

Echtzeitbeurteilung instationärer Signale in Hörversuchen

Sebastian Großmann, Hugo Fastl

AG Technische Akustik, MMK, TU München, 80333 München, E-Mail: grossmann@tum.de

Einleitung

Vorraussetzung für Parametrisierung von akustischen Merkmalen ist ein quantitativer Datensatz, der Verhältnisse innerhalb und zwischen einzelnen Stimuli abbildet. Die Erfassung von akustischen Eigenschaften nicht eingeschwungener Systeme wird häufig über eine Gesamtbeurteilung des instationären Signals vorgenommen, ohne dabei Informationen über den Beurteilungsverlauf und die Bildung des Gesamteindrucks zu erhalten. Mit Hilfe von zwei Hörversuchen ist es gelungen nachzuweisen, dass geübte Hörer den Verlauf akustischer Eigenschaften in Echtzeit wiedergeben können.

1. Hörversuch

Die Probanden hatten die Aufgabe Lautheit und Rauigkeit technischer Signale nach dem Verfahren der freien Größenschätzung [1] zu beurteilen. Die Stimuli setzten sich aus jeweils 20 stationären und instationären Signalen mit einer Länge von je 10 Sekunden zusammen. Alle Stimuli wurden unter vergleichbaren reproduzierbaren Bedingungen mittels Kunstkopf aufgenommen und unverändert über kalibrierte Kopfhörer wiedergegeben. Es wurden nur Daten von Probanden berücksichtigt, die diesen Versuch insgesamt an drei verschiedenen Tagen jeweils einmal absolvierten. Dabei wurde darauf geachtet, dass jeder Proband das gleiche Wiedergabesetup verwendete. Der Versuch wurde in Gruppen mit einer maximalen Stärke von 8 Probanden durchgeführt. Insgesamt haben an diesem Versuch 27 Probanden, alle geübte Hörer, teilgenommen.

Ablauf:

Nach Instruktion der Probanden wurden alle 40 Stimuli als Orientierung einmalig vorgespielt. Im Anschluss erfolgte eine kurze Übung mit drei zufällig ausgewählten Stimuli, um abschließend Fragen über den Ablauf des Versuchs klären zu können. Vor Abspielen der einzelnen Stimuli wurde die laufende Nummer durch den Versuchsleiter als Orientierung angesagt. Die zeitgleiche Beurteilung mehrerer Attribute erfolgte ad hoc nach jedem Abspielen durch händische Notierung des Wertes in eine Tabelle. Die Wiedergabe der einzelnen Stimuli erfolgte randomisiert. Ein wiederholtes Abspielen war nicht möglich.

Auswertung:

Für jede Wiederholung pro Proband wurde im Anschluss eine Normierung mittels Ankerschall durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Beurteilungsspanne einzelner Probanden je Session variierte, die Verhältnisse untereinander aber stabil wiedergegeben wurden. Die Berechnung der Mediane aus den einzelnen drei Sessions ergab die Beurteilung des Probanden. Das Gesamtergebnis setzt sich aus den Medianen der Probandenbeurteilungen zusammen.

2. Hörversuch

Ziel des zweiten späteren Hörversuches war es von instationären Signalen einen Beurteilungsverlauf einzelner Merkmale über die Zeit zu erhalten. Wesentlich war die Wiedergabe der Verhältnisse zueinander, vergleichbar mit der Linienlängen - Methode [2]. Die Urteilsabgabe erfolgte über ein Schiebepotentiometer, dessen Signal synchron zur akustischen Wiedergabe aufgezeichnet wurde. Die Probanden hatten dabei ein direktes haptisches Feedback über die Elongation, sowie Markierungen auf dem Schieberegler selbst. Auf einem Monitor wurde den Probanden eine separate Darstellung als Unterstützung angeboten. Diese umfasste einerseits die aktuelle Position in Form eines Balkens, zusätzlich wurde der Beurteilungsverlauf der letzten 20 Sekunden gleitend dargestellt, um die Verhältnisse entsprechend vorangegangener Beurteilungen vergleichen zu können. Für jeden Probanden wurde ein Startpunkt im unteren Drittel der Beurteilungsspanne als Ausgangspunkt vorgegeben.

