

# Wahrnehmungsmerkmale von Ganzkörperschwingungen

M. Ercan Altinsoy

Lehrstuhl für Kommunikationsakustik, Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 18, 01062 Dresden  
E-Mail: ercan.altinsoy@tu-dresden.de

## Einleitung

In der klassischen Psychoakustik beschreiben die Versuchspersonen von ihr wahrgenommene Hörereignisse bezüglich der jeweils interessierenden Merkmale (z.B. Lautheit, Hörereignisrichtung, Halligkeit). Hörereignismerkmale können zeitlich, räumlich und eigenschaftlich bestimmt werden [1].

Eine vollständige Zusammenfassung der Hörereignismerkmale wäre für mehrere Problemstellungen (von der Verarbeitung akustischer Signale im Ohr bis zur Raumakustik) interessant. Die schon existierenden Hörereignismerkmale haben verschiedene historische Entwicklungen durchlaufen.

Die Begriffe *laut* und *leise* gehören zu unserem Alltag und werden bei der Beschreibung von Hörereignissen oft benutzt. Diese Begriffe werden später von Wissenschaftlern als Merkmal „Lautheit“ (engl. loudness, siehe [2,3]) zusammengefasst, obwohl umgangssprachlich Lautstärke dafür benutzt wird. Die *Hörereignisrichtung* gehört z.B. genauso zu unseren alltäglichen Beschreibungen von Hörereignissen als räumliches Merkmal. Bei der Beurteilung dieser Merkmale von Versuchspersonen wird keine komplizierte Einführung bezüglich der Merkmalsbedeutung notwendig.

Es gibt auch Merkmale wie Klangfarbe, Tonverwandschaft oder Rauigkeit, die wissenschaftlich definiert und eingeführt sind. Zum Beispiel hat Helmholtz die Klangfarbe als diejenige Eigentümlichkeit bezeichnet, wodurch sich der Klang einer Violine von dem einer Flöte oder menschlichen Stimme unterscheidet, wenn alle dieselbe Note in derselben Tonhöhe hervorbringen [4]. Bei der Beurteilung solcher Merkmale, müssen die Versuchspersonen ausführlich eingeführt werden und die Merkmalsbedeutungen müssen mit Beispielen genau erklärt werden. In einigen Fällen sollen die Versuche mit Experten durchgeführt werden. Problematisch sind die gelegentlich unterschiedlichen Beurteilungen von Experten und Laien. Eine weitere Schwierigkeit besteht in der unterschiedlichen Definition derselben Merkmale durch verschiedene Wissenschaftler, wodurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert wird.

Es ist nicht immer möglich und sinnvoll (abhängig von der Fragestellung), dass die Untersuchungen mit Experten durchgeführt werden. Für Tests mit Laien sind zur Beschreibung von Wahrnehmungsereignissen Begriffe aus dem Alltag notwendig.

Semioakustik versucht die Frage zu klären: Wie verarbeiten menschliche Hörer akustisch-auditive Ereignisse, wenn sie diese als Informationsträger behandeln, wie reagieren

sie auf diese und welche Bedeutung weisen sie ihnen zu? [5]. Die Semioakustik baut auf psychoakustischen Grundlagen auf, bezieht aber darüber hinaus die Bedeutungsbildung von akustisch-auditiven Ereignissen in ihre Forschungsansätze mit ein. Die alltäglichen Wahrnehmungsmerkmale sind die Grundsteine der Bedeutungsbildung.

Eine direkte Kopplung zwischen Schall und Vibration in der physikalischen Ebene spiegelt sich auch in der Wahrnehmungsebene. Der Mensch ist im Alltag vielfältigen Ganzkörperschwingungen ausgesetzt, die vorwiegend in Fahrzeugen, Flugzeugen, Schiffen und musikalischen Vorstellungen (Konzertsaal) auftreten. Die spektralen und zeitlichen Strukturen von Schwingungssignalen spielen, ähnlich wie bei der Beurteilung von Hörereignissen, eine wichtige Rolle für die Beurteilung von Ganzkörperschwingungen. Obwohl schon einige grundlegende psychophysikalische Eigenschaften der Ganzkörperschwingungswahrnehmung untersucht worden sind, sind die Wahrnehmungsmerkmale für Ganzkörperschwingungen bisher unbekannt. In dieser Arbeit wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt um die grundlegende Merkmale für Ganzkörperschwingungen für ausgewählte zu bestimmen.

