

Kontinuierliche Messung und Vorhersage von Höranstrengung

Henning Schepker¹, Jan Rennies¹, Inga Holube², Birger Kollmeier^{1,3}

¹ Fraunhofer IDMT, Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, 26129 Oldenburg, Deutschland,

Email: henning.schepker@idmt.fraunhofer.de; jan.rennies@idmt.fraunhofer.de

² Jade Hochschule, Institut für Hörtechnik und Audiologie, 26121 Oldenburg, Deutschland

³ Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Einleitung

Im heutigen Alltag gewinnt die akustische Kommunikation, z.B. in Video- und Telefonkonferenzen zunehmend an Wichtigkeit. Die Kommunikation kann durch Störfaktoren, vor allem Lärm und zu leise Sprachpegel, beeinträchtigt werden, da durch diese die Sprachverständlichkeit (SV) reduziert und die Höranstrengung erhöht wird. Eine mögliche Unterstützung in der Lösung dieses Problems stellt die kontinuierliche Überwachung der Höranstrengung dar. Das Ziel dieser Studie ist die Entwicklung eines geeigneten Verfahrens zur kontinuierlichen Überwachung der Höranstrengung und dessen Validierung mit Hilfe eines subjektiven Tests. Hierzu wird eine neue kontinuierliche Skalierungsmethode zur Bewertung der Höranstrengung eingeführt.

Kontinuierliche Messung

Ziel der Studie ist die Untersuchung des Einflusses von spektral unterschiedlichen Störgeräuschen sowie von unterschiedlichen zeitlichen SNR-Änderungen auf die kontinuierliche, subjektive Beurteilung der Höranstrengung. Es wurden 22 normalhörende Versuchspersonen (VPn) untersucht, welche die Höranstrengung auf einer Skala von mühelos (= 1) bis extrem anstrengend (= 13) mit Hilfe eines Sliders bewerteten. Als Sprachmaterial diente die Geschichte „Pünktchen und Anton“ von Erich Kästner, die freundlicherweise von Prof. Dr. Kießling zur Verfügung gestellt wurde. Die Überlagerung mit entweder einem sprachgefärbten Rauschen (P+A), dessen Spektrum dem Langzeitspektrum des Sprachsignal entsprach, oder einem weißen Rauschen (WN) geschah bei SNRs von -10, -6, -2, +2 und +6 dB, wobei jeder SNR sechsmal zufällig innerhalb der Signaldarbietung auftrat. Jede SNR-Kondition dauerte 10 s. Abb. 1 zeigt exemplarisch eine VP-Beurteilung für sprunghafte SNR-Übergänge (rect). Ebenfalls wurde ein kontinuierlicher \cos^2 -förmiger SNR-Übergang untersucht, der sich über 7 s vom Ausgangs- zum Ziel-SNR veränderte. Die weitere Auswertung der Daten beruht auf denjenigen Abschnitten der VPn-Beurteilung, auf denen eine nahezu konstante Beurteilung erfolgte. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 dargestellt. Zur Verringerung der intraindividuellen Varianz in der Beurteilung beruhen die dargestellten Ergebnisse für jede Kondition auf den individuellen Medianen für jede Kondition. Es sind keine signifikanten Unterschiede in der Beurteilung der beiden zeitlichen SNR-Übergänge nachweisbar. Dies lässt den Schluss zu, dass bei der Beurteilung der Höranstrengung

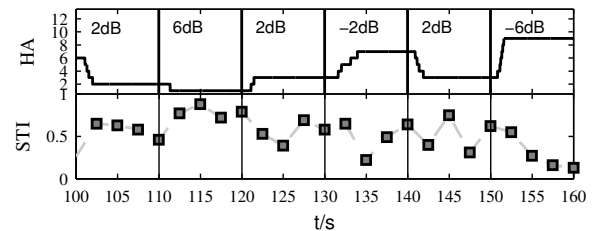


Abbildung 1: Darstellung einer exemplarischen subjektiven VP-Beurteilung der Höranstrengung (HA, oben) und der STI-Vorhersage (unten) auf einen Signalausschnitt mit unterschiedlichen SNRs.

