

# Erweiterung des UEQ um die Dimensionen Akustik und Haptik

Barbara Boos<sup>1</sup>, Henning Brau<sup>2</sup>

KU Eichstätt-Ingolstadt<sup>1</sup>

CMA-UX, BSH Hausgeräte GmbH<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Product Sound Design und Haptikdesign sind weitestgehend fester Bestandteil im Entwicklungsprozess nicht-digitaler Produkte, dennoch finden akustische und haptische Erlebensqualitäten in Fragebögen der User Experience bislang keine Berücksichtigung. Zur Erfassung dieser Qualitäten wurde in Kooperation mit der BSH Hausgeräte GmbH der UEQ um die Skalen Akustik und Haptik erweitert. Grundlage für die Itemgenerierung bildeten Literaturanalysen, Experten- und Nutzerinterviews. Via Online-Fragebogen wurden Hausgeräte anhand des UEQ plus der neuen Skalen evaluiert. Statistische Analysen bildeten die Basis zur Reduktion der Skalen auf je vier Items. Erste Prüfungen der Gütekriterien ergaben zufriedenstellende Werte, zudem wird die Faktorenstruktur des Gesamttests durch die neuen Skalen nicht beeinträchtigt. Demzufolge können die Akustik- und Haptikskala flexibel dem UEQ hinzugefügt werden. Zusätzlich wird aufgrund der theoretischen Herleitung der Items von einer Generalisierbarkeit der Skalen auf andere Branchen und Produktbereiche ausgegangen.

## 1 Einleitung

Das Sicherstellen eines positiven Nutzererlebens bei der Mensch-Produkt-Interaktion gilt heutzutage als zentrales Ziel im nutzerzentrierten Gestaltungsprozess (DIN EN ISO 9241-210, 2011). Das Konzept der User Experience erweist sich dabei als äußerst facettenreich, weshalb gängigen Fragebögen der UX verschiedenste Dimensionen zugrunde liegen (für eine Übersicht siehe Hinderks, 2016). Jedoch wird in keinem Instrument der UX bisher das Erleben akustischer oder haptischer Aspekte berücksichtigt. Gerade für nicht-digitale Produkte, welche kaum mehr Differenzierungen aufgrund ihrer Funktionalitäten zulassen, entwickeln sich die akustischen und haptischen Merkmale zunehmend zu entscheidenden Kaufkriterien. Besonders bei Hausgeräten, deren Nutzung tagtäglich – teilweise automatisch (z.B. das morgendliche Anschalten der Kaffeemaschine) den Alltag vieler bestimmt, gilt es, die Bedienung durch eine geeignete Haptik zu unterstützen oder den Nutzer nicht zusätzlich durch störende Betriebsgeräusche zu belasten. Eine Methode, diese zu quantifizieren generiert daher einen Mehrwert für Praxis und Forschung.

Die BSH Hausgeräte GmbH stellte in Validierungsstudien fest, dass der UEQ (Laugwitz et al., 2006) trotz seines ursprünglichen Softwarekontextes auch zur Evaluation von Hausgeräten erfolgreich angewandt werden kann (BSH, 2015). Daher stellte der UEQ die Grundlage für die beiden zu entwickelnden Skalen Akustik und Haptik, welche in diesen integrierbar sein sollten, ohne dessen Testgüte zu gefährden.

## 1.1 Theoretischer Hintergrund

Das praktische Feld des „Product Sound Designs“ (PSD; Altinsoy, 2013) beschreibt anhand physikalischer Parameter Sound-Stimuli mit dem Ziel der Optimierung von Produktgeräuschen (Fastl, 2005). Die in der Literatur am häufigsten genannten psychoakustischen Parameter sind die Lautstärke, Schärfe, Rauheit und Tonalität. Lautstärke und Tonalität sprechen für sich, Schärfe ist ein Maß der Tonfarbe und verleiht Produkten einen Charakter von Stärke oder Aggressivität. Die Rauheit wird beispielsweise genutzt, um die Sportlichkeit von Fahrzeugmotoren zu modellieren. Für Haushaltsgeräte von besonderer Bedeutung sind die sog. *operating noises* (Altinsoy, 2012; dt. Betriebsgeräusche), wie beispielsweise das Surren eines Kühlschranks. Auf diese Betriebsgeräusche wird zur Gewährleistung einer eindimensionalen Skala der Fokus gelegt.

