

Jens Krzywinski · Mario Linke · Christian Wölfel (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zum Industrial Design



Jens Krzywinski · Mario Linke · Christian Wölfel (Hrsg.)
ENTWERFEN ENTWICKELN **ERLEBEN** 2016 · Beiträge zum Industrial Design

Jens Krzywinski · Mario Linke · Christian Wölfel (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zum Industrial Design

Dresden · 31. Juni – 1. Juli 2016

Programmkomitee Design

Jun.-Prof. Dr. Jens Krzywinski, TU Dresden

Prof. Dr. Sarah Diefenbach, LMU München

Lutz Dietzold, Rat für Formgebung

Prof. Dr. Marc Hassenzahl, Folkwang Universität

Prof. Michael Lanz, Joanneum Graz/Designaffairs

Mario Linke, Audi Design Ingolstadt

Prof. Dr. Thomas Maier, Universität Stuttgart

Matthias Willner, Dräger

TUD*press* | **TECHNISCHES DESIGN** | 10

Entwickeln – Entwerfen – Erleben 2016.
Beiträge zum Industrial Design
Herausgeber:
Jens Krzywinski, Mario Linke und Christian Wölfel

Reihe Technisches Design Nr. 10
reihe.technischesdesign.org

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 978-3-95908-061-3

© 2016 TUDpress
Verlag der Wissenschaften GmbH
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19
<http://www.tudpress.de>

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.
Layout und Satz: Technische Universität Dresden.
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration © 2016 TU Dresden
Printed in Germany.

Erscheint zugleich auf QUCOSA der SLUB Dresden
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-203863>





KOMPLEXITÄT DREHT SICH IMMER NUR IM KREIS.



EINFACH TRIFFT ENTSCHEIDUNGEN.

Komplexität bremst Ihr Business aus. Denn je gewaltiger die Informationsflut, desto schwieriger die Entscheidungsfindung. SAP arbeitet daran, Dinge zu vereinfachen. Damit aus Daten Wissen und aus Wissen fundierte Entscheidungen werden, die Ihr Unternehmen weiterbringen. Finden Sie heraus, wie gemeinsam einfach möglich wird auf sap.de/runsimple



Run Simple

Inhalt

Hybride Prototypen im Design Sebastian Lorenz · Maria Klemm · Jens Krzywinski	11
Anwenderintegration in strategische Designprozesse von Industriegütern Frank Thomas Gärtner	23
Die Relevanz semiotischer Dimensionen als „System der möglichen Fehler“ für die Usability Klaus Schwarzfischer	37
Service Design = Kognitives Design – Über die Gestaltung von Berührungspunkten und Perzeption in analogen und digitalen Benutzungskontexten Oliver Gerstheimer	51
Design und User Experience in der Flugsicherung – Assistenzsystem zur Fernüberwachung im Multi-Airport-Betrieb Rodney Leitner · Astrid Oehme	63
Die Gestaltung in Zeiten der Digitalen Revolution Gerhard Glatzel	79
Designing a Sustainable Future with Mental Models Anke Bernotat · Jürgen Bertling · Christiane English · Judith Schanz	91
Design in globalen Industrien – Ein Blick hinter die Kulissen von Dräger Herbert Glass · Matthias Willner	105
Untersuchung von emotionalen Wirkungsmechanismen im Produktdesign Mareike Roth · Oliver Saiz	115
Strak als Schnittstelle zwischen Design und Konstruktion – Ergebnisse einer Prozessberatung bei Miele Norbert Hentsch · Matthias Knoke	127

Feasibility Design – „Designqualität in Serie bringen“ Knut Lender	139
Experimenteller Ansatz zu Effekten subjektiven Erlebens in VR- basierter Risikobeurteilung Patrick Puschmann · Tina Horlitz · Volker Wittstock · Astrid Schütz	153
Simulation komplexer Arbeitsabläufe im Bereich der digitalen Fabrik Thomas Kronfeld · Guido Brunnett	169
Vom Wert der designerischen Perspektive des Erlebens beim Re- Engineering von Produkten: ein Best-Practice-Project Philip Zerweck	183
Vorgehensweisen zum Einsatz universitärer Produktentwicklung als Innovationstreiber Bernd Neutschel · Martin Wiesner · Michael Schabacker · Sandor Vajna	197
Considering emotional impressions in product design: Taking on the challenges ahead Susan Gretchen Kett · Sandro Wartzack	215
Methode zur Verbesserung der Usability durch gezielte Förderung mentaler Modelle Marcus Jenke · Karoline Binder · Thomas Maier	233

Hybride Prototypen im Design

Sebastian Lorenz · Maria Klemm · Jens Krzywinski

1 Einführung

Die Verwendung von Prototypen besitzt eine zentrale Rolle bei der Produktentwicklung und im Designprozess (Camere et al. 2016). Wie Camere und Bordegoni feststellen hat sich der Fokus der Designdisziplin auf Funktionalität um die Aspekte der Usability und der User Experience erweitert. Damit einhergehend hat sich auch die Rolle der Prototypen von Funktionsmustern und Präsentationsobjekten um die Funktionen als Evaluierungs- und Versuchsobjekte ergänzt. Die Integration von Nutzern in den Designprozess ist dabei ein weiterer Punkt bei denen Prototypen ein wichtiges Werkzeug zur Kommunikation und kooperativen Arbeit liefert (Schneider 1996). Die Integration von Prototyping-Methoden in den unterschiedlichen Phasen des Designprozesses führt zu unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich der Form und Aufgabe der Prototypen. Entsprechend vielfältig sind die heute verwendeten Arten von Prototyping.

Im Bereich des Produkt- oder Industriedesigns haben physische (stoffliche) Prototypen eine lange Tradition. Unterschiedliche Herstellungsverfahren, Materialien und Maßstäbe ermöglichen ein großes Feld hinsichtlich der Kriterien Kosten, Aufwand auf der einen und realitätsnähe und Funktionsumfang auf der anderen Seite. Form- und Funktionsmodelle aus Schaum, Holz, Papier, Kunststoff sind dieser Kategorie zuzuordnen. Sie ermöglichen eine gute Bewertbarkeit der Proportionen, der ästhetischen Wahrnehmung und der Funktionalität. Diese Bewertbarkeit steht jedoch in der Regel einem vergleichsweise hohen Herstellungsaufwand gegenüber.

Das und die teilweise hochiterativen und beschleunigten Designprozesse erfordern veränderbare, leicht und schnell herzustellende und günstige Modelle. Aufgrund der umfassenden Verwendung digitaler Entwurfswerkzeuge, wie zum Beispiel CAD-Umgebungen machen aktuell digitale (nicht-stoffliche) Prototypen den Großteil der Modelle aus (Bordegoni et al. 2011). Diese lassen sich schnell verändern und in beliebigen Szenarien betrachten. Technologien wie Datenbrillen und Tracking erlauben mittlerweile eine fast

realistische Navigation in digitalen Räumen (Bao et al. 2002, Frund et al. 2004).

Bei den digitalen Prototypen stehen die hohe Flexibilität und Interaktivität einem hohen Aufwand bei der Erzeugung realistischer Darstellungen und Umgebungen gegenüber.

2 Hybride Prototypen

Als Hybride bezeichnen wir Prototypen die physische (stoffliche) und digitale (nichtstoffliche) Ausprägungen zusammenbringen. Mit diesen wollen wir die Vorteile von physischen Prototypen hinsichtlich Erfahrbarkeit, Bewertung und Haptik mit denen von digitalen bei Flexibilität, Interaktivität und Funktionsabbildung zusammenbringen.

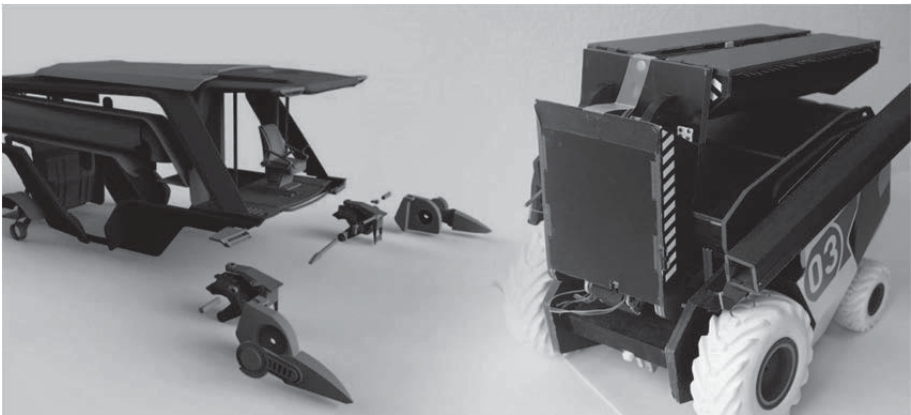


Abbildung 1: Beispiele für physische und digitale Prototypen



Abbildung 2: Beispieldarstellung einer AR-Informationsvisualisierung auf einem physischen Objekt

	Aktionsraum	Einsatzstatistiken	Problemstellung	gest. Details	techn. Details	CAD-Daten	Renderings	Variation	Feedback
Beleuchtung-statisch									
Beleuchtung-wechseln									
Standbild									
Standbild + Bel									
Standbild +Bel.w.									
Standbild-wechselnd									
Standbild w. + Bel									
Standbild w. +Bel.w.									
bewegliche Bilddaten									
bew. Bilddaten+ Bel.w.									
Text/Grafik – statisch									
T/G+Standbild									
Text/Grafik – wechselnd									
T/G-w. + Bel.w.									
T/G-w. + st.B									
T/G-w. + st.B. w.									
T/G-w. + bew. BD									
Text/Grafik – animiert									
T/G-an + Bel.w.									
T/G-an + st.B									
T/G-an + st.B. w.									
T/G-an + bew. BD									

Abbildung 3: Anforderungen und Fähigkeiten hybrider Prototypen im Designprozess

Dabei ergibt sich mit dem Stand der Technik in Fertigungsverfahren, Visualisierungs- und Interaktionstechnologien eine Vielzahl interessanter Ausprägungen hybrider Prototypen (Müller et al. 2016). Mit mobilen und verbauten Displays oder Projektoren lassen sich statische Bildern und gescrriptete oder interaktive Animationen auf, an oder in Umgebung physischer Modellen darstellen. Dies ermöglicht die Kontextuierung der Prototypen durch unterschiedliche Settings und Anwendungsszenarien. Durch Sensoren, beispielsweise zur Gesten- oder Lageerkennung, lassen sich diese Prototypen darüber hinaus interaktiv gestalten, womit eine besseres Verständnis und Wahrnehmungstiefe erzeugt werden kann (Tversky et al. 2002). Die uns heute zur Verfügung stehende Tracking-Technologien (Kinect, LeapMotion) erlauben eine direkte Interaktion mit den digitalen Elementen (Leap Motion, Pereira et al. 2015). Augmented Reality Frameworks, die mittlerweile sehr einfach in der Handhabung sind, erlauben eine digitale Erweiterung realer Objekte um digitale Elemente wie Grafiken, 3D-Modelle und simulative Virtual-Reality-Umgebungen (ARToolkit, <http://artoolkit.org>, Mine et al. 2015).

Das ist besonders interessant unter dem Aspekt damit ein Entwurfstool zur Verfügung zu stellen, mit dem einerseits eine hohe Variantenvielfalt umgesetzt und zu dem die Kommunikation komplexer Inhalte unterstützt werden kann.

2 Aktuelle Projekte

Interdisziplinäres Sommerprojekt

Mit dem „interdisziplinären Sommerprojekt“ wurde 2015 ein neues Projektformat für Studierende initialisiert. Zusammen mit einem Industriepartner beschäftigten sich insgesamt 26 Studenten aus den Disziplinen Kraftfahrzeugtechnik, Technisches Design, Mediengestaltung und Wissensarchitektur unter dem Projektthema „wirkliches Erleben“ mit Visionen zukünftigem Fahrerlebens und entwickelten verschiedene Ansätze multimodaler Interaktion und Erlebiskonzepte. Die multimodale Einbeziehung des Passagiers in die Fahrzeugumgebung adressiert eine stärkere Verbindung zwischen Mensch und Maschine um der zunehmenden Entkopplung des Menschen aus dem Fahrerleben zu begegnen.

Die kooperative und experimentell orientiertere Arbeitsform forderte ganz automatisch das Zusammenbringen der in den einzelnen Disziplinen üblichen Prototypenformen. Das in der User-Interface-Gestaltung typische Paperprototyping wurde kombiniert mit Sitzkisten und Arbeitsmodellen von Bedienelementen. Interaktionen wurden in VR-Umgebungen und Projektio-

nen umgesetzt und verschmolzen mit den physischen Modellen zu einem medienübergreifenden Testobjekt.

Im Ergebnis des Projektes entstanden zwei hybride Sitzkisten. Die multimodalen Erlebensaspekte waren durch die physische Umgebung und teilweise haptischen Bedienelemente und Gestensteuerung und eine damit angesteuerte VR-Umgebung erfahrbar. Unterstützt durch Lautsprecher und Projektionen entstanden damit komplexe Prototypen die die Ideen der Studierenden umfassender kommunizieren konnte als eine der Modellformen allein hätte leisten können. Während die physischen Komponenten eine reale Umgebung lieferten konnte mit den digitalen Aspekten Interaktionen und Funktionen abgebildet werden, die entweder technologisch noch nicht erschlossen sind oder in der Realisierung einen sehr viel größeren Aufwand bedeutet hätten.



Abbildung 4: Interaktive Sitzkiste als Ergebnis des interdisziplinären Sommerprojektes

Cab Concept Cluster

Im Rahmen des Industrieprojektes „Cab Concept Cluster“, ein Verbundprojekt mit dem Ziel einer kooperativen Kabinenentwicklung mehrerer Zulieferer, nutzten wir eine interaktive VR-Umgebung zusammen mit einem realen Kabinenprototyp.

Während die der Kabinenprototyp technische Funktionskomponenten zusammenführte und eine Interaktion mit den Funktionen über die etablierten Bedienelemente wie Hebel, Joysticks und Touchpanels realisieren konnte, erlaubt das VR-Setting die Abbildung eines Einsatzszenarios und stellt darüber hinaus eine variables Entwurfsumgebung als Entwicklungswerkzeug zur Verfügung. Darin bot die Kombination beider Prototypen Interaktionsformen, die technologisch im physischen Prototyp nicht umgesetzt werden konnten. Mit der VR war es möglich relevante Funktionen durch Blicksteuerung zu bedienen, eine Sichtbereichserweiterung und neue Informationsvisualisierungen beispielsweise an den Scheiben und dem Werkzeug zu zeigen. Auch das dynamische Zusammenspiel der Funktionen im Anwendungskontext zu simulieren war in diesem Fall nur mit der VR-Umgebung möglich.



Abbildung 5: Darstellung der virtuell implementierten HMI-Komponenten

Aktuell untersuchen wir, wie sich die Verschränkung physischer und digitaler Prototypenarten noch verstärken lässt und wie sich solche Prototypen im Entwurfsprozess integrieren lassen. Im Rahmen eines Einzelprojektes werden dabei unterschiedliche Kombinationen physischer Modelle und Technologien zur Interaktion und Darstellung virtueller Elemente hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und ihrer Passfähigkeit untersucht. Dabei spielen die in den einzelnen Phasen verfügbaren Daten ebenso eine Rolle wie die Faktoren Kosten, Zeitaufwand sowie konkreten Aufgaben die den Prototypen in den einzelnen Phasen zukommt. Das Mapping von Bildern und Animationen auf Objekte, AR-Applikationen und Tangible-basierte Interaktionsformen sind dabei für uns besonders interessant. Diese bieten eine gute Skalierungsfähigkeit und sind damit gut geeignet für iterative Prozesse und die sich im Laufe des Designprozesses verändernden Anforderungen und Aufgaben.



Abbildung 6: Konzept: Hybrider Prototyp aus physischem Fahrzeugmodell und interaktiver Projektion der Umgebung

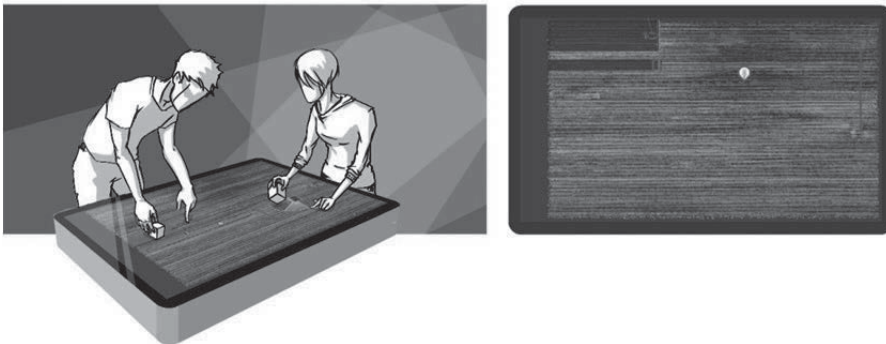


Abbildung 7: Konzept: Hybrider Prototyp aus interaktiven Tangibles als physische Repräsentanten von Fahrzeugen eines agrartechnischen Schwarmkonzeptes

3 Diskussion

Die bisherigen Projekte legen nahe, dass hybride Prototypen ein umfassenderes Erleben unserer Entwürfe erlaubt. Der verstärkte Objektbezug bei statischen Visualisierungen, und die vergrößerte Informationsbandbreite durch Animationen sowie die durch Interaktive Elemente unterstützte Immersion machen den Informationsaustausch effektiver. Der reduzierte Erstellungsaufwand, kurze Vorbereitungszeiten und die Nutzung der digitalen Variationsmöglichkeiten effizient und qualifiziert das hybride System für iterative Entwurfsprozesse.

Die Simulation von Funktionen in einer digitalen Anwendungsumgebung erlaubt die Kontextuierung der Entwürfe und macht die Grenze des technologisch realisierbaren überschreitbar. Damit eignet sich diese Form des Prototyping gut für die Implementierung in den Entwicklungsprozess und unterstützt Ausblick und Evaluation von Konzepten als Basis einer Zielformulierung für Entwicklungsbemühungen.

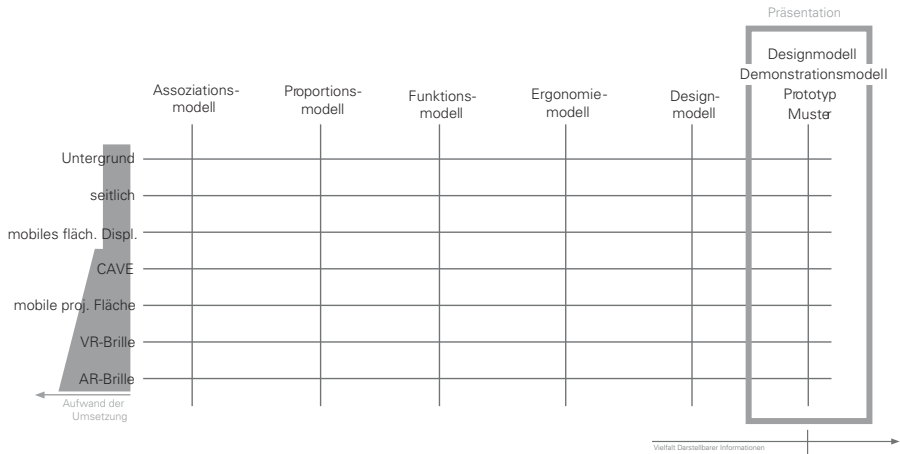


Abbildung 8: Plausibilitätsprüfung verschiedener Visualisierungstechnologien im Kontext der Aufgabe des Prototyps

Besonders zielführend erscheint für uns neben dem Einsatz als Entwurfswerkzeug, die Verwendung solcher hybriden Prototypen als Evaluationswerkzeuge für Fragestellungen der User Experience. Folgende zwei Fragestellungen sind dafür u.a. zu bearbeiten:

1. welche Ausprägungen der Hybridisierung dafür besonders geeignet sind und eine gute Abschätzung hinsichtlich einzelner Aspekte von User Experience liefern können.
2. ist ebenso relevant, zu verstehen welchen Einfluss die notwendige Abstraktion und Massstäblichkeit auf den Evaluationsprozess hat.

4 Ausblick

In Dresden werden zukünftige Entwurfsprojekte zielgerichtet weitere Ausprägungen hybrider Prototypen erzeugen und evaluieren. Aktuell entstehen zwei Versuchsprototypen aus einer Auswahl von vier Aufbauten die grundsätzlich für eine Implementierung geeignet scheinen und sowohl einfache als auch komplexe Umsetzungen repräsentieren. Die physischen Modelle sind bereits vorhanden. Die Umsetzung der digitalen Anreicherung wird uns zeigen welche Aufwände, Ressourcen und welches Know-How für die Umsetzung erforderlich sind. Anhand der Ergebnisse kann eine Evaluation hinsichtlich der Qualität und der Verständlichkeit der bereitgestellten Informationen im Vergleich zu herkömmlichen Modellen getroffen werden. Die erarbeiteten Frameworks werden im Rahmen weiterer Projekte weiterentwickelt und ausgebaut werden.

Ein weiterer zentraler Aspekt für die Verwendung hybrider Modelle ist, diese für die User- Experience-Evaluation von Human-Machine-Interaction (HMI) in frühen Phasen der Produktentwicklung zu nutzen. Als Vorteile sehen wir die Möglichkeiten komplexe Interaktions- und Informationsräume durch die Kombination mit physischen Objekten und Umgebungen anwendungs- und nutzerorientiert abbilden zu können. Der reduzierte Aufwand zur Erzeugung der Testumgebung und des notwendigen Datenstandes bei einer vergleichsweise hohen Realitätsnähe. Damit können anwendungs-basierte Tests früh im Entwicklungsprozess erhoben werden und Informationen zur Usability und User Experience liefern. Das ist zum Beispiel besonders relevant für größere Entwicklungsschritte bei hochgradig erfahrungsgeprägten Bedienungsaufgaben und -umgebungen wie beispielsweise mobilen Arbeitsmaschinen. Dazu konnte wir erste Erfahrungen bei Entwicklungsprojekten im Bereich der Agrar- und Baumaschinen sammeln. Dazu gehören unter anderem:

- die Entwicklung und durch hybride Prototypen gestützte Evaluation von assistiven HMI-Systemen im Bereich der Agrartechnik (Siems et al. 2016)
- die Kommunikation Interaktionsmöglichkeiten durch Blicksteuerung bei der Bedienung von Radladern ein einer simulativen VR-

Umgebung unter Verwendung einer deckungsgleichen physischen Umgebung

Literaturverzeichnis

- ARToolkit, <http://artoolkit.org>.
- Bao, J.S., Jin, Y., Gu, M. Q., Yan, J.Q., Ma, D.Z. 2002: Immersive Virtual Product Development. *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 129, pp. 592-596. Elsevier, Amsterdam, New York
- Bordegoni, M.; Ferrise, F.; Lizaranzu, J. 2011: Use of Interactive Virtual Prototypes to Define Product Design Specifications: A Pilot Study on Consumer Products. In: *Proc. ISVRI 2011*, pp. 11-18. IEEE, New York
- Camere S., Bordegoni M. 2016: A Lens on future products: an expanded notion of prototyping practice. *International Design conference – design 2016*, Dubrovnik
- Frund, J., Gausemeier, J., Matysczok, C., Radkowski, R. 2004: Cooperative Design Support within Automobile Advance Development using Augmented Reality Technology. In: *Proc. CSCW 2004*, vol.2, pp. 492-497. ACM, New York
- Leap Motion for Virtual Reality, <https://www.leapmotion.com/product/vr>.
- Müller, M.; Günther, T. et al. 2016: Smart Prototyping – Improving the Evaluation of Design Concepts using Virtual Reality. *HCI international 2016*, Toronto
- Mine, M., Yoganandan, A et al. 2015: Principles, interactions and devices for real-world immersive modeling. In: *Computers & Graphics Bd.48*, S. 84-98
- Pereira, A., Wachs, J. et al. 2015: A User-Developed 3-D Hand gesture Set for Human-Computer Interaction, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Bd. 57, Nr. 4, S. 607-621
- Schneider, K. 1996: Prototypes as Assets, not Toys: Why and How to Extract Knowledge from Prototypes, *Proceedings of the 18th international conference on Software engineering*, IEEE Computer Society, Berlin
- Siems, F., Krzywinski, J., et al. 2016: Adaptive Assistenzsysteme – Konzeptionell und umsetzbar: Eine interdisziplinäre Betrachtung am Beispiel von Agrarsystemen In: *Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!*, 62. GfA-Frühjahrskongress, Aachen.
- Tversky, B., Morrison, J. B., Betrancourt, M. 2002: Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studie*, vol. 57(4), pp. 247–262. Elsevier, New York
- Wang, J., Lindeman, R. 2015.: Coordinated hybrid virtual environments: Seamless interaction contexts for effective virtual reality. In: *Computers & Graphics Bd. 48*, S. 71–83

Kontakt

Jun.-Prof. Jens Krzywinski
Dipl.-Ing. Sebastian Lorenz
TU Dresden
Juniorprofessur für Technisches Design
01069 Dresden
www.tu-dresden.de/design

Anwenderintegration in strategische Designprozesse von Industriegütern

Frank Thomas Gärtner

Abstract

Das laufende Forschungsvorhaben gliedert sich in drei Untersuchungsbereiche. In der vorliegenden Veröffentlichung werden die Ergebnisse der bereits durchgeführten, ersten qualitativen Befragung mit Designmanagern, Designern und Entwicklungsfachleuten dargestellt. Befragt wurden hierbei sowohl Unternehmen als auch Designagenturen, die für diese Unternehmen als externe Dienstleister arbeiten.

Es wird gezeigt, welche internen und externen Anwender im Designprozess eingebunden werden und welche Methoden dazu verwendet werden. Auch der Zeitpunkt, wann Anwender im Designprozess integriert werden, ist Teil der Auswertung. Ergänzt werden diese Daten durch die Darstellung der möglichen Chancen und Risiken, die in Bezug auf eine Anwenderintegration gesehen werden

Einer strategischen Anwenderintegration werden generell große Chancen eingeräumt, es ist jedoch nicht klar, wie man diese sinnvoll und ergebnisorientiert in einen Designprozess implementiert. Die Auswertung der Anwenderdaten stellt bislang die größte Hürde für eine Anwenderintegration dar.

Einleitung

In den frühen Phasen der Produktentwicklung lassen sich Fehlentwicklungen aufgrund der hohen, stetig steigenden Komplexität und dem Zeitdruck nur schwer rechtzeitig identifizieren und korrigieren. Daher ist die anwenderorientierte Produktentwicklung im Industriegüterbereich ein zentrales Ziel einer strategischen Vorgehensweise. Durch die Integration von Anwendern können entscheidungsrelevante Informationen zur richtigen Zeit in den Designprozess eingebunden werden.

Die positiven Auswirkungen durch die Einbindung von Kunden in den Innovationsprozess sind durch mehrere Studien im Industrie- und Konsumgüterbereich aus der Sicht der Betriebswirtschaft und des Innovationsmanagements bestätigt worden. (vgl. Lüthje 2000, Reichart 2002, Reichwald, Piller, 2008, Schuhmacher 2009).

Die grundlegende Hypothese dieser Untersuchung lautet: Eine Anwenderintegration in strategische Designprozesse führt zu erfolgreicherer Produkten sowohl im Sinne des Unternehmens als auch im Sinne der Anwender dieser Produkte.

Es fehlen aber konkrete Erkenntnisse darüber, wie eine Einbindung von Anwendern in strategische Designprozesse von Industriegütern gemacht wird und welche Ergebnisse sich daraus ableiten lassen. Neben den Kunden gibt es in Bezug auf das Produktdesign und dessen Designprozess weitere Anwendergruppen, die für eine erfolgreiche Produktentwicklung berücksichtigt werden müssen.

In der vorliegenden ersten Teilstudie wird untersucht, welche Möglichkeiten es gibt, reale Anwenderbedürfnisse in den Designprozess von technologieorientierten Produkten zu integrieren. In dieser qualitativen Untersuchung und deren Auswertung liegt der Fokus auf der Betrachtung des geeigneten Zeitpunktes, der angewendeten Methoden sowie auf den Chancen und Risiken einer Anwenderintegration im Design- bzw. frühen Produktentwicklungsprozess.

Ziel ist die Identifizierung geeigneter strategischer Vorgehensweisen, Methoden und Voraussetzungen zur Einbindung von Anwendern in den Designprozess.

Aufbau der Studie

Die empirische Untersuchungsphase der Arbeit wird im Sinne eines Mixed-Methods Ansatzes in verschiedene qualitative und quantitative Teiluntersuchungen aufgeteilt. Im ersten Schritt wird eine Voruntersuchung in Form von qualitativen Leitfadeninterviews mit Unternehmen aus verschiedenen Branchen geführt. Befragt werden Führungspersonen aus dem Design- und Entwicklungsbereich aus den Bereichen Maschinen-/Anlagenbau, Medizintechnik und aus Designagenturen, welche für diese Branchen als externe Dienstleister arbeiten.

Aus jedem Bereich werden mehrere Unternehmen befragt, um eine bessere Aussagekraft dieser Stichprobe zu erhalten. Diese Interviews sind vom Verfasser selbst durchgeführt worden und nachfolgend sind die Ergebnisse aus dieser Befragung erstmalig veröffentlicht.

Die qualitativen Ergebnisse werden im nächsten Untersuchungsschritt einer Expertengruppe zur Kommentierung vorgelegt und mit deren eigenen Standpunkten zum Thema verglichen.

Auf Basis dieser Daten wird die Hauptuntersuchung aufgebaut und optimiert. Die Hauptuntersuchung wird quantitativ als umfassende Befragung der oben genannten Branchen durchgeführt.

Die drei Untersuchungsstufen

1. Voruntersuchung: Qualitative Leitfadeninterviews (n = 10)
2. Expertenrunde: Eigene Standpunkte formulieren und die qualitativen Ergebnisse diskutieren
3. Hauptuntersuchung: Quantitative Befragung mit einem standardisierten Fragebogen

Qualitative Voruntersuchung

Befragt wurden Entscheider aus technologiegeprägten Unternehmen im deutschsprachigen Raum mit ca. 500–5.000 Mitarbeiter. Diese Personen kommen aus den Bereichen Geschäftsleitung, Geschäftsführung, Designleitung, Forschung und Entwicklung, Bereichsleitung, Marketing und Produktmanagement. Die Befragung beinhaltet auch Führungskräfte aus Designagenturen, die für diese Unternehmen als Dienstleister arbeiten.

Untersuchungsmodell des Produktentwicklungsprozesses

Die Interviews wurden auf Basis eines einheitlichen, vereinfachten Modells des Produktentwicklungsprozesses durchgeführt. Die Überlappung einzelner Entwicklungsschritte und auch die Tatsache, dass es sich in der Praxis um einen iterativen Prozess in jeder der Phasen handelt, wurden aufgrund der beschränkten Interviewzeit nicht berücksichtigt. Dieses vereinfachte Modell wurde den Interviewpartnern vorab erläutert. Das Modell stellt einen linearen aufeinander aufbauenden Prozess dar, der in drei Hauptphasen unterteilt ist.

Die frühen Phasen von der Entstehung und Identifizierung des Bedürfnisses, über die Ideenphase bis zur Designphase. Diese frühen Phasen enden mit der Entscheidung über das auszuführende Designkonzept, auch Design-Freeze genannt. Diese Phasen stehen im Fokus dieser Untersuchung.

Die Umsetzungsphasen, bestehend aus der technischen Entwicklung, der Konstruktion und der Prototypenphase, beinhalten die technische und inhaltliche Umsetzung des Designkonzepts in reale Prototypen, Nullserien und schließlich die Überführung in das fertige Produkt.

Die *Marktphasen* bilden schließlich die Serienproduktion, die Markteinführung und -bearbeitung ab, sowie den ganzen Servicebereich rund um das Produkt.

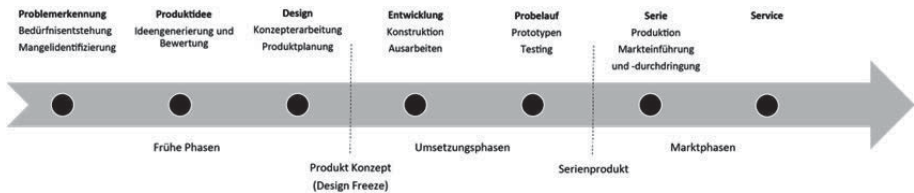


Abbildung 1: Vereinfachter Produktentwicklungsprozess

Im Zeitraum von Juli bis September 2015 wurden insgesamt 10 Führungspersönlichkeiten aus den zuvor genannten Branchen persönlich befragt. Das Thema stieß auf großes Interesse bei den Interviewten. Das unterstreicht die hohe Relevanz des Themas für die Praxis. Sehr positiv wurde die Tatsache aufgenommen, dass es im Designbereich eine Untersuchung dieser Art gibt. Teilweise wurden die Anfragen für ein Interview zu diesem Thema von den Unternehmen abgelehnt, mit der Begründung, dass man selbst in diesem Bereich aktiv ist und keine Daten zum derzeitigen Zeitpunkt nach außen geben möchte.

Die Verteilung innerhalb der Interviewten ist wie folgt:

- 6 Unternehmen aus dem Bereich Maschinen/
Anlagenbau/ Medizintechnik
- 4 Design-Agenturen

Basis für die Befragung ist ein zuvor ausgearbeiteter Interviewleitfaden mit 20 Fragen zu den Themenfeldern Person (4), Produkt (4), Anwender (6) und Unternehmensstrategie (5), sowie eine offene Frage zu weiteren Themenkomplexen im Kontext der Anwenderintegration (1).

Die Interviews wurden mit Einverständnis der Interviewten digital aufgezeichnet. Ein Interview wurde aufgrund des fehlenden Einverständnisses schriftlich protokolliert. Die durchschnittliche Interviewdauer betrug ca. 60 Minuten. Zuvor wurden den Interviewten die Person des Interviewers und das Forschungsprojekt vorgestellt und erläutert.

Die daraus folgenden Tonaufzeichnungen sind im Zeitraum September-November 2015 wörtlich transkribiert worden.

Interviewpartner

Berufserfahrung

Die Interviewpartner verfügen durchweg, bis auf eine Ausnahme, über langjährige Berufserfahrung im Design- und Produktentwicklungsbereich. Teilweise liegt die Berufserfahrung deutlich über 20 Jahre. Entsprechend fundiert konnten die Personen Auskünfte zu den unterschiedlichsten Bereichen des Designprozesses geben.

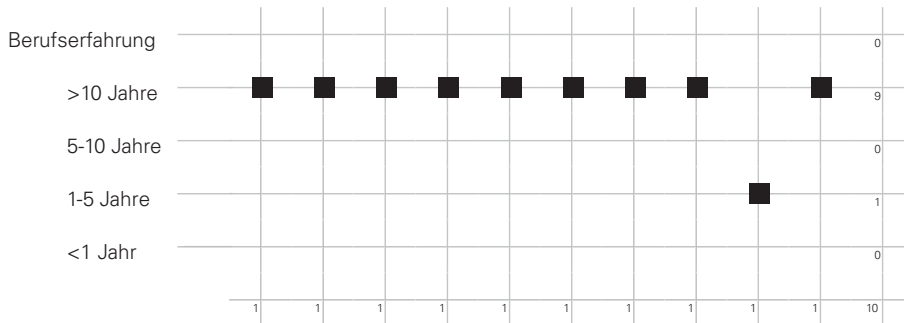


Abbildung 2: Berufserfahrung der interviewten Personen

Unternehmenszugehörigkeit

Bei der Unternehmenszugehörigkeit, die auch ein Indiz für die Branchen- und Produktkenntnis darstellt ist das Bild deutlich heterogener. Alle Befragten sind in Ihrem Produkt- und Branchenbereich gut aufgestellt und kennen ihre und die Produkte des Wettbewerbs sehr gut.

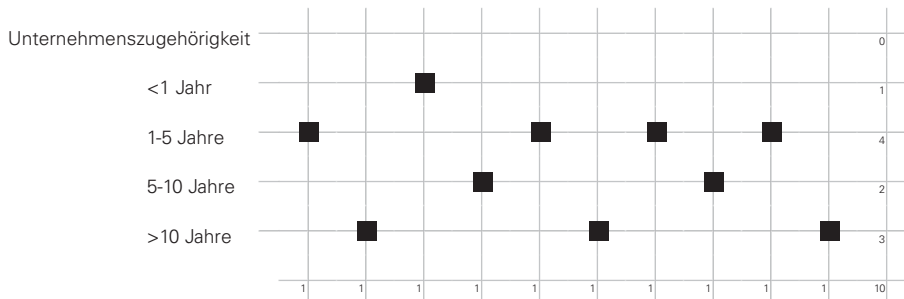


Abbildung 3: Unternehmenszugehörigkeit der interviewten Personen

Position

Das jeweilige Tätigkeitsfeld der Interviewten und die Position innerhalb des Unternehmens sind der Untersuchung entsprechend im oberen Bereich der Unternehmensführung und Unternehmensleitung angesiedelt. Sieben der zehn Personen arbeiten direkt im Designbereich, drei davon direkt in der jeweiligen Geschäftsleitung. Ein Global-Marketing Manager und zwei Entwicklungsleiter ergänzen die Untersuchungsstichprobe. Alle Beteiligten haben direkten Bezug zum Bereich Design und/oder arbeiten mit Designern eng zusammen.

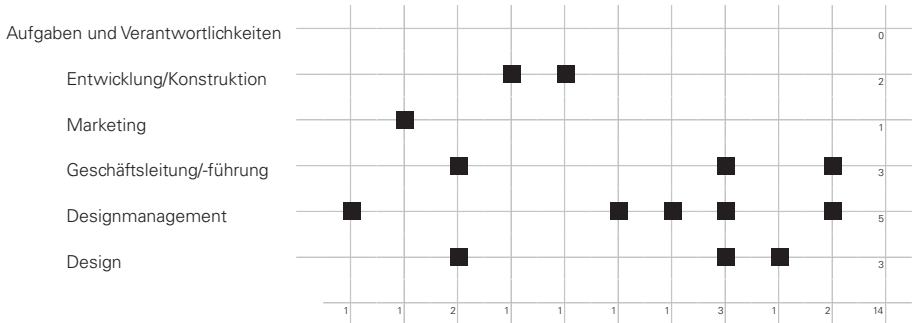


Abbildung 4: Position innerhalb des Unternehmens

Anwenderintegration

Anwender

Um die nachfolgenden Ergebnisse besser einordnen zu können wird der Begriff des Anwenders im Kontext dieser Studie wie folgt definiert:

Unter dem Begriff Anwender werden im Rahmen dieser Untersuchung alle Personen oder Institutionen zusammengefasst, die mit dem Produkt im Laufe seines Produktlebenszyklus in Berührung kommen. Sei es in der Entwicklung desselben, in der Produktion, in der Logistik, beim Vertrieb oder beim Einkauf. Ebenso wie der Endnutzer, der das Produkt im Sinne seiner ursprünglichen Bestimmung oder in einer anderen Form anwendet und bedient, bzw. gebraucht und verbraucht. Auch der Wiederverwerter nach Ablauf des Nutzungszeitraumes ist ein Anwender im Sinne dieser Definition.

Es gibt somit unternehmensinterne als auch unternehmensexterne Anwender, die alle ihre spezifischen Anforderungen an das Produkt stellen. Der Designprozess hat das Ziel, möglichst viele und vor allem die wichtigen, erfolgsrelevanten Anforderungen und Anwenderbedürfnisse zu identifizieren

und bei der Produktentwicklung zu berücksichtigen. Damit entspricht diese Definition von Anwendern auf den ersten Blick der allgemeinen Definition von Anspruchsgruppen (Stakeholder). Der Begriff Stakeholder beinhaltet jedoch eine vor allem betriebswirtschaftliche Sicht auf die einzelnen Gruppen, so dass aus der Perspektive des Designs, welches sich mehr um die Produkteigenschaften, dessen Charakteristik und Wirkung konzentriert, der Begriff Anwender hier eingeführt wird.

Welche Anwender werden im Design- / Produktentwicklungsprozess eingebunden?

In der Studie wurde die grundsätzliche Unterscheidung in interne und externe Anwender eingeführt, da Positionen, wie z.B. der Einkauf bei beiden Gruppen vorkommen aber ganz unterschiedliche Aufgaben und damit auch andere Personen mit differierenden Bedürfnissen beinhalten.

Interne Anwender im Designprozess

Bei den internen Anwendern werden die Bereiche Vertrieb, Service und Marketing am häufigsten genannt. Hier bestehen in den meisten Fällen belastbare Informationskanäle mit dem Designer oder der Designabteilung. Der Vertrieb und das Marketing sehen sich in der Rolle der „Stimme des Kunden“ und bringen überwiegend aktiv Meinungen und Stimmungen ein. Der Service verfügt über tiefgreifendes Wissen in Bezug auf bestehende Produkte und deren Eigenschaften, die gerne für neue Entwicklungen genutzt werden. Hierzu gibt es, abgesehen von einer Ausnahme, keinen geregelten Prozess innerhalb der Unternehmen.

Es folgen die Bereiche Produktion, Produkt-/Branchenmanagement und die Geschäftsführung. Die Produktion unterstützt den Designprozess in Form von technischem und technologischem Knowhow für die Umsetzung künftiger Konzepte. Das Produkt-/Branchenmanagement wird als Sammelstelle für Anwenderinformation aus anderen Bereichen, insbesondere Informationen und Feed-Back von externen Anwendern verstanden. Die Geschäftsführung wird in ihrer Rolle als aktive Entscheidungsinstanz und als strategischer Richtungsgeber gesehen. Sonstige Mitarbeiter, sowie Mitarbeiter aus anderen Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen werden seltener einbezogen. Das Gleiche gilt für den internen Einkauf.

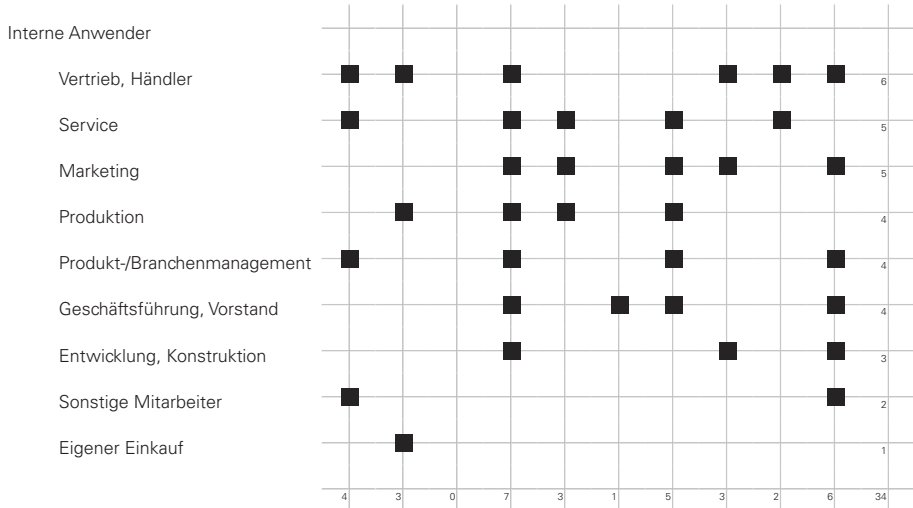


Abbildung 5: Interne Anwender

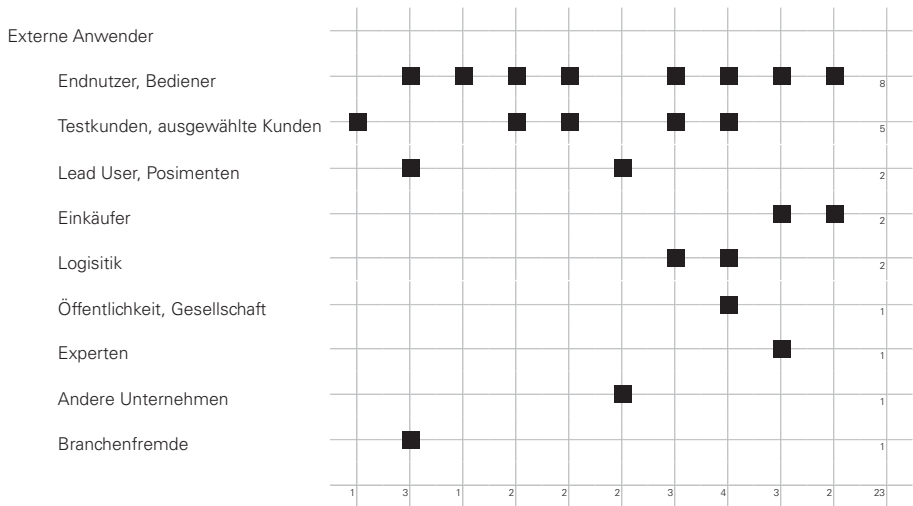


Abbildung 6: Externe Anwender

Externe Anwender im Designprozess

Hier überwiegt die klare Aussage, dass Endnutzer und reale Bediener der Produkte in den Designprozess integriert werden. Viele Unternehmen verfügen demnach über recht feste Verbindungen zu Testkunden oder wählen für das neue Produkt entsprechend passende Kunden aus den vorhandenen Kontakten aus. Fortschrittliche Kunden (Lead User) oder selbstaktive Kunden im Produktentwicklungsbereich werden nur selten beteiligt. Es fällt auf, dass Anwendungsgruppen wie Einkäufer, Logistiker oder andere Anwender selten mit einbezogen werden. Auch die Beteiligung der Öffentlichkeit und von Branchenfremden spielt eine untergeordnete Rolle.

Designprozess: Wann werden Anwender einbezogen?

Die Anwenderintegration (AI) im Designprozess wird von allen Befragten, unabhängig von der Unternehmensgröße und deren strategischer Ausrichtung, befürwortet und bestätigt. Die Hälfte der Befragten geben an, Anwenderintegration kontinuierlich über den ganzen Produktentwicklungsprozess hinweg zu betreiben. Eine Ausnahme bildet die Entwicklungs- und Konstruktionsphase. Hier wird in keinem Fall eine Anwenderintegration betrieben. Der Entwicklungsprozess, inklusive technologischer Entwicklungen und der Konstruktion wird rein intern betrieben. Begründet wird das mit dem bereits feststehenden Konzept (Design Freeze), der hohen Komplexität der technischen Inhalte und dem knappen Zeitplan der Projekte. Erst mit der Realisierung von realen Prototypen werden Anwender wieder in den Prozess mit einbezogen.

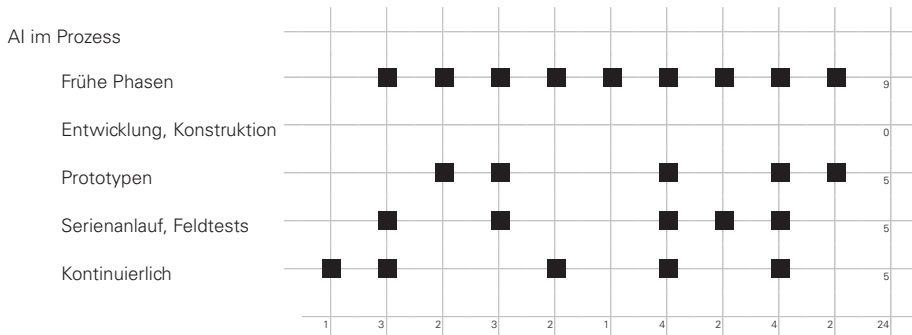


Abbildung 7: Anwenderintegration im Produktentwicklungsprozess

Methoden der Anwenderintegration

Bei den eingesetzten Methoden favorisieren alle Interviewten die jeweils sehr unterschiedlich ausgeprägte Form der Befragung. Von Eins-zu-Eins Befragungen bekannter Testkunden bis hin zu leitfadengestützten Interviews reicht hier die Palette der angewendeten Methoden. Der Unterstützung der Anwenderintegration in Form von Mock-Ups und schnellen Prototypen gerade in der Designphase wird ein hoher Stellenwert eingeräumt. Hier lassen sich schnell und vergleichsweise sicher Ideen und Konzepte prüfen und interaktiv verbessern.

Eine weitere gebräuchliche Methode ist die Durchführung von Workshops, gerade Kick-Off Workshops zu Beginn eines Projektes sind weit verbreitet. In diesen Kick-Off Workshops wird die Integration sowohl interner als auch externer Anwender als selbstverständlich angesehen. Dicht gefolgt von der Anwender-Beobachtung, die ohne vorherige Befragung der Anwender authentische Eindrücke vermitteln kann, wie ein Produkt in der Realität angewendet wird und welche alltäglichen Probleme dabei auftreten können. In dem Fall einer Beobachtung ist die Befragung stets nachgeschaltet.

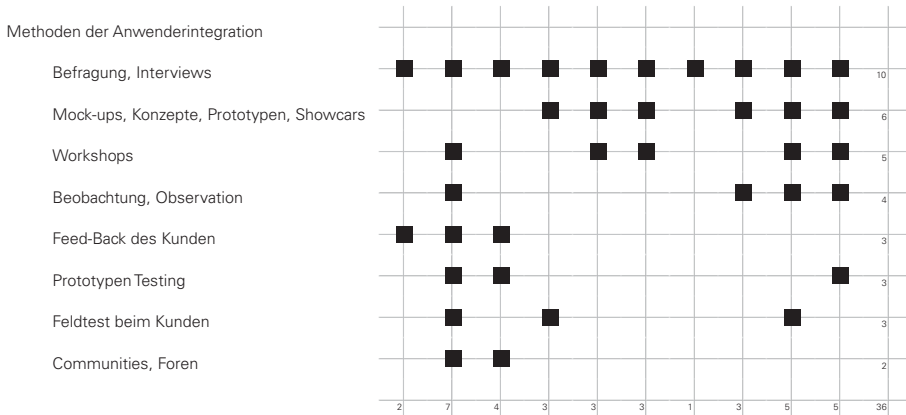


Abbildung 8: Angewendete Methoden der Anwenderintegration

Chancen

Alle Befragten sehen in der Anwenderintegration in den Designprozess eher Vorteile als Nachteile. Die größten Chancen sehen sie, wenn die Einbindung strategisch erfolgt und nachvollziehbar auswertbar ist. Das ist dann der Fall, wenn klar ist, wie die Anwenderintegration in den Designprozess eingebunden wird, welche Ziele sie verfolgt und wie man dorthin gelangt.

Durch die höhere Konzeptreife, die geringeren Änderungsschleifen in späteren Phasen der Produktentwicklung lassen sich nicht nur Kosten sondern auch Zeit einsparen. Die Kosten waren bei keinem der Befragten ein Argument für oder wider einer Anwenderintegration. Das Bewusstsein, dass der Anwender mit in die frühen Phasen des Produktentwicklungsprozess hinein muss, ist durchgängig vorhanden. Es fehlt jedoch meist das entsprechende Konzept dazu.

Das Design bietet zudem die niedrigste Eingangshürde für eine Anwenderintegration, da es hier „keine inneren Barrieren gibt“, wie es eine der interviewten Personen aus dem Designmanagement treffend formuliert hat. Es bietet die Chance, die Anwender mit Ihren Bedürfnissen besser kennen und einschätzen zu lernen, mit dem Ziel innovativere Produkte im Sinne der Anwender und weniger im Sinne einer vorrangig marktorientierten Vorgehensweise zu gestalten und zu entwickeln.

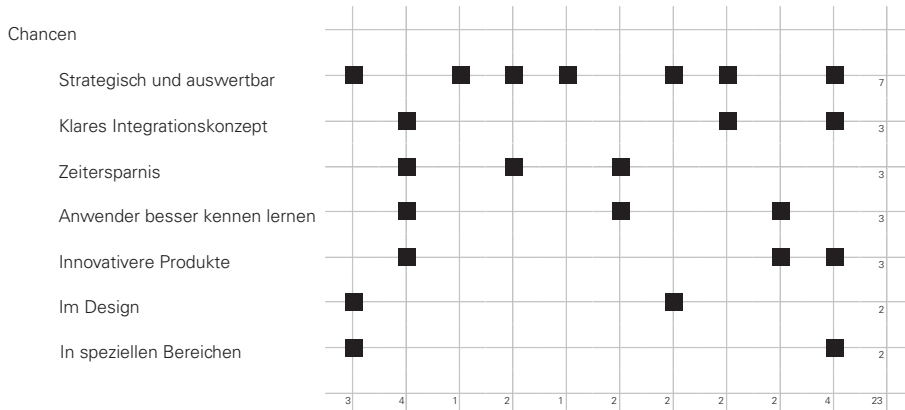


Abbildung 9: Chancen der Anwenderintegration

Hemmnisse und Risiken

Die Beteiligung und das Einbeziehen von Anwendern in den Designprozess sind mit bestimmten Hemmnissen und auch Risiken verbunden. Die größte Hürde für die Anwenderintegration sehen die Befragten in der Schaffung und Durchführung eines geeigneten, praxisnahen Auswertungs- und Bewertungsverfahrens. Die Aussage, man könne einer Einzelmeinung einen zu hohen Stellenwert beimessen ist weit verbreitet. Diese Gefahr hält Einige auch davon ab, Anwender direkt in den Prozess einzubeziehen. In diesen Fällen werden die Kundenmeinungen beispielsweise durch das Produktmanagement gesammelt und vorgefiltert.

Der Faktor Zeit in Form von Verzögerungen im Prozess ist ebenfalls ein oft genanntes Argument gegen die Beteiligung von Anwendern. Die Hälfte der Befragten ist hier jedoch der Meinung, dass die Anwenderintegration bei richtiger Planung keinen Zeitverzug bringt. Das ist nur bei einer ungeplanten Anwenderintegration der Fall.

Kritisch wird auch der Umstand gesehen, dass Anwender und gerade Endnutzer zu gegenwartsbezogen sind und daher nur ein Abbild der Gegenwart liefern können. Dazu passt auch die Aussage, dass bei radikalen Innovationen die Anwender nicht am Prozess beteiligt werden sollten.

Auch eine eventuelle Patentrelevanz des zu entwickelnden Produktes kann gegen eine externe Anwenderbeteiligung sprechen. Diese Aussage ist jedoch eher technologiebezogen und betrifft vor allem die Phase der Entwicklung und Konstruktion. Für die meisten Interviewten stellt die Patentrelevanz im Bereich des Designs kein Risiko dar. Für eine Beteiligung interner Anwender ist das generell kein Hindernis.

Ein gewisses Risikopotential geht auch von vorgefertigten internen Meinungen aus, die entweder veraltet oder auch falsch interpretiert sein können. Der richtige Zeitpunkt für die Anwenderintegration ist ebenfalls teilweise ein Hindernisgrund. Hier fehlt die Klarheit über den Anwendungszeitpunkt und den Nutzen, den man daraus ziehen könnte.

Insgesamt zeigt sich ein recht unsicheres Bild, wann man Anwender einbinden sollte und wie die Zielsetzung dazu aussehen muss. Vor allem die richtige Auswertung der Daten, die man mit dieser Einbindung erzeugt, bereitet große Schwierigkeiten.

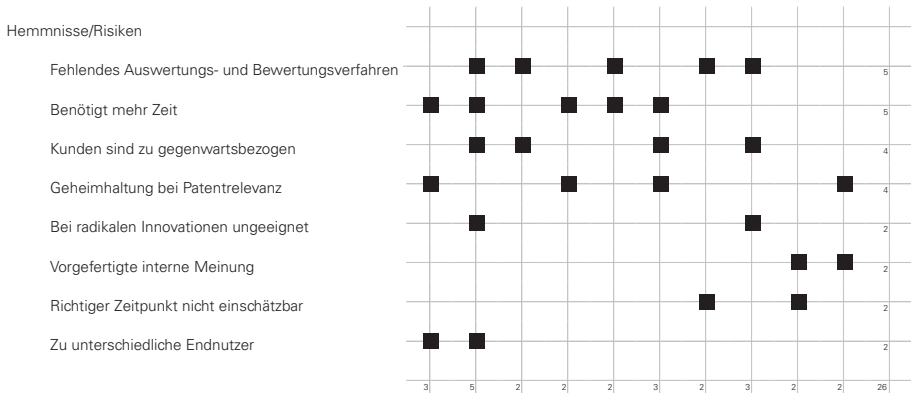


Abbildung 10: Hemmnisse und Risiken der Anwenderintegration

Erste Erkenntnisse

Die Integration von internen als auch externen Anwendern gehört zu einer modernen Produktentwicklung dazu. Dabei kristallisieren sich gerade die frühen Phasen einer Produktentwicklung als besonders geeignet heraus. Innerhalb der frühen Phasen sind Methoden wie schnelle Prototypen, Workshops und vor allem Beobachtungen Methoden, die erfolgreich angewendet werden. Die Methode der Befragung wird hier eher kritisch gesehen, da man aufgrund durchgeführter Befragungen den durchschnittlichen Kunden eine zu hohe Gegenwartsbezogenheit attestiert und somit über Befragungen allein kaum zu zukunftsorientierteren Produkten kommen wird. Die Befragung wird als unterstützende Methode aber sehr oft angewendet. Auch die richtige Reihenfolge der angewendeten Methoden kann über den Erfolg oder Misserfolg einer Anwenderintegration entscheiden. Diese Erkenntnis unterstützt die Hypothese, dass eine strategische Anwenderintegration im Designprozess zu erfolgreicheren Produkten führen kann.

Vorreiter bei der Anwenderintegration sind die Designagenturen, die durchweg mit diesen Methoden arbeiten und diese bei Projekten unterschiedlichster Größenordnungen anwenden. Hier schneiden die Unternehmen deutlich schlechter ab. Eine Ausnahme bildet der Bereich der Medizintechnik, in der der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und des realen Nutzens für den Anwender per Norm nachgewiesen werden muss. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Anwenderintegration ist die Einbeziehung der Anwender beim Vorhandensein erster realer Prototypen nach der Entwicklungsphase. Hier schließen sich Usability Tests, User Experience-Untersuchungen und produktspezifische Tests mit Probanden an. Da sich die laufende Studie auf den Designprozess in den frühen Phasen der Produktentwicklung konzentriert, werden diese späteren Bereiche in dessen Rahmen nicht weiter untersucht.

Weiteres Vorgehen

Diese ersten Ergebnisse zur Integration von Anwendern und deren Methoden werden zusammen mit einer weiteren Auswertung der vorliegenden Interviews zu den Erfolgsfaktoren von Produkten korreliert. Hierbei ist es das Ziel den Zusammenhang zwischen Anwenderintegration und Produkterfolg dar zu stellen.

In der zweiten Stufe dieser Studie werden die Ergebnisse einer Expertenrunde vorgelegt und zur Diskussion gestellt. Die Expertenrunde besteht aus Vertretern der Wissenschaft, aus Unternehmen und Designagenturen, sowie aus dem Beratungsbereich. Alle Experten haben mit den Bereichen

Anwenderintegration, Open Innovation, Innovationsmanagement, Design und Produktentwicklung zu tun.

Danach erfolgt die quantitative Befragung, um die bis dahin erlangten Erkenntnisse zu verifizieren und diese gegebenenfalls in eine Empfehlung zur Anwenderintegration in strategische Designprozesse für Unternehmen und Designagenturen zu überführen.

Literaturverzeichnis

- Herrmann, Möller, Gleich, Russo; 2009: Strategisches Industriegüterdesign, Heidelberg: Springer Verlag
- Lüthje, C., 2000: Kundenorientierung im Innovationsprozess: Eine Untersuchung der Kunden-Hersteller-Interaktion in Konsumgütermärkten, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag
- Lüthje, C., 2007: Methoden zur Sicherstellung von Kundenorientierung in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. In: Herstatt, C.; Verworn, B.: Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen – Methoden – Neue Ansätze, Wiesbaden: Gabler Verlag
- Lüthje, C., 2008: Der Weg zum kundenorientierten Produkt. In: Barske, H.; Gerybaze, A.; Sommerlatte, T.: Digitale Fachbibliothek Innovationsmanagement. Symposium Publishing
- Reichwald, R., Piller, F. 2006: Interaktive Wertschöpfung, Heidelberg: Gabler Verlag
- Reichart, S.V., 2002: Kundenorientierung im Innovationsprozess, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag
- Schönberger, J. 2011: Strategisches Design, Heidelberg: Gabler Verlag, Springer-Verlag
- Schuhmacher, M. 2010: Kundenintegration in die Neuproduktentwicklung, Heidelberg: Gabler Verlag, Springer-Verlag

Kontakt

Prof. Dipl.-Ing. Designer Frank Thomas Gärtner
Hochschule für angewandte Wissenschaften Aalen
Fakultät Maschinenbau/Werkstoffkunde
Studiengang Produktentwicklung und Simulation
Beethovenstraße 1
73430 Aalen

www.hs-aalen.de/designforschung

Die Relevanz semiotischer Dimensionen als „System der möglichen Fehler“ für die Usability

Klaus Schwarzfischer

1 Semiotik und Usability Design

Warum lohnt sich Semiotik gerade im Bereich Usability und Design? Mehr noch, die Semiotik als übergreifende Perspektive ist hier gar nicht zu vermeiden. (Vermeidbar ist allenfalls der Soziolekt bzw. Technolekt der akademischen Semiotik, nicht aber ein semiotisches Arbeiten selbst.)

Das Denken vieler Designer ist eher visuell geprägt. Diese Ausrichtung auf non-verbale Formen und Handlungen scheint der Semiotik entgegen zu stehen. Die Semiotik hat zwar eine starke Tradition in der Linguistik, aber diese stellt nur eine von mehreren gleichwertigen Zugängen dar: Man denke etwa an die Medizin (wo visuelle und sonstige Symptome als Zeichen gedeutet werden), an die Malerei (wo es Repräsentationen für ästhetische, soziale und politische Entsprechungen gibt), an die Gestik (wo jede kleinere oder größere Bewegung eines Muskels mit Bedeutungen verknüpft ist) oder an die Musik (wo sehr abstrakte Tonfolgen mit emotionaler Dynamik verbunden sind) – dazu etwa Eco (2002), Nöth (2000), Hucklenbroich (2003), Mazzola (2003) sowie Grammer (2004).

1.1 Zeichengebrauch (Semiotik) und Gebrauchstauglichkeit (Usability)

Die Usability jedes Systems lässt sich nur im tatsächlichen Gebrauch begreifen. Damit können wir Usability im Wesentlichen als Zeit-Gestalt auffassen. Jede Gebrauchstauglichkeit setzt die Zeit als notwendige Größe voraus.

Auch Semiotik macht nur Sinn, wenn wir sie operational denken: Eine „Semiose“ stellt den grundlegenden Prozess jeder Zeichen-Interpretation dar. Dabei nimmt ein Beobachter (der „Interpretant“) einen materiellen Zeichen-Träger wahr und interpretiert diesen so, dass er ihn in Verbindung mit einem bezeichneten Objekt bringt. Diese aktive Beobachtungs-Handlung des Interpretanten wird „Semiose“ genannt. Natürlich können eine Vielzahl

solcher basaler Semiosen verknüpft werden, wie dies beispielsweise beim Lesen dieser Zeilen geschieht.