möglicherweise keine Adaptation an die vorliegende SNR-Kondition durch die VPn erfolgte. Im Vergleich der Störgeräusche zeigt das weiße Rauschen eine tendenziell niedrigere Beurteilung der Höranstrengung. Dies ist vermutlich auf die unterschiedliche spektrale Maskierung der beiden Störgeräusche zurückzuführen. Ein Vergleich mit Werten aus der Literatur [3], die ebenfalls mit sprachgefärbtem Rauschen bei unterschiedlichen SNR gemessen wurden, zeigt, dass die genutzte Methode der kontinuierlichen Bewertung der Höranstrengung prinzipiell in der Lage ist vergleichbare Ergebnisse zu liefern. Sie bietet also eine Alternative für Situationen, in denen kontinuierliche Messungen für einen späteren Vergleich, wie in dieser Arbeit, sinnvoll erscheinen. Der Einfluss von

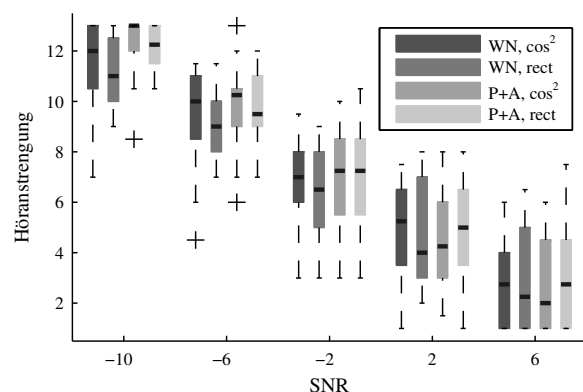


Abbildung 2: Darstellung der subjektiven Höranstrengung in Abhängigkeit vom SNR für die untersuchten Konditionen.

einkanaligen Störgeräuschreduktionsalgorithmen auf die Höranstrengung wurde ebenfalls untersucht, stellte sich jedoch als gering heraus, wie es in der Literatur für Normalhörende bereits gezeigt werden konnte [4].

Vorhersage

Die Vorhersage der Höranstrengung erfolgt mittels eines Systems, welches aus einem einkanaligen gestörten Signal mit Hilfe von Signalverarbeitungsalgorithmen eine Schätzung des SNR ermöglicht und anschließend den Speech Transmission Index (STI) [2] bestimmt. Ein ähnliches System wurde bereits in [1] vorgestellt und ist hier zur Vorhersage der Höranstrengung weiterentwickelt und evaluiert worden. Zum Vergleich wurden dieselben Signale mit Hilfe des Systems analysiert, welche auch von den VPn im Experiment beurteilt wurden. Dies ermöglichte einen genauen Vergleich zwischen System und VPn. Abb. 1 zeigt, dass das System in der Lage ist auf unterschiedliche SNRs zu reagieren, auch wenn die Vorhersage stärkeren Schwankungen unterliegt als die Antwort einer VP. Gründe hierfür sind vor allem in der Sensitivität der Algorithmen im Bezug auf kleine Signaländerungen und Sprachpausen zu suchen, welche bei der subjektiven Beurteilung keine Rolle zu spielen scheinen. Die Ergebnisse für die untersuchten Konditionen sind in Abb. 3 dargestellt. Sie beruhen auf denselben Auswertungsabschnitten, wie sie auch für die VPn gewählt wurden. Ebenfalls dargestellt sind die ideale Abbildung der Höranstrengungsskala auf die STI-Skala sowie die Abweichung von dieser idealen Abbildung. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson und die Abweichung von der idealen Winkelhalbierenden zeigen, dass der vorhergesagte STI in allen untersuchten Konditionen in der Lage ist die subjektive Höranstrengung nachzubilden. Jedoch scheint die Höranstrengung einer steileren Funktion zu folgen als der idealen Abbildung der Höranstrengung auf die STI-Skala. Abb. 4 (links)

