

Nutzerzentrierte Entwicklung eines Feedback-Systems zur Generierung taktiler Rückmeldungen für die berührungslose Gesteninteraktion

Max BERNHAGEN, André DETTMANN, Frank DITTRICH, Jonas TREZL,
Angelika C. BULLINGER

*Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement,
Technische Universität Chemnitz, D-09107 Chemnitz*

Abstract: Die berührungslose Gesteneingabe setzt sich zunehmend in Anwendungen der Mensch-Technik-Interaktion durch. Als bedeutender Nachteil dieses Ansatzes ist jedoch das Fehlen haptischer Rückmeldungen zu nennen, was zu einer herabgesetzten Gebrauchstauglichkeit führt. Um für die berührungslose Gesteninteraktion ein taktiler Feedback zu realisieren, wurde ein sogenannter Vortex-Generator entwickelt. Dieser erzeugt einen stabilen Luftwirbel, der eine zielgenaue taktile Sinneswahrnehmung ermöglicht. Neben der Entwicklung des Systems wird im Beitrag eine formative Evaluationsstudie mit 25 Teilnehmern im Rahmen der nutzerzentrierten Entwicklung vorgestellt. In dieser Fahrsimulatorstudie wurde der Einfluss der Rückmeldung auf die Steuerung des Infotainmentsystems überprüft und Verbesserungspotential zur Weiterentwicklung gewonnen.

Schlüsselwörter: Gestensteuerung, Taktile Rückmeldungen, Berührungslose Interaktion, Nutzerzentrierte Entwicklung

1. Einleitung

Die berührungslose Gestensteuerung erobert viele Anwendungsfelder der Mensch-Maschine-Interaktion. Sie vereint die Vorteile einer schnellen Verwendbarkeit, indem keine zusätzlichen Geräte (z. B. Datenhandschuhe, Controller) eingebunden werden müssen, mit denen der natürlichen Interaktion, welche als sehr intuitiv und gering kognitiv belastend definiert wird (Preim & Dachsel 2015). So wird die Hand direkt als Eingabegerät verwendet und damit die Interaktion mit der realen Umgebung nachempfunden. Nachteilig hierbei ist allerdings, dass keine taktile Rückmeldung erfolgt, wie diese bei der natürlichen Mensch-Umwelt-Interaktion (z. B. Greifen, Manipulieren usw.) aber auch bei klassischen Eingabeformen der Mensch-Technik-Interaktion (z. B. Tasten, Touchscreen usw.) vorhanden ist und erwartet wird. Der taktile Sinnesreiz ist für die Informationsübertragung besonders gut geeignet, da eine sehr kurze Verarbeitungszeit im Vergleich mit anderen Sinnen besteht. So können Reize von Körperbewegungen bis zu viermal so schnell wie auditive oder visuelle Reize verarbeitet werden (Schmidt & Dudel 1987). Ein Fehlen dieses Feedbacks kann zu Missempfindungen bis hin zu ineffizienten und fehlerbehafteten Interaktionen (z. B. Eingabe vom Nutzer nicht als erfolgreich wahrgenommen) führen (Skrlić et al. 2015). Bisherige Untersuchungen zeigen hierbei unterschiedliche Ergebnisse über die Verbesserung der Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung der Nutzer und der Mensch-Maschine-Interaktion (z. B. Sand et al. 2015; Dennerlein et al. 2000; Serafin et al. 2007).

Um taktile Rückmeldungen auch bei einer berührungslosen Interaktion zu ermöglichen, wurde geleitet durch den Prozess der nutzerzentrierten Entwicklung ein sogenannter Vortex-Generator entwickelt, der mittels Luftwirbel eine taktile Rückmeldung auf der Handoberfläche des Nutzers erzeugt.

2. Anforderungen und Entwicklung des Prototyps

Im Rahmen der nutzerzentrierten Gestaltung eines Vortex-Generators, wird auf den Prototypen von Bernhagen und Kollegen (2016) aufgebaut. Durch eine Membranverschiebung von Lautsprechern in einem hohlen Würfel wird Luft durch eine kreisförmige Öffnung ausgestoßen. Im Randbereich der Öffnung entsteht durch den Luftausstoß ein stabiler Luftwirbel entlang einer ringförmigen Achse. Es konnten wahrnehmbare Luftimpulse auf Entfernungen von bis zu einem Meter generiert werden. Der Generator wurde mit Sensoren zur Bestimmung der Handposition und Erkennung von Gesten gekoppelt (siehe Abbildung 1).