Altinsoy (2013) stellte erste Forschungen zur Entwicklung eines europäischen Sound-Labels für Haushaltsgeräte an. Er ermittelte einen Lästigkeitsindex anhand einer Untersuchung von Staubsaugergeräuschen, welcher sich aus den Größen Lautstärke, Schärfe, Rauigkeit und Tonalität zusammensetzt. Weitere Studien mit Staubsaugern und Waschmaschinen belegen, dass Lautstärke und Schärfe die empfundene Lästigkeit von Produktsounds am stärksten beeinflussen (Altinsoy et al., 1999). Die wahrgenommene Wertigkeit von Staubsaugern und Rasierern war ebenfalls abhängig von der Lautstärke und Schärfe der Geräusche, sowie zusätzlich vom Rhythmus (Hülsmeier et al., 2014).

Ähnlich dem PSD beschäftigt man sich beim Haptikdesign mit der Optimierung von Produkteigenschaften auf Basis von grundlegenden haptischen Größen. Zunehmende Anwendung findet das Haptikdesign in der Automobilbranche (vgl. Richter, 2008), aber auch im Marketing oder der Lebensmittelindustrie (vgl. Balzarotti et al. 2015).

Die haptische Wahrnehmung von Objekten wird determiniert durch Form, Größe, Gewicht und deren Oberflächen- und Materialeigenschaften. In dieser Arbeit werden ausschließlich letztere thematisiert, welche durch psychophysische Dimensionen beschreibbar sind. Die meisten Autoren (vgl. Okamoto et al., 2016) postulieren vier Dimensionen, nämlich Härte, Wärme, Reibung, Rauigkeit. Im Bereich von Konsumgütern existieren bislang wenig Forschungen zur Evaluation von haptischen Merkmalen, weshalb auf Erkenntnisse anderer Branchen verwiesen wird. In einer Untersuchung zur Wertanmutung von Fahrzeuginterieurs anhand haptischer Exploration wurden Oberflächen präferiert, welche genug Rauigkeit für einen moderaten Halt, Elastizität und Weichheit aufwiesen (Richter, 2008). In Studien zu Lebensmittelverpackungen konnte gezeigt werden, dass haptische Charakteristika das Erleben des Inhaltes (z.B. Geschmackserlebnis) beeinflussen. Beispielsweise war die Qualitätsbeurteilung von Wasser abhängig von der Stabilität des Bechers, aus dem es getrunken wurde. Umso fester und stabiler der Becher, desto besser schmeckte das Wasser (Balzarotti et al., 2015). Vor allem Kriterien der Stabilität und Rauigkeit stellen in vielen Produktbereichen entscheidende haptische Kriterien des Nutzererlebens dar.

## 2 Konstruktion der Skalen

### 2.1 Erzeugung des Itempools

Grundlage zur Itemerzeugung war eine Literaturanalyse der Themenbereiche Akustik und Haptik im Kontext UX nicht-digitaler Produkte, insbesondere bei Hausgeräten. Zusätzlich wurden mit sechs Bewohnerinnen einen Blindenheims qualitative Interviews durchgeführt. Die 25-minütigen Interviews thematisierten persönliche Erfahrungen und Einschätzungen bezüglich der Akustik und Haptik von Hausgeräten. Zuletzt wurden acht Experten (Psychoakustiker für zum Thema Akustik und UX- und Industriedesigner für den Bereich Haptik), konsultiert.

Sämtliche genannte Begriffe wurden zu Itemlisten von 252 (Akustik) bzw. 345 (Haptik) Wörtern konsolidiert, anschließend auf Basis der Konsistenzen von Interviews und Literatur reduziert. Theoriegeleitet wurde bei den Akustikitems der Fokus auf Betriebsgeräusche gelegt, bei den Haptikitems auf Oberflächenmerkmale. Gemäß der Struktur des UEQ wurden Antonyme zur Bildung eines semantischen Differentials bestimmt. Eine letzte Auswahl erfolgte durch drei Experten zum UEQ (Personen mit Publikationen zum UEQ), woraus je sieben Items für Akustik und Haptik resultierten (s. Tab. 1). Diese wurden jeweils mit den originalen UEQ-Items vermischt und ausbalanciert, woraus zwei UEQ-Formen entstanden.

