



PHYSIOLOGIE DES GEHÖRS UND ANALYSE DER PSYCHOAKUSTISCHE METHODEN

Jana POLAČEKOVÁ - Zuzana FARKAŠOVSKÁ

Abstract

Bei der Beurteilung von Geräuschen gehen derzeit die Hersteller von Produkten und deren Kunden völlig getrennte Wege: In den Labors der Hersteller werden die Geräusche anhand physikalischer Methoden analysiert und optimiert. Im Gegensatz dazu beurteilt der Kunde die Geräusche mit einem Gehör. Dadurch können sich völlig unterschiedliche Bewertungen ein und desselben Geräusches durch Hersteller bzw. Kunde ergeben. Zur Lösung dieser Problemstellung bietet sich die wissenschaftliche Fachdisziplin „Psychoakustik„an. Die Ergebnisse psychoakustischer Forschung lassen sich in Geräuschbeurteilungsverfahren umsetzen, mit deren Hilfe die Akzeptanz von Geräuschen durch den Kundenzuverlässig vorhergesagt werden kann.

Key words

Psychoakustik, Lärm, Psychophysik, Geräusch

Vorwort

Die Psychoakustik ist ein Teilgebiet der Psychophysik. Sie befasst sich mit der Beschreibung des Zusammenhanges der menschlichen Empfindung von Schall als Hörereignis und mit dessen physikalischen Schallfeldgrößen als Schallereignis. Die Verarbeitung physikalischer Signale zu einem Höreindruck wird dabei in mehreren Stufen modelliert. Diese werden dem einzelnen Ohr und der kognitiven Signalverarbeitung zugeordnet. Es erweist sich als zweckmäßig, rein physikalische Parameter wie Pegel, Frequenz, Bandbreite, Dauer oder Modulationsgrad auf gehörgerechte Parameter abzubilden. In der Regel wirken dabei jeweils mehrere physikalische Größen auf eine psychoakustische Größe ein. Diese soll als einzelne Empfindung unabhängig von anderen Empfindungen beurteilt werden können. Die Skalen psychoakustischer Größen beschreiben die Stärke der Empfindung. Wichtige Anwendungen der Psychoakustik liegen in der Schallwirkungsforschung, der Telekommunikation, der Audiodatenkompression und der Tongestaltung.

Physiologie des Gehörs

In diesem Abschnitt werden kurz einige physiologische Grundlagen des menschlichen Gehörs aufgezeigt, so weit sie für die gehörbezogene Geräuschanalyse von Interesse sind. Bild 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch das Außenohr, Mittelohr und Innenohr des Menschen. Das Außenohr wird von der Ohrmuschel und dem durch das Trommelfell abgeschlossenen Gehörgang gebildet. Die im Mittelohr befindlichen Gehörknöchelchen übertragen die Schwingungen auf das Innenohr. Dabei wird durch eine Flächentransformation und eine Hebelübersetzung eine Anpassung der Luftschwingungen im Außenohr an die Flüssigkeitsschwingungen im Innenohr erreicht. Im Innenohr, das die Form einer Schnecke aufweist, befinden sich im westlichen zwei Kanäle die durch eine Membran, die Basilarmembran getrennt werden. Auf dieser Membran sind Sinnzellen angeordnet, die vereinfacht ausgedrückt die Umwandlung der Flüssigkeitsschwingungen in Nervenpotentiale bewirken. Besonders wichtig bei diesem Vorgang ist die sogenannte Frequenz-



Ortstransformation. Hohe Frequenzen werden auf Orte der Basilmembran nahe dem Schneckeneingang, tiefe Frequenzen auf Orte nahen der Schneckenspitze abgebildet. Wichtig ist noch zu wissen, dass im Innenohr nicht etwa stehende Wellen, sondern sogenannte Wanderwellen auftreten. Durch die Schwingungen der Sinneszellen werden Aktionspotentiale ausgelöst, die über zahlreiche Schaltstellen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, weitergeleitet werden und schließlich zu einer Hörempfindung führen. Hier sei lediglich noch auf einen interessanten Effekt hingewiesen: Durch Interaktionen der Sinneszellen im Innenohr ist es möglich, dass das Gehör auch sehr leise Töne (0dB) aussendet. Diese sogenannten „otoakustischen Emissionen“, zeigen, dass das Gehör nicht nur ein Schallempfänger ist, sondern unter geeigneten Bedingungen auch als Schallsender aufgefaßt werden kann.[1]