Wir dürfen uns Semiotik folglich nicht als etwas Statisches vorstellen. Es geht ausschließlich um Prozesse. Semiotik ist also nicht so sehr eine Wissenschaft von den Zeichen als vielmehr die Wissenschaft der Zeichenprozesse. Bereits so einfache Konzepte wie „Information“ setzen ein prozessuales Wesen voraus, da „jedes echte bisschen Information das Ergebnis einer Schlussfolgerung“ ist (Serson 2000: S.279). Auch die Entstehung von Bedeutung muss stets als Prozess gedacht werden. Konstruktivistisch müssen wir von aktiven Beobachtungs-Prozessen ausgehen, die aktive Interpretations-Prozesse sind. Keine Bedeutung eines Zeichens ist im materiellen Zeichen selbst enthalten – sie wird vom Interpretanten beobachtend konstruiert: Der Empfänger, nicht der Sender bestimmt die Bedeutung einer Botschaft (Watzlawick et al. 2000).

Ähnliche Prozesse finden wir auch im Bereich der Design Usability. Denn auch hier ist es letztlich der Benutzer, der den Gebrauch eines Systems operativ definiert. Der Designer mag sich bemüht haben, ein Produkt eindeutig und verständlich zu gestalten. Trotzdem ist es der Interpretant/User, der im (Zeichen-)Gebrauch diesen Intentionen auch zuwiderhandeln kann.

1.2 Semiotik in der Usability Literatur

Ist die Semiotik als Usability Methode bereits etabliert? Gibt es diesen Bezug heute bereits in ausreichendem Umfang? Durch einen Blick in die Usability Literatur können wir feststellen, dass es im Wesentlichen vier Arten von Fachbüchern gibt:

1. Semiotik kommt im Buch de facto überhaupt nicht vor.
2. Semiotik wird zwar kurz als existent bezeichnet, jedoch wird inhaltlich auf diese so gut wie nicht eingegangen.
3. Semiotik wird nicht nur erwähnt, sondern auch kurz in der Anwendung dargestellt, jedoch so verzerrt, dass der Leser völlig falsch informiert wird.
4. Semiotik wird verständlich, universell und auf die Anwendung in der Usability Methodik hin eingeführt.

Insgesamt ist zu unterscheiden zwischen der deutschsprachigen Usability Literatur (in der die Semiotik meist gar nicht oder stark verzerrt vorkommt) und der englischsprachigen Usability Literatur (wo die Situation vielfältiger ist).

2 Semiotische Modelle definieren Interfaces

Jedes Modell ist stets ein „Modell-wovon-für-wen“ (Steinmüller 1993: S.178ff.). Der Zweck ist also ebenso mitzudenken wie auch die Frage, wessen Interessen es dient. Erst dies macht verständlich, warum unter einer Auswahl von möglichen Modellen ein konkretes selektiert wurde. Nun gibt es auch in der Semiotik mehrere Modelle, die teilweise untereinander konkurrieren. Welches wollen wir warum auswählen?

Einen Zugang zur Semiotik wollen wir hier kurz beschreiben. Dieser kann nicht alle historischen und systematischen Facetten abbilden. Wir fokussieren hier einen Ansatz, der sich für unsere Zwecke im Bereich Usability Design besonders eignet. Warum er sich dafür eignet, soll in einer kurzen Hinführung geklärt werden.

2.1 Modell der Daten-Übertragung

Das bekannte Sender-Empfänger-Modell nach Shannon & Weaver (1949: S.9) entstammt der Nachrichtentechnik (Abbildung 1). Das Konzept der Störung im Modell bezeichnet z.B. das Rauschen in Telefonleitungen.

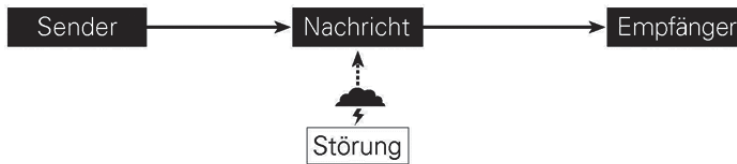


Abbildung 1: Das Kommunikations-Modell von Shannon & Weaver (in vereinfachter Darstellung)

Die benutzte Metapher des Transportes von Informationen ist aber schon vom Prinzip her nicht für Sprachtheorie geeignet. Denn die Kommunikation verdoppelt die Informationen, statt sie nur zu transportieren: Der Sender hat diese nach wie vor auch. Es gibt viele Versuche, das Modell von Shannon & Weaver so zu erweitern, dass es den Anforderungen an eine Design-Praxis besser gerecht würde. Abbildung 2 zeigt eine an Kahn & Lenk (2001: S.12f.) angelehnte Version, die demonstriert, welche Dimensionen bedacht werden müssen.

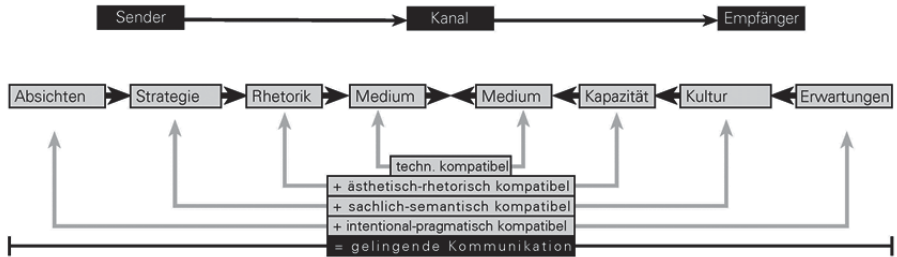


Abbildung 2: Das erweiterte Sender-Empfänger-Modell (nach Schwarzfischer 2010: S. 87)

Weder das Encodieren noch das Decodieren von Nachrichten ist trivial. Vielmehr handelt es sich jeweils um Prozesse, die wiederum in sich gegliedert sind. Somit kann jeder einzelne Teil-Prozess entweder gelingen oder scheitern (womit jedoch der gesamte Prozess scheitern muss). Zentrale Fragen bei diesem Modell (Abbildung 2) sind:

- Ist der Übertragungs-Kanal technisch kompatibel für Sender und Empfänger? (Kann der Empfänger die technischen Signale ausreichend unverzerrt empfangen?)
- Erscheint die Rhetorik (in Grafik-Stil, Wort und Bild) ästhetisch kompatibel? (Entsprechen die verwendeten Sprach- und Bild-Codes den Wahrnehmungs-Fähigkeiten und –Gewohnheiten des Adressaten? Werden Tabus verletzt? Wird der Empfänger sich also überhaupt auf die Inhalts-Ebene einlassen?)
- Ist das aktuelle Angebot des Senders kompatibel mit der Empfänger-Kultur? (Ist der Inhalt der Botschaft für den Empfänger von genereller und akuter Relevanz?)
- Sind die Langzeit-Ziele des Senders kompatibel mit den Werten des Adressaten? (Hält der Empfänger den ökonomischen und/oder sozialen Erfolg des Senders überhaupt für wünschenswert?)

Hier wird bereits deutlich, dass es eine ganze Reihe von Gründen für ein mögliches Scheitern von Kommunikation gibt. Jedes semiotische Modell kann dafür verwendet werden, die potenziellen Faktoren für ein Funktionieren oder dessen Fehlfunktion (z.B. Verstehen, Nichtverstehen oder Missverstehen) zu begreifen.

2.2 Modelle von Semiose-Prozessen

Wir beschränken uns hier auf die Hinführung zu einem elaborierten Modell, das für unsere Zwecke brauchbar erscheint. Beginnen wollen wir trotzdem

in der griechischen Antike. Um unsere stufenweise Hinführung möglichst verständlich zu machen, verzichten wir dabei auf die historische Terminologie der einzelnen Autoren. Vielmehr erscheint es sinnvoll, die Begrifflichkeiten der verschiedenen Modelle zu vereinheitlichen, soweit es eine unverzerrte Darstellung der semiotischen Konzeptionen erlaubt. Denn teilweise entspringen die sehr unterschiedlichen Terminologien einfach der Tatsache, dass verschiedene Disziplinen (z.B. Linguistik, Informatik, Biologie, etc.) stark differierende Fachsprachen verwenden.

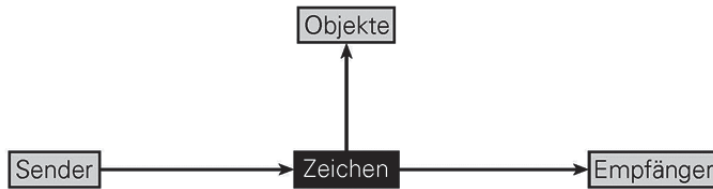


Abbildung 3: Das Organon-Modell der Kommunikation von Platon (in eigener Darstellung)

Das Organon-Modell bei Platon (im Dialog Kratylos) ist der Vorläufer jener semiotischen Sichtweise: Sprache wird dort als ein Organon (Werkzeug) angesehen, mit welchem Einer einem Anderen etwas über bestimmte Objekte oder Sachverhalte mitteilen kann. Das Organon-Modell legt nahe, dass die Sprache ein Interface zwischen Sender und Empfänger ist. Über die Jahrhunderte hat sich daraus eine Vielzahl an Varianten von „Semiotischen Dreiecken“ entwickelt – siehe hierzu etwa Nöth (2000). Ein Zeichen ist dabei stets die triadische Gesamtheit der Bezüge – auch dann, wenn der Objekt-Bezug nicht mit dargestellt wird (wie z.B. bei Shannon & Weaver).

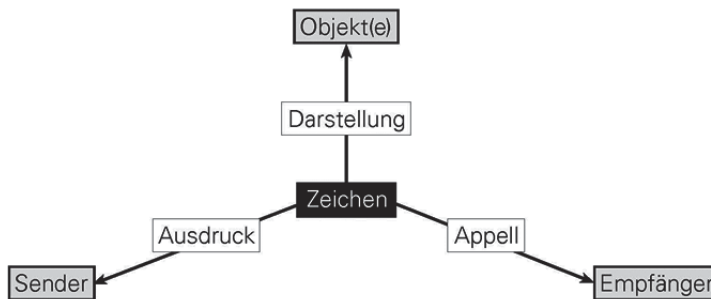


Abbildung 4: Das Sprachtheorie-Modell von Karl Bühler (in eigener Darstellung)

Im Kommunikations-Modell nach Karl Bühler (1934: S.28) findet sich eine Differenzierung der Sprach-Funktionen. Jedes Zeichen (z.B. ein konkretes

Schall-Ereignis des Sprechens) besitzt stets alle drei Funktionen: Es sagt etwas über den Sender aus, weil es zwangsläufig dessen Motive mit ausdrückt. (Beispielsweise ist auch die Verweigerung von Emotion im Ausdruck eine Aussage!) Zudem besitzt jeder Sprech-Akt eine Appell-Funktion. (Was wird vom Empfänger gewollt?) Und nicht zuletzt handelt jeder Satz von einem Inhalt. (Worauf beziehen sich die Wörter?)

Dieses Modell ist keineswegs auf verbale Sprache begrenzt. Weil es für non-verbale Kommunikation ebenfalls geeignet ist, können wir dieses Modell ziemlich universell einsetzen: Wenn das Zeichen etwa ein Porsche-SUV ist, dann wird unmittelbar deutlich, wie gut die Trennung zwischen Ausdruck, Appell und Darstellung funktioniert. Jede einzelne Relation des Zeichens kann gewissermaßen als Schnittstelle aufgefasst werden. Es gibt demnach jeweils ein Interface zum Sender, zum Adressaten und zum Objekt.

Implizit ist die Unterscheidung zwischen „Sach-Ebene“ (zwischen Zeichen und Objekten) und „Beziehungs-Ebene“ (zwischen Sender und Empfänger) bereits im Modell von Platon angelegt. Spätestens bei Bühler ist die Ausdrucks- und die Appell-Funktion explizit vorhanden. Watzlawick et al. (2000: S.53) haben die Beziehungs-Ebene populär gemacht mit dem berühmten Satz: „Man kann nicht nicht kommunizieren.“ Auch eine betont sachlich daherkommende Information irritiert vielleicht durch die auffällige Abwesenheit der Beziehungs-Aspekte. Diese können in der pragmatischen Wirkung trotzdem vorhanden sein, auch wenn sie in den Worten nicht zu finden sind. Einem Mann im unauffälligen Business-Anzug können z.B. Absichten der Tarnung, mangelndes Selbstbewusstsein oder anderes unterstellt werden. In einem analogen Sinn können auch dem Designer eines schmucklosen technischen Systems stets Absichten zugeschrieben werden. Damit kann Design als eine Art von Meta-Kommunikation konzipiert werden, wie dies z.B. de Souza (2005), Monteiro et al. (2013) oder Bim (2007) tun.

Roman Jakobson (1960) hält weitere Aspekte für wichtig, weshalb sein Modell sechs Sprach-Funktionen umfasst. Da Jakobson selbst Begriffe verwendet, die höchst unanschaulich sind, wurden diese in Abbildung 5 leichter verständlich formuliert – was zugleich den Vergleich mit Bühlers Modell erleichtert.

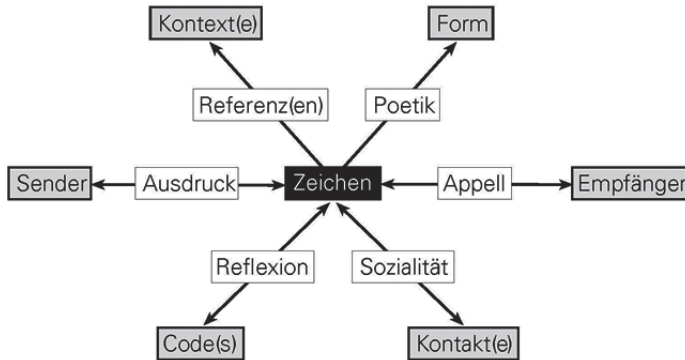


Abbildung 5: Das semiotische Modell von Roman Jakobson (in eigener Darstellung)

Zu den drei Funktionen im Modell von Bühler kommen hier drei weitere hinzu:

1. Der Aspekt, soziale Kontakte herzustellen oder aufrecht zu erhalten (bei Jakobson „phatische Funktion“).
2. Der Aspekt, auf die Art des Codes zu verweisen – z.B. als Hinweis auf ein bestimmtes Genre, was für die Interpretation sehr wichtig sein kann (bei Jakobson „metalinguistische Funktion“ genannt).
3. Der Aspekt, wenn die formale Gestaltung der Kommunikation selbst zu Bewusstsein kommt (bei Jakobson die „poetische Funktion“). Diesem Aspekt ist auch das herkömmliche Verständnis von „Design-Produkten“ zuzurechnen (z.B. bei „Designer-Möbel“). Denn dort wird die formale Gestaltung ebenso thematisch wie bei „Designer-Mode“ (jenseits der Eigenschaften des Gebrauchswertes) oder beim Rhythmus eines Gedichtes.

Das Modell von Roman Jakobson (1960) lässt sich produktiv zur Analyse von recht unterschiedlichen Gegenständen einsetzen. Dies zeigen die Studien von Hartmut Espe (2009) sowie Espe & Zeigerer (2010) anhand von Hotel-Lobbys, Fotos und Gemälden von Personen sowie Werbung. Dabei kann in spezifischen Stilen der jeweiligen Artefakte ganz klar die Dominanz von einer der Sprachfunktionen nachgewiesen werden.

2.3 Sozio-pragmatisches Modell der Design-Kommunikation

Göran Goldkuhl (2005) schlägt noch eine Erweiterung vor. Dessen Modell wurde wieder begrifflich etwas vereinfacht: Terminologisch wurde es fusioniert mit den Sprachfunktionen nach Jakobson (1960) und Bühler (1934).

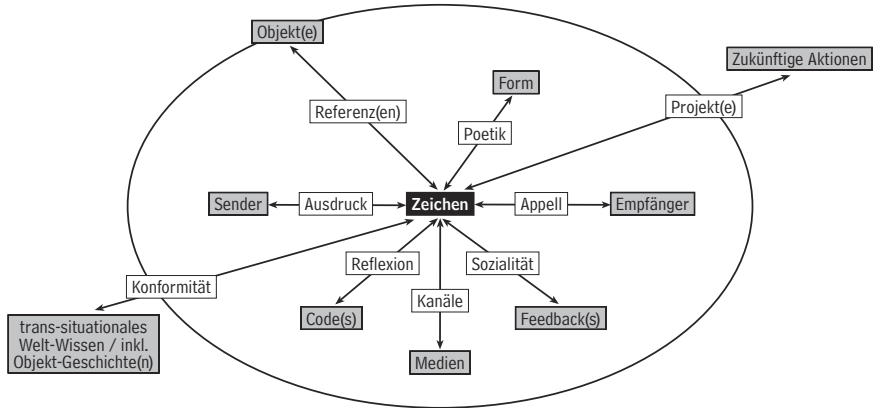


Abbildung 6: Das sozio-pragmatische Modell von Göran Goldkuhl (in eigener Darstellung)

Unterschieden wird zwischen „in der Situation anwesend“ und „nicht in der Situation anwesend“. In Abbildung 6 ist diese Grenze durch die Ellipse angedeutet. Bezugssysteme können sich damit innerhalb oder außerhalb der Situation befinden oder sogar auf der Grenze liegen (wenn es beide Fälle geben kann). Hingegen gibt es Bezüge (wie z.B. auf das sogenannte „Weltwissen“ oder auf zukünftige „Projekte“), die notwendigerweise außerhalb der aktuellen Situation liegen müssen.

Das „Weltwissen“ bezeichnet die Tatsache, dass jedes Verstehen bereits eine Menge an Vorwissen voraussetzt, das nicht in der Situation generiert wird. Bei der Analyse komplexer Gefüge wird deutlich, dass stets ein Wissen außerhalb des Textes/Design vorausgesetzt werden muss. Ein Verstehen der Bedeutung kann sonst nicht umfänglich gelingen. Aber ein Verstehen ist damit immer schon ein aktives Selektieren der Kontexte, die als relevant erachtet werden: Verstehen ist eine aktive Zeichenhandlung.

Bedeutung wird demnach nicht der Realität entnommen, sondern dieser vom Beobachter zugeschrieben. Das meint auch Schmidt (2003: S.27), wenn er von „Setzung“ spricht: „Jede Setzung macht zumindest eine Voraussetzung.“ Diese Voraussetzungen sind es, die nicht innerhalb der konkreten Handlung oder Aussage enthalten sind. Der Sprecher, der Hörer oder allgemein der Akteur müssen schon zuvor über ein Wissen verfügen, das ihre Lebenswelt betrifft.

Die „Projekte“ sind zukünftige Aktionen im Goldkuhl-Modell, welche ebenfalls als Handlungen konzipiert sind. Dabei kann die Komplexität dieser Projekte sehr unterschiedlich sein (Jonas 1994: S.227ff.). Insgesamt ist dieser Ansatz in der Lage, sowohl physische Interaktionen (reale Handlungen)

gen) als auch kommunikatives Handeln (Sprech-Akte und Diskurse) und virtuelles Agieren (Denken als Reflexions-Akte) zu modellieren. Da es sich um ein integratives Modell handelt, kann prinzipiell jeder Übergang von einem Aspekt zu jedem anderen Aspekt als Interface begriffen und analysiert werden. So wird aus dem Analyse-Modell ein Synthese-Modell, das den Möglichkeitsraum des Design beschreibt. Heuristisch gemahnt es an die Vielzahl von Perspektiven, die bewusst auf den User hin gestaltet werden sollten, um die Interpretation eines gestalteten Systems verständlich und eindeutig zu ermöglichen.

1. Zeichen – Sender (Ausdruck): Was suggeriert das Zeichen über den Sender? (Legt das Zeichen eine Meinung, Emotion oder Interesse des Senders nahe?)
2. Zeichen – Empfänger (Appell): Welche Reaktion legt das Zeichen nahe? (Ist es rhetorisch eher ein Imperativ, eine Frage oder eine neutrale Information?)
3. Zeichen – Objekt (Referenz): Auf welches Objekt bezieht sich das Zeichen? (Bildet das Zeichen durch Ähnlichkeit etwas ab, symbolisiert es etwas oder ist es ein kausaler Index?)
4. Zeichen – Form (Poetik): Drängt sich die Form des Zeichens vor dessen Inhalt? (Ist die Form wichtiger als die Funktion, wie z.B. bei sogenannten „Designer-Möbeln“?)
5. Zeichen – Code (Reflexion): Von welchem Code ist das Zeichen ein Teil? (Ist das Zeichen ein Element eines komplexeren Zeichensystems?)
6. Zeichen – Medien (Kanäle): Weist das Zeichen betont auf sein Träger-Medium hin? (Welcher Wahrnehmungs-Kanal und welches Träger-Medium wird verwendet?)
7. Zeichen – Feedback (Sozialität): Handelt es sich primär um eine Kontakt-Pflege? (Wird z.B. durch ein „Hallo!“ der Kontakt erst hergestellt oder aufrecht erhalten?)
8. Zeichen – Weltwissen (Konformität): Weist das Zeichen auf mögliches Vorwissen hin? (Stellt das Zeichen mein Vorwissen in Frage oder mein Vorwissen das Zeichen?)
9. Zeichen – Zukünftige Aktionen (Projekte): Ist das Zeichen relevant für Projekte? (Ermöglicht das Zeichen zukünftige Aktionen oder verhindert es solche eher?)

Für unsere Zwecke ist das Modell von Goldkuhl sehr brauchbar, da es sich gut als Heuristik verwenden lässt: Es ist einerseits so vollständig wie nötig und andererseits noch relativ gut nachvollziehbar und deshalb so anwenderfreundlich wie möglich. Dabei ist wichtig, dass es auf die Usability von

Alltags-Gegenständen gleichermaßen angewandt werden kann wie auf die Interpretation von literarischen Texten oder Bildern.

2.4 Systemsemiotik der möglichen Fehler

Das „System der möglichen Fehler“ besitzt einen spekulativen Charakter und bedarf noch einer umfassenden empirischen Überprüfung. Trotzdem kann schon jetzt abgeschätzt werden, inwieweit sich das semiotische Modell von Goldkuhl (2005) als Entwurfs-Heuristik eignet. Beim Einsatz im Usability Design könnten die Fragen beispielsweise so lauten:

1. Zeichen – Sender (Ausdruck): Ist eine unerwünschte expressive Wirkung vorhanden? Sind die erwünschten expressiven Wirkungen deutlich genug ausgedrückt?
2. Zeichen – Empfänger (Appell): Ist die erwünschte Handlung deutlich und eindeutig? Bezieht der User den Appell auf sich? Ist die Aufforderung wirklich positiv ermutigend oder unterschwellig abschreckend?
3. Zeichen – Objekt (Referenz): Ist die System-Funktion klar und deutlich erkennbar? Kennt der User die Symbole überhaupt und sind diese im System konsistent?
4. Zeichen – Form (Poetik): Drängt sich die Form des Systems vor dessen Funktion? Erschwert oder erleichtert die formale Gestaltung des Systems dessen Benutzung?
5. Zeichen – Code (Reflexion): Werden unnötig viele verschiedene Codes verwendet? Werden klare und interkulturell unmissverständliche Codes eingesetzt?
6. Zeichen – Medien (Kanäle): Werden unnötig viele verschiedene Kanäle verwendet? Werden ausreichend viele verschiedene Kanäle verwendet (z.B. für Blinde)?
7. Zeichen – Feedback (Sozialität): Sind Kontakt-Angebote als solche gut erkennbar? Werden die Kontakt-Angebote vom User tatsächlich auf sich bezogen?
8. Zeichen – Weltwissen (Konformität): Ist das System auf Konformität hin angelegt? Soll der User möglichst wenig abgelenkt werden durch nicht-konforme Events? Oder soll der User durch Überraschungen unterhalten und inspiriert werden?
9. Zeichen – Zukünftige Aktionen (Projekte): Wird das Potenzial für Projekte klar? Werden zusätzliche Aktionen des Users aktiv gefördert oder eher unterdrückt? Wird die „Welterschließung“ durch das Design gefördert oder erschwert?

Es werden je nach Beobachter nur jene Codes verstanden, über deren Semantik er verfügt (Bischof 1998). Wesentlich müssen wir vier Gruppen von Codes unterscheiden (Schwarzfischer 2014: S.212ff.):

- Biologische Codes (die also jeder Mensch versteht, auch interkulturell)
- Kulturelle Codes (die gelernt werden müssen und die deshalb nicht mehr jeder versteht, aber z.B. alle Erwachsenen in einem Land normalerweise beherrschen)
- Subkulturelle Codes (die ebenfalls gelernt werden müssen, aber typischerweise nur bei Zugehörigkeit einer Subkultur gelernt werden; z.B. haben Banker und Punker unterschiedliche Codes, selbst wenn sie in derselben Stadt leben)
- Individuelle Codes (die nicht von anderen gelernt werden, sondern sich aus individuellen Erfahrungen ergeben; typisch sind hier u.a. Traumatisierungen)

Selbstverständlich wäre eine Beispiel-Analyse hier wünschenswert, was jedoch aus Platzgründen nicht möglich ist – siehe hierzu Schwarzfischer (2014 und 2016). Es sollte aber deutlich geworden sein, dass die Semiotik einen wichtigen Beitrag leisten kann für die Objektivität im Usability Design. Denn jeder Designer gehört selbst einer bestimmten Mainstream-Kultur an und ist als Designer auch Teil einer „Designer-Subkultur“ (und eventuell auch noch anderer Subkulturen). Damit ist es für den Gestalter selbst oft schwer, sich von der eigenen Perspektive zu lösen und die eigenen blinden Flecken sichtbar zu machen. Nur ein methodisches Vorgehen kann hier die Objektivität sichern helfen. Als strukturwissenschaftlicher Ansatz kann der semiotische Zugang ein solcher sein.

3 Usability Design als operationale Semiotik

Könnte Semiotik also die potenzielle Leit-Disziplin im Design allgemein werden? Im Prinzip wäre das möglich und sachlich zu rechtfertigen, aber gewisse Mode-Strömungen im Theorie-Diskurs verhindern dies eher. So bemängeln Kritiker wie Holger van den Boom (2012: S.200), dass es sich es sich z.B. bei „Design Thinking“ nur um ein neues Label handelt, aber nicht um eine wirklich neue Methodik. Von der Semiotik ist derzeit eher weniger zu vernehmen. Gegen die Nützlichkeit der Semiotik spricht dies aber nicht. Die demonstrierte Anwendbarkeit empfiehlt ein Semiotic Engineering trotzdem. Usability Design kann dabei als „Allgemeinverständlichmachung“ begriffen werden. Design soll der „Welterschließung“ dienen, wie Holger van den Boom in Romero-Tejedor & van den Boom (2013: S. 91ff.) betont. Dann geht es darum, möglichst viel Welt zu erschließen, indem sie verständlich wird – denn nur dann ist sie uns interaktiv zugänglich.

Um Probleme bei der Interaktion mit gestalteten Systemen zu minimieren, müssen wir uns der potenziellen Probleme erst einmal bewusst sein: Unser Fokus auf die semiotischen Dimensionen des Möglichkeitsraums von Design (als „System möglicher Fehler“) hilft dabei, dies zu leisten.

4 Literaturverzeichnis

- Bim, S. A. (2007): A Critical Analysis of the Semiotic Engineering Evaluation Methods. In: Baranauskas, Cecília; Palanque, Philippe; Abascal, Julio & Barbosa, Simone Diniz Junqueira (Eds.) (2007): Human-Computer Interaction – INTERACT 2007, Heidelberg: Springer.
- Bischof, N. (2. Aufl. 1998): Struktur und Bedeutung, Eine Einführung in die Systemtheorie, Bern: Huber.
- van den Boom, H. (2012): Realität verstehen, Warum wir ein kognitives Design brauchen, Kassel: Kassel University Press.
- Bühler, K. (1934): Sprachtheorie, Die Darstellungsfunktion der Sprache, Jena: Fischer.
- De Souza, C. S. (2005): The Semiotic Engineering of Human-Computer-Interaction, Cambridge/MA & London: MIT-Press.
- Eco, U. (9. Aufl. 2002): Einführung in die Semiotik. München: Fink.
- Espe, H. (2009b): Hotellobbys – Eine empirische Studie zur Alltagsästhetik. Berlin: Universität der Künste.
- Espe, H. & Zeigerer, S. (2010): Evaluating the Aesthetic Function in Advertising Campaigns, Berlin: Universität der Künste.
- Goldkuhl, G. (2005): The many facets of communication – a socio-pragmatic conceptualisation for information systems studies. In: Goldkuhl, G.; Clarke, R. J. & Axelsson, K. (Eds.) (2005): Proceedings of the International Workshop on Communication and Coordination in Business Processes – CCBP 2005, Kiruna, Sweden.
<http://www.vits.org/?pageId=237>, abgerufen am 7.8.2012
- Grammer, K. (2004): Körpersignale in menschlicher Interaktion. In: Posner, R.; Robering, K. & Sebeok, T. A. (2004): Semiotik–Semiotics, Ein Handbuch zu den zeichentheoretischen Grundlagen von Natur und Kultur, Band 4, pp. 3448–3486, Berlin & New York: de Gruyter.
- Hucklenbroich, P. (2003): „Semiotische Aspekte der Medizin: Medizinsemiotik.“ In: Posner, R.; Robering, K. & Sebeok, T. A. (2003): Semiotik–Semiotics. Ein Handbuch zu den zeichentheoretischen Grundlagen von Natur und Kultur. Band 3, pp. 2698–2721, Berlin & New York: de Gruyter.
- Jonas, W. (1994): Design - System - Theorie, Überlegungen zu einem systemtheoretischen Modell von Design-Theorie. Essen: Die Blaue Eule.
- Kahn, P. & Lenk, K. (2001): Mapping Web Sites. Crans-Près-Céligny: RotoVision.
- Mazzola, G. (2003): Semiotische Aspekte der Musikwissenschaft, Musiksemiotik. In: Posner, R.; Robering, K. & Sebeok, T. A. (2003): Semiotik–Semiotics, Ein Handbuch zu den

- zeichentheoretischen Grundlagen von Natur und Kultur, Band 3, pp. 3119–3187, Berlin & New York: de Gruyter.
- Monteiro, I. T.; De Souza, C. S. & Faria Leitao, C. (2013): Metacommunication and Semiotic Engineering, Insights from a Study with Mediated HCI. In: Marcus, A. (Ed.) (2013): Design, User Experience, and Usability – Design Philosophy, Methods, and Tools, Heidelberg: Springer.
- Nöth, W. (2. erw. Aufl. 2000): Handbuch der Semiotik. Stuttgart: Metzler.
- Platon (o.J.): Kratylus. (Übersetzung von J. Deuschle, 1855).
<http://www.zeno.org/Philosophie/M/Platon/Kratylos>, abgerufen am 1.5.2014
- Romero-Tejedor, F. & van den Boom, H. (2013): Die semiotische Haut der Dinge. Kassel: Kassel University Press.
- Schmidt, S. J. (2003): Geschichten & Diskurse – Abschied vom Konstruktivismus. Reinbek: Rowohlt.
- Schwarzfischer, K. (2010): Transdisziplinäres Design – Design als Intervention und System-Therapie. Regensburg: InCodes.
- Schwarzfischer, K. (2014): Integrative Ästhetik – Schönheit und Präferenzen zwischen Hirnforschung und Pragmatik. Regensburg: InCodes.
- Schwarzfischer, K. (2016): Empirische Ästhetik – Kognitiv-semiotische Prozesse der Wirklichkeits-Konstruktion in Alltag, Kunst und Design. Hamburg: Dr. Kovac.
- Serson, B. (2000): Semiotik und Kognitionswissenschaft. In: Wirth, U. (Hrsg.) (2000): Die Welt als Zeichen und Hypothese, Perspektiven des semiotischen Pragmatismus von Charles Sanders Peirce. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Shannon, C. & Weaver, W. (1949): The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press.
- Steinmüller, W. (1993): Informationstechnologie und Gesellschaft, Einführung in die Angewandte Informatik. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Watzlawick, P.; Beavin, J. H. & Jackson, D. D. (10. Aufl. 2000): Menschliche Kommunikation – Formen, Störungen, Paradoxien. Bern: Huber.

Kontakt

Klaus Schwarzfischer, M. A. (Informationsdesign)
 INDUKT Institut für System-Kommunikation und Design
 Dr.-Gessler-Str. 23 D
 93051 Regensburg
www.indukt.de

Service Design = Kognitives Design – Über die Gestaltung von Berührungspunkten und Perzeption in analogen und digitalen Benutzungskontexten

Oliver Gerstheimer

Intro

„Sieben von zehn Euro wurden im Jahr 2015 in Deutschland mit Dienstleistung, also Serviceangeboten umgesetzt.“ (Statista, 2015)

Was zeichnet das Design einer guten, neuen Dienstleistung aus – Erlebnis, positive Emotion, Zufriedenheit und Vertrautheit, der Wunsch nach Wiederholung?

Es geht darum alltagstaugliche Dienstleistungsinnovationen ganz nah am Menschen zu entwickeln. Eine organisatorisch durchgängige, gesamtheitliche Gestaltung von Service-Produkt-Systemen ist dafür notwendig.

Gutes Service-Design hat einen markanten Unterschied zu gewohnten und vorherigen Lösungen – es bietet dem Kunden einen hohen Erlebnisfaktor, Neuheitsgrad, spürbaren Mehrwert und darüber nachhaltige Weitererzählungsfaktoren an.

These & Gedankenexperiment

Man sieht einem Service-Produkt an, wie viel Entwurfsliebe darin steckt.

„Mal angenommen jeder Kunde begreift, bemerkt und spürt exakt das, was Manager und Entwicklerteams auf dem Weg zur finalen digitalen Service-Kreation erdacht, heimlich diskutiert, entworfen & verworfen, geplant & verplant entschieden haben. Wie gut die Zusammenarbeit in der Entwicklung bis zum Marktlaunch funktioniert hat.“

Oups ertappt: in diesem fast kategorischen Imperativ steckt die ganze „Bösartigkeit“ aber auch die Wahrheit der „Guten, echten, kundengerichteten Service-Gestaltung“. Das „Neue Etwas“ – Service, Produkt, Prozess oder Geschäftsmodell – ist eben am Schluss platt erfolgreich oder nicht – Freund oder Feind. Neues zu gestalten ist immer eine One-Shot-Operation ohne die Möglichkeit eines nachträglichen Korrektorats – wie beim ersten Date: you never get a second chance ... und die Emotionen und Benutzererlebnisse sind von der „First Impression“ bis zur Abmeldung ein zentraler und erfolgskritischer Gestaltungsaspekt.“

Design = Kognitives Design.

Design als Entwurfsprozess ist im Kern ein kognitives Design. Cross beschreibt die Fähigkeiten des Designs wie folgt: „Design ability is a multifaceted cognitive skill.“ (Cross 1995, S. 115)

Das Benutzen und Erleben von Serviceprodukten ist gleichwohl kognitiver Natur. Es beruht auf unserer Lust der Neugierde und den Wissenserfahrungen sowie der Wahrnehmungserlebnissen die wir im situativen Alltagskontext als Muster (Schemata / Pattern) erkennen und genießen – oder, die wir vehement vermeiden und ablehnen. Der kritische Zweifel am Neuen passiert beim Kunden limbisch in den ersten 5 Sekunden der Wahrnehmung oder Benutzung. Dann entsteht der unbändige Drang eine Meinung dazu zu haben und anderen Gutes oder Schlechtes darüber zu berichten oder das Neue völlig zu ignorierend. Das Gute am Kognitiven: man kann es professionell gestalten & evaluieren und es gibt argumentative Regeln die zum Erfolg führen. Kognitives Design geht grundlegend von Wahrnehmungs- und Handlungsschemata aus. Es denkt in zukünftigen Szenarien des situativen Handelns und Erlebens aus Benutzersicht. Die genaue Beobachtung dieser kontextuellen Schemata ist essenziell, um treffgenaue, entwerferische neue Lösungen zu entwickeln, wenn diese gebraucht werden – oder um sich an Etablierte anzulehnen, die aus Benutzersicht bekannt sind. Kognitives Design ist im Ergebnis überwiegend ein orchestrierter Schemata-Mix aus Beidem. Das Handlungsschema geht vom „unmarkierten Fall, von der Benutzerillusion und von den Glücksbedingungen aus und nimmt sie ernst, gewährt ihnen oberste Priorität“ (Vgl. van den Boom 2011, S. 112–114).

Beim Entwerfen markterfolgreicher Neuigkeiten zählt am Ende nur die pure Fähigkeit der kognitiven Gestaltungssicherheit. Das „Neu Denken, Hinterfragen, Scheitern und argumentative Entwerfen“ ist dabei ein stetiger und

methodischer Wegbegleiter im Design bis zum Moment wo das Service-Produkt-System in den Markt entlassen wird. Ein ernsthafter und wahrer Gestaltungsansatz für „Die Gute Service-Qualität“ ist ein eng vernetztes, wissensbasiertes Denken und Machen in einem Team mit abgestimmter Projektorganisation. Das Eine ist die Voraussetzung des Anderen. Nicht Konstruktionen nach vorgegebenen Regeln, sondern plausible Annahmen, die in iterativen Zyklen optimiert werden, führen zum Ziel (Vgl. Stephan 2001, S. 112–117). Gutes Design braucht gute kundenausgerichtete Kollaboration und den methodischen, objektiven Zweifel über alle Projektbeteiligten hinweg.

Was ist Service Design – kognitives Design?

“Service Design as a practice generally results in the design of systems and processes aimed at providing a holistic service to the user.” (Stickdorn / Schneider, 2011, S. 30)

Die Servicegestaltung bestehen dabei nicht aus additiven Einzelelementen, Stückwerk, einmaligen zeitlich oder organisatorisch verteilten Aktionen/Events/Kampagnen oder einem zusätzlichen Informationskanal oder -Medium. Gutes und kundenzentriertes Service-Design hat viele Gesichter und entsteht in der umfassenden Orchestrierung diverser innovativer und hinterfragender Maßnahmen in einem wahrnehmbaren Gesamtensemble – und immer aus Kundensicht. Service Design entwickelt dabei Mehrwerte für alle Stakeholder im gesamten Lebenszyklus von Produkten bis hin zur verbesserten Wertschöpfung, weil guter Service „sich im ROI der Kosten bezahlt macht“ und wer exakt weiß, wen er wie emotional positiv zu adressieren hat gibt sein Entwicklungsbudget gezielter und planvoller aus.

Bestandteile und Kriterien für „Gutes Service Design“ können sein:

- die servicezentrierte Ausgestaltung und durchgängige kundengezielte Qualität aller Berührungspunkte beim Kunden (Customer-Touch-Points) bis zur Markenauthentizität und dem Vertrauens in das Service-Produkt.
- eine durchgängige wie effiziente und effektive Gestaltung der Usability und User Experience umfassend bezogen auf die Information, die Kommunikation, und die Interaktion bei der die Benutzung des Service-Produkt-Systems.
- eine nachhaltige Prozess- und Geschäftsmodellgestaltung im Hintergrund der Projektierung, bezogen auf den gesamten Lifecycle. Dies kann Ausgehend vom nachhaltig gewählten Material über die Lieferketten bis hin zu einer neuartigen Preis- / Lizenz- und digitalen Geschäftsmodellierung erfolgen.

The Moment of Truth – Kognition, Erlebnisse und Emotionen

Im Rahmen der Benutzererlebnisforschung, der User Experience (UX) sind Emotionen ein zentrales Thema. Dabei ist die ganzheitliche – kontextuelle, kognitive wie emotionale – Betrachtung eines Benutzers bei der Interaktion mit einem Artefakt, wie auch bei einem Service-Produkt-System ein wichtiger Entwurfsbestandteil des Designprozesses (vgl. Thüring & Mahlke 2007).

Bei der Benutzerinteraktion mit einem hybriden Service-Produkt-System – z.B. Artefakt und digitalem User-Interface – gilt es pragmatische wie auch hedonische Qualitäts-Parameter durchgängig, erlebnis- und erwartungskonform auszugestalten.

Dies meint z.B.

- die situative Ausgestaltung der „First Impression“ im Bezug auf Wahrnehmungs- und Benutzungsablauf (Tempi und Timing) z. B. bei der Vorstellung eines Produkts oder dem ersten Mark-Rollout eines Neuproduktsystems und den entsprechenden unterstützenden Informations- oder Kommunikationsmaterialien;
- die Beachtung der Artefakt-Elemente – produkthaften und gegenständlichen Wahrnehmungsparameter die über die Perzeption erfolgen;
- die kontextgerechte und referenzielle Ausgestaltung der digitalen Benutzeroberflächen passend zum kommunikativen Produktversprechen, z.B. bei einem Software oder Applikationsprodukt welches beworben wird.

Insbesondere in der unmittelbaren Erstwahrnehmung („First Impression“) sowie bei der direkten Benutzerinteraktion („First Usage“) mit hybriden Service-Produkt-Systemen (Artefakt und Benutzeroberflächen) entsteht eine verkettete Erwartungshaltung mit hoher emotionaler Aufmerksamkeit beim Benutzer. Ist diese mit durchgängig hoher Qualität gestaltet, so kommt es zu positiven Emotionen. Wenn die Qualität stark abweicht kommt es zu Ablehnung und Akzeptanzproblemen, bis hin zur nicht erfolgten Benutzung des Produktsystems.

Emotionen – als positive und negative unterschieden – beeinflussen bereits vor der Interaktion mit dem Service-Produkt-System unser Verhalten, da sie im gesamten Informationsverarbeitungsprozess, somit auch bei der Handlungsauswahl- und -vorbereitung, wirksam sind (vgl. Isen 1984, S. 183-185). Die Adressierung von positiven Emotionen, wie z. B. Erlebnis und Freude vergrößern den Aufmerksamkeitsfokus beim potenziellen Kunden und ermöglicht eine breitere Wahrnehmung und Offenheit für eine Benutzung. Die Entscheidung zur Benutzung ist also nicht allein vom Produkt abhängig

sondern auch von der Passung des Produkts zur Stimmung des Nutzers bzw. mit den damit verbundenen Bedürfnissen (vgl. Hassenzahl 2013 und Backhaus, N.; Brandenburg, 2013, S. 81).

Ergo:

Bezogen auf heutige Produkt-Entwicklungsprozesse in Unternehmen hat diese Erkenntnis weitreichende organisatorische Bedeutung. Denn: Der Kunde nimmt ein Service-Produkt-System gesamtheitlich emotional wahr und der Grad der Erlebniszufriedenheit führt zu einer höheren oder niedrigeren Akzeptanz bis hin zur Ablehnung. Service-Produkt-Systeme sollten demnach „aus einer Hand und durchgehend kundengerichtet entwickelt und ausgestaltet werden. Ziel muss es sein, das Produkt von der Idee bis zum Marketing-Rollout orchestriert von einem „geschlossenen“ Team/Abteilung ohne Transferverluste entwickeln zu lassen.

Die Realität sieht heute anders aus: Produkte, egal ob Hardware (Artefakt- oder Software-Produkt) werden in Unternehmungen überwiegend in den produktverantwortlichen Fachbereichen als „Inselentwicklung“ umgesetzt. Ergänzende Serviceleistungen, wie z. B. Informations- und Kommunikationsmaßnahmen oder innovative Geschäftsmodelle werden „organisatorisch entfernt und distanziert“ und in der Rangreihenfolge häufig erst im Anschluss an die Produktentwicklung ausgestaltet. Die Verantwortung dieser Gestaltungen liegt dann in Abteilungen wie z.B. der Marketingkommunikation oder der Unternehmenskommunikation. Durch diese organisatorische „Staffelstabübergabe“ auf eine andere, bis dato nicht an den Produktplanungen und -überlegungen integrierten Abteilung entsteht eine Wissenslücke, die negative Auswirkungen auf eine gesamtheitliche ausgerichtet Service-Produktqualität zum Kunden hin hat. Der Transfer des entwurfsrelevanten kontextuellen Kundenwissens, welches im Rahmen der Produktentwicklung erworben und aufgebaut wurde, findet nur auf niedrigem Qualitätslevel statt. Ergebnis sind dann meist z. B. ergänzende Begleitmaterialien, kommunikative Zusatzservices, Preisgestaltungen und/oder Vermarktungskampagnen die nicht „aus einem Guss“ zum originär entwickelten Produkt sind, manchmal sogar Fehler in der Beschreibung erhalten, weil zu wenig Produktexpertise in der Planung aufgebaut wurde. Dieser „schlecht gemixte Service-Produkt-Cocktail“ bewirkt beim Kunden und Benutzer bereits bei den ersten Berührungspunkten negativen Emotionen und führt dann zu einer verringerten Akzeptanz oder Ablehnung des Gesamtprodukts. Ursache dafür ist das durch den Abteilungstransfer verloren gegangene Wissen

Vom Touchpoint zum Service-Design Prototypen

Der zentrale Beitrag des kognitiven Designvorgehens in der kundenorientierten Entwicklung ist die sorgfältige Analyse und Dokumentation der Wahrnehmungsstrukturen sowie die Antizipation der Benutzerbedürfnisse in bestehenden und zukünftigen Anwendungskontexten als verständliche Ablauf- und Benutzerreise. Hierbei werden bis zur darstellenden Konkretisierung von Service-Design-Prototypen folgende methodische Schritte durchlaufen:

- *Schritt 1: Entwicklung von kontextuellen Touchpoint-Szenarien*
Ein definierter Kontext für ein neues Service-Produkt-System wird anhand von alternativen Anwendungsszenarien und/oder Touchpoint-Szenarien untersucht. Die Einflussparameter für die Identifikation und Definition eines Touchpoint-Kontextes sind – definierter Nutzer, Ort, Prozess, und Zeit(einheit) der Benutzung oder Wahrnehmung von Serviceelementen.
- *Schritt 2: Bedürfnispool zur Touchpoint-Szenarienevaluation*
Die kontextuell abgeleiteten Touchpoint-Thesen und Strukturen werden auf Basis eines entwickelter Bedürfnisools durch Prozess- und Stakeholderanalysen evaluiert.
- *Schritt 3: Entwicklung Customer Journey*
Aus den gebildeten Touchpoint-Szenarien und den evaluierten Bedürfnisstrukturen ist die Bildung von validierten Customer Journeys (Kundenreisen). Basis für die Customer Journey sind evaluierte Personas der potenziellen Kunden und Stakeholdergruppen des Service-Produkt-Systems.
- *Schritt 4: Visuelle Ausgestaltung alternativer Service-Design-Entwürfen*
Auf der Wissensgrundlage der gebildeten Touchpoint-, Bedürfnis- und User-Journey-Ableitungen können kundengerichtete Service-Design-Entwürfe ausgestaltet werden. Anhand der Konkretisierung über einen Modellbau und und Prototypen werden so bewertbare und begreifbare Lösungsalternativen für eine Kundeniteration konkretisiert.

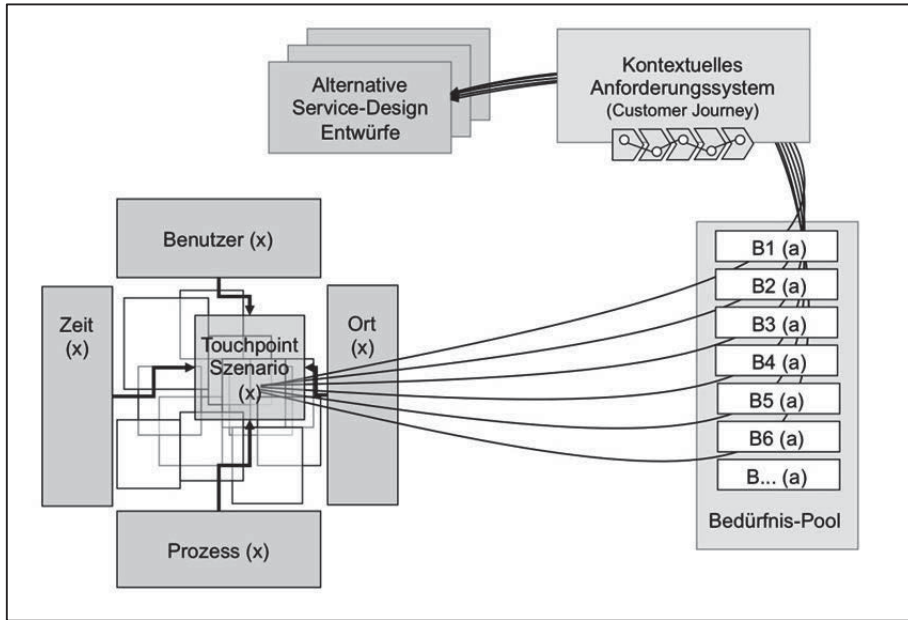


Abbildung 1: Wissensfundiertes Entwerfen auf Basis von Touchpoint-Szenarien, nach Gerstheimer, Lupp 2003.

Einblicke in die Gestaltung eines Service-Produktsystems „aus einem Guss“

Nachfolgend wird der Entwurfs- und Umsetzungsprozess eines Paketlogistikportals mit ergänzenden Kommunikations- und Serviceprodukten als exemplarisches Fallbeispiel aus der Praxis aufgezeigt.

Das Service Design erfolgte in enger und agiler Zusammenarbeit mit dem GLS-Projektteam „aus einer Hand“ – von der Analyse bis zum Marktlaunch, in den folgenden Bereichen:

- Strategische Service- und Produkt-Positionierung mit Wettbewerberanalyse;
- Definition der System- und Benutzeranforderungen an das Portalsystem;
- Ausgestaltung und Spezifikation der Informationsarchitektur – Online Portal;
- Entwurf des User-Interface-Designs;
- Usability Testing und Evaluation der Bedienlogik, der User Experience sowie der Markenpositionierung mit Endkunden;

- Entwicklung des Produktnamen mit Claim und Domainstrategie (GLS-ONE)
- Entwicklung eines Kommunikationskonzepts – „Schönerverpacker“;
- Umsetzung eines Produkt-Trailers (HowTo-Film) mit Charakterdesign;
- Cross-Media-Kampagne für Mitarbeiter und Kunden inkl. Mailings, Magazine, SEA, PR, Social Media und Live-Events;
- Ausgestaltung einer Design-Kollektion für Versandpakete als Giveaways.



Abbildung 2: Überblick digitale Service-Produkt-Elemente – Paketlabelportal <https://www.gls-one.eu>

Fokus bei der Service-Produktgestaltung war die umfassenden Analysen der kognitiven Berührungspunkte – Touchpoint-Szenarien – aller am Nutzungskontext des Neuprodukts beteiligter Stakeholder – z.B. Kunden, Lieferanten, Shop- und Servicemitarbeiter, etc.. Der Kontext ist König bei der Kreation

von benutzerorientierten Service-Produkt-Lösungen. Um den Stellenwert eines kontextuellen Ansatzes zu verstehen, war es im Projekt notwendig, die Wertschöpfungsketten und IST-Prozesse des zu untersuchenden Anwendungsfeldes „Paketlabelportal und Paketversandlogistik“ zunächst von hinten aufzurollen – also von Seiten der Bedürfnisorientierung der Benutzer, Kunden und Mitarbeiter.

Grundlage für das Ausgestalten und Management von „Berührungspunkten der Kunden mit dem Produkt und der Marke“ waren die aus Stakeholder-sicht abgebildeten Benutzerreisen – die „Customer Journeys“. Über diese detaillierten Stationen und Szenarien abgebildete Reise wurden die potenziellen Wahrnehmungs- und Benutzungsstrukturen vorentworfen.

Der methodische Ansatz dafür basierte auf einem „Cognitive Walk-Trough“ und einer Definition von Kundenpersonas. Über die Abbildung dieser „Benutzer-Reisen“ wurden Prozess- und Service-Vermutungen aufgestellt an welchen kognitiven Berührungspunkten und mit welchen Maßnahmen welche konkreten Wirkungen und Bedürfnisse beim Benutzer erzielt werden könnte – als These für Entwurfskonkretisierungen. Diese waren im Projekt die fundierte Grundlage für das Ausgestalten der alternativen und zu evaluierenden Service-Design-Szenarien die als Click-Dummy-Prototypen in einem Usability Test evaluiert wurden.

Die im Projekt umgesetzte „Touchpoint-Szenarien-Analyse“ war einerseits hilfreich bei der validierten Ausgestaltung der User-Interface-Strukturen für das neue Paketportals der GLS. Andererseits konnten die gleichen Szenarien, sowie die Persona-Definitionen, Bedürfnispools und User-Journey-Strukturen auch für die Planung und Ausgestaltung der Service- und Kommunikationsmaßnahmen im Market-Rollout planerisch erfolgreich weitergenutzt werden.

Das Rockefeller-Prinzip im Service-Marketing

Ein Beispiel hierfür ist das ausgestaltete Marketing-Zusatzprodukt „Design-Kollektion Schönerverpacker“, welches im Rahmen des Portal-Rollouts als Giveaway an Kunden herausgegeben wurde und später als Kaufprodukt in den Shops bei der GLS Weiterverwendung findet.

Der „Service-Clou“ zum Marketlaunch war das „Rockefeller-Prinzip“. Die GLS-Paketboten überreichten potenziellen 70.000 Neukunden ein Schönerverpackerset im direkten Dialog an der Haustüre mit dem Satz: „Hier ist Ihr persönliches Schönerverpackerset, der erste Versand über unser neues Paketlabelportal ist gratis für Sie. Viel Spass mit dem neuen GLS-ONE: Einfach. Pfeilschneller. Versenden.“

Ein weiterer Vorteil der fundierten Analyse und Kundenevaluation über Touchpoint-Szenarien war die Definition von Messpunkten und Kalkulationen für die Marketingmaßnahmen. So konnte im Rahmen der strategischen Marketingplanung den Führungskräften ein optimaler Entscheidungsüberblick gegeben werden:

- zur Art und dem Umfang der Maßnahmen;
- zur Begründung und dem Grad der Messbarkeit sowie
- zur Überprüfung dieser nach dem späteren Markteintritt.



Abbildung 3: Rockefeller Prinzip – Entwickelte Paketkollektion zum Online-Portal

Outro & Fazit:

Ein Design, das Realität erschließt, nennen wir in der Branche Cognition Design. Das kognitive Design berücksichtigt bei der Gestaltung der Dinge, wie wir denken und wahrnehmen. Es fördert uns in unserem alltäglichen Realitätsverständnis und in unserem Handlungsvermögen. Es vermittelt uns die Welt über die Dinge, die wir nutzen. Es macht uns wach und aktiv. Es ist äußerst nützlich. Es vergrößert und sichert unseren Aktionsradius.“ (van den Boom 2011, S. 14–15)

Aus den Grundsätzen der digitalen Dialoggestaltung, basierend auf der Multimedienorm (siehe Mai 2000 DIN EN ISO 14915 Softwareergonomie für Multimedia-Benutzungsschnittstellen Teil 1: Gestaltungsgrundsätze und Rahmenbedingungen) lassen sich die folgenden Grundprinzipien auch für die Entwurfspraxis von Service Design-Projekten ableiten und empfehlen:

- „Eignung für das Kommunikationsziel – verwendete Informationen / Medien unterstützen die intendierten Kommunikationsziele.
- Eignung für Wahrnehmung und Verständnis – Inhalte sind so aufbereitet, dass sie gut rezipiert werden können und leicht verständlich sind.
- Eignung für die Exploration – Informationen sollen gut strukturiert sein, so dass die Erkundung der Informationen und das Stöbern in den Informationen leicht ist.
- Eignung für die Benutzungsmotivation – Das Programm soll zur Benutzung motivieren und eine hohe Bindung des Nutzers erreichen.“ (ISO 14915-1:2002)

Durch die erreichte Transparenz über die perzeptiven und kontextuellen Bedürfnisse der potenziellen Zielkunden, die über Entwürfe, Modelle und Prototypen an Kunden validiert wurden konnte in der Treffgenauigkeit der digitalen Produktgestaltung und bei den Kommunikationsmaßnahmen des Rollouts ein hohe Zufriedenheit erreicht werden. Über die „Insights“ aus der Touchpoint-Analyse und die prototypische Evaluation im qualitativen Kundengruppen wird das Kundenerlebnis systematisch optimiert und kann im Kostenrahmen planvoll abgestimmt werden.

Literatur

- Backhaus, N.; Brandenburg, S. (2013): Emotionen und Ihre Dynamik in der Mensch-Technik-Interaktion. In: Boll, S.; Maaß, S.; Malaka, R. (Hrsg.): Mensch & Computer 2013 München: Oldenbourg Verlag, 2013; S.79-88
- Gerstheimer, O., Lupp, C. (2003): Integrated service creation: translating user needs into mobile Innovations; in Haddon, L., Mantje-Meijer, E., Sapio, B., Kommonen, K., Fortunati, L., Kant, A. (Eds.); in: The good, the bad, and the irrelevant.; proceedings COST Action and Media Lab of the University of Art and Design Helsinki, Helsinki, pp. 392–398.
- Hassenzahl, M. (2013). User Experience and Experience Design. In M. Soegaard & R. F. Dam (Hrsg.), The Encyclopedia of Human-Computer Interaction (2. Aufl.). Aarhus: The Interaction Design Foundation.
- Isen, A. M. (1984): Toward understanding the role of affect in cognition. In R. S. Wyer & T. K. Srull (Hrsg.) Handbook of social cognition (3. Aufl.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, S. 179-236.

- Thüring, M.; Mahlke, S. (2007): Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction; International Journal of Psychology, 42 (4), 253-264.
- Statista.com, Abrufdatum 15.04.2015:
<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/36846/umfrage/anteil-der-wirtschaftsbereiche-am-bruttoinlandsprodukt/>
- Stephan, P.F. (2001): Denken am Model. In: Bürdek, Bernhard, E., ed.: Der digitale Wahn. Frankfurt am Main: Verlag Suhrkamp.
- Software-Ergonomie für Multimedia-Benutzungsschnittstellen - Teil 1: Gestaltungsgrundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14915-1:2002); Deutsche Fassung EN ISO 14915-1:2002: <https://de.wikipedia.org/wiki/Software-Ergonomie>
- Stickdorn, M., Schneider, J. (2011): This is service design thinking. Basics – Tools – Cases. Amsterdam; BIS Publishers.
- van den Boom, H. (2001): Das Designprinzip. Warum wir in der Ära des Designs leben, kassel university press.

Kontakt

Dipl.-Des. Oliver Gerstheimer
chilli mind GmbH
Königstor 23
34121 Kassel
www.chilli-mind.com

Design und User Experience in der Flugsicherung – Assistenzsystem zur Fernüberwachung im Multi-Airport-Betrieb

Rodney Leitner · Astrid Oehme

Zusammenfassung

Die Flugsicherung in Europa befindet sich im Wandel, denn der Europäische Luftraum und die damit verbundenen Prozesse werden seit einigen Jahren harmonisiert. Eine Vielzahl der Forschungsprojekte, die diese Entwicklung begleiten, zielt darauf ab, eine orts- und außersichtunabhängige Arbeitsumgebung für Fluglotsen zu entwickeln. Insbesondere für kleinere Regionalflughäfen besteht die Idee, eine Fernüberwachung in einem Control Center zu bündeln, da die Fluglotsen bis auf die üblichen Peak-Zeiten häufig nicht ausgelastet und teilweise unterfordert sind. Dies ermöglicht nicht nur die Fernüberwachung eines Flughafens, sondern auch die gleichzeitige Überwachung und Kontrolle aller Flugbewegungen von mehreren Flughäfen. Neben den bisherigen Aufgaben eines Fluglotsen, wie das Überwachen des Verantwortungsbereichs und die Gewährleistung einer sicheren und zügigen Abwicklung des Flugplatzverkehrs, ist bei einer Mehrfachkontrolle (Multi-Airport-Control) die Planung des Verkehrsflusses auf den zu kontrollierenden Flughäfen von entscheidender Bedeutung. Neben Systemen zum Außensichtersatz ist hierbei daher auch ein System erforderlich, das dem Fluglotsen bei der Planung der Flugbewegungen aller Flughäfen unterstützt. Unter Berücksichtigung eines nutzerzentrierten Ansatzes, Richtlinien für einfach bedienbare Benutzerschnittstellen und mit der Intention, auch im Arbeitskontext eine hohe User Experience (UX) zu bieten, wurde das Assistenzsystem MasterMAN entwickelt. Das Konstrukt der User Experience verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz und beinhaltet nicht nur sachbezogene Aspekte wie die Usability des Systems sondern auch hedonische Aspekte wie Nutzeremotionen. Folglich wurde eine interaktive grafische Benutzeroberfläche gestaltet, die sowohl einen leichten und sicheren Umgang mit dem System als auch ein anspruchsvolles, positiv empfundenen *Look and Feel* gewährleistet. Bei der Evaluierung des Systems wurden neben der analytischen

Inspektionsmethode Heuristische Evaluation nach Nielsen (1994) auch die ästhetischen Aspekte der grafischen Benutzerschnittstelle mit dem Fragebogen VisAWI (Visual Aesthetics of Websites Inventory) nach Thielsch & Moshagen (2014) adressiert. Acht Usability-Experten bewerteten das Assistenzsystem, notierten alle Auffälligkeiten und Usability-Probleme und führten ein dazugehöriges Severity Rating durch. Unter Zuhilfenahme dieser Vorgehensweise wurden insgesamt 56 Probleme identifiziert, die im weiteren Verlauf der Entwicklung korrigiert wurden. In einer abschließenden Gruppendiskussion mit allen Evaluatoren und den Entwicklern wurden nach dem Vorbild des *Pluralistic Walkthrough* die Probleme besprochen und Lösungsansätze mit den Usability-Experten erarbeitet. Hinsichtlich der ästhetischen Gestaltung der Benutzerschnittstelle ergab die VisAWI-Bewertung ein überdurchschnittliches Ergebnis und bestätigte damit ein ansprechendes Design. Weitere Untersuchungen zur Zufriedenheit von Fluglotsen beim Umgang mit dem System sind geplant.

1 Flugsicherung im Wandel

Die Flugsicherung in Europa ist aufgrund der Flugsicherungsdienstverordnung (VO (EG) Nr. 550 2004) von 2004 starken Veränderungen unterworfen. Bereits kurz danach begannen die ersten Forschungsprojekte zur außersichtunabhängigen Luftverkehrsüberwachung, um insbesondere für gering frequentierte Regionalflughäfen eine kosteneffiziente Flugsicherung gewährleisten zu können. Dieser Außensichtersatz wird meist durch eine Videoüberwachung des Flughafens verwirklicht. Zusätzlich zu den Videoinformationen, die dem Fluglotsen die Möglichkeit geben, sich ein Bild der Flugbetriebsflächen sowie der näheren Umgebung des Flughafens zu verschaffen, können sensorbasierte Daten das Videobild überlagern, um den Fluglotsen bei seiner Arbeit mit weiteren Informationen zu unterstützen. Der erste fernüberwachte Flughafen der Welt ging im April 2015 in Schweden in den Betrieb.

Die meisten der neuen Konzepte fokussierten jedoch auf die Fernüberwachung eines einzelnen Flughafens. Im Rahmen eines sogenannten *Aerodrome Remote Control Center* (ARCC) wurde dieses Konzept um die Kontrolle mehrerer Flughäfen erweitert (Oehme et al. 2013). Dazu wurden ein verändertes Betriebskonzept, die Entwicklung eines neuen Arbeitsplatzes und die Entwicklung neuer Systeme notwendig.

2 Entwicklung eines Assistenzsystems zur Planung

Der Fluglotse im ARCC benötigt für seine Aufgaben neue Systeme. Für die orts- und außersichtunabhängige Kontrolle der Flugbewegungen sind Luft-

und Bodenlageinformationen erforderlich. Zusätzlich wird das Planen der Flugbewegungen an den Flughäfen zu einer zentralen Aufgabe des Fluglotsen. Dafür ist ein Assistenzsystem erforderlich, das den Fluglotsen bei seinen Planungstätigkeiten unterstützt. Dazu gehören die Analyse der Flugpläne und die Bereitstellung von Informationen über den Flugplatzverkehr aller Flughäfen. Darüber hinaus soll das System den Operateur bei der Erkennung von Konflikten zwischen zeitüberlappenden Flugbewegungen verschiedener Flughäfen unterstützen und Vorschläge zur Lösung des Konflikts unterbreiten. Schließlich soll es auch Empfehlungen hinsichtlich des Personaleinsatzes bei stark steigenden Verkehrsaufkommen an einen der überwachten Flughäfen geben.

