

# Bewertung der „Sound Quality“ von alltäglichen Geräuschen

Gert Notbohm, Claudia Hofbauer, Anja Linnemeier

Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin, Universitätsklinikum, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf,  
40225 Düsseldorf, Deutschland, Email: notbohm@uni-duesseldorf.de

## Einleitung

Polaritätsprofile (semantische Differentiale) zur differenzierten Beurteilung von Geräuscheigenschaften werden in der „Sound Quality“-Analyse häufig eingesetzt [1]. In der Regel werden dazu Adjektivlisten erstellt, die je nach Fragestellung und Art der Geräusche differieren, z. B. für Verkehrsgeräusche [2] oder Kfz-Vorbeifahrgeräusche [3]. Um auch sehr unterschiedliche Geräusche in ihrer subjektiven Wirkung vergleichen zu können, ist jedoch eine Adjektivliste erforderlich, die auf allzu spezifische Antonyme verzichtet. Im Rahmen einer Versuchsreihe zur Bewertung angenehmer und unangenehmer Geräusche wurde ein solches Polaritätsprofil entwickelt.

## Methode

In mehreren Laborversuchen beurteilten insgesamt 113 Studierende (mittleres Alter:  $24,1 \pm 2,7$  J.) eine Auswahl von Geräuschen und Tonfolgen von jeweils 30 s Dauer. Diese Schallreize wurden unter zwei Gesichtspunkten ausgewählt:

- Darbietung einer Vielfalt von Geräuscharten (Naturgeräusche, verschiedene Musikstile, technische und synthetische Geräusche)
- grobe Einschätzung als recht „angenehm“ oder „unangenehm“ in der Vorauswahl.

Alle Geräusche wurden während der Darbietung per Fragebogen bewertet (semantisches Differential und Einzelfragen zur Geräuschwirkung). Die Geräusche eines Versuchs wurden jeweils mit dem gleichen Mittelungspegel ( $L_{eq} = 73$  bzw.  $83$  dB(A)) dargeboten.

Das verwendete Polaritätsprofil mit 26 Adjektivpaaren wurde nach eingehender Literaturrecherche in Vorversuchen mit ähnlich weitgestreuten Geräuschstimuli entwickelt. In den hier dargestellten Versuchen beurteilten die Teilnehmer mit diesem Fragebogen insgesamt 31 Geräusche, einige davon in zwei Pegelstärken. Insgesamt konnten 4.023 Datensätze in die Auswertung (Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation) aufgenommen werden.

## Ergebnisse

### Hauptkomponentenanalyse

In der Analyse ergaben sich drei Faktoren mit Eigenwerten  $> 2$ , die anschließend in Reliabilitätsanalysen auf ihre innere Konsistenz (Cronbachs Alpha) überprüft und durch Streichung einzelner Items optimiert wurden. Tab. 1 zeigt Kennwerte der endgültigen Faktorenanalyse mit der reduzierten Anzahl von 20 Items. Der erste Faktor erklärt bereits knapp 55 % der Gesamtvarianz, aber die beiden anderen Faktoren fügen noch einmal rund 22 % hinzu.

Tabelle 1: Erklärte Gesamtvarianz nach Rotation

| Faktor | Summe quadrierter Ladungen | Prozent der Varianz | kumulierte Prozente |
|--------|----------------------------|---------------------|---------------------|
| 1      | 10,988                     | 54,94               | 54,94               |
| 2      | 2,263                      | 11,32               | 66,25               |
| 3      | 2,166                      | 10,83               | 77,09               |

In Tab. 2 wird die rotierte Komponentenmatrix wiedergegeben. Die Items sind der Größe nach den Faktoren zugeordnet, bei denen sie die höchste Ladung zeigen.

Tabelle 2: Rotierte Komponentenmatrix (Faktorenladungen)