Im Rahmen der Nutzungskontextanalyse wurde als Anwendungsgebiet die Gestensteuerung eines Infotainmentsystems im PKW adressiert. Der Einsatz von Gestensteuerungen im Fahrzeugkontext wurde bereits erforscht und in diversen Fahrzeugen sind diese praxistauglich vorzufinden (z. B. Kopinski et al. 2016; Harrington et al. 2018; Ahmad et al. 2018). In bisherigen Studien wurde insbesondere eine Reduzierung der Ablenkung von der primären Fahraufgabe durch Gesteneinsatz im Vergleich zu Touchscreens oder haptischen Stellteilen nachgewiesen. Zudem konnten durch die Integration von taktilem Feedback mittels Ultraschall bessere Erkennungsraten und niedrigere Fehlerraten für die Auswahl von Werten auf Schiebereglern festgestellt werden.

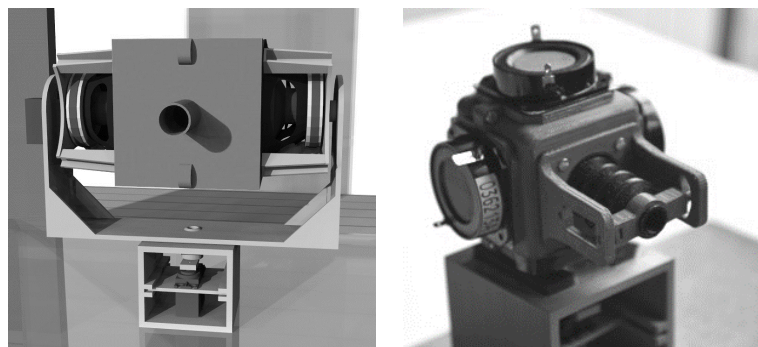


Abbildung 1: li.: Prototyp 1 (Bernhagen et al. 2016),
re.: Prototyp 2 angepasst an Anforderungen zum Einsatz im Fahrzeugkontext

Für den Einsatz des Vortex-Generators im Fahrzeugkontext ergeben sich aufgrund des geringen Verbauraums Anforderungen an die Baugröße, welche vom ersten Prototyp nicht eingehalten werden können. Zudem führte die Masse zu einer hohen Trägheit des Gesamtsystems, weshalb die Präzision der Rotationsbewegungen herabgesetzt war. Schließlich wurde eine Miniaturisierung des Gesamtsystems bei gleichbleibender Impulscharakteristik angestrebt. Die maßbestimmenden Elemente stellen die Lautsprecher dar, wobei durch die Verdopplung der Anzahl die Reduzierung des Durchmessers von 9,5 cm auf 4,5 cm erreicht wurde. Weiterhin wurde die Luftausgangsdüse mittels flexiblen Filament gedruckt und die Aktorik zur

der Düsenöffnung in das Gehäuse integriert. Dadurch konnte das System auf die Maße 12 cm Höhe sowie 10 cm Breite und Länge reduziert werden (s. Abb. 1).

3. Evaluation

Der entwickelte Prototyp wurde anschließend einer formativen Evaluation mittels Nutzertest unterzogen. Es sollte überprüft werden, ob die Gestaltung des Prototyps zur Verbesserung des Interaktionserlebnisses beiträgt und welches Verbesserungspotential aus Nutzungssicht zur Weiterentwicklung genutzt werden sollte. Der Versuch wurde im statischen Fahrsimulator der Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement durchgeführt. Dieser verfügt über ein 180°-Projektionssystem unter Verwendung der Fahrsimulationssoftware SILAB 5.1. Als Szenario wurde die Steuerung einer Musikwiedergabe gewählt. Hierfür wurde ein Touchscreen in die Mittelkonsole integriert, der ein reduziertes Bedieninterface für diese Anwendung anzeigte. Die Einbauposition des Vortex-Generators befand sich an der Position des Gangwahlhebels, der für diesen Versuch entfernt wurde. Die Gesteneingaben konnten so direkt über der Mittelkonsole in einer angenehmen Armposition ausgeführt werden. Zudem konnten die Luftimpulse auf den Mittelpunkt der Handunterseite ausgerichtet werden, welcher neben den schwer zu treffenden Fingerspitzen eine hohe Empfindlichkeit besitzt (Heller & Schiff 2018). Für die Gestenerkennung wurde ein Leap Motion Controller angebunden.

