ und „nicht verständlich“ abgestuft. Auf Grund des internationalen Standards wird durch die Bewertung „5“ das beste Ergebnis und durch „1“ das schlechteste Ergebnis angegeben. Hierdurch wird der Test eindeutig für weitere Untersuchungen angepasst. Die in Deutschland typische umgedrehte Skala würde hier nur irritieren. Eine weitere positive Eigenschaft der internationalen Norm ist in der späteren Auswertung ersichtlich. Denn hierdurch stehen die besseren Ergebnisse in den Grafiken auch an höherer Position, als die Schlechteren.

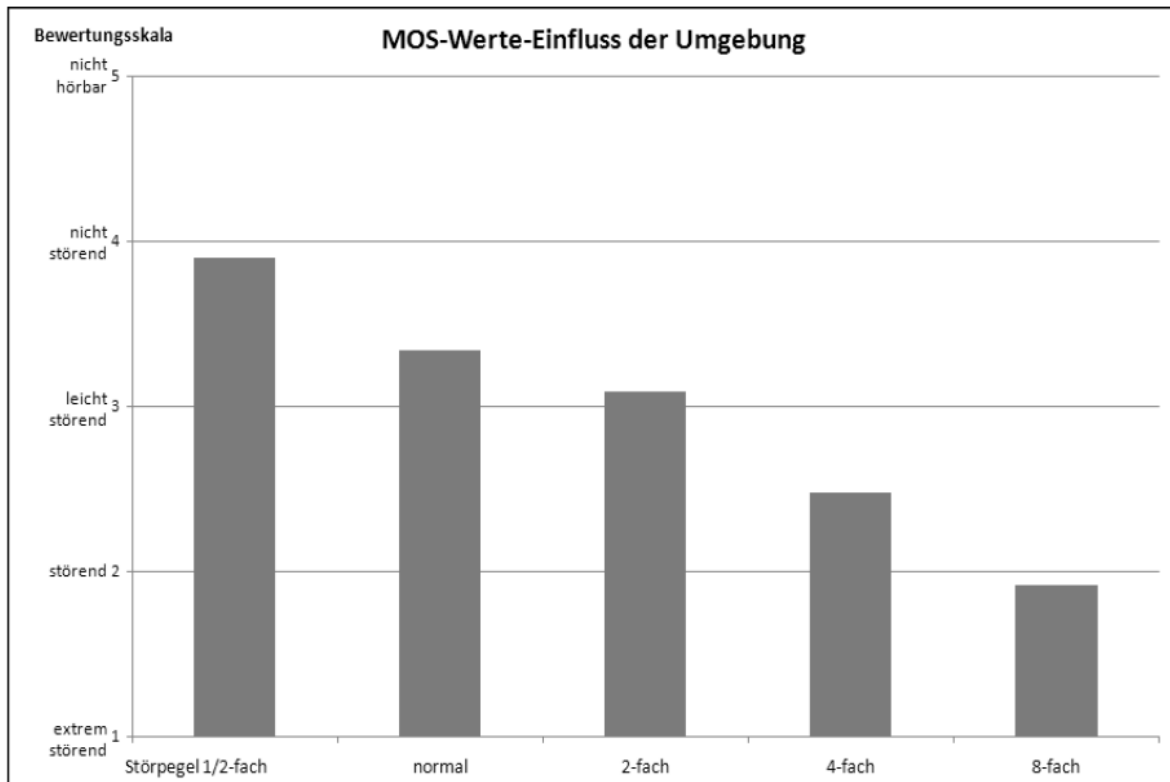
Im Anschluss an jedes Hörbeispiel wird der Proband aufgefordert, seine Bewertung abzugeben und die Beurteilung mit dem Betätigen der „Weiter“-Taste zu bestätigen. Nach dem Drücken der Taste wird das nächste Beispiel dargeboten. Die Visualisierung des Bildschirms gibt dem Probanden stets Auskunft über den aktuellen Stand des Versuches. Auf dem Bildschirm ist der Name des zu bewertenden Szenarios oben zu sehen. Darunter wird auf der linken Seite der Durchgang und daneben die jeweilige Hörprobe angezeigt. Mittig auf dem Monitor ist ein Foto des Aufnahmeortes mit dem Kunstkopf zu sehen. Somit kann der Proband einen erweiterten Eindruck von der zu bewertenden Umgebung erhalten.