| Antonympaar                   | Fakt. 1     | Fakt. 2     | Fakt. 3     |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| gut – schlecht                | <b>,940</b> | -,040       | ,154        |
| erwünscht – unerwünscht       | <b>,935</b> | -,037       | ,148        |
| angenehm – unangenehm         | <b>,929</b> | -,063       | ,173        |
| wohltuend – schmerzhaft       | <b>,919</b> | -,124       | ,185        |
| wohlklingend – misstönend     | <b>,910</b> | -,055       | ,204        |
| gesund – ungesund             | <b>,906</b> | -,022       | ,165        |
| anziehend – abstoßend         | <b>,904</b> | -,062       | ,147        |
| erholsam – anstrengend        | <b>,902</b> | -,091       | ,219        |
| freundlich – bedrohlich       | <b>,884</b> | ,090        | ,236        |
| friedlich – aggressiv         | <b>,882</b> | ,021        | ,270        |
| sicher – gefährlich           | <b>,846</b> | ,080        | ,267        |
| unaufdringlich – aufdringlich | <b>,812</b> | -,136       | ,205        |
| beruhigend – aufregend        | <b>,811</b> | -,097       | ,249        |
| tief – hoch                   | -,170       | <b>,836</b> | -,040       |
| dunkel – hell                 | ,212        | <b>,815</b> | ,081        |
| dumpf – schrill               | -,313       | <b>,751</b> | -,112       |
| schnell – langsam             | ,184        | -,287       | <b>,731</b> |
| unregelmäßig – regelmäßig     | ,145        | ,110        | <b>,689</b> |
| wild – sanft                  | ,551        | -,087       | <b>,578</b> |
| rau – glatt                   | ,346        | ,393        | <b>,500</b> |

In **Faktor 1** finden sich 13 Adjektivpaare, die in unterschiedlicher Nuancierung persönliche affektive oder emotionale Reaktionen wie „angenehm“, „wohltuend“, „anziehend“ oder „beruhigend“ beschreiben oder kognitive Bewertungen der Geräusche wie „gut“ oder „gesund“ beinhalten. Es liegt nahe, diesen Faktor als **emotionale Bewertung** des Geräusches zu charakterisieren, wobei hohe Werte für eine positive Bewertung stehen. Die innere Konsistenz dieses Faktors ist äußerst hoch (Cronbachs  $\alpha = .984$ ).

**Faktor 2** fasst drei Adjektivpaare zusammen, die Tonhöhe und Aspekte der Klangfarbe beschreiben, wobei positive Werte für hohe, helle bzw. schrille Geräusche oder Klänge stehen. Der Faktor erhält vereinfachend die Bezeichnung **Tonhöhe**. Die innere Konsistenz als Maß der Kriteriumsvalidität ist mit  $\alpha = .758$  befriedigend.

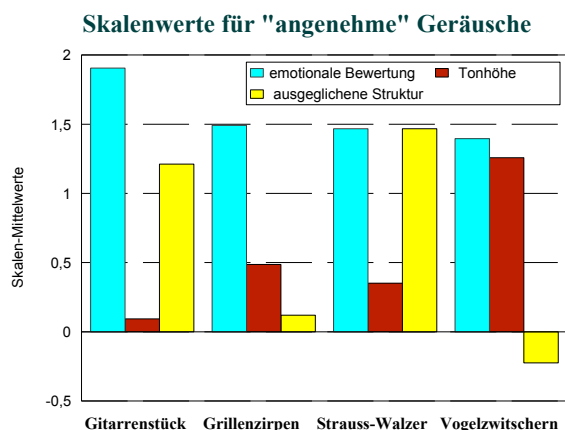
In **Faktor 3** werden mit „schnell“ und „unregelmäßig“ Tempo bzw. Tempowechsel angesprochen. Auch „wild“ kann eine zeitliche Komponente beinhalten ebenso wie die „Rau-

igkeit“ im Sinne von Schwebung. Dieser Faktor bezeichnet also eine gleichmäßige oder **ausgeglichene Struktur** der Geräusche, wobei hohe Werte für Regelmäßigkeit, Langsamkeit etc. stehen. Die innere Konsistenz ist allerdings mit  $\alpha = .650$  relativ gering.

Für die weitere Auswertung werden aus den Faktoren *Skalen* mit dem Wertebereich  $-3$  bis  $+3$  gewonnen, indem der Mittelwert aus den Antworten auf alle Items, die auf dem betreffenden Faktor am höchsten laden, gebildet wird.

### Geräuschprofile

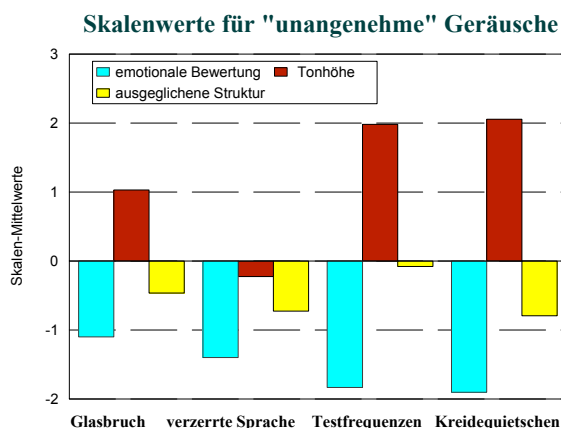
Abb. 1 gibt für einige als „angenehm“ eingestufte Schallreize das Bewertungsprofil wieder, das sich aus den jeweiligen Skalen-Mittelwerten ergibt. Bei den Geräuschen handelt es sich um ein modernes Gitarrenstück von Mike Oldfield, eine Aufnahme von Grillenzirpen mit einem fließenden Bach im Hintergrund, einen Walzer von Johann Strauss und ein sehr lebhaftes Vogelzwitschern.