<b>Akustikitems</b>	<b>Haptikitems</b>
leise – lärmend	stabil – instabil
wohlklingend – missklingend	angenehm – unangenehm anzufassen
dröhnend – gedämpft	glatt – rau
schrill – sanft	rutschig - rutschfest
fließend – abgehackt klingend	gerundet – scharfkantig
tief – gellend	warm – kalt
harmonisch – misstönend	weich – kratzig

*Tabelle 1: Sieben Akustik- und Haptikitems nach abgeschlossener Itemgenerierung*

### 2.2 Datenerhebung zur Vorbereitung der Itemreduktion

Ein Online-Fragebogen, in dem Hausgeräte aus dem eigenen Besitz (13 häufigste Produktkategorien, z.B. Kühlschrank, Mikrowelle, Pürierstab) mithilfe des UEQ+Akustik sowie UEQ+Haptik bewertet werden sollten, diente als Datenbasis zur Itemreduktion. Die Stichprobe bestand aus  $N=300$  Teilnehmern, das Geschlecht war gleichverteilt ( $w = 0,50 \mid m = 0,50$ ), das mittlere Alter betrug 46,33 Jahre ( $SD_{Alter} = 15,12$ ).

### 3 Ergebnisse

Nachfolgend wird geklärt, ob die Akustik- und die Haptikskala jeweils ein eindimensionales Konstrukt repräsentieren. Mittels Faktoren-, Item- und Reliabilitätsanalysen wurden pro Skala vier Items selektiert. Zusätzlich wurde geprüft, ob eine Hinzunahme der Skalen zum UEQ die Testgüte beeinträchtigt. Abschließend erfolgt eine erste Einschätzung zur Validität.

#### 3.1 Itemreduktion

Für beide Skalen diente je eine Faktorenanalyse der Prüfung auf Eindimensionalität sowie der Itemreduktion. Bezüglich der Akustikitems sprachen Kaiser-Guttman-Kriterium und Scree-Test für die Extraktion von einem Faktor, welcher 50% der Gesamtvarianz erklärt. Unter zusätzlicher Berücksichtigung itemspezifischer Kennwerte (Schwierigkeit, Trennschärfe, Varianz) und der Kommunalitäten wurden folgende vier Items ermittelt: *leise-lärmend*, *wohlklingend-missklingend*, *dröhnend-gedämpft*, *schrill-sanft*. Das Cronbach's  $\alpha$  der daraus konstituierten Akustikskala beträgt .84.

Für die Haptikitems ergab das Kaiser-Guttman-Kriterium zwei relevante Faktoren, jedoch ist der Eigenwert des zweiten Faktors mit 1,06 nur geringfügig bedeutsam. Der Scree-Test deutete auf einen Faktor hin, welcher 40% der Gesamtvarianz erklärt. Die Items *stabil-instabil*, *angenehm-unangenehm anzufassen*, *scharfkantig-gerundet*, *rutschig-rutschfest* bilden die Haptikskala mit einem Cronbach's  $\alpha$  von .71. Tabelle 2 und 3 zeigen die ausgewählten Items mit ihren Ladungen auf den extrahierten Faktor.

Item	Ladung
leise – lärmend	,826
wohlklingend – missklingend	,820
dröhnend – gedämpft	,742
schrill – sanft	,700

Tabelle 2: Faktorstruktur der Akustikitems (nach PCA, oblimin-rotiert)

Item	Ladung
stabil – instabil	,801
angenehm – unangenehm anzufassen	,781
glatt – rau	,725
rutschig - rutschfest	,575

Tabelle 3: Faktorstruktur der Haptikitems (nach PCA, oblimin-rotiert)

Zusätzlich wurden die Reliabilitäten einer näheren Betrachtung unterzogen. Die erhaltenen internen Konsistenzen stehen in Einklang mit vorhergegangenen Validitätsstudien (Laugwitz et al., 2006; Laugwitz et al., 2008) und bestätigen, dass das Hinzufügen der Akustik- oder Haptikskala den UEQ in seiner Testgüte nicht beeinflussen.