## Die Experimente

32 nicht Schwingungswahrnehmungsvorgebildete Versuchspersonen (24 Männer und 8 Frauen) mit Normalhörfähigkeit nahmen an diesem Experiment teil. Sie waren zwischen 18 und 52 Jahren alt (Mittelwert: 28 Jahre). Ihr Gewicht betrug 51 – 97 kg (Mittelwert: 76 kg) Alle gaben an, nicht an Wirbelsäulenbeschwerden zu leiden. 14 VP fahren täglich Auto, 18 VP fahren fast täglich Straßenbahn und gelegentlich Auto.

Die Ganzkörperschwingungssignale wurden durch einen elektrodynamischen Schwingungserreger in der vertikalen Richtung erzeugt (z-Achse). Ein starrer hölzerner Sitz ohne Rückenlehne wurde auf dem Schwingungserreger montiert. Die BRTFs der VPs in vertikaler Richtung wurden ermittelt und mit Hilfe inverser Filter in MATLAB kompensiert.

Als Stimuli wurden vier alltagsrepräsentative Ganzkörperschwingungssignaltypen ausgewählt (Tabelle 2). Typ 1 sind Sinussignale mit unterschiedlichen Frequenzen, Typ 2 sind modulierte Sinusschwingungen mit unterschiedlichen Träger- und Modulationsfrequenzen, Typ 3 ist ein Rauschsignal und Typ 4 sind impulsartige Signale. Die Intensität der Vibrationen an der Plattform wurde auf die Wahrnehmungsschwelle angepasst und lag 10 dB höher als der Schwellwert. Die Dauer der Signale betrug jeweils 20 Sekunden. Jede experimentelle Sitzung dauerte ungefähr vierzig Minuten einschließlich der Trainingssitzung. Die Präsentationsreihenfolge der Stimulus wurde randomisiert.

In der ersten Versuchsreihe wurden die Stimuli einzeln dargeboten und die Versuchspersonen schilderten in einem freien Interview sämtliche taktil wahrgenommenen Eindrücke unter dem Einfluss von Ganzkörperschwingungen. Dabei konnten über 38 verschiedene Begriffe zur Beschreibung gefunden werden (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1:** 38 Begriffe von ersten Versuchsreihe

blubbernd	kernig	prasselnd	Säuseln	wellig
brausend	knisternd	rappelig	schlagend	wummernd
brummend	kratzend	rasselnd	schnarrend	zapplig
donnernd	leiernd	ratternd	schnarrig	zirpend
dröhnend	mahlend	rau	schwappend	zischend
grob	nagelnd	rauschend	summend	zittrig
hämmernd	plätschernd	ruhig	Tickend	
holprig	polternd	rumpelnd	vibrierend	

Anschließend wurden die von allen Versuchspersonen benutzten Begriffe in einer zweiten Versuchsreihe global auf ihre Eignung bewertet. Bei der Bewertung der Begriffe wurde eine Skala von 1 für „überhaupt nicht geeignet“ bis 5 für „sehr gut geeignet“ verwendet. Für die verwendeten Signaltypen entstand ein präzisiertes Beschreibungssystem (siehe Tabelle 2). Es besteht aus 7 Begriffen: holprig, zittrig, tickend, summend, ratternd, schlagend und wellig.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass abhängig vom Frequenzbereich der Sinussignale, verschiedene Wahrnehmungsmerkmale beschrieben werden. Tiefe Frequenzen (8 Hz...30 Hz) wurden mit dem Adjektiv holprig charakterisiert, mittlere Frequenzen (bis zu 75 Hz) mit dem Adjektiv zittrig und hohe Frequenzen (75 Hz...300 Hz) mit summend. Niedrige Modulationsfrequenzen werden als ratternd und höhere Modulationsfrequenzen als wellig gekennzeichnet. Das Adjektiv schlagend scheint für die Beschreibung von impulsartigen Signalen geeignet zu sein.