3.1 Methode

Das durchgeführte Fahrsimulatorexperiment wurde als Within-Subject-Design mit drei Bedingungen geplant. Den Probanden wurden dazu in randomisierter Reihenfolge die Gestensteuerung mit und ohne taktiles Feedback präsentiert sowie als konventionelle Vergleichsbedingung eine Touchscreen-Bedienung. Als Bedienungsaufgaben wurde eine vorgegebene Songauswahl und ein jeweiliges Starten und Stoppen der Musikwiedergabe vorgegeben. Zur Sicherstellung der Intuitivität der Gestensteuerung wurden die Gesten basierend auf dem Gestenmanual von Seeling und Bullinger (2017) konzipiert. Als Fahrtstrecke wurde eine wenig beanspruchende Autobahnstrecke mit einer Länge von 6.000 Metern entworfen. Im Rahmen der Fahraufgabe waren bis auf die Einhaltung der Richtgeschwindigkeiten keine weiteren Besonderheiten von den Probanden zu beachten. Als Erhebungsinstrument wurde der DALI-Fragebogen (Driving Activity Load Index nach Pauzié & Pachiaudi 1997) zur Messung der subjektiven Beanspruchung in gekürzter Form genutzt. Zur Bestimmung der allgemeinen Gebrauchstauglichkeit sowie der hedonischen und pragmatischen Qualität wurde AttrakDiff2 verwendet (Hassenzahl et al. 2003). Weiterhin wurden teilstandardisierte Interviews zur Erhebung der subjektiven Wahrnehmung des taktilen Feedbacks und von Gestaltungswünschen, wie der Stärke der Rückmeldung, des Geräuschs der Lautsprecher, der Zuverlässigkeit der Gestenerkennung sowie etwaigen Verbesserungsvorschlägen durchgeführt.

3.2 Ergebnisse

Die Stichprobe setzte sich aus 19 Probanden (6 weiblich, 13 männlich) mit einem Durchschnittsalter von 24 Jahren ($SD = 4,14$) zusammen. Die durchschnittliche

Dauer des Führerscheinbesitzes betrug 6,4 Jahre ($SD = 3,9$) und die Gesamtjahresfahrleistung betrug im Durchschnitt 11.393 Kilometer. Die Ergebnisse der im Rahmen der Fahraufgabe erhobenen Daten der subjektiven Beanspruchung sind in Abbildung 2 dargestellt.

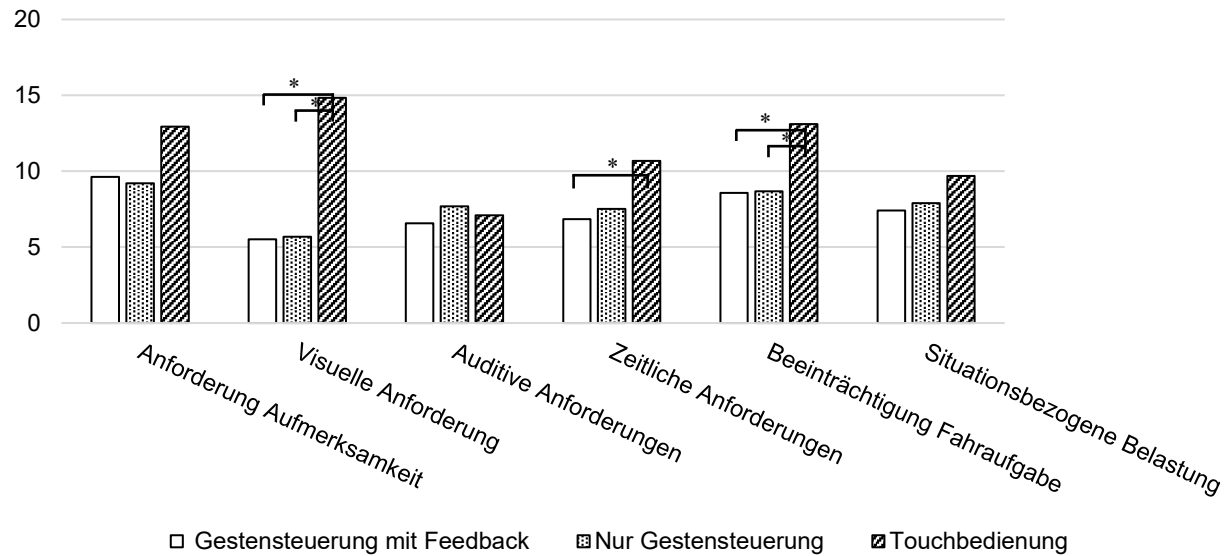


Abbildung 2: subjektive Beanspruchung nach Interaktionsart (* signifikante Unterschiede, $\alpha = .05$)