Für die Entwicklung eines solchen Assistenzsystems wurde ein nutzerzentrierter Ansatz verfolgt. In Zusammenarbeit mit Fluglotsen wurden zunächst die Anforderungen an das System ermittelt (Leitner & Jürgensohn 2014) und waren Basis für die anschließend entwickelten Use Cases. Use Cases beschreiben die möglichen Interaktionen zwischen dem Nutzer und dem System zur Erreichung unterschiedlicher Ziele (z.B. Änderung der Abflugzeit einer Flugbewegung). Für die Umsetzung einer Gestaltungslösung folgten Informationsarchitektur, Interaktionsdesign und grafische Design. Die Informationsarchitektur befasste sich mit der Strukturierung und Beschreibung von Informationen, so dass sie vom Nutzer leicht erfasst werden können und ihn bei seinen Aufgaben unterstützen (Moser 2012). Das Interaktionsdesign sollte gewährleisten, dass die gestellten Aufgaben durch wenige Interaktionen bewältigt werden können (Shneiderman 2002) und das System ein angemessenes Feedback gibt.

Die Umsetzung der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) wird im Folgenden näher beschrieben. Um eine ästhetisch ansprechende GUI zu kreieren, wurden einerseits eine Design-Philosophie festgelegt und ein Styleguide entwickelt und andererseits die Gestaltgesetze bei der Auswahl und Darstellung der Elemente berücksichtigt.

2.1 Styleguide und Farbeinsatz

Bevor die grafische Benutzeroberfläche umgesetzt wird, muss ein Styleguide erstellt werden, der Gestaltungsrichtlinien enthält, um ein einheitliches Gesamtbild zu schaffen. Da die Stilrichtung alle Komponenten des Styleguides beeinflusst, wurde zunächst zwischen den aktuell konkurrierenden Design-Philosophien *Skeuomorphismus* und dem häufig als *Flat Design* bezeichneten Minimalismus ausgewählt. Im Skeuomorphismus richtet man sich bei der Darstellung von Objekten nach einem realistischen Erscheinungsbild, um dessen Funktion oder Bedeutung zu erklären. Der Stil legt

großen Wert auf hohe Detailtreue und natürlichen Texturen, so dass bspw. ein Schalter mit realistischer Oberfläche, Schatten und Lichteffekten als ein solcher wahrgenommen wird (siehe Abb. 1). Ein Vertreter dieser Philosophie ist beispielsweise Apple mit seinem Betriebssystem iOS (bis Version 6). Im puristischen Flat Design wird auf die Nachahmung der realen Welt und optische Distraktoren verzichtet (Clum 2013). Der Fokus liegt vorrangig auf dem zu präsentierenden Inhalt. Durch visuelle Klarheit kann der Nutzer gezielt auf die wichtigen Informationen gelenkt werden, um das Situationsbewusstsein zu unterstützen. Im Smartphone-Segment kann Microsoft mit seinem Betriebssystem Windows Phone als ein solcher Vertreter angesehen werden. Im Planungstool wurde sich aufgrund der Fokussierung auf die Informationsvermittlung an das Flat Design orientiert.



Abbildung 1: Vergleich einer Schaltfläche
nach den unterschiedlichen Design-Philosophien

Die im Flat Design implizierte Einfachheit wurde auch bei der Wahl von Farben und Schriftart konsequent verfolgt. Um auch im Schriftbild Klarheit zu erreichen, wurde sich auf eine Schriftart beschränkt. Diese Schriftart wurde in sieben Schriftschnitten verwendet, wovon drei in der Standardschriftstärke und jeweils zwei in *light* bzw. in *demi* definiert wurden. Auch bei der Schriftzeichenbreite und Schriftlage wichen jeweils zwei der sieben Schnitte von der Standardausführung ab. Die Zuweisung der Schriftschnitte im Styleguide erfolgte kategorial, so dass stets gleiche Informationseinheiten im selben Schriftschnitt dargestellt werden und so einen hohen Wiedererkennungswert haben. Der Einsatz von Farben kann bei nicht exzessiver Nutzung bei der Bewerksstellung der Aufgaben hilfreich sein (Shneiderman 2002). Empfehlungen zur Verwendung von Farben sind im Teil Informationsdarstellung der ISO-Norm 9241 (DIN EN ISO 9241-12 2000-08) beschrieben. Die im Planungstool eingesetzten Farben werden nicht als alleinige Kodierung eingesetzt, sondern unterstützen die Visualisierung. Sie setzen Akzente auf wichtige Informationen, tragen zur Unterscheidung zwischen Objekten bei und machen auf Warnungen aufmerksam. Aus diesem Grund wurde zunächst ein achromatisches Basislayout erstellt (Goldstein 2002), das sich aus verschiedenen Graustufen und Weiß zusammensetzt. Außerdem sind vier Farben (gelb, rot, grün und blau) in unterschiedlichen Abstufungen definiert worden, die bei der Informationskategorisierung unterstützen. Darüber hinaus dienen drei weitere Farben zur Akzentuierung in der Aufmerksamkeitssteuerung. Um sicherstellen zu

können, dass Textelemente auf jedem Hintergrund erkennbar und lesbar sind, wurde jeder Farbabstand $\Delta E > 20$ im CIE Lab-Farbraum umgesetzt (in der Literatur wird ein Farbabstand zwischen 6 und 10 als groß definiert). Außerdem wurde für farbige Hintergründe ein Kontrastverhältnis > 3 bzw. $> 4,5$ gemäß der Konformitätsstufe AA nach WCAG 2.0 (Caldwell et al. 2008, ISO/IEC 40500 2012) eingehalten.

2.2 Umsetzung von Gestaltgesetzen

Die Gestaltpsychologie befasste sich mit dem menschlichen Wahrnehmungsprozess von einzelnen Elementen und daraus resultierende Gestalten. Gestalten sind dabei eine Summe von Teilen, die als zusammenhängend interpretiert und als ganzheitliche Gebilde verstanden werden. Dieser interne Interpretationsprozess ist vom Betrachter abhängig und von unterschiedlichen Faktoren wie Wissen, Erfahrung, Wahrnehmung, Erwartung im aktuellen Kontext oder der Kultur des Betrachters beeinflusst. Die Gestalt ist nicht nur die Summe seiner Einzelteile, *„denn es enthält um Relationen mehr als die Dinge selbst, ein Mehr, das verloren geht, wenn wir die Dingen aus ihrem 'Zusammen' lösen“* (Jaensch & Grünhut 1929, S. 67). Im komplexen Zusammenspiel der Elemente können diese in unterschiedlichen Relationen zueinander in Verbindung stehen. Das Verhältnis zwischen Elementen wurde als Ergebnis der gestaltpsychologischen Forschung in Gestaltgesetzen festgehalten. Insbesondere im Bereich der Informatik spielen diese heutzutage eine große Rolle, wenn es um die Entwicklung von Benutzerschnittstellen geht. Bei der Entwicklung des Planungstool-Prototypens spielten die folgenden Gestaltgesetze (Metzger 1936) eine wesentliche Rolle für die Darstellung der Objekte:

- Gesetz der Nähe
Zusammenfassung von Elementen zu einem Gebilde geschieht im Sinne des geringsten individuellen Abstandes zwischen den Elementen. Ist der Abstand bei einer Anzahl der Elemente kleiner als der Abstand zu anderen Elementen, so werden diese als zusammengehörig wahrgenommen.
- Gesetz der Gleichheit/Ähnlichkeit
Verschiedenartige Elemente werden als Gruppe wahrgenommen, die gleiche oder ähnliche Eigenschaften aufweisen. Dies wirkt umso stärker, je mehr Parameter übereinstimmen.
- Gesetz der guten Gestalt
Die gute Gestalt ist eine Form, die sehr ausgeprägt ist und sich dem Beobachter nahezu aufdrängt und immer wiederkehrt. „Unordentliche“ oder „windschiefe“ Teilgebilde sind in der Wahrnehmung nur „beschränkt lebensfähig“ (ebd., S 18).

- Gesetz der Symmetrie
Auch als Gesetz der Spiegelgliedrigkeit bezeichnet, gruppiert einzelne Elemente aufgrund von Symmetrie und es entsteht eine gute Gestalt.
- Gesetz des gemeinsamen Schicksals
Mehrere Elemente werden als zusammengehörige Einheit wahrgenommen, wenn sie ein gemeinsames Schicksal verbindet (Krech et al. 1985). Es lässt sich sowohl auf Gebilde als auch auf Bewegungen von Gebilden anwenden.

Die praktische Umsetzung der Gestaltgesetze ist an einigen Beispielen in Abb. 2 dargestellt.






	<p>Gesetz der Nähe Die Schaltflächen zum Abbruch oder zur Bestätigung einer Aktion werden aufgrund der Nähe zum jeweiligen Flugstreifen zugehörig wahrgenommen.</p>
	<p>Gesetz der Ähnlichkeit/Gleichheit Die Flugart einer Flugbewegung werden nicht nur über den Buchstaben oben rechts, sondern auch über die Hintergrundfarbe kodiert. (z.B. Arrival - grün, Departure - blau, etc.)</p>
	<p>Gesetz der guten Gestalt Trotz Überlagerung von im Vordergrund befindlichen Flugstreifen wird der dahinter liegenden farbliche Balken, der die zeitlichen Überlagerungen symbolisiert, als Einheit wahrgenommen.</p>
	<p>Gesetz der Symmetrie Elemente, die sich entlang einer Symmetrieachse aufreihen, werden als zusammengehörig erfasst. Oft wirken mehrere Gesetze gleichzeitig, wie in diesem Beispiel das Gesetz der Nähe.</p>
	<p>Gesetz des gemeinsamen Schicksals Bei der Verschiebung eines Flugeignisses zu einem späteren Zeitpunkt bewegen sich weitere Elemente synchron und werden als zur Flugbewegung zugehörig empfunden.</p>

Abbildung 2: Beispiele für die Anwendung der Gestaltgesetze

3 Evaluation des Planungstools

Die Evaluation zählt zu den zentralen Punkten des Usability-Engineerings und wurde zum frühestmöglichen Zeitpunkt nach Realisierung einer funktio-

nierenden Version des Planungstools durchgeführt. Anfängliche Mängel oder Fehlentwicklungen können im Rahmen des iterativen Ansatzes zeitig erkannt und in der weiteren Entwicklung des Systems adressiert werden. Neben dem Aufdecken von Fehlern in der Funktionalität des Systems wurden außerdem Daten zur User Experience (UX) erfasst.

3.1 Methodisches Vorgehen

Für die Evaluation von technischen Systemen haben sich in der Literatur zwei Kategorien herauskristallisiert: empirische und analytische Methoden (Sarodnick & Brau 2011). In dem hier angewendeten analytischen Verfahren *Heuristic Walkthrough (HW)* (Moser 2012) haben sich Human-Factors-Experten in die Situation der eigentlichen Nutzer versetzt und die Beurteilung des Systems vorgenommen. Das fehlende Domänenwissen der Teilnehmer, soweit es für die Evaluation erforderlich war, wurde erarbeitet.

Der Fokus der Evaluation lag auf den Grundfunktionen des Planungstools. Um jedoch sicherzustellen, dass die Experten alle Grundfunktionen kennenlernen und testen konnten, wurden vier Aufgabenszenarien vorbereitet, die alle wichtigen Funktionen des Planungstools abdeckten. Aufgedeckte Usability-Probleme waren von den Teilnehmern in den Kategorien bereitgestellter Heuristiken zu notieren und deren Schweregrad auf einer Skala von 1 („kosmetisch“) bis 5 („katastrophal“) zu bewerten. Da die Ästhetik von Systemen weitere Faktoren wie Usability (Moshagen et al. 2009), Zufriedenheit (Lindgaard & Dudek 2003) oder Kaufbereitschaft (Porat & Tractinsky 2012) beeinflussen kann, wurde nach dem HW die hedonischen Aspekte der UX von den Teilnehmern erfasst. Dazu wurde der von Thielsch & Moshagen (2011) entworfene VisAWI-Fragebogen verwendet, der sich bereits in einem breiten Anwendungsfeld als praktisch bewährt hat. Mit dem Fragebogen wird nicht nur ein genereller Ästhetik-Faktor (g-Faktor) ermittelt sondern erfasst auch die vier Facetten Einfachheit, Vielseitigkeit, Farbigkeit und Kunstfertigkeit.

3.2 Auswahl der Heuristiken

Unzählige Usability-Guidelines mit ihren tausend Regeln, denen Entwickler und Evaluatoren folgen sollen, haben schnell zu Unübersichtlichkeit geführt. Ein Vergleich von unterschiedlichen Usability-Heuristiken für eine Evaluation wurde von Somervell und McCrickard (2005) durchgeführt mit dem Ergebnis, dass eine zielgerichtete Vorauswahl bzw. selbst entwickelte Heuristiken die Evaluation der Applikation positiv beeinflussen kann. Aus diesem Grund und wegen des sehr spezifischen Einsatzgebietes des Planungstools wurde ein individuelles Set von Heuristiken zusammengestellt. Grundlage für die

verwendeten Heuristiken waren die Usability-Prinzipien von Nielsen und Molich (1990), die allgemeingültigeren Gestaltungsprinzipien von Norman (1988), die acht goldenen Regeln von Shneiderman und Plaisant (2010) sowie die Grundsätze der Dialoggestaltung der ISO-Norm 9241 (DIN EN ISO 9241-110 2008-09). Für die Evaluation wurde ein Set von acht Heuristiken ausgewählt, während bei zwei dieser Heuristiken (Selbstbeschreibungsfähigkeit und Fehlerrobustheit) die Granularität durch Zuweisung von weiteren Heuristiken erhöht werden sollte (siehe Abb. 3).

Shneiderman	ISO 9241-110	Nielsen	Norman	Heuristiken für Evaluation
	Aufgabenangemessenheit			Aufgabenangemessenheit
Consistency	Erwartungskonformität	Speak the users language, Consistency	Consistency	Erwartungskonformität
	Selbstbeschreibungsfähigkeit	Simple and natural dialogue		Selbstbeschreibungsfähigkeit
			Visibility	Sichtbarkeit
			Affordance	Affordanz
		Clearly marked exits		klar markiertes Prozessende
Reduce short-term memory load	Lernförderlichkeit	Minimize user memory load		Lernförderlichkeit
Offer informative feedback		Feedback	Feedback	Feedback
Offer simple error handling	Fehlerrobustheit			Fehlerrobustheit
		Prevent errors		Fehlervermeidung
		Good error messages		Verständliche Fehlerinformation
Permit easy reversal of actions	Steuerbarkeit			Steuerbarkeit
Enable frequent users to use shortcuts	Individualisierbarkeit	Shortcuts		Individualisierbarkeit

Abbildung 3: Auswahl der Heuristiken für die Evaluation

3.3 Stichprobe

Um stichhaltige Ergebnisse aus der Evaluation zu ziehen, ist ein besonderes Augenmerk auf die Auswahl der Experten zu legen, wie es Kirmani und Rajasekaran (2007) belegen. In der Literatur gibt es unterschiedliche Meinungen, wie viele Evaluatoren für eine Studie erforderlich sind. Die Anzahl

der gefundenen Usability-Probleme steigt degressiv mit der Anzahl der eingesetzten Evaluatoren, so dass die Verwendung von fünf Evaluatoren (magic number 5) bereits ausreichend ist, um durchschnittlich über 80% der Probleme aufzudecken (Nielsen & Landauer, 1993; Tullis & Albert, 2008; Virzi, 1992). Auch in Tan et al. (2009) wurde unter anderem die Frage der Bewerteranzahl adressiert und die Forscher beobachteten ab etwa sieben bis acht Evaluatoren einen asymptotischen Verlauf der gefundenen kumulierten Probleme. Bei dieser heuristischen Evaluation wurden insgesamt acht Human-Factors-Experten (5 männlich, 3 weiblich) mit einer gemittelten Berufserfahrung im Bereich Human Factors von 10,1 Jahren (SD=9,25) eingesetzt. Mit dieser Anzahl an Evaluatoren ist nach Nielsen und Landauer (1993) eine Aufdeckungsrate zwischen 85% und 99% der Usability-Probleme möglich und sie wurde daher als angemessene Stichprobengröße angesehen. Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 27 und 59 Jahren (\bar{x} 40,6 Jahre). Darüber hinaus wurde die Technikaffinität der Evaluatoren mittels TA-EG von Karrer et al. (2009) erfasst und konstatiert eine überdurchschnittliche Kompetenz und eine leicht positive Einstellung der Evaluatoren zu Technik (Tabelle 1).

	Min-Wert	Max-Wert	Mittelwert	SD
Begeisterung	1,2	3,6	2,98	0,78
Kompetenz	3,25	5	3,88	0,68
Negative Einstellung	1	3,4	2,3	0,66
Positive Einstellung	2,6	4,4	3,45	0,65

Tabelle 1: Technikaffinität der Evaluatoren

3.4 Durchführung der Evaluation

Bevor die eigentliche Evaluation beginnen konnte, wurde die Grundlage für ein gemeinsames Verständnis des Nutzungskontextes des Planungstools und des Ziels der Evaluation geschaffen. Darüber hinaus wurden die Oberfläche und die Funktionalitäten des Planungstools eingehend beschrieben sowie die bereitgestellten Materialien übergeben.

Die im Rahmen eines HW vordefinierten Aufgaben enthielten Arbeitsinstruktionen, die so konzipiert waren, dass sie aufeinander aufbauten und durch das System führten. So war es den Evaluatoren möglich, das Planungstool schrittweise kennenzulernen und die Instruktionen sollten außerdem sicherstellen, dass alle vorhandenen Funktionen von den Evaluatoren

mindestens einmal verwendet werden. Da die gestellten Aufgaben keine zeitkritischen Elemente enthielten, konnte der Evaluator jederzeit Auffälligkeiten gemäß der definierten Heuristiken festhalten. Des Weiteren begleitete ein Versuchsleiter die Evaluation, der die aufgabenspezifischen Bedienpfade des Evaluators dokumentierte, sofern diese vom idealen Bedienpfad für die jeweilige Aufgabe abwichen. Anschließend bot sich den Evaluatoren die Gelegenheit, Teilbereiche des Systems nochmals genauer zu untersuchen und zu bewerten. Abschließend wurden die demografischen Daten, die Bewertung der hedonischen Qualität des Systems und die Technikaffinität der Evaluatoren erfasst.

3.5 Ergebnisse

Insgesamt haben die acht Evaluatoren 58 Auffälligkeiten gefunden, wovon 15 von mindestens zwei Evaluatoren entdeckt wurden (*shared problems*). Die restlichen Auffälligkeiten wurden jeweils nur von einem Evaluator entdeckt (*unique problems*). In Abbildung 4 sind die *shared problems* aufgelistet und es wird dargestellt, von welchen Evaluatoren diese gefunden wurden. Jedes schwarze Quadrat symbolisiert ein durch einen Evaluator aufgedecktes Problem. Die Grafik stellt außerdem die Entdeckungsschwierigkeit eines Problems dar, die von links nach rechts ansteigt. Des Weiteren ist auch die Fähigkeit der Evaluatoren Usability-Probleme aufzudecken dargestellt. Diese nimmt in der Grafik von oben nach unten zu. Eine Übersicht über die Anzahl der *unique* und *shared problems* der Evaluatoren sowie der durchschnittliche Schweregrad sind in Abbildung 5 dargestellt. Die gefundenen Probleme der Evaluatoren liegen zwischen 6 und 14 und der durchschnittliche Schweregrad der gefundenen Probleme zwischen 2,17 und 3,79.

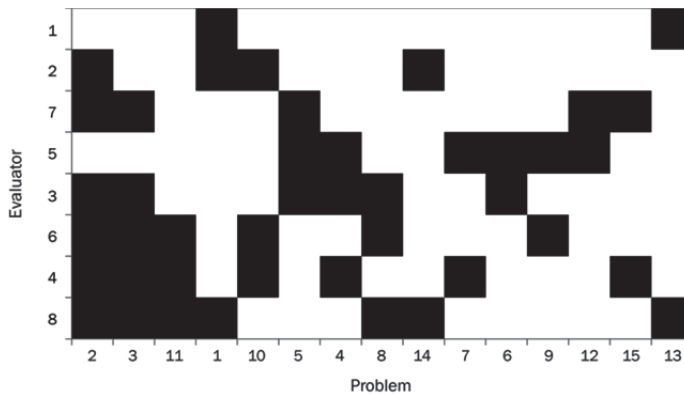


Abbildung 4: Verteilung der *shared problems*

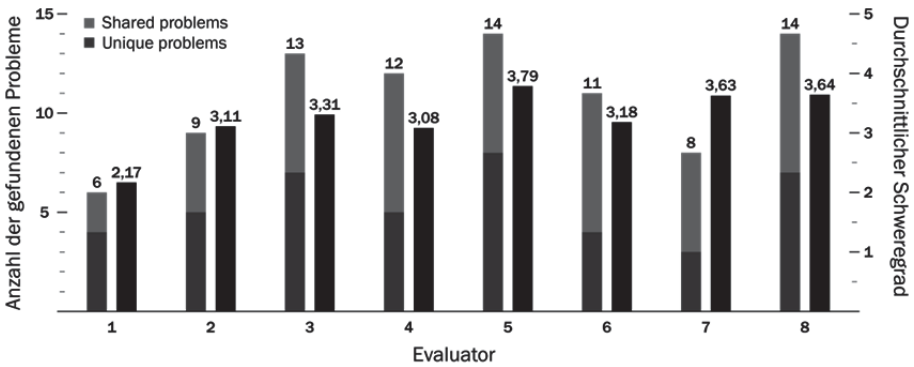


Abbildung 5: Anzahl der unique und shared problems (graue Balken) und der durchschnittliche Schweregrad je Evaluator (schwarze Balken)

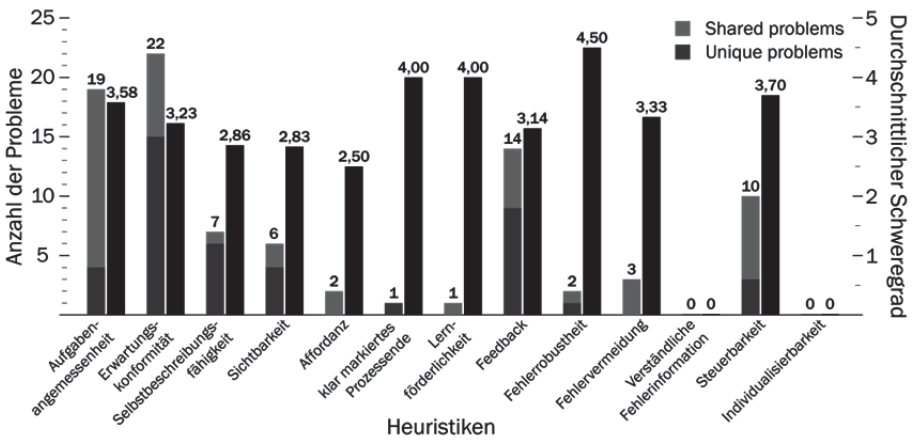


Abbildung 6: Anzahl der unique und shared problems (graue Balken) und der durchschnittliche Schweregrad je Heuristik (schwarze Balken)

In Abbildung 6 sind zu den 13 verwendeten Heuristiken die Anzahl der gefundenen Probleme der Evaluatoren aufgelistet. Auffälligkeiten zu den Heuristiken *verständliche Fehlerinformationen* und *Individualisierbarkeit* wurden nicht genannt. Darüber hinaus erfolgte zu den zwei Heuristiken (klar markiertes Prozessende und Lernförderlichkeit) jeweils nur eine Nennung. Die meisten Auffälligkeiten wurden in den Heuristik-Kategorien Erwartungskonformität, Aufgabenangemessenheit und Feedback genannt. Insbesondere unter Berücksichtigung der gefundenen Probleme dieser Heuristiken ist eine anschließende Überarbeitung der Benutzerschnittstelle erforderlich.

Darüber hinaus sind alle Probleme mit einem hohen Schweregrad (mindestens 4) detailliert zu prüfen. Die zu diesen Problemen erarbeiteten Lösungsansätze aus einer anschließenden Gruppendiskussion müssen in einem weiteren Schritt konkretisiert und in der Benutzerschnittstelle umgesetzt werden.

Die Ästhetik ist ein zentrales Element der User Experience und beeinflusst unter anderem auch die Usability (Moshagen et al. 2009) und Zufriedenheit (Lindgaard & Dudek 2003) der Nutzer. Die Erfassung der visuellen Ästhetik mittels VisAWI-Fragebogen erlaubte die Beurteilung der vier Subskalen Einfachheit, Vielseitigkeit, Farbigkeit und Kunstfertigkeit sowie des Gesamteindrucks des Assistenzsystems. Abbildung 7 gibt die durchschnittlichen Werte für die vier Subskalen sowie die Gesamtbewertung der Evaluatoren wieder. Jeweils zwei der Subskalen bestehen aus vier bzw. fünf Items. Nach einer Schwellenwertanalyse des VisAWI von Hirschfeld und Thielsch (2015) wird ab einer durchschnittlichen Gesamtbeurteilung von 4,5 die Benutzerschnittstelle als positiv wahrgenommen. Die Gesamtbeurteilung der Evaluatoren (schwarze Balken in Abb. 7) liegt zwischen 5,11 und 6,56 Bewertungspunkten (\bar{x} 5,77) und damit deutlich über dem genannten Schwellenwert. Aus diesem Grund besteht hinsichtlich der visuellen Ästhetik des Assistenzsystems kein zwingender Handlungsbedarf.

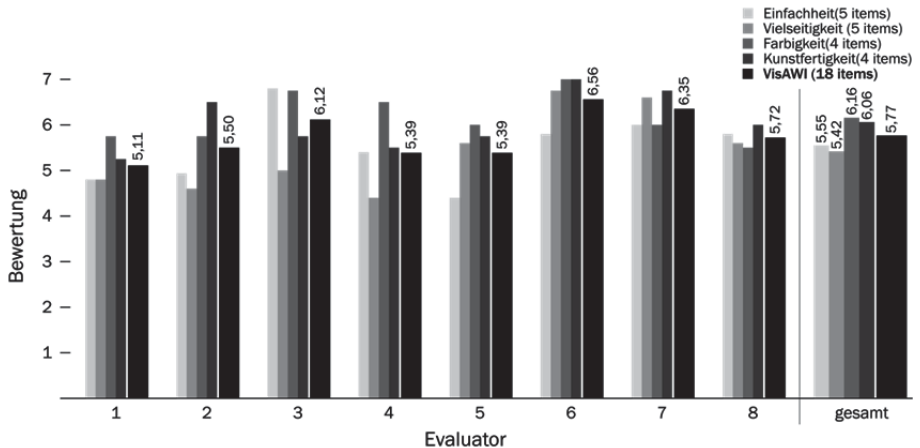


Abbildung 7: Mittelwerte der vier Subskalen des VisAWI-Fragebogens sowie Gesamtdurchschnitt aller Evaluatoren

4 Ausblick

In einem Entwicklungsprozess ist die Einbindung von Nutzern, sonstigen Stakeholdern und Experten in den Produktentwicklungsphasen notwendig, um eine hohe Gebrauchstauglichkeit des Produktes und damit auch eine hohe Akzeptanz durch die Anwender zu erreichen. Der erste Schritt für die Entwicklung des hier beschriebenen Assistenzsystems erfolgte bei der Ermittlung der Nutzeranforderungen, die als Grundlage für die Benutzerschnittstelle dienen. Nach Abschluss der Gestaltung der grafischen Oberfläche und Implementierung der Funktionalitäten wurde die beschriebene Evaluation durchgeführt, um Probleme bei der Interaktion mit dem System aufzudecken. In einem weiteren Schritt sollen die Anpassungen beim Assistenzsystem zeitnah umgesetzt werden. Zusätzlich zur Bewertung der Benutzerschnittstelle durch Human-Factors-Experten ist die Beurteilung des Systems durch Fluglotsen im Rahmen einer Simulationsstudie vorgesehen. Die Ergebnisse dieser Studie fließen ebenfalls in den Entwicklungsprozess des Systems ein. Sind nach Meinung der Experten grundlegende Änderungen am Assistenzsystem erforderlich, werden weitere iterative Evaluationschritte durchgeführt, um ein nutzerzentriertes und den Aufgaben des Operators angepasstes System zu entwerfen. Mit diesen Entwicklungsschritten hofft der Autor ein System zu realisieren, das für die Anwender nicht nur nützliche Unterstützung und Benutzbarkeit bietet sondern auch Spaß bei der Arbeit vermittelt.

Literaturverzeichnis

- Caldwell, B., Cooper, M., Reid, L. G. & Vanderheiden, G. 2008: Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0, W3C.
- Clum, L. (2013). A Look at Flat Design and Why It's Significant (@UX Magazine Online), <http://uxmag.com/articles/a-look-at-at-designand-why-its-significant>, zuletzt abgerufen am 22.10.2014.
- DIN EN ISO 9241-110 2008-09: Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung. Berlin: Beuth-Verlag.
- DIN EN ISO 9241-12 2000-08: Teil 12: Informationsdarstellung. Berlin: Beuth-Verlag.
- Goldstein, E. B. 2002: Wahrnehmungspsychologie, 2. Deutsche Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Hirschfeld, G. & Thielsch, M. T. 2015: Establishing meaningful cut points for online user ratings. In: *Ergonomics*, 58(2), S. 310–320.
- ISO/IEC 40500 2012: Information technology - W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. Berlin: Beuth-Verlag.
- Jaensch, E. & Grünhut, L. 1929: Über Gestaltpsychologie und Gestalttheorie. Langensalza: Hermann Beyer & Söhne.

- Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C. & Bruder, C. 2009: Technikaffinität erfassen - der Fragebogen TA-EG. In: *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*, 8, S. 196-201.
- Kirmani, S. & Rajasekaran, S. 2007: Heuristic Evaluation Quality Score (HEQS): a measure of heuristic evaluation skills. In: *Journal of Usability Studies*, 2(2), S. 61-75.
- Krech, D., Crutchfield, R. S., Livson, N., Wilson jr., W. A. & Parducci, A. 1985: *Grundlagen der Psychologie 2 - Wahrnehmungspsychologie*. Weinheim/Basel: Beltz.
- Leitner, R. & Jürgensohn, T. 2014: Entwicklung einer grafischen Benutzer-oberfläche zur Fernüberwachung mehrerer Flughäfen. In: *Wendemuth, A., Jipp, M., Kluge, A., Söffker, D. (Hrsg.). 3. Interdisziplinärer Workshop Kognitive Systeme: Mensch, Teams, Systeme und Automaten*, 25.-27. März 2014, Magdeburg.
- Lindgaard, G. & Dudek, C. 2003: What is this evasive beast we call user satisfaction?. In: *Interacting with computers*, 15(3), S. 429-452.
- Metzger, W (1936): *Gesetze des Sehens*. Frankfurt am Main: W. Kramer.
- Moser, C. 2012: *User Experience Design*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- Moshagen, M., Musch, J. & Göritz, A. S. 2009: A blessing, not a curse: Experimental evidence for beneficial effects of visual aesthetics on performance. In: *Ergonomics*, 52 (10), S. 1311-1320.
- Nielsen, J. & Landauer, T. K. 1993: A mathematical model of the finding of usability problems. In: *Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference*, S. 206-213. 24.-29. April, Amsterdam, Niederlande.
- Nielsen, J. & Molich, R. 1990: Heuristic Evaluation of User Interfaces. In: *Proceedings ACM CHI'90 Conference*, S. 249–256. 1.-5. April, Seattle, WA.
- Norman, D. A. 1988: *The psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books.
- Oehme, A., Leitner, R. & Wittbrodt, N. 2013: Challenges of Multiple Airport Control. In D. Harris (Hrsg.): *Aviation Psychology and Applied Human Factors*, 3, S. 1-8, Göttingen: Hogrefe.
- Porat, T. & Tractinsky, N. 2012: It's a pleasure buying here: The effects of web-store design on consumers' emotions and attitudes. In: *Human-Computer Interaction*, 27(3), S. 235-276.
- Sarodnick, F. & Brau, H. 2011: *Methoden der Usability Evaluation*. 2. überarbeitete Auflage. Bern: Verlag Hans Huber.
- Shneiderman, B. 2002: *User Interface Design. Effektive Interaktion zwischen Mensch und Maschine (Deutsche Ausgabe)*. Bonn: mitp-Verlag.
- Shneiderman, B., Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Fifth Edition. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing.
- Somervell, J. & McCrickard, D. S. 2005: Better discount evaluation: illustrating how critical parameters support heuristic creation. In: *Interacting with Computers*, 17(5), S. 592-612.
- Tan, W.-S., Liu, D. & Bishu, R. 2009: Web Evaluation: Heuristic Evaluation vs. User Testing. In: *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 39, S. 621-627.

- Thielsch, M. T. & Moshagen, M. 2011: Erfassung visueller Ästhetik mit dem VisAWI. In: Usability Professionals, S. 260-265.
- Tullis, T. & Albert, B. 2008: Measuring the User Experience. Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. New York: Morgan Kaufmann.
- Virzi, R. A. 1992: Refining the Test Phase of Usability Evaluation: How Many Subjects Is Enough? In: Human Factors, Vol. 34(4), S. 457-468.
- VO (EG) Nr. 550 2004: Verordnung (EG) Nr. 550/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 über die Erbringung von Flugsicherungsdiensten im einheitlichen europäischen Luftraum. ABI. Nr. L 96 vom 31.03.2004, S.10.

Kontakt

Dipl.-Ing. Rodney Leitner
HFC Human-Factors-Consult GmbH
Köpenicker Straße 325
12555 Berlin
www.human-factors-consult.de
rodney.leitner@human-factors-consult.de

Die Gestaltung in Zeiten der Digitalen Revolution

Gerhard Glatzel

Einleitung

Die Zweite Digitale oder auch Vierte Industrielle Revolution, Digitale Gesellschaft und Informationsgesellschaft sind Begriffe für den selben Vorgang, nämlich die Verlagerung von höheren Hirnfunktionen auf eine externe künstliche Intelligenz. Im Unterschied zur ersten Digitalen Revolution, die von der Erfindung des Mikroprozessors und dessen Programmierung geprägt war, führen aktuelle rechnergesteuerte Maschinen nicht nur vorgegebene Routinen aus und reagieren auf Signale externer Sensoren, sondern entscheiden autonom auf der Basis eines multisensorischen Inputs. Sie werden damit als sprachgesteuertes Smart Phones oder als kollaborative Roboter (Elkmann 2016) in einer Fertigung zum Partner des Menschen, dem sie sich anpassen. Smart Phone und Roboter erweitern qualitativ und quantitativ die Möglichkeiten eines Menschen und wirken auf den Menschen zurück.

Bei intensiver Nutzung treten hirnorganische Veränderungen auf, Spitzer (2012) spricht überspitzt von digitaler Demenz. Die jüngere Hirnforschung liefert nicht nur Erkenntnisse über die Arbeitsweise unseres wichtigsten Organs, sie liefert auch bionisch basierte Strategien zur Entwicklung künstlicher Intelligenz mittels neuronaler Netze. Fortschritte in der Kenntnis von Hirnfunktionen und weiterentwickelte Software verändern die Mensch-Maschine-Schnittstelle und liefern dabei neue Erkenntnisse in den beteiligten Wissenschaftsdisziplinen.

Maschinen werden menschenähnlicher werden, sie werden spontane Netzwerke bilden und das Modell der partnerschaftlichen Kooperation mit dem Menschen auf die Maschine-Maschine-Kooperation übertragen. Es entsteht ein hybrides System kollaborativer Intelligenz.

Neu an aktuellen Veränderungen der Informationsgewinnung, -speicherung und -verarbeitung ist die automatisierte Verknüpfung großer Datenmengen (Big Data) mit dem Ziel, Informationen über das zukünftige Verhalten von Personen, Maschinen oder Systemen zu gewinnen.

Beispielsweise kann man aus der Platzierung von „likes“ in sozialen Netzwerken auf den Sozialstatus einzelner Personen rückschließen; die Analyse des Geräuschbildes einer Maschine liefert Informationen über den Wartungszustand.

Beides war durch geschultes Personal – einen Psychologen im persönlichen Gespräch, einem Industriemeister durch Erfahrung – schon immer möglich, erfordert aber in beiden Fällen den direkten Kontakt sowie eine geeignete Ausbildung und Erfahrung. Neu sind die Automatisierbarkeit mit dem Wegfall jeder quantitativen Grenze und die scheinbare Beiläufigkeit der Erfassung. Die Datenlieferanten merken nicht, was und wieviel sie liefern und mutieren vom Kunden zum Objekt.

Man könnte aber auch von einem Paradigmenwechsel (Kuhn 2001) reden, denn anders als in der Revolution ist dies durch mehrfache verschiedene Bewegungen motiviert, die aber dann mit der Revolution eins gemeinsam haben: Dahinter führt kein Schritt mehr zurück, alle vorausgehenden Bedingungen für diesen Schritt sind veraltet.

Für die Gestaltung als die Disziplin, die das zukünftige Verhalten potentieller Nutzer antizipiert, ist die Frage nach dem Revolutionären der aktuellen Veränderungen durch die Digitalisierung insofern relevant, als die Frage dahinter steckt, ob ein Instrumentarium zur Gestaltung in den Zeiten der Digitalen Revolution überhaupt zur Verfügung steht und ob es in den aktuellen Veränderungsprozessen bekannte und damit beherrschbare/ in ihrem Funktionieren vorhersagbare Muster gibt.

Es ist Alles schon mal da gewesen, beispielsweise beim Speichern von Informationen durch Schrift, beim Vervielfältigen und Verbreiten von Informationen durch den Buchdruck, in der bidirektionalen Fernkommunikation durch Winkern, Einsatz von Semaphoren, Morsen, Rauchzeichen, Telegraphie, Telephonie und Seefunk würde bedeuten, dass wir bereits die Fähigkeiten und Werkzeuge, mit den Veränderungen durch die Digitalisierung umzugehen, haben.

Neu hingegen sind das automatisierte Verknüpfen und Interpretieren großer Datenmengen mittels Algorithmen, die hohe Geschwindigkeit der Veränderungen und die Tatsache, dass Jeder potentiell betroffen ist. Das zusammengekommen bedeutet, dass wir vorhandene Fähigkeiten und Werkzeuge weiterentwickeln und neue Fähigkeiten und Werkzeuge dazu entwickeln müssen, um mit den neuen Möglichkeiten, die uns die Technik schafft, umgehen zu können. Für eine Weiterentwicklung gibt es Randbedingungen, Grenzen, Möglichkeiten und auch Präferenzen. Diese sind:

- Entwicklungsbedingte Eigenschaften unserer Wahrnehmung (Sensorik, neurologische Verarbeitung und Speicherung), die vorgegeben sind (für die Wahrnehmung elektrischer Spannung fehlt der Sensor, Schall kann nur unterhalb 16kHz wahrgenommen werden),
- In der menschlichen Entwicklung früh angelegte Verknüpfungen wie die Hand-Hirn-Koppelung sollten im Sinn von Effektivität und Effizienz genutzt werden. Kahneman (2012) nennt eine Vielzahl psychischer Effekte, die unser Verhalten mit in der Entwicklung früh angelegten Verhaltensmustern erklären, die kaum verändert werden können.
- Sehr stabile und nur mittel- bis langfristig veränderbar kulturell bestimmte Eigenschaften.
- Die seit Mitte der 90er Jahre durch die Hirnforschung beschriebene Plastizität unseres Gehirnes; d.h. neuronale Strukturen sind immer veränderbar, durch Training können neue Strukturen ausgebildet werden, Lernen und Vergessen findet durch Auf- bzw. Abbau synaptischer Kontakte zwischen Neuronen statt; ein sehr eindrucksvolles Beispiel dafür liefert das Sehen mit den Ohren: einigen Blinden gelingt es durch intensives Training, mittels Ausenden von Schallsignalen und Auswerten der Echos ein Bild der Umgebung zu erstellen, das in der gleichen Hirnregion entsteht wie ein visuell erzeugtes Bild (Goldstein 2015).

Verlagerung von Hirnfunktionen auf eine äußere künstliche Intelligenz, Robotik

Geräte und Programme der Datenverarbeitung sind Werkzeuge, mit deren Hilfe Aufgaben, die sonst das Gehirn erledigen würde, ausgelagert werden. Das waren zunächst Routineaufgaben wie die numerische Auswertung von Formeln oder die Steuerung und Regelung von Maschinen; mit der Entwicklung von Hard- und Software wurden die Aufgaben komplexer, Rechner bekamen eigene Sensoren. Aktuelle Anwendungen können Entscheidungen in Echtzeit fällen, ohne dass dem Nutzer dies bewusst werden muss, wie dies bei der Fahrerbeeinflussung durch Verändern des Lenkradmomentes geschieht. Damit können Maschinen die Wahrnehmung unserer Umwelt beeinflussen und unser Verhalten manipulieren. Das Schreiben von Texten erfordert nicht mehr eine intensive Planung vor dem absendefähigen und nur mit hohem Aufwand reversiblen Schreiben, sondern ist beliebig umkehr- und veränderbar. Durch das Anfertigen digitaler Kopien lassen sich Texte nachträglich verändern und beliebig verschicken.

Die Zunahme an Rechenleistung in mobilen echtzeitfähigen Systemen, die Sensordaten aufnehmen und Aktuatoren ansteuern können und mit entsprechender Software ausgestattet sind, ermöglichen den Bau autonomer oder ferngesteuerter Roboter, die als Drohnen gefährliches Terrain erkunden oder, ferngesteuert von einem Chirurgen, mikroinvasiv präzise Operationen ausführen und dabei Bewegungen des Patienten infolge Herzschlag oder Atmung ausgleichen. Eine andere Anwendung sensorbewehrter Rechner ist die Selbstvermessung mittels Smart Phone oder spezieller Geräte, die mit verschiedenen Sensoren Körperdaten aufnehmen und auswerten. Die CHARISMHA-Studie der Medizinischen Hochschule Hannover (Albrecht 2016) warnt vor den Risiken solcher Expertensysteme für Laien.

Veränderung der Kommunikation zwischen Individuen und Gruppen

E-Mails und die Teilnahme an sozialen digitalen Netzwerken beeinflussen das Kommunikationsverhalten auf zwei Weisen. Der Informationsaustausch wird gegenüber Brief und Fax deutlich beschleunigt und ist überall möglich und Nachrichten können ohne eine übergeordnete Instanz wie Verlag oder Rundfunkanstalt nahezu beliebig vervielfältigt und beliebig großen Empfängergruppen zugänglich gemacht werden. Das Fehlen der übergeordneten Instanz senkt Qualitätsmaßstäbe und stellt den Wahrheitsgehalt grundsätzlich in Frage, erschwert aber auch eine Zensur der Inhalte.

Zugänglichkeit und Analyse individueller Daten und solchen von Gruppen in sehr großem Maßstab

Die in einem einheitlichen, maschinenlesbaren Format vorliegenden sehr großen Datenmengen machen eine systematische und automatisierte Auswertung sehr einfach; Informationen lassen sich einzelnen Individuen und Gruppen zuordnen und so Rückschlüsse auf deren Eigenschaften und Absichten ziehen. An entsprechenden Erkenntnissen haben Unternehmen, Nachrichtendienste und Staaten ein sehr großes Interesse, lässt sich doch mit dieser Kenntnis das Kaufverhalten über individualisierte Angebote steuern und der Verlust an hierarchischer Kontrolle durch freie Kommunikation ausgleichen. Das Ergebnis entsprechender Manipulationsversuche ist wegen der Nichtlinearität der gekoppelten Systeme nur bedingt vorhersagbar, ein Nudging zu mehr Bewegung mittels Smart Phone oder Fitnessarmband kann aber auch zu mehr Knieoperationen führen.

Personalisierte Informationen, die beispielsweise mit dem Ziel einer sanften Verhaltenssteuerung des Nudging gezielt weitergegeben werden, führen zur Ausbildung und Separation von Gruppen, deren Mitglieder nur noch die Gruppe wahrnehmen, da sie kaum andere Informationen als die von ihrer

Gruppe bevorzugten erhalten. Dies führt zu einer Steuerung von Meinung und damit einer Beschränkung der Selbstbestimmung in einer Filter Bubble. Big Data scheint eher ein Controlling- und Marketinginstrument zu sein als ein Werkzeug der Erkenntnis: Algorithmen finden, so Ebert (2016), immer nur Korrelationen, aber nie Kausalitäten.

Getreu der Erkenntnis von Francis Bacon (1598, „For knowledge itself is power“) bedeutet der Besitz umfangreicher Daten Macht. Mit dieser Macht lassen sich die Umsätze generierenden Produktionsströme lenken. Der Besitz der Information erhöht nicht die Produktivität (Dreyfuss et. al. über das Solow-Paradoxon 2016), wie sich aus der nur geringen Änderung der Produktivität als volkswirtschaftliche Kenngröße nach der ersten digitalen Revolution ablesen lässt, er leitet sie um. Ähnlich verhält es sich jetzt, der Beitrag der Digitalunternehmen zur Produktivität ist weitaus geringer, als dies der Wert von Google, Apple & Co. suggeriert.

Algorithmen fällen Entscheidungen

Zur Interpretation der kursierenden Daten sind geeignete parametrische Modelle nötig. Sind diese einmal erstellt, können in einer Closed-Loop-Steuerung auch aus analysierten Daten automatisierte Entscheidungen abgeleitet werden. Bei hinreichender Rechenleistung ist dies auch in Echtzeit möglich, so dass sich komplexe Situationen wie die Teilnahme am Straßenverkehr automatisieren lassen. Entsprechende Regelsysteme sind (Ashby's Law) hoch komplex, ihr Verhalten muss, um gewünschte Effekte zu erzielen, in allen Situationen vorhersagbar sein, was sehr hohe Anforderungen an die Softwareentwicklung stellt. Die Übergabe von Verantwortung an Algorithmen, die fast jeden Ablauf betreffen, an dem Menschen beteiligt sind und die direkt oder indirekt mit Menschen interagieren erfordert, dass die hier beschriebene Mensch-Maschine-Schnittstelle aus multidisziplinärer Sicht untersucht und beschrieben werden muss. Eine abgestufte Übernahme der Kontrolle durch den menschlichen Nutzer muss möglich sein.

Der Aufbau künstlicher Intelligenz nutzt bionische Ansätze und liefert Erkenntnisse über die Funktion des Gehirnes

Digitale Systeme, die mit Menschen intensiv interagieren, müssen sich strukturell ähnlich verhalten wie Menschen. Bei der Entwicklung dieser Systeme bietet es sich an, den evolutionären Vorteil des menschlichen Gehirnes zu nutzen und ähnliche Strukturen und Prinzipien anzuwenden. Damit befördern sich die Hirnforschung und die Informatik gegenseitig, Erkenntnisse auf dem einen Gebiet lassen sich erfolgreich auf das andere Gebiet übertragen. Beispielhaft sei die Nutzung neuronaler Netze in der

Programmierung komplexer Aufgaben genannt und die darauf folgende Möglichkeit, die Funktion des Gehirnes durch Rechner zu simulieren (HBP).

Auswirkungen auf die Gestaltung und deren Rolle in der Digitalisierung

Das Gestalten als Tätigkeit ändert sich durch den Gebrauch neuer Werkzeuge. Mit dem Aufkommen graphisch gestützter Schnittstellen veränderten Bildbearbeitungs- und CAD-Programme den Gestaltungsprozess nachhaltig. Die Programme werden zunehmend intuitiv nutzbar und simulieren in Echtzeit klassische „Eingabegeräte“ wie Stifte und Pinsel und geben das Gestaltungsergebnis realistisch bis hin zur immersiven 3D-Projektion wieder.

Damit steigen die Möglichkeiten, in kurzer Zeit eindrucksvolle Visualisierungen zu produzieren und auch gleichzeitig die Erwartungen und Anforderungen. Die Verknüpfung analoger und digitaler Techniken im Iterativen Design (Glatzel 2012) ermöglicht die Kombination einer händischen/handwerklichen Modellerstellung im Sinn eines „Thinking with your Hands“ mit den Möglichkeiten der beliebigen Reproduzierbarkeit und Variantenbildung mit Hilfe rechnergestützter Fertigungsprozesse. Der 3D-Druck genießt sogar den Ruf, Produktionsprozesse grundsätzlich revolutionieren und wieder in die Hände der Konsumenten zurückgeben zu können. Übersehen wird dabei gerne, dass die Idee der zuhause selbst ausgedruckten Kaffeetasse in erster Linie dem Hersteller des dazu erforderlichen 3D-Druckers nutzt. Und auch, dass zum automatisierten Druck sehr gute Materialkenntnisse und ein umfangreiches Lager spezialisierter Kunststoffe erforderlich sind. Für den Produktentwicklungs- und Gestaltungsprozess sind subtraktive und additive CNC-Fertigungsverfahren sehr leistungsfähige Werkzeuge – in den Händen entsprechend ausgebildeter Spezialisten (Ciupek 2016).

Ein Design in oder besser für eine Digitale Gesellschaft hat die herausfordernde Aufgabe, eine Transformation zu gestalten, bei der vor Allem Unsicherheit durch ein „Alles ist möglich“ herrscht und Meinung lauter ist als kontextuelles Verstehen. Für jede Aussage zu beispielsweise dem Verhalten sozialer Gruppen gibt es eine gegenteilige Aussage (Kruse 2014). Die Bestimmung der aktuellen Ausgangssituation und noch mehr die Definition eines Zielzustandes werden dadurch fast unmöglich. Derartig komplexe Situationen sind mit einfachen linearen Ansätzen nicht zu lösen, das Lösungssystem muss nach Ashbys Law mindestens gleich komplex sein.

Für die Gestaltung bedeutet die Digitalisierung eine deutliche Vergrößerung des Werkzeugkastens und auch eine Beschleunigung des Gestaltungsprozesses mit größerer Vergleichbarkeit durch extrem schnelle Kommunikation. Alte Werkzeuge wie beispielsweise die Clay-Modellierung bleiben erhalten oder werden digital modifiziert. Entwicklungsphysiologisch bedingten Stär-

ken wie die Auge-Hand-Hirn-Koppelung beim Menschen prägen weiterhin eine effektive und effiziente Arbeitsweise auch in der digitalen Gestaltung.

Die digitalisierte Mensch-Maschine-Schnittstelle

Für Gestalter erweitert sich das Feld der Mensch-Maschine-Schnittstelle um einen sehr dynamischen Bereich. Nach der klassischen Ergonomie und der Definition intuitiv nutzbarer Software ist die nutzerorientierte Konzipierung intelligenter vernetzter Systeme ein wichtiges Feld für Gestalter.

In der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle liegt vermutlich das größte Veränderungspotential für das Design. Maschinen werden menschenähnlicher, leistungsfähiger und verändern dadurch ihr Angebot der Kooperation an den Menschen, das von Prothetik bis zu kollaborativen Robotern in einer Fertigung reicht (Dlugosch 2015). Automaten vergrößern den Leistungsbereich eines Menschen qualitativ und quantitativ und verdrängen dadurch menschliche Kollegen. Genau das ist aber nichts Neues, das fand in weitaus größerem Umfang in den vorangegangenen drei industriellen Revolutionen statt. Neu ist, dass mit dem Industriedesign eine (Trans-)Disziplin (Jonas) entstanden ist, die den zukünftigen Nutzer eines Produktes, eines Systems oder einer Dienstleistung mit seinen Bedürfnissen in den Fokus nimmt und die Schnittstellen zu den digitalen Systemen aktiv gestaltet.

In der Fertigung verändern zunehmend sich menschenähnlich verhaltende Maschinen die Arbeitsprozesse (Schürmann 2016). An Maschinen werden immer mehr Arbeiten übertragen, die bisher dem Menschen vorbehalten waren. Damit verschiebt sich die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, was gleichermaßen für die Nutzung von Smart Phones gilt. Die Gestaltung dieser Schnittstelle wird eine zunehmend wichtige Aufgabe für Designer werden. Was „menschenähnlicher“ bedeutet, zeigen aktuelle Entwicklungen. Roboter bewegen sich bereits auf der menschlichen Seite des uncanny valley und als Industrieroboter lernen sie autonome Kollaboration und den sensorgestützten sensiblen Umgang mit ihren menschlichen Kollegen.

Gestalter beeinflussen die in der Regel software-gesteuerte Schnittstelle zwischen Automat und Nutzer und insbesondere damit korrespondierende organisatorische und soziologische Systeme im Sinn eines unsichtbaren Designs (Burckhardt 1980).

In einer digitalisierten Gesellschaft behalten klassische handwerkliche, industrielle und landwirtschaftliche Produktionsprozesse ihre Aufgaben – wir werden uns weder von Software ernähren noch mit Megabytes kleiden –

digitale informatorische Prozesse übernehmen die Kontrolle über energetische und stoffliche Abläufe. Genau diese übergeordnete Position der digitalen Welt macht den gegenüber der alten Wirtschaft so hohen Börsenwert von Apple, Google & Co. aus. Wissen ist Macht. Die Gestaltung der analog-digitalen Schnittstelle bedeutet die Ausübung von Macht – wenn man es richtig macht.

Wegen der hohen Komplexität der betroffenen Systeme und deren nichtlineare Koppelung erfordert diese neue alte Gestaltung präzise Kenntnis der die beteiligten Systeme beschreibenden Disziplinen. Andernfalls – bei Unkenntnis – würden Arbeitsergebnisse so zufällig wie ein Lottogewinn entstehen, die Wahrscheinlichkeit eines falschen Ergebnisses von Gestaltung ist um ein Vielfaches höher als die Wahrscheinlichkeit eines richtigen Ergebnisses. Die Beteiligung mehrerer unterschiedlicher Disziplinen erfordert entweder ein Genie oder die fruchtbare Zusammenarbeit von Fachleuten aus mehreren Disziplinen. Ein erprobter Ansatz (Glatzel 2012) ist die transdisziplinäre Kooperation, in der projektbezogenen Fachleute mit stabiler Verankerung in ihrer Herkunftsdisziplin sich auf Methoden und Prinzipien der anderen Fächer einlassen und dabei ihren eigenen Werkzeugkasten erweitern.

Eine Gestaltung für eine Digitale Gesellschaft muss die Nicht-Neutralität der Objekte (Burckhardt 1980) beachten: „Güter sind dann schädlich, wenn sie uns von Systemen abhängig werden lassen, die uns am Ende ausplündern oder im Stich lassen. (.....) Wir sollten den Gütern misstrauen, die einseitige Informationswege enthalten, wenn wir wohl nicht mehr ohne solche auskommen.“ Diese Aussage Burckhardts bekommt für digitale Vertriebswege eine neue Aktualität.

Weil die Digitale Revolution keinen Lebensbereich und keinen Wissenschaftsbereich ausspart, muss sich die Gestaltung – man kann nicht nicht gestalten – mit digitalen Prozessen mit allen Mitteln auseinandersetzen. Gestaltung als Fach hat hier ein großes Potential, Veränderungen zum Positiven zu erwirken.

In der Vierten Industriellen Revolution stehen sich die visionäre IT-Industrie als Treiber der Digitalisierung und ein pragmatischer, vorwiegend mittelständischer Maschinenbau gegenüber, der vor Allem eine evolutionäre Umsetzung digitaler Techniken in die vorhandenen Produktionsabläufe im Auge hat. Diese sind mit erfahrenen Mitarbeitern und modernen Fertigungsmaschinen hoch optimiert. Entscheidend für die Veränderung der bestehenden stabil laufenden Prozesse ist die Akzeptanz des Neuen auf allen Ebenen eines Unternehmens. Die produzierenden Mitarbeiter als Nutzer einer Digitalisierung müssen von einer digitalen Innovation genauso

überzeugt sein wie das Management, das über millionenschwere Investitionen entscheidet. Viele zu verändernde Prozesse sind in den zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern ausgehandelten Organisationsstrukturen verankert, auch die müssen verändert werden. Das erfordert einen Partner im eigentlich sehr schnellen evolutionären Prozess, der die Sicht des zukünftigen Nutzers der neuen Technik einnimmt.

Die Schnittstelle zwischen einer revolutionären digitalen Innovation und deren Nutzern ist multidisziplinär und braucht dringend gute Gestaltung im Sinn des Unsichtbaren Designs. Das bedeutet eine gute Ergonomie auf einem neuen, digitalen Niveau und setzt vertiefte Kenntnisse menschlichen Verhaltens und Erlebens und der Möglichkeiten der Technik voraus.

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss komplexe Kommunikation zwischen den Partnern unterstützen; diese Kommunikation beruht beim Menschen auf multisensorischer Wahrnehmung mit den Sinnesorganen einschließlich der Umsetzung physikalischer Signale in elektrische Impulse in den eigentlichen Sinneszellen, deren erste Verarbeitung in spezialisierten neuronalen Netzen, der Weiterleitung in zuständige Hirnareale, dort Verarbeitung und Interpretation der Signale und dem Auslösen von Reaktionen. Die Verknüpfung mehrerer Sinneswahrnehmungen, beispielsweise einer visuell aufgenommenen Bewegung mit einem Geräusch präzisiert die unbewusste und die mit Verzögerung einsetzende bewusste Wahrnehmung und verbessert die Qualität der Reaktion.

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Gehirnes ist, dass es sich bei Gebrauch verändert. Häufig gebrauchte Areale wachsen, wie man mit bildgebenden Verfahren und im Tierversuch nachweisen kann.

Auf der Maschinenseite bietet es sich für eine optimale Mensch-Maschine-Partnerschaft an, die Mechanismen der menschlichen Wahrnehmung und Reaktion zu übernehmen. Die Rolle der Gestaltung ist hier, entsprechende Vorgaben an die Technik zu machen. Das Ergebnis sind vielleicht intuitiv über Gestik und Mimik gesteuerte Programme und Roboter, letztere als geduldige und nie ermüdende Kollegen, die dem Nutzer dienen und nicht bedient werden wollen.

Zusammenfassung

Eine Gestaltung in der Informationsgesellschaft untersucht und gestaltet die analog-digitale Mensch-Maschine-Schnittstelle und gestaltet rechnergestützte Systeme. Das erfordert neben den klassischen Kompetenzen des Designs die Kenntnis der Physik, der Physiologie, der Psychologie und der Philosophie intuitiver und kognitiver Wahrnehmung sowie die Fähigkeit zur

transdisziplinären Kooperation. Wahrnehmung ist die Kette von äußerem Reiz, Sensorik, Reizleitung und Verarbeitung, die entwicklungsphysiologisch und kulturell determiniert ist. Besondere Bedeutung bei der Gestaltung von Produkten, Systemen oder Dienstleistungen hat die multisensorische Wahrnehmung unter Einbeziehung der Hand-Hirn-Koppelung.

Eine wesentliche Voraussetzung für die unmittelbare Kooperation von Menschen und Robotern ist die Wahrnehmung des Roboters seiner Umgebung und seiner selbst. Die Einhaltung der von Asimov formulierten Roboter-gesetze ist, wie die Diskussion zur Ethik selbstfahrender PKW zeigt, nicht trivial und muss auf industriell genutzte Roboter übertragen werden.

Die Stärke des Designs als noch junger Wissenschaftsdisziplin ist seine inhärente Transdisziplinarität, die es in die Lage versetzt, andere Disziplinen strategisch und situativ zu kombinieren.

Wenn Gestaltung in der Digitalen Revolution eine Wirkung entfalten soll, muss sie sich der Methoden und Verfahren der Informationsverarbeitung bedienen und die digitalen Prozesse gestalten.

Literaturverzeichnis

- Albrecht, U.-V. (Hrsg.) 2016: Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA). Medizinische Hochschule Hannover
- Burckhardt, L. 1980: https://monoskop.org/images/2/22/Burckhardt_Lucius_1981_2010_Design_ist_unsicherheit.pdf, abgerufen am 27.4.2016
- Ciupke, M. 2016: Metalldruck ergänzt Zerspanungsprozesse. VDI nachrichten 4.4.2016
- Dlugosch, G. 2015: Automobilproduktion ohne Takt. VDI nachrichten 13.02.2015
- Dreyfuss, E. et al 2016: <http://cs.stanford.edu/people/eroberts/cs181/projects/productivity-paradox/background.html>, abgerufen am 27.4.2016
- Ebert, V. 2016: http://www.forschung-und-lehre.de/wordpress/?page_id=316, abgerufen am 24.04.2016
- Elkmann, N. 2016: www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/robotersysteme/forschung/sichere-mensch-roboter-interaktion.html, 27.4.2016
- Glatzel, G. 2012: Transdisziplinäre Produktentwicklung am Beispiel eines elektrisch getriebenen innerstädtischen Servicefahrzeugs. Dresden: eee2012
- Goldstein, E.B. 2015: Wahrnehmungspsychologie. Berlin Heidelberg: Springer
- HBP 2016: www.humanbrainproject.eu/de/brain-simulation-platform, 27.4.2016
- Kahneman, D. 2012: Schnelles Denken, Langsames Denken. München: Siedler Verlag
- Kruse, P. 2014: Wandel der Arbeitswelt, www.youtube.com/watch?v=dst1kDHJqAc, abgerufen am 27.4.2016

- Kuhn, Th. S. 1962: The Structure of Scientific Revolutions. Chicago, University of Chicago Press,
- Schürmann, H. 2016: Digitaler Wandel beeinflusst den Produktionsprozess. VDI nachrichten 8.4.2016
- Spitzer, M. 2012: Digitale Demenz. Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen. München: Droemer Knaur

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Glatzel
Hochschule für Bildende Künste Braunschweig
Designforschung, CAD-CAM-Labor
Johannes-Selenka-Platz 1
38118 Braunschweig
g.glatzel@hbk-bs.de

Designing a Sustainable Future with Mental Models

Anke Bernotat · Jürgen Bertling · Christiane English · Judith Schanz

Abstract

Inspired by the question of the Club of Rome as to Design could help to translate the ubiquitous knowledge on sustainability into daily practise and Peter Senge's belief on mental models as a limiting factor to implementation of systemic insight (Senge 2006), we explored working with mental models as a sustainable design tool. We propose a definition for design uses. At the 7th Sustainable Summer School we collected general unsustainable mental models and "designed" sustainable ones. These mental models were tested as a part of the briefing to student projects and evaluated by the students. Analysing an existing product portfolio, we tested the ability of mental models to aid the creation of strategic design advice. We argue that mental models in the form of associative thinking and cognitive metaphors have been part of designing all along and overlap in nature with design methodologies to such an extent that they are sublimely suited to be used as a design tool.

We summarize our prototyping exercises with the proposal of a design process using mental models to root sustainability in design practise and thinking beyond present-day eco-design (Liedtke et al 2013, Luttrupp and Lagerstedt 2006, Pigosso and McAlloone 2015).

Background

The Wuppertal Institute and the Club of Rome, German division, approached Industrial Design educators with the question of whether design could help to translate the knowledge on sustainability into daily action. Although the worries about the earth are severe and the reasons, with our own behaviour harming the earth, are fairly well known, the majority of the western world does not live accordingly. Why is there such a gap between theory and practice of sustainable life? Is this a design problem?