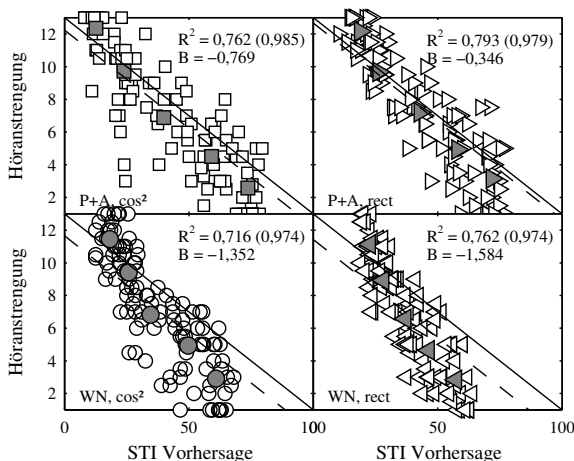


Abbildung 3: Darstellung der subjektiven Höranstrengung in Abhängigkeit des vorhergesagten STI für die untersuchten Konditionen. Die gefüllten Symbole geben die Mittelwerte für jeden SNR an.

zeigt die Ergebnisse für alle untersuchten Konditionen zusammengefasst. Hier ergibt sich im Mittel eine Unterschätzung der subjektiven Höranstrengung um etwa einen Skalenpunkt. Die Ergebnisse zeigen, dass der vorhergesagte STI in der Lage ist unabhängig von der untersuchten Kondition die Höranstrengung vorherzusagen.

Betrachtet man ausschließlich die Mittelwerte jeder einzelnen Konditionen, so lässt sich die Vorhersagegenauigkeit weiter erhöhen. Im rechten Teil von Abb. 4 ist die subjektive Höranstrengung in Abhängigkeit von der vorhergesagten Höranstrengung dargestellt. Die vorhergesagte Höranstrengung bestimmt sich hier aus dem vorhergesagten STI, welcher mit der Funktion der linearen Regression der Daten des linken Bildabschnitts transformiert wurde. Der Determinationskoeffizient bleibt wie erwartet gleich und der Bias verschwindet.

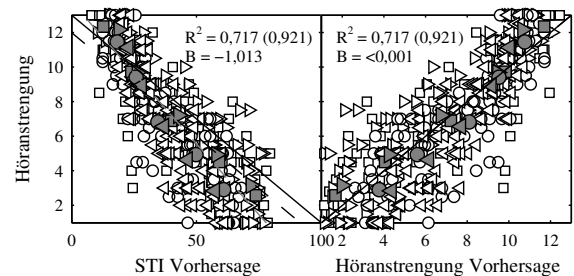


Abbildung 4: Darstellung der subjektiven Höranstrengung aller untersuchten Konditionen in Abhängigkeit vom vorhergesagten STI sowie in Abhängigkeit von der linear transformierten STI-Vorhersage.

Zusammenfassung

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass zum einen eine kontinuierliche subjektive Beurteilung der Höranstrengung möglich ist. Zum anderen ist die STI-Vorhersage nach einer linearen Transformation in den untersuchten Konditionen in der Lage die Höranstrengung gut zu modellieren. In weiteren Untersuchungen können nun weitere Störgeräusche und zusätzliche Einflussfaktoren identifiziert werden um das Modell zu verbessern.

Literatur

- [1] Rennie, J., Albertin, E., Goetze, S. und Appell, J. (2010). Automatic Live Monitoring of Communication Quality for Normal-Hearing and Hearing-Impaired Listeners. In: Computers Helping People with Special Needs, 12th International Conference, ICCHP2010, Vienna, Austria, July 14–16, 2010, Proceedings, Part II, S. 568–575. Springer.
- [2] IEC-60268-16, (1998). Objective rating of speech intelligibility by the Speech Transmission Index. International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland (1998–03).
- [3] Schulte, M., Wagener, K., Vormann, M., Dillier, N. und Büchler, M. (2007). Hearing in the Communication Society, D-7-4: Report tests for listening effort. Technischer Bericht, Hörzentrum Oldenburg.
- [4] Marzinzik, M. (2000). Noise reduction schemes for digital hearing aids and their use for the hearing impaired. Dissertation, Universität Oldenburg.