### 3.2 Prüfung der Validität der Skalen

Zu einer ersten Einschätzung der inhaltlichen Gültigkeit der beiden Skalen wurde geprüft, ob diese dasselbe Konstrukt messen wie der Gesamtttest. Bei einer Korrelation des UEQ-Testwertes mit den beiden Skalensummenwerten lauten die Korrelationskoeffizienten  $r_{Akustik} = .56$  ( $p < .001$ , einseitig) und  $r_{Haptik} = .76$  ( $p < .001$ , einseitig). Zusätzlich wurden beide Skalenwerte mit dem Summenwert der Attraktivitätsskala korreliert, was die beiden Koeffizienten  $r_{Akustik} = .56$  ( $p < .001$ , einseitig) und  $r_{Haptik} = .71$  ( $p < .001$ , einseitig) erzielte. Diese signifikanten positiven Korrelationen gelten als erste Evidenz, dass Akustik- und Haptikskala je eine Komponente der User Experience messen.

## 4 Ausblick

Bei der Evaluation von Hausgeräten, aber auch von anderen nicht-digitalen Produkten ist es den gängigen UX-Fragebögen bislang nicht möglich, sämtliche relevante Erlebensqualitäten zu erfassen. Die Akustik und Haptik spielen bei dem Erleben vor allem von physischen Produkten eine tragende Rolle (Fastl, 2005). Durch die Konstruktion der beiden Skalen ist es gelungen, ein ökonomisches und flexibel einsetzbares Instrument zur Erhebung der akustischen und haptischen User Experience zu kreieren. Durch das theoriegeleitete Vorgehen wurde eine möglichst hohe inhaltliche Validität der Skalen angestrebt. Auch wenn die Dimensionen auf den Hausgerätekontext ausgerichtet wurden, bestehen diese aus allgemeingültigen Aspekten von Produktgeräuschen (Laustärke, Schärfe und Tonalität) und Materialeigenschaften (Härte und Reibung). Eine Generalisierbarkeit der Skalen auf weitere Produktarten wird daher als unproblematisch erachtet. Die akustischen Größen, welche die Lästigkeit von Produktsounds am stärksten moderieren (Altinsoy et al., 1999), werden ebenfalls durch die Akustikskala abgedeckt. Eine Generalisierbarkeit auf andere Soundarten als die apriori festgelegten *operating noises* (wie z.B. Feedbacktöne) muss noch einer Probe unterzogen werden. Die Haptikskala beinhaltet die beiden wichtigen psychophysischen Dimensionen Härte und Rauigkeit. Hier könnten in einem nächsten Schritt Items für andere Dimensionen der haptischen Wahrnehmung (wie Form, Größe) konstruiert werden. Eine erneute Prüfung der Gütekriterien ist ausstehend, insbesondere der Vergleich mit einem externen Kriterium (beispielsweise der akustische Lästigkeitsindex von Altinsoy, 2013).

Im Hinblick auf den Gesamtfragebogen des UEQ wurde gezeigt, dass das Hinzufügen der beiden Dimensionen keine Auswirkungen auf die Stabilität und Testgüte des Instrumentes hat. Dies eröffnet die Möglichkeit der Konstruktion weiterer Skalen, wie es bereits von Boos (2017) und Hinderks (2016) unternommen wurde, sowie auf lange Sicht die Möglichkeit der Modularisierung des Fragebogens.

