Quantifizierung auditiver Wahrnehmung: die Dimensionen “Angenehm” und “Unangenehm”

Aktueller Forschungsbericht der Arbeitsgruppe „Wahrnehmung und Ergonomie“

Tobias Clauß, Judith Liebetrau und Thomas Sporer
{tobias.clauss, judith.liebetrau, thomas.sporer}@idmt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT

Hintergrund und Motivation

Lärm oder Geräusch?

- Mensch ist täglich von Geräuschen umgeben.
- Individuelle Klassifizierung in **Lärm** oder **Geräusch.**

Wie angenehm oder unangenehm wird das Geräusch empfunden?

- Klassifikation von Geräusch und Lärm anhand von Audiosignalparametern bspw. durch Aures [1] oder Terhardt und Stoll [2].
  - **Korrelation von psychoakustischen Attributen und dem subjektiv bewerteten „Wohlklang“ eines Schalles.**
  - Eine hohe **Tonalität** hat verstärkten Einfluss auf das **„Gefallen“** eines Geräusches.
  - Hohe **Rauigkeit**, **Schärfe** und **Lautheit** wirken sich **negativ** auf den Wohlklang aus.
- Aktuelle Vorhersagemodelle sind noch zu ungenau.
- Bisher sind psychoakustische Attribute nicht subjektiv erhoben, sondern nur berechnet.
- Genauere Vorhersagen möglich, wenn **Ground Truth genauer** ist?

>> Durchführung einer neuen Studie:

- **Sind „Angenehm “ und „Unangenehm “ gegensätzliche Perzepte?**
- **Hat die Hörumgebung Einfluss auf diese subjektive Entscheidungsfindung?**
- **Sind die Forschungsergebnisse früherer Studien reproduzierbar?**

Versuchsdesign

Versuchsumgebung

- **Untersuchung des Einflusses der Hörumgebung**
  - **Hörlabor der TU Ilmenau** mit Wiedergabe über Lautsprecher.
  - Bei den Probanden **zu Hause** erfolgt die Wiedergabe über Kopfhörer.
  - Rechnergestützte Bewertung über eine GUI.

Probandengruppe

Tabelle 1: Beschreibung der Probandengruppen für die jeweiligen Testsessions.

		N (davon weiblich)	Mittleres Alter in Jahren
Experiment 1	Psychoakustische Attribute	17 (1)	24,9
Experiment 2	Labor (unangenehm)	13 (3)	23,3
	Labor (angenehm)	15 (3)	23,3
	Zu Hause (unangenehm)	20 (6)	36,1
	Zu Hause (angenehm)	16 (2)	23,8

- im Labor:
  - Studenten und Angestellte der TU Ilmenau.
  - haben Erfahrung im Umgang mit psychoakustischen Attributen.
- zu Hause:
  - Probanden mit unterschiedlicher Hörerfahrung.

Teststimuli

- **22 monophone Teststimuli** (4s – 75s)
- unterschiedliche **Geräuschcharakteristik:**
  - Musikstücke
  - technische Geräusche
  - Naturgeräusche
  - synthetisch hergestellte Geräusche
- Jeder Teststimulus weist in mindestens einem **psychoakustischen Attribut** eine **starke Ausprägung** auf.

Experimente und Ergebnisse

Experiment 1	Experiment 2
• **„Beurteile wie angenehm oder unangenehm du das Geräusch empfindest“** • je eine Session für „angenehm“ und „unangenehm“ • zufällige Reihenfolge der Attribute und Stimuli	• **„Beurteile wie angenehm oder unangenehm du das Geräusch empfindest“** • je eine Session für „angenehm“ und „unangenehm“ • zufällige Reihenfolge der Attribute und Stimuli

Hauptkomponentenanalyse (PCA)