Mental Models as a lever for change

The first report to the Club of Rome *Limits to growth* looked at the sustainability crisis from a systems dynamics perspective (Forrester 1993). In *limits to growth* Donella Meadows (1972) explained the role of mental models: “Decision-makers at every level unconsciously use mental models to choose among policies that will shape our future world”. Are these mental models the same ones that designers use to aid users in operating in complex and unfamiliar situations – such as Apple has so famously done when inventing the desktop metaphor for the man-machine interface? (Kay 1990). Could these rather simple mental models be so powerful as to change policies, thinking and acting? Peter Senge (2006) thinks so, when promoting a “discipline of managing mental models” in the business context. He believes that unexamined, unconscious mental models are the reason why “systemic insights never find their way into operating policies” and why we are limited “to familiar ways of thinking and acting”.

Research scope and aim

From these starting points, we set out to develop a new design process that would be able to root sustainability in every day practice beyond present-day eco-design-concepts (Liedtke et al. 2013, Luttrupp and Lagerstedt 2006, Pigozzo and McAlloone 2015). We experimented with mental models and design processes and attempted to:

- Discover mental models of our current unsustainable ways
- Find or invent sustainable mental models
- Design objects, services or behaviours using sustainable mental models
- Discover mental models in existing product portfolios
- Formulate strategic design advice to improve a portfolios sustainability

Grand and Wiedmer (2010) suggested to call “focusing on the world as it could be [...] Design Fiction”. They argue that scientific research starts to consider itself as a constructive and creative practice – put differently: that research is design at times. They call for a “A method toolbox for design research in a complex world”. The way we set out to develop the method could be framed accordingly: research as design or design as research. Our method under development could possibly fit into their toolbox.

When research turns to the future, or more explicitly into a “desirable” future it loses some of the valued objectiveness in favour for an intention. Our research aims to support a sustainable change, hence it could be called

design activism (Fuad-Luke 2013, Markusen 2013). We hope our method will have the hallmark of design methods in terms of design thinking (i.e. Brown 2009) and be useful as an interdisciplinary link between systems dynamics, sustainable design and even business.

What are mental models?

During the 7th Sustainable Summer School, an interdisciplinary group started the process. The first conflict presented itself in understanding what mental models are. The confusing multitude of definitions leads most participants into unfamiliar territory. Doyle and Ford (1998) collected definitions, for example: “a mental image or verbal description in English can form a model of cooperation and its processes. [...] They are models to substitute in our thinking for the real system that is represented.” by Forrester. “Each person carries in his head a mental model as an abstraction of all his perceptions and experiences in the world, which he uses to guide his decisions” by Donella Medows. And Morecrofts more recent suggestion “It is useful to think of mental models as a dynamic pattern of connections, comprising a core network of “familiar” facts and concepts and a vast matrix of potential connections that are stimulated by thinking and the flow of conversation”. These definitions start out reminiscent of Platon's cave story and end sounding like an attempt to describe a creative process.

Mental models are first mentioned by Craik in his book *The Nature of Explanation* (Craik cited in Johnson-Laird 2004). In user interface design, mental models are bound to their functional aspect of explaining one thing in the terms of another. Metaphors from the analogue world are commonly used to explain complex digital tools and processes in interface design (i.e. Blackwell 2006, Saffer 2005 or Cooper 1995).

Lacking a usable definition, we looked in approximation for something like mottos, slogans or metaphors guiding behaviour. We searched for mental models of the unsustainable world. The list, compiled with tentative commitment did nothing less but shock us. From the childhood truth: that *the cow is there to give milk* to the seemingly descriptive term of *1st and 3rd world*, the implication on entitlement of use and abuse of nature and fellow being were obvious. These “nuggets” had some power, and presented some condensed confronting insights.

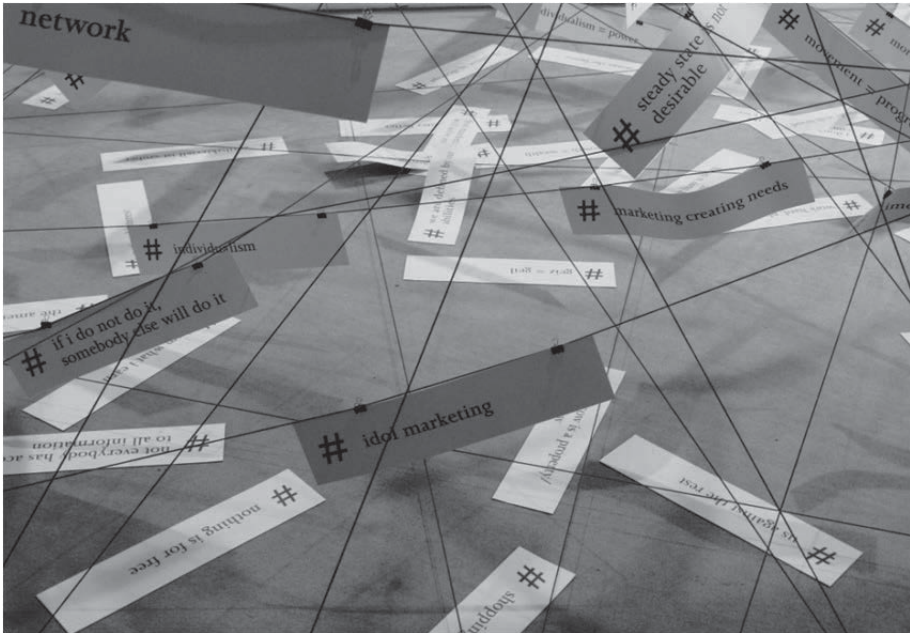


Figure 1: Impression of mental model presentation at the exhibition Zwanzig52, Folkwang University of the Arts, March 2016

Mental Models – A definition for design uses

Doyle and Ford (1998) carefully compiled this definition: “A mental model of a dynamic system is a relatively enduring and accessible but limited internal conceptual representation of an external system whose structure maintains the perceived structure of that system.” They quote Frankfort-Nachmias and Nachmias statement “A conceptual definition is neither true nor false. Conceptual definitions are either useful for communication and research or they are not.” To be useful in a design context, a definition of mental models should be short, use common language and syntax and require little or no expert knowledge on the subject. We propose to condense Doyle and Fords (1998) definition into the following sentence:

“Mental models are little theories of how the world works.”

We can assume some prior knowledge of the design community on what a “model” is and how it is used to visualise concepts and how a model and the reality may relate in structure and detail. Designers are very familiar with the diversity of models in shape, content, scope and quality. But they hardly ever consider models as “theories of how the world works”. We use the

word “theories” as a non-technical word for hypotheses, something believed to be true. Doyle and Ford (1998, p17) worried that “theory” might sound too complete and coherent, adding the attribute of “little” to address this worry. At the same time the word “little” suggests some form of being “accessible and limited”. Broadening the “external system” to the all-encompassing word “world”, does indeed make the definition less precise. “[...] how the world works” implies the purpose of the engagement with mental models, which brings our definition closer to the functional definitions used in practical fields. For designers, examples may be even more important than the text itself, hence we include examples in our definition, noting the extreme diversity in appearances and scope.

Example 1 Archetype

The chocolate brand Milka uses the “lilac cow” to position themselves and their chocolate. The “lilac cow” is a mental model defined in contradiction to an archetypal cow. Using the lilac cow, they explain how their product is different from others on the market.

Example 2 Illustration/Scheme

Vosniadou and Brewer (1992) studied the mental models that young children form, when trying to reconcile the experience of a flat world with the information that the world is round. The “hollow world” is spherical on the outside; people live on a flat cross-section within the earth. The researchers drew this and other mental models schematically.

Example 3 Metaphor

The desktop metaphor for the computer interface is the best known metaphor used to explain a digital process or tools in terms of an analogue comparison. Many other examples exist: the lasso tool, the scissors tool or a shop web site.

Example 4 Folk wisdom/ saying

Mental models are embedded in most sayings. 'Don't count your chickens before they are hatched', explains the danger of confusing possibility with reality in terms of chicken farming, but is applicable to many areas of life.

Example 5 Cognitive Metaphors

When we say, “I feel down”, the metaphoric meaning is clear to us immediately from our own bodily experiences. Tired, ill, old or dead people are

lying – they are “down”. Johnson and Lakoff (1980) have shown that language is full of such metaphors. These cognitive metaphors explain the world and allow us to reason about it.

Example 6 Slogan/Motto

Nike's slogan “Just do it” expresses an attitude towards sports. It explains how to achieve your sporting goals – or any other goals for that matter. The mental model is nested in all kinds of popular ideas on success, life and enjoyment.

Example 7 Shared understanding

In shared mental model research, the view (interpretation or understanding) that a team has about their task or role is seen as a mental model. Those shared mental models are extracted by questionnaires, discussion or use of images. With the market research tool ZETMET, mental models can be metaphorically extracted by use of images and the results are represented as a conceptual map.

Example 8 Design concept

Christopher Alexander and colleagues (1977) used the word *pattern* to refer to concepts like the “holy ground” or the “outdoor room”. In the book 'A pattern language', the purpose, need and principal design guidelines to many *patterns* are suggested. Such patterns/design concepts are mental models.

Finding and inventing Mental Models to induce sustainable behaviour

As mental models appeared to be powerful – albeit unconsciously at work, the Summer School participants wanted to ensure a respectful and non-manipulative use of mental models. They agreed on criteria of what a 'good' mental model would be:

1. Experiential – people should be able to recognise it from their daily life
2. Meaningful and commonly understood, but allowing for individual interpretation
4. Visible, tangible, emotional or in some other way catchy
5. Should trigger a re-evaluation of behaviour or thought
6. Inspire sustainable practices.

Considering that the topic of sustainability is both complex and broad, a more narrow focus was necessary. We selected three fields that impact our daily life: personal hygiene, comfort and e-communication.

The Zaltman metaphor-elicitation technique (ZETMET) extracts “a mental model shared by a market segment or group” (Zaltman and Coulter 1995) using images. Analogue or digital analysis of text or spoken language as has been proposed as a means to extract shared mental models (i. e. Carley 1997). Argyris and Schoen's (1974) mental model method deducts from negative consequences in a series of steps back to the governing values. Peter Senge (1990) regards working with mental models a discipline, which needs “regular practise”, something similar to drawing. In line with Senge's understanding, we decided not to use any formal method other than design methods commonly known to design practise and thinking. We do not feel the need for any digital database support (Kolb et al. 2008) or guided procedures (Madson 1994). Using divergent creativity techniques, we collected and developed mental models. We analysed expert presentations and extracted mental models used. Finally a simple convergent voting resulted in a list of “best positive mental models”.

Comfort #THE BEST THINGS IN LIFE ARE FOR FREE #SIMPLIFY YOUR
 LIFE #ALL MY TIME IS QUALITY TIME # I MADE IT, SO I LIKE IT #PRO-
 PERTY IS BURDEN Ecommunication #WORLD WIDE WASTE #1 COFFEE
 = 35 EMAIL #WHO PAYS THE BILL? #MIND THE WEB! #ARE YOU
 STILL CONNECTED WITH YOURSELF? Personal hygiene #GRANDMA WAS
 CLEAN TOO #LESS IS THE NEW SEXY #MY BODY IS A MOUNTAIN LAKE
 #GEIZ IS GEIL #ALLE FLIEGEN AUF AXE(L), ABER ICH STEH AUF PAUL

Figure 2: Collection of Sustainable mental models created in our workshop at 7th Sustainable Summer School 2015.

Mental models in design

We cannot know with certainty if the chair called *Ant* by Arne Jacobsen (1952) was named or designed after the ant. However the metaphoric likening is not superficial: ants move in rows, are small but strong, have tiny thin exposed legs, work a lot and have a remarkably narrow waist. Casakin and Goldschmidt (1999, 2000) found that designers at all levels of expertise use metaphors and analogies to frame problems and inspire solutions. Associative thinking is part of many creativity techniques such as TRIZ

(Altshuller et al 1999), lateral thinking (de Bono 1970), associative problem-solving (i.e. Casakin 2007) and programme for biomimetic design.

Mental models in user interface design are understood as metaphors, explaining a digital process or tool in terms of an analogue comparison. We see metaphors in architecture and products design sometimes with formal influence, but often resulting in just conceptual structuring of a solution. Kim Leung and colleagues (2012) have shown that cognitive metaphors especially embodied metaphors activate creativity.

We suspect that designing is intrinsically a creative engagement with mental models. Nigel Cross (2006) contrasted the culture of design opposed to science or humanities as studies of the “artificial world” with “methods of modelling, pattern-formation, (and) synthesis”. A mental model is a synthesis of information; it is a model and describes or forms patterns. The overlap is obvious – mental models might be very well suited to evolve into a distinct design method.

Designing using sustainable mental models

We tested designing with mental models as method in our product design course at the Folkwang University of the Arts. 3rd and 5th semester students and two Bachelor thesis students participated in the course. 18 students designed 17 objects. The task was to bring sustainability into our daily life through the design of sustainable products and services using mental models.

Student feedback

The students experienced working with mental models as positive. Some benefited most from the mental models in framing their problem; others felt inspired to come faster to relevant solutions. Many students reported that the mental models helped them as a guideline and kept them on track while working. Overall we saw a positive effect to the fluidity design process.

The students themselves did not dare to judge, if mental models helped them to more original, elaborated or sustainable results. This is probably related to the lack of a benchmark; more research would be needed to evaluate the effect of the method on the results. All students reported some initial confusion on what mental models are. Working with mental models was new to all students and they needed time to get used to the new way of looking at things. The students reported to look forward to using the method again. We suspect they see some yet unused potential, which would suggest that mental model work can be practised as a skill.

Mental models in existing product portfolios

All artefacts like products, journals or architecture are embodiments of our “little theories of how the world works”. We suggest searching for the unconsciously ubiquitous mental models in the artefacts surrounding us.

Manufactum is a German warehouse selling items of high quality and often-high price. Their slogan is “the good things in life still exist”. They operate with three guiding principles: reliable, functional aesthetics and sustainable use of material (Manufactum 2016). We wondered if a mental model analysis would allow us to give strategic advice on how to strengthen their sustainable focus. It was easy to identify 62 mental models to Manufactums guiding principles. 42 more mental models relating to the kind of products sold, the user benefits of the products, the attitude of the customers emerged effortlessly. The company seems to be *#committed to perfection*. We felt the diversity in age and origin of their portfolio is assembled, almost as a *#time travellers collection* of artefacts to name just two examples.

Strategic design advise after mm analysis

Our imaginary task was to give design advise on how to strengthen the sustainability of Manufactum. The mental model a *#time travellers collection* offers plenty of opportunities to celebrate the joy and adventure of a sustainable lifestyle. This would be something quiet unique, as sustainability in general is experienced as somewhat overly serious and joyless. Working with the mental models on the product portfolio was surprisingly easy, pleasurable and effective. The mental model can facilitate communication about those otherwise difficult to address and often-emotional topics. The mental model analysis changes the participant’s interpretation, challenges their theories and is therefore in itself a change agent. Dahl (1999) explored ‘visual mental imagery’ as a tool to align customer expectation and company vision.

A design method using mental models

The mental model framework needs some getting used to and aids the fluency of the design process only after some practise, much like many other methods. In our limited experience we felt that once practised it facilitates a dialog about sustainable solutions and allowed a person or group to work efficiently. Working with them is a skill or a “discipline” as Senge (1990, p186) calls it.

The mental model work has the ability to change a person's viewpoint – somewhat permanently. That change is an individual one, which cannot and

should not be imposed on people. The five steps of our method are a loosely knitted framework, welcoming variation and individualization. We enrol common design methods in favour of any specialized ones.

- Step 1 Introduction: A short but comprehensive account of the methods intentions, scope and effects is given. Such an introduction should be more than informative or scientifically sound. We imagine it to have some inspirational attitude and narrative quality. It would include a definition with examples and the four criteria of good mental models defined earlier.
- Step 2 Reflect current mental models: We suggest to deducted mental models from art factual evidence. Preferably this is introspection. Becoming aware of your own mental models is in itself a change promoting activity.
- Step 3 Create positive mental models: Creating or discovering mental models is understood as a design task, any number of divergent creativity technics can be used.
- Step 4 Apply positive mental models: Converging design methods will lead to an appropriate amount of selected mental models, which can be used as part of a design brief or as selection criteria to decisions in on-going activities. Mental models should remain suggestive rather than demanding, and remain open to improvement during their time of use.
- Step 5 Evaluation: Evaluate the effectiveness of the applied mental models involving users.

Conclusions

Deducting mental models from artefacts enriches both design analysis and strategic insight. Using mental models to guide design development aids the fluidity of the design process and combines seamlessly with design methods. Mental models as a design tool could link design to system dynamics, business management and reasoning: our design process can used as an interdisciplinary tool. We feel that working with mental models is a very promising way to root sustainability into design and talk about otherwise difficult to address aspects of products and their implication to the world. We look forward to practitioners and researcher to test and improve the suggested process.

Acknowledgement

Our research was conducted during the project: Club of Rome für den Alltag, <http://www.zwanzig52.de>, accessed 20.3.2016

7th Sustainable Summer School: Exploring paths of sustainable transformation in a world with limits. www.sustainable-summer-school.org, abgerufen am 20.3.2016

With thanks for the invaluable input of the Summer School team: Florian Krohm-Brauckmann, Marie Billian, Kyra Börnemeier, Alexandra Scholz, Isabel Schwinge, Christiane English, Anke Bernotat

We are grateful to our students at the Folkwang University of the Arts who tried the method: Anita Kanke, Laura Kabuth, Emanuel Seegenschmiedt, Ira Ottmann, Jisu Hong, Lena-Marie Halbedel, Florian Krohm-Brauckmann, Lisa Effertz, Lukas Lüttgen, Nora Weber, Sinaida Ropte, Bernd Hoffmann, Vivien Weidner, Julia Krayer, Konstantin Thomas, Kyra Börnemeier, Simon Wunder

References

- Al'tshuller, G. S., Shulyak, L., & Rodman, S. (1999). *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Technical Innovation Center, Inc..
- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M. 1977: *A pattern language: towns, buildings, construction* (Vol. 2). Oxford University Press.
- Argyris, C., & Schön, D. A. 1974: *Theory in practice: Increasing professional effectiveness*. Jossey-Bass.
- Blackwell, A. F. (2006). The reification of metaphor as a design tool. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 13(4), 490–530.
- Bono, E. D. (1970). Lateral thinking: Creativity step by step. In *Harper colophon books*. Harper & Row.
- Brown, T. (2009). *Change by design*. Harper Collins Publisher, New York
- Carley, K. M. 1997: Extracting team mental models through textual analysis. *Journal of Organizational Behavior*, 18(s 1), 533–558.
- Carley, K., & Palmquist, M. (1992). Extracting, representing, and analyzing mental models. *Social forces*, 70(3), 601–636.
- Casakin, H. P. (2007). Metaphors in design problem solving: implications for creativity. *International Journal of Design*, 1(2).
- Casakin, H. P., & Goldschmidt, G. (2000). Reasoning by visual analogy in design problem-solving: the role of guidance. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 27(1), 105-119.
- Casakin, H., & Goldschmidt, G. (1999). Expertise and the use of visual analogy: Implications for design education. *Design Studies*, 20(2), 153–175.
- Cooper, A. 1995: The myth of metaphor. *Visual Basic Programmer's Journal*, 127–128.
- Coulter, R. H., & Zaltman, G. (1995). Seeing the voice of the customer: Metaphor-based advertising research. *Journal of advertising research*, 35(4), 35.
- Cross, N. 2006: *Designerly ways of knowing* (pp. 1–13). Springer London.

- Dahl, D. W., Chattopadhyay, A., & Gorn, G. J. 1999: The use of visual mental imagery in new product design. *Journal of Marketing Research*, 18–28.
- Diesner, J., & Carley, K. M. (2004). AutoMap 1.2: Extract, analyze, represent, and compare mental models from texts.
- Doyle, J. K., & Ford, D. N. 1998: Mental models concepts for system dynamics research. *System dynamics review*, 14(1), 3–29.
- Forrester, J. W. 1993: System dynamics and the lessons of 35 years. In *A systems-based approach to policymaking* (pp. 199–240). Springer US.
- Fuad-Luke, A. 2013: *Design activism: beautiful strangeness for a sustainable world*. Routledge.
- Gibbs Jr, R. W. (Ed.). 2008: *The Cambridge handbook of metaphor and thought*. Cambridge University Press.
- Grand, S., & Wiedmer, M. 2010: Design fiction: a method toolbox for design research in a complex world. In *proceedings of the DRS 2010 conference: Design and Complexity*.
- Hill, R. C., & Levenhagen, M. 1995: Metaphors and mental models: Sensemaking and sensegiving in innovative and entrepreneurial activities. *Journal of Management*, 21(6), 1057–1074.
- Honeck, R. P. 2013: *A proverb in mind: The cognitive science of proverbial wit and wisdom*. Psychology Press.
- Jacobsen, A. 1952: Ant Chair <http://www.arne-jacobsen.com/en/arne-jacobsen/designs>, 30.03.2016
- Johnson, M., & Lakoff, G. 1980: Metaphors we live by. *Chicago: U of Chicago P*.
- Johnson-Laird, P. N. 2004: 8 The history of mental models. *Psychology of reasoning: Theoretical and historical perspectives*, 179.
- Johnson-Laird, P. N. 1983: *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness* (No. 6). Harvard University Press.
- Jonassen, D. H. 2000: Toward a design theory of problem solving. *Educational technology research and development*, 48(4), 63-85.
- Jones, N., Ross, H., Lynam, T., Perez, P., & Leitch, A. (2011). Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods.
- Kay, A. 1990: User interface: A personal view. *The art of human-computer interface design*, 191–207.
- Kolb, E. M., Hey, J., Sebastian, H. J., & Agogino, A. M. 2008: Meta4acle: Generating Compelling Metaphors for Design. In *ASME 2008 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (pp. 33–44). American Society of Mechanical Engineers.
- Leung, A. K. Y., Kim, S., Polman, E., Ong, L. S., Qiu, L., Goncalo, J. A., & Sanchez-Burks, J. (2012). Embodied metaphors and creative "acts". *Psychological science*, 23(5), 502–509.
- Liedtke, Christa et al: 2013 Wuppertal Institute designguide : background information & tools, Wuppertal, Wuppertal Inst. for Climate, Environment and Energy

- Linxia, C. 2006: Memes in Advertising Slogans. *Foreign Language Education*, 4, 010.
- Luttrupp, C., & Lagerstedt, J. 2006: EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 14(15), 1396-1408.
- Madsen, K. H. 1994: A guide to metaphorical design. *Communications of the ACM*, 37(12), 57–62.
- Manufactum 2016: About us. <http://www.manufactum.co.uk/us-c-15/> entnommen am 30.03.2016
- Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. 2000: The influence of shared mental models on team process and performance. *Journal of applied psychology*, 85(2), 273.
- Markussen, T. 2013: The disruptive aesthetics of design activism: enacting design between art and politics. *Design Issues*, 29(1), 38-50.
- Meadows, D. H. 1972: Club of Rome. The Limits to growth; a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. *Universe, New York*.
- Pigosso, D. C., & McAloone, T. C. 2015: Supporting the development of environmentally sustainable PSS by means of the Ecodesign Maturity Model. *Procedia CIRP*, 30, 173–178.
- Randers, J. (2012). *2052: A global forecast for the next forty years*. Chelsea Green Publishing.
- Rogers, T. B. 1990: Proverbs as psychological theories... or is it the other way around?. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 31(3), 195.
- Saffer, D. 2005: *The role of metaphor in interaction design* (Doctoral dissertation, Carnegie Mellon University).
- Senge, P. M. 2006: *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Broadway Business.
- Stubblefield, William A. "Patterns of change in design metaphor: a case study." *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1998.
- Vosniadou, S. 1994: Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. 1992: Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24(4), 535-585.
- Zadek, S. (2004). The path to corporate responsibility. *Harvard business review*, 82(12), 125–133.

Kontakt

Prof. Anke Bernotat
Folkwang Universität der Künste
Fachbereich 4 | Gestaltung
Campus Universität Duisburg-Essen
Universitätsstr. 12
D-45141 Essen
Email: anke.bernotat@folkwang-uni.de
www.folkwang-uni.de

Dipl.-Ing. Jürgen Bertling
Fraunhofer UMSICHT
Abteilungsleiter Systemische Produktentwicklung
Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen
Email: Juergen.Bertling@umsicht.fraunhofer.de
www.umsicht.fraunhofer.de

Dipl.-Des. Christiane English
Heereweg 215
1871 EG Schoorl
The Netherlands
Email: christianeenglish@gmail.com

Judith Schanz, M. A.
Folkwang Universität der Künste
Fachbereich 4 | Gestaltung
Campus Universität Duisburg-Essen
Universitätsstr. 12
D-45141 Essen
Email: judith.schanz@folkwang-uni.de
www.folkwang-uni.de

Design in globalen Industrien – Ein Blick hinter die Kulissen von Dräger

Herbert Glass · Matthias Willner

Einführung

Dräger ist ein international führendes Unternehmen der Medizin- und Sicherheitstechnik. Das 1889 in Lübeck gegründeten Familienunternehmen besteht in der fünften Generation und hat sich zu einem globalen börsennotierten Konzern entwickelt. „Technik für das Leben“ ist die Leitidee des Unternehmens. Ob im Operationsbereich, auf der Intensivstation, bei der Feuerwehr oder im Rettungsdienst: Dräger-Produkte schützen, unterstützen und retten Leben. Dräger bietet seinen Kunden unter anderem Anästhesie-Arbeitsplätze, Beatmungsgeräte für die Intensiv- und Notfallmedizin, Patientenmonitoring sowie die medizinische Versorgung von Frühchen und Neugeborenen. Mit Deckenversorgungseinheiten, IT-Lösungen für den OP und Gasmanagementsystemen steht das Unternehmen seinen Kunden im gesamten Krankenhaus zur Seite. Feuerwehren, Rettungsdienste, Behörden und die Industrie vertrauen auf das ganzheitliche Gefahrenmanagement von Dräger, insbesondere für den Personen- und Anlagenschutz. Dazu gehören: Atemschutzausrüstungen, stationäre und mobile Gasmesssysteme, professionelle Tauchtechnik sowie Alkohol- und Drogenmessgeräte. Darüber hinaus entwickelt Dräger gemeinsam mit seinen Kunden maßgeschneiderte Lösungen wie komplette Brandübungsanlagen, Trainingskonzepte und Schulungen.

In den vergangenen 127 Jahren wurde „Technik für das Leben“ maßgeblich durch die Entwicklung neuer Produkte oder technologische Fortschritte in den Primärfunktionen der Produkte geprägt. Entstanden sind mehrere Meilensteine der Medizin- und Sicherheitstechnik, die das alltägliche Leben derer, die ihr Leben für andere riskieren, sicherer gemacht haben.

Auch heute trifft die Leitidee „Technik für das Leben“ auf die unterschiedlichen Produkte zu. Allerdings ist die Herausforderung aufgrund sich immer

stärker ändernder Märkte sowie einem höheren Wettbewerbsdruck eine andere. Häufig steht nicht mehr alleine die Primärfunktion im Vordergrund, sondern das Kundenerlebnis oder die wahrgenommene Qualität der Produkte. Andere Kundenbedürfnisse nehmen eine entscheidende Rolle beim Kauf eines Produktes ein. Oder anders gesagt: Usability und Design werden zunehmend eine Primärfunktion.

Horst Wildemann, Professor an der TU München, sagt dazu im Handelsblatt: „Der Druck auf die Firmen wächst, die vom Kunden wahrgenommenen Eigenschaften ihrer Produkte zu verbessern, statt viel Geld in Features zu stecken, die ohnehin nicht genutzt werden. Die einfache Formel lautet: Wer dieses Wissen über den Kunden hat, kann von Beginn an die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb darauf ausrichten – und versenkt weniger Geld in diesen Prozessen. Um bis zu 30 Prozent konnten Unternehmen schon die Kosten eines Produkts senken, ohne dass der Kunde auf eine wirklich wichtige Eigenschaft verzichten musste“ (Fröndhoff 2008).

Dass Design einen Mehrwert für den Unternehmenserfolg darstellen kann, wurde in den letzten Jahren auf Konferenzen, aber auch in unterschiedlichster Literatur diskutiert. So fand z.B. das britische Design Council 2005 heraus, dass durchschnittlich jedes Pfund, das im Unternehmen in Design investiert wurde, zu einem Nettogewinn von über vier Pfund führte (Design Council 2016). In der Studie des Design Management Instituts von 2013 werden u. a. die Identifikation von Kundenbedürfnissen, Kostenreduktion oder der Aufbau einer besseren Markenkommunikation als Mehrwert von Design genannt (Rae 2013).

Kurzum: Man kann behaupten, dass Design heute ein klarer Wettbewerbsfaktor geworden ist. Doch inwiefern gilt das für technologiegetriebene B-to-B Unternehmen wie Dräger?

Drägers Designverständnis über die Jahre

Design ist ein Wettbewerbsfaktor und kann zum Unternehmenserfolg beitragen. Nichtsdestotrotz, überrascht das Ergebnis einer Untersuchung des Rats für Formgebung und der GMK Markenberatung, für die 131 Markenmanager befragt wurden: „Obwohl die Mehrheit der deutschen Unternehmen Design für ein wichtiges Instrument der Markenführung hält, haben viele von ihnen keine klare Designstrategie. In 42 Prozent der untersuchten Unternehmen existiert für das eigene Produktportfolio weder eine markentypische Designsprache noch ein Designleitbild. Bei B2B-Unternehmen ist dies sogar bei fast 60 Prozent der Fall.“ (Schobelt 2008)

Trifft dies auch für Dräger zu? Inwiefern leistet Design bei Dräger einen Beitrag zum Unternehmenserfolg? Im Folgenden wollen wir versuchen, dieser Frage auf den Grund zu gehen. Ein Einblick in die Aktivitäten des Designmanagements des Produktdesign-Teams im Unternehmensbereich Sicherheitstechnik von Dräger soll aufzeigen, wie Dräger Design im Unternehmen etabliert und als Erfolgsfaktor nutzt.

Seit der ersten Patentanmeldung 1889 stand für Dräger die Entwicklung von neuen Technologien im Vordergrund. Stetig neue Erfindungen wurden dankend vom Markt aufgenommen, wodurch sich Dräger zu einem globalen Unternehmen mit mehr als 13.000 Mitarbeitern entwickelt hat. Es entstanden erfolgreiche Produkte wie z.B. Atemschutzgeräte für den Bergbau oder der erste integrierte Anästhesiearbeitsplatz „Cicero“, der 1988 vorgestellt wurde. Auch heute noch gehört Dräger zu den Technologietreibern. Allerdings entsprechen nicht alle aktuellen High-Tech-Lösungen immer den Bedürfnissen des Kunden. Eine Produktentwicklung, die rein von Ingenieuren getrieben ist, kann hier manchmal weniger zielführend sein. Das führt dazu, dass Produkte mitunter an den Marktanforderungen vorbei entwickelt werden. Eine Entwicklung, die sich, über die Jahre, ungünstig auf die wirtschaftliche Situation des Unternehmens auswirken kann.

Doch wie kann Design hier helfen? Während bis vor gut 15 Jahren die meisten Produktentwicklungen technisch getrieben waren, nimmt heute das Design während des gesamten Entwicklungsprozesses eine entscheidende Rolle ein. Grundvoraussetzung für diese Veränderung war ein offener, interner Dialog über die Rolle von Design und die Motivation einzelner Personen, die Disziplin stärker im Unternehmen zu verankern. Die Beauftragung von externen Designagenturen war eine logische Konsequenz. Ein Lerneffekt sowie erste Erfolge bestätigten das Bestreben. In einem nächsten Schritt sollte Design in seinem vollen Umfang verstanden werden. Dräger entschied sich, eine kleine Anzahl von Designern mit unterschiedlichen Schwerpunkten in unterschiedlichen Abteilungen einzustellen. Das erlaubte eine tiefere, inhaltliche Diskussion über die einzelnen Facetten des Designs und führte zu einer neuen Zielsetzung von Design, die dem heutigen Bild stark ähnelte, aber noch in den Kinderschuhen steckte. Die nächsten Jahre waren durch das „Laufen lernen“ und den Aufbau weiterer Ressourcen bestimmt.

Dräger fasst heute Design als Innovationstreiber auf. Begriffe wie z.B. „User Experience“ sind intern keine Fremdwörter mehr. Design ist heute an die Unternehmensstrategie geknüpft, in den Geschäftsprozessen verankert und wird auf diversen Ebenen des Alltags gelebt. Ein festes Netzwerk an Personen kümmert sich um die Themen Corporate Design, Design Ma-

nagement, User Experience, Usability Engineering sowie Industrie- und Interfacedesign. Die einzelnen Abteilungen arbeiten mit unterschiedlichen, professionellen Designagenturen weltweit.

Doch was bedeutet das konkret? Wie trägt Design nun zum Unternehmenserfolg bei?

Definition der Designstrategie

Dräger hat sich vor einigen Jahren entschieden, Design als Erfolgsfaktor auszubauen. Dabei ist Design für Dräger mehr als ein ästhetisches Differenzierungsmerkmal. Deshalb ist die Designstrategie stark an die Unternehmensstrategie geknüpft. Sie ist richtunggebend für die Markenführung. Drägers Design vermittelt, wofür das Unternehmen steht. Dräger kümmert sich um die Erwartungen und Wünsche der Kunden und gestaltet eine langfristige Beziehung zwischen dem Kunden und der eigenen Marke. Der interne Anspruch ist, erste Wahl für die Kunden zu sein. Doch wie wird dies in der Designstrategie berücksichtigt?

Dräger-Produkte schützen, unterstützen und retten, Leben in Krankenhäusern, Ölplattformen, dem Bergbau, der chemischen Industrie oder anderen industriellen Märkten. Vor diesem Hintergrund verstehen wir unter unserer Leitidee „Technik für das Leben“ das Selbstverständnis, mit Leidenschaft und Überzeugung innovative und qualitative Lösungen zu entwickeln. Design bei Dräger dient der bewussten Entwicklung eines „User Experience Designs“. Dabei geht es grundsätzlich um die Auffassung, Erlebnisse anstelle von Produkten oder Dienstleistungen zu gestalten. Mark Hassenzahl, Kai Eckoldt und Meinald Thielsch definieren Erlebnis wie folgt: „Erleben ist ein kontinuierlicher Strom aus Denken, Handeln, Fühlen und Bewerten. Wird dieses Erleben zu einer in sich geschlossenen, bedeutungsvollen Episode zusammengefasst, entsteht ein Erlebnis (vgl. Forlizzi & Battarbee, 2004). Solche Erlebnisse geben unseren Handlungen Bedeutung, sie werden erinnert, kommuniziert und wirken motivierend (oder abschreckend). Und natürlich können interaktive Produkte eine Rolle in diesen Erlebnissen spielen: als Auslöser oder Verstärker des Erlebens.“ (Hassenzahl, Eckoldt, Thielsch 2009)

Im Falle von Dräger geht es bei diversen, alltäglichen Handlung um das höchste Gut: Das Leben. Kann eine Person z.B. gerettet oder besser geschützt werden? Das Erlebnis rund um diese Handlungen – Leben zu schützen, zu unterstützen oder zu retten – ist nun Ziel des Designs. Dabei geht es natürlich um die Sicherstellung der Funktion im Ernstfall. Den wichtigsten Funktionen, aber auch der Gebrauchstauglichkeit des Produkts wird hierbei der höchste Stellenwert zugewiesen. Darüber hinaus geht es jedoch auch

darum, dem Kunden Vertrauen zu vermitteln. Die Gestaltung eines solchen Erlebnisses findet über die einzelnen Designdisziplinen hinweg statt. Eine enge Abstimmung ist notwendig.

Heute existiert dieses einheitliche Verständnis von Design über die einzelnen Abteilungen hinweg. Dabei verfolgt Dräger nutzerzentrierte Gestaltungsprozesse, die in die Dräger-Prozesslandschaft integriert wurden.

Auch das Produktdesign trägt maßgeblich zur User Experience bei. Hierbei geht es um die „Gestaltung der Erfahrungen mit dem Produkt, das gesamte Erlebnis der Nutzung selbst, die visuelle und haptische Aufmachung, die Usability, den Nutzwert, oder Faktoren wie Innovation und Lifestyle“. (Frauenhofer Abteilung für Usability und User Experience Design 2016) Im Produktdesign existieren weitere strategische Bausteine. Klare Ziele und vereinheitlichte Methoden und Tools wurden in den gegründeten Teams entwickelt. Im Rahmen der Produktentwicklung ist das Design von Anfang an eingebunden. Der Designprozess ist eng mit dem Entwicklungsprozess verknüpft, ein Qualitätsmanagement findet regelmäßig statt.

Erste Erfolge in der Umsetzung

In der Folge soll exemplarisch entlang des Produktdesignprozesses im Unternehmensbereich Sicherheitstechnik die erfolgreiche Implementierung der Designstrategie bei Dräger aufgezeigt werden. Dadurch soll vermittelt werden, wie das Design zum Unternehmenserfolg beiträgt.

Der Designprozess bei Dräger setzt sich aus fünf Phasen zusammen: der Ideen-, der Interaktions-, der Usability- sowie der Formgebungs- und der Unterstützungsphase.

1. Ideenphase

In Anlehnung an das Motto „Design is to create a concept to produce a change“ von Prof. Frank Jacob Kieler Salon, 2011, befasst sich das Produktdesign-Team in dieser Phase mit der zentralen Fragestellung, wie sich die eigenen Märkte in Zukunft verändern werden. Fragen wie „Wie gestalten sich Wartungsprozesse in 2025?“ „Was braucht der Bergbauarbeiter von morgen?“ gilt es, durch eine designgetriebene Betrachtung zu beantworten. Zunächst werden Kundenbedürfnisse und/oder -wünsche in einem Zeitraum von heute plus zehn Jahre identifiziert. Das Betrachten von diversen Trends findet hier ebenfalls Berücksichtigung. Eine interdisziplinäre Arbeit von internen sowie externen Experten ist hier häufig der Fall.

Sind erste Ansätze entwickelt, werden konzeptionelle Lösungsansätze, neuartige Anwendungsmodelle bis hin zu neuen Geschäftsmodellen durchdacht.

Im Falle der Frage, wie der Bedarf zukünftiger Atemschutzsystemen für den globalen Markt aussieht, besann sich das Team auf den offensichtlichen Kundenmehrwert des Atmens von gesundheits-unbedenklicher Umgebungsluft. Vor diesem Hintergrund entstand die Studie „SecAir“. Durch eine Art Luftvorhang werden gefährliche Gas- oder Feinstaubpartikel vom Gesichtsbereich des Anwenders ferngehalten. Das lästige Tragen einer Maske im Gesicht gekoppelt an Schweißbildung, Kommunikationsprobleme etc. ist damit überflüssig.

Neuartige Produktkonzepte gekoppelt an die Definition zukünftiger Kundenanforderungen sind das Ergebnis dieser Phase. Daraus abgeleitet werden Technologie- sowie Marktstudien als auch eigene Patentstrategien.

2. Interaktionsphase

Die Interaktionsphase dient zur Erhebung der Kundenbedürfnisse hinsichtlich des gesamten Nutzererlebens um das Produkt und der Entwicklung erster Ideen einer zukünftigen User Experience.

Die Phase beginnt mit Kundenbesuchen in den wichtigsten Märkten. Hier kommen unter anderem Methoden zur Analyse des Nutzungskontexts oder unterschiedliche Interviewtechniken zur Anwendung. Besuche auf Bohrseln, unter Tage oder bei Straßenverkehrskontrollen mit Alkoholtests gehören hier zum Alltag. Gemeinsam definieren Usability Engineer, Produktmanager und Produktdesigner im Anschluss die Kundenanforderungen. Darauf basierend werden Ansätze entwickelt, wie der Umgang mit den Produkten maßgeblich verändert und damit verbessert werden kann. Die Definition von *Personas*, also fiktiven Kunden oder Nutzern und von ihrer *Customer Journey*, also sämtlichen chronologisch aufeinanderfolgenden Berührungspunkten mit dem zukünftigen Produkt, sind dabei eine große Hilfe. Ziel ist es, die Anwendung sicherer, verlässlicher oder effektiver zu machen. Abgeschlossen wird die Interaktionsphase mit der Entscheidung für ein Interaktionskonzept.

3. Usabilityphase

Die ISO-Norm 9241 definiert Gebrauchstauglichkeit als "das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen." Basierend auf dem präferierten Interak-

tionskonzept der letzten Phase, entwickelt das Produktdesign nun die Gebrauchstauglichkeit des zu zukünftigen Produkts. Die Phase beginnt mit einer genaueren Betrachtung des Wettbewerbsumfelds. Schwachstellen und Fehlerpotentiale in der Nutzung der vorhandenen Produkte werden identifiziert. Die Weiterentwicklung der *Personas* ist ebenso Bestandteil der Phase, wie *Cognitive Walkthroughs*, also die Analyse von vorgegebenen Handlungsabläufen. Auch eine anthropometrische Datenerhebung und Analyse werden vom Produktdesign-Team vorangetrieben. Alle Erkenntnisse führen zur Erstellung von ersten Usability Konzepten. Damit sind Skizzen und Mock-Ups im Produkt- oder animierte Arbeitsabläufe im Softwarebereich gemeint. Dabei ist Dräger die Betrachtung des Gesamtsystems besonders wichtig. Gemeinsam im Team werden erste Bauteilanordnungen oder Systemkomponenten geprüft.

In mehreren Iterationen werden die Usability-Konzepte verfeinert. Hierbei berücksichtigt das Produktdesign alle Mensch-Maschine-Schnittstellen. Die Konzeption von z.B. einer möglichst ergonomischen Signalisierung von Gasalarmen ist Teil davon. Die Ergebnisse werden dann im Rahmen eines Usability-Tests mit Kunden überprüft. Gravierende, klar erkennbare Fehlerpotentiale werden in einem weiteren Schritt überarbeitet und erneut getestet. Die Ergebnisse fließen in weiteren Schleifen in die Entwicklung ein. Die Phase endet mit der Prüfung des vom Kunden präferierten Usability-Konzepts auf Herstellkosten und Machbarkeit. Durchläuft es die Prüfung, ist die Phase beendet.

4. Gestaltungsphase

In der Gestaltungsphase werden die Kundenanforderungen an die subjektive Qualität auf das abgestimmte Usability-Konzept übertragen. Die Entwicklung von möglichen Designentwürfen – für Produkte und Software findet gleichermaßen statt. Hierbei geht es darum, die wahrgenommene Qualität des Produkts durch die Gestaltung gemäß der eigenen Designsprache zu verbessern. Diese berücksichtigt erneut die unterschiedlichen menschlichen Sinne. Es entstehen erste Designmodelle sowie Software-Animationen, die schon nahe an das gewünschte Endergebnis heranreichen. Erneut werden die Konzepte mit ausgewählten Kunden in Form eines Akzeptanztests priorisiert. Hierbei handelt es sich um eine quantitative Umfrage, in der z.B. auch semantische Differenziale angewendet werden. So können wir das erste Empfinden und persönliche Vorlieben identifizieren oder testen, inwieweit unsere Differenzierungsmerkmale von z.B. regionalen Varianten wirklich ausreichend verstanden werden. Die analytische Betrachtung der Resultate zeigt, ob die Designentwürfe den Kunden zufriedenstellen oder sogar begeistern. Ein „kognitiver Vergleichsprozess“ seitens des Kunden

zwischen seinem Idealbild und dem Ist-Stand des Produktkonzepts findet statt (Schobelt 2008). Vermittelt ein Helm z.B. für einen Feuerwehrmann Robustheit und Zuverlässigkeit? Die Ergebnisse des Tests werden gemeinsam mit den anderen Unternehmensbereichen diskutiert und vereinbart. Die Phase endet mit dem „Design Freeze“, einem realistischen Designmodell sowie einer realistischen Softwareanimation, die das abgestimmte Wunschbild zur Markteinführung darstellt. Darüber hinaus liegen Design-Regeln als Spezifikation für die weitere Umsetzung des Entwicklungsprozesses vor.

5. Entwicklungsphase

Aufgaben dieser Phase sind unter anderem die Gestaltung weiterer Systemkomponenten und die Koordination mit anderen Markteintrittsaktivitäten, wie z.B. der Gestaltung von Webseite, Messeauftritt oder Verpackungsmaterial. Darüber hinaus ist die Entwicklungsphase von einem starken Qualitätsmanagement geprägt. Es gilt, in jeder Situation das abgeprüfte und vereinbarte Ergebnis der Gestaltungsphase zu wahren. Nicht immer gelingt es, eine Lösung zu finden, die dem Wunschbild 1:1 entspricht. So kann es passieren, dass sich Bauräume ändern und die verabschiedete Form angepasst werden muss. In solchen Fällen ist es die Aufgabe des Produktdesigns, gemeinsam mit den anderen Entwicklungsabteilungen nach einer Lösung zu suchen. Durch einen weiteren Akzeptanztest wird ein letztes Mal vor Freigabe der finalen Werkzeuge überprüft, ob die Kundenzufriedenheit weiter erreicht wird. Eine mögliche Unzufriedenheit wird identifiziert und folglich durch verbesserte Lösungen ausgeräumt. Waren die Änderungen am Produktentwurf groß, wird erneut am Kunden getestet. Erst wenn alle Maßnahmen wirksam waren und das Produkt den Kunden überzeugt, finden die letzten Schritte bis zur Markteinführung statt.

Am Ende nimmt das Produktdesign noch einmal eine Qualitätsprüfung ab. Änderungen oder Korrekturen am Produkt oder der Software können nun sehr teuer sein oder die Markteinführung verzögern. Solche späten Anpassungen sind jedoch eher die Ausnahme. In der Regel sind die Konzepte durch den häufigen Austausch mit dem Kunden und der Entwicklung ausgereift.

Fazit

Dräger hat sich entschieden, Design als Wettbewerbsfaktor zu nutzen und in den letzten Jahren verstärkt in den Aufbau von Designkompetenzen investiert. Dräger definiert Design dabei als „User Experience“. Auf Basis

des gemeinsamen Verständnisses und durch den nutzerorientierten Entwicklungsprozess werden Produkte und Services geschaffen, die den Anwender in seiner Aufgabe, Leben zu schützen, unterstützen oder zu retten, größtmöglich unterstützen. Dadurch entstehen z.B. Verpackungslösungen, die schon auf den ersten Eindruck Vertrauen schaffen oder Produkte, die im Ernstfall eine intuitive Anwendung ermöglichen und somit Leben retten. Dabei gelingt es zunehmend, die vom Kunden gewünschten Eigenschaften in den Vordergrund der Entwicklung zu stellen. Das Produktdesign hilft dabei, diese dann in verbesserte Produktlösungen zu transformieren. Dabei geht es nicht darum, der häufig verbreiteten Meinung, jeden Kundenwunsch erfüllen zu müssen, nachzukommen. Es geht vielmehr darum, eine eigene Haltung zu entwickeln, die beste Lösung für „Technik für das Leben“ vorzugeben. Auch der Verzicht auf machbare, aber weniger sinnvolle technische Features, kann dabei unausweichlich sein. Andere Bereiche kümmern sich in enger Abstimmung um die Gestaltung der weiteren Kontaktpunkte. So entsteht ein umfassendes Nutzererlebnis um das Angebot herum.

Durch die beschriebenen Maßnahmen wurden einzelne Entwicklungen in den letzten Jahren entscheidend beeinflusst. So wurde z.B. eine neue Brandfluchthaube gemeinsam mit Anwendern entwickelt, die sich maßgeblich durch ein einfaches Anlegen im Ernstfall und einen hohen Tragekomfort auszeichnet. Auch der Feuerwehrhelm HPS 7000 setzt neue Standards in der Qualität der Anmutung. Und selbst beim Interlock 7000, einer atemalkoholgesteuerten Wegfahrsperrung, wurde ein besonderer Wert auf die Usability, die Formgebung sowie andere Kontaktpunkte, wie die Verpackung und den Einbau geachtet.

Dräger ist „Technik für das Leben“ und Design soll dabei helfen.

Literaturverzeichnis

Rae, J. 2013: Beitrag im Internet

http://c.ymcdn.com/sites/www.dmi.org/resource/resmgr/pdf_files/TheRealValueOfDesign.pdf, abgerufen 10.03.2016

Fraunhofer Abteilung für Usability und User Experience Design; Beitrag im Internet;

<http://www.usability-ux.fit.fraunhofer.de/de/weiterbildung/zertifizierter-user-researcher.html>, abgerufen 18.03.2016

Fröndhoff, B. 2008: Beitrag im Internet.

<http://www.handelsblatt.com/unternehmen/management/wahrgenommene-qualitaet-zu-viel-technik-zu-wenig-begeisterung-seite-2/2997798-2.html>, veröffentlicht 3.8.2008, abgerufen 21.03.2016

Hassenzahl, M; Eckoldt, K; Thielsch, M. 2009: User Experience und Experience Design – Konzepte und Herausforderungen. in: Usability Professionals, 233–237

- Schobelt, F. 2008: Beitrag im Internet
http://spectronet.de/story_docs/vortraege_2007/070222_ggw/070222_11_schmitt_rwth_aachen.pdf; 23.7.2012, abgerufen 21.03.2016
- Schobelt, F. 2008: Beitrag im Internet.
*http://www.wuv.de/marketing/studie_unternehmen_fehlt_designstrategie,
veröffentlicht 23.7.2012, abgerufen 21.03.2016*
- Design Council, J. 2016: Beitrag im Internet <http://www.designcouncil.org.uk/our-services/business-growth>, abgerufen 27.03.2016

Kontakt

Herbert Glass
Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53-55
23558 Lübeck
www.draeger.com

Matthias Willner
Dräger Safety AG & Co. KGaA
Revalstraße 1
23560 Lübeck
www.draeger.com

Untersuchung von emotionalen Wirkungsmechanismen im Produktdesign

Mareike Roth · Oliver Saiz

Seit nunmehr sechs Jahren beschäftigen wir uns ganz gezielt mit der Schnittstelle von Emotion und Design. Alles begann mit der Frage: Warum sprechen uns gewisse Dinge an (und andere nicht) und warum entwickeln wir bei bestimmten Produkten einen starken Besitzwunsch?

Dabei geht es uns nicht um Marketingtricks, sondern um die Frage: Können wir den emotionalen Ausdruck von Gestaltung gezielt steuern und wenn ja, wie?

Diese Vision keimte erstmals 2010 mit einem hochschulinternen Essay mit dem Thema „Auswirkungen frühkindlicher Prägung auf die Produktgestaltung“ auf. Diverse Experteninterviews nährten den Forscherdrang für eine 300-seitige Masterthesis und mündeten in der Gründung des Design- und Strategiebüros hoch E.

Die einstige Kernfrage wurde zur Mission. In unserem büroeigenen Labor intensivieren wir seither die interdisziplinäre Vernetzung, um die Erkenntnisse auf diesem Fachgebiet zu bündeln und weiter zu entwickeln.

Als Unternehmer, Dozenten, Betreuer von Absolventenarbeiten, sowie als Sprecher und Berater in Seminaren und Workshops, vermitteln wir unsere praktische Erfahrung und die dazugehörige theoretisch-methodische Basis. Dies ist ein kurzer Einblick in unsere Wirkungsgebiete, welche unsere Motivation für eine fortwährende Auseinandersetzung mit und an der Schnittstelle Emotion und Design Literaturverzeichnis befeuern.

Die emotionale Praxis des Bauchgefühls

Wie sich bereits erahnen lässt ist die gezielte Gestaltung von Emotionen nicht so einfach wie viele Auftraggeber und Design-Kollegen meinen. Der Prozess ist deutlich strategiebehafteter und aufwändiger und alles andere als ein simpler Griff in den „Design-Zauberhut“.

Rückblickend ist hierbei unsere Umfrage aus dem Jahr 2011 sehr aufschlussreich. Zehn bekannte Designbüros aus den Bereichen Produkt-, Packaging- und Corporate Design wurden zum Thema Emotion und Design befragt (vgl. Roth und Saiz 2011, 44 ff.). Ganze 80 % der Befragten beurteilten die Relevanz der Emotion im Kontext der Gestaltung mit neun bzw. zehn von zehn möglichen Punkten. Selbst die übrigen 20 % verteilten sechs und sieben Punkte.

Wesentlich weniger konkret fielen die Antworten auf die Frage: „Wie werden emotionale Wirkungen im Gestaltungsprozess abgeschätzt und gesteuert?“ aus. Neben Bauchgefühl und Erfahrung konnte lediglich die Marktforschung im weitesten Sinne als methodisch-strategischer Ansatz gewertet werden. Damals ein sehr ernüchterndes Ergebnis, welches uns auf eine Expedition in den Dschungel der Emotionsforschung führte.

Das Emotions-Labor

Was uns als Gefühl ins Bewusstsein tritt, ist nur die Spitze des Eisbergs. Es ist nicht weiter verwunderlich, dass mehr als 80 % unserer täglichen Handlungen komplett durch das Unterbewusstsein gesteuert werden. Noch interessanter dürfte für manchen Skeptiker die Tatsache sein, dass ganze 100% unserer Entscheidungen für oder gegen ein Produkt unter dem Einfluss der Emotion stehen. Gerade dabei ist die „richtige“ emotionale Botschaft maßgeblich mitentscheidend für den Erfolg von Produkt und Design.

Design ist die nonverbale Schnittstelle zwischen Produkt und Mensch. Die gesendeten Botschaften werden primär über Form, Farbe und Materialität vermittelt. Dabei erwarten Menschen von nahezu allen Produkten, dass die wahrnehmbare Erscheinung ihren Erwartungen und Wünschen entgegenkommt. Über die Wirkung der Einzelkomponenten wird dabei nicht reflektiert – weder vom Betrachter bzw. Konsumenten noch von den meisten Designern. Das Design wird intuitiv, subjektiv und aus dem Bauchgefühl heraus komponiert. Dies kann passen, muss es aber nicht! Seit sechs Jahren untersuchen wir die emotionalen Wirkmechanismen von Design und wenden diese für zielführendere Designlösungen an.

Die Thematik ist weit gefächert und zahlreiche Disziplinen beleuchten die Emotion mit unterschiedlichen Forschungsleuchten. Nach mehr als 6.000 Stunden eigener Forschungsarbeit, stellte sich die Biologie, die Neurowissenschaften und die Psychologie bislang als unsere vielversprechendsten Wegweiser heraus (vgl. Roth und Saiz 2014, 24 ff.). Gräbt man noch ein paar Meter tiefer, so kommen auch Verhaltensforschung, Gestaltpsychologie, Semiotik und zahlreiche weitere Teilbereiche auf den Plan.

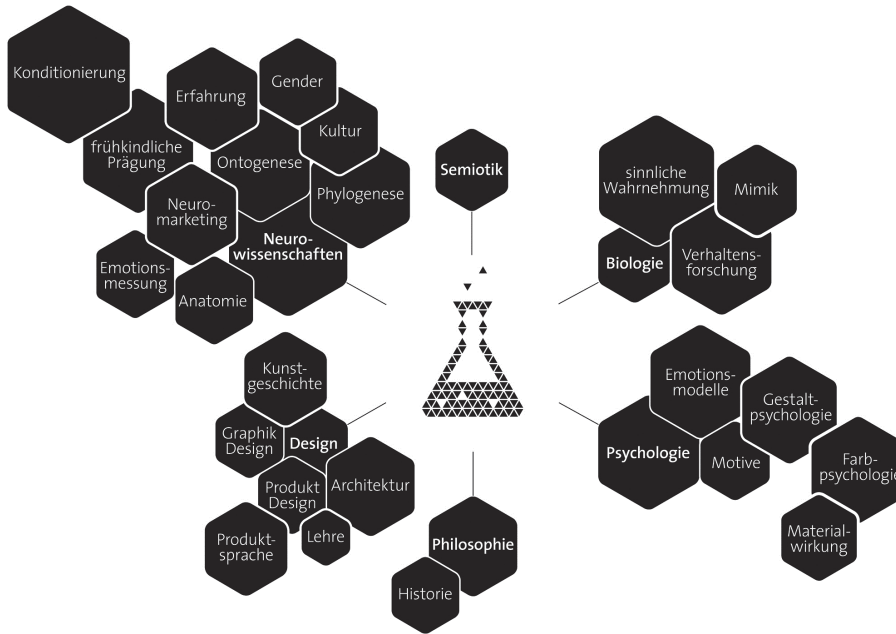


Abbildung 1: Viele unterschiedliche Disziplinen beschäftigen sich mit dem Phänomen Emotion.

Basisemotionen der Gestaltung

Die Psychologie definiert nach den Modellen von Ekman (1971) Izard (1977) Plutchik (1980) und Tomkins (1984) Basisemotionen (Desmet 2002, 13). Dabei werden diese als grundlegende Emotionen definiert – ähnlich wie das Prinzip eines Wasserfarbkastens mit Grundfarben (rot, blau, gelb) – lassen sich daraus alle weiteren emotionalen Facetten mischen. „Basisemotionen sind Emotionen, die sich auf keine grundlegendere Emotion reduzieren lassen. Aus ihnen können alle weiteren Emotionen abgeleitet werden“ (Roth, Saiz 2014, 49). Die zwei Emotionen, Vertrauen und Begierde, tauchen mimisch nicht auf, da hierfür keine universale Mimik festgestellt werden kann (vgl. Darwin, 1370).

Aus den verschiedenen Emotionsmodellen haben wir eine Palette von 10 Basisemotionen (4 Lustvolle, 4 Unlustvolle, 2 Grenzemotionen) für die Gestaltung selektiert. Hierunter fallen Interesse, Freude, Vertrauen, Begierde, Trauer, Furcht, Scham, Ekel, Zorn und Überraschung. (vgl. Roth und Saiz 2014, 49) Damit bilden sie eine wertvolle Basis und sind elementarer Code für die darauf aufbauende Gestaltung.

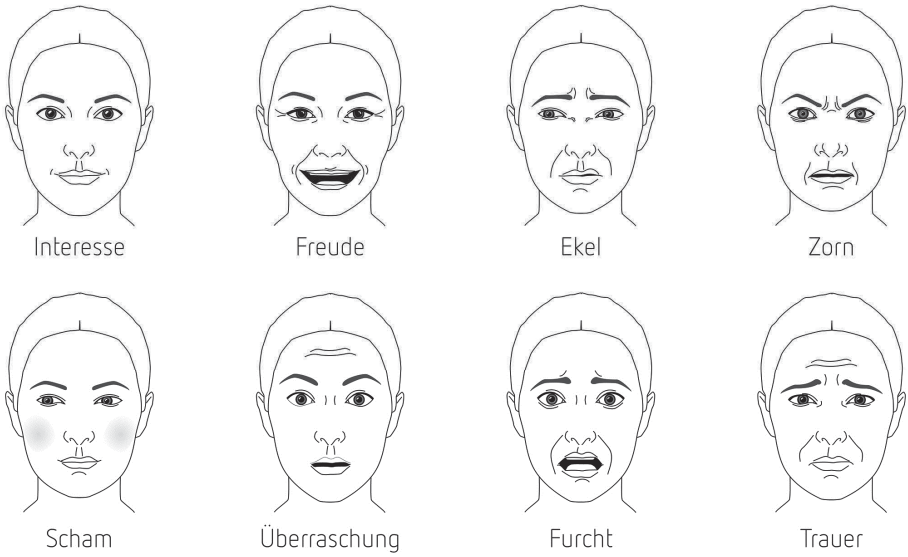


Abbildung 2: Universale Gesichtsausdrücke zu acht Basisemotionen.

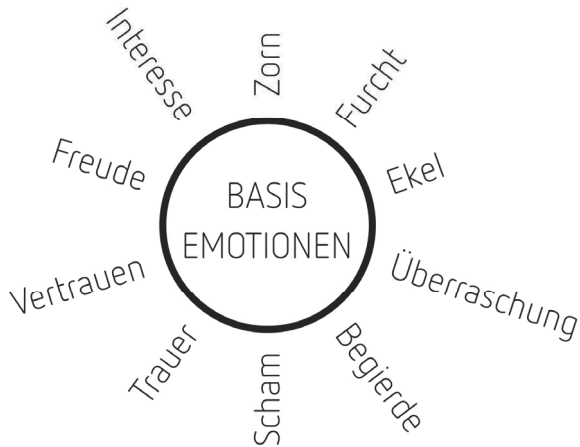


Abbildung 3: Basisemotionen.

Mimik und Emotion

1862 beschäftigte sich Guillaume-Benjamin Duchenne mit der elektrophysiologischen Analyse von Gefühlsausdruck in der menschlichen Physiognomie. Duchenne forschte hierbei unter anderem an der Emotion- und Muskelzuordnung. Er bezeichnete den Muskel, der für das Lächeln zuständig ist als „Muskel der Freude“. So ist das „echte Lächeln“ (einschl. Augen) heute auch als Duchenne Lächeln bekannt.

Neben der nonverbalen Kommunikation hat Mimik auch die Funktion Emotionen zu regulieren. Der Psychologe Wolfgang Rost schreibt dazu: „In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß Herzrate, Hautleitfähigkeit und der systolische Blutdruck bei den Personen, die z.B. bei Betrachtung emotional ansprechender Filme oder in einer vom Versuchsleiter provozierten Streßsituation weniger Mimik zeigen, stärker ansteigen als bei denen, die mehr Mimik zeigen.“ (Rost 1990, 74)

Das spannende an der Mimik ist, dass sie nicht nur das emotionale Empfinden nach Außen trägt sondern zudem die Botschaft überall auf der Welt unmissverständlich gedeutet wird.

Die Methodik

Die zehn Basisemotionen der Gestaltung sind Grundbausteine des *Emotion Grids* – und bilden zusammen mit Motivarealen und systematisch gegliederten Wertewelten eine Art Landkarte der Emotion. Das *Emotion Grid* dient zum einen als Analysetool, also zur Verortung von Marken, Produkten oder Zielgruppen. Zum anderen lassen sich damit Werte und emotionale Charaktermerkmale für Marken oder Produkte bereits im Entstehungsprozess festlegen.

Das *Emotion Grid* ist Strategie zum Anfassen. Emotionale Wirkungen und Zielsetzungen lassen sich in einen multidimensionalen Werte- und Emotionsraum aufrastern und werden sicht- und planbar. In mehreren Prozessschritten entsteht eine topographische Landkarte der Emotionen.

Um die relevanten Werte und Emotionen, die auf dem *Emotion Grid* belegt werden sollen herauszufiltern, setzen wir die *Brand Core Evaluation Cards* ein (<http://hoch-e.com/emotion-lab.html>). Während gemeinsamer Workshops wählt der Auftraggeber für Marke, Produkt oder Zielgruppe zutreffende bzw. nicht zutreffende Karten aus. Das komplette Set besteht aus 174 Karten, die Emotionen und Werte begrifflich abbilden und ebenfalls auf dem *Emotion Grid* vertreten sind.

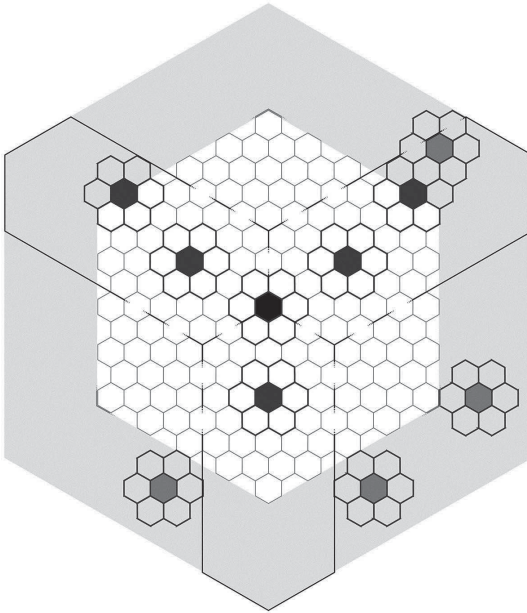


Abbildung 4: Schematischer Aufbau des Emotion Grid.