## Literaturverzeichnis

- Altinsoy, E. (2012). Knocking Sound as Quality Sign for Household Appliances and the Evaluation of the Audio-haptic Interaction. In C. Magnusson, D. Szymczak, & S. Brewster (Hrsg.), *Haptic and Audio Interaction Design (HAID) 2012, LNCS 7468* (S. 121–130). Berlin: Springer.
- Altinsoy, E. (2013). Untersuchungen zur Entwicklung eines europäischen Sound-Labels für Haushaltsgeräte. *Lärmbekämpfung*, 8 (5), 32-40.
- Altinsoy, E., Kanca, G. & Belek, H. T. (1999). A Comparative Study on the Sound Quality of Wet-and-dry Type Vacuum Cleaners. *Sixth International Congress on Sound and Vibration, 1999*, 3079-3086.
- Balzarotti, S., Maviglia, B., Biassoni, F. & Ciceri, M.R. (2015). Glass vs. plastic: Affective judgements of food packages after visual and haptic exploration. *Procedia Manufacturing* 3, 2251-2258.
- Boos, B. (2017). Eine Erweiterung des User Experience Questionnaire (UEQ) um die Dimensionen Akustik und Haptik zur Anwendung auf Produkte der Hausgeräteindustrie (unveröffentlichte Masterarbeit). Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Deutschland.
- BSH Hausgeräte GmbH (2015). Unveröffentlichter Projektbericht.
- Burmester, M., Hassenzahl, M. & Koller, F. (2002). Usability ist nicht alles – Wege zu attraktiveren interaktiven Produkten. *I-Com*, 1 (1), 32-40.
- DIN EN ISO 9241-210 (2010). *Ergonomics of human-computer interaction – Part 210: Human centered design process for interactive systems*. Geneva: International Standardization Organization (ISO).
- Fastl, H. (2005). Psycho-Acoustics and Sound Quality. In J. Blauert (Hrsg.), *Communication Acoustics* (S. 139-162). Berlin: Springer.
- Hinderks, J. A. (2016). *Modifikation des User Experience Questionnaire (UEQ) zur Verbesserung der Reliabilität und Validität* (unveröffentlichte Masterarbeit). Hochschule Emden Leer, Deutschland.
- Hülsmeier, D., Schell-Majoer, L., Rannies, J. & van de Par, S. (2014). Perception of sound quality of product sounds: A subjective study using a semantic differential. *Internoise 2014*. Verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/287862070\\_Perception\\_of\\_sound\\_quality\\_of\\_product\\_sounds\\_A\\_subjective\\_study\\_using\\_a\\_semantic\\_differential](https://www.researchgate.net/publication/287862070_Perception_of_sound_quality_of_product_sounds_A_subjective_study_using_a_semantic_differential) [02.01.2017]
- Laugwitz, B., Schrepp, M. & Held, T. (2006). Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten. In A. M. Heinecke & H. Paul (Hrsg.), *Mensch & Computer 2006: Mensch und Computer im StrukturWandel* (S. 125-134). München: Oldenbourg.
- Lederman, S. J. & Klatzky, R. (1996). Haptic object identification II: Purposive exploration. In O. Franzén, R. Johansson & L. Terenius (Hrsg.), *Somesthesis and the Neurobiology of the Somatosensory Cortex* (S. 153- 161). Basel: Birkhäuser.
- Okamoto, S., Nagano, H. & Ho, H.-N. (2016). Psychophysical Dimensions of Material Perception and Methods to Specify Textural Space. In H. Kajimoto, S. Saga & M. Konyo (Hrsg.), *Pervasive Haptics: Science, Design, and Application*. Tokyo: Springer.

## Autoren



### Boos, Barbara

Barbara Boos studierte Psychologie an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt. Im Laufe Ihres Studiums spezialisierte sie sich durch praktische Tätigkeiten bei der AUDI AG sowie der BSH Hausgeräte GmbH auf die Themen Mensch-Maschine-Interaktion und User Experience. Seit April 2017 ist sie als User Experience Researcher für die HolidayCheck Solutions GmbH tätig.



### Brau, Henning

Henning Brau studierte Psychologie an der TU Berlin. Er war ab Mai 2003 zunächst in der Forschung, später im zentralen IT Management der Daimler AG tätig. Dort war er bis 2010 verantwortlich für das Themenfeld User-Centered Technologies. Ab 2010 leitete er als 'Director of User Experience Design' bei der User Interface Design GmbH (UID) den Münchener Standort. Seit 2015 ist er als Manager Corporate UX verantwortlich für die Entwicklung des UX Reifegrads aller nationalen wie internationalen Organisationseinheiten der BSH Hausgeräte GmbH in München.