### 2.3 Ergebnisse

Zur Berechnung des Gesamtergebnisses über alle Kriterien wird folgende Formel mit  $n$ ...Stichprobenumfang;  $k$ ...Anzahl der Kriterien;  $x$ ...abgegebene Noten angewandt:

$$MOS = \mu = \frac{1}{n \cdot k} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_{ij}$$

In Abbildung 2 ist die Zusammenfassung aller MOS-Werte für den zweiten Durchgang dargestellt. Hier wurde der Einfluss der Umgebung von den Probanden bewertet. Im Vergleich zum ersten Kriterium, der Sprachverständlichkeit, sinken beim Einfluss der Umgebung die MOS-Werte stärker ab. Beim halben Störpegel der Umgebung kann nur noch ein Wert von 3,90 erreicht werden. Der normale Störeinfluss und das Doppelte von ihm, liegen im leicht störenden Bereich. Beide Werte sind mit 3,34 und 3,09 relativ ähnlich. Hingegen weisen die 4-fache und die 8-fache Verstärkung des Originalsignals des Szenarios einen „störenden“ Mittelwert auf. Die Vervierfachung liegt mit ca. 2,5 grenzwertig zum nur „leichten Stören“ jedoch ist die Verachtfachung eindeutig für die Probanden störend und wirkt sich auf die Sprachverständlichkeit bzw. die Sprachqualität aus.



**Abbildung 2** – Ergebnis MOS-Test Umgebung

In der Abbildung 3 soll das Gesamtergebnis über die zwei untersuchten Kriterien Sprachverständlichkeit und Einfluss der Umgebung auf die Sprache betrachtet werden.

Das Gesamtergebnis über beide Kriterien wird mit der absoluten Kategoriebewertung „ausgezeichnet“, „gut“, „ordentlich“, „dürftig“ und „schlecht“ dargestellt. Der lineare Abfall bei höheren Störpegeln wird hier noch etwas deutlicher. Es ist jedoch zu bemerken, dass selbst die Verachtfachung des Schalldruckpegels der Szenarien nur einen MOS-Wert von 2,64 hervorruft und dies immer noch zu einem „ordentlichen“ Ergebnis gezählt werden kann. Bei der Betrachtung der ersten drei Balken wird klar, dass alltägliche Störsituationen keinerlei Einfluss auf Sprachgütemessungen haben dürften. Diese Erkenntnis wurde im Weiteren für jedes Szenario separat ausgewertet, um den Einfluss der verschiedenen Störgeräusche auf Sprache zu detaillieren. Denn nicht jedes Störgeräusch wird das gleiche Gewicht auf die Urteilsabgabe haben und somit die Bewertung für eine internet-basierte Sprachgütemessung beeinflussen.