Durch ein spontanes Auswählen der Karten und das nachträgliche Reduzieren auf z. B. fünf Kernwerte, wird eine tiefe Auseinandersetzung mit der eigenen Marke und deren Positionierung angestoßen.

Ist eine Einordnung bzw. eine Zielsetzung im *Emotion Grid* definiert kommen die *Design Elements* zum Einsatz. Diese geben der Wirkung des Designs ein verlässlicheres Fundament. Die Gestaltungsparameter Form, Farbe, Rhythmus, Gliederung, Proportion, Struktur und Material sind den zehn Basisemotionen zugewiesen. *Emotion Grid* und *Design Elements* spielen eng zusammen und verschmelzen zu einem emotions-strategischen Werkzeug für den Designprozess.

Darüber hinaus pflegen wir seit einigen Jahren Bildkataloge mit Gestaltungsbeispielen aus allen Disziplinen, die alle 10 Basisemotionen abdecken. Dadurch werden die abstrakten Inhalte der *Design Elements* in konkrete Gestaltung übersetzt und können so auch Auftraggebern in Form von Moodboards kommuniziert werden.

Der Transfer

Diese Methodik, die einen Zusammenhang zwischen emotionalem Ausdruck und den Parametern Form, Farbe, Materialität, etc. visualisiert und systematisiert, gab es bisher nicht für den Designprozess. Dabei gibt es zahlreiche Studien aus diversen Disziplinen, die sich auf die Zusammenhänge zwischen Gestaltungselementen und emotionalen Empfindungen beziehen. Bereits Heinz Habermann hat in seinem Kompendium des Industriedesign mittels assoziativen Bewertungen, Wirkungsweisen und Gliederungsphänomene untersucht (vgl. Habermann 2004, 642 ff.) Auch Gerhard Heufler hat Untersuchungen zu der Wirkung von Komplexität und Ordnung angestellt und berichtet von sogenannten Spannungsfeldern. „Dies sind die beiden wichtigen Phänomene bei der Beziehung zwischen den Gestaltelementen Form, Material, Oberfläche, Farbe und dem Gestaltaufbau. Es sind Faktoren, die einander ausschließen, also Pole, zwischen denen sich das Spannungsfeld der ästhetischen Wahrnehmung aufbaut“ (Heufler 2005, 41ff).

Im Allgemeinen ist jedoch nahezu bei allen – aus Gestaltungsdisziplin stammenden – Untersuchungen zu beobachten, dass kein direkter Bezug zur emotionalen Wirkung hergestellt wird. Am dichtesten an der Thematik agiert hier noch die Produktsprache nach dem Offenbacher Ansatz von Jochen Groß und Dagmar Steffen. So werden emotionale Bezüge über Symbol- und Anzeichenfunktionen am deutlichsten. Gerade die Symbolfunktion arbeitet mit bereits geprägten Bildern und macht eine gezielte emotionale Aufladung so kontrollierbarer. „Dabei befinden wir uns mit der Produktsymbolik auf einer Ebene, mit der sich jeder bei ganz alltäglichen Entscheidungen fast ständig mehr oder weniger bewusst oder unbewusst auseinandersetzt; denn wie die Psychologin Ute Ritterfeld (1996) nachwies, gründen sich spontan gefällte Geschmacksurteile zuallererst auf die Produktsymbolik, die uns unmittelbar emotional anspricht.“ (Steffen 2000, 82)

In der Gestaltung selbst scheint es also eine sehr beliebte Vorgehensweise, den Emotionen mit Metaphern und Assoziationen näher zu kommen. Allerdings wäre eine bloße Reduktion auf jene Wirkungsmechanismen zu wenig. Emotionen stehen zwar immer in einem Kontext sind jedoch nie beliebig. Gerade deshalb stoßen oftmals bekannte Symbole und Assoziationen an ihre Grenzen und es werden übergeordnete Prinzipien notwendig. Hierzu ein Exkurs in die Verhaltensforschung und die Erkenntnisse zur frühkindlichen Prägung.

Das Augensymbol

Betrachten wir die ersten Wochen und Monate eines neugeborenen Kindes genauer, wird schnell deutlich dass neben Geruch und Stimme, die Mimik zur ersten gemeinsamen Kommunikationsbasis zählt. Bereits René A. Spitz – der als Begründer der psychoanalytisch empirischen Säuglings- und Kleinkindforschung gilt – bezeichnet die Wechselbeziehung zwischen Kind und Mutter als Prägestock zur sozialen und emotionalen Entwicklung. Dabei fand er heraus, dass vom zweiten Lebensmonat an „das menschliche Gesicht zu einem privilegierten optischen Eindruck [wird], der allen anderen ‚Dingen‘ in der Umwelt des Säuglings vorgezogen wird“ (Spitz 1972, 104).

Es wird also davon ausgegangen das Gesichter und im Speziellen das Gesicht der eigenen Mutter prägende Rolle in der emotionalen Entwicklung des Säuglings spielen. Dabei stehen erstmal vornehmlich die Augen im Mittelpunkt der Kommunikation – da alle weiteren Details des menschlichen Gesichts erst nach und nach erfasst und fokussiert werden können. Die Augen sind bis heute eines der wichtigsten Stimuli und Kommunikationskanäle. Auch abseits von Körpersprache und Mimik geben sie viel von unseren emotionalen Befindlichkeiten preis. Ein nicht unerheblicher Einflussfaktor ist die Weitung der Pupillen – worauf gerade die Emotionen stark Wirkung zeigen. „Diese Veränderungen geschehen normalerweise ohne unser Wissen, und da sie sich auch weitgehend der Kontrolle entziehen, geben sie verlässliche Hinweise auf die wahren Gefühle“ (Reynolds 1980, 169).

So vergrößert sich die Pupille bei freudiger Erregung und verkleinert sich bei überraschenden Angst- oder Gefahrensituationen. Dieses Phänomen ist nicht neu und ist von der Werbebranche erfolgreich in die Covergestaltung von Modemagazinen adaptiert worden. Im richtigen Maß dosiert wirken Frauen wie Männer dadurch erwiesenermaßen attraktiver. Untersuchungen haben auch gezeigt, dass sogar abstrakte Augensymbole diese Reaktionen auslösen und die Aufmerksamkeit lenken. Ein gutes Beispiel ist das Interieur des BMW Mini. Hier ist deutlich erkennbar wie durch die Anordnung von konzentrischen Kreisen die Aufmerksamkeit auf gewisse Elemente gelenkt und über die Proportionierung der Kreise die optische Gewichtung beeinflusst wird. Je mehr hierbei der innere Kreis anschwillt, desto mehr wird dadurch eine unterbewusste Assoziation mit dem menschlichen Auge erzeugt.

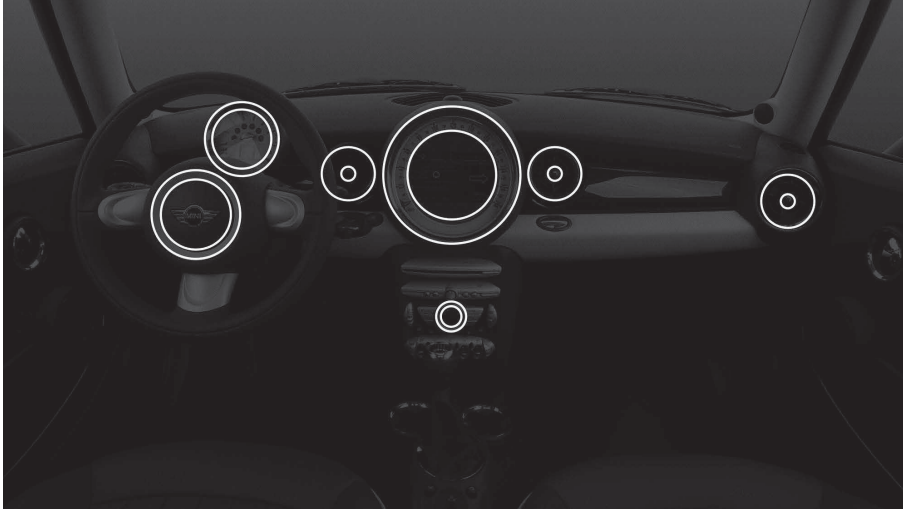


Abbildung 5: Kreissymboliken im Interieur des BMW Mini.
© Andrew / Wikimedia Commons / CC BY-SA 2.0

„Betrachtet man allerdings die Bedeutungsdimension des Kreises, so gibt es viele Interpretationsansätze. Er steht für Perfektion, Geschlossenheit, Ausgewogenheit und Vollkommenheit, aber auch für den Kreislauf und die Unendlichkeit. Die Kreissymbolik ist in fast in allen Kulturen und Religionen zu finden“ (Roth und Saiz 2014, 168).

Je nach Ausprägung und Kontext, kann dieses Phänomen den emotionalen Belegungen, Vertrauen, Zorn oder Furcht zugeschrieben werden. Im vorliegenden Fall, ist es eingesetzt um ein behagliches und sympathisches Ambiente mit definierten Highlights zu erzeugen. Derartige Muster lassen sich bei diversen Produkten wiederfinden. Angefangen beim BMW Mini, über den Duschkopf Grohe Rainshower Icon, bis hin zu diversen Philips Produkten. Kommen zwei konzentrische Kreise in einem bestimmten Abstand zum Einsatz, erkennen wir automatisch ein Gesicht.

Die asymmetrische Kurve

Neben dem Augensymbol gibt es noch weitere biologische Auslösereize. Dazu zählt auch die sogenannte asymmetrische Kurve, die sich in vielen Partien des Körpers wiederfinden lässt. Besonders relevant ist die Wangenkurve, die bereits in unseren ersten Lebensmonaten eine Rolle in der frühkindlichen Wahrnehmung spielt. Insbesondere beim Stillen nimmt das Kind die Umrisse des mütterlichen Gesichts aus einer Perspektive wahr, welche

den Kurvenverlauf der Wange stark betont.

Peter Stebbing, ehemals Professor an der HfG Schwäbisch Gmünd, schreibt dazu: „Ich stelle die Hypothese auf, dass der ästhetische Reiz, den die asymmetrische Kurve auf uns hat, in der biologischen Prägung gründet, die wir als Babys beim Anblick der mütterlichen Wangenkurve entwickelten.“ (Stebbing 1999, 3)

Ähnlich wie der Verhaltensforscher Konrad Lorenz das Kindchenschema, so bezeichnet auch Stebbing die asymmetrische Kurve als „biological releaser“, also als biologischen Auslösereiz.

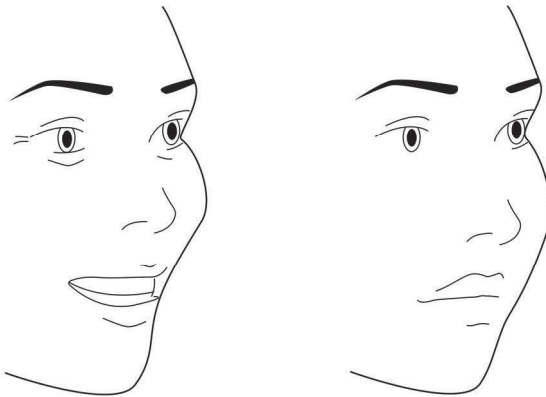


Abbildung 6: Steigerung der Wangenkurve durch Lächeln.

Eine Übertreibung mit biologischem Ursprung die gleichzeitig mit einer positiven Emotion verknüpft wird, findet auch hier statt: durch Lächeln oder Lachen. Die Wange wandert nach oben und die Kurve wird extremer. Durch künstliche Hilfsmittel wie Make-up oder Rouge wird dieser Effekt weiter verstärkt. Den gleichen Effekt haben auch High-Heels, welche die Kurven des Körpers, z. B. an Po und Unterschenkel, verstärken.

Daraus schließen wir, dass die asymmetrische Kurve einen hohen Stellenwert in der visuellen Wahrnehmung einnimmt, da sie bereits in einer frühkindlichen Phase mit positiven Emotionen verknüpft ist. Beispiele in der Gestaltung lassen sich viele finden. Von der bekannten Coca-Cola Flasche bis hin zu Kurvenverläufen im Automotive Design. Auch in der Architektur finden sich Beispiele, wie der Chanel Mobile Art Pavillon von Zaha Hadid Architects, der durch fließend ineinander laufende Kurven ein freundliches aber auch extravagantes Erscheinungsbild liefert.



Abbildung 7: Beispiel für die asymmetrische Kurve anhand der Corvette Stingray.
© Shane's Stuff / flickr / CC BY-SA 2.0

Emotion und Design: eine Dauerbaustelle

Augensymbol und Wangenkurve sind nur zwei Beispiele die zeigen, dass sich Wirkungsmechanismen im Design auf biologische Reizeffekte zurückführen lassen. Weitere Forschungsergebnisse zum Beispiel aus den Bereichen Farbpsychologie oder Formwirkung weisen auf weitere Zusammenhänge hin. In unserer Arbeit sammeln und bewerten wir diese Ergebnisse, um das noch unvollständige Bild von Emotion und Design weiter zu vervollständigen. Wichtig ist hier darauf hinzuweisen, dass diese nie pauschal sondern immer im Kontext von Kultur oder Zeit zu bewerten sind.

Das Themenfeld ist und bleibt vielschichtig und das Ziel ist nie ein Patentrezept oder eine pauschale Antwort auf Designfragen zu geben. Es geht vielmehr um eine Sensibilisierung und die fundierte Bewertung von Designentwürfen, in all ihrer Komplexität. Gestaltung ist eine Form der Kommunikation und jedes Mittel der Kommunikation ist ein Zeichen. Diese Zeichen werden zumeist unbewusst gedeutet und führen damit zu Entscheidungen in unserem alltäglichen Handeln. Emotionen sind ein wichtiger Faktor für diese Ebene der Kommunikation. Wir halten es für fundamental, dass Gestalter ein Grundlagenwissen in diesem Bereich aufbauen, um bewusst gestaltete Zeichen zu setzen und damit weg von vagen Argumentationsketten kommen. Wir sind davon überzeugt, dass Design wirkungsvoller wird, wenn wir verstehen wie Menschen denken, fühlen und entscheiden.

Literaturverzeichnis

- Desmet, Pieter. „Designing Emotions“. Dissertation an der TU Delft, 2002.
- Darwin, Charles. „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen“. *Charles Darwin – Gesammelte Werke*. Neu Isenburg: Melzer Verlag GmbH, 2006. 1163–1370.
- Habermann, Heinz. „Kompendium des Industrie-Designs: Grundlagen der Gestaltung“. Berlin: Springer-Verlag, 2003.
- Heufler, Gerhard. „Design Basics: von der Idee zum Produkt“. Zürich: Verlag Niggli AG, 2004.
- Reynolds, Vernon. „The Biology of Human Action“. London: Butler & Tanner Limited, 1980.
- Rost, Wolfgang. „Emotionen: Elixier des Lebens“. 1. Auflage. Berlin: Springer, 1990.
- Roth, Mareike und Saiz, Oliver. „Produkt hoch E“. Emotionales Potential der Formgestaltung. Masterthesis an der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd, 2011. 44 ff.
- Roth, Markiere und Saiz, Oliver. „Emotion gestalten“. Methodik und Strategie für Designer. Birkhäuser Verlag GmbH, Basel, 2014. 24 ff.
- Spitz, René A. „Vom Säugling zum Kleinkind“. Stuttgart: Ernst Klett Verlag, 1972.
- Stebbing, Peter D. 1999, „The beauty of the mother’s smile: a universal and unconscious source for generative form in visual expression and design,“ in ed., Soddu, C., *Generative Art ’99, Proc. of the 1999, 2nd Int. Conf. Generative Art*, Politecnico di Milano, Milan.
- Steffen, Dagmar. „Design als Produktsprache“. Frankfurt am Main: Ver. form, 2000.

Kontakt

Mareike Roth, M. A.
 hoch E – Designing Emotional Identity
 Roth & Saiz GbR
 Fürther Strasse 174 a
 90429 Nürnberg
 mareike.roth@hoch-e.com

Oliver Saiz, M. A.
 hoch E – Designing Emotional Identity
 Roth & Saiz GbR
 Fürther Strasse 174 a
 90429 Nürnberg
 oliver.saiz@hoch-e.com

Strak als Schnittstelle zwischen Design und Konstruktion – Ergebnisse einer Prozessberatung bei Miele

Norbert Hentsch · Matthias Knoke

Einführung

Strak als Prozessschritt in der Produktentwicklung ist für die Haushaltsgeräteindustrie Neuland, während in der Automobilindustrie der Strakprozess als Standard durchlaufen wird. Generell kann Strak dann eingesetzt werden, wenn an Produkte ein besonders hoher ästhetischer Anspruch an die Topologie der sichtbaren Oberflächen gestellt wird.

In einem Prozessberatungsprojekt wurde im Jahr 2014 analysiert, wie Strak in seinen Ausprägungen – Strak-CAD-Modellierung und Strakkoordination – bei der Miele & Cie KG. sinnvoll angewendet werden kann. Als Berater wurde die Designsurf GmbH, als langjähriger Partner für Strak im Bereich Wäschepflege gewonnen.

Die Erwartung war, dass Strak in der Lage ist, die Produktentwicklung so zu ergänzen, dass der Zielrichtung des Markenversprechens „MIELE – immer besser“ vor allem an der Schnittstelle zwischen Design und Konstruktion noch besser entsprochen werden kann.

In der Analysephase wurden die bestehenden Vorgehensweisen zum Thema Sichtflächen in der Produktentwicklung und im Design ermittelt. Hierzu wurden Mitarbeiter aus Design und Konstruktion der verschiedenen Produktgruppen allgemein und anhand von abgeschlossenen Projekten zur Umsetzung von Designvorgaben in Konstruktionsentwürfe in einer angepassten Methodik des Leitfadenterviews befragt.

Aus den Ergebnissen der Befragung und in Abgleich mit den langjährigen Erfahrungen der Firma Designsurf im Strak wurde ein Vorschlag für einen modularen Strakprozess für Miele definiert, der es ermöglicht, der heterogenen Produktwelt und den heterogenen Vorgehensweisen gerecht zu

werden und trotzdem die Vorteile von Strak in den Produktentwicklungsprozess einfließen zu lassen.

Strak

Strak (Englisch: Surfacing, Class-A-Surfacing) ist die Bezeichnung für einen Prozessschritt in der Entwicklung von Produkten mit besonders hohem Anspruch an sichtbare Oberflächen, zum Beispiel für Karosserien (Freiformflächen). Strak bezeichnet darüber hinaus die Fachabteilung. Der ursprüngliche Strak im Schiffbau hat das Ziel der hydrodynamischen Optimierung der Rumpfform und wird hier nicht weiter betrachtet. Richtigerweise sollte man also im thematischen Kontext von Ästhetikstrak sprechen.

Der Strakonstrukteur und der Strakkoordinator

Die ausführenden Personen werden Strakonstrukteur/Strakmodelleur, kurz Straker und in einer zweiten Funktion als Strakkoordinator bezeichnet.

„Waren die Strakingenieure in der Vergangenheit reine Flächenspezialisten, so agieren sie heute als „Allround“-Konstrukteure ... An den Strakingenieur wird der Anspruch gestellt, formalästhetische, ergonomische und technische Randbedingungen in Einklang zu bringen. ... Die Aufgabe des Strakingenieurs ist es, diesen Simultaneous Engineering-Prozess voran zu treiben, um die Meilensteine für die Erstellung der einzelnen Modelle ... einzuhalten. Dies geschieht in permanenten Abstimmungsrunden in Form von Strakgesprächen. Hier werden Abgleiche zwischen dem aktuellen Strak- beziehungsweise Designstand und dem Technischen Reifegrad gefahren.“ (Schol 2009).

Während der Straker eher die Freiformflächen generiert, stimmt der Koordinator Eingabegrößen, Ergebnisse, Termine etc. mit den beteiligten Fachabteilungen ab und kommuniziert diese mit den Strakern.

Das Strakmodell

Arbeitsobjekt des Straks ist das Strakmodell, eine gestalterisch und technisch definierte CAD-Darstellung der Sichtflächen, welches im Laufe der Produktentwicklung an der Schnittstelle und im Spannungsfeld zwischen Design und Konstruktion (und den Fachabteilungen Produktauslegung, Fertigungstechnik, Qualitätsmanagement) abgestimmt und immer weiter konkretisiert wird. Das Strakmodell ist der geometrische Informationsträger oder Speicher über die Außenhaut des Produktes. Farben und Oberflächen-

qualitäten werden im Strakmodell nur rudimentär dargestellt, aber entsprechende Anforderungen eingearbeitet, zum Beispiel größere Entformungswinkel bei genarbter Oberfläche.

Die gespeicherten Informationen des Modells werden durch Wissen des Strakkoordinators über die Genese des Straks ergänzt. Dieses Wissen macht den Strakkoordinator zu einem wichtigen Partner in Freigabemeetings, in denen komplizierte Bereiche erneut diskutiert werden.

Der Straker hat zusätzlich Wissen über die interne Struktur und Logik des Modells. Dies ist wesentlich für die Fähigkeit zur schnellen Änderung und Optimierung des Modells.

Das Strakmodell unterliegt nach Freigabe der Änderungskontrolle und kann darüber hinaus mit normalen CAD-Werkzeugen nicht in der entsprechenden Qualität bearbeitet werden.

Ein definierter Strakprozess verbietet die Überarbeitung von Sichtflächen durch externe Abteilungen, da nur so die Qualität des zu Grunde liegenden Modells auch in späteren Phasen gesichert werden kann. Das kann als positiver Aspekt eines "Medienbruches" gewertet werden.

Strak zwischen Design und Konstruktion

Das Spannungsfeld zwischen Design und Konstruktion lässt sich unter anderem durch folgende Aspekte charakterisieren:

- *Konstruktion*: differenzierend, also stark arbeitsteiliger Prozess und spezialisierter Fokus mit vielen agierenden Personen und unterschiedlichen Fachgebieten.
- *Design*: integrierend, also multidimensionaler, aber auf das Gesamtprodukt gerichteter Fokus mit eher wenigen agierenden Personen.

In der Praxis erlebt der Strakkoordinator oft, dass Konstruktion und Design sich mit Unverständnis begegnen. Ein Erklärungsansatz sind die divergierenden Sprachen:

- *Design*: Nutzungsszenario, Aussehen, Material, Haptik, Status und kulturelle Identität des Produktnutzers etc.
- *Konstruktion*: Toleranzmanagement, Berechnungen, Materialqualifikation, Oberflächendefinitionen, Design- oder Prozess-FMEA, Lieferantenlastenhefte, Freigaben, PDM-System, Versuchsplanung, Dokumentation etc.

Der Straker stößt in der Praxis im Umgang mit beiden Seiten auf spezifische Arbeitsfelder, welche sowohl Produkte mit einem großen Anteil an Frei-

formflächen, als auch eher regelgeometrisch definierte Produkte betreffen. Als Beispiele können benannt werden:

- *Szenario Design*: Der Entwurf ist nicht bis in den erforderlichen Detailgrad (z.B. Fugen/Radien/Kanten siehe unten) ausgearbeitet oder bleibt gerade in komplizierten Bereichen im Ungefähren. Der unumgängliche Zeit- und Projektstress, dem sich auch Designer stellen müssen, mag ein Grund dafür sein. Darüber hinaus stellt sich aber die Frage, ob in der Designausbildung die Arbeit an der formalen Produktplastik zu Gunsten anderer Themen eingeschränkt wird.
- *Szenario Konstruktion*: Konstrukteure arbeiten an unterschiedlichen, aneinanderstoßenden Bauteilen, Fugenbreite und Radiengröße sind jedoch nicht definiert. Ihr Fokus liegt nur zu einem Bruchteil auf der äußeren Erscheinung des Gesamtprodukts. Eine entsprechende gestalterische Überprüfung des Ergebnisses findet im Zweifelsfall nicht oder zu spät, beispielsweise am fertigen Produkt, statt.

Der Strak füllt diese sehr spannende und anspruchsvolle Schnittstellenfunktion aus. Der Strakkoordinator führt mittels des Strakmodells und den darin geometrisch ausgearbeiteten Kompromissen Konstruktion und Design immer wieder zusammen. Problembereiche werden mittels des Strakmodells operabel und besprechbar, Entscheidungen können getroffen werden. Für den Strak bieten sich entgegen der allgemeinen Erwartung größer werdende Gestaltungsspielräume in der Konkretisierung der ursprünglichen Designintension.

„Um die Konvergenz zu erreichen, müssen Sie Kompromisse schließen. Doch bei jedem Kompromiss muss dem Designer das Gefühl vermittelt werden: Ja, mein Thema ist gehalten worden. Und dem Techniker muss ganz klar das Gefühl gegeben werden: Ja, ich wurde, soweit es möglich war, verstanden.“ (K-Magazin 2012)

Nur erwähnt werden soll, dass die bloße Erstellung von Freiformflächen in der benötigten Qualität einem hochqualifizierten technisch-ästhetischen Entwurfshandwerk entspricht, einer sehr sensiblen Formwahrnehmung bedarf und höchste Ansprüche an das innere Geometrieverständnis stellt.

Strak im Entwicklungsprozess

Abbildung 1 zeigt einen verallgemeinerten Strakprozess für eine Neuentwicklung, ähnlich zu dem der Automobilindustrie. Strak wird im Prozessablauf standardisiert durchlaufen. Als Prozessschritt der Produktentwicklung

startet Strak mit der Entscheidung der Geschäftsleitung über die Designrichtung und endet mit der Freigabe des Datenkontrollmodells.

In mehreren Entwicklungsschritten wird das Strakmodell, als Speicher der Informationen über die Sichtflächen des Produktes, immer weiter vervollständigt. Innerhalb dieses Prozesses steht zu Anfang die Zusammenarbeit mit Design und Auslegung im Vordergrund, während ganz am Ende letzte Rückmeldungen der Werkzeugkonstruktion in das Strakmodell eingearbeitet werden.

Kleine Rücksprünge in frühere Prozessphasen sind üblich und im Reifeprozess unvermeidlich. Durch die frühe Einbindung von Strak werden jedoch problematische Themen, wie Toleranzen, Montage- oder Werkzeugkonzept schon frühzeitig mit den zuständigen Fachabteilungen diskutiert und zielorientiert bearbeitet, so dass sicher von einer Verkürzung des Entwicklungsprozesses und einer Verringerung von großen Entwicklungsrücksprüngen ausgegangen werden kann.

Das Strakmodell am Ende jedes Entwicklungsschritts stellt den zwischen den beteiligten Fachabteilungen abgestimmten und freigegebenen Entwicklungsstand der Sichtflächen des Produktes dar und ist wesentliche Grundlage für physische Modelle, Präsentationen und damit auch für Freigaben und Entscheidungen zum weiteren Vorgehen durch die Geschäftsleitung.

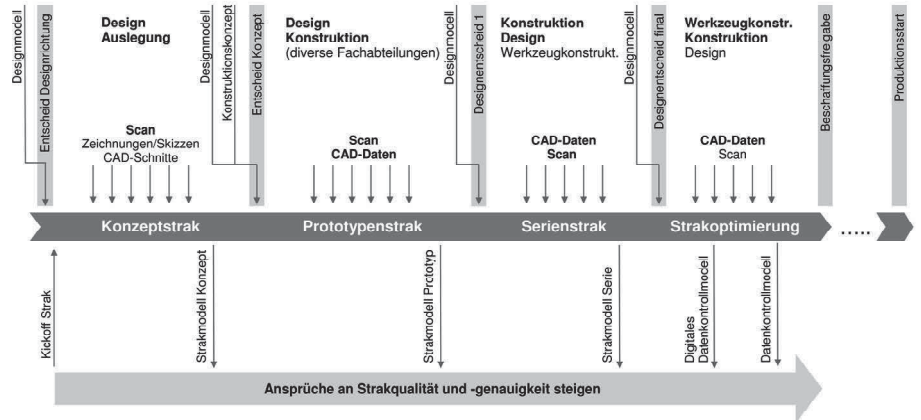


Abbildung 1: Exemplarischer Strakprozess für eine Neuentwicklung in der Automobilindustrie

Die Prozessberatung Strak bei Miele

Die Erwartung von Miele an Strak ist gekennzeichnet durch zwei Aspekte, nämlich

- *die Verbesserung der Qualität des Entwicklungsprozess, also größere Transparenz, verbesserte Effizienz und geringere Anzahl von Optimierungsschleifen und*
- *die Verbesserung der formalen Qualität des Endprodukts auch für eher regelgeometrisch beschriebene Produkte.*

Damit wird von Strak eine Wirksamkeit im Sinne der Kernwerte von *"Miele – Immer besser"* erwartet.

Der Beweis der Wirksamkeit wurde bereits mit den aktuellen Baureihen Waschmaschine/Wäschetrockner für die Zielrichtung der formalen Qualität erbracht.

Im Rahmen einer Strakkoordination für ein weiteres Waschtechnikprojekt (2014/15) konnten auch die prozessualen Vorteile von Strak veranschaulicht werden.



Abbildung 2: W1 Waschmaschine und T1 Wärmepumpentrockner der aktuellen Baureihe

Als eine besondere Herausforderung bei der Definition eines allgemeingültigen Strakprozesses für Miele haben sich die Heterogenität der Produktgruppen und die Heterogenität der Organisationsform in der Zusammenarbeit zwischen Design und Konstruktion herausgestellt.

Im Themenbezug ist eine Differenzierung der Produktgruppen sinnvoll in Bezug auf:

- die Definition der Gestalt durch Freiformflächen versus durch überwiegend Regelgeometrie
- Produktserien (Küchengeräteserien) versus solitäre Produkte (Staubsauger)
- die Wirksamkeit von Design mit sehr hohem Anspruch (Küchengeräte) versus eher geringer Endkundenpräsenz (Großsterilisator)

Eine organisatorische Differenzierung zeigt sich unter anderem in der Zusammenarbeit zwischen Design und Konstruktion (und den Produktionswerken):

- Design und Konstruktion im selben Büro
- Design und Konstruktion räumlich getrennt am selben Standort
- Design und Konstruktion an unterschiedlichen Standorten
- Design und Konstruktion an unterschiedlichen Standorten und Konstruktion extern

Die Vorgehensweise und einige Ergebnisse sollen hier vorgestellt werden.

Methodik und Abfolge

Vorstellung des Themas Strak und des Beratungsprojekts im Managementbereich von Konstruktion und Design.

Das Thema Strak allgemein, sowie die Ziele und die Planung des Beratungsprojektes wurden im Rahmen von Präsentationen vor dem unteren und mittleren Management von Design und Konstruktion vorgestellt. Darüber hinaus wurden die Treffen mit den Vertretern der verschiedenen Produktgruppen genutzt, um Empfehlungen zu aussagekräftigen Interviewpartnern aus Konstruktion und Design zu erfragen.

Erarbeitung Leitfadeninterview und Erprobung des Leitfadens

Das Ziel des Leitfadeninterviews ist die Informationssammlung über den Status Quo in der Zusammenarbeit zwischen Design und Konstruktion bei Sichtflächen. Im Leitfaden wurden vorab Schwerpunkte definiert, die in jedem Interview erfragt werden. Dies waren zum Beispiel:

- Untersuchung der Intensität der Zusammenarbeit zwischen Design und Konstruktion über den Entwicklungszeitraum
- Datenqualität und Häufigkeit des Datenaustauschs zwischen Design und Konstruktion über den Entwicklungsverlauf
- Anzahl und Zuständigkeiten der beteiligten Personen

- Änderungsintensität
- allgemeine Einschätzungen der Qualität der Zusammenarbeit etc.

Entsprechend dem offenen Charakter der Methodik wurde Freiraum für Erweiterungen vorgesehen und offene Themen formuliert.

Der Interviewleitfaden und die Durchführung der Interviews wurden mit je einem Mitarbeiter von Konstruktion und Design erprobt und im Ergebnis ergänzt und optimiert.

Durchführung der Interviews

Insgesamt wurden 15 Gespräche über je 1,5 Stunden mit mehr als zwanzig Mitarbeitern aus acht Produktgruppen durchgeführt.

Aufbereitung der Befragungsergebnisse, inhaltliche Verdichtung

Die Befragungsergebnisse wurden in einer Tabelle aufgelistet und einer Bewertung unterzogen. Hauptschwerpunkte der Auswertung waren die organisatorischen Gegebenheiten über die Werke und Produktgruppen und die erwarteten Auswirkungen von Strak in Hinblick auf die formale Qualität. Die Verdichtung führte zu den folgenden Kriterien und deren spezifischer Ausprägung.

- Teamgröße Konstruktion
- Aufgabenverteilung Konstruktion
- Aufgabenverteilung im Design
- Produkt- bzw. werksübergreifende formal-ästhetische Merkmale
- Örtliche Nähe Konstruktion und Design
- Interaktionsintensität
- Dominanz einer Fachabteilung
- Relevanz der formal-ästhetischen Qualität des Produkts
- Freiformflächenrelevanz der Produktgruppe

Ausarbeitung eines modularen Strakkonzepts für Miele

Die Heterogenität der Mieleprodukte sowohl in Hinsicht auf Produkt, als auch Organisation lassen einen modularen Ansatz angebracht erscheinen. Ziel ist der angemessene Einsatz von Strak. Die Fähigkeiten von Strak wurden dafür auf zwei Potentiale verdichtet:

Zum einen die Sensibilität für zu strakende Problemstellen und die Erfahrung, sie zu kommunizieren und mit den Fachabteilungen zu koordinieren.

Das zweite Potential bezieht sich darauf, Flächen und Geometrie in Perfektion zu beherrschen und mittels spezieller CAD-Tools diese Geometrie auch darzustellen.

Diese Potentiale können auf zwei Achsen relativ unabhängig voneinander abgebildet werden.

Achse 1: Koordinativer Anteil von Strak

Pol 1 – Strakberatung: Strakberatung ist die inhaltlich kleinste Ausprägung mit den geringsten Wechselwirkungen mit bestehenden Prozessen. Strak agiert als unabhängiger, besonders sensibler Berater und analysiert den Entwurfsstand zu definierten Meilensteinen.

Pol 2 – Strakkoordination: Die Strakkoordination ist besonders geeignet, die Entwicklung von Produkten mit produkt- und/oder werksübergreifenden ästhetischen Merkmalen. Zusätzlich ist ein Einsatz von Strakkoordination sinnvoll, wenn viele Personen und deren Zielkonflikte involviert sind.

Achse 2: Handwerklicher Anteil von Strak

Pol 1 – Flächenerstellung durch Strak: Die Erstellung der Sichtflächen durch Strak ist besonders geeignet, die Entwicklung von Produkten mit einem hohen Freiformflächenanteil zu ermöglichen oder kann auch bei relevanten Teilbereichen eingesetzt werden.

Pol 2 – Flächenerstellung durch Konstruktion: Die Erstellung der Sichtflächen durch die Konstruktion ist besonders geeignet, wenn keine Freiformflächen verwendet werden und wenn die Erscheinung des Produkts nur eine eingeschränkte Bedeutung hat.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen es zu, die Produktgruppen innerhalb der oben beschriebenen Pole zu positionieren. Dazu werden die für jedes Kriterium verdichteten Befragungsergebnisse gewichtet und führen in Summe zur Position im Diagramm.

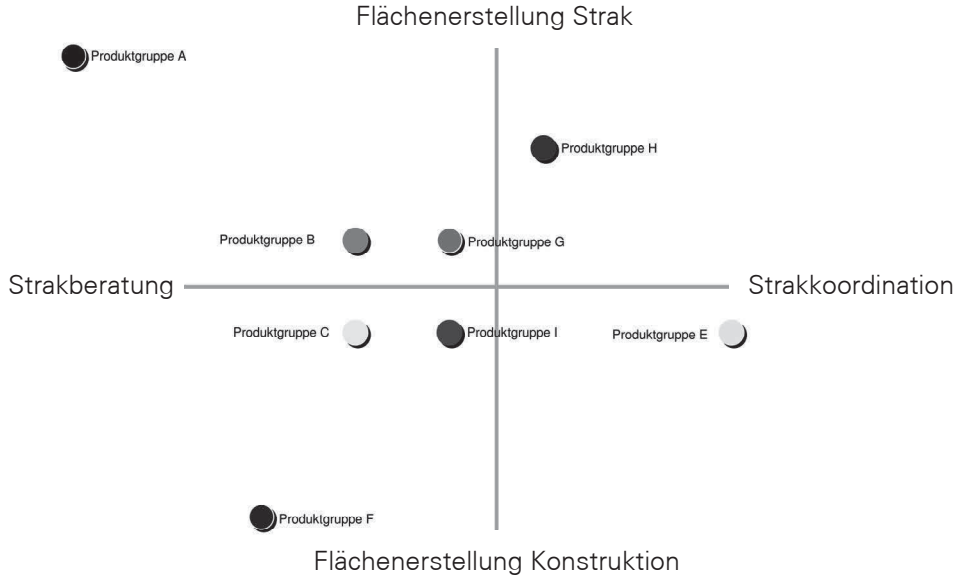


Abbildung 3: Beispielhafte Einordnung von Produktgruppen im Polardiagramm

Damit wird erstens eine Einschätzung in Bezug auf Strak-Potentiale bei bestehenden Produkten und den zugeordneten Organisationseinheiten möglich. Zweitens wird dem jeweiligen Projektleiter eine Hilfestellung zur Abschätzung der Relevanz von Strak für sein Projekt gegeben.

Alle darüber hinausgehenden Ergebnisse, zum Beispiel über die Verortung von Strak innerhalb der Miele Produktentwicklungsprozeduren oder angemessene Organisationsstrukturen, sollen hier ausgeklammert werden.

Die Beteiligten

Über das Unternehmen: Miele ist der weltweit führende Anbieter von Premium-Hausgeräten für die Produktbereiche Kochen, Backen, Dampfgaren, Kühlen/Gefrieren, Kaffeezubereitung, Geschirrspülen, Wäsche- sowie Bodenpflege. Hinzu kommen Geschirrspüler, Waschmaschinen und Wäschetrockner für den gewerblichen Einsatz sowie Reinigungs-, Desinfektions- und Sterilisationsgeräte für medizinische Einrichtungen und Laboratorien („Miele Professional“).

Das 1899 gegründete Unternehmen unterhält acht Produktionsstandorte in Deutschland sowie je ein Werk in Österreich, Tschechien, China und Rumänien. Der Umsatz betrug im Geschäftsjahr 2014/15 rund 3,5 Milliarden Euro,

wovon etwa 70 Prozent außerhalb Deutschlands erzielt werden. In fast 100 Ländern ist Miele mit eigenen Vertriebsgesellschaften oder über Importeure vertreten. Weltweit beschäftigt das in vierter Generation familiengeführte Unternehmen 17.740 Menschen, 10.350 davon in Deutschland. Der Hauptsitz des Unternehmens ist Gütersloh in Westfalen.

Matthias Knoke (Leiter Virtuelle Produktentwicklung) ist bei Miele für die Themen Produktvisualisierung, PLM, CAx – Anwendungen, Systems-Engineering und auch für das Thema Strak verantwortlich.

Die Designsurf GmbH ist hochqualifizierter Partner für Strak in den Bereichen Automobilindustrie, Haushaltstechnik und Schiffbau. Seit 2010 ist Designsurf für Miele im Bereich Strak, zuerst für Waschmaschinen/Wäschetrockner und später auch für Herde, Staubsauger, Geschirrspüler und Kaffeemaschinen tätig. Darüber hinaus greifen so namhafte Firmen wie Volkswagen AG, Blohm + Voss und andere auf diese spezifischen Fähigkeiten zurück. Die Designsurf GmbH hat 17 Strakmitarbeiter.

Norbert Hentsch (Diplomingenieur und Designer) koordiniert unter anderem die Aktivitäten der Designsurf GmbH für alle nicht automobilen Bereiche und hat die Prozessberatung "Strak für Miele" im Jahr 2014 geplant und durchgeführt.

Literaturverzeichnis

Schol, O. 2009: Der neue Audi Q5 in ATZ, 130

K-Magazin 2012: Mittler zwischen Design und Technik – Interview mit Arne Leetz;

Strakleitung VW; <http://www.k-magazin.de/index.cfm?pid=1465&pk=126173&p=1>;
17.03.2016

Kontakt

Dipl.-Ing. Matthias Knoke
Miele & Cie. KG
Carl-Miele-Straße 29
33325 Gütersloh
matthias.knoke@miele.de
www.miele.de

Dipl.-Ing. und Designer Norbert Hentsch
Designsurf GmbH
Packhofpassage 3
38100 Braunschweig
hentsch@designsurf.de
www.designsurf.de

Feasibility Design – „Designqualität in Serie bringen“

Knut Lender

Intro

München: Auf dem Messegelände findet eine Audi Management Konferenz (MMK) in statt. Das Audi Journal berichtet zum ersten Mal von der MMK. Der Aufbruch: Rupert Stadler – der Vorstandsvorsitzende der AUDI AG – zeichnet in seiner Rede ein Bild über den Weg in die Zukunft. Die Themenschwerpunkte: *digital, global, ultra, premium* – was steckt dahinter? (AUDI AG 2014)



Abbildung 1: Audi Journal "spezial": Audi Management Konferenz / Quelle: AUDI AG

Premium-Automobile = Audi-Premium-Design

Eines der erklärten Unternehmensziele der AUDI AG ist es, Premium-Automobile zu entwickeln. Dieser Premiumanspruch bezieht sich inhaltlich auf ein ganzes Spektrum, auf ein Portfolio - an Qualitäten, Inhalten und Eigenschaften des Produktes.

Verschiedene Hersteller hochwertiger Automobile setzen ihre Schwerpunkte bezüglich der Frage, was ein Premium-Automobil ausmacht, durchaus unterschiedlich. Zum Beispiel fokussiert Volvo traditionell auf das Thema Fahrzeugsicherheit. BMW hingegen definiert sich stark über die Themen Motor/Antrieb. („Freude am Fahren“).

Audi steht unter anderem für höchste Qualität, Progressivität („Vorsprung durch Technik“), Sportlichkeit, Leichtbau (ultra) und auch für ein herausragendes Design. Dieses Audi-Design begeistert Menschen weltweit.

Eine Besonderheit des Audi-Designs ist, dass es nicht bei guten Designideen „endet“, sondern Design und Technik am fertigen Produkt eine ideale Einheit bilden. Das Streben nach höchster formaler Qualität in der Idee und in ihrer Umsetzung - auch in den Details - erzeugt eine durch den Kunden direkt erlebbare Qualität, Wertigkeit wird sichtbar. Diese Qualitätsanmutung wird vom Kunden auch so wahrgenommen: So titelt die AutoBild zur 1. Kategorie der Leserumfrage 2016 „Qualität – Audi räumt ab“ – 8 von 14 Klassenbewertungen wurden durch Audi gewonnen. (AutoBild 2016)



Abbildung 2: AutoBild 2016 / Quelle:

<http://www.autobild.de/artikel/die-besten-marken-aller-klassen-8787603.html>

Um dies zu ermöglichen, muss es im Design eine auf die Serienumsetzung spezialisierte Fachmannschaft mit dem entsprechenden Knowhow geben und es müssen organisatorisch im Produktentwicklungsplan die entsprechend Entwicklungsabläufe verankert sein.

So ist es denn auch eine Besonderheit des Audi-Entwicklungsprozesses, dass das Design nicht nur in der eigentlichen Designphase tätig ist, sondern auch die Serienumsetzung aktiv begleitet. Dieser Umsetzungsprozess ist Schwerpunkt der Arbeit des Design-Feasibilityteams.

Die Entwicklung einer Designidee bis hin zum erlebten Design am Serienfahrzeug unter Berücksichtigung aller technischen Ansprüche ist ein sehr komplexer und facettenreicher Prozess. Der Beginn jedes Fahrzeugentwurfes ist von der Erstellung vieler Sketches und händischer Photoshop-Renderings geprägt, welche die Designideen transportieren sollen. Während des Design-Entwurfprozesses werden unzählige Iterationen zwischen den 2D-Sketches, CAD-Oberflächenmodellen und physischen Modellen durchlaufen. In dieser Phase werden als physische Modelle sogenannte Clay-Modelle benutzt. Clay ist ein Kunst-Ton, der sich sehr gut modellieren lässt. Oft werden CAD-Entwurfsdaten in die Clay-Modelliermasse gefräst und anschließend händisch nachmodelliert, oder es wird am Modell nach Skizzen oder Tapes frei modelliert. In jedem Falle erlauben die Clay-Modelle durch ihre einfache Bearbeitbarkeit eine schnelle und unkomplizierte Formfindung im Modell. Zumeist werden mehrere Designkonzepte parallel dargestellt und oft Varianten in Links-Rechts-Darstellungen aufgebaut und zur Entscheidung gestellt. Seitens des Studioingenieurs werden in dieser Phase immer wieder technische Konzepte und Dimensionierungen in den Entwurfprozess des Fahrzeuges einbezogen, anderen Fachabteilungen zurückgespiegelt und überarbeitet.

Designentscheid (DE) – Strak im Zentrum des SE-Prozesses

In der konvergenten Designphase verdichtet sich der Designprozess von mehreren hin zu einem Entwurf, welcher in der weiteren Serienentwicklung umgesetzt werden soll. Wurde bis zum Meilenstein Designentscheid (DE) der Konzept- und Designprozess mit einem Strakmodell begleitet, steht fortan die Strakentwicklung im Mittelpunkt des SE-Prozesses (Simultaneous Engineering) und ist der zentrale Punkt der folgenden Oberflächenentwicklung. Alle technischen Bereiche wie z.B. die Ergonomie, die Aerodynamik, die Karosserieentwicklung, die Fahrzeugsicherheit, oder auch die Qualitätssicherung berichten zu den einzelnen Strakständen – Design und Technik fließen in diesem zentralen CAD-Modell immer mehr zusammen.

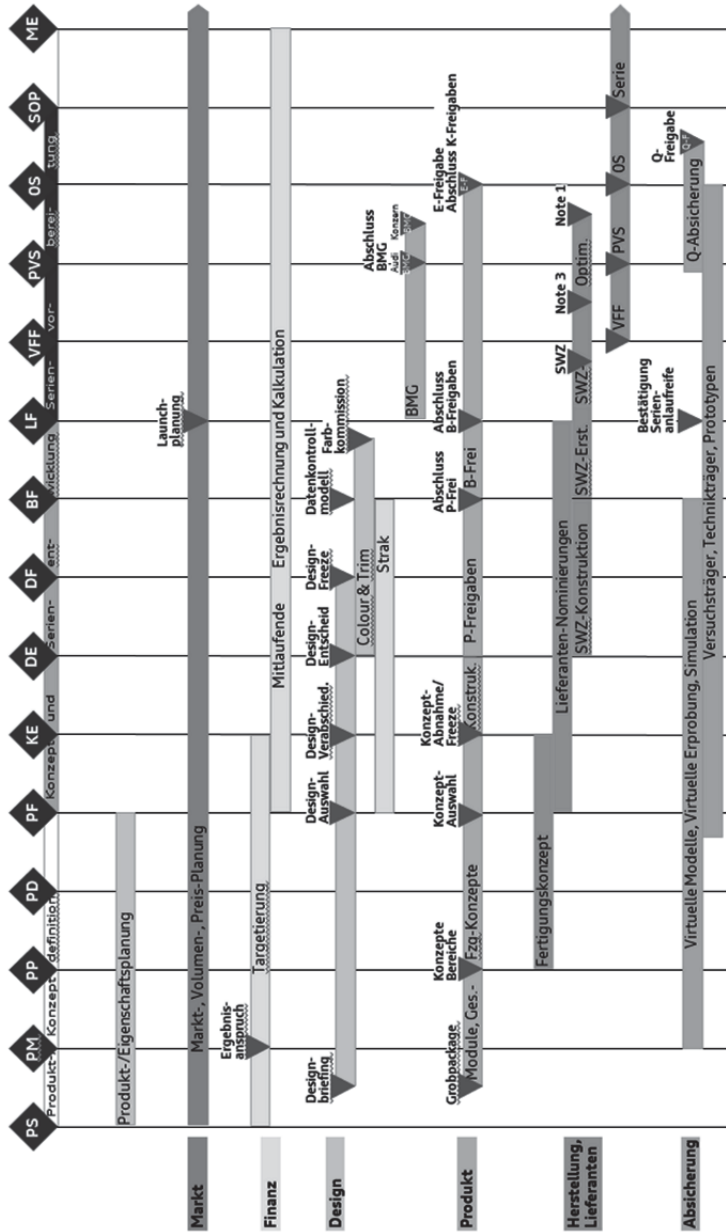


Abbildung 3: Regelablauf zum Produktentstehungsprozess (schematisch) / Quelle: AUDI AG

Bereits in dieser frühen Phase der Produktentwicklung werden alle Sichtoberflächen gezielt entwickelt und definiert, da sie am späteren Produkt die Schnittstelle zum Betrachter / Kunden sind.

Diese kundenrelevanten Sichtoberflächen sind zumeist hochkomplexe Freiformgeometrien. Als sogenannte Class-A-Oberflächen weisen sie sowohl einen technischen, als auch einen formal-ästhetischen Anspruch auf.

Im Strakprozess werden – sukzessive und in die Tiefe gehend - alle technischen Randbedingungen (beinhaltet sind auch gesetzliche Vorschriften und ökonomische Aspekte) mit den formgestalterischen Zielen in Einklang gebracht. Die Projekte werden in einem iterativen Prozess mit ständigen Wechseln zwischen virtuellen und physischen Arbeitsumgebungen und –modellen gezielt bearbeitet.

Erst mit dem Datenkontrollmodell (DKM) endet der Strakprozess und die Oberfläche ist nun ästhetisch und funktional definiert – genau so (bis ins kleinste Detail) soll das neue Fahrzeug Kunden begeistern. Der finale Oberflächenstrak ist sozusagen das „Urmeter“ des Erscheinungsbildes (des Designs) für alle kundenrelevanten Sichtflächen in Exterieur, Interieur, sowie den Grauzonen. Diese Oberflächen werden von den Vorständen abgenommen und sind für die gesamte weitere Entwicklung verbindlich.

Feasibilitydesign – „Designqualität in Serie bringen“

In der Verknüpfung des Designs mit allen technischen Erfordernissen wird sich dieses geometrisch verändern – die Designidee soll aber in der Serienumsetzung möglichst unverfälscht transportiert werden. Diese Aufgabe ist ein primäres Ziel der auf die *Design-Serienumsetzung* spezialisierten *Feasibility-Designer*. Neben der unverfälschten Umsetzung der ursprünglichen Designidee ist ein *weiteres Hauptziel* der *Feasibilityarbeit* *formale Fehler auszuschließen*.

Die Mitarbeiter des Teams Feasibility-Design sind fachlich oft „Quereinsteiger“, die Berufserfahrungen der Fachrichtungen Strak, Werkzeugbau und/oder Modellbau mit ihren gestalterischen Kenntnissen/Fähigkeiten vereinen können. Durch eine oft langjährige Erfahrung haben sie das Auge und Gefühl für kleinste Fehler, ein hohes formalästhetisches Designempfinden und den nötigen technischen Hintergrund, um nicht nur Flächen- und Formfehler zu lokalisieren, sondern immer auch Verbesserungsvorschläge unterbreiten zu können und konkrete Lösungen zu erarbeiten.

Feasibilitydesign konkret

Wie sieht die tägliche Feasibilityarbeit konkret aus? In einem Vortrag zur Entwicklung des neuen A8 auf dem Konzernfeasibilitytreffen 2015 wurde ein komplexes Beispiel für die beratende Tätigkeit der Feasibilitydesigner im Stadium des Entwurfsdesigns gezeigt. (Lender, K. 2015)

In der vorliegenden Veröffentlichung soll nun mit einem Beispiel auf das zweite große Aufgabenfeld des Feasibilityteams, die formale Fehlerfreiheit, Bezug genommen werden. Das gewählte Beispiel ist in der späten DKM-Phase angesiedelt.

In den DKM-Phasen werden Strak-Komplettstände zu den festgelegten DKM-Meilensteinen archiviert. In den aufeinander aufbauenden Schleifen ist neben den Unternehmens-Entscheidungsprozessen auch ein kontinuierlicher formaler Verbesserungsprozess möglich. Weil die Fahrzeugentwicklung zu diesem späten Zeitpunkt im Entwicklungsprozess schon sehr genau definiert ist, handelt es sich oft um „formalen Feinschliff“ – z.B. Details, Bauteiltrennungen oder Schindelungen. Von den Strak-Abgabestände zu den Meilensteinen werden sehr hochwertige Hartmodelle angefertigt. Diese Modelle sind im Exterieur als Durchsichtsmodelle („see-through-Modelle“) mit eingesetzten Scheiben und angedeutetem Interieur ausgeführt und weisen eine sehr hohe Genauigkeit und Qualität auf. Alle Oberflächen werden entsprechend der später am Serienfahrzeug verwendeten Materialien dargestellt (Lack, Chrom, Kunststoff, etc.) und sind mit Rädern aus dem künftigen Felgenprogramm ausgestattet. Diese DKM-Modelle kommen in ihrer optischen Anmutung dem späteren Serienfahrzeug sehr nahe.

Die Strakerstellung wird permanent vom Feasibilitydesign begleitet. Mit der Datenabgabe der Strak-CAD-Komplettstände zu den DKM-Meilensteinen wird sofort mit einer Bewertung der Daten in virtuellen Arbeitsumgebungen begonnen. So wird die Zeit, die für die Erstellung der physischen DKM-Modelle nötig ist, bereits intensiv genutzt. Abbildung 4 zeigt einen entsprechenden Feasibility-Arbeitspunkt.

Die vor der Präsentation des physischen Modells *sicher lokalisierten Arbeitspunkte* können so bereits bis zum Präsentationstermin bearbeitet werden und im Termin parallel zum physischen Modell (als bereits „abgearbeitet“) virtuell gezeigt werden.

Ist das physische DKM-Modell erstellt, beginnt unmittelbar die Arbeit am Modell. Aufeinanderfolgende Terminserien der unterschiedlichen Fachbereiche und Hierarchieebenen finden an diesen Modellen statt – die Fahrzeug-Neuentwicklung wird hier am greifbarsten.

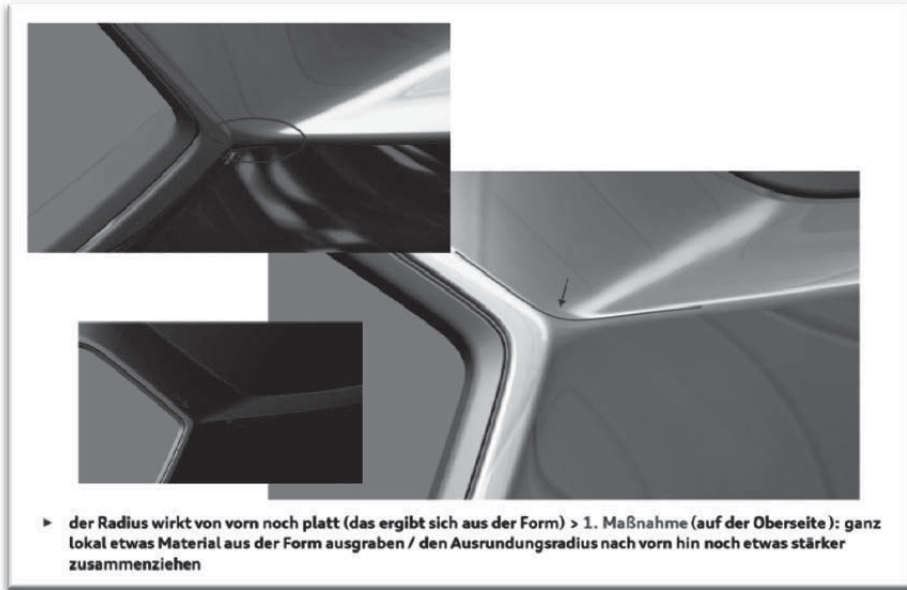


Abbildung 4: Feasibility-Arbeitsblatt eines Arbeitspunktes / Quelle: AUDI AG

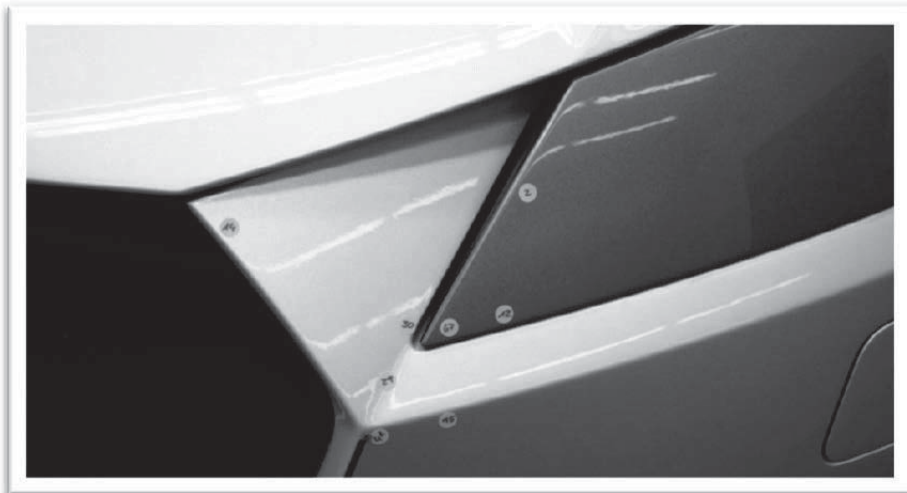


Abbildung 5: Feasibility-Arbeitspunkte an einem physischen Modell / Quelle: AUDI AG

Auch das Feasibilitydesign nutzt den kurzen Zeitraum zwischen Fertigstellung und Präsentation des Modells sehr intensiv: Seitens der Feasibilitydesigner wird das Modell sehr genau in Augenschein genommen und auch hier werden Arbeitspunkte gemeinsam mit dem Strak definiert, die mit den zuvor virtuell gefundenen Themen abgeglichen werden.

Abbildung 5 zeigt Feasibility-Arbeitspunkte an einem physischen Modell.

Die Feasibilitybewertungen werden ausführlich dokumentiert: So ist eine bildliche Darstellung des Arbeitspunktes, die das Problem deutlich sichtbar macht, unabdingbar. Jeder Arbeitspunkt wird einzeln auf einem Arbeitsblatt dargestellt. Zu jedem Punkt beschreibt ein Text das Kritisierte und ein zweiter Text zeigt den Weg zur Lösung auf. Dies ist wichtig, da es oft verschiedene Lösungsansätze gibt und mit der Erfahrung des Feasibilitydesigners hier ein Weg aufgezeigt wird, um zielgerichtet und effektiv die beste Lösung zu finden. Schließlich werden die Punkte für die Abarbeitung – und auch für das Tracking – eindeutig nummeriert.

Ein Forschungsthema entsteht

Ganz bewusst wurde hier davon gesprochen, dass nur „die bereits vor der Präsentation des physischen Modells *sicher* lokalisierten Arbeitspunkte“ bis zur Fertigstellung und Bewertung des physischen Modells bearbeitet werden können. Das physische DKM-Modell ist im Gegensatz zu den visualisierten Daten des identischen Datenstandes bezüglich der Feasibilityarbeitspunkte das primäre Modell, weil es als detailliertes 1:1 Durchsichtsmo- dell mit den exakt dargestellten Materialoberflächen dem späteren Serienfahrzeug in seiner Erscheinung/Wirkung sehr nahe kommt. Deswegen entfallen auch immer wieder Arbeitspunkte, die zwar in der virtuellen Darstellung gefunden wurden, aber am physischen Modell nicht nachvollziehbar sind. Erfahrungsgemäß gab es anhand des physischen Modells immer aber auch neue Arbeitspunkte, die zuvor nicht in der virtuellen Entwicklungsumgebung gefunden wurden. Diese neuen Punkte ließen sich, wenn sie vom physischen Modell her bekannt waren, zum Teil in den CAD-Daten nachvollziehen. Es gab aber auch Themen, die am identischen Datenstand in der virtuellen Arbeitsumgebung nicht nachvollziehbar waren/sind. Für diese Punkte kann ein Lösungsansatz nur am physischen Modell erarbeitet werden, um dann z.B. über einen Scan in CAD zurückgeführt zu werden.

Der beschriebene Arbeitsprozess wurde Projekt für Projekt immer wieder als „Einbahnstraße“ in der Bewertung des gleichen Arbeitsstandes, zunächst virtuell und anschließend physisch, durchlaufen. In jeder dieser vielen Iterationsschleifen gab es eine „Unschärfe“ in der Bewertung. Es zeigte sich, dass selbst die langjährige Erfahrung vieler Mitarbeiter in der Arbeit mit

CAD-Modellen und mit physischen Modellen das Problem nicht vollständig kompensieren konnte.

Im täglichen Arbeitsprozess und ohne wissenschaftliche Hilfe erschien es unmöglich die Problematik grundlegend zu analysieren. Aus diesem Grund kam es im Frühjahr 2013 zu einer Forschungsk Kooperation des Audi-Feasibility-Teams mit dem Lehrstuhl Technisches Design an der TU Dresden. Wenig später (Januar 2014) unterzeichneten die TU Dresden und die AUDI AG einen umfassenden Zusammenarbeitsvertrag INI.TUD. (TU Dresden / AUDI AG 2014: INI.TUD)

Das so entstandene Forschungsthema zielt darauf ab, die Unschärfe in der Bewertung zu verkleinern, mehr Sicherheit in dieser Bearbeitungsphase zu erlangen und somit den Feasibilityprozess zu optimieren. Anfangs sollten im Rahmen einer Voruntersuchung ausschließlich die offensichtlichen Unterschiede in der Bewertung der Modellstände in virtuellen und physischen Arbeitsumgebungen im Fokus stehen.

Es konnte auf umfangreiches Untersuchungsmaterial zurückgegriffen werden. Dieses Material beinhaltet die Feasibilitybewertungen der Strakstände in einer virtuellen Arbeitsumgebung und die Bewertung des jeweils gleichen Entwicklungsstandes anhand der physischen Modelle.

Exemplarisch ist ein Projekt, welches in beiden Bewertungen rund 100 Arbeitspunkte beinhaltete. Während ca. 30 der in der virtuellen Arbeitsumgebung identifizierten Arbeitspunkte am physischen Modell nicht mehr auftraten, kamen ca. 30 Arbeitspunkte bei der Modellbewertung neu hinzu. Offensichtlich lag also eine Diskrepanz in der Beurteilung zwischen der virtuellen und der physischen Arbeitsumgebung vor.

Im Rahmen einer Diplomarbeit (Völkel und Marvin 2014) wurde ein Teil der Audi-Projekte des Fahrzeugexterieurs der Jahre 2010-2014 analysiert.

Das Vorhandensein eines so reichhaltigen Untersuchungsmaterials im Designbereich mit der lückenlosen Dokumentation der Feasibilityarbeit in diesen Projekten stellt einen großen „Glücksfall“ dar, weil gerade die kreative Design-Arbeit oft nicht dokumentiert wird. Für die ausgewählten Projekte lagen einerseits die sich auf die virtuellen Abgabestände beziehenden Feasibilitybewertungen mit der kompletten Dokumentation der Arbeitspunkte in Wort und Bild und andererseits die Protokolle der Präsentationen der physischen Modelle zu den identischen Modellständen vor. Zusätzlich konnten die Arbeitspunkte bei Bedarf anhand der archivierten CAD-Daten und auch oft anhand der Fotodokumentationen der physischen Modellstände nachvollzogen werden.

