

Vorstellung eines strukturierten Entwurfsprozesses für Informationsschnittstellen mit expliziter Nutzereinbindung am Beispiel von Vibrationsschnittstellen

Stefan LUTHERDT¹, Fred ROß², Hartmut WITTE¹

¹ Fachgebiet Biomechatronik

Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Ilmenau

Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau

² Fachgebiet Automatisierungstechnik

Fakultät für Informatik und Automatisierung, Technische Universität

Helmholtzplatz 5, 98693 Ilmenau

Kurzfassung: Im Umfeld der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen und -Systemen (i.e.S. also auch und vor allem Interaktions- und Informationsschnittstellen) gilt es als ein weitgehend akzeptiertes Gestaltungsparadigma, dass diese Systeme nicht nur funktional die gestellten Anforderungen erfüllen, sondern auch ein hohes Akzeptanzlevel beim späteren Nutzer erreichen sollen. Dies ist jedoch nur über spezielle bzw. auf dieses Ziel angepasste Entwicklungsprozesse und -modelle erreichbar. Tatsächlich existieren nur sehr wenige auf diesen Anwendungsfall zugeschnittene Modelle und Konzepte, und eine (vor allem frühzeitige) Einbindung der späteren Nutzer ist häufig nicht möglich oder zumindest nicht vorgesehen. Aus der Analyse dieser Situation haben der Autor und Mitarbeiter ein Konzept (Nutzerangepasste Gestaltung von Assistenzsystemen und deren Schnittstellen – NuGAS_t) erarbeitet, dass ausgehend von der Analyse bestehender Entwicklungsmodelle unter Berücksichtigung der Technischen Richtlinien (VDI 2221, 2206) den Fokus auf die Einbindung potentieller Nutzer von Beginn bis Ende des Entwicklungsprozesses legt. Die notwendigen Arbeiten dazu wurden in einer Reihe von Entwicklungsprojekten durchgeführt an dabei auch alle Teilschritte des Konzepts getestet und evaluiert.

Der Kern dieses Konzepts bildet eine Modifikation des Problemlösungsansatzes aus den Richtlinien VDI 2206/2221, der um obligatorische und wahlfreie Phasen mit Nutzerintegration erweitert wurde. Außerdem wurden verschiedene Phasen iterativ gestaltet bzw. die Möglichkeit gegeben, mehrere Phasen des Ablaufs zusammenzufassen.

Schlüsselwörter: nutzerzentriertes Design, NuGAS_t, Nutzerpartizipation, Vibrationsschnittstelle, Entwicklungsprozess, Informationsschnittstelle

1. Einführung

Es ist ein mittlerweile weitgehend akzeptierter Fakt, dass es für verschiedene Nutzergruppen und diversen Anwendungskontexten hilfreich und nützlich ist, Informationen nicht ausschließlich über den visuellen und/oder auditiven Kanal zu vermitteln. Als Ergänzung oder Verlagerung hat sich vor allem der haptische Kanal etabliert, in dem Informationen mittels Vibrationen codiert und vermittelt werden. Solche vibrati-

onscodierten Informationen sind vor allem für Nutzer mit sensorischen Defiziten und Einschränkungen hilfreich, wie z. B. für Blinde und stark Sehgeschädigte wie auch für Hörgeschädigte und Gehörlose. Allerdings gibt es auch für Nutzer ohne Handicaps in bestimmten Situationen und Umgebungen Vorteile durch eine solche Informationsvermittlung. (Choi & Kuchenbecker 2013) Für die Gruppe der blinden Nutzer hat sich diese Technologie bereits gut etabliert, wurde vielfach untersucht und ist auch in einer Reihe von technischen Lösungen am Markt verfügbar. Viele Blinde und Sehgeschädigte haben deshalb schon vibrationsgebundene Geräte bzw. Informationsschnittstellen benutzt oder besitzen sogar selbst ein entsprechendes Gerät mit Vibrationsfeedback (zusätzlich zum natürlich häufig genutzten Smartphone). Tatsächlich ist es sogar möglich, über Vibrationsreize eine Vorstellung von Bildern und Grafiken oder Schrift zu vermitteln (s. Rantala et al. 2009).