- Erste Hauptkomponente erklärt den Wahrnehmungsraum mit 57,81%.
- „Angenehm“ und „Unangenehm“ entsprechen dieser ersten Dimension.
- **beide Perzepte** haben eine **gegensätzliche Bedeutung**

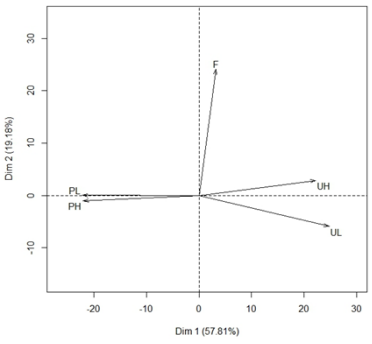


Abbildung 1: Die Abbildung zeigt die beiden ersten Hauptkomponenten des Wahrnehmungsraumes der Probandengruppe.

Korrelationsanalyse

- **Testumgebung** hat nur einen **geringen Einfluss** auf die Probandenbewertung
- Ein **hohe Anteile von Schärfe und Rauigkeit** korrelieren mit **„Unangenehm“**
- Nur geringe Korrelation von Tonalität und „Angenehm“

Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten der Dimensionen „Angenehm“ und „Unangenehm“ (links), sowie dieser beiden Dimensionen mit den psychoakustischen Attributen (rechts, * entspricht Signifikanz).

	PL	UL	PH	UH
PL	1.00	-0.93	0.97	-0.90
UL	-0.93	1.00	-0.89	0.90
PH	0.97	-0.89	1.00	-0.90
UH	-0.90	0.90	-0.90	1.00

	PL	UL	PH	UH
F	-0.11	-0.06	-0.13	0.25
R	-0.44*	0.34	-0.44*	0.54*
S	-0.41*	0.59*	-0.32	0.41*
T	0.28	-0.13	0.34	-0.14

Fazit

- Eine Prädiktion von Lärm ist lediglich aufgrund der Korrelation mit psychoakustischen Attributen aktuell nicht möglich.
- Weitere (persönliche) Einflussfaktoren müssen evtl. berücksichtigt werden.
- Dies bietet Gelegenheit für weitere Forschungen.

Aktuelles und Ausblick

Anwendungen

In vielen Bereichen der Industrie und Unterhaltung spielt die Geräuschbewertung eine zentrale Rolle. Einige Beispiele sind:

Werkzeuge

Klingt meine Maschine „zuverlässig“?

Hört sich der Akkuschrauber „kraftvoll“ an?

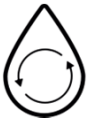
Ist das Geräusch der Säge störend?

Werbung

Welche Emotionen weckt mein Audiologo?

Klingt mein Produkt hochwertig?

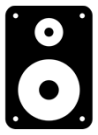
Wie klingt „Dynamik“?



Hydraulik

Welche Hydraulikgeräusche stören am meisten?

Wie muss ich meine Hydraulik akustisch optimieren?



Lautsprecher-systeme

Klingt mein Lautsprecher besser?

Warum dieses Beschallungssystem?

Was sind die Hörgewohnheiten meiner Kunden?

Automobile

Wie wird diese innovative Beschallungstechnik im Fahrzeug vom Kunden wahrgenommen?

Wie sieht eine standardisierte Hörtestumgebung im Fahrzeug aus?

Wie muss ein E-Motor „klingen“?

Gesundheits- & Arbeitsschutz

Welches Geräusch ist Lärm?

Wie hört sich eine „Wellness-Beschallung“ an?

Wie kann ich den Klang einer Maschine personalisieren?

Zur Thematik der Geräuschwahrnehmung hat die Gruppe PE des FhI IDMT verschiedene Studien- & Abschlussarbeiten ausgeschrieben. Haben Sie Interesse? Dann sprechen Sie uns an!

Quellennachweis

[1] Aures, W.: Der sensorische Wohlklang als Funktion psychoakustischer Empfindungsgrößen. Acta Acustica united with Acustica, 58(5):282–290, 1985.