Die Ergebnisse dieser *Voruntersuchung* bestätigten die schon im Vorfeld vermuteten Aspekte, die in den unterschiedlichen Modelleigenschaften – virtuell vs. physisch – begründet sind. Es konnten diesbezüglich erste Lösungsansätze aufgezeigt werden.

Die technologische Entwicklung der Virtuellen Realität in den letzten Jahren und der Einsatz dieser Technologie im Automobilbau ist dabei eine Perspektive, den Anforderungen der Design- und Strakphase gerecht zu werden.

Es zeigte sich inhaltlich anhand der Arbeitspunkte aber auch, dass diese oft komplexere Ursachen haben und nicht nur in der bereits untersuchten Thematik begründet sind. Oft können die Arbeitspunkte Problemen im Entwicklungsprozess, dem Faktor Mensch (Kommunikation), der Class-A-Thematik als solches und weiteren Aspekten zugeordnet werden.

In einer weiterführenden Untersuchung (*Hauptuntersuchung*), die neben der inhaltlichen Erweiterung der Voruntersuchung auch eine Erweiterung auf aktuelle Projekte beinhaltete, konnten entsprechende Problemkreise lokalisiert und zugeordnet werden.

Für eine Weiterbearbeitung aus dem Designbereich heraus erwies sich der Problemkreis, der mit hochkomplexen Freiformen und Class-A-Oberflächen – ihrer Bewertung und ihrer Gestaltung – verbunden ist, als besonders interessant.

Die einzige Konstante ist die Veränderung!

Der Mitbewerber-Druck zwischen den Automobilherstellern im Premiumsegment steigt immer weiter. Will Audi auch weiterhin dem eigenen Qualitätsanspruch gerecht werden und im Wettbewerb zwischen den Premiummarken bestehen, muss sich der Konzern immer wieder neu definieren. Der Technischen Entwicklung als Denkfabrik innerhalb der AUDI AG kommt dabei natürlich eine besondere Rolle zu. Neben dem eigentlichen Produkt werden in der Technischen Entwicklung der AUDI AG deshalb auch die Prozessabläufe immer wieder hinterfragt und optimiert: Progressive Fahrzeuge müssen progressiv entwickelt werden. Auch im Designbereich und allen damit verbundenen Fachbereichen beschreitet man permanent neue Wege.

Erklärtes Ziel in der Bearbeitung künftiger Designprojekte ist es, früher im Design-Prozess eine hohe Designreife zu erlangen. Eine frühe hohe Designreife bedeutet für die gesamte weitere Entwicklung deutlich mehr Prozesssicherheit. Dies kann nur über eine höhere Verzahnung und ein „Frontloading“ der einzelnen Tätigkeitsfelder in der Designentwicklung erreicht

werden und führt zu anderen Arbeitsweisen/Erfordernissen und einer Neuorganisation im Prozess.

Eine neue Aufgabe für das Feasibilityteam ist es, seine Erfahrung in der Serienumsetzung von Designideen schon in die Beratung des Entwurfsdesigns in der frühen kreativen Phase mit einzubringen. Diese Beratung sollte natürlich so erfolgen, dass sie keine Ideen einschränkt, sondern sie ermöglicht. Vorteilhaft an diesem Vorgehen ist auch, dass der Feasibilitydesigner „seine“ Projekte schon begleitet bevor er sie nach DF übernimmt.

Um eine frühere formale Reife zu erlangen wurde der intensive Schleifenprozess, welcher eine formale Fehlerfreiheit zum Ziel hatte und zuvor hauptsächlich in der DKM-Phase stattfand, nach vorn verlagert. Ein neu angelegter FKM-Prozess (Flächenkontrollmodell) ermöglicht mit mehreren Schleifen eine frühere formale Reife. Hier ist aktuell und zukünftig das Hauptfeld der Feasibilityarbeit und auch der Schwerpunkt der Strakerstellung zu sehen. Zum Einsatz kommen zumeist halbseitige 1:1 Komplettfräsungen. Als zweckmäßig erwies sich bislang der Aufbau der Modelle als Hartmodelle ohne Anbauteile. So sind die Erstellzeiten kurz und die Modellerstellung kostengünstig. Fugen und Flächenverläufe können sehr gut beurteilt werden. Details oder Alternativen werden über zusätzliche Bereichs- oder Abschnittsmodelle abgesichert.

Dank dieser neuen Vorgehensweise konnten aktuell die Projekte zu einer deutlich früheren formalen Reife und damit auch Gesamtreife und -stabilität geführt werden.

Dieser neue Prozess ist zugleich aber auch viel intensiver und eine Herausforderung an die beteiligten Entwickler: In kürzester Zeit müssen die Feasibilitydesigner extrem schnell Bewertungen abgeben und zusammen mit den Strakonstrukteuren treffsichere Lösungen finden. Die ständigen Wechsel zwischen virtuellen und physischen Arbeitsumgebungen und -modellen in diesem sehr komprimierten iterativen Prozess ermöglichen einen enormen Zugewinn an formaler Reife, wenn das Potential in den Schleifen voll ausgeschöpft werden kann. Seitens der Feasibilitydesigns wird in den Bearbeitungsschleifen zu bestimmten Zeitpunkten das gesamte Team konzentriert in die Bearbeitung einbezogen, um die enormen Arbeitspeaks in kürzester Zeit zu bewältigen. Auch bezüglich des Straks muss zu den entsprechenden Zeitpunkten eine sehr hohe Kapazität eingesetzt werden, um alle bekannten Arbeitspunkte in die darauffolgende Modellschleife einbringen zu können.

Neue Ansätze im Feasibilitydesign: formale Referenzlösungen

Wie dargestellt fordert dieser neue und hocheffiziente Prozess auch neue Vorgehensweisen und Denkansätze.

Als Ergebnis der Hauptuntersuchung zum Feasibility-Forschungsthema wurde *„der Problemkreis, der mit hochkomplexen Freiformen und Class-A-Oberflächen - ihrer Bewertung und ihrer Gestaltung - verbunden ist, als besonders interessant für eine Weiterbearbeitung aus dem Designbereich heraus“* genannt.

Die aktuellen Entwicklungen bestätigen diesen Ansatz und auch die Dringlichkeit der Bearbeitung.

Designflächen sind initiale Geometrien – Wird es möglich sein, Lösungsvorschläge für Freiformflächengeometrien bereits im Vorfeld des eigentlichen Auftretens des Problems in einem Projekt zu erarbeiten? Audi-intern haben wir den Begriff *„formale Referenzlösungen“* als Überschrift gewählt. Die Zukunft wird zeigen, ob es uns gelingt, formale Probleme im Vorfeld exemplarisch lösen zu können.

Ausblick

Im Rahmen der Hauptuntersuchung konnten bei Audi entsprechende Problemkreise bereits lokalisiert und zugeordnet werden. Wiederum in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl Technisches Design der TU Dresden wird im Rahmen einer Diplomarbeit das Thema: *„Entwicklung formaler Referenzlösungen für den Design-Feasibility-Prozeß der Audi AG“* bearbeitet. (Apitz, Frank. 2016)

Folgende Inhalte sind geplant:

- Auswertung vorhandener CAD-Daten mit dem Fokus auf ausgewählte formale Aspekte
- Ergebnisdarstellung und darauf aufbauende erste Lösungsvorschläge (Skizzen)
- Erarbeitung von Vorschlägen für Referenzlösungen für drei formale Standard-Situationen (Auslauf von Key-Lines in konvexen und konkaven Grundflächen, T-Stoß von Key-Lines und „optimale“ Klappenfuge)
- Darstellung der Lösungsvorschläge in Form von CAD-Class-A-Flächenmodellen (Icem Surf) mit der Dokumentation ihres theoretischen Aufbaus

- Abgleich / Verbesserung der gefundenen Lösungen mit den Experten im Konzern (mit Designern von Audi / Porsche / VW sowie mit Hart-, Clay- und CAD-Modelleuren) / Dokumentation
- Erstellung begleitender physischer Modelle zu den Lösungsvorschlägen

Diese Diplomarbeit steht kurz vor ihrem erfolgreichen Abschluss. Die bereits sichtbaren Ergebnisse sind so vielversprechend, das eine weitere – das Thema fortführende – Diplomarbeit bei der Porsche AG unlängst startete.

Literaturverzeichnis

- AUDI AG 2014: Audi MediaServices: Audi Journal "spezial" zur Audi Management Konferenz.
Ingolstadt: AUDI AG, 2014
- AutoBild: Axel Springer Auto Verlag GmbH Hamburg, 2016
- Lender, K. 2015: Vortrag Konzernfeasibilityforum: „Feasibilityarbeit am Beispiel des neuen A8“. Ingolstadt: Audi AG, 2015
- TU Dresden / AUDI AG 2014: INI.TUD-Vertrag zur Wissenschaftskooperation. Ingolstadt: AUDI AG, 2014
- Völkel, Marvin. 2014: „Beurteilung von Class-A-Freifformflächen aus gestalterischer Sicht“. Diplomarbeit. Ingolstadt: AUDI AG, 2014
- Apitz, Frank. 2016: „Entwicklung formaler Referenzlösungen für den Design-Feasibility-Prozeß der Audi AG“. Unterlagen zur Diplomarbeit. Ingolstadt: AUDI AG, 2016

Kontakt

Dipl.-Ing. Knut Lender
AUDI AG
D-85045 Ingolstadt
knut.lender@audi.de
www.audi.com

Experimenteller Ansatz zu Effekten subjektiven Erlebens in VR-basierter Risikobeurteilung

Patrick Puschmann · Tina Horlitz · Volker Wittstock · Astrid Schütz

1 Einleitung – Virtual Reality-gestützte Engineering Methoden

Die Anreicherung von digitalen geometrischen Modellen von Maschinen mit nichtgeometrischen technischen Informationen in einer frühen Phase der Produktentwicklung ist Stand der Technik. Für Testzwecke werden virtuelle Modelle, sogenannte Digital Mock-ups, eingesetzt. Diese werden durch Kombination der geometrischen Darstellung mit bestimmten Funktionalitäten (z. B. Multiphysik-Simulationen) zu sogenannten Functional Digital Mock-ups (FDMU) zielgerichtet weiterentwickelt (Eigner et al. 2011). Auf Basis spezifischer Kriterien und quantitativer Analysen dienen diese Tests vor allem der Vermeidung von Fehlern beim späteren Produkt. Virtual Reality (VR) Modelle können auch als eine Art FDMU angesehen werden, wenn z. B. durch Verbesserung der Vorstellbarkeit ergonomisch relevante Größenverhältnisse besser eingeschätzt werden. Ein hoher Immersionsgrad, der in der Regel mit zunehmender Anzahl von Projektionsflächen steigt (Dörner et al. 2013), und die Darstellung des VR-Modells im Maßstab 1:1 tragen dazu entscheidend bei.

Eine Anwendungsmöglichkeit dieser Technologie sind u. a. gesetzlich vorgeschriebene Risikobeurteilungen (RB) (European Parliament & European Council 2006). Dieser iterative Prozess (Abb.1) zielt darauf ab, dass Maschinen grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllen. Auf eine Identifizierung und Einschätzung der Gefährdungen folgen dabei Maßnahmen der Risikominderung. Da spätere Risikoidentifizierungen mit hohen Kosten verbunden sind, empfiehlt sich eine prozessbegleitende RB mit Beginn in einer frühen Phase der Produktentwicklung. Harmonisierte Normen helfen dem Maschinenhersteller, die Anforderungen der Maschinenrichtlinie einzuhalten (European Parliament & European Council 2006). Subjektive Einschätzungen sind dabei wesentliches Problem der RB.

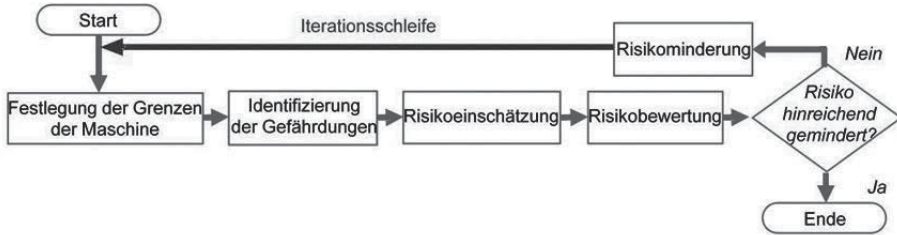


Abbildung 1: Prozessschritte der Risikobeurteilung und Risikominderung i.A., nach (ISO 12100 2010, Mössner 2011).

Unmittelbar nach der Veröffentlichung der neuen Maschinenrichtlinie (European Parliament & European Council 2006) wurden im IMMMA-Projekt VR-Modelle von Maschinen eingesetzt, um das CE-Kennzeichnungsverfahren und somit auch die Risikobeurteilung (Lange et al. 2009) zu unterstützen.

Ein anderes Beispiel aus dem Bereich Bauwesen (Nickel et al. 2015) zeigt, dass Visualisierungen besonders bei großen Objekten (z. B. Schiffsschleusen) hilfreich sind. Hervorzuheben ist dabei die Darstellung von Bauteilen und die Diskussion über die zweckgerichtete Detailgenauigkeit (Nickel et al. 2012).

Eine weitere Anwendung aus dem Bereich Qualitätssicherung, die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) (IEC 60812 2006). Die VR bietet hier den Vorteil mehr lebendige Eindrücke des Objekts bereitzustellen. Eine Software-Plattform für eine VR-basierte FMEA wird konzeptionell in Pürzel et al. (2013) beschrieben.

Die quantitative Analyse einer Maschine basiert hauptsächlich auf objektiven Messergebnissen. Im Gegensatz dazu stützt sich eine qualitative Beurteilung einer Maschine wie z. B. Sicherheitsfragen auf subjektive Einschätzungen. Das kann bedeuten, dass sich aufgrund von Unter- und Überbewertung bestimmter Kriterien Unterschiede ergeben können. Zur besseren Erkennung können virtuelle Modelle mit spezifischen visuellen Effekten oder Animationen angereichert werden. Diese Zweckgebundenheit geht in der Regel mit einer drastischen Reduzierung des Detaillierungsgrades und der Anzahl der dargestellten Komponenten einher. Doch nach welcher Regel oder Standardisierung geschieht das? Gibt es relevante Sicherheitsfunktionen, die eine Beziehung zu einer bestimmten unterdrückten oder gelöschten Komponente haben? Während eine spezielle Hervorhebung einer Komponente auf eine Geometrie oder Parameter hinweisen könnte, kann gleichzeitig dieselbe Hervorhebung die Aufmerksamkeit des Ingenieurs auf andere wichtige Details zentrieren. Ein Beispiel dazu berichten Bertoni et al. (2013), indem sie den Effekt eines integrierten Farbcodes für die Kostenvi-

sualisierung von Komponenten untersuchten. Aber auch zusätzliche Informationen wie der Energieverbrauch von Antriebskomponenten von Werkzeugmaschinen können unterschiedlich dargestellt werden (Pelliccia et al. 2016). Die Frage ist also, wie die Komponenten einer VR-Szene das subjektive Erleben des Ingenieurs beeinflussen.

Das Besondere am Erleben virtueller Realität ist das Zusammenwirken von Technologie und Mensch. In diesem Sinne unterscheiden Slater und Wilbur (1997) die Konzepte „Immersion“ und „Präsenzempfinden“. Sie definieren Immersion als eine objektive Eigenschaft des VR-Systems die beispielsweise durch den Umfang des angezeigten Blickfeldes oder die Displayauflösung entsteht. Präsenzempfinden wird als das subjektive Phänomen beschrieben, sich physisch gegenwärtig in der künstlichen virtuellen Umgebung zu empfinden.

Heeter (1992) unterscheidet drei Dimensionen des Präsenzempfindens: Personales Präsenzempfinden als Ausmaß, in dem sich jemand als tatsächlicher Teil der virtuellen Umgebung wahrnimmt. Soziales Präsenzempfinden – wie real andere – menschliche oder künstliche – Menschen wahrgenommen werden. Umgebungsbezogenes Präsenzempfinden – das Ausmaß, in dem die Umgebung durch physikalische Eindrücke oder Feedbackreaktionen real erscheint.

Präsenzempfinden wird sowohl von technikbezogene als auch von nutzerabhängigen Faktoren beeinflusst (IJsselsteijn & Riva 2003). Technikbezogene Faktoren wurden von zahlreichen Autoren kategorisiert, die sich jeweils ergänzen und teilweise entsprechen. Wittmer und Singer (1998) schlagen beispielsweise vier Faktoren vor: Kontrollfaktoren (Kontroll- und Einflussmöglichkeiten der Nutzer), sensorische Faktoren (Reichhaltigkeit und Konsistenz der visualisierten Informationen), ablenkende Faktoren und realitätsbezogene Faktoren (realistische Empfindung auf bildlicher und sozialer Ebene). Steuer (1992) klassifiziert in drei Kategorien: Die Lebendigkeit der Darstellung bezieht sich auf deren sensorische Reichhaltigkeit, Interaktivität beschreibt die Einflussmöglichkeiten auf Form und Inhalt der Darstellung während der Präsentation und Nutzereigenschaften sind die Basis für interindividuelle Unterschiede im subjektiven Erleben virtueller Realität. Diese nutzerabhängigen Einflussfaktoren variieren inter-individuell, beispielsweise Alter (Kober 2014), visuelle Fähigkeiten (Howard & Rogers 2002), kognitive (beispielsweise räumliche) Fähigkeiten (Alsina-Jurnet & Gutierrez-Maldonado 2010, Sacau et al. 2008) oder Erfahrungen im Umgang mit digitalen Medien oder Computerspielen (IJsselsteijn et al. 2000). Weitere Persönlichkeitseigenschaften haben Einfluss auf die Intensität des Präsenzempfindens: Absorptionsbereitschaft bzw. -fähigkeit (Murray et al 2007), Kontrollüber-

zeugung (Wallach et al. 2014) sowie Offenheit für neue Erfahrungen und Extraversion (Weibel et al. 2010). Dennoch sind die Befunde nicht widerspruchsfrei. Es ist anzunehmen, dass der Zusammenhang zwischen individuellen Faktoren und Präsenzepfinden auch von der VR-gestützten Aufgabe beeinflusst wird (Ling et al. 2013).

Belege für den Einfluss von Präsenzepfinden auf kognitive Leistungsfähigkeit konnten bereits gefunden werden (Moreno & Mayer 2002, Stanney et al. 2002; Welch 1999). Auf der Basis derartiger Befunde werden immer häufiger VR-basierte Trainings und -umgebungen entwickelt, beispielsweise auf dem Gebiet der Personentransportindustrie (Tichon 2007). Auch die Durchführung industrieller Beurteilungsprozesse wie Risikobeurteilungen mittels VR-Unterstützung wird untersucht. Autoren wie Perlman und Kollegen (2013) haben vorhandene Befunde in den Kontext der Konstruktion und Produktentwicklung übertragen: Ihre Untersuchungen zeigen, dass Sicherheitsingenieure, die innerhalb eines VR-basierten Projekts zur Baukonstruktion Gefährdungen auf einer virtuellen Baustelle identifizieren sollen, mehr Risiken erkennen als diejenigen, die mit Skizzen und Fotografien arbeiten. Die Untersuchung berücksichtigt technikbezogene Aspekte und den Einfluss von Berufserfahrung in VR-basierten Konstruktionsprozessen. Weitere interindividuelle Unterschiede wurden nicht untersucht.

2 Testmethode und Hypothesen

Aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten virtueller Maschinenmodelle ist es schwierig, einen allgemeingültigen Leitfaden zur Erstellung von VR-Szenen zu entwickeln. Bei der experimentellen Untersuchung von Einflüssen des subjektiven Erlebens und anderer nicht-technischer Aspekte auf die Qualität einer Engineering-Methode, die diese VR-Szenen nutzen, kommt erschwerend hinzu, dass die Ressourcen (Zeit, Aufwand, Laborausstattung etc.) für derartige Studien begrenzt sind. Für die Untersuchung dieser Einflüsse ist es für direkte Vergleichsstudien bezüglich unterschiedlicher Visualisierungsformen (2D/3D, Farben, Texturen, Vollständigkeit etc.) notwendig, besonders relevante Verfahrensschritte der jeweiligen Engineering-Methode, z. B. einer Risikobeurteilung, zu isolieren bzw. zu operationalisieren. Dafür wird die systematische Ableitung VR-basierter Testszenen in vier Stufen vorgeschlagen:

1. Designentwurf der VR-Szene
2. Pre-Test der VR-Szene
3. Test - Experimentelle Studie
4. Auswertung der Ergebnisse

Entscheidend für den Erfolg der Methode ist die Beachtung von nachfolgend aufgelisteten Kriterien, die sich in drei Gruppen kategorisieren lassen. Wichtig ist, dass nicht nur ingenieurtechnische Belange berücksichtigt werden, sondern auch die avisierten Testpersonen. Grundsätzlich wird aber die Priorisierung der Kriterien vom spezifischen Inhalt bzw. dem Ziel der experimentellen Studie bestimmt:

Anzahl und Eigenschaften der Testpersonen

- A1) Soziodemographische Variablen
- A2) Kenntnisse und praktische Erfahrungen in virtuellen Umgebungen
- A3) Mögliche Benachteiligungen

Technisch-organisatorischer Rahmen für den Versuchsaufbau

- B1) Kapazitäten und Einschränkungen
- B2) Zahl vergleichbarer (sichtbarer) Varianten
- B3) Einzel- oder Gruppentests
- B4) Messinhalt und -genauigkeit verfügbarer quantitativen oder qualitativen psychologischer Instrumente

Zweckabhängige Modellierung und VR-Eigenschaften

- C1) Definition der Aufgaben für eine spezielle VR-Szene, welche in der Studie verwendet werden
- C2) Berücksichtigung spezifischer Anforderungen aus dem realen Engineering-

Prozess oder dem Testobjekt und seiner virtuellen Darstellung

- C3) Zusammenstellung der möglichen Varianten der VR-Szene
- C4) Entscheidung und Dokumentationsanforderung der Engineering-Aufgabe

Untersucht wurden zum einen Fragen nach dem subjektiven Erleben der Nutzer, zum anderen Einflüsse individueller Unterschiede. Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, dass Präsenzepfinden positiven Einfluss auf die Zahl der korrekt identifizierten Gefährdungen am VR-Maschinenmodell hat. Weiterhin wurde angenommen, dass Persönlichkeitseigenschaften der Nutzer wie Kontrollüberzeugung und Risikowahrnehmung der Nutzer ebenso Einfluss auf erkannte Gefährdungen und deren Einschätzung haben. Auch wurde davon ausgegangen, dass Expertise und Berufserfahrung die Aufgabenleistung der Beurteiler maßgeblich beeinflussen.

3 Durchführung der Studie

3.1 Testvorbereitung und experimentelle Studie

Die Entwicklung einer sicheren Werkzeugmaschine bedeutet immer die Lösung des Zielkonflikts zwischen der Vermeidung von Gefahren durch Bearbeitungsprozesse und dem einfachen Zugang zum Arbeitsraum für manuelle Aufgaben am Werkstück.

Die Verwendung der VR-gestützten RB hat daher wesentliche Vorteile für das Simultaneous Engineering, wo Gefahrenbildung im Bearbeitungsprozess, Aktionen einer zweiten Bedienperson an der Maschine oder fehlende Schutzeinrichtungen zu thematisieren sind. Weitere zu berücksichtigende Kriterien sind u. a. der meist hohe Schweregrad von möglichen Verletzungen mit Werkzeugmaschinen oder die Geheimhaltung bzgl. der Risikobeurteilungen. Der zeitliche Rahmen der Studie betrug zehn Monate und wurde mit einem Meilenstein nach fünf Monaten für die Vorbereitung der VR-Szene und mit einem Meilenstein nach acht Monaten für die fertigen Pre-Tests geplant (B1, siehe Kapitel 2).

Folgende Gestaltungsmöglichkeiten wurden für die experimentelle Studie festgelegt:

- Aufgrund guter Beobachtungsmöglichkeiten wurde eine CAVE mit 5 Projektionsflächen (Abb.3) verwendet (C3, B1). Kriterien für die dazugehörige Software (IC:IDO) waren u. a. Grundfunktionen wie eine integrierte Menüführung zur Manipulation von Maschinenkomponenten und Erstellung von Animationen, Schnittstelle für Skripte, einfaches Umschalten zwischen verschiedenen Modelldarstellungen (sog. States, B1)
- Zur Interaktion mit der VR-Szene wurde ein Flystick verwendet (B1, C3).
- Die Testpersonen besaßen Expertise in der Risikobeurteilung. Als Kompromiss zwischen Forderungen seitens statistischer Analysemethoden und einem sinnvollen Stichprobenumfang wurde 20 als Minimum festgelegt. Die Dauer eines Testdurchlaufs wurde auf zwei Stunden pro Testperson (B1, B3) begrenzt.

Das Ziel der ersten Phase (s. Kap. 2) war eine typische VR-Szene aus dem Gesamtrisikobeurteilungs- und -minderungsprozess (Abb.1) zu isolieren und einen Digital Mock-up zu erstellen.

Unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile fiel die Entscheidung auf die Verwendung einer manuell zu betätigenden Säulenbohrmaschine (C1) als Testobjekt. Auf der einen Seite ist die Bedeutung der funktionalen Sicher-

heit, also der Abhängigkeit der Sicherheit von einer Steuerungsfunktionalität (Barg et al. 2012), gering (C2). Auf der anderen Seite gibt es viele verschiedene visuell wahrnehmbare Gefährdungen (C2, C3). Mit Hilfe der VR-Modellierung ist es möglich, weitere Gefährdungen zu visualisieren, wie z. B. das falsche Einspannen von Werkstücken oder fehlende Maschinenteile. Angesichts des Ziels, einen bestimmten Teil der RB zu isolieren und zu operationalisieren, war es notwendig, Gefährdungen im VR-Modell auszuwählen, die auch im realen manuellen Betrieb auftreten können.

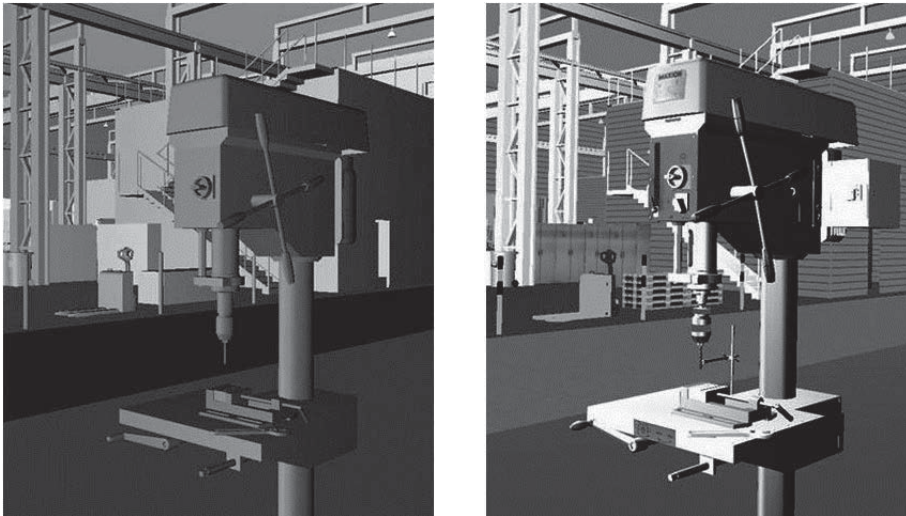


Abbildung 2: VR-Modelle der Säulenbohrmaschine: links einfaches Modell, rechts komplexes Modell.

Es wurden zwei Varianten des VR-Modells verglichen: 1) ein einfaches Modell, ähnlich einem typischen CAD-Modell mit einfachen Farben und fehlenden Komponenten oder Details wie Fasen oder Schrauben und 2) ein komplexes Modell mit Texturen, welches grafisch optimiert wurde. Beide Modelle hatten die gleichen Animationen, wie zum Beispiel einen rotierenden Bohrer (Abb. 2). Um die Animationen zu steuern, wurde ein Interaktionskonzept für die Steuerung mittels Flystick und die Verwendung einer integrierten Menüfunktion erarbeitet. Um die Auswirkungen der Visualisierungen der RB nach (ISO/TR 14121 2012) zu vergleichen, wurde eine Referenzrisikobeurteilung durch zwei interne Mitarbeiter erstellt. Im Gegensatz zu den Testpersonen hatten die Mitarbeiter keine zeitlichen Beschränkungen und konnten unter Zuhilfenahme von Normen die RB erstellen (EN 12717+A1 2009).

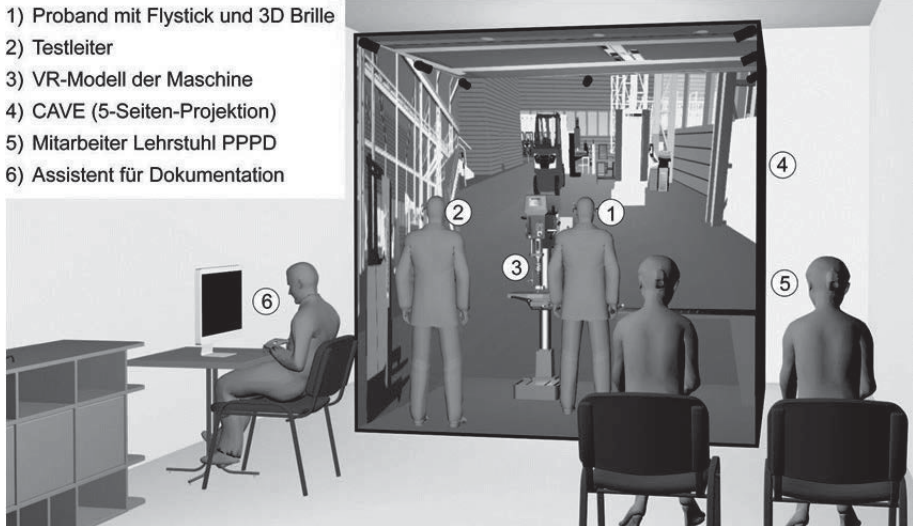


Abbildung 3: Testaufbau im VR-Labor und beteiligte Personen.

Der Pre-Test (Phase 2) wurde mit der Präsentation der VR-Szene auf einer Werkzeugmaschinenmesse durchgeführt. Die Besucher wurden aufgefordert, an einer einseitigen Projektionsfläche mithilfe eines Flysticks durch die VR-Szene zu navigieren. Die Aufgabe bestand darin, Gefährdungen an der Maschine zu identifizieren und gleichzeitig konnten Tätigkeiten wie die Inbetriebnahme der Maschine oder das Einspannen des Werkzeugstücks ausgeführt werden. Des Weiteren konnten die Besucher zwischen vordefinierten States schalten und Animationen auslösen (C3), indem der Flystick (B1) über Maschinenteile bewegt wurde. Folgende Schlussfolgerungen wurden aus diesem Pre-Test gezogen: Komplexe Menüführung und Animationssteuerung lenkt die Probanden von der eigentlichen Aufgabe ab, d. h. im geplanten Experiment sollte ein Assistent die Animationssteuerung übernehmen, die Menüführung wurde drastisch reduziert. Darüber hinaus sollten die Probanden vorab ein Navigationstraining in einem eigens dafür vorgesehenen Parcours mit Übungen wie „bewegen“, „Gegenstände manipulieren“ und „zoomen“ (ca. 15 Minuten, A2) absolvieren. Aus praktischen Gründen wurde die Aufgaben zur Identifizierung der Gefährdungen und Risikoeinschätzung auf zehn Minuten beschränkt (A1, B1).

Nach der Neugestaltung der VR-Szene und der Zusammenstellung der Fragebogen und des Interviewleitfadens wurde der gesamte Testablauf nochmals mit einem Probanden für die endgültige Anpassung in der CAVE getestet (Abb. 3).

Der folgende Ablauf wurde mit 27 Testpersonen, die jeweils einer der beiden VR-Modelle in randomisierter Weise zugeteilt wurden, durchgeführt (geplante Dauer in Minuten in Klammern): Empfang (5), Persönlichkeitsfragebogen (20), Navigationstraining mit Flystick (15), Informationen über Modell der Säulenbohrmaschine (5), Aufgabe 1: Identifizierung der Gefährdung – Maschinenleerlaufzeit (10), Aufgabe 2: Identifizierung der Gefährdung – Maschinenbedienung (10), Aufgabe 3: Risikoeinschätzung nach (ISO/TR 14121 2012) für ausgewählte Gefahren (10), Präsenzfragebogen und Interview (45).

3.2 Ergebnisse

Obwohl der Stichprobenumfang im Vergleich zu einem rein psychologischen Experiment sehr klein ist, sind die Erkenntnisse für zweckgebundene Gestaltungen von VR-Szenen wertvoll. Folgende vorläufige Schlüsse können aus der Studie gezogen werden (Abb. 4):

- Mit dem komplexen Modell wurde eine höhere Anzahl von Gefährdungen identifiziert.
- Für bestimmte Gefährdungen ist jedoch das einfache Modell besser geeignet. (mehr Details können zur Ablenkung der Aufmerksamkeit führen)
- Bestimmte Gefährdungen, z. B. durch scharfe Kanten wurden bei beiden Modellen selten erkannt.
- Die Einbeziehung eines Mensch-Modells (Größenverhältnisse) und Animation der Arbeitsschritte hatte einen deutlich positiven Effekt auf die Anzahl erkannter Gefährdungen.
- Animationen von bestimmten Prozessschritten wie z. B. Betrieb oder Wartung erhöhten deutlich die Anzahl identifizierter Gefährdungen (36% einfaches Modell, 32% komplexes Modell).

Während der dritten Aufgabe wurden die Testpersonen gebeten, an sechs ausgewählten Gefahren eine Risikoeinschätzung durchzuführen (ISO/TR 14121 2012). Die Auswertung aller vier Komponenten (Schadensausmaß, Eintrittswahrscheinlichkeit, die Häufigkeit und Dauer, die Möglichkeit zur Vermeidung des Schadens) für die sechs Gefahren zeigt, dass kein großer Unterschied zwischen der Verwendung des einfachen oder komplexen Modells besteht (Abb. 5). Folglich ergibt sich daraus auch nur ein geringer Unterschied für die durchschnittliche Risikoeinschätzung mit den Risikoparametern hoch, mittel und gering (Abb.5).

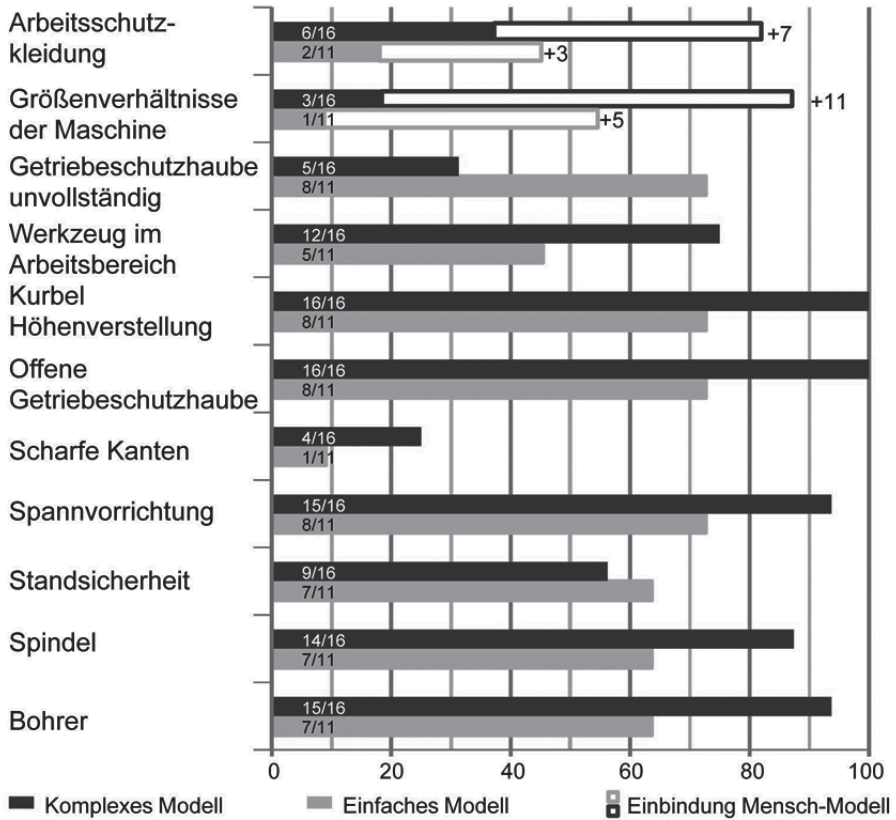


Abbildung 4: Anzahl und Prozentangabe von identifizierten Gefährdungen durch Testpersonen (Aufgabe 1 und 2 des Tests).

Hinsichtlich des Einflusses der Gestaltung des VR-Modells auf das Präsenzepfinden zeigen die statistischen Analysen, dass bei Verwendung des komplexen Maschinenmodells stärkeres Präsenzepfinden entsteht als bei Nutzung des einfachen Modells. Dieser Unterschied ist allerdings nicht statistisch signifikant. Zusätzlich waren die teilnehmenden Experten gebeten worden, wahrgenommene Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Maschinenmodelle anzugeben. Tabelle 1 führt die meistgenannten Aspekte auf.

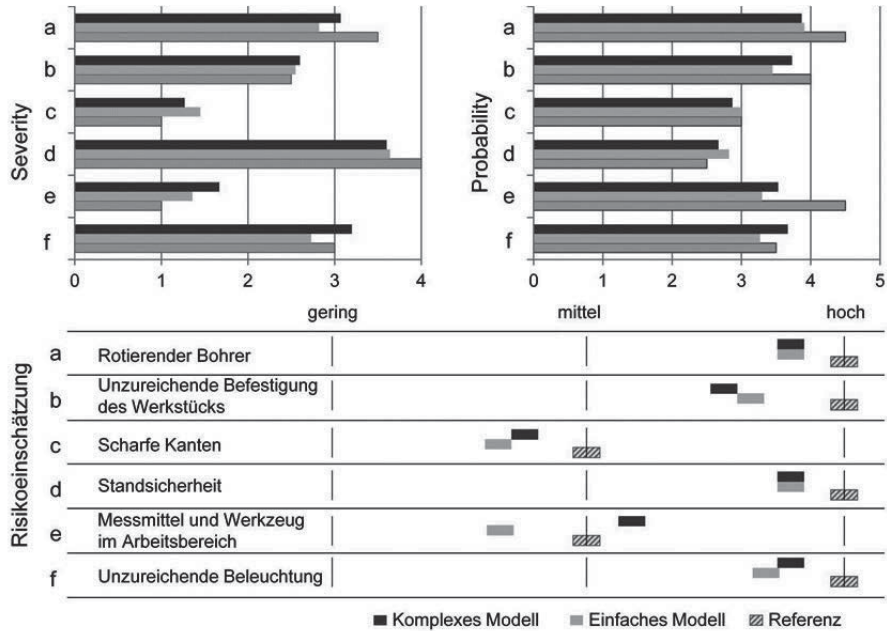


Abbildung 5: Durchschnittliche Risikoeinschätzung nach (ISO/TR 14121 2012) für ausgewählte Gefahren (Aufgabe 1 und 2 des Tests).

	einfaches Modell	komplexes Modell
wahrgenommene Vorteile	- unwesentliche Details wurden nicht visualisiert	- erschien sehr real - Differenzierung der Einzelteile - Erhöhung der subjektiv wahrgenommenen Leistung
wahrgenommene Nachteile	- fehlende Details, z. B. Licht und Schatten - fehlende Sinneseindrücke, z. B. Geruch und Schmutz - Monotonie in den Farben	- viele Details, Ablenkung von Funktionen der Maschine

Tabelle 1: Wahrgenommene Vor- und Nachteile des einfachen bzw. komplexen Modells.

Als wesentlicher Vorteil des einfachen Modells wurde genannt, dass überflüssige gestalterische Details nicht enthalten waren und die Teilnehmer sich somit auf die wichtigen Funktionen der Maschine konzentrieren konnten. Diese Wahrnehmung korrespondiert mit dem Befund, dass bestimmte Gefährdungen mit Hilfe des einfachen Modells tatsächlich tendenziell besser erkannt wurden (siehe Abb.4). Gleichzeitig kritisierten mehrere Beurteiler die mangelnde Detailtiefe des einfachen Modells, da hier z. B. Schatten und Beleuchtungseffekte fehlten. Dieses Faktum erschwerte es, sich die reale Maschine vorzustellen. Diese Kommentare verdeutlichen, wie ambivalent der Faktor Komplexität ist und wie wichtig es ist, zwischen der Komplexität der VR-Darstellung und ihrer sensorischen Reichhaltigkeit zu unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Realitätstreue und damit das resultierende Präsenzepfinden nicht hauptsächlich durch die Komplexität der Modelle beeinflusst werden, sondern vor allem durch die Vielfalt sensorischer Eindrücke. Viele Versuchsteilnehmer thematisierten darüber hinaus auch die Relevanz ästhetischer Eigenschaften der Modelle und bevorzugten vor diesem Hintergrund das komplexe Modell.

Auch war es für fünf Teilnehmer besonders wichtig, dass derartige Modelle aufgrund ihrer Anschaulichkeit besonders geeignet seien, um mit Kollegen und Kunden in einen Dialog zu kommen beziehungsweise sich anhand des Modells vorzustellen, welche Sicherheitsmanipulationen andere Nutzer an der realen Maschine vornehmen könnten. Das Argument wurde ebenso häufig wie Effizienz genannt und zeigt somit, dass die Nutzung von VR-Modellen auch unter der Perspektive sozialer Interaktion interessant ist.

Schließlich urteilten die Teilnehmer, dass die verwendeten VR-Modelle aus ihrer Sicht durchaus für den Einsatz im beruflichen Alltag geeignet und der herkömmlichen Risikobeurteilung auf der Basis von Maschinendokumenten, Fotos oder herkömmlichen CAD-Daten überlegen sind.

Dies entspricht der tatsächlich gemessenen Leistung hinsichtlich der Identifizierung von Gefährdungen. In Relation zur im Experiment eingeschränkt zur Verfügung stehenden Zeit erkannten die Beurteiler eine hohe Anzahl von Gefährdungen. Mit Hilfe des komplexen Modells identifizierten sie eine höhere Anzahl an Gefahren. Darüber hinaus wurde die Leistung der Beurteiler bei der Gefährdungserkennung, aber auch ihrer Einschätzung durch Berufserfahrung positiv beeinflusst. Dieser Faktor zeigt sich als einflussreicher als das subjektive Präsenzepfinden und alle anderen individuellen Unterschiede wie beispielsweise Gewissenhaftigkeit und Kontrollüberzeugung.

4 Zusammenfassung

Es wurde eine experimentelle Methode vorgeschlagen, um die Auswirkungen von Einflüssen des subjektiven Erlebens bei der Verwendung VR-Szenen zu beurteilen. Die Anwendung der Methode für die Risikoanalyse und -beurteilung zeigte, dass die VR-Visualisierung eine hervorragende Alternative zu den dokumentenbasierten oder CAD-basierten Ansätzen bietet. Während es bei der Identifikation der Gefährdungen aufgrund der Nutzung eines einfachen oder eines komplexen Modell Unterschiede gab, war die Risikoeinschätzung der beiden Modelle vergleichbar.

Für die unterschiedlichen Phasen der Maschinenentwicklung ist es empfehlenswert, die verschiedenen steigenden Detailierungsgrade zu verwenden, um Gefährdungen effizient zu identifizieren.

5 Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung dieses Projektes (Wi 4053/5-1; Schu 1459/9-1).

Die Autoren danken außerdem den Experten aus Unternehmen und Institutionen sowie Privatpersonen, die die experimentelle Studie durch ihre Teilnahme unterstützt haben.

Literaturverzeichnis

- Alsina-Jurnet, I. & Gutierrez-Maldonado, J. 2010: Influence of personality and individual abilities on the sense of presence experienced in anxiety triggering virtual environments. In: *International Journal of Human-Computer Studies*, 68 (10), 788-801.
- Barg J., Eisenhut-Fuchsberger F., Orth A., Ost J., Springhorn C. (Hrsg) 2012: 10 Steps to Performance Level, Handbook for the implementation of functional safety according to ISO 13849. Lohr am Main: Bosch Rexroth.
- Bertoni A., Bertoni M., Isaksson O. 2013: Value visualization in Product Service Systems preliminary design. In: *J.o. Cleaner Production*, 53, 103-117.
- Dörner R., Broll W., Grimm P. & Jung B. (Hrsg) 2013: *Virtual und Augmented Reality (VR/AR), Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg.
- Eigner M., Gebhardt F., Gilz T., Mogo Nem F. (Hrsg) 2011: *Informationstechnologie für Ingenieure*. Kaiserslautern: Springer Vieweg.
- EN 12717+A1:2009-02: Safety of machine tools - Drilling machines. Brussels: CEN.
- European Parliament, European Council 2006: Directive 2006/42/EC of the European Parliament and the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast). In: *Official Journal of the European Union*, L157/24, 24-86.

- Heeter, C. 1992: Being There: The subjective experience of presence. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1, 262-271.
- Howard, I. P. & Rogers, B.J. 2002: Seeing in depth. In: Depth perception (2).Toronto: I Porteous.
- IEC 60812:2006-01: Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA). Geneva: IEC.
- ISO 12100:2010-11: Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction. Geneva: ISO.
- ISO/TR 14121:2012-06: Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction. Geneva: ISO.
- IJsselsteijn, W. A., de Ridder, H., Freeman, J. & Avons, S. E. 2000: Presence concept determinants and measurement. In: Human Vision and Electronic Imaging V, 3959, 520-529.
- IJsselsteijn, W. A. & Riva, G. 2003: Being There: The experience of presence in mediated environments. In Riva, G., Davide, F, IJsselsteijn, W.A. (Hrsg.): Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments, 3-16, Amsterdam: IOS Press.
- Kober, S. E. 2014: Effects of age on the subjective presence experience in Virtual Reality. In: Proceedings of the International Society for Presence Research, 149-157.
- Lange A., Szymanski H., Schulz T., Kroys A., Faber T., Jenewein K. 2009: Interaktive Module zur Umsetzung der MaschRL in der Entwicklung und Nutzung von Maschinen und Anlagen - IMMMA. In: Institut f. Technik d. Betriebsführung (Hrsg.): Innovation und Prävention, Beiträge der Fokusgruppe Betriebliches Innovationsmanagement, 27-67, Karlsruhe: Rainer Hampp Verlag.
- Ling, Y., Nefs, H. T., Brinkman, W.-P., Qu, C. & Heynderickx, I. 2013: The relationship between individual characteristics and experienced presence. In: Computers in Human Behavior 2013; 29:1519-1530.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. 2002: Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. In: Journal of Educational Psychology, 94 (3), 598-610.
- Murray, C. D., Fox, J. & Pettifer, S. 2007: Absorption, dissociation, locus of control and presence in virtual reality. In: Computers in Human Behavior, 23 (3), 1347-1354.
- Mössner T. 2012: Risikobeurteilung im Maschinenbau, Dortmund: Bundesanstalt f. Arbeitsschutz u. Arbeitsmedizin.
- Nickel P., Kergel R., Wachholz T., Pröger E., Lungfiel A. 2015: Setting-up a Virtual Simulation for Improving OSH in Standardisation of River Locks. In: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.): 8th International Conference Safety of Industrial Automated Systems SIAS, 223-228, Königswinter.
- Nickel P., Lungfiel A., Huelke M., Pröger E., Kergel R. 2012: Prevention trough design in occupational safety and health by risk assessment of virtual river locks. In: 7th International Conference Safety of Industrial Automated Systems SIAS, 35-40, Montréal: IRSST.

- Pelliccia L., Klimant P., Schumann M., Pürzel F., Wittstock V., Putz M. 2016: Energy visualization techniques for machine tools in virtual reality. In: *Procedia CIRP*, 41, 329-333.
- Perlman, A., Sacks, R. & Barak, R. 2013: Hazard recognition and risk perception in construction. In: *Safety Science*, 64, 22-31.
- Pürzel F., Eiselt T., Weidlich D., Ihlenfeldt S., Gröger S., Zickner H., Wittstock V. 2013: Intuitivere Produkt – FMEA mittels Virtual Reality. In: *ZWF*, 108 (4), 215-219.
- Sacau, A., Laarni, J. & Hartmann, T. 2008: Influence of individual factors on presence. In: *Computers in Human Behavior*, 24 (5), 2255-2273.
- Slater, M. & Wilbur, S. 1997: A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 603-616.
- Stanney, K., Kingdon, K. S., Graeber, D. & Kennedy, R. S. 2002: Human Performance in immersive virtual environments: Effect of exposure duration, user control, and scene complexity. In: *Human Performance*, 15 (4), 339-366.
- Steuer, J. 1992: Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. In: *Journal of Communication*, 42 (4), 72–93.
- Tichon, J. G. 2007: Using presence to improve a virtual training environment. In: *Cyberpsychology & Behavior*, 10 (6), 781-788.
- Wallach, H. S., Safir, M. P. & Samana, R. 2010: Personality variables and presence. In: *Virtual Reality*, 14 (1), 3-13.
- Weibel, D., Wissmath, B. & Mast, F. W. 2010: Immersion in mediated environments: The role of personality traits. In: *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13, 251-256.
- Welch, R.B. 1999: How can we determine if the sense of presence affects task performance? In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8 (5), 574-577.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. 1998: Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7, 225–240.

Kontakt

Dr.-Ing. Volker Wittstock
Technische Universität Chemnitz
Professur Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Reichenhainer Straße 70
09126 Chemnitz
volker.wittstock@mb.tu-chemnitz.de

Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Patrick Puschmann
Technische Universität Chemnitz
Professur Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Reichenhainer Straße 70
09126 Chemnitz
patrick.puschmann@mb.tu-chemnitz.de

Prof. Dr. phil. habil. Astrid Schütz
Universität Bamberg
Lehrstuhl für Persönlichkeitspsychologie und Psychologische Diagnostik
96045 Bamberg
astrid.schuetz@uni-bamberg.de

Dipl.-Psych. Tina Horlitz
Universität Bamberg
Lehrstuhl für Persönlichkeitspsychologie und Psychologische Diagnostik
96045 Bamberg
tina.horlitz@uni-bamberg.de

Simulation komplexer Arbeitsabläufe im Bereich der digitalen Fabrik

Thomas Kronfeld · Guido Brunnett

Digitale Menschmodelle (DMM) werden aktuell in Unternehmen vorwiegend zur ergonomischen Planung und Überprüfung der Ausführbarkeit und Erträglichkeit von Arbeitsprozessen eingesetzt. Im Rahmen der Nachwuchsforscherguppe „The Smart Virtual Worker“, welche im Interdisziplinären Kompetenzzentrum Virtual Humans der TU Chemnitz angesiedelt ist, entstand ein Framework zur Simulation komplexer Arbeitsabläufe im Kontext der virtuellen Fabrik. Ziel war die Entwicklung eines digitalen Menschmodells für den Einsatz in klein- und mittelständischen Unternehmen. Hierbei standen die autonome Steuerung, eine realistische Animation sowie die Einbeziehung physischer und psychischer Faktoren in die ergonomische Bewertung eines Arbeitsablaufes im Mittelpunkt. Darauf aufbauend wurde eine haptische Nutzerschnittstelle zur interaktiven Fabrik- und Aufgabenplanung entwickelt. Neben der Positionierung von statischen Objekten ist mit diesem Interface auch die Integration und Anpassung von Arbeitsaufgaben möglich.

Im Folgenden wird zunächst der aktuelle Stand der Forschung im Hinblick auf den Einsatz digitaler Menschmodelle sowie vorhandener Tangible User Interfaces (TUI) betrachtet. Abschnitt 2 gibt einen Einblick in das Gesamtframework zur Simulation von Arbeitsvorgängen und stellt die entwickelte Komponente zur interaktiven Anpassung von Arbeitsszenarien vor. Im dritten Abschnitt werden die entwickelten Testszenarien vorgestellt. Die Ergebnisse sowie einen Ausblick für mögliche Erweiterungen schließen den Beitrag ab.

1 Stand der Forschung

DMM werden in Bereichen wie Videospiele und Virtual Reality zur Simulation menschlicher Bewegungen verwendet (Chedmail et al. 2002). Die ersten Ansätze im Bereich der CAD-Systeme wurden in den sechziger Jahren in Form von digitalisierten Varianten zweidimensionaler Anthro-

metrie-Schablonen entwickelt. Darauf aufbauend entstand die erste Generation digitaler Menschmodelle, wie beispielsweise BeoMan (Ryan & Springer 1969) und CyberMan (Schaub 1988). Diese Modelle wurden meist für Speziallösungen mit konkreten Anforderungen entwickelt. Einen zusammenfassenden Überblick dieser historischen Modelle findet sich in (Gill & Ruddle 1988) und (Chaffin 2001).

In den 90er Jahren begann die Zusammenführung dieser Speziallösungen zu digitalen Menschmodellen mit vielseitigen und umfangreichen Funktionen, aber auch einer komplexen, zeitaufwendigen Bedienung.

Zu den heute noch genutzten Modellen zählt u.a. Human Builder (Dassault Systemes 2016) als Teil des Catia-V5-Systems von Dassault Systemes. Die Positionierung des Modells erfolgt hier über vordefinierte Haltungen, manuelle Gelenkwinkeleinstellung oder inverse Kinematik. Durch den Einsatz von Zusatzmodule werden Bewegungs-, Ergonomie- und Handhabungsuntersuchungen ermöglicht.

Das Modell RAMSIS (Rechnergestütztes Antropometrisch-Mathematisches System zur Insassen Simulation) wurde mit Fokus auf die Anforderungen der Automobilindustrie entwickelt (Seidl 2004). Nach der manuellen Positionierung können mit dem Modell Haltungs-, Sicht- und Erreichbarkeitsanalysen durchgeführt werden.

Das digitale Menschmodell Jack (Badler 1997) von Siemens/USG löste 2007 das AnyMan-Modell im PLM-System Tecnomatrix ab. Die Software ist auf die Simulation menschlicher Arbeitsvorgänge in der digitalen Fabrik ausgerichtet. Die Animation erfolgt über Bewegungsmakros, z.B. das Greifen von Gegenständen. Anschließend besteht die Möglichkeit ergonomische Analysen der Arbeitssequenzen durchzuführen.

Eine ähnliche Definition von Bewegungen mittels Aktionsmakros erlaubt das ema-Modell (Fritsche et al. 2011). Hierbei liegen den Elementaraktionen Motion Capture Aufnahmen zugrunde, welche eine humanmotorische Korrektheit der Bewegung garantieren. Die Bewegungsabläufe können mittels EAWS analysiert werden.

Ein nicht kommerzielles Modell ist SantosHuman (Vignes 2004), das speziell zur Simulation eines Soldaten entwickelt wurde. Das DMM bildet sowohl die Physiologie als auch präzise Modelle der Muskeln ab. Neben der ergonomischen Bewegungsanalyse ist es auch möglich Dynamiksimulationen von Kräften, Momenten und Lastenhandhabungen durchzuführen.

Daneben gibt es auch heute noch diverse Modelle, die auf spezielle Anwendungsgebiete beschränkt sind (Spanner-Ulmer & Mühlstedt 2010).

Die Modelle bieten die Möglichkeit ergonomische Analysen zur Arbeitsplatz- oder Produktgestaltung virtuell durchzuführen, ohne dass Prototypen gebaut werden müssen. Des Weiteren unterstützen Sie die Modellierung extremer Perzentile verschiedener Kulturkreise, was sonst nur mit großem Aufwand durchführbar wäre.

Es ergeben sich jedoch auch einige Nachteile bei den genannten Modellen. So ist es mitunter aufwendig Haltungen oder Bewegungen zu generieren, was den Einsatz geschulten Fachpersonals erfordert. Eine dynamische Anpassung der Arbeitsaufgabe sowie der damit verbundenen Bewegungen an eine veränderte Umgebung muss in den meisten Fällen manuell vom Nutzer vorgenommen werden (Chaffin 2001, Chaffin 2005). Auch die Interpretation der Simulationsergebnisse ist meist nur für Ergonomieexperten praktikabel (Spanner-Ulmer & Mühlstedt 2010).

Aus diesen Nahtteilen ergab sich die Notwendigkeit von Tangible User Interfaces (TUI), welche ursprünglich von (Fritzmaurice et al. 1995) entwickelt wurden. Die zugrundeliegende Idee war es, digitale Objekte durch die Manipulation von physikalischen Repräsentationen zu kontrollieren. Durch diese Kopplung sollte die Interaktion mit VR-Szenen intuitiver gestaltet werden. Von diesem Ansatz ausgehend entwickelten sich Tangible User Interfaces in drei unterschiedliche Richtungen: reine TUI, welche im Folgenden näher betrachtet werden, TUI gekoppelt mit augmented Reality, die dem Nutzer mittels Head-up-Display Informationen zu den physischen Repräsentationen einblenden, und TUI gekoppelt mit Virtual Reality, bei denen sich der Nutzer in einer vollständig computergenerierten Umgebung bewegt.

Das erste System, welches zur Gruppe der reinen TUI gehört, ist *BUILT-IT* von (Rautenberg et al. 1997), das zur Unterstützung des Designprozesses bei der Planung von Fertigungsstraßen entwickelt wurde. Es besteht aus einem Tisch mit Aufprojektion und einer Wandprojektion der dreidimensionalen Szene. Der Nutzer interagiert mit einem einzigen würfelförmigen Tangible, mit dem sowohl Maschinen auf dem Tisch selektiert und positioniert werden können als auch die Kamera in der Szene verschoben werden kann. Zwei Jahre später entwickelten (Underkoffler & Ishii 1999) Urp, ein System zur Planung von urbanen Räumen. Es erlaubt das Platzieren mehrerer vordefinierter Objekte, deren Position und Orientierung durch ein video-basiertes Tracking anhand aufgeklebter Farbpunkte berechnet wird. Mit Hilfe einer Aufprojektion kann bspw. Schattenwurf und Reflektion der platzierten Gebäude simuliert und auf den Tisch projiziert werden. (Ishii et al. 2002) präsentierten eine Erweiterung von Urp namens Luminous Table. Diese erlaubt die Einbindung verschiedenster digitaler und physischer Mo-

delle, wie z.B. zweidimensionalen Zeichnungen oder dreidimensionalen Modellen. Ein an der Decke befindlicher Verbund aus Projektor und Kamera projiziert digitale Simulationen, wie Verkehr und Sonneneinstrahlung, auf die Arbeitsfläche und erkennt die optischen Marker der physischen Modelle. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen (Zufferey et al. 2009) mit der Entwicklung des TinkerTable. Ziel des Projektes ist es Logistkarbeitsplätze zu optimieren. Hierzu kann der Nutzer auf der Arbeitsfläche verschiedene Regalmodelle sowie schwarze Boxen zur Spezifizierung der Parameter platzieren.

Das von Siemens entwickelte System namens IntuPlan (Intuitive Layout Planung) ermöglicht es dem Nutzer Modelle von Produktions- und Logistikkomponenten auf einen Tisch zu platzieren (Rohling 2012). Anschließend wird der gesamte Tisch mittels Digitalkameras fotografiert. Das Programm sucht in den Bildern die auf den physischen Repräsentationen platzierten Marker und positioniert die entsprechenden dreidimensionalen Objekte in der Szene.

Ein auf RFID-Tags basierendes TUI zum Entwurf von Häusern stellen (Hosokawa et al. 2008) vor. Zum Entwurf von Räumen kann der Nutzer vorgefertigte Wände und Bodenplatten auf einem Raster anordnen. Ein RFID-Reader bestimmt die Position und Orientierung der Elemente auf dem Gitter und generiert automatisch ein entsprechendes 3D-Modell der Räume.

2 Das SVW-Framework

Ziel des SVW-Frameworks ist es, den Planer im Entwicklungsprozess stärker zu unterstützen und die Eingabe sowie Anpassung der Arbeitsaufgabe zu erleichtern. Hierzu wurde eine Reihe von Algorithmen entwickelt, die eine aktionsbasierte Beschreibung der Arbeitsaufgabe ermöglichen und sich an Modifikationen der Arbeitsszene automatisch anpassen. Die graphische Nutzerschnittstelle (GUI) und die haptische Nutzerschnittstelle bilden die Haupteingabemöglichkeiten des Nutzers. Die GUI zur Definition der Arbeitsaufgabe zeigt Abbildung 1 (links). Hier kann der Nutzer die Szeneobjekte direkt in einer 3D-Umgebung einfügen und positionieren. Die definierten Elemente der Arbeitsaufgabe erscheinen in der unteren Leiste und können reihenfolgenunabhängig definiert werden. Die Berechnung der optimalen Reihenfolge der Elementaraktionen wird durch das entwickelte Framework realisiert.

Im Anschluss an die Berechnung der Simulation wird diese in der 3D-Umgebung animiert dargestellt. Die verschiedenen Ergebnisse der Simulation wie RULA-, MTM-, Emotions- und Lastenwerte werden in Diagrammen und Tabellen abgebildet (Abbildung 1 (rechts)).



Abbildung 1: Darstellung der GUI zur Definition der Arbeitsaufgabe (links) sowie zur Begutachtung der Simulationsergebnisse (rechts).

Das entwickelte Framework besteht aus einer Reihe von Modulen, deren Kommunikation durch eine gesonderte Programmkomponente (Middleware) sichergestellt wird (Müller et al. 2014). Eine Übersicht der vorhandenen Module sowie deren Kommunikation zeigt Abbildung 2. Im Folgenden werden diese Module und ihre jeweilige Funktion im Gesamtsystem kurz erläutert.

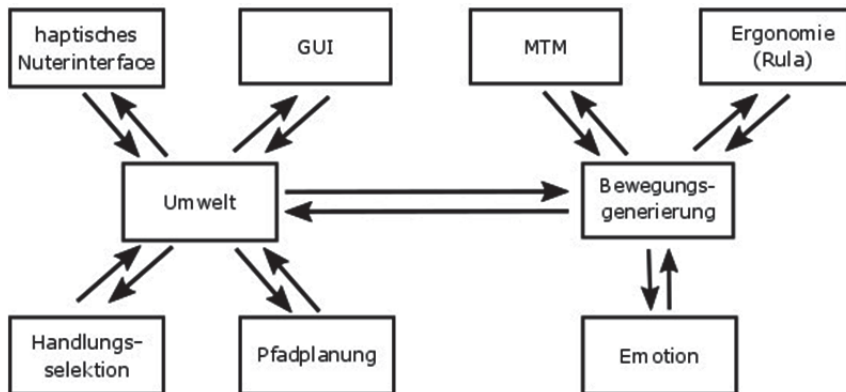


Abbildung 2: Schema der Kommunikation des Gesamtframework.

Die Definition der Arbeitsaufgabe sowie der Szeneobjekte kann sowohl über das haptische Nutzerinterface, als auch über eine GUI-Komponente erfolgen. Für die Definition der Arbeitsaufgabe müssen die elementaren Start- und Zielzustände sowie die Agenteneigenschaften spezifiziert werden. Mit dem Start der Simulation werden diese Daten an das Umweltmodul übergeben, welches die Konsistenz der gegebenen Zustände sowie aller Zwischenzustände sicherstellt. Die Planung des Arbeitsablaufes übernimmt die Handlungsselektion. Durch den Einsatz von Reinforcement Learning Algorithmen ist das digitale Menschmodell in der Lage Handlungsmöglichkeiten

eigenständig zu explorieren und Zwischenlösungen zu testen (Dinkelbach et al. 2015).