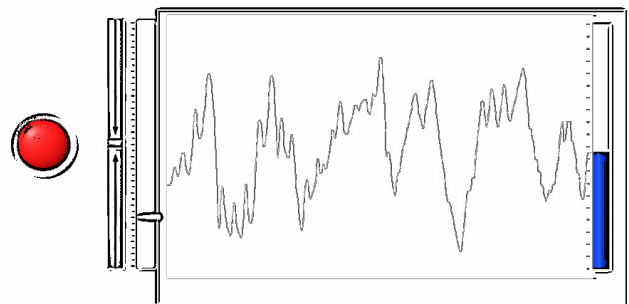


Abbildung 1: visuelle Darstellung für Probanden

Der Versuch setzte sich aus 3 verschiedenen Teilen zusammen. Im ersten Teil hatten die Probanden die Aufgabe die Tonhöhe an zwei verschiedenen Musikstücken nachzufahren, um sich mit der Methode und der Sensitivität des Schiebereglers vertraut zu machen. Als Übungsstücke wurden dabei die Toccata und Fuge von Bach, sowie Your Latest Trick von Dire Straits ausgewählt.

Im zweiten Teil wurden die 20 verschiedenen stationären Signale aus dem 1. Hörversuch auf je 5 Sekunden gekürzt, und randomisiert zu einem Signal mit einer Dauer von 100 Sekunden zusammengefügt. Zusätzlich wurden im dritten Teil 6 verschiedene instationäre technische Signale verschiedener Längen von 30 – 60 Sekunden verwendet.

Die Probanden hatten dabei die Aufgabe im zweiten und dritten Teil des Versuches die Signale hinsichtlich der Größen Lautheit und Rauigkeit, entsprechend dem 1. Hörversuch, zu beurteilen. Der Versuch wurde in Einzelsitzungen durchgeführt, und durch den Versuchsleiter nach Aufforderung des Probanden gesteuert. Die Stimuli konnten beliebig oft gehört bzw. beurteilt werden. Die Wiedergabe erfolgte analog dem ersten Versuchsaufbau mit kalibrierter Kopfhö-

rerwiedergabe. An diesem Versuch haben insgesamt 30 geübte Hörer teilgenommen.

Auswertung:

Analog dem ersten Hörversuch wurden die Daten probandenweise normiert. Hierbei wurde das kleinste abgegebene Urteil als Minimum auf 0, das Beurteilungsmaximum auf 5 gesetzt. Die Verhältnisse zwischen den einzelnen Urteilen blieben aufgrund der Spreizung gleich. Ein Zusammenführen der einzelnen Beurteilungen ohne Normierung war aufgrund unterschiedlicher Ausnutzungen der Beurteilungsspanne nicht möglich. Das Gesamtergebnis setzt sich aus den Medianen der Probandenbeurteilungen zusammen.

Mit Hilfe des ersten Stimulus, bestehend aus den 20 verschiedenen stationären Signalen, wurde für jeden Probanden die separate Beurteilungslatenz bestimmt. Die intra-individuellen Latenzen blieben über das gesamte Signal betrachtet konstant. Die Werte aus den stationären Signalbeurteilungen konnten anhand markanter Punkte in den instationären Signalen bestätigt werden. Im Mittel über alle Probanden wurden 0,77 Sekunden von der akustischen Reizung bis zur Abgabe des Urteils über den Schieberegler gemessen [MW = 0,77 sec, MD = 0,72sec]. Vergleichbare Werte aus früheren Untersuchungen [3] konnten bestätigt werden.

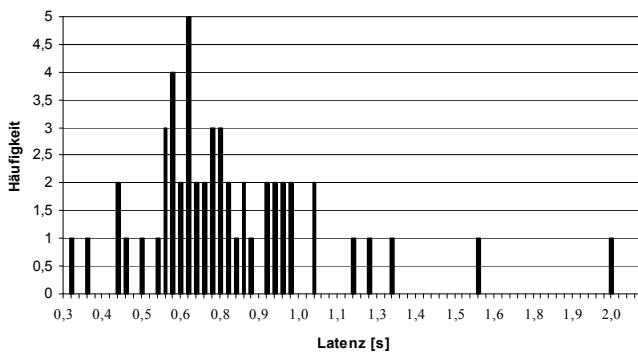


Abbildung 2: Histogramm Beurteilungslatenz [sec]

Nach Berechnung der Latenz ist es möglich, die einzelnen Beurteilungsverläufe entsprechend den Signaleigenschaften durch Verschiebung der Beurteilungskurven im dritten Teil zuordnen zu können. Unter Berücksichtigung das Latenzen von deutlich über einer Sekunde auftreten können wird deutlich, wie wichtig die Verschiebung der Probandenbeurteilungen hinsichtlich instationärer Signalbeurteilung ist.