Die Merkmalauswahl zeigt, dass einige Begriffe wie holprig starke Beziehung mit unseren Straßenverkehrserfahrungen haben. Häufig werden auch die Begriffe ratternd, tickend und summend zur Beschreibung der Schwingungsereignisse benutzt.

Die Merkmale „stark und schwach“ gehören genauso zu unseren alltäglichen Beschreibungen von Ganzkörperschwingungen, wie laut und leise für Hörereignisse. Diese Merkmale wurden in dieser Untersuchung nicht genannt. Eine Ursache könnte in ungeeigneten Stimuli-Pegel-Kombinationen der dargebotenen Signale liegen.

Auch die Begriffe angenehm bzw. unangenehm wurden von den Versuchspersonen nicht genannt. Der Grund dafür kann in der Stimuli- und Pegelwahl liegen.

**Tabelle 2:** präzisiertes Beschreibungssystem

Signaltyp	Stimuli	Wahrnehmungsmerkmal
Sinussignale	8 Hz	ratternd  70+ schlagend  15
	10 Hz	holprig  62 ratternd  10
	20 Hz	holprig  72 ratternd  15
	30 Hz	holprig  40 zittrig  40 tickend  12
	50 Hz	zittrig  50 holprig  30
	75 Hz	zittrig  47 summend  35
	100 Hz	summend  67 zittrig  12 wellig  10
	200 Hz	summend  72 zittrig  10 wellig  10
	300 Hz	summend  87
	amplitudenmodulierte Sinussignale	$f_t^* 30 \text{ Hz } f_m^{**} 2 \text{ Hz}$
$f_t 30 \text{ Hz } f_m 4 \text{ Hz}$		ratternd  72
$f_t 40 \text{ Hz } f_m 4 \text{ Hz}$		ratternd  65 wellig  10
$f_t 40 \text{ Hz } f_m 8 \text{ Hz}$		wellig  74
$f_t 40 \text{ Hz } f_m 16 \text{ Hz}$		wellig  80
$f_t 100 \text{ Hz } f_m 4 \text{ Hz}$		ratternd  60 summend  40
$f_t 100 \text{ Hz } f_m 8 \text{ Hz}$		wellig  70 summend  20
$f_t 100 \text{ Hz } f_m 16 \text{ Hz}$		wellig  6 summend  20
Rauschen	$f_b 8\text{-}200 \text{ Hz}$	ratternd  40 zittrig  30 wummern  28
Impulsartige Signale	Impuls	tickend  52 schlagend  37
	Periodische Impulse	holprig  74
	Randomisierte Impulse	Schlagend  90

+ Prozentuelle Angaben bezüglich der Auswahl und Eignungsnote,  
\*  $f_t$ =Trägerfrequenz, \*\* $f_m$ =Modulationsfrequenz

### Literatur

- [1] Blauert, J.: Spatial hearing. MIT, Cambridge, 1997
- [2] Stevens S.S.: A scale for the measurement of the psychological magnitude: loudness. In: Psychological Review. 43, Nr. 5, APA Journals, 1936
- [3] Zwicker, E. & Fastl H.: Psychoacoustics: Facts and models. Berlin, Springer, 1999
- [4] Helmholtz, H.: Die Lehre von Tonempfindungen als Grundlage für die Theorie der Musik. Vieweg, 1913
- [5] Jekosch, U.: Assigning meaning to sounds – semiotics in the context of product-sound design, in Blauert, J. ed., Communication Acoustics, Springer, Berlin, 2005