**Abbildung 1:** Mittelwerte der Skalen „emotionale Bewertung“, „Tonhöhe“ und „ausgeglichene Struktur“ für vier als „angenehm“ eingestufte Geräuschbeispiele.

Die positivsten emotionalen Bewertungen erhielten die Musikstücke wie das Gitarrenstück von Oldfield und auch der Strauss-Walzer, die einen recht langsamen und ruhigen zeitlichen Verlauf und im Faktor „Tonhöhe“ eher unauffällige Werte zeigen. Unter allen angebotenen „angenehmen“ Geräuschen erreicht das Vogelzwitschern als einziges einen relativ hohen Wert bzgl. „Tonhöhe“ und eine Beurteilung als eher schnell bzw. ungleichmäßig.

Abb. 2 zeigt entsprechende Ergebnisse für eine Auswahl von eher „unangenehmen“ Geräuschen: die immer wiederholte Aufnahme eines Glasbruchgeräusches, die verzerrte Aufnahme einer von 1 bis 10 zählenden menschlichen Stimme, ein synthetisches Geräusch mit in der Höhe wechselnden Frequenzen und ein synthetisch erzeugtes Quietschen wie Kreide auf der Schiefertafel. Die „Testfrequenzen“ erhielten wie auch andere im Versuch dargebotene synthetische Geräusche eine sehr negative emotionale Bewertung, verbunden mit hohen Werten für „Tonhöhe“ und Werten um Null bzgl. der „ausgeglichenen Struktur“. Unangenehme Geräusche des Alltags wie Glasbruch oder verzerrte Stimmen zeigen dagegen eine deutlich unregelmäßige Struktur und (mit Ausnahme des imitierten Kreidequietschens) geringere Werte der „Tonhöhe“.



**Abbildung 2:** Mittelwerte der Skalen „emotionale Bewertung“, „Tonhöhe“ und „ausgeglichene Struktur“ für vier als „unangenehm“ eingestufte Geräuschbeispiele.

Sowohl innerhalb der „angenehmen“ wie „unangenehmen“ Geräusche ergeben sich für alle drei Skalen varianzanalytisch signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten.

### Diskussion

Aus der statistischen Analyse der semantischen Differentiale wurden drei Skalen abgeleitet, mit deren Hilfe sich die dargebotenen Schallreize differenzierter charakterisieren lassen: Die Geräusche mit der höchsten „emotionalen Bewertung“ (überwiegend Musikstücke) zeigen eine ausgesprochen langsame oder regelmäßige Struktur und Werte um Null in der Skala „Tonhöhe“. Eine besonders niedrige „emotionale Bewertung“ erreichen vor allem synthetische Schallreize mit relativ hohen Werten bzgl. „Tonhöhe“ und einem Wert nahe Null in der Beurteilung der Ausgewogenheit oder Regelmäßigkeit der Geräuschstruktur.

Die Zielsetzung, einen Fragebogen zu entwickeln, mit der sich eher angenehme wie eher unangenehme Geräusche unterschiedlichster Herkunft beschreiben und vergleichen lassen, wird damit weitgehend erfüllt. Dass der Faktor „emotionale Bewertung“ in der Faktorenanalyse eine solche Stärke gewinnt und psychoakustische Aspekte in den Faktoren 2 und 3 nur sehr knapp berücksichtigt werden, ist vielleicht durch die Auswahl so antagonistischer Geräuschreize bedingt. Es wäre von Interesse, zusätzliche Untersuchungen mit mehr graduellen Abstufungen angenehmer bis unangenehmer Geräusche durchzuführen, um den Fragebogen zu überprüfen und weiter zu entwickeln.

### Literatur

- [1] Bednarzyk, M.: Qualitätsbeurteilung der Geräusche industrieller Produkte. Der Stand der Forschung, abgehandelt am Beispiel der Kfz-Innenraumgeräusche. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 396. Düsseldorf: VDI 1999
- [2] Notbohm, G. et al.: Subjective evaluation of the sound quality of urban traffic noise situations. ICA Kyoto 2004
- [3] Gulbol, M.-A. et al.: Design of a specific subjective test to characterize the sound quality of exterior car sounds: A preliminary study. ICA Rome 2001