Die Bewertung der einzelnen Zwischenzustände erhält die Handlungsselektion durch Anfrage der anderen Module. Eine Berechnung von kollisionsfreien Laufpfaden zwischen gegebenen Start- und Zielpunkt übernimmt die Pfadplanung. Darauf aufbauend wird die Bewegung des digitalen Menschmodells erzeugt. Grundlage der Bewegungen bilden aus Motion Capture Daten berechnete Bewegungsräume, sogenannte Motion Spaces (Kronfeld et al. 2014). Hierbei fließen auf Basis von MTM (Bokranz & Landau 2006) berechnete Zeiten für die Elementarbewegungen mit in die Generierung ein. Anschließend wird die generierte Bewegungssequenz mit Hilfe des RULA-Verfahrens (MacAtamney 1993) ergonomisch bewertet.

Derzeitigen Verfahren zur Arbeitsprozesssimulation mangelt es an einem geeigneten Modell zur Abbildung der emotionalen Befindlichkeiten bzw. des Wohlbefindens des Werkers. Durch Zusammenarbeit der Professuren Prozessautomatisierung und Mediennutzung konnte ein derartiges Modell entwickelt und evaluiert werden. Für einen vorliegenden Arbeitsprozess ermöglicht das entwickelte Modell die emotionale Valenz, d.h. die positive oder negative Emotion, des simulierten Arbeiters darzustellen. Dabei beschränkt sich das Modell auf drei körperliche Attribute – Konstitution, Sensibilität/Widerstandsfähigkeit und Erfahrung (Müller & Truschzinski 2014).

2.1 Haptisches Nutzerinterface

Das haptische Nutzerinterface ermöglicht die Gestaltung der Szene und der Arbeitsaufgabe durch die Manipulation physischer Objekte als Repräsentationen der entsprechenden virtuellen Szeneobjekte (siehe Abbildung 3). Hierbei ist es möglich sowohl die gesamte Szene als auch nur einen Ausschnitt einer vordefinierten Szene im Layoutmodus zu modifizieren. Die virtuelle Szene wird dabei in Echtzeit gemäß der momentanen Konfiguration der physischen Gegenstücke aktualisiert. Die Erfassung der Objekte geschieht dabei durch Aufnahme optischer Marker mit einer handelsüblichen Webcam. Bei aktivem Layoutmodus erfolgt ein kontinuierlicher Abgleich zwischen realer und virtueller Szene. Ist die Szene zur Zufriedenstellung konfiguriert, kann die Simulation der Aufgabe in der GUI gestartet werden.

Um eine genaue, maßstabsgetreue Abbildung zwischen virtueller Szene und realer Arbeitsfläche zu erhalten, muss diese zunächst kalibriert werden. Dazu müssen vier vordefinierte Marker an den Ecken der Arbeitsfläche angebracht werden. Zusätzlich muss der Nutzer die Ausdehnungen der durch die Marker aufgespannten Fläche in Millimetern angeben. Die Arbeitsfläche des prototypischen Entwurfs umfasst einen Bereich von 50 × 70 cm.

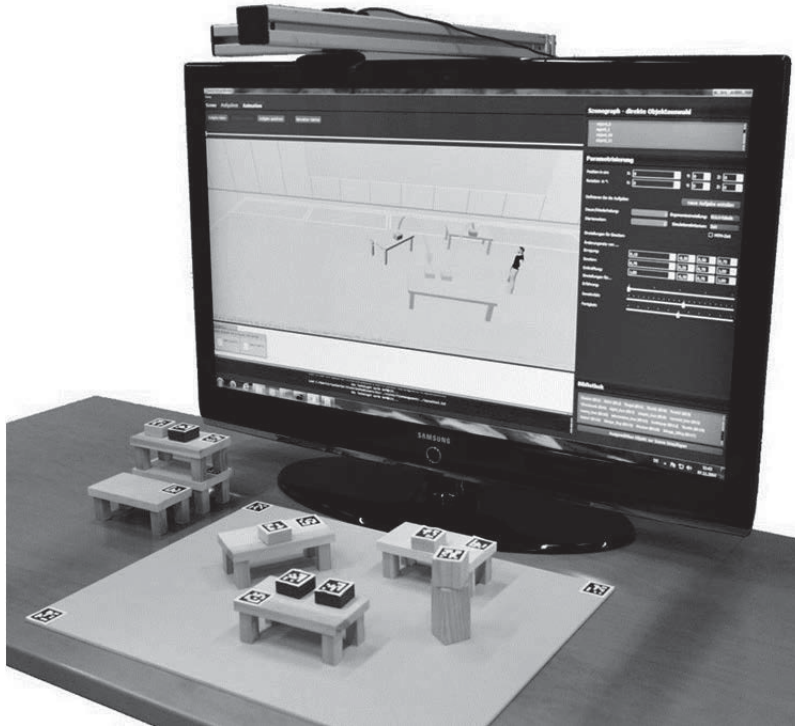


Abbildung 3: Haptisches Layoutsystem

Die Bedeutung der einzelnen Marker wird über die GUI oder durch Angabe in einer entsprechenden Konfigurationsdatei gesteuert. Hierbei können szenen- und aufgabenspezifische Marker definiert werden. Die zu verwendenden Marker sind 4×4 cm groß und in Abbildung 4 (links) beispielhaft dargestellt. Intern ist jedem Marker eine eindeutige Identifikationsnummer zugeordnet. Jedem virtuellen Objekt können ein oder mehrere Marker zugeordnet werden. Hierzu muss die Identifikationsnummer des Markers sowie dessen relative Position auf dem Objekt angegeben werden. Im Falle eines Regals kann somit für jeden Boden ein Marker definiert werden. Die Definition aufgabenspezifischer Marker erfolgt ebenfalls in der GUI. Hierbei wird zwischen einfachen Lagertätigkeiten und komplexen Montageaufgaben unterschieden. Im Falle von Lagertätigkeiten müssen für die Aktion zwei Marker für die initiale und die finale Position des Szeneobjektes definiert werden.

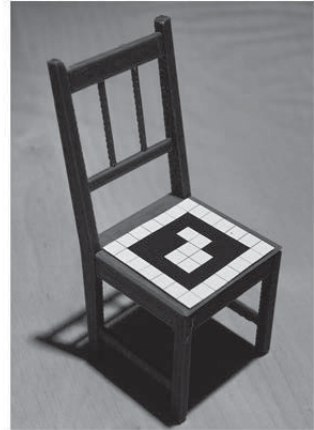
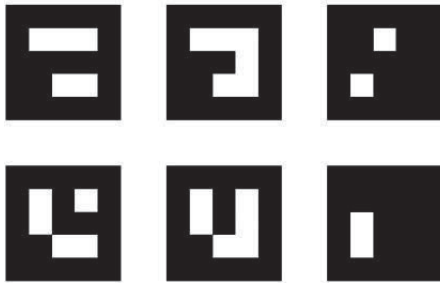


Abbildung 4: Beispiele für die verwendeten Marker (links) sowie auf dem Szeneobjekt „Stuhl“ angebrachte Marker (rechts)

Für die Definition von Montageposition wird nur ein Marker benötigt. Alle auszuführenden Montageaufgaben müssen diesem Marker zugewiesen werden. In der Simulation führt dies dazu, dass der virtuelle Werker zunächst die benötigten Szeneobjekte zur Montageposition transportiert und anschließend bearbeitet.

2.2 Entwurf der physischen Repräsentationen

Für den Entwurf der physischen Repräsentationen, im Folgenden Targets genannt, wurde mit einer Reihe möglicher Darstellungen unterschiedlicher Abstraktionsgrade experimentiert. Dabei zeigte sich, dass eine Unterscheidung in drei Klassen sinnvoll ist.

Die erste Klasse enthält Static-Targets, wie Regale, Tische oder den Werker selbst. Für derartige Objekte werden vereinfachte Formen, wie Holzklötzer oder universelle stapelbare Holztische verwendet. Die zweite Klasse beinhaltet einfache Interaktionsobjekte, die vom Werker aufgenommen und an anderer Stelle wieder abgestellt werden können. Für diese teilweise komplexen Szeneobjekte hat sich der Nachbau mit Hilfe eines 3D-Druckers als sinnvoll erwiesen, da somit die Nutzer intuitiver zwischen den verschiedenen physikalischen Repräsentationen unterscheiden können. Für jedes der Objekte wurde ein Starttarget zur Markierung des Startpunktes sowie ein andersfarbiges Zieltarget zur Markierung des Zielpunktes erstellt.

Zur letzten Klasse zählen Arbeitsaufgaben, bei denen mehrere Bauteile bearbeitet, d. h. zusammengefügt oder getrennt, werden müssen. Hierzu

wurden Gruppen spezieller Targets erstellt. Abbildung 5 (links) zeigt das Assembly-Target, mit dem ein Bearbeitungspunkt in der Szene festgelegt wird. An diesem Punkt müssen oft zuerst mehrere Objekte platziert werden, ehe die Arbeitsaufgabe ausgeführt werden kann. Zusätzlich kann der Nutzer das in Abbildung 5 (rechts) gezeigte zugehörige Assembly-Rectangles an einer beliebigen Position der TUI Arbeitsfläche platzieren um direkten Zugriff auf den Montagebereich zu erhalten. Dadurch können die Objekte auf dem Montagetisch spezifisch positioniert und orientiert werden. In der Simulation werden zunächst alle innerhalb des Assembly-Rectangles platzierten Objekte an die Montageposition transportiert und entsprechend der Nutzervorgaben angeordnet. Anschließend erfolgt die Bearbeitung der Szeneobjekte.



Abbildung 5: Darstellung des Assembly-Targets (Links) sowie des Assembly-Rectangles (Mitte) und der dazugehörigen virtuellen Darstellung (Rechts).

3. Darstellung der Szenarien

Für die Präsentation des haptischen Nutzerinterfaces wurden zwei prototypische Szenarien ausgewählt – Logistkarbeitsplätze und Montagearbeitsplätze. Diese beiden Szenarien decken den Hauptteil der in einer Fabrik anfallenden Arbeitsabläufe ab.

3.1 Szenario: Logistkarbeitsplatz

An einem Logistkarbeitsplatz besteht die Aufgabe der Arbeitskraft im Umsetzen und Transport von Objekten (siehe Abbildung 6). Dabei sind die unterschiedlich schweren und sperrigen Gegenstände aus verschiedenen Höhen aufzunehmen, zum Bestimmungsziel zu transportieren und dort abzulegen. Entscheidende Probleme bei der Gestaltung des Layouts sind hier die Größe der Regale und damit die Erreichbarkeit der zu handhabenden Objekte, die Korridorbreite und allgemein die Anordnung der Regale in der Fabrik. Dem Nutzer stehen in diesem Szenario eine Reihe von Regalen sowie eine Menge von Kisten zur Verfügung. Die Objekte können frei auf dem Arbeitstisch platziert werden. Zur Platzierung von Kisten muss der Nutzer ein Objekt für die Startposition und ein Objekt für die Endposition der Kiste aufstellen.

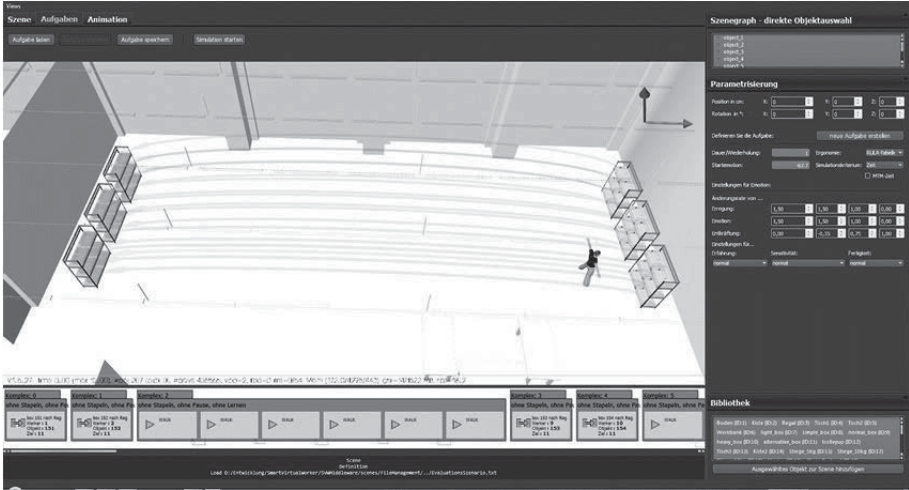


Abbildung 6: Beispiel für einen Logistikarbeitsplatz

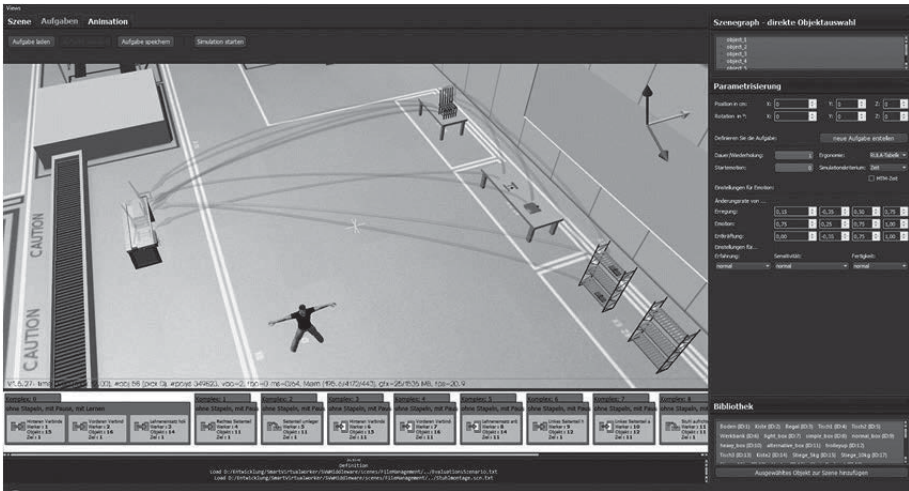


Abbildung 7: Beispiel für einen Montagearbeitsplatz zur Fertigung eines Stuhls

3.2 Szenario: Montagearbeitsplatz

Die Hauptaufgabe an Montagearbeitsplätzen besteht im Fügen von Objekten und damit der Herstellung komplexer Gegenstände. Dazu können Hilfsmittel wie Werkzeuge zum Einsatz kommen und je nach Fertigungstyp ein Materialtransport von benötigten Gegenständen und fertiggestellten Objek-

ten notwendig sein. Durch Nutzereingabe wird dem DMM die Arbeitsaufgabe im Hinblick auf die zu verwendenden Objekte und den zu nutzenden Arbeitsplatz übermittelt. Die Auswahl der unter diesen Parametern zielführenden Vorgehensweise wird durch die Handlungsselektion ausgeführt. Die einzelnen Arbeitsplätze können je nach Fertigungsablauf unterschiedlich stark miteinander verknüpft sein, wodurch sich eine Abhängigkeit zwischen diesen ergibt. Ein Beispiel für einen Arbeitsplatz zur Endfertigung eines Stuhls zeigt Abbildung 7.

4 Ergebnisse

In diesem Artikel wurde ein haptisches Nutzerinterface vorgestellt, das die Planung und Anpassung eines digitalen Fabriklayouts sowie die Anpassung der Arbeitsaufgabe erlaubt. Das Interface unterstützt den Planer und erleichtert ihm die Verbesserung seines Konzeptes durch die intuitive Gestaltung der graphischen und haptischen Nutzerschnittstellen. Aufgrund der kollisionsfreien Pfadplanung und der daraus resultierenden Handlungsselektion entwickelt das Modell selbst eine zielführende Vorgehensweise zur Lösung der gestellten Arbeitsaufgabe, was dem Nutzer hilft sein bisheriges Planungskonzept zu überprüfen und zu optimieren. Daraus ergibt sich eine in bisherigen Systemen nicht in dieser Form gegebene Benutzerfreundlichkeit für Endnutzer. Weiterhin ermöglicht die Anbindung an das SVW-Framework die Arbeitsaufgabe mit Hilfe eines digitalen Menschmodells zu simulieren und unter ergonomischen wie auch emotionalen Gesichtspunkten zu bewerten. Durch die Möglichkeiten der individuellen Anpassung und des wiederholten Simulierens kann somit der Einfluss von Layout-Änderungen unmittelbar verglichen und optimiert werden.

Das haptische Nutzerinterface wurde u. a. auf der Konferenz VAR₂₀₁₅ sowie diversen Workshops und Präsentationen einem Fachpublikum vorgestellt und erhielt eine durchgehend positive Resonanz. In den anschließenden Diskussionen wurde besonders eine Nutzung des Systems für Arbeits- und Fabrikplaner betont, die entweder ein bereits erstelltes Layout anpassen oder in einer Gruppe diskutieren wollen.

Die verwendeten Testszenarien decken schon jetzt ein breites Spektrum an möglichen Arbeitsaufgaben innerhalb einer Fabrik ab. Allerdings wurde das System noch nicht im Feldeinsatz validiert. Ein nächster Schritt wäre somit die Abbildung einer realen Werkhalle inklusive aller Arbeitsprozesse.

Literaturverzeichnis

Badler, N. 1997: Virtual humans for animation, ergonomics and simulation. In: Proceedings of the IEEE Workshop on Non-rigid and Articulated Motion, 28-36

- Bokranz, R. und Landau, K. 2006: Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag
- Chaffin, D.B. 2001: Digital Human Modeling for Vehicle and Workplace Design. Warrendale: Society of Automotive Engineers.
- Chaffin, D.B. 2005: Improving digital human modelling for proactive ergonomics in design. In: *Ergonomics* 48(5), 478–491
- Chedmail, P., Maille, B. & Ramstein, E. 2002: Etat de l'art sur l'accessibilité et l'étude de l'ergonomie en réalité virtuelle. In: *Mécanique & Industries* 3, 147–152
- Dassault Systèmes 2016: Delmia – Global Industrial Operations.
http://www.3ds.com/products-services/delmia, 10.03.2016
- Dinkelbach, H. Ü., Schuster, J. & Hamker, F.H. 2015: Reinforcement Learning zur Planung von Arbeitsprozessen: Anwendung von Reinforcement Learning Methoden zur Planung von Arbeitsaufgaben im industriellen Bereich. *Industrie Management* Ausgabe 1/2015, 9–12. Berlin: GITO Verlag.
- Fitzmaurice, G. W., Ishii, H. & Buxton, W. A. S.: Bricks 1995: Laying the foundation for graspable user interfaces. In: *Proceedings of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 442–449
- Fritsche, L., Jendrusch, R., Leidholdt, W., Bauer, S., Jäckel, T. & Pirger, A. 2011: Introducing ema (Editor for Manual Work Activities) – a new tool for enhancing accuracy and efficiency of human simulations in digital production planning. In: *Digital Human Modeling, HCII 2011, LNCS 6777*, 272 – 281, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin
- Gill, S.A. und Ruddle, R. A. 1998: Using virtual humans to solve real ergonomic design problems. In: *Proceedings of the 1998 International Conference on Simulation*, 223–229
- Hosokawa, T., Takeda, Y., Shioiri, N., Hirano, M. & Tanaka, K. 2008: Tangible Design Support System Using RFID Technology. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 75 – 78
- Ishii, H., Ben-Joseph, E., Underkoffler, J., Yueng, L., Chak, D., Kanji, Z. & Piper, B. 2002: Augmented Urban Planning Workbench: Overlaying Drawings, Physical Models and Digital Simulation. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 203–211
- Kronfeld, T., Fankhänel, J. & Brunnett, G. 2014: Representation of Motion Spaces using Spline Functions and Fourier Series. In: *Proceedings of the MMCS 2012, Mathematical Methods for Curves and Surfaces, Lecture Notes in Computer Sciences 8177*, 265–282
- MacAtamney, L. & Cortlett, E. 1993: RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. In: *Applied Ergonomics* 24(8), 91–99
- Müller, N. H. & Truschzinski, M. 2014: An Emotional Framework for a Smart Virtual Worker. In: *Human-Computer Interaction. Advanced Interaction Modalities and Techniques Lecture Notes in Computer Science 8511*, 675–686

- Müller, N. H., Truschzinski, M., Fink, V., Schuster, J., Dinkelbach, H. Ü., Heft, W., Kronfeld, T., Rau, C. & Spitzhirm, M. 2014: The Smart Virtual Worker – Digitale Menschmodelle für die Simulation industrieller Arbeitsvorgänge. Technische Sicherheit 7-8/2014, 32 – 35. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag
- Rautenberg, M., Fjeld, M., Krueger, H., Bichel, M., Leonhardt, U. & Meier, M. 1997: BUILD-IT: A Computer Vision-based Interaction Technique for a Planning Tool. In: Proceedings of HCI on People and Computers XII, 303–314
- Rohling, G. 2012: Building a Common Framework. In: Picture of the future, 111–112
- Ryan, P.W. & Springer, W.E. 1969: Cockpit Geometry Evaluation Final Report. Volume V. JANAIR Report 69105. Washington, D.C.: Office of Naval Research
- Schaub, K. 1988: Entwicklung eines modularen, rechnergestützten, dreidimensionalen man models mit interaktiver Anpassung an die Arbeitsgestaltungsaufgabe. Düsseldorf: VDI-Verlag
- Seidl, A. 2004: The ramsis human simulation tool. Working postures and movements. In: Tools for Evaluation and Engineering, 445–450
- Spanner-Ulmer, B. & Mühlstedt, J. 2010: Digitale Menschmodelle als Werkzeuge virtueller Ergonomie. In: Industrie Management – Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse 4/2010, 69–72
- Underkoffler, J. & Ishii, H. 1999: Urp: A Luminous-tangible Workbench for Urban Planning and Design. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors and Computing Systems, 386–393
- Vignes, R. 2004: Modeling Muscle Fatigue in Digital Humans. Technical Report, University of IOWA, Center for Computer-Aided Design
- Zufferey, G., Jermann, P., Do-Lenh, S. & Dillenbourg, P. 2009: Using Augmentations as Bridges from Concrete to Abstract Representation. In: Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology, 130–139

Kontakt

Dipl.-Inf. Thomas Kronfeld
 Technische Universität Chemnitz
 Straße der Nationen 62
 09111 Chemnitz
www.tu-chemnitz.de/informatik/GDV/

Prof. Dr. Guido Brunnett
 Technische Universität Chemnitz
 Straße der Nationen 62
 09111 Chemnitz
www.tu-chemnitz.de/informatik/GDV/

Vom Wert der designerischen Perspektive des Erlebens beim Re-Engineering von Produkten: ein Best-Practice-Project

Philip Zerweck

Beschreibung des Praxisbeispiels

Firma A trat als Hersteller von Leuchten am Markt auf. Firma A ließ die Leuchten von Firma B entwickeln, produzieren und verpacken. Firma A legte großen Wert auf Qualität und Styling ihrer Produkte. Designpreise waren regelmäßige Instrumente des Marketings. Das Design wurde zum Teil hausintern gemeinsam von beiden Firmen A und B geleistet zum anderen Teil als externe Dienstleistung eingekauft. Die Leuchte, die in dieser Arbeit behandelt wird, wurde um das Jahr 2000 von externen Designern entworfen und auf den Markt gebracht. Der Entwurf ging nicht näher auf die Konstruktion ein. Der dargestellte Fall des Re-Engineerings erfolgte 2008 durch den Autor dieses Beitrags. Da die Leuchte mittlerweile nicht mehr auf dem Markt ist, wurde diese Veröffentlichung ermöglicht. Dennoch ist die Namensnennung nicht freigegeben worden.

Beschreibung der Leuchte

Die Leuchte bestand im Wesentlichen aus einem quaderförmigen Edelstahlkorpus und einem oben geschlossenen Glaszylinder. Die Edelstahl-Bänderole um das Glas ist nur aufgesteckt und hat keinerlei Auswirkung auf das Fallbeispiel. Weiterhin gab es die Leuchte mit oder ohne Bewegungsmelder (in der unteren Glasöffnung) sowie optional mit einem Hausnummernschild, welches unterhalb an den Edelstahlkorpus anzubringen war.

Der Edelstahlkorpus wurde bei Firma B aus mehreren zugekauften Blech-Stanz/Laser-Biegeteilen zusammengefügt.

Das Glas war im hinteren Bereich geschlitzt, um über den geschlossenen Edelstahlkorpus geschoben zu werden. Zudem hatte es links und rechts des Schlitzes ein Loch zur Befestigung am Korpus. Die Glashalterung bestand

aus 2 Schrauben, deren Aufnahme am Gegenstück bei jeder Leuchte einzeln an die Fertigungstoleranzen des Glases anzupassen war.

Der Korpus wiederum wurde bei der Montage vor Ort nach dem Anschluss an die Hauselektrik auf eine Wandhalterungsplatte geschoben und fixiert.

Der Designbegriff und die designerische Perspektive des Erlebens

Wird heute im deutschsprachigen Raum der Begriff *Design* verwendet sind ohne Erläuterung auf welchen Begriff man sich beruft Missverständnisse nahezu unvermeidlich. Es gibt schlicht keinen einheitlichen Design-Begriff, weder innerhalb noch außerhalb einer selbst erst im Erkennen begriffenen Disziplin. Bürdek spricht daher von einer adoleszenten Disziplin (Bürdek, Bernhard E. 2012).

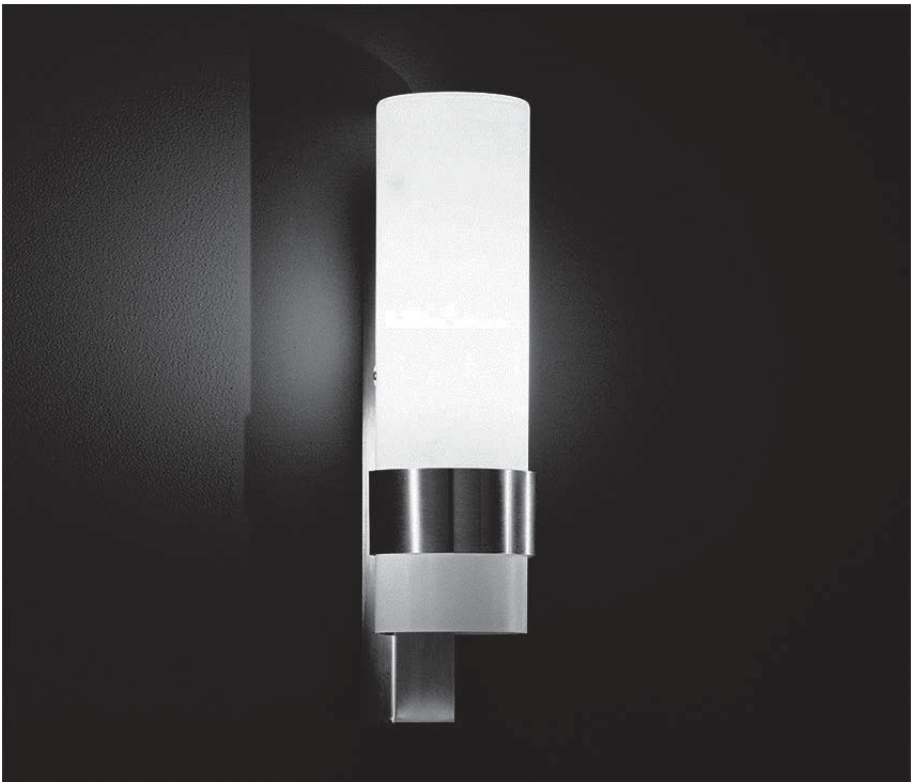


Abbildung 1: die Leuchte vor dem Re-Engineering

Seit 2004 existiert nun mit der ersten Fassung des Designgesetzes (Langname "Gesetz über den rechtlichen Schutz von Design") in Deutschland eine Legaldefinition des Begriffs *Design*. Dort heißt es (§1, Abs. 1) "Im Sinne dieses Gesetzes 1. ist ein Design die zweidimensionale oder dreidimensionale Erscheinungsform eines ganzen Erzeugnisses oder eines Teils davon, die sich insbesondere aus den Merkmalen der Linien, Konturen, Farben, der Gestalt, Oberflächenstruktur oder der Werkstoffe des Erzeugnisses selbst oder seiner Verzierung ergibt;" (DesignG 2004)

Da dies jedoch eine sachbezogene Begriffsdefinition ist, kann sie nur im übertragenen Sinne auf Handlungen und Menschen bezogen werden. In Zerweck 2016 hat der Autor unterschiedliche Designbegriffe – im Sinn Auffassungen von Design – für den deutschsprachigen Raum (auch im Gegensatz zum Englischen) erarbeitet und eine Begriffslandschaft entwickelt. Dort wird unterschieden zwischen:

- Das Flachland des allgemeinen Lebens. Hier herrscht eine klare Vorstellung von Design: *Design fungiert als Zeichen der verfeinerten Lebensart.*
- Das Mittelgebirge der Arbeitswelt mit ihren disziplinären Rücken. Zusammenfassend ist heute hier ein klarer und entspannter Designbegriff vorhanden: Design wird als ernstzunehmende berufliche Disziplin verstanden, die sich durch ihre Ausbildungsinhalte und ihr Machen selbst erklärt, analog zu den anderen Disziplinen: Design ist, was Designer machen. Oder eigentlich, XY-Design ist, was XY-Designer machen, wobei XY für Auto, Mode, Industrie, Grafik, Möbel, Medien, Keramik etc. steht. Die Differenzierung in Handlungsfeld, Methode und Ausbildung ist erheblich und eine einheitliche disziplinäre Handlungsweise Design hat sich nicht etabliert, oder wird sich nie etablieren, analog den Unterschieden in den ingenieurwissenschaftlichen und geisteswissenschaftlichen Disziplinen. Jedoch wird als einheitliches disziplinäres Fundament die Ästhetik der Dinge, also die Bearbeitung der Wahrnehmung des zu Verantwortenden verstanden. Knapp formuliert: *Der Designer hat ganzheitlich das Erleben eines Produktes zu verantworten* (erweiterter Produktbegriff).
- Im Hochgebirge der Entwicklung mit disziplinübergreifenden Handlungsweisen wird Design einerseits in seinem ursprünglichen, englischen Wortsinn als Art und Weise zu Handeln verstanden. Seit dem Erwachen des Design Research hat sich das Verständnis für den Charakter dieser Handlung verbessert: *De-*

sign wird als Entscheidungshandeln verstanden, um deontische Fragen, jene nach dem was sein soll, zu beantworten.

Im hier behandelten Fallbeispiel wird Design wie im zweiten Begriffsfeld im Sinne der beruflichen Disziplin verwendet, mit der Kernkompetenz das ganzheitliche Erleben des Produktes verantworten zu können. Dies trifft die Legaldefinition aus dem DesignG, in der auf der Sachebene dem Design ja die dem Erleben zugrunde liegenden Eigenheiten eines Produktes zugeschrieben werden: "Erscheinungsform eines ganzen Erzeugnisses". Die Unterschiede (erweiterter Produktbegriff versus rein physische Erscheinungsform) sind bei diesem Fallbeispiel vernachlässigbar: Lediglich bei der Montage der Leuchte durch den Kunden findet ein Erleben jenseits der physischen Form statt.

Bei der Untersuchung des stattgefundenen Re-Engineerings wurde besonders diese designerische Perspektive bei der Bearbeitung der Aufgabe beleuchtet. Der Begriff des Design als allgemeine Handlungsweise zur Beantwortung der Frage "Was sein soll", ist für dieses Fallbeispiel weniger geeignet, es wird aber im Verlauf auch hierauf eingegangen.

In der Designbegriffslandschaft in Abbildung 2 ist das Fallbeispiel als Querschnittsaufgabe (horizontaler Balken) im Spannungsfeld der unterschiedlichen beruflichen Disziplinen und allgemeinem Leben (Konsument) verortet.

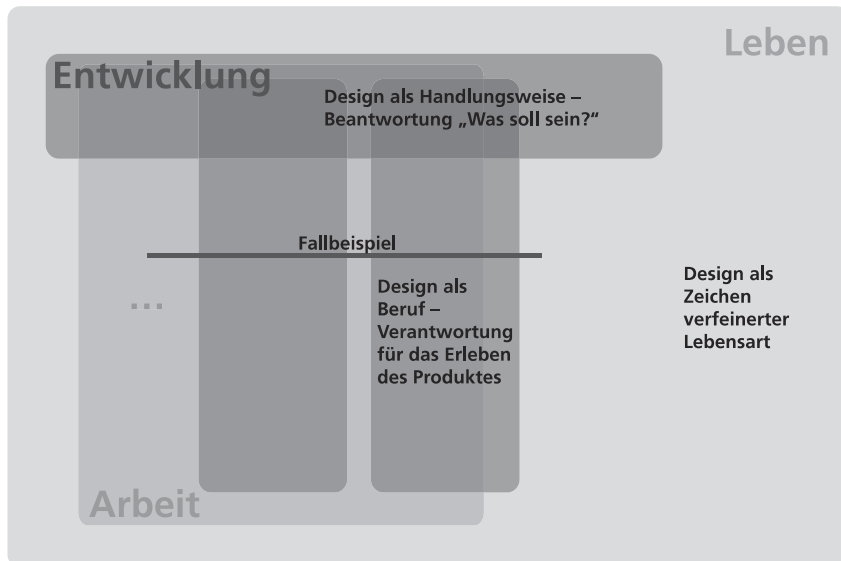


Abbildung 2: Verortung des Fallbeispiels (horizontaler Balken) in der Begriffslandschaft Zerweck 2016

Beschreibung, wie es zum Re-Engineering kam

Problementwicklung

Im Folgenden wird die Problementwicklung an Hand der 6 Schritte der allgemeinen Struktur von Problemen nach Dehlinger 2003 dargestellt.

Nach anfänglich guten Markterfolgen trat Unbehagen und Irritation auf (1. Schritt). Im 2. Schritt konnte das Unbehagen lokalisiert werden: Die Konstruktion bedingte ein ungünstiges Glas im Zukauf und eine aufwändige Montage. Im 3. Schritt wurde eine Diskrepanz zwischen Ist und Soll festgestellt: Das Verhältnis von Herstellungspreis zu Verkaufspreis war schlechter als gewünscht. Im Detail: Der Preis, den Firma B von Firma A forderte war für A zu hoch und für B zu niedrig. Der 4. Schritt, die Frage, warum klappte Ist und Soll auseinander, wurde verschiedentlich kausiert. Diese unterschiedlichen Kausierungen waren:

1. Der Verkaufspreis der Firma A am Markt war zu gering.
2. Die Kalkulation von Firma A war zu hoch bzw. deren Marge zu groß.
3. Die Kalkulation von Firma B war zu hoch bzw. deren Marge zu groß.
4. Firma B stellt zu teuer her.

Die mögliche Kausierung "Das Produkt ist nicht marktfähig." wurde nicht vorgenommen, da sie einen wichtigen Beitrag zum Umsatz darstellte und aus Gründen des Produktportfolios im Sortiment verbleiben sollte. Die Frage in Schritt 5 – Ist es angeraten das Problem zu lösen? – wurde zunächst nicht konkret beantwortet.

Erste Lösungsversuche

Die unterschiedlichen Kausierungen führten zu ersten Lösungsansätzen (dargestellt entsprechend der Kausierung):

1. Der Verkaufspreis der Firma A am Markt wurde überprüft, konnte aber bei einem reifen Produkt nicht angehoben werden.
2. Die Kalkulation von Firma A wurde überprüft und festgestellt, dass man bereits vor längerer Zeit hätte tätig werden müssen: Durch nicht weitergegebene Preisanpassungen im Einkauf (Verkauf Firma B) war die Marge bereits unter Soll.
3. Die Kalkulation von Firma B wurde überprüft und festgestellt, dass man bereits vor längerer Zeit hätte tätig werden müssen: Nötige Preisanpassungen durch gestiegene Kosten bei Zukaufteilen und Herstellung waren nicht in voller Höhe

weitergegeben worden, die Leuchte wurde nicht mehr kostendeckend produziert.

Die drei ersten drei Lösungsversuche (analog der Kausierungen) scheiterten nicht nur, sondern zeigten vielmehr auf, dass das Problem größer war als vermutet. Es verblieb die 4. Kausierung "Firma B stellt zu teuer her". An diesem Punkt wurde Schritt 5 der Problementwicklung – Ist es angeraten das Problem zu lösen? – unumgänglich: Sollte das Problem gelöst oder das Produkt vom Markt genommen werden? Und was war das Problem? Es folgte der 6. und letzte Schritt: Entschluss zum Handeln!

Erste Lösungsversuche günstiger zu produzieren

Kostentreiber der Produktion waren das Zukaufteil "Glas" und die konstruktive Lösung der Glashalterung (siehe Abbildung 3). Das mundgeblasene, opake Überfangglas verursachte neben den hohen Bezugskosten hohe Kosten bei der Wareneingangsprüfung und einen Ausschuss von ca. 40 % der gelieferten Ware. Die Maßungenaugkeiten der Grundform, des Schlitzes und der Befestigungslöcher führten gemeinsam mit der konstruktiven Lösung zu einer aufwändigen Montage. Als Aufgaben wurden die verbesserte Beschaffung (Preis, Qualität), die Umkonstruktion der Glashalterung, sowie die Prüf- und Fertigungsorganisation abgeleitet. Firma B ging der Frage günstiger zu produzieren parallel auf unterschiedlichen Wegen nach: kaufmännisch, organisatorisch und konstruktiv.

Kaufmännischer Lösungsversuch:

Der Einkauf versuchte zunächst andere Bezugsquellen für das Glas zu finden. Die Lieferantenlage war jedoch eng: Die meisten Glashersteller in Europa hatten zu wenigen großen fusioniert und für solche kunsthandwerklichen Herstellungsverfahren gab es nur noch wenige Fertigungsstätten. Bei einem Jahresbedarf von wenigen hundert pro Jahr und stark schwankender Nachfrage sind Bezugsquellen über weite Strecken hinweg (Asien) zudem schwer organisierbar bzw. die Organisationskosten höher als das Sparpotenzial. Gab es für opakes Überfangglas in solcher Qualität noch Ausweichmöglichkeiten, so schrumpften diese weiter, durch den Schlitz, welcher nach dem Blasen eingeschliffen werden musste sowie den Bohrlöchern für die Halterung. Als Ausweg blieb nur eine erneute Verhandlung mit dem bisherigen Lieferanten mit dem Ziel einer besseren Maßhaltigkeit, weniger Ausschuss zu liefern und einem geringeren Preis. Die Verhandlung scheiterte nicht nur im Hinblick auf die genannten Ziele, sondern der Lieferant eröffnete, dass er unabhängig vom Preis nicht mehr bereit sei, das Produkt zu liefern, da die Anforderungen zu hoch seien: Durch Einschliff und Bohren sprängen zu viele Gläser bei der Fertigung.



*Abbildung 3:
"Das Problem": mundgeblasenes
Überfangglas, eingeschliffener
Schlitz, gebohrte Löcher und einzeln
anzupassende Glashalterung.
Mit Edding markiert: Fehler im Glas.
(Glas wird eigentlich über das
Blech geschoben und von hinten an
die Halterung geschraubt.)*

Organisatorischer Lösungsversuch:

Die Arbeitsorganisation versuchte die Eingangsprüfung des Glases und einzelstückbezogene Anpassung der Halterung während der Montage zu optimieren. Es wurde jedoch keine weiteren Sparpotenziale gefunden, da das Produkt bereits mehrere Jahre gefertigt wurde und die Potenziale im kontinuierlichen Verbesserungsprozess bereits ausgeschöpft waren.

Konstruktiver Lösungsversuch:

Die Aufgabenstellung war: "Verbessere die Glashalterung, um Kosten zu sparen, aber ohne das Produkt zu verändern." Der zweite Teil der Aufgabe war Vorgabe durch Firma A, die das Produkt so wie es am Markt angenom-

men und bekannt war weitervertreiben wollte. Sie wurde durch ausgebildete Techniker (Chef der Firma, Entwickler und Fertigungsleiter) angegangen. Die Aufgabenstellung enthielt offenbar einen Widerspruch, der aus technischer Sicht nicht lösbar war. Zumindest fand sich keine konstruktive Verbesserung der bestehenden Glashalterung. Innerhalb des aus technischer Sicht gegebenen Lösungsraums gab es keine verbesserte Lösung.

Re-Engineering

Einzug der designerischen Perspektive

Der Autor dieses Beitrags kam als neuer Leiter der Entwicklung der Firma B zu dem Projekt in dieser Situation hinzu: Der Bezug der Gläser war offen, die konstruktive Änderung mehrfach nicht gelungen, die Aufgabenstellung technisch widersprüchlich, die Leuchte drohte somit nicht mehr angeboten werden zu können.

Zunächst wurde der Kontext der Aufgabe hinterfragt: Was war unter "ohne das Produkt zu verändern" zu verstehen, oder wie kann es auch interpretiert werden? Firma A wurde offensiv angesprochen, ob die Leuchte physisch so bleiben soll, oder ob:

1. die Montage vor Ort anders sein dürfe,
2. die Leuchte im ausgeschalteten Zustand wie bisher aussehen muss,
3. die Leuchte das identische Leuchtbild abzugeben hat,
4. die Leuchte physisch anders sein kann, aber wie bisher erscheinen solle?

Hintergrund der Fragen war die Vermutung des Designers, dass weder in Firma A, noch in Firma B darüber nachgedacht worden sei, wie denn der Kunde die damalige Leuchte wahrnahm.

Durch die Antworten wurde der Lösungsraum deutlich ausgeweitet und der scheinbare, technische Widerspruch aufgelöst:

1. Die Montage war Firma A egal, so einfach oder noch einfacher als bisher.
2. Die Leuchte soll so aussehen wie bisher, kleine Änderungen, wie sichtbare Senkkopfschrauben o. ä. wären akzeptabel.
4. Das Leuchtbild sollte definitiv bleiben wie bisher.
5. Die physische Gestalt der Leuchte war Firma A egal, wenn die Erscheinung gleich bliebe, auch wenn Firma A und B keine Vorstellung hatte, wie das gehen soll: Es wurde schlicht kein Unterscheid in beiden Aussagen gesehen.

Analyse des Erlebens des Produktes durch den Endkunden

Die Leuchte wurde nun in drei Aspekten daraufhin untersucht, wie der Endkunde das Produkt erlebt:

Interaktionen bei Montage und Lampenwechsel:

Der Kunde montierte eine Montageplatte an die Wand, schloß die Hausselektrik an dem frei schwebend zu haltenden Edelstahlquader an, schob diesen auf die Montageplatte und fixierte ihn mit einer Schraube von oben, bestückte die Fassung mit einer Glühlampe, schob dann den geschlitzten Glaszylinder über den Edelstahlquader mit Fassung und Lampe, hielt ihn schwebend in Position an der Halterung und schraubte ihn fest. Zum Lampenwechsel musste der Glaszylinder abgeschraubt, dabei gehalten, abgenommen und später wieder aufgesetzt, gehalten und festgeschraubt werden. Analyse: umständlich. Der Edelstahlquader muss beim Kontaktieren gehalten werden, der Glaszylinder muss beim Festschrauben gehalten werden, wenn der Glaszylinder ausgetauscht werden muss, muss die Halterung umständlich angepasst werden, wenn die Halterung verstellt ist, sitzt der Glaszylinder schief.

Wahrnehmung im ausgeschalteten Zustand:

Das Produkt wurde im montierten Zustand senkrecht von vorne mit einer Abweichung von ca. $\pm 120^\circ$ horizontal und eher leicht von unten visuell wahrgenommen. Die grundlegende *Design-Idee* des Produktes war: Zwei feste, einfache Körper, Quader und Zylinder durchdringen sich. (Siehe Abbildung 4 Mitte, weiter unten.) Beide Körper haben unterschiedliche Materialität. Dieser *Witz* (weil physisch nicht möglich) macht den wesentlichen Reiz der Leuchte aus. Analyse: die *Design-Idee* ebenso wie die Dimensionen und die Materialien müssen beim Re-Engineering beibehalten werden.

Wahrnehmung im angeschalteten Zustand:

Zusätzlich zur Wahrnehmung im ausgeschalteten Zustand kommt der gleichmäßig ohne Schattenwurf von innen durchscheinende Glaszylinder. Jedoch durch die im Glas senkrecht nach oben stehende Lampe eine nach unten eingeschränkte Lichtabgabe. Die bisherige Halterung seitlich vom Edelstahlkubus verschattet die Lichtabgabe nach hinten an die Wand. (Siehe Abbildung 1: Man beachte aber das aus Marketinggründen geschönte Lichtbild.) Analyse: Unterhalb der Fassung ist konstruktiver Raum, ca. 270° oberhalb der Fassung muss der Glaszylinder frei sein. Wenn möglich sollte seitlich vom Edelstahlkubus frei bleiben.

Interaktion mit der montierten Leuchte:

Diese reduziert sich bei der normalen Variante auf das Schalten der Leuchte, welches aber unabhängig der Leuchte stattfindet sowie das automatische Anschalten der Leuchte bei Annäherung durch den am unteren Ausgang des Glaszylinders angebrachten Bewegungsmelders bei der entsprechenden Variante.

Aufgabe des Re-Engineering aus designerischer Perspektive

Im Gegensatz zu den ersten konstruktiven Lösungsversuchen, welche durch Umkonstruktion versuchten die Glashalterung zu verbessern ohne das Produkt zu verändern und an einem wahrgenommenen Dilemma scheiterten, wurde die Aufgabe nun deutlich anders aufgefasst: "Konstruiere die Leuchte neu, aber der Kunde muss sie wie die bisherige (oder besser) erleben."

Diese Aufgabenstellung ermöglichte nun einen deutlich größeren Lösungsraum, da die Leuchte bis auf die oben festgestellten Interaktionen und Wahrnehmungen komplett neu gedacht werden konnte. Der Fokus wechselte von problem- zu lösungsorientiert. Im Weiteren wurde die Aufgabe durch die (dem Design eigene) Kreativität – welche das Bestehende ignoriert – radikal angegangen.

Neufindung der grundlegenden *Konstruktions-Idee*

Mittels der Methode des Systematischen Zweifels (Rittel 1992, S. 89) wurden einige kritische Paradigmen des bestehenden Produktes hinterfragt:

- Der Glaszylinder ist geschlitzt. – Er ist nicht geschlitzt.
- Er hat Löcher zum Befestigen. – Er hat keine Löcher.
- Er wird festgeschraubt. – Er wird nicht festgeschraubt.
- Der Edelstahlkubus durchdringt den Glaszylinder. – Der Edelstahlkubus durchdringt den Glaszylinder nicht.
- Der Edelstahlkubus ist als Anschlussraum geschlossen – der Edelstahlkubus ist offen und bildet nicht alleine den Anschlussraum.
- Die Fassung wird von hinten gehalten. – Die Fassung wird nicht von hinten gehalten.

Aus der Interpretation der Negierungen ergab sich schnell eine grundlegend geänderte *Konstruktions-Idee*: Der Glaszylinder durchdringt den Edelstahlkubus, bleibt intakt, hat weder Schlitz noch Löcher, wird geklemmt statt geschraubt, der Edelstahlkubus wird stattdessen geschnitten und im nicht-sichtbaren Bereich geöffnet, ermöglicht bei fehlendem Glas einen offenen Anschlussraum der vom Glas verschlossen wird, die Fassung wird von

unten gehalten. Diese grundlegend andere *Konstruktions-Idee* bedeutete dennoch für den Kunden keine Änderung der *Design-Idee* im Sinne eines geänderten Erlebens, siehe Abbildung 4.

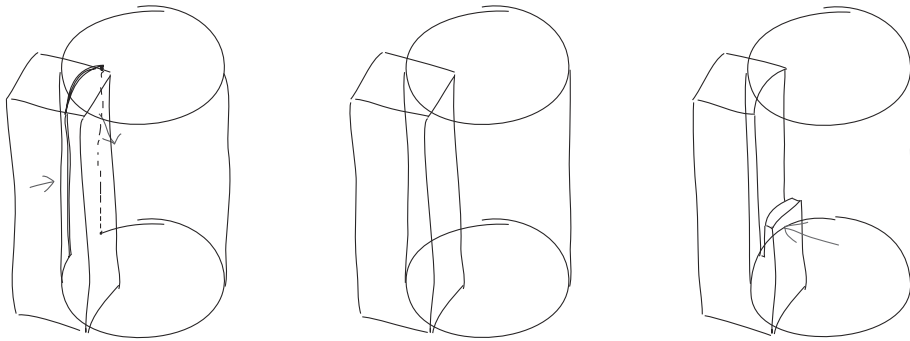


Abbildung 4: alte *Konstruktions-Idee*, *Design-Idee* und neue *Konstruktions-Idee* (v. l. n. r.),
graue Pfeile: Befestigungspunkte

Die Auskonstruktion ergab sich im Verlauf ohne Schwierigkeiten und wird hier nicht weiter erläutert.

Ergebnis des Re-Engineerings

Das Glas konnte günstiger und mit besserer Qualität eingekauft werden, da durch den Wegfall des Einschleifens des Schlitzes und Bohrens maßgebliche Komplikationen bei der Fertigung wegfielen.

Die Anzahl der zugekauften Blech-Stanz/Laser-Biegeteilen verringerte sich um 30 %. Die Gehäuse-Varianten wurden von 2 auf 1 reduziert, da die Halterung des Bewegungsmelders nun integriert war. Die Fertigung des Edelstahlkubus wurde deutlich vereinfacht, da ein Teil der Schweißnähte wegfielen, weniger Teile zu fügen waren und die Menge der zu veredelnden Oberflächen deutlich reduziert wurde.

Die Montage beim Kunden wurde deutlich vereinfacht, da die separate Montage von Montageplatte und Edelstahlkubus wegfiel und der Glaszylinder beim Befestigen nicht mehr gehalten werden muss. Die Klemmung und Fixierung des Glases ist unabhängig der Größenvarianz der Glaszylinder und daher können diese einfach getauscht werden.

Das Erscheinungsbild der montierten Leuchte wurde so wenig geändert, dass die Produktfotos und Marketingunterlagen nicht geändert werden mussten. Einzige sichtbare Änderung war eine sichtbare Senkkopfschraube, die die Klemmung des Glaszylinders übernimmt.

Die Leuchte war nach dem Re-Engineering noch sieben Jahre am Markt.

Wert der designerischen Perspektive

Geht man von der These aus, dass es sich bei dem Grund des Erfolges der angewandten Strategie nicht um individuelles Können handelt, stellt sich die Frage nach dem Wert des aufgezeigten Vorgehens.

Im konkreten Einzelfall provozierte die designerische Perspektive das Hinterfragen der Aussage "ohne das Produkt zu verändern" von Firma A und des Begriffs "Produkt". Die designerische Perspektive ermöglichte zunächst die Auflösung des zunächst wahrgenommenen Aufgabendilemmas: "Ändere ohne zu ändern." Die Interpretation der "Änderung / Nichtänderung" auf unterschiedlichen Ebenen und somit Trennung in einmal physisch / technisch (Änderung) und das andere mal ästhetisch / Erleben durch Kunden / Design (Nichtänderung) öffnete erst den Lösungsraum. Dafür bedurfte es in erster Linie die Fähigkeit des Designers die ästhetische Sicht des Endkunden, somit sein Erleben, antizipieren zu können und so von der gegebenen physischen Realität zurücktreten zu können.

Weiterhin war im engen Korsett des Bestehenden die Kraft der Kreativität nötig die Gegenwart auszublenden. Diese Kreativität wurde durch designdisziplinären Methodengebrauch befördert.

Ein weiterer Punkt führt zu dem Begriff des Designs bei dem es als Entscheidungshandeln verstanden wird, also um deontische Fragen, jene nach dem was sein soll, zu beantworten (siehe Zerweck 2010). Wer diesen Designbegriff aktiv bedienen kann, der hinterfragt die Ausgangsaussage "was soll sein". Diese war im vorliegenden Fall nur implizit vorhanden, wurde bei den ersten Lösungsversuchen aber nicht thematisiert: Die ersten Lösungsversuche scheiterten daran, dass das bestehende Produkt so weit es geht als das, was sein soll, angenommen wurde. Wer beim Re-Engineering jedoch das Bestehende als im Prinzip sein sollende betrachtet, der engt seinen Lösungsraum maximal ein, bis dahin, das außer dem Bestehenden (zu ändernde) keine andere Lösung in Frage kommt.

Zusammenfassend kann man verallgemeinern, dass auch beim Re-Engineering oder Überarbeiten von bestehenden Produkten die Designdisziplin, als Kompetenz das Erleben des Produktes verantworten zu können, einbezogen werden sollte. Nicht um die Veränderung des Produktes auf die Einhaltung wie auch immer gearteter ästhetischer Werte zu kontrollieren, sondern umgekehrt, um durch die Abstraktion des Produkterlebnisses den technischen Lösungsraum zu öffnen, wo rein technische Interpretationen des zu Behaltenden Veränderungspotenziale nicht sehen können. Diese

Kompetenz ist lehr- und ausbaubar und nicht einem individuellen Genius geschuldet. Ob sie, ebenso wie der designdisziplinäre Methodeneinsatz, nun in Doppelqualifikationen einzelner Mitarbeiter, oder durch Hinzuziehen verschiedener Disziplinen angehöriger Mitarbeiter erfolgt, ist eine Frage des Umfangs eines Projektes.

Literaturverzeichnis

- Bürdek, Bernhard E. 2012: Design – auf dem Weg zu einer Disziplin. Kunst – Technik – Kultur, Wien
- Dehlinger, Hans 2003, Vorlesung „Theorien und Methoden des Planens und Entwerfens, Teil 1“, jährlich angebotene Lehrveranstaltung bis einschließlich 2003, Studiengang Produktdesign, Universität Kassel, <http://www.generativeart.de/Grundlagen1/Welcome.html>, letztes Update 26.08.2003, persönliche Mitschrift des Seminars
- Gesetz über den rechtlichen Schutz von Design, Designgesetz – DesignG 2004, in der Fassung von 1. Juli 2016, Bekanntgabe 8. April 2016 (BGBl. I Nr. 15 S. 558) http://www.gesetze-im-internet.de/geschmng_2004/index.html
- Zerweck, Ph 2010: Deontische Fragestellungen. In: Hugentobler, H. K., Mareis, C., Nyffenegger, F., Reichhardt, U., Zerweck, Ph.: Designwissenschaft und Designforschung: Ein einführender Überblick, Hochschule Luzern
- Rittel, H. W. 1992: Planen, Entwerfen, Design : Ausgewählte Schriften zu Theorie und Methodik, Stuttgart; Berlin; Köln; Kohlhammer (Facility Management; 5)
- Zerweck, Ph. 2016: design-begriffs-landschaft; Ableitungen für Designdidaktik und Designpädagogik. In: Park, J. H., Komar, R. (Hrsg.): Design & Bildung, Zeitschrift für Designpädagogik Ausgabe 1 2016, Stuttgart, Oldenburg, (Shanghai): dbv Deutscher Buchverlag GmbH

Kontakt

Dipl.-Des. Philip Zerweck
Heiko & Philippa GbR
Pastoriusstr. 27
90480 Nürnberg
zerweck@heikoundphilippa.de

Vorgehensweisen zum Einsatz universitärer Produktentwicklung als Innovationstreiber

Bernd Neutschel · Martin Wiesner · Michael Schabacker · Sandor Vajna

Der demografische Wandel in Deutschland geht mit einer Vielzahl von Herausforderung in Wirtschaft und Gesellschaft einher. In einer besonders starken Ausprägung ist Sachsen-Anhalt von diesen Entwicklungen betroffen. Damit bildet dieses Bundesland bei der Betrachtung demografischer Daten das Schlusslicht in Deutschland und gehört zudem im europäischen Vergleich zu den Regionen mit der schlechtesten Bevölkerungsentwicklung (MLV 2013). Die entscheidende Ursache für diesen negativen Trend liegt in der Wirtschaftssubstanz der Region. Sachsen-Anhalts ökonomische Struktur ist von Klein- und Mikrounternehmen mit lokalen und regionalen Aktionsradien geprägt. In der Folge finden nur unzureichende F&E-Aktivitäten in den Unternehmen statt, da die notwendigen Ressourcen nicht vorhanden sind. So stagnieren die F&E-Investitionen des Landes seit 2003 1-1,5 % des BIP (BMBF 2012). Der überwiegende Anteil dieser Mittel stammt aus öffentlichen Finanzierungsquellen. Weiterhin deutet die geringste Exportquote aller Bundesländer (26,6 %) auf eine unzureichende Internationalisierung hin. Ähnliche Sachverhalte zeigen sich bei Ländervergleichen mit Bezug auf die Erfindungstätigkeit und bei den internen F&E-Aufwendungen. Folglich ist das Innovationspotenzial der regionalen Wirtschaft sehr begrenzt und dies geht einher mit dem mangelhaften Entstehen von lukrativen Arbeitsplätzen. Deshalb verlassen derzeit etwa 65 % der Hochschulabsolventen Sachsen-Anhalt (Hartmann et al. 2013), wodurch der demografische Wandel beschleunigt wird.

Dieser Beitrag soll aufzeigen, in welcher Weise Universitäten als Partner für Innovationen der regionalen mittelständischen Wirtschaft agieren können. Hierzu soll mit der interdisziplinären Projektarbeit mit Unternehmen im Rahmen des Integrated Design Engineering (IDE) an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ein vielfach sehr erfolgreich verwendeter Unterstützungsansatz für die Produktentwicklung vorgestellt werden, der durch eine synergetische Verbindung aus technisch, betriebswirtschaftlich und gestalterisch getriebener Produktentwicklung eine F&E-Kompetenz für Unterneh-

men ermöglicht, welche durch die Nutzung universitärer und studentischer Ressourcen Mehrfachnutzen für Unternehmen generieren kann.

1 Ausgangssituation in der Produktentwicklung

Aus den verschiedenen Strömungen von Konstruktionstheorien und -methoden entwickelte sich seit den 1970er Jahren die *Integrierte Produktentwicklung* (IPE). Als erster beschrieb *Olsson* in seiner Dissertation „Systematisk Konstruktion“ an der Universität Lund die Grundzüge der IPE (Olsson 1976). Gemeinsam mit *Andreasen* und *Hein* (beide Technische Universität Kopenhagen) entstanden danach weitere Arbeiten (u.a. Hein et al. 1984), in denen die Integrierte Produktentwicklung (oder Englisch *Integrated Product Development*, IPD), international beschrieben und diskutiert wurde (Vajna 2014). Im Gegensatz zur bis dahin bekannten sequenziellen Abfolge der Entwicklungsschritte innerhalb eines Entwicklungsvorhabens war die parallele Bearbeitung der Schritte die wesentliche Neuerung, welche die IPE deutlich von den bisherigen Konstruktionsmethoden abgrenzte. *Olsson* definiert für die IPE vier parallel zu bearbeitende Handlungsstränge: Marketing, Entwicklung und Konstruktion, Fertigung sowie das projektbegleitende Projektmanagement, verbunden mit der laufenden Betrachtung von Wirtschaftlichkeit und Controlling (Abb. 1).

Der vorliegende Beitrag verwendet das IPE-Modell nach *Olsson* als Basis für alle weiteren Prozessbetrachtungen zur Produktentwicklung.

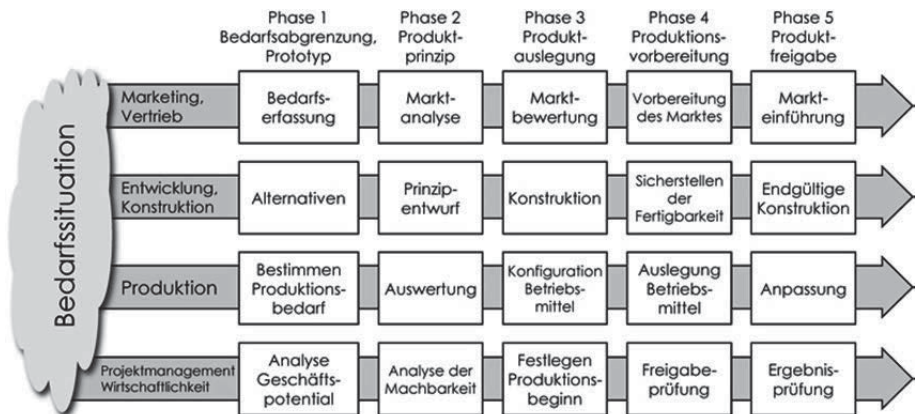


Abbildung 1: IPE-Modell nach Olsson (Vajna 2014)

2 Das Integrated Design Engineering (IDE) in Magdeburg

Basierend einerseits auf den Arbeiten von *Olsson* sowie *Ehrlenspiel* und *Meerkamm*, andererseits aufgrund von umfangreichen Erfahrungen mit Industrieprojekten wurde die IPE von den Autoren zum Integrated Design Engineering (IDE) weiterentwickelt (Vajna 2014). Im Folgenden wird das IDE näher beschrieben.

Ein wesentlicher Aspekt ist die Einbindung unterschiedlicher klassischer Produktentwicklungsdisziplinen hin zu einer gemeinsamen Vorgehensweise. So wird beispielsweise das Produktdesign gleichwertig zur Funktionalität des Produkts betrachtet. Die Vorgehensweisen dieser Disziplinen werden parallelisiert. Konflikte werden frühzeitig durch stetigen teaminternen Austausch ausgetragen (Abb. 2), wodurch sowohl ein Zeitvorteil als auch eine höhere Qualität im Endergebnis erzielt wird.

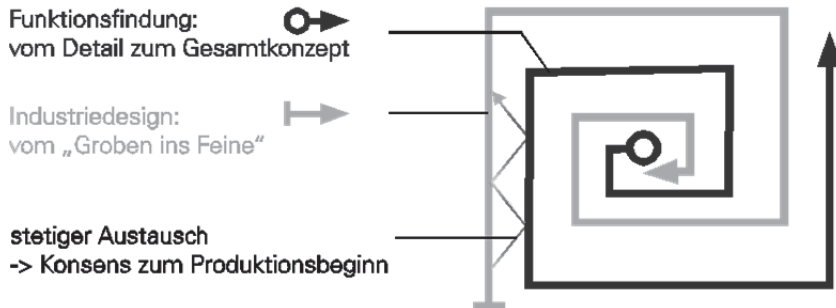


Abbildung 2: Unterschiedliche Vorgehensweisen im Produktdesign und Funktionsfindung

Ein weiterer Aspekt des IDE ist die Humanzentrierung. Während in der Integrierten Produktentwicklung nach *Meerkamm* (Meerkamm 1994) die Ebenen Mensch, Organisation, Technologie und Methoden gleichwertig dargestellt werden, steht im IDE der Mensch im Mittelpunkt aller Bemühungen, Vorgehensweisen und Integrationen (Abb. 3) (Burchardt 2001).

Hiermit sind sowohl der Nutzer bzw. alle Betroffenen des zu produzierenden Produkts und dessen implizite und explizite Bedürfnisse im Fokus, als auch alle an der Produktentwicklung beteiligten Menschen und deren spezifische Fähigkeiten.