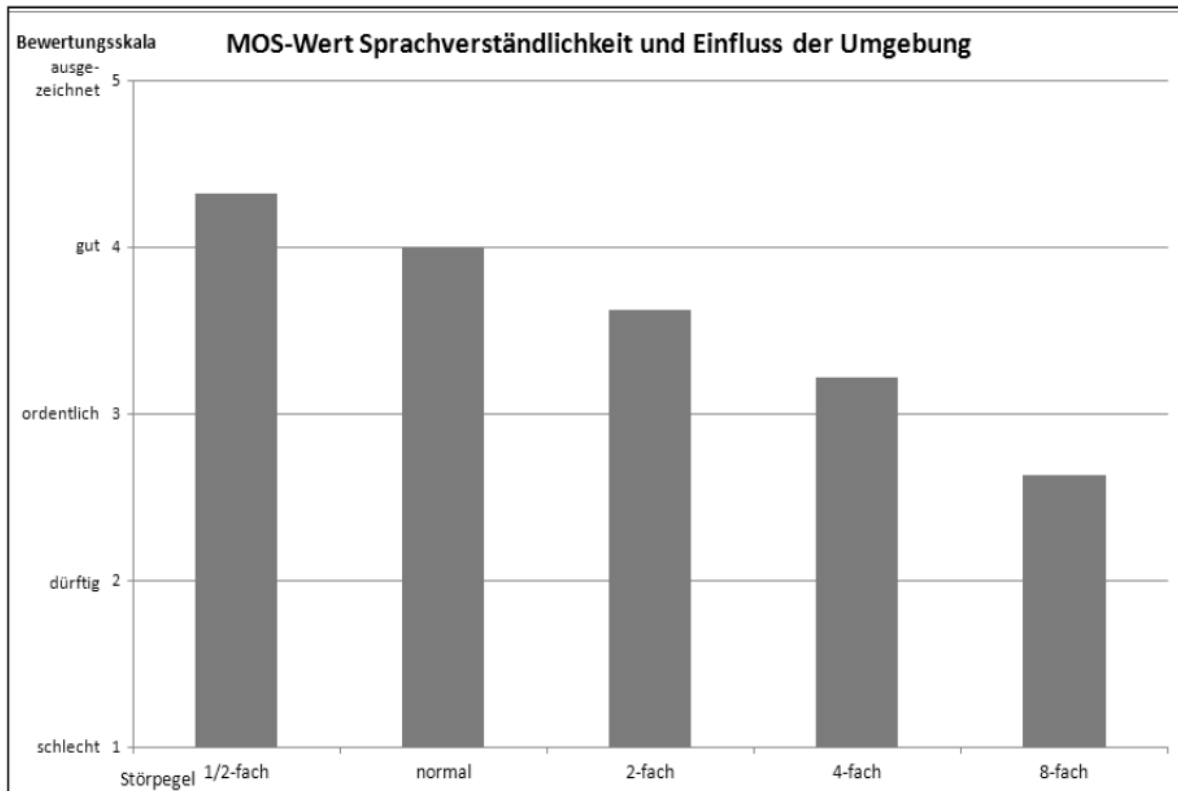


Abbildung 3 – Ergebnis MOS-Test Sprachverständlichkeit

### 3 Zusammenfassung

Anhand eines Studiotests sollten realistische akustische Umgebungen und ihr Einfluss auf internet-basierte Sprachgütemessungen untersucht werden. Diese Untersuchungen sollten analysieren, inwiefern Umgebungen eine auditive Messung beeinflussen und ob trotzdem ein brauchbares Ergebnis entstehen kann. Die vorliegende Arbeit bestätigte die Annahme, dass sich akustische Umgebungsgeräusche störend auf eine Sprachgütemessung auswirken können. Jedoch ist dies zu relativieren, denn die Untersuchungen zeigten ebenfalls, dass dieser Einfluss stark von der Intensität des Störpegels abhängig ist.

Anhand von typischen Umgebungen, in denen üblicherweise internet-basierte Sprachgütemessungen stattfinden, wurden 7 unterschiedliche Szenarien entworfen. Ein typischer Fall war hierbei das Szenario 1, bei dem ein Zimmer an einer befahrenen Straße simuliert wurde. Als Ergebnis kann man sagen, dass sich eine normalbefahrene Straße nicht stark auf die Urteilsabgabe der Probanden auswirken wird. Des Weiteren wurde ein Zimmer mit angrenzenden Küchengeräuschen und einem Fernseher getestet. Trotz des erhöhten Störeinflusses konnte die Sprache gut vom Störgeräusch getrennt werden, und es entstand ein aussagekräftiges Ergebnis. Der zum Zeitpunkt herrschende Baustellenlärm auf dem Campus wurde im dritten Szenario überprüft. Die Probanden empfanden hier selbst bei stark erhöhtem Störpegel der Umgebung nur eine leichte Störung. Ein weiterer typischer Ort für derartige Untersuchungen wurde im vierten Szenario anhand eines virtuellen PC-Pools erzeugt. Die hier auftretenden Lüftergeräusche zeigten, dass sich ein starkes, rauschförmiges Signal negativ auf die Sprachverständlichkeit auswirken kann.

Um den Einfluss einer Störung im kompletten Frequenzbereich zu untersuchen, wurde im Szenario 5 mit der MNRU gearbeitet. Dies ist, vereinfacht gesagt, ein weißes Rauschen,

welches zum Nutzsinal addiert wird. Dieser Extremfall zeigt, dass hier durch Verdeckungseffekte eine Beeinträchtigung der Sprachverständlichkeit eintreten kann, - was auch zu erwarten war. Das sechste Szenario wurde ebenfalls mit einem weißen Rauschen gestört. Jedoch wurde hier der Sprecher gewechselt, um einen Eindruck zu bekommen, was passiert, wenn sich die Stimmcharakteristik und die Sprachaufnahmequalität ändern. Das Ergebnis sah hier ganz ähnlich wie beim vorhergehenden Szenario aus. Hierdurch wurde gezeigt, dass die Aussagen der anderen Szenarien allgemeingültig sind. Im letzten Test wurden die Probanden an den originalen Aufnahmeplatz des Szenarios 3 gesetzt, um einen Vergleich zwischen virtueller und reeller Umgebung zu ziehen. Auf Grund der ständig wechselnden akustischen Umgebungsbedingungen konnte hier jedoch keine eindeutige Aussage getroffen werden. Zusammenfassend lässt sich für alle Szenarien sagen, dass jeweils eine Linearität zwischen dem Störpegel und dem Einfluss der Umgebung vorlag. Je höher der Störpegel, desto störender empfanden die Probanden die Umgebungsgeräusche und die Sprachverständlichkeit sank ab.