[2] Terhardt E.; Stoll G.: Bewertung des Wohlklangs verschiedener Schalle (Evaluation of sensory pleasantness of different sounds). Fortschritte der Akustik, DAGA 78 (VDE, Berlin): 583-586, 1978

Icons von Freepik, http://flaticon.com abgerufen am 01.06.2015

Fraunhofer IDMT

Quantifizierung auditiver Wahrnehmung: die Dimensionen “Angenehm” und “Unangenehm”

Aktueller Forschungsbericht der Arbeitsgruppe „Wahrnehmung und Ergonomie“

Tobias Clauß, Judith Liebetrau und Thomas Sporer
{tobias.clauss, judith.liebetrau, thomas.sporer}@idmt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT

Hintergrund und Motivation

Lärm oder Geräusch?

- Mensch ist täglich von Geräuschen umgeben.
- Individuelle Klassifizierung in **Lärm** oder **Geräusch.**

Wie angenehm oder unangenehm wird das Geräusch empfunden?

- Klassifikation von Geräusch und Lärm anhand von Audiosignalparametern bspw. durch Aures (1985) oder Terhardt und Stoll (1978).
  - **Korrelation von psychoakustischen Attributen und dem subjektiv bewerteten „Wohlklang“ eines Schalles.**
  - Eine hohe **Tonalität** hat verstärkten Einfluss auf das **„Gefallen“** eines Geräusches.
  - Hohe **Rauigkeit**, **Schärfe** und **Lautheit** wirken sich **negativ** auf den Wohlklang aus.
- Aktuelle Vorhersagemodelle sind noch zu ungenau.
- Bisher sind psychoakustische Attribute nicht subjektiv erhoben, sondern nur berechnet.
- **Genauere Vorhersagen möglich, wenn Ground Truth genauer ist?**

>> Durchführung einer neuen Studie:

- **Sind „Angenehm “ und „Unangenehm “ gegensätzliche Perzepte?**
- **Hat die Hörumgebung Einfluss auf diese subjektive Entscheidungsfindung?**
- **Sind die Forschungsergebnisse früherer Studien reproduzierbar?**

Aktuelles und Ausblick

Anwendungen

In vielen Bereichen der Industrie und Unterhaltung spielt die Geräuschbewertung eine zentrale Rolle. Einige Beispiele sind:

Zur Thematik der Geräuschwahrnehmung hat die Gruppe PE des FhI IDMT verschiedene Studien- & Abschlussarbeiten ausgeschrieben. Haben Sie Interesse? Dann sprechen Sie uns an!

Versuchsdesign

Versuchsumgebung

- **Untersuchung des Einflusses der Hörumgebung**
  - **Hörlabor der TU Ilmenau** mit Wiedergabe über Lautsprecher.
  - Bei den Probanden **zu Hause** erfolgt die Wiedergabe über Kopfhörer.
  - Rechnergestützte Bewertung über eine GUI.

Probandengruppe

		N (davon weiblich)	Mittleres Alter in Jahren
Experiment 1	Psychoakustische Attribute	17 (1)	24,9
Experiment 2	Labor (unangenehm)	13 (3)	23,3
	Labor (angenehm)	15 (3)	23,3
	Zu Hause (unangenehm)	20 (6)	36,1
	Zu Hause (angenehm)	16 (2)	23,8

- im Labor:
  - Studenten und Angestellte der TU Ilmenau.
  - haben Erfahrung im Umgang mit psychoakustischen Attributen.
- zu Hause:
  - Probanden mit unterschiedlicher Hörerfahrung.

Teststimuli

- **22 monophone Teststimuli** (4s – 75s)
- unterschiedliche **Geräuschcharakteristik:**
  - Musikstücke
  - technische Geräusche
  - Naturgeräusche
  - synthetisch hergestellte Geräusche
- Jeder Teststimulus weist in mindestens einem **psychoakustischen Attribut** eine **starke Ausprägung** auf.