Ein weiteres mittlerweile etabliertes Anwendungsfeld für Vibrationsfeedback ist der Bereich der Gaming-Industrie. Hier gibt es zum einen eine Vielzahl von Joysticks, Flysticks, Gamepads und -controllern mit Vibrationsfeedback. Allerdings geben diese Geräte alle ein unspezifisches Feedback, ohne wirklichen durch die Vibrationen codierten Informationsinhalt. Einige Forschergruppen und bereits auch Unternehmen versuchen, diese Lücke zu überbrücken und eine neue Generation von Geräten zu entwickeln wie Westen oder Gurtsysteme. Diese können sowohl virtuelle Objekte in deren (virtuellen) Spieleumgebung sowie die Umgebung selbst darstellen, als reale Objekte bzw. die reale Umgebung in entsprechenden Szenarien abbilden. Dies erfolgt sehr realistisch, mit der Möglichkeit, sogar Texturen durch Reibung und Kräfte erfahren zu können (El Saddik 2012). Die aktuell auf dem Massenmarkt verfügbare Technik ermöglicht es, die Aufmerksamkeit des/der Nutzer darauf zu lenken, was in diesem Moment aktuell passiert, wie es u. a. von Smartphones her bekannt ist (eingehender Anruf, Nachrichten, Tastennutzung oder Auswahl von Apps/Icons) oder Gaming-Geräten wie Gamepads. Diese liefern ein Vibrationsfeedback ergänzend zum visuellen Erleben von kritischen Situationen, Kollisionen und dergleichen, aber ohne den Anspruch weitere oder tiefergehende Informationen zu liefern. Einen Ansatz, dies zu erweitern liefert die Fa. ARAIG¹ (2013) mit einer Gaming-Weste gleichen Namens. In dieser Weste sind Vibrationsaktoren und eine Vielzahl von Sensoren, die Informationen über die Umgebung, andere Spieler oder Spielfiguren und Treffer, Einschläge, Aufprall auf Hindernisse oder andere zur Spielsituation gehörende Ereignisse liefern. (s. <https://araig.com>) Danach haben eine Reihe weiterer Unternehmen ähnliche Konzepte ausprobiert, zur Marktreife geführt bzw. entsprechende Patente angemeldet (u. a. Google, s. US Patente US14586281, US13819049 and US13819086, die alle thematisch fokussiert sind auf Gaming Anzüge mit Vibrationsaktoren). Aktuell auf dem Markt verfügbare Anzüge sind u. a. TESLASUIT, KOR-FX, HAPTIKA oder AXONVR. Nicht zuletzt haben sich in der Automobilindustrie verschiedene Anwendungen für vibrationsbasierte Informationsvermittlung etabliert. So findet man entsprechende Systeme bei Fahrzeugen von PSA, die mit dem Citroen AFIL² (s. [www2](#) 2018) ausgestattet sind oder bei Fahrzeugen mit dem aktiven Gaspedal von Bosch (zu sehen in [www3](#) (2018)).

In Zusammenfassung dieser Entwicklungen und als Resultat eigener Untersuchungen und Forschungen entstand die Idee zur Entwicklung einer Vibrationsschnittstelle für verschiedene Nutzer(gruppen) in unterschiedlichen Nutzungskontexten.

¹ Engl. Akronym: as real as it gets

² Franz. Akronym für: Alarm für ungewollten Fahrbahnwechsel

Diese Schnittstelle soll den Nutzern durch vibrotaktile Reize Informationen liefern ergänzend oder als Ersatz zu deren anderen Informationskanälen.

2. Kernkonzept und Entwicklungsansatz

2.1 Nutzereinbindung in den Entwicklungsprozess

Obwohl es gemeinhin bekannt ist, dass jeder Mensch einzigartig ist und damit eigene Anforderungen stellt, findet sich in Produktentwicklungen häufig die Grundattitüde, eine Lösung für alle möglichen in Frage kommenden Nutzer finden und aufbauen zu wollen, mitunter getrieben durch ökonomische Vorgaben oder Zwänge. Im Ergebnis werden aber zahlreiche potentielle Nutzer mit speziellen Anforderungen nicht erreicht oder deren Anforderungen nicht erfüllt, was im Endergebnis für die finale Entwicklung bedeutet, dass sie bei diesen späteren Nutzern nur ein geringes Akzeptanzlevel erreichen wird. Auch Nielsen (1995) meinte schon, dass in den meisten der existierenden Styleguides nur Teile einer weitreichenden, allumfassenden Nutzerakzeptanz (bestehend aus sozialer und praktischer Akzeptanz) abgebildet werden (s. Nielsen 1995). Und natürlich bestimmt die Nutzerakzeptanz letztendlich den Erfolg jeder neuen Entwicklung.