Im vorliegenden Versuch wurden den Probanden unter definierten Bedingungen jeweils der halbe, der originale, der doppelte, der 4-fache und der 8-fache Störpegel einer Umgebung dargeboten. Die Auswertung zeigte, dass die Vervierfachung und die Verachtfachung des Pegels die größten Störungen hervorriefen, und die Verständlichkeit teilweise nur noch bedingt gegeben war. Diese Extremfälle werden bei keiner Untersuchung auftreten, denn jeder Testteilnehmer sollte im Vorfeld einer internet-basierten Sprachgütemessung darüber informiert werden, dass externe Geräuschpegel so gering wie möglich zu halten sind. Man kann sagen, dass internet-basierte Sprachgütemessungen durchaus ihre Daseinsberechtigung haben. Hierdurch können aussagefähige und vor allem schnelle Ergebnisse mit vielen Probanden in kurzer Zeit erzielt werden. Jedoch gilt auch zu sagen, dass eine Untersuchung unter Studiobedingungen immer bessere Ergebnisse liefern wird, da die Testpersonen keinerlei Störungen ausgesetzt sind und definierte Bedingungen herrschen. Diese sorgen auch dafür, dass der Test eindeutig vergleichbar wird.

Bei einer internet-basierten Untersuchung gelten immer wieder andere Randbedingungen, sei es z. B. die Software oder die Hardware und vor allem eben die akustischen Umgebungsbedingungen. Für spätere Tests mit realistischen akustischen Umgebungen sollte eine zusätzliche Filterung, z. B. die ID-Entzerrung, für die Kunstkopfaufnahmen ermöglicht werden. Denn nur durch diese Filterung wird der Höreindruck noch realistischer für die Testteilnehmer. Laut Aussagen der Probanden spielte sich die Umgebung wirklich um sie herum ab, aber vielleicht wäre so eine noch plastischere Wiedergabe möglich.

Weiterhin sollte die Anpassung an die Hörschwelle optimiert werden. Dies könnte beispielsweise durch eine automatisierte Software erfolgen. Eventuell könnte bei der Adaption eine separate Einstellung für das linke und rechte Ohr vorgenommen werden. Um das Ergebnis noch weiter zu verallgemeinern, wäre es wünschenswert, einen derartigen Versuch mit diversen – auch weiblichen – Sprechern erneut durchzuführen. Hier könnte analysiert werden, wie weibliche Stimmen von entsprechenden Szenarien beeinflusst werden. Da es zu dem vorliegenden Versuch keine reale Überprüfung gibt, wäre eine weitere Arbeit zu diesem Thema wünschenswert. Hier sollte der Test tatsächlich über das Internet stattfinden und die Probanden vielleicht sogar gebeten werden, entsprechende originale Szenarien zu erzeugen. Das Ergebnis könnte Aufschluss über den hier analysierten Studioversuch geben. Somit könnte die Anwendbarkeit und Aussagekraft einer internet-basierten Sprachgütemessung bestärkt werden.

## Literatur

- [1] Fellbaum, Klaus: Sprachverarbeitung und Sprachübertragung, Springer Verlag Berlin, 1984, S. 106-120.
- [2] Richter, Christian: Internetbasierte auditive Testverfahren. In: Hentschel, C. (Hrsg.): Sprachsignalverarbeitung – Analyse und Anwendungen. Studentexte zur Sprachkommunikation, Band 44, TUDpress Verlag, Dresden, 2007, S. 113-120.
- [3] Fellbaum, Klaus: Elektronische Sprachsignalverarbeitung, Tagungsband der 11. Konferenz, w.e.b. Universitätsverlag & Buchhandel Eckhard Richter & Co OHG, Dresden, 2000, S. 9-16.
- [4] Fellbaum, Klaus; Höpfner, Dirk; Richter, Christian: Auditive Verfahren zur Sprachqualitätsmessung – Übersicht, Gestaltung und Anwendungen, Festschrift, Cottbus, 2003.
- [5] ITU-T Recommendation P.800: Methods for subjective determination of transmission quality, International Telecommunication Union, 1996.
- [6] Klaus, Harald; Fellbaum, Klaus; Sotscheck, J.: Auditive Bestimmung und Vergleich der Sprachqualität von Sprachsynthesystemen für die deutsche Sprache, Acustica 83, 1997.
- [7] Lüdtke, Tobias: Messplatz für auditive Beurteilungsverfahren von Sprachqualität. Studienarbeit, Cottbus, 2001.
- [8] Teich, Sven: Erstellung eines Audiotools zur Durchführung von internet-basierten MOS-Tests. Studienarbeit, Cottbus, 2005.