Auf Basis einer ANOVA zeigen sich signifikante Unterschiede für die Items „visuelle Anforderungen“ ($F(2, 56) = 26.729, p < .05$), „Beeinträchtigung der Fahraufgabe“ ($F(2, 54) = 4.841, p < .05$) und „zeitliche Anforderungen“ ($F(2, 56) = 3.460, p < .05$), welche in der anschließenden post-hoc Analyse (Gabriel) bestätigt wurden. Die deskriptiven Kennwerte zu den Items sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: ausgewählte Kennwerte der subjektiven Beanspruchung

N = 19		MW	Std.-Abweichung	Std.-Fehler
Visuelle Anforderungen	Geste mit Feedback	5,53	4,88	1,12
	Geste ohne Feedback	5,68	4,29	0,99
	Touchscreen	14,84	4,46	1,02
Beeinträchtigung der Fahraufgabe	Geste mit Feedback	8,58	4,79	1,10
	Geste ohne Feedback	8,68	5,19	1,19
	Touchscreen	13,11	5,34	1,23
Zeitliche Anforderungen	Geste mit Feedback	6,84	4,57	1,05
	Geste ohne Feedback	7,53	4,36	1,00
	Touchscreen	10,68	5,41	1,24

Es zeigt sich, dass die konventionelle Vergleichsbedingung „Touchscreen“ insbesondere bei den Anforderungen an die Aufmerksamkeit, den visuellen und zeitlichen Anforderungen sowie der Beeinträchtigung der Fahraufgabe wesentlich erhöhte Werte im Vergleich zur Gestensteuerung vorweist. Auditive Anforderungen sowie die situationsbezogene Belastung liegen für alle drei Versuchsbedingungen hingegen auf vergleichbarem Niveau.

Die Ergebnisse des AttrakDiff2-Fragebogens sind in Abbildung 3 dargestellt. Hinsichtlich der Bewertung der hedonischen Qualität „Stimulation“ lag lediglich in der Touchscreen-Bedienung eine negative Bewertung vor.

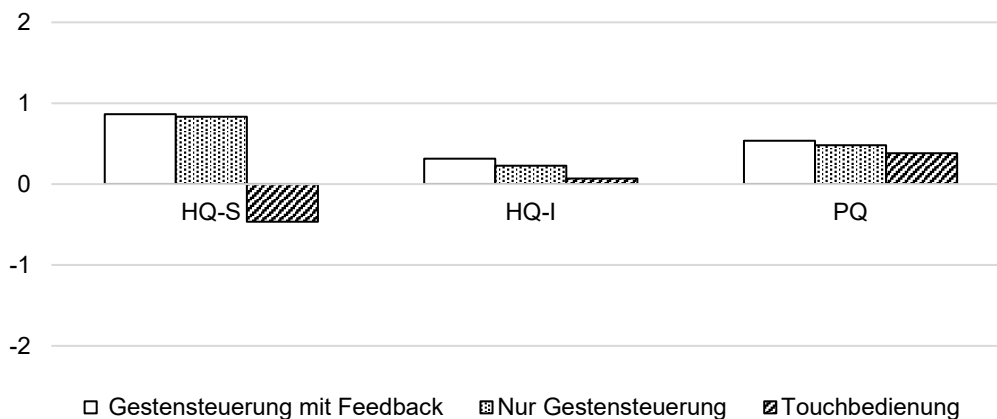


Abbildung 3: *Einschätzung der hedonischen (S- Stimulation, I- Identität) und pragmatischen Qualität*