Andererseits ist es aber auch so, dass weitere Anforderungen durch die verschiedenen Aufgaben und damit zusammenhängenden Nutzungskontexte gegeben sind, welche ebenso zu erfüllen sind. Um diese Entwicklungsaufgabe erfüllen zu können, ist ein spezieller Entwicklungsprozess mit darauf zugeschnittenen Abläufen mit einer frühzeitigen Einbindung spätere potentieller Nutzer notwendig. Eine Möglichkeit dafür ergibt sich mit dem Einsatz des Entwicklungskonzepts NuGASt (Lutherdt 2017), dessen Kern ein angepasster Problemlösungsansatz aus der Richtlinie VDI 2221 (s. VDI 1994) darstellt. Dieser wurde um verschiedene Feedbackschleifen und Phasen der Nutzereinbindung erweitert, von denen einige fest vorgeschrieben sind und einige bei Bedarf zusätzlich ausgeführt werden können. In der folgenden Abbildung ist der schematische Ablauf zu erkennen. Die grundsätzliche Eignung, Anwendbarkeit und Effizienz dieses Problemlösungsansatzes wurde bereits in einigen anderen Arbeiten gezeigt, aus psychologischer Sicht z. B. von DÖRNER (1994).

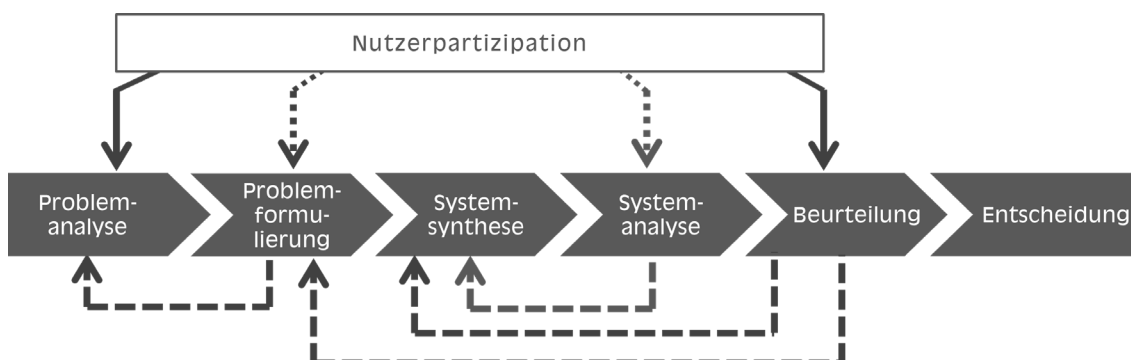


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Ablaufs eines Entwicklungs- und Entwurfsprozesses nach dem Konzept NuGASt (aus Lutherdt (2017, S. 128))

2.2 Ablauf des Entwicklungsprozesses

Wie in der Abbildung 1 zu sehen ist, gliedert sich der Ablauf in fünf sequentiell verknüpfte Teilabschnitte. Für den ersten („Problemanalyse“) und vierten („Beurteilung“) ist dabei eine Nutzerbeteiligung zwingend erforderlich. Dies ergibt sich logisch dadurch, weil in Phase 1 die Nutzeranforderungen festgelegt werden und deren Erfüllung in Phase überprüft wird. Darüber hinaus können bei Bedarf auch in Phase 2 und 4 Nutzer hinzugezogen werden, wenn es durch die Entwicklungsaufgabe notwendig und sinnvoll erscheint. Der iterative Charakter eines jeden nutzerzentrierten Entwurfsprozesses ist dadurch abgebildet, dass aus jedem Teilabschnitt ein Rücksprung in davor liegende möglich ist, mit Ausnahme der letzten. Dort ist der Prozess abgeschlossen und ein Rücksprung nicht mehr sinnvoll.

Für die Nutzereinbindung kommen die etablierten Methoden aus dem Usability Engineering bzw. nutzerzentrierten Design zur Anwendung. Welche der Methoden, deren Umfang und mögliche Kopplung in der jeweiligen Phase zur Anwendung kommen (können), das ist abhängig von der Entwicklungsaufgabe und muss durch den/die Usability-spezialisten gemeinsam mit den anderen an der Entwicklung beteiligten von Fall zu Fall festgelegt werden.

3. Anwendung des Entwicklungsprozesses auf den Entwurf einer vibrationsbasierten Informationsschnittstelle

Die zu entwickelnde Informationsschnittstelle sollte für den Einsatz in verschiedenen Aufgaben- und Nutzungskontexten ausgelegt werden. In der Problemanalyse wurde in den Nutzeranalysen schnell klar, dass dies nicht durch eine einzelne Lösung realisierbar ist. Trotzdem sollten die Entwicklungsschritte weitgehend parallel erfolgen, um die Erkenntnisse und Gestaltungsvorgaben für alle Varianten anwenden zu können. Es wurden letztlich drei verschiedene Varianten der Informationsschnittstelle festgelegt, ein Vibrationsarmband zur Unterstützung von Werkern in besonders lärmbelasteten Arbeitsumgebungen, ein Brustgurt für Taucher und eine Vibrationssohle für die Unterstützung bei Navigationsaufgaben (Sport, Wandern etc.).