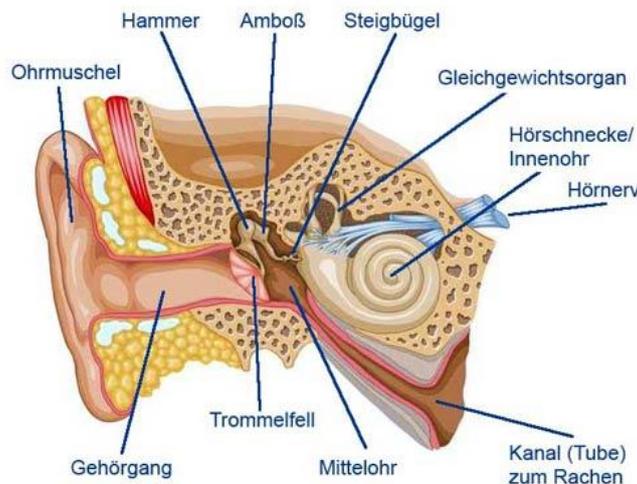


Abb. 1 Darstellung von Außenohr, Mittelohr und Innenohr

Psychoakustische Größe

Die häufigsten psychoakustische Parameter sind die Zwicker-Parameter Lautheit (Einheit sone), Schärfe (Einheit acum), Tonhöhe (Einheit mel), Rauigkeit (Einheit asper) und Schwankungsstärke (Einheit vacil). Daneben sind Tonhaltigkeit und Impulshaltigkeit bedeutsame Größen; sie werden auch bei der Bildung von Beurteilungspegeln herangezogen. [2]

Analyse der Psychoakustische Methoden

Psychoakustische Tests erheben subjektive Urteile von Versuchspersonen. Da diese Personen individuell urteilen, werden die Ergebnisse der Tests erst anhand einer statistischen Auswertung einer Vielzahl von Urteilen valide. Die Methoden zur Erhebung der Urteile werden in klassische und adaptive Methoden eingeteilt, wobei die Unterscheidung darin liegt, dass der Verlauf eines adaptiven Tests von den Urteilen der Versuchsperson beeinflusst wird, während die klassischen Methoden davon unberührt bleiben. Klassische Methoden sind: Konstant-Stimulus-Methode, Größenschätzung, Einregelungsmethode und vollständiger Paarvergleich. [2]

Methodenvorschlag zur Entdeckung der visuellen vorurteile in der Wahrnehmung der Geräuschquelle

Als Methode zur Entdeckung der visuellen Vorurteile wurde die Fragebogenmethode gewählt. Mit Hilfe dieser Methode wurde untersucht, wie der Lärm der ausgesuchten Staubsauger auf den Menschen wirkt.



Diese Einflüsse wurden an 31 Personen im Alter zwischen 19 bis 53 Jahre untersucht. Das Durchschnittsalter war also 24,87 Jahre. Die Gruppe bestand aus 20 Frauen und 11 Männern.

Die Geräusche wurden an den folgenden Staubsaugern untersucht (Abb.2):

- Sencor- SVC 821 RD (A)
- Zelmer PROFI vodník Trio (B)
- AquaVac Pro 70 (C)

Das Staubsaugergeräusch wurde im Betrieb gemessen. Es wurde kein Geräusch direkt nach dem Einschalten gemessen, sondern beim Vollbetrieb.



Abb. 2 Die benutzene Staubsaugern bei der Messungen

Zur Aufnahme der einzelnen Geräusche wurde ein Digitaldiktiergerät benutzt. Das aufgenommene Geräusch wurde in Höchstqualität gespeichert.