Anhand der abschließend durchgeführten Interviews zeigte sich, dass die Probanden das System hinsichtlich einer Verbesserung des Komforts und einer Unterstützung der Interaktion als positiv bewerteten. Zudem wurde Verbesserungspotential hinsichtlich der Genauigkeit und Fehleranfälligkeit der Gestensteuerung sowie der taktilen Rückmeldung beschrieben. So geben acht Personen eine mindestens robuste Funktionsweise an, wobei fünf Personen die Erkennungsrate kritisieren. Entsprechend muss für nachfolgende Arbeiten das Gestentracking optimiert werden. Weiterhin ist anhand der Rückmeldungen die Programmierung der Gesten anzupassen. Auf Grundlage der Nutzeraussagen kann geschlussfolgert werden, dass mehrere Probanden fälschlicherweise Eingaben ausübten, obwohl diese unbeabsichtigt waren. Es zeigt sich zudem, dass einige Probanden den Impuls kaum wahrnahmen sowie bei einigen das Tracking schlecht funktionierte.

4. Diskussion und Ausblick

Mit Hilfe eines Vortex-Generators konnte eine taktile Sinneswahrnehmung bei einer berührungslosen Gesteninteraktion realisiert werden. Obwohl anhand der qualitativen Aussagen der Probanden der Komfort und die Unterstützung der Interaktion überwiegend positiv bewertet wurden, konnten allerdings keine signifikanten Verbesserungen hinsichtlich der subjektiven Wahrnehmung aus den quantitativen Daten abgeleitet werden. Es bleibt jedoch festzuhalten, dass in der Tendenz die Gebrauchstauglichkeit mit Feedback über der ohne Feedback liegt. Entsprechend können negative Auswirkungen ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse der formativen Evaluation zeigen, dass noch wesentliches Potential für die Optimierung der Parametrisierung des Systems genutzt werden kann. Insbesondere die Trefferrate und die Impulsstärke sind Faktoren, welche in zukünftigen Prototypen verbessert und in einer Nutzerstudie kontrolliert und gemessen werden sollten.

5. Literatur

- Ahmad BI, Hare C, Singh H, Shabani A, Lindsay B, Skrypchuk L, Langdon P, Godsill S (2018) Selection Facilitation Schemes for Predictive Touch with Mid-air Pointing Gestures in Automotive Displays. In *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 21-32). ACM.
- Bernhagen M, Hertwig D, Trezel J, Dittrich F (2016) Umsetzung einer natürlichen Interaktion mittels Head-Mounted-Display unter Einbezug von taktilen Rückmeldungen. *Sozial Digital - Gemeinsam auf neuen Wegen, Tagungsband Mensch und Computer 2016*.
- Harrington K, Large DR, Burnett G, Georgiou O (2018) Exploring the Use of Mid-Air Ultrasonic Feedback to Enhance Automotive User Interfaces. In *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI'18)*.
- Hassenzahl M, Burmester M, Koller F (2003) AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In *Mensch & Computer 2003* (pp. 187-196). Vieweg+Teubner Verlag.
- Heller MA, Schiff W (1991) *The psychology of touch*. Psychology Press.
- Kopinski T, Eberwein J, Geisler S, Handmann U (2016) Touch versus mid-air gesture interfaces in road scenarios-measuring driver performance degradation. In *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016 IEEE 19th International Conference on* (pp. 661-666). IEEE.
- Pauzié A, Pachiaudi G (1997) Traffic and Transport Psychology: Theory and Application. Chapter 18. Subjective Evaluation of the Mental Workload in The Driving Context. *Traffic and transport psychology: theory and application*.
- Preim B, Dachsel R (2015) *Interaktive Systeme: Band 2: User Interface Engineering, 3D-Interaktion, Natural User Interfaces*. Springer-Verlag.
- Seeling T, Bullinger AC, Fricke E, Schöller D (2016) Natürliche User Interfaces durch das Einbeziehen von Nutzern gestalten. Implikationen für ein Entwickler-Gestenmanual. Mensch-Technik-Interaktion im Industrie 4.0 Zeitalter, Tagungsband 8. VDI/VDE Fachtagung USEWARE. 06.10.2016 bis 07.10.2016, Dresden.
- Škrlić P, Bohak C, Guna J, Marolt M (2015) Usability evaluation of input devices for navigation and interaction in 3D visualisation. *International SERIES on Information Systems and Management in Creative eMedia*, (1), 19-23.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Daniel Hertwig und Toni Lorenz für die konstruktive Zusammenarbeit. Dieser Beitrag wäre ohne die Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung nicht möglich gewesen (Projekt: Reales taktiler Feedback für die intuitive gestenbasierte Mensch-Maschine-Interaktion, FKZ: 03ZZ0454).



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de