Während der ersten Phase wurde eine intensive Recherche und Analyse vergleichbarer Systeme und Konzepte durchgeführt sowie die Grundlagen der Vibrationswahrnehmung auf die speziellen Anwendungsfälle erhoben bzw. untersucht. Für die Wahrnehmung taktiler Reize wie Vibrationen sind die in der Haut eingebetteten Mechanorezeptoren verantwortlich. Aus eigenen Untersuchungen wie auch von anderen Quellen wissen wir, dass die beste Reizfrequenz zwischen 150 Hz und 300 Hz liegt (s. Abbildung 2), dass aber auch die Rezeptoren sehr ungleichmäßig über unsere Körperoberfläche verteilt sind. (vgl. Gekle 2010, Lutherdt et al. 2015 und 2017).

Für die weitere Festlegung der Anforderungen aus der Problemanalyse und -formulierung heraus und Umsetzung in der Systemsynthese wurden Nutzertests zur besten Position des Armbands bzw. Gurtsystems durchgeführt. Die Ergebnisse sind in LUTHERDT (2018) nachzulesen. Im Ergebnis entstanden erste Prototypen, die wiederum hinsichtlich der Verständlichkeit der Vibrationsreize, der richtigen Positionierung und der allgemeinen Akzeptanz mit verschiedenen Nutzern getestet wurden (s. auch Lutherdt 2018). Eine Besonderheit war die Verwendung von sog. „spatial moving vibrations“, also wandernde Reize in Längsrichtung von proximal nach distal am Unterarm und gleichzeitig um den Umfang herum.

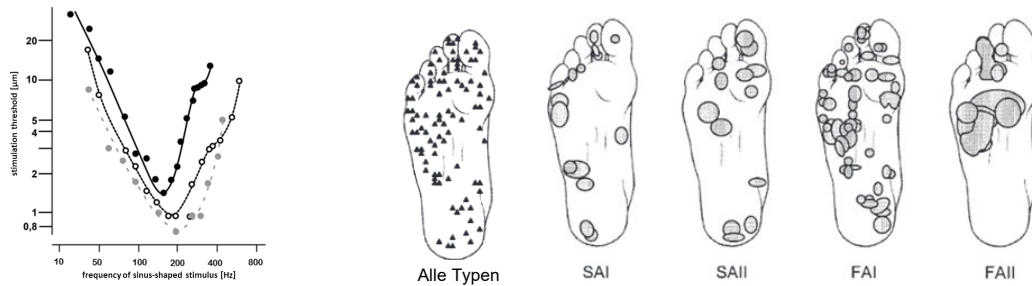


Abbildung 2: links: Zusammenhang zwischen Frequenz und Reizschwelle für verschiedene Vater-Pacini-Körperchen (nach Gekle 2010); rechts: Verteilung der Mechanorezeptoren in der Fußsohle nach Typen (Kennedy & Inglis 2002)

Im weiteren Verlauf wurde eine formale Evaluation der entworfenen Schnittstellenprototypen durchgeführt (Phase „Systemanalyse“), wobei wiederum potentielle Nutzer involviert wurden. Dabei hatten die Probanden die Aufgabe, die Reize nach ihrer jeweiligen Bewegungsrichtung zu erkennen und zu benennen, was mit einer hohen Genauigkeit erfolgt ist (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Darstellung der Testergebnisse zur Verständlichkeit der spatial moving vibrations

		spatial moving vibration		
		version 1	version2	version 3
True recognized moving directions [%]	forward	97	100	100
	backward	97	90	98
	to right side	92	97	90
	To left side	90	87	93

4. Schlussfolgerung und Ausblick

Mit der Anwendung des dargestellten Entwicklungsablaufs lassen sich aufgaben- und nutzerangepasste Systeme entwerfen, die das Potential besitzen, eine hohe Akzeptanz beim späteren Nutzer zu erzielen (Befragungen auch von potentiellen Nutzern der beiden anderen Varianten der vibrotaktilen Schnittstelle, s. Abbildung 3, zeigten dies). Dies wird vor allem durch die in diesem Entwicklungsprozess vorgesehene frühzeitige und umfangreiche Nutzerbeteiligung erreicht. (s. auch Lutherdt 2015, 2017, 2018)