Nach der Geräusch- und Bildaufnahme der Staubsauger wurde eine Präsentation erstellt, wodurch die einzelnen Staubsauger präsentiert wurden. Zu den einzelnen Bildern von Staubsaugern wurden die Geräuschaufnahmen zugeteilt. Die gefragten Personen haben nach dem sie die Aufnahmen gehört haben, die Fragen beantwortet. Den Staubsaugern wurden die Buchstaben A, B und C zugeteilt. Durch die Auswahl eines Buchstabens beantworteten sie die einzelnen Fragen. Bei der letzten Frage wurden die Aufnahmen in einer anderen Reihenfolge abgespielt, d.h. zum Bild wurde das Geräusch eines anderen Staubsaugers abgespielt.

Im Fragebogen standen folgende Fragen:

1. Welcher der angeführten Staubsauger wirkt am meisten störend?
2. Welcher der angeführten Staubsauger wirkt auf sie am lautesten?
3. Welches Geräusch ist für sie das angenehmste?
4. Welches Geräusch ist für sie das unangenehmste?



5. Welcher Staubsauger wirkt auf sie am störendsten?

Die ausgewählte Stichprobe von 31 Personen beantwortet die Fragen im Fragebogen. Tabelle 1 ist eine statistische Auswertung der gewählten Staubsaugern.

Tab.1 die Auswertung von Staubsaugergeräusch

am meisten störend	A - 8	B - 6	C - 17
am lautesten	A - 9	B - 14	C - 8
das angenehmste	A - 9	B - 18	C - 4
unangenehmste	A - 6	B - 4	C - 21
am störendsten - ausgetäuscht Töne	A - 9	B - 19	C - 3

Schlussfolgerung

Als der störendste Staubsauger wurde Sencor- SVC 821 RD ausgewählt, den 17 Respondenten gewählt haben. Der lauteste Staubsauger war Zelmer PROFI vodník Trio, der zugleich auch als Staubsauger mit dem angenehmsten Geräusch gewählt wurde. Als den lautesten haben ihn 14 Respondenten und sein Geräusch als das angenehmste 18 bezeichnet. Das Geräusch des Staubsaugers AquaVac Pro 70 wurde im Test als das unangenehmste bezeichnet. Bei der fünften Frage wurde die Reihenfolge folgendermaßen verändert: AquaVac pro 70 wurde das Geräusch von Zelmeru PROFI vodník Trio zugeordnet, Zelmer wurde das Geräusch von Sencor und Sencor wurde das Geräusch von AquaVac zugeordnet. Trotz der Geräuschänderung hatten die Respondenten wieder das Geräusch des Sencor - SVC 821 RD als das störendste bezeichnet.

Basierend auf den angeführten Tatsachen komme ich zu der Schlussfolgerung, dass sich die Respondenten von der visuellen Seite nicht beeinflusst haben lassen und das störendste Geräusch macht Sencor.

Dieser Beitrag wurde im Rahmen des Projekts APVV-0176-071/0453/08 und KEGA 3/7426/09 erstellt.

Verwendete Literatur

- [1] KALIVODA, T.M.– STEINER, W.J.: Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, Springer-Verlag, Wien – New York, 1998, ISBN 3-211-83131-2
- [2] MELKA, A.: Základy experimentální psychoakustiky, Akademie muzických umění, Praha 2005, ISBN 80-7331-043-0.
- [3] NGUYEN THE, Anh - MORAVEC, M.: Využitie psychoakustickej hlavy HSU 3 na optimalizáciu hlukových parametrov výrobkov. In: Hodnotenie kvality prostredia 2009 : nultý ročník konferencie s medzinárodnou účasťou : Košice, 26. október 2009. - Košice : TU, SJF, 2009. s. 171-174. ISBN 978-80-553-0292-8.
- [4] STANI, M. – LEGAT, R.U.: Psychoakustik – gehorbezogene Larmbewertung. Signale Ges.m.b.H., Pinkafeld, 1994, ISBN 3-901305-4-1

Kontaktná adresa:

Ing. Jana Polačeková,
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta,
Katedra environmentalistiky a riadenia procesov,
Park Komenského 5, 042 00, jana.polacekova@tuke.sk

Ing. Zuzana Farkašová
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta,
Katedra environmentalistiky a riadenia procesov,
Park Komenského 5, 042 00, zuzana.farkasovska@tuke.sk