Experiment 1

- **„Beurteile die wahrgenommene Stärke des folgenden psychoakustischen Attributes (Fluktuationsstärke, Rauigkeit, Schärfe, Tonalität)“**
- pro Attribute eine Session
- Training vor jeder Session mit minimaler und maximaler Ausprägung des entsprechenden Attributes
- zufällige Reihenfolge der Attribute und Stimuli

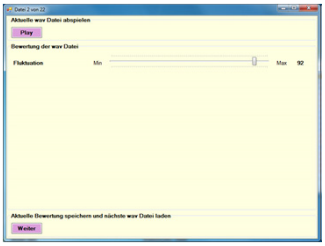


Abbildung 1: GUI zur Bewertung der Ausgeprägtheit der Einzelattribute, hier am Beispiel von Fluktuation

Experiment 2

- **„Beurteile wie angenehm oder unangenehm du das Geräusch empfindest“**
- je eine Session für „angenehm“ und „unangenehm“
- zufällige Reihenfolge der Attribute und Stimuli

Ergebnisse und Erkenntnisse

Hauptkomponentenanalyse (PCA)

- Erste Hauptkomponente erklärt den Wahrnehmungsraum mit 57,81%.
- „Angenehm“ und „Unangenehm“ entsprechen dieser ersten Dimension.
- **beide Perzepte** haben eine **gegensätzliche Bedeutung**

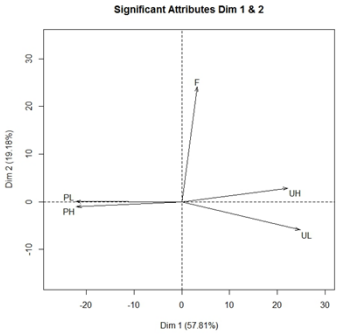


Abbildung 2: Die Abbildung zeigt die beiden ersten Hauptkomponenten des Wahrnehmungsraumes der Probandengruppe.

Korrelattionsanalyse

- **Testumgebung** hat nur einen **geringen Einfluss** auf die Probandenbewertung
- Ein **hohe Anteile von Schärfe und Rauigkeit** korrelieren mit **„Unangenehm“**
- Nur geringe Korrelation von Tonalität und „Angenehm“

	PL	UL	PH	UH
PL	1.00	-0.93	0.97	-0.90
UL	-0.93	1.00	-0.89	0.90
PH	0.97	-0.89	1.00	-0.90
UH	-0.90	0.90	-0.90	1.00

	PL	UL	PH	UH
F	-0.11	-0.06	-0.13	0.25
R	-0.44*	0.34	-0.44*	0.54*
S	-0.41*	0.59*	-0.32	0.41*
T	0.28	-0.13	0.34	-0.14

Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten der Dimensionen „Angenehm“ und „Unangenehm“ (links), sowie dieser beiden Dimensionen mit den psychoakustischen Attributen (rechts, * entspricht Signifikanz).

Fazit

- Eine Prädiktion von Lärm ist lediglich aufgrund der Korrelation mit psychoakustischen Attributen aktuell nicht möglich.
- Weitere (persönliche) Einflussfaktoren müssen evtl. berücksichtigt werden.
- Dies bietet Gelegenheit für weitere Forschungen.

Quellennachweis

Aures, W.: Der sensorische Wohlklang als Funktion psychoakustischer Empfindungsgrößen. Acta Acustica united with Acustica, 58(5):282–290, 1985.

Terhardt E.; Stoll G.: Bewertung des Wohlklangs verschiedener Schalle (Evaluation of sensory pleasantness of different sounds). Fortschritte der Akustik, DAGA 78 (VDE, Berlin): 583-586, 1978

Icons von Freepik, http://flaticon.com

TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

Institut für Medien und Mobilkommunikation

Fraunhofer IDMT