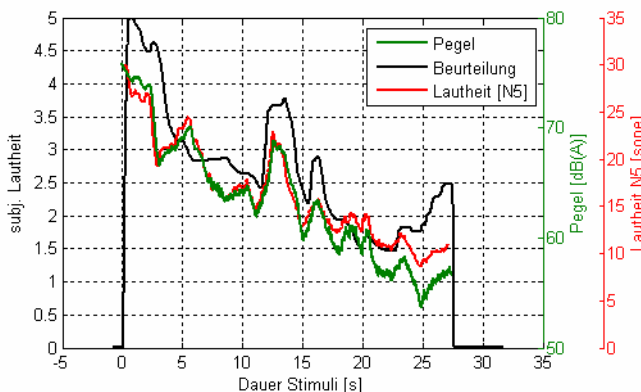


Abbildung 3: Beispiel Beurteilungsverlauf

Fazit:

Durch die Verwendung der gleichen stationären Stimuli in beiden Versuchen war es möglich einen direkten Vergleich zwischen den Versuchsmethoden durchzuführen. Verglichen mit dem Ergebnis aus dem ersten Hörversuch zeigt sich trotz unterschiedlicher Methoden eine Übereinstimmung mit hoher Korrelation [$r = 0,92$, $R^2=0,85$].

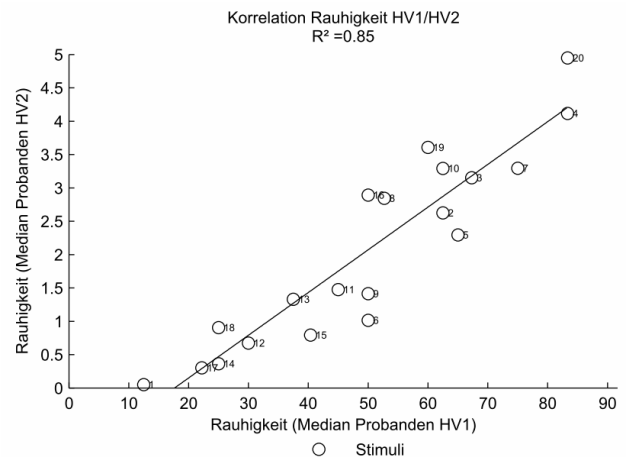


Abbildung 4: Vergleich Ergebnis 1./2. Hörversuch

Es zeigte sich, dass eine Verhältnisskalierung mittels Schiebepotentiometer abgegeben werden kann (vgl. [4]), und dass unter geübten Hörern sich ad hoc Beurteilungen nicht von Beurteilungen mit längerer Bedenkzeit unterscheiden. Unsicherheiten bezüglich ad hoc Beurteilungen geübter Hörer sind bei diesem Versuch auf hohe persönliche Erwartungshaltungen der Probanden zurückzuführen. Aufgrund der visuellen Darstellung im zweiten Versuch äußerten die Probanden im Vergleich zum ersten Hörversuch mehr Sicherheit hinsichtlich ihrer Urteilsabgabe.

Literatur

- [1] Hellbrück, J.: Kompendium zur Durchführung von Hörversuchen in Wissenschaft und industrieller Praxis. DEGA (2008), Seite 37
- [2] Stemplinger, I.: *Beurteilung, Messung und Prognose der Globalen Lautheit von Geräuschmissionen*. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft, 1999,
- [3] Kuwano, S., Fastl, H.: *Loudness evaluation of various kinds of non-steady state sound using the method of continuous judgment by category*. In: Proc. 13. ICA Belgrade, Vol. 1, 365-368 (1989)
- [4] Weber, R. A new method of loudness determination -- The continuous judgement of time variable sound on an 'analog' category scale. Proceedings FASE '89, S. 295. Zaragoza 1989