Abbildung 3: links: Vibrationsbrustgurt für Taucher zur Orientierung in Gewässern mit schlechter Sicht (beim Anlegen und unter dem Taucheranzug); rechts: Vibrationsschuhsohle zur Unterstützung von Navigationsaufgaben für Fußgänger (Vorder- und Rückseite)

Mit diesen Ergebnissen und den dabei gewonnenen Erkenntnissen werden weitere Schnittstellen aufgebaut und verschiedenen Anwendungsszenarien und -kontexten getestet, um das bereits bisher gezeigte Potential solcher Schnittstellen noch stärker nutzen zu können. Eine aktuelle Anwendung ist die Verwendung des Unterarmbandes zur Information von Werkern bei der Kollaboration mit Robotern in gemischten Arbeitsumgebungen.

5. Literatur

- Choi, S.; Kuchenbecker, K. J. (2013): Vibrotactile Display: Perception, Technology, and Applications. In: Proceedings of the IEEE 101 (2013), Nr. 9, S. 2093–2104
- El Saddik, A. (2012): Haptics Rendering and Applications, InTech, ISBN 978-953-307-897-7, DOI: 10.5772/1135.
- Dörner, Dietrich (1994): Memory and Engineering. In Pahl, Gerhard (Hs.): Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren. Ergebnis des Ladenburger Diskurses von Mai 1992 bis Oktober 1993. Köln, TÜV Rheinland. ISBN 3824902214.
- Gekle, Michael (2010): Taschenlehrbuch Physiology. 70 Tabellen. Stuttgart, Thieme. ISBN 978-3131449818.
- Kennedy, P. M.; Inglis, T. J. (2002): Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. In: Journal of Physiology (2002), No. 538.3, S. 995-1002. DOI: 10.1013/jphysiol.2001.013087.
- Lutherdt, Stefan (2017): Ein Konzept für die nutzerbezogene Gestaltung von Assistenzsystemen und deren Schnittstellen (NuGASSt). Dissertation. Ilmenau, Universitätsverlag. ISBN 978-3-86360-164-5.
- Lutherdt, S.; Kaiser, E.; Kirchhofer, T.; Wegerich, P.; Witte, H. (2015): Investigation of sensitivity of foot soles to vibrational stimuli: first results for developers of information interfaces. In: Human aspects of IT for the aged population: design for everyday life; 1st International conference, ITAP 2015, proceedings, part II. – Cham, Springer. ISBN 2015.08.02-07., ISBN 978-3-319-20913-5. S. 290-299.
- Lutherdt, S.; Nowack, T.; Winkler, S.; Kaiser, E.; Witte, H. (2017): Die Fußsohle als Rezipient vibrotaktile Reize zur Nutzung für Informationsschnittstellen in Schuhsohlen. In Stadeler (Hs.): 23. Erfurter Tage. Jena, Bussert & Stadeler, ISBN 978-3-942115-45-2. S. 339-344.
- Lutherdt S., Bredenstein S., Roß F., Witte H.: Deterministic development of a vibrational interface. In: Sumpor D.; Salopek Čubrić I.; Jurčević L.; Čubrić G. (Hs.): Book of Proceedings of the 7th International Ergonomics Conference "ERGONOMICS 2018 – Emphasis on Wellbeing".
- Nielsen, J. (1995): How to Conduct a Heuristic Evaluation. Fremont (Jacob Nielsen's Alert-box). Online available: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>, zuletzt abgerufen am 10.12.2018.
- Rantala, J.; Raisamo, R.; Lylykangas, J.; Surakka, V.; Raisamo, J.; Salminen, K.; Pakkanen, T.; Hippula, A. (2009): Methods for Presenting Braille Characters on a Mobile Device with a Touchscreen and Tactile Feedback, In IEEE Transactions on Haptics, 2009 Vol. 2 (1), pp. 28-39. ISSN: 1939-1412.
- VDI 2221 Verein Deutscher Ingenieure (1993): Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Berlin, Beuth Verlag GmbH. (in German).
- www1 (2018): <https://araig.com/>. Internetquelle, Homepage der Fa. ARAIG. Zuletzt abgerufen am 16.12.2018.
- www2 (2018): <http://www.citroenet.org.uk/passenger-cars/psa/c6/images/ldws.jpg>. Zuletzt abgerufen am 16.12.2018.
- www3 (2018): <https://media.springernature.com/lw736/springer-cms/rest/v1/img/7367980/v2/4by3>. Zuletzt abgerufen am 16.12.2018.



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