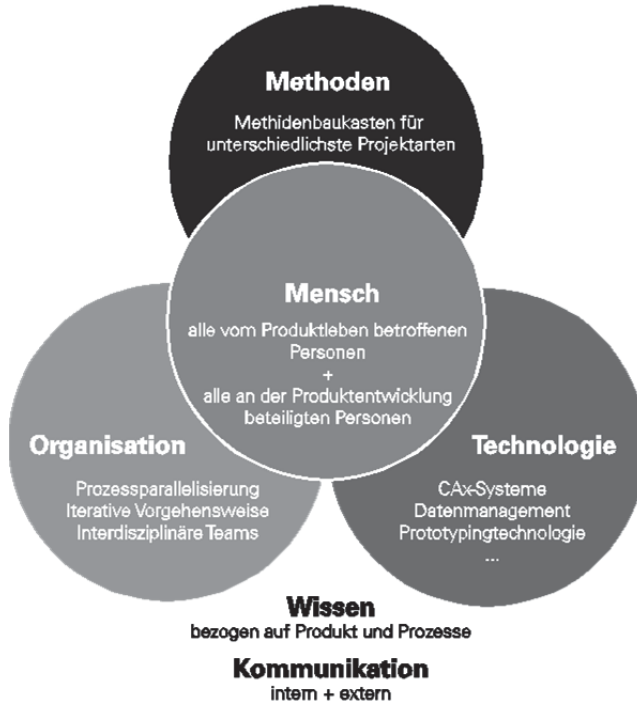


Abbildung 3: Magdeburger Modell der Integrierten Produktentwicklung nach (Burchardt 2001)

Für die Produktentwicklung werden sogenannte Attribute definiert, mit denen die benötigte bzw. erwartete Produktleistung und das Leistungsverhalten analysiert werden und mit denen einer der wesentlichen Grundsätze des IDE, die ganzheitliche Betrachtung und Berücksichtigung des Lebenszyklus (Meerkamm 1994), bereits während der Produktentwicklung laufend erfolgt.

Die ganzheitliche Sicht auf den Produktlebenszyklus lässt sich mit sechs Attributen erreichen (Vajna 2014):

- Produktdesign
- Funktionalität
- Handhabbarkeit
- Produzierbarkeit / Verfügbarkeit
- Instandhaltbarkeit
- Nachhaltigkeit

Die ersten drei Attribute beschreiben zusammenfassend die Produkt-Nutzer-Beziehung des Produkts. Entsprechend der Humanzentrierung des IDE

haben der Mensch und dessen Interaktion mit dem Produkt die höchste Bedeutung.

Es wird vorgeschlagen, die Attribute mindestens in folgenden Kernarbeitspaketen in der Produktentwicklung anzuwenden:

1. Anforderungsdefinition
2. Zielgruppendefinition
3. Konzeptbewertung
4. Entwurfsevaluierung basierend auf der Erfüllung der Attribute
5. Darstellen der Alleinstellungsmerkmale (USPs) gegenüber dem Marktumfeld

Neben klassischen Bewertungsmethoden wie der Nutzwertanalyse wird bei der Konzeptbewertung parallel anhand der Attribute überprüft, ob das Anforderungsprofil der Zielgruppe mit dem Angebotsprofil des Konzeptes übereinstimmt:

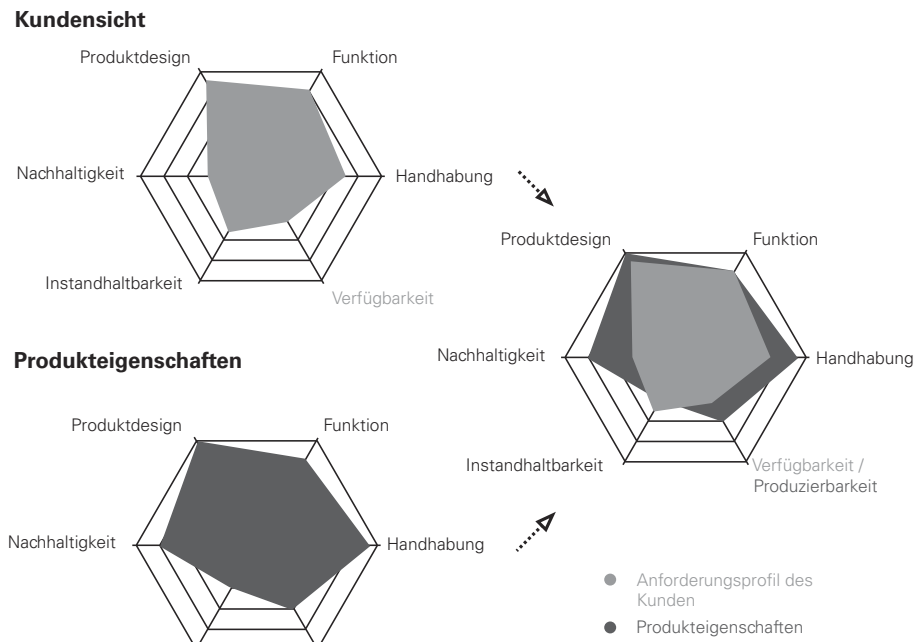


Abbildung 4: Spinnendiagramm zur Überprüfung eines „Fits“ der Zielgruppenbedürfnisse und der Konzepteigenschaften nach (Vajna 2014)

2.1 Methoden und Vorgehensweisen der interdisziplinären Projektarbeit im IDE

Im Folgenden werden Struktur und wesentliche Elemente der studentischen Projekte erläutert, die im Rahmen des Masterstudiengangs Integrated Design Engineering an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg seit 2011 erfolgreich durchgeführt werden.

Im Rahmen dieser Projekte wird stets eine komplette Produktentwicklung durchlaufen. Startend durch einen Entwicklungsimpuls eines externen Initiators basierend auf einer Bedarfssituation wird ein ganzheitlich durchdachtes Produkt erarbeitet.

Das Vorgehen entlang des Entwicklungsprozesses sind durchweg parallelisiert. Auch werden Iterationen im Entwicklungsprozess berücksichtigt (Abb. 5) (Vajna 2014). So ist beispielsweise eine erste Konzeptauslegung zusammen mit der zugehörigen Gestaltung nach einer ersten Bewertungsschleife neu zu überdenken, wodurch auch eine neue Rechenschleife nötig werden kann. Diese einzelnen Aufgabengebiete können parallel betrachtet werden, wenn ein stetiger Austausch besteht.

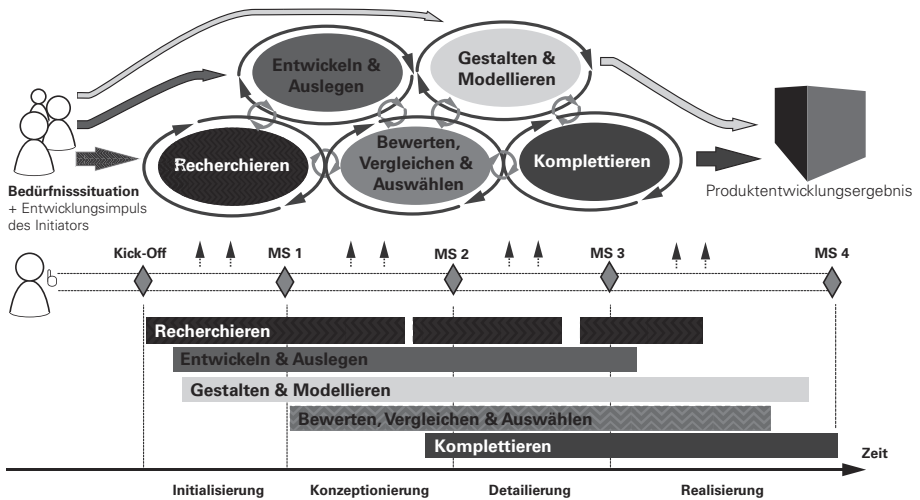


Abbildung 5: IDE-Vorgehensmodell nach (Vajna 2014)

Um einen zielgerichteten Austausch mit dem initierenden Unternehmen bzw. dem Gründer zu ermöglichen, werden vier Meilensteinpräsentationen durchgeführt.

Diese Meilensteine sind jedoch nur die Fixpunkte, an denen Kontakt mit dem Initiator aufgenommen wird. Ein intensiver Austausch mit dem Initiator und dessen Zuarbeit stellen einen wichtigen Erfolgsfaktor dar. Dieses wird ergänzt durch die Unbefangenheit der Studierendengruppe gegenüber dem Themengebiet und den Unternehmensstrukturen, die das Potential zu neuen kreativen Lösungen bietet und somit ebenfalls stark zu einer gelungenen Produktinnovation beiträgt.

Die Teamgröße liegt zwischen fünf und elf Personen. Die Teams sind stets interdisziplinär zusammengesetzt. Dies ergibt sich einerseits aus der Zusammensetzung der Teilnehmer des Masterstudiengangs als auch durch die universitätsweite Ausschreibung der Projekte. Neben der Durchmischung verschiedener Disziplinen werden auch erfahrene mit unerfahreneren Studierenden in Teams zusammengeführt (Drittsemestler + Erstsemestler und Externe). Dies trägt zur hohen Qualität des Projektergebnisses und zu einem signifikanten Wissenszugewinn der Studierenden bei.

Seitens der Universität werden die Studierenden von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter aus dem Bereich der Produktentwicklung und einem Mitarbeiter aus dem Bereich des Industriedesigns in zwei wöchentlichen Meetings betreut. In diesen Meetings werden die Arbeitsergebnisse der einzelnen Teammitglieder durchgesprochen. Alle Arbeitsergebnisse liegen auch stets digital vor und sind für alle Teammitglieder und Betreuer in einer Cloud abgelegt, so dass die Meeting-Termine nicht die Geschwindigkeit des Austauschs innerhalb des Teams limitieren.

2.2 IDE-Vorgehensmodell und Methodenkatalog

Mit dem IDE-Vorgehensmodell lässt sich ein breites Spektrum an Produkten entwickeln. Dies liegt neben den bereits aufgezeigten Aspekten auch an einer flexiblen aber dennoch methodisch fundierten Vorgehensweise basierend auf einem Methodenbaukasten (Abb. 6), aus dem für jedes Projekt kontextsensitiv eine sinnvolle Kombination zusammengestellt werden kann (Freisleben 2001). Neben analytischen und diskursiven Methoden sind auch solche Methoden, die zur intuitiven Problemlösung animieren, ein wichtiger Bestandteil der Projekte.

Aus der langjährigen Projekterfahrung heraus gibt es jedoch einige Kernarbeitspakete aus den in Abbildung 6 dargestellten Tätigkeitsfeldern (nach Vajna 2014), die nahezu projektunabhängig zum Einsatz kommen und die ein zielgerichtetes Gelingen und eine gemeinsame Vorstellung des Projektablaufs innerhalb des Studierendenteams als auch mit dem Initiator unterstützen. Diese elementaren Kernarbeitspakete sind in Abbildung 7 dargestellt.



Abbildung 6: Ausschnitt aus dem IDE-Methodenbaukasten

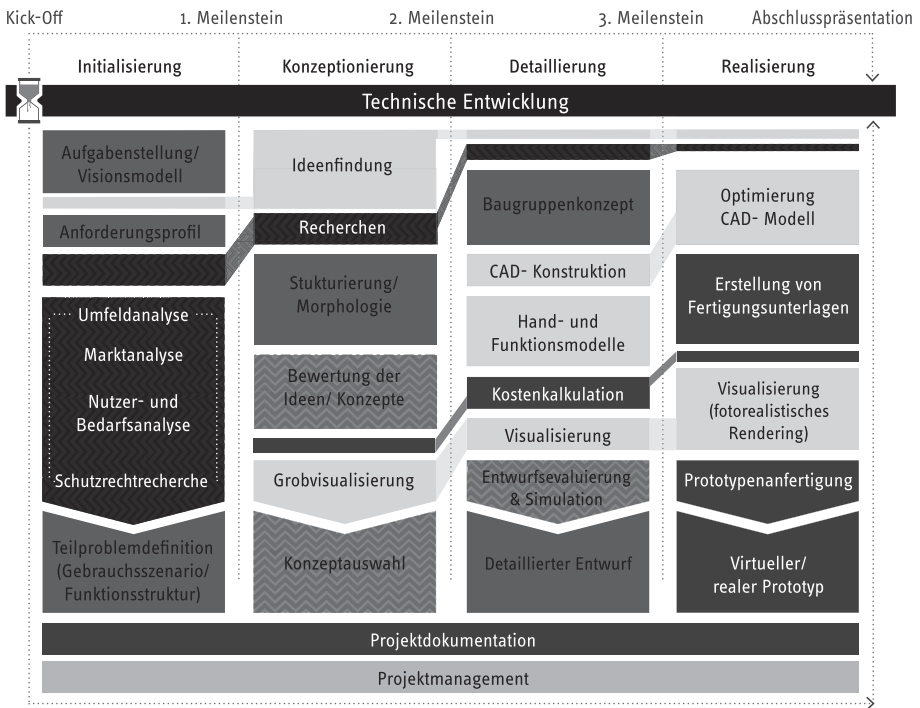


Abbildung 7: Darstellung einiger Kernarbeitspakete

Bis auf wenige Arbeitspakete, z.B. die Konzeptauswahl zum zweiten Meilenstein, sind diese Arbeitspakete nicht streng den Phasen zugeordnet. Die Abbildung dient der Orientierung für die Studierenden und den Initiatoren,

um darauf basierend individuell planen zu können und um wesentliche Aspekte nicht unbedacht auszulassen.

2.3 Der Businessplan in der Produktentwicklung

Wesentlicher Fokus des Integrated Design Engineering ist die proaktive Integration verschiedenster Fachrichtungen in die Produktentwicklung. Hierbei werden nicht nur die fachlichen Themen, sondern ganz besonders auch die verschiedenen Denkweisen der agierenden Entwickler miteinander vernetzt und synergetisch kombiniert. Wie zuvor beschrieben gilt dies im Besonderen für die Interaktion zwischen der technischen Entwicklung und dem Industriedesign. Beide verbindet die eher auf ‚Perfektion‘ ausgerichtete Produktvorstellung. Innerhalb einer Produktentwicklung ist es jedoch ebenso wesentlich, dass dieser perfektionistischen (auf das Produkt bezogen) Sichtweise eine wirtschaftlich und marktorientierte Vorgehensweise zur Seite gestellt wird. Hier kommt die Businessplangestaltung ins Spiel, welche sich zuweilen sogar vehement gegen ein in der Zielsetzung ‚perfektes‘ Produkt ausspricht (Komplexität, Entwicklungsaufwand, Kosten-Nutzen-Verhältnis). Gut herausgearbeitete Alleinstellungsmerkmale (USP) und ein verkaufs- bzw. marktfähiges Produkt stehen dabei eher im Vordergrund. So gilt es im IDE diese zum Teil auch gegensätzlichen Sichtweisen (Abb. 8) durch möglichst enge Iterationsschleifen miteinander zu verbinden und durch die parallele Bearbeitung spätere Nacharbeiten einzusparen.

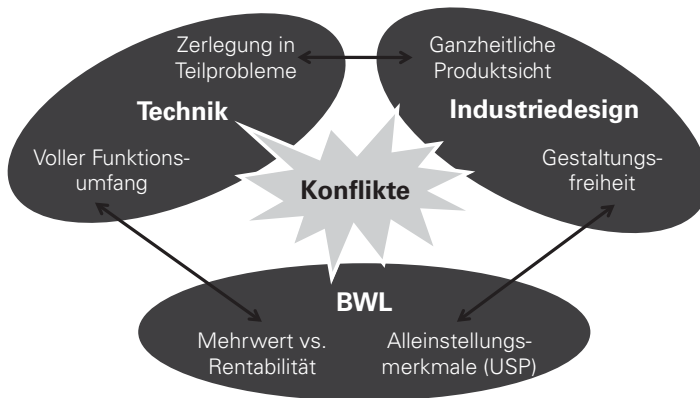


Abbildung 8: Vermittlung zwischen unterschiedlichen Disziplinen in der Produktentwicklung

Der konkrete Nutzen von Businessplänen wird innerhalb der Produktentwicklung durchaus kontrovers diskutiert. So gibt es bei Projekten mit größeren Industriepartnern oft sehr klare Angaben zum anvisierten Markt und den

potentiellen Nutzergruppen. Bei Gründerbegleitprojekten kann dies zum Projektstart jedoch auch noch vollkommen unbetrachtet sein. Damit kommt es auf die jeweilige Entwicklungsaufgabe und die damit definierten Randbedingungen an, wann entschieden werden soll, wie intensiv eine Businessplangestaltung parallel zur technischen Produktentwicklung durchgeführt werden muss.

Das Geschäftsmodell ist der Kern eines Businessplanes. Es sollte daher in jedem Fall (auch bei einem ausschließlich auf die technische Entwicklung fokussierten Projekt) betrachtet werden. *Osterwalder* und *Pigneur* (2010) bieten dafür eine sehr anschauliche *business model canvas* (BMC), in der u.a. Einkünfte, Ausgaben, Zahlungsströme und Beziehungen zwischen dem zu entwickelnden Unternehmen und den notwendigen oder gewünschten Partnern vermerkt werden können. Diese Basisüberlegungen sollten auch Ingenieure während der Entwicklung wertschätzen, da sie den Fokus auf die notwendigen Wertschöpfungsketten schärfen.

Durch die Lean-Startup-Bewegung verändert sich langsam die bisher sehr konservativ auf Nutzereinbindung reagierende Produktentwicklungsbranche. Die Notwendigkeit, alle Schnittstellen zwischen Produkt und Markt genau zu beschreiben, besteht dabei schon seit vielen Jahren. Dennoch ist es immer noch gängige Praxis, dass bspw. die Marktanalysen nicht dynamisch parallel zur Produktentwicklung getätigt werden, sondern meist unabhängig und ohne gegenseitigen Einfluss sequenziell getrennt sind. Um hier gegensteuern zu können, bietet *Osterwalder* eine *Value Proposition Canvas* (VPC) an, worin alltägliche Probleme von Nutzern (spätere Zielgruppen) den positiven Eigenschaften des neuen Produktes gegenübergestellt werden (Product Market Fit). Diese Verbindung nutzt das IDE, um die Humanzentrierung der Entwicklungsprozesse weiter heraus zu stellen.

Es ist festzustellen, dass vollumfängliche Businesspläne selten notwendig sind, um eine Produktentwicklung zu flankieren. Vielmehr ist es sinnvoll, einzelne Inhalte gezielt heraus zu arbeiten (BMC, VPC) und daraus Rückschlüsse auf das zukünftige Produkt zu ziehen. Die Bearbeitungsreihenfolge der einzelnen Businessplankomponenten ist dabei – im Gegensatz zur alleinigen Businessplangestaltung – innerhalb einer Produktentwicklung sehr wohl relevant. Innerhalb vielfacher Fallstudien konnte gezeigt werden, dass die kooperative Arbeit von technischer Entwicklung und der entsprechenden betriebswirtschaftlichen Begleitung deutlich durch Prozessanpassungen harmonisiert werden kann. Die Fallstudien entstammen einem Gründerbegleitprojekt namens „Senior- & Juniorpreneurship“, kurz „SeJu“.

3 Kombination von Produktentwicklung und Businessplangestaltung

SeJu gab Gründungsinteressierten die Möglichkeit, bestehende Produktideen technisch weiterzuentwickeln und parallel einen bankreifen Businessplan zu entwerfen. Dabei wurden die Gründer von je einem technischen und einem wirtschaftswissenschaftlichen Studierendenteam aktiv unterstützt. SeJu hat damit zur Erhöhung der Gründungsneigung von Personen mit Industrieerfahrung (Seniors) und Studierenden (Juniors) in Sachsen-Anhalt beitragen. Dabei wurde auf die schon über viele Jahre bestehende Kooperation zwischen den Lehrstühlen für Maschinenbauinformatik (Prof. Vajna) und Entrepreneurship (Prof. Raith) an der Universität Magdeburg zurückgegriffen, die ihre Kompetenzen in Sachen Produktentwicklung und Businessplangestaltung zum Zwecke der Gründerbegleitung vereinen. SeJu wurde von 2011 bis 2014 durch den Europäischen Sozialfonds (ESF) sowie durch das Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt gefördert. Nachfolgend wurde das Leistungsportfolio in das Transfer- und Gründerzentrum (TUGZ) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg überführt und steht nun den Gründungsinteressierten der Region zentral zur Verfügung.

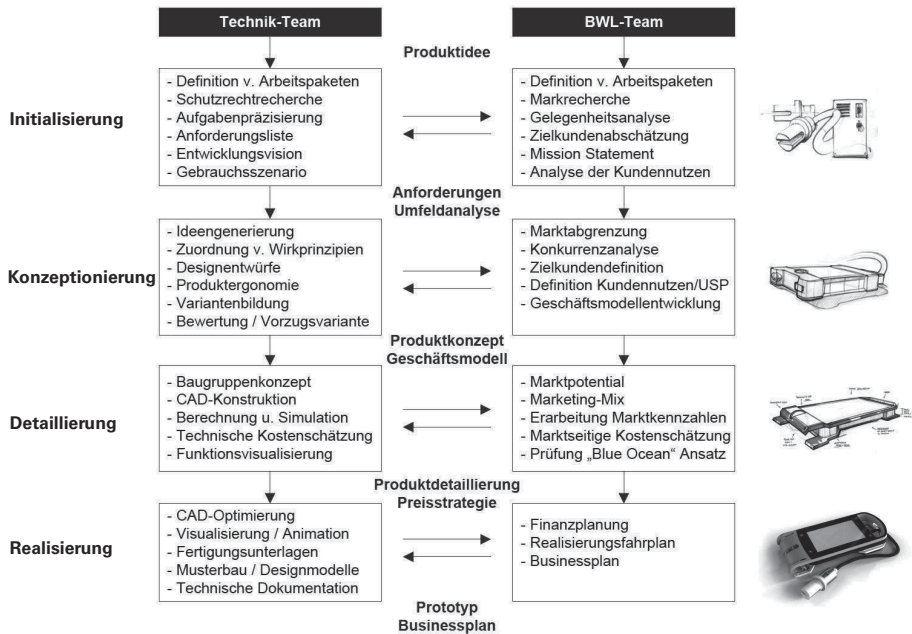


Abbildung 9: SeJu-Entwicklungsprozess am Beispiel Fluidanalyse-Gerät

Ähnlich der Teamzusammenstellung in den IDE-Industrieprojekten sind auch die SeJu-Projekte interdisziplinär besetzt. Zusätzlich zu dem technischen Entwicklungsteam arbeitet hier jedoch noch ein betriebswirtschaftliches Team gleichzeitig an einer Aufgabenstellung (Abb. 9). Zentraler Motivationsgeber ist der Senior bzw. Gründer, der im Vergleich zu Auftraggebern aus der Industrie im Durchschnitt deutlich längere und gehäufte Präsenzzeiten zeigt. Jedem Teammitglied wird in der täglichen Arbeit deutlich, dass es in dem Projekt eine treibende Kraft gibt, die aus den Entwicklungsergebnissen in sehr absehbarer Zeit den eigenen Lebensunterhalt bestreiten will. Man verfolgt ein gemeinsames Ziel und findet dabei auch über Alters- und Qualifikationsgrenzen hinweg einen Weg der Zusammenarbeit.

Durch die Begleitung von Unternehmensgründern konnte die Parallelisierung von betriebswirtschaftlichen und technischen Entwicklungsprozessen wissenschaftlich untersucht werden. Mit 14 begleiteten Gründungsprojekten wurden Fallstudien erzeugt, welche eine reichhaltige Wissensbasis darstellen.

3.1 Produktentwicklung und Businessplanung – Vorteile und Herausforderungen

Aus den Fallstudien lassen sich einige Vorteile der parallelen Bearbeitung von Produktentwicklung (PE) und Businessplanung (BPG) ableiten. Wesentlich ist u.a. die Möglichkeit der gegenseitigen Einflussnahme. So können bspw. Rechercheergebnisse tagesaktuell kommuniziert und auf Widersprüche geprüft werden. Marktanalysen können einen Kostenrahmen vorgeben, in dem sich die technische Entwicklung bewegen sollte, gleichzeitig kann jene rückkoppeln, welche Funktionalitäten in diesem Rahmen umsetzbar sind. In sequenziellen Prozessen müssten beide Bereiche vermehrt auf Schätzungen zurückgreifen, welche das Erfolgsrisiko des Entwicklungsvorhabens deutlich negativ beeinflussen könnten. Durch die parallele Arbeit steigen die Reaktionsmöglichkeiten bei einer gleichzeitigen Reduktion des Risikos. Eine aktive Steuerung der technischen Entwicklung durch aktuelle Wirtschafts-, Markt- und Nutzerdaten wird dabei ebenso ermöglicht, wie die dynamische Anpassung der Businessplanung durch parallel ablaufende Machbarkeitsstudien. Durch diese Interaktionen kann das Produkt in kürzerer Zeit stärker auf die Zielgruppen ausgerichtet werden.

Den Vorteilen stehen jedoch auch Herausforderungen gegenüber. Deutlich wird dies z.B. in der Identifizierung gegenläufiger Teilprozesse zwischen BWL und Technik. Prozessergebnisse eines Teams sind teilweise notwendig für den Start eines theoretisch parallelen Teilprozesses des jeweilig anderen Teams. Die Beispiele für diese Beobachtungen sind recht plakativ. So benötigt die technische Entwicklung präzise Aussagen zum avisierten

Zielkunden, den die Businessplanung jedoch erst nach ausgedehnten Analysen zum Projektende exakt benennen kann. Im Gegensatz dazu ist es zum Beginn aller betriebswirtschaftlichen Überlegungen notwendig, die möglichst konkreten Herstellungskosten des Produktes zu erfahren, welches jedoch erst noch entwickelt werden muss. Mögliche Tests und Befragungen bei den späteren Nutzergruppen dauern teilweise sehr lang – kurze Datenerhebungen sind dagegen selten valide. Grundsätzlich fehlen Positiv-Beispiele für derartig parallel durchgeführte Prozesse, was sich in der Regel in gehäuft auftretenden Konflikten äußert. Ursächlich sind hierbei oft Aufgabenbereiche, welche sich stark überschneiden. Beide Teams führen z.B. Markt- und Schutzrechtanalysen durch. Diese werden jedoch durch unterschiedliche Blickwinkel betrachtet und auf Grund differierender fachlicher Hintergründe auch in abweichender Tiefgründigkeit bearbeitet. Der Vergleich der Arbeitsergebnisse führt in der Folge zu unterschiedlichen Aussagen in vermeintlich gleichen Recherchegebieten. Der Kommunikation sowie der Abstimmung einzelner Teilprozesse zwischen den parallel agierenden Teams fällt somit eine Schlüsselrolle zu.

3.2 Harmonisierung der Parallelprozesse (PE & BPG)

Unter Beachtung der zuvor genannten unterschiedlichen Denkweisen von Ingenieuren, Designern und Entrepreneuren (Abb. 8) wurde innerhalb von SeJu damit begonnen, identifizierte Reibungspunkte in der Zusammenarbeit zwischen BWL und Technik auszuräumen. Hierbei mussten beide Seiten vorerst den „was wir machen, ist richtig“-Standpunkt verlassen, um grundlegende Änderungen in der Projektorganisation möglich zu machen. So wurde die Dokumentenordnung auf den gemeinsam genutzten Datenservern, welche zuvor nach den technischen Entwicklungsphasen (Initialisierung, Konzeptphase, Detaillierung, Realisierung) unterteilt waren, nun nach Businessplanetappen (Partner, Produkt, Finanzierung, ...) gegliedert, was das redundante Ablegen von Daten deutlich reduzierte. Weiterhin wurde eine konsequente Aufgabenteilung eingeführt. Schutzrechtrecherchen führt nun ausschließlich das Technik-Team in sehr detaillierter Form durch, wobei die Markt- und Konkurrenzanalyse grundsätzlich in der Verantwortung des Entrepreneurship-Teams liegen. Somit können die vorhandenen Kompetenzen ausgenutzt werden. Dies bedingt allerdings auch einen deutlich intensiveren Austausch von wenig gefilterten Rechercheergebnissen zwischen den Teams. Da zuvor festzustellen war, dass Ergebnisse in der Regel erst dann kommuniziert wurden, als diese als gesichert und valide galten, wird nun ein Unschärfe-Modell die Kommunikation zwischen BWL und Technik prägen. Nach diesem Modell werden alle Teilergebnisse, welche auch nur annähernd einen Richtungshinweis enthalten, direkt weitergegeben. So

können bspw. grobe Alterseingrenzungen der Zielgruppe und eine grobe Schätzung der auf dem Markt noch möglichen Verkaufspreisspanne von Seiten der BWL, eine deutliche Eingrenzung des Lösungsraumes auf Seiten des Technik-Teams in einer sehr frühen Phase bewirken. Ebenso können erste Kostenschätzungen der Technik in der Konzeptphase die Businessplanung wesentlich sicherer gestalten. Wichtig ist dabei, dass alle Aussagen mit einer möglichen Änderungswahrscheinlichkeit kommuniziert werden (Unschärfe), sodass die Empfänger der Informationen die darauf aufbauenden Arbeitsschritte und deren mögliches Wiederholungsrisiko planen können.

Es konnte nachgewiesen werden, die Vorverlagerung der Zielgruppendefinition und der Austausch von Vorüberlegungen zum Eingrenzen des Lösungsraumes zusammen mit verschiedenen projektorganisatorischen Optimierungen eine spürbare Prozessharmonisierung bewirken konnten.

3.3 Ausblick auf weitere Analysen

Aktuell führen die Autoren weitere Untersuchungen an Fallstudien durch, um diese Harmonisierung weiter zu verstärken. Die Analysen sind dabei sowohl theoretischer als auch praktischer Natur. So wird der Begriff „Meilenstein“ stärker hinterfragt, da Erfahrungen zeigen, dass unterschiedlichste Definitionen in einzelnen Fachbereichen zu deutlichen Kommunikationsproblemen führen. Eine klarere Benennung der Tätigkeiten zu diesen definierten Zeitpunkten soll hier Abhilfe schaffen. Weiterhin soll die Anwendung von Problem-Solution-Fit (Osterwalder 2010), Product-Market-Fit sowie die Nutzung der damit verbundenen Canvases innerhalb der Produktentwicklung verstetigt und intensiviert werden, um die Beschreibung der Bedürfnisse von Nutzergruppen zu verbessern. Gleichzeitig soll jedoch die Einbindung von Lean-Startup-Methoden kritisch hinterfragt werden. Speziell soll die Übertragbarkeit des aus der Software- und Dienstleistungsentwicklung bekannten Konzeptes des „minimum viable product“ (MVP) in die Hardware-Entwicklung geprüft werden. Letztlich ist die Frage zu beantworten, ob Innovationen tatsächlich nur mit der Einbindung der Kunden oder ganz und gar nur ohne Einbeziehung effizient geschaffen werden können.

4 Hochschulen als regionale Innovationsmotoren

Generell können aus der bisherigen Fallstudienarbeit des Integrated Design Engineerings folgende grundsätzliche Lehren gezogen werden:

1. Die Potentiale der parallelisierten Produktentwicklung und Businessplangestaltung sollte nicht allein nur für die Förderung von Startups aus dem Hochschulumfeld genutzt werden. Vielmehr

- können die gleichen Ressourcen und Prozesse auch für die Unterstützung von regionalen Unternehmen genutzt werden.
2. Eine reine Beschränkung auf die Entwicklungsunterstützung läuft zumeist ins Leere, da erst durch die Fokussierung auf Prototypen und deren Implementierung die tatsächlichen Probleme bis hin zum Markteintritt aufgedeckt werden können. Das heißt, eine Konzeptentwicklung (reine Unterstützung durch Dienstleistung) hilft nur wenig, wenn die nachgelagerte Umsetzung nicht vollständig mitgedacht wird.
 3. Zusätzlich zu studentischen Entwicklungsprojekten muss noch eine weiterführende Implementierungsunterstützung mit universitärem Know-how für Unternehmen angeboten werden.

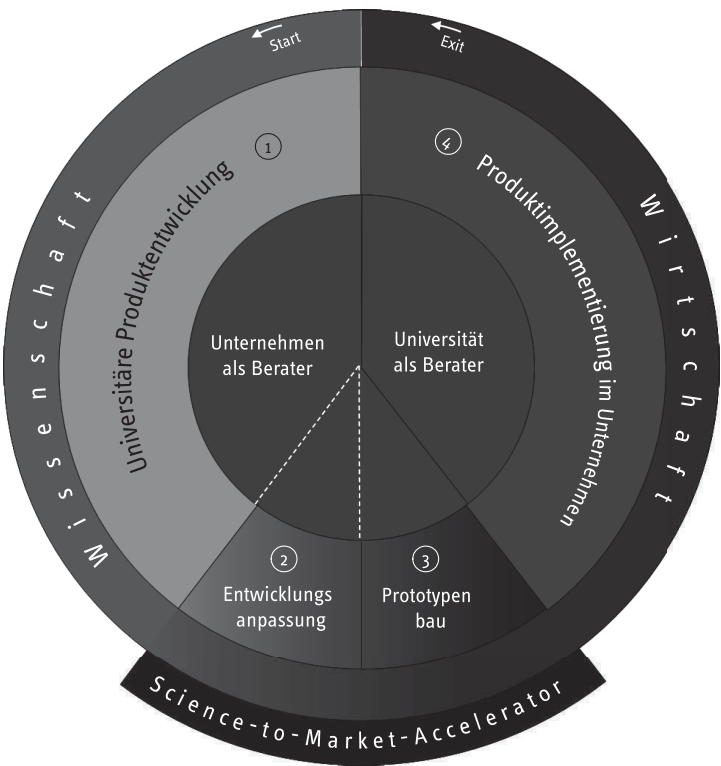


Abbildung 10: Entwicklungs- und Implementierungsprozess

4. Intensiver Austausch mit dem Initiator und zielgerichtete Zuarbeit, führen zu einem hohen Niveau im Endergebnis, welches nicht notwendigerweise die Kreativität und das „Scheuklappen-freie-Denken“ stört, wenn Phasen definiert werden in denen das Team frei arbeiten kann.
5. Interdisziplinäre projektspezifisch zusammengestellte Teams stellen die Basis dar, um einen ganzheitlich durchdachten Produktentwurf zu erhalten.
6. Projektspezifisch anpassbarer Methodenbaukasten unterstützt Projektleiter bei der Projektplanung und stellt über bewährte Methoden eine hohe Qualität und Begründbarkeit der entwickelten Lösung sicher.

Gelingt es also, nicht nur Produkte an der Universität zu entwickeln und diese dann „nur“ an etwaige Initiatoren zu übergeben, sondern diese Entwicklungen begleitet, nachhaltig in Unternehmen zu implementieren, so entsteht eine Hebelwirkung (Science to Market Accelerator – siehe Abb. 10), welche Universitäten tatsächlich zu regionalen Wachstumsmotoren reifen lässt, sodass diese ihre dritte Mission (Transfer) neben ihren ordinären Aufgaben (Forschung & Lehre) vollständig wahrnehmen können.

Literaturverzeichnis

- BMBF (2012): Bundesbericht Forschung und Innovation, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin.
- Burchardt, C. (2001): Ein erweitertes Konzept für die Integrierte Produktentwicklung. Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg
- Freisleben, D. (2001): Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen mit einem wissensbasierten Vorgehensmodell. Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg
- Hartmann, S., Thiel, M., Seegers, P. (2013): Studentische Mobilität in Deutschland, Studitemps GmbH, Köln.
- Hein, L., Pedersen, F.M., Andreasen, M.M., Olsson, F. (1984): Integrated product development: New potential products, in: Langdon, R. (Ed.): Design and Industry, Proceedings of the International Conference of Design Policy, held at Royal College of Art in London, 20–23 Juli 1982, The Design Council, London, S. 86–90.
- MLV (2013): Den demografischen Wandel gestalten, Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg.
- Meerkamm, H. (1994): Integrierte Produktentwicklung im Spannungsfeld von Kosten-, Zeit und Qualitätsmanagement, S. 1–13. VDI-Bericht 1136. VDI-Verlag, Düsseldorf
- Olsson, F. (1976): Systematisk Konstruktion, Dissertation, Institutionen för Maskonstruktion, Lunds Tekniska Högskola, Lund. (verfasst in Schwedisch)

Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2010): Business Model Generation, John Wiley & Sons, Toronto, 1. Auflage.

Vajna, S. (Hrsg.) 2014: Integrated Design Engineering, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1. Auflage.

Kontakt

Dipl.-Ing. Bernd Neutschel

Martin Wiesner, M. A.

Dr.-Ing. Dipl.-Math. Michael Schabacker

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Sándor Vajna

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Institut für Maschinenkonstruktion

Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik

Universitätsplatz 2

39106 Magdeburg

www.ide-master.de

www.lmi-ovgu.de

Considering emotional impressions in product design: Taking on the challenges ahead

Susan Gretchen Kett · Sandro Wartzack

1. Motivation

We state a growing importance in of implicit factors in user's decision making. The products they choose to use are no longer sufficient only addressing the basic functional requirements. Due to higher living standards, the users now ask for more than just the consideration of accessibility terms.

"[...] People have gradually enhanced their survival mentality from the materialistic fulfilment into the emotional one. This phenomenon has transcended producers' role in the market. They do not only manufacture products and provide goods, but they should also create a kind of product that can create atmosphere and stories, so that consumers can experience deeper satisfaction and emotions in their purchase behaviour." (Huang & Guan 2014)

There is a stronger focus on emotional aspects affecting users' product selection as ever before. Physiological UCD, however, already is a challenging task itself, regarding all parties and factors influencing its decision making process, so the concentration on other, more subjective factors still remain widely unconsidered. Recent User Centred Design (UCD) approaches already take up this fact, but still this is at the very beginning regarding UCD implementation (Law et al. 2010).

As on addressing emotional aspects in particular, the big challenge lies in the management of their low grade of concretisation and intense complexity. From other disciplines such as marketing strategy, psychology or sociology, we know instruments that help to describe this fuzzy theme. But still,

its discrete integration into product development processes and high complexity remains as one main issue.

In this paper, the challenges in design for emotions in the context of UCD are firstly examined to understand possible starting points. We give potential reasons for the insufficiency of current approaches by investigating specific challenges. Based on the findings on the present knowledge, an approach called ACADE – Application for Computer Aided Design of Emotional impressions – is illustrated. To get an overview of the different elements in its architecture, they are presented in the following. Giving a firm example, they are then linked to each other, illustrating the scientific potential of ACADE for future research in emotional.

2. State of the Art

User Centred Design is an important element in product development processes. UCD poses the user into the centre of efforts, giving systematic guidance. It comprises the consideration of physical, cognitive, sensory/perceptual, emotional, and communication capabilities of individuals in relation to the tasks they need to perform using processes, systems, or technologies in their environment. (Stanton et al. 2005)

Within the last decades, there has been a lot of good work taking physical considerations into account. The Inclusive Design Toolkit (Clarkson et al. 2013), the SENSI Catalogue (Biermann & Weißmantel 1997) or the DIN EN 894 (DIN 894) are only a few examples here.

Whereas many solutions for physical inclusion are provided (e.g. (Clarkson et al. 2013), (Waller et al. 2015)), still we have only few knowledge how to consider psychological inclusion.

Indeed, subjective well-being is a main issue for product design (Hassenzahl et al. 2013). From a user's perspective, it is not the physics of a product that contributes to users' happiness. Products are rather resources that address meaningful goals and what we do with products that can make us happy. (Desmet & Pohlmeier 2013) In this regard, understanding user motivation is even more essential. It can be argued that if the product idea does not involve user values and motivations, it is not acceptable at all and the redesigned task sequence is not useful either. (Kujala 2008) Recent UCD research therefore understands the interaction of users and products more as a whole micro-cosmos, also including subjective processes (Steinfeld & Smith 2013) like emotional relationships to the product. These processes are hard to measure but have great impact on user acceptance. In other disciplines as in market research, there are already models based on psy-

chological findings that try to overcome this issue. Some authors already refer to these (cf. (Yanagisawa 2010), (Barnes 2008)).

On the contrary, product design still demands for a strict requirements definition to ensure the value proposition and reliability of processes. Therefore, processible approaches must be provided to sufficiently support the product developer's work. The Usage Coverage Model, for instance, provides considerable support to evaluate product ranges from a usage scenario point of view (Yannou 2013). Another good example for implicit requirements' quantification is Kansei Engineering (KE). This method quantifies soft factors and especially subjective user experience ("kansei") in product design context. It examines the effects of product shape on test person's individual impression and preferences. By analysing varying product attributes and their impact on users' impressions, it is tried to translate them and to make them usable for design considerations (Guo et al. 2014), (Nagamachi 2002). The relationship between human beings and their immediate environment can thus be described in a systematic way (Lévy 2013). Nevertheless, these approaches may often seem rather arbitrary in choosing their parameters set and their results interpretation. Moreover, they tend to neglect the designer's talent of good decision making. In this paper, we pick up these findings to propose a new way in emotional user centred design.

3. Addressed Problems considering emotional factors

There is evidence that we need to focus on users' emotions in the design of technical products. Giving answer to the question why there is no adequate tool for their consideration so far, we take a closer look to its specific challenges. Therefore we summarize some of the challenges that exist both in UCD itself and its relevant enhancement for emotional inclusion. We extracted these findings during our studies examining several relevant surveys and research literature.

3.1 Usability of UCD approaches

Several studies examined the bias of user-centred design potential and its real application in the processes. For instance, Law et al. (2010) have revealed usability problems with universal design resources. They claim that evidence of a UCD approach was hardly found. There are only few concrete instructions how to introduce UCD as holistic, applicable methodology. Many product developers state that there is a lack of usability in current methods and tools (Goodman et al. 2006). Hence, our purpose is to ensure that the application still provides good, reliable output quality even though

the user of a UCD tool might change. In other words, it has to be designed in a universal manner itself.

3.2 Subjectivity of data

User centred design approaches have to deal with a high level of subjectivity. Emotions in particular are individual impressions and therefore extremely vague. The need for scalability of qualitative information, however, is very important in product development processes (Clarkson & Coleman 2015).

Due to the users' heterogeneity, it is even harder to aggregate and examine emotional effects systematically. We explicitly do not question the high ability of product designers in their creative work, but it is almost impossible to really put oneself in somebody else's position. E. g. a middle aged designer may never really feel an elderly's relation to a walking aid. On the other hand, users do not have professional skills to define their implicit requirements, so the task of analysing user needs and translating them to user requirements is left to the developers. However, analysing and structuring user needs in product development contexts has been shown to be difficult. (Kujala 2008) So there has to be a strict procedural pathway that leads to objective, measurable and processible data.

3.3 Interdisciplinary nature and complexity

User centred design does not address only one research field. The topic is affected by several other disciplines such as psychology, behavioural and brain research, general medicine, sociology etc. that extremely enlarge its complexity. As emotions themselves are highly complex in structure, cause and expression, the components, parameters and restrictions need to be managed all in the same row. We have only little knowledge of their influencing factors and there is a high complexity in relevant data. However, understanding users' needs and values and translating them into design language is only the first step in user involvement. (Kujala 2008) It must be ensured that a smart and reliant information flow throughout the development processes is guaranteed.

3.4 Applicability and support throughout the whole development process

User involvement is most efficient and influential in the early stages of the development process, whereas the concretisation level in these stages is very low. Thus the process of early user involvement needs to be simple enough to be practical in product development. (Kujala 2008) On the other hand, there is a need for tools that support the developer's work in every stage of the process and allows reviews with regard to achieving the envi-

sioned objectives. After all, user-centred development is iterative in nature. So the continuous applicability of the tool in the ongoing design process is obligatory.

4. ACADE – Application for Computer Aided Design of Emotional impressions

In the following, we present a concept software tool named ACADE - Application for Computer Aided Design. As briefly introduced, there is a lack of usability in present UCD tools themselves in a time and money constraint, measurability and understanding of the applicability (see also (Goodman et al. 2006)). Furthermore, a stronger focus on user's emotional affection is highlighted, whereby we build on current findings in physical UCD (Kett et al. 2015). So we aim for a way how to assess both physiological and even more emotional factors in the context of UCD. To accurately meet the derived challenges, we identified and defined the user-product-system as given in the following. It is developed to lead to a systematic integration of subjective factors whilst considering the aforementioned issues. Applying ACADE for the product developer's purpose, he will be able to work without any deeper interdisciplinary knowledge whilst deriving more valuable output.

Therefore, we firstly introduce the general framework of ACADE introducing several specific terms. These terms will be carefully explained in the following chapters. Finally, an application scenario illustrates the work flow.

4.1 General framework of ACADE

The main view ACADE starts from is the gap between a product's and a user's perspective, the hidden structure. These two systems basically consist on two classes of parameters, resulting in four domains (see figure 1): products have characteristics that lead to unique product properties; users perceive products using their sensory systems and then generate emotions. Starting from the product, its properties mainly depend on characteristics (1). Human sensory systems get perception of the product properties (2). Finally, human emotions can only occur based on the perception of sensory systems (3).

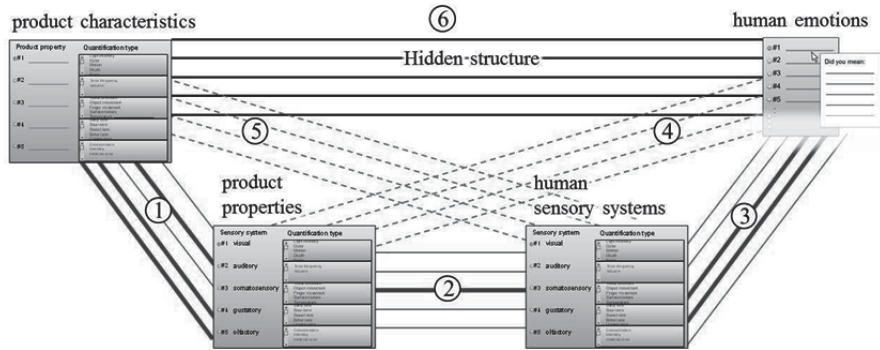


Figure 1. Schematic framework of the ACADE architecture

Within this scheme, the complexity becomes evident. Picking up the aforementioned classes of parameters within these systems, we distinguish two different component types. One parameter class is tangible and quantifiable. Product characteristics as well as human sensory systems belong to it as they are objectively assessable. The other class, consisting of product properties and human emotions, is harder to assess as it is intangible and dependent from the first class. Further, human emotions in particular are highly subjective values that complicate their aggregation.

To unveil the hidden structure we need to get the link between product characteristics and human emotions (6) which is only implicit and hard to capture. Aiming for this, we investigate the emotional profiles referring to specific product properties (4), considering other influences (5). The following chapters create a deeper insight into this architecture and its respective connections.

4.2 The input sets

Before we discuss the necessary links and the interaction design within the ACADE architecture, each of the domains and its respective information set is firmly presented. The information aggregation can either base on specific product or user information or public resources, depending on the specific use case.

Product characteristics

Due to Weber (2005), a product consists of product characteristics and product properties. Product characteristics can be directly assessed by the product developer and widely consist of metric scalable values. The product properties, however, are indirect parameters as they cannot be assessed

immediately. The shape of a pencil, for instance, consists of several properties, e. g. roundness or volume. But each property consists of a bundle of characteristics such as texture, length, height, radius etc. and can thus be indirectly described. So the product characteristics set is the domain that finally defines the product. The product matures along the process, but even at the beginning, the main features can be roughly described (e.g. in CAD models).

According to this, ACADE provides an interface to easily apply findings in product characteristics expressions. Targeted measurable characteristics variations can be designed and visualised e.g. in CAD using parametric modelling.

Product properties

As in the case of product characteristics definition, we also use Weber (2005) to define a property of a product. Properties of a product are indirect parameters and cannot immediately be set by the product developer. In some cases, they can be described by a composition of metrics or proportions, but in some they are cannot. They result as a sum of product characteristics and can thus not be directly be determined by the product developer. As there are several different product properties that can depend of more or less the same set of characteristics, they are also indirectly dependent from each other. This leads to a high complexity and sensitivity of the properties set. The single dependency of a product property from a certain characteristic is however definable.

There, ACADE supports the designer, providing guidance and sufficient complexity reduction throughout the product description model. With regard to the characteristics variation, ACADE translates the product characteristics to properties referring to mathematical relations that can be introduced easily.

User's sensory system

The human body is a complex system that we are still not able to fully understand from a scientifically point of view. Many disciplines like biomedicine, neuroscience or biochemistry try to unveil the magic of human abilities and therefore, they obtained extremely valuable insights through intense research within the last decades. The five human sensory systems (sight, hearing, taste, smell, touch) were already introduced by Aristoteles in the antiquity (Serres 1998) and further specified by numerous successors later on (Jütte 2005). We now have comprehensive knowledge regarding our sensory systems. This leads to a profound understanding of the human perception and sensory processing. Although there are still huge white

spots on the landscape, we can use the present findings to improve our understanding of the user from a product developer's point of view. Therefore, it is necessary to translate and to simplify the findings of neuroscience and medicine to a level so that this information can be used. Despite this simplification, the parameters to describe the human sensory system must remain of general use so that they still represent the whole capacity and abilities of respective users.

Balters et al. (2015) say that this Information about human sensory systems needs a proper use in product development processes and thus needs to be translated. They therefore suggest to reduce the knowledge of the five human sensory systems to a certain bundle of few, metrically valuable parameters. Examples of these parameters are given in figure 2.

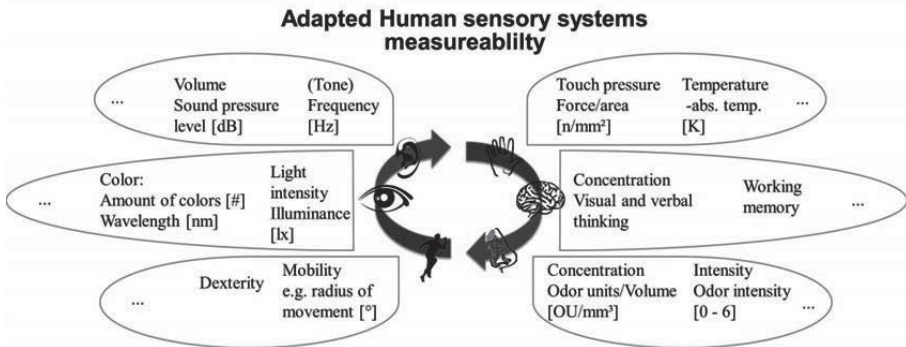


Figure 2. Examples for the sensory system parameter set (based on (Balters et al. 2015), (Clarkson et al. 2013))

In ACADE, we want to use the scheme of the human sensory systems to define the relevant bio-/physiological parameters influencing the user's perception. The product developer is guided through the set to calibrate it, e.g. asking for vision in several sensory ability (light intensity, colour perception etc.) regarding the target group. On the other hand, the product developer can better understand and describe product perception in regard to the cause of users' impressions. This part is not implemented yet.

User's emotions

The user's emotions are the last link of the ACADE system. At the same time, it is one of the most important modules as it enables the introduction of feelings and subjective impressions of the user regarding a product in a certain usage scenario or even before, in the very first sight. In the field of psychology, or even in engineering psychology, the focus lies on the causes

and the history of origin of impressions. In addition, they look at deeper structures in human perception processing, decision making and social behaviour (e.g. (Ekman 2004)). There, emotions or feelings can be systematized in multiple ways, e.g. in positive and negative expressions. (Desmet 2012) (Perez Mata & Ahmed-Kristensen 2015)

For our purpose, we look at the taxonomy from a product utilization point of view. As the knowledge of emotions, its causes and impacts is the focus of different sciences, ways and means have to be defined to break down these findings both in a correct and manageable way. So the basic quantity of emotions needs to be fully included and assessable (Desmet 2012). It is essential to ensure the universal and unique comprehensibility and to be able to measure the degree of each emotion. Furthermore, any random test person must be able to assess and to quantify it by a clear and easy question. On the contrary, the set of emotions has to be of great use in the industrial environment of technology companies.

Due to their highly generic character, we use profiles of adapted impression differentials (Frey 1993). This method suggests a set of opposite impression pairings that specify a consumer segment (e.g. modern/traditional, playful/functional or comfortable/athletic). The system user can thus derive evaluation criterions for targeted groups. It is common in the industrial environment regarding marketing strategy. Therefore, a procedure to automatically design, generate and evaluate impression surveys is implemented in ACADE. The users' impressions given by product variations can thus be easily gathered in test environments and reliably entered to the system.

4.3 Working with ACADE

ACADE offers several functionalities to support product developers to include emotional aspects into their design considerations on a systematic basis. As the topic is highly complex both in its inner and outer structure (see chapter 2), the focus was set on a high level of usability for the designer. This intent is on the ease of use of the application front-end itself, on the extraction and retrieval of information and the analysis and visualization of the output. On the contrary, it remains on being of observing nature so it does not replace the designer's talent for good decision making. In the following we describe the general process how to work with ACADE to improve emotional understanding in interdisciplinary product development environments.

We use an accompanying example to illustrate the ACADE general workflow. Nowadays, there is a huge variety of keyboards models in the market of PC accessories. So the initial task was to gain insight into user's implicit

emotional requirements regarding specific keyboards' properties. Therefore several impressions such as comfort or aesthetics based on visual perception were assessed.

Information aggregation & preparation

To examine the impact of product characteristics changes on users' emotions, several product variants have to be prepared. Within ACADE, an interface to a CAD programme is created to visualise these different product variants using parametric models. Furthermore, a modular system to create and to run the specific emotional surveys is proposed (see 4.2). In this way, the product developer can easily assess and combine the certain aspects he is interested in. Due to its structure, automatic links facilitate both the creation and the analysis of the specific application in the following. Next, a guide leads the user through the system building, linking the components of different domains to each other. The high complexity of the system is thus manageable.

In the application scenario, 20 types of keyboards were emotionally valued by 12 test persons. This composition shows sufficient sample size and to keep complexity low for a first assessment (cf. (Huang & Guan 2014)). The persons had no relevant previous experience and were only briefly introduced into the field. The more, the pictures used within the test had no brandings as they were designed using CAD software. So it was ensured that prejudices were widely minimized and the emotions of the test persons were spontaneous. We asked the test persons for several impression pairings, regarding the specific product variations. In this case, an ordinal scale ("few" to "high") was chosen for the test persons to improve interpretability whilst enabling mathematical translatability using nominal scaling (1 to 10) for analysis.

To better illustrate the use case, we now reduce it to the product properties parameter "roundness". This was previously defined as the function "curves (proportion) = the amount and size of radii in the design in comparison of lengths and widths" (several characteristics, standardized to values from 0 to 5). As it is initially computed via mathematical ratio, it is also possible to transfer it into hard product characteristics values (as used in CAD programmes).

Figure 3 illustrates the so designed problem field, examining match-making and structural regularities within the data sets of products properties variation and their impression profiles from the survey.

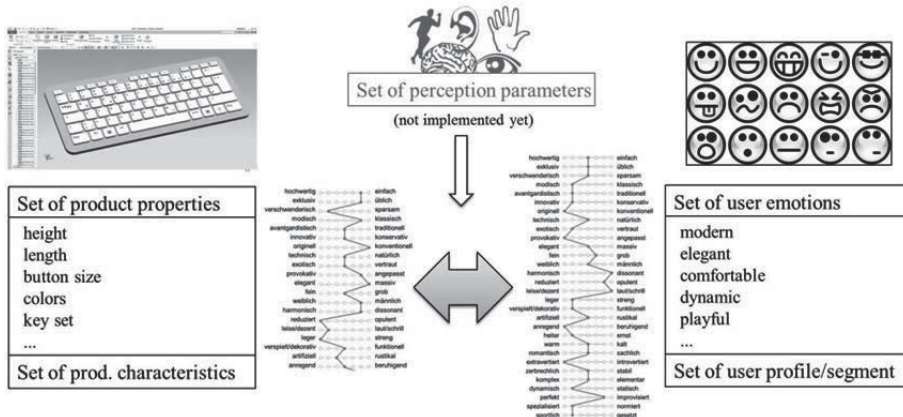


Figure 3. Schematic operation process for calculations in ACADE, example for keyboards

Problem analysis

In figure 4, typical interim results of ACADE are illustrated. Two emotional impressions, "comfortable" and "aesthetic", are given. Regarding the first graph, it may appear to be the best to realize as much rounding as possible to maximize a comfortable appearing of the product. But if we also consider the second graph, aesthetics, there is initially an unambiguous result.

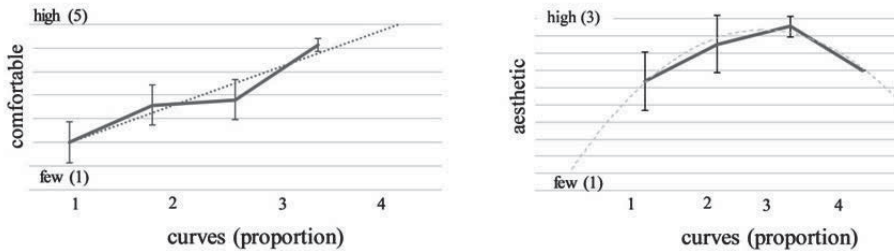


Figure 4. Dependencies between user's emotions and product properties and their trend curves (survey: keyboards $n = 20$; participants $p = 12$)

Due to the equality of scales, we can now combine the two graphs, leading to a pareto optimisation problem (figure 5). We assume equilibrium between the emotions "comfortable" and "aesthetic" (a). These assumptions might suit, considering that we have no further information of our focus group. But with additional knowledge about their preferences, there is a different outcome. If we consider comfort being twice as relevant as aesthetics, there remains the same design recommendation (b). But let us say there is

a focus group attaches great value on aesthetics instead of comfort, we may have to set different product properties due to different expectations (weights) (c).

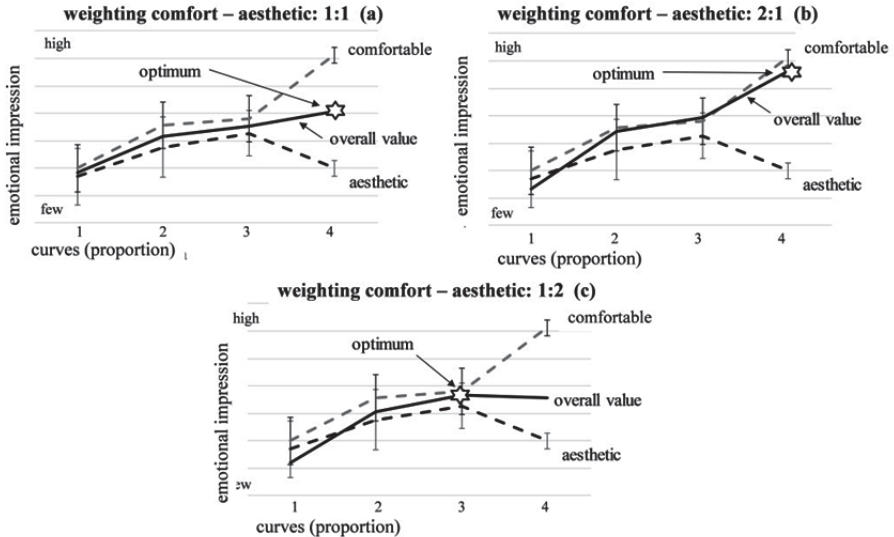


Figure 5. Calculation of design optima based on emotional profiles and the target group's preferences

Due to this quantification and visualisation of dependencies between the different parameters, the product developer is able to calibrate his product to the extent he wishes, whilst ensuring all interdependencies, special function courses and restrictions. The aforementioned link between product properties and characteristics, e.g. "roundness" and "radii", allows concrete suggestions for the product shape or appearance, supports discussions and design decisions. Moreover, considering sensory perceptibility, special focus group can be checked due to the clustering method (see chapter 4.2, Frey 1993). Rather than just pre-defining a focus group based on e.g. anthropometric data, the definition of focus groups can also be computed by similar product characteristics - user's emotions profiles, offering an ex-ante point of view.

4.4 Graphic user interface & visualisation

Great interest was set on the usability of ACADE for the product developer himself. So the tool presents a core unit, a CAD plug in and a survey de-

user emotions. Based on these data sets, links and structures are unveiled using mathematical analysis. The programme's architecture was therefore divided in four domains: product properties (measurable and adjustable), product characteristics (implicit and dependent), user's sensory system (measurable and quantifiable) and user's emotional impressions (implicit and subjectively quantifiable). ACADE provides statistical data and mathematical treatment to support the objectification of emotional perception. It is based on standardised information gathering, ensuring constantly high process quality and complexity management. Information can be extracted and retrieved, optimisation problems can be easily visualised as basis for multidisciplinary discussion. The programme further offers a platform for reflection and product design review procedures throughout the whole development process. It does not replace the product designer's essential talent for good design but it supports communication, visualization and emotional understanding in interdisciplinary teams and decision making. Moreover it offers potential for reasonable match making between target users' implicit expectations and their reflection on the product.

The concept of ACADE is not matured yet. On an operational level, we need to prove how to implement and to link emotional classification from a psychological and a marketing strategies' point of view to truly close the communication gap between the different domains. Additionally, only standard statistical methodology (multivariate analysis) was applied. Other mathematical approaches like artificial neural networks or fuzzy logic and robust sensitivity analyses for statistical significance may be implemented thoroughly to assess how the most profitable way of result processing for interdisciplinary issues looks like.

In general, we need more application scenarios for a robust reasoning. In this manner, an adaptation of findings of one product category for another, related one, is still outstanding. The influences of the usage environment and the different motives for using a product, for example, are not assessed yet. This paper already highlights the potential of the approach for UCD research, but some dark fields remain.

In the terms of UCD strategies, where target groups can be either singularly or more holistically examined, ACADE supports the decision making with convenient and transparent data analysis. It extends existing approaches of UCD including emotional aspects. The given example illustrates both the relevance of a careful treatment of user's profiles and requirements and the high value of ACADE to address this challenge. It is only one possible application, how ACADE supports strategic product design decisions. Its application in product development environments can be extremely extended to

support decision making in product development throughout the whole process. It enables the transparency and the traceability of decisions in a highly implicit domain. Barriers in communication caused by the interdisciplinary of decision-makers may be reduced. Moreover, it forces the product developer to look at his product to be designed through the emotional profile of the user. With ACADE, an important step forward to a holistic, interdisciplinary UCD is given.

References

- Balters, S., Jensen, M. B., Steinert, M. 2015: Physiology and Sensorial based Quantification of Human-Body-Interaction - The QOSI-Matrix. In: Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED15), Milan, Italy, 27-30 July 2015.
- Biermann, H. and Weißmantel, H. 1997: Regelkatalog SENSI-Geräte – Bediener-freundlich und barrierefrei durch das richtige Design. 2. Aufl. Darmstadt: Institut für Elektromechanische Konstruktionen.
- Clarkson, P. J. et al. 2013: Inclusive Design Toolkit: Exclusion Calculator. <http://www.inclusivedesigntoolkit.com/betterdesign2/exclusioncalc/exclusioncalc.html>, 2016-02-12.
- Clarkson, P. J. and Coleman, R. 2015: History of inclusive design in the UK. In: Applied Ergonomics 46 (PB), 235–247.
- Desmet, P. M. A. 2012: Faces of product pleasure: 25 positive emotions in human-product interaction. In: International Journal of Design, 6 (2), 1-29.
- Desmet, P. M. A. and Pohlmeier, A. E. 2013: Positive design: An introduction to design for subjective well-being. In: International Journal of Design, 7(3), 5-19.
- DIN EN 894: Safety of machinery - Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators - Part 1: General principles for human interactions with displays and control actuators. Berlin: Beuth.
- Ekman, P. 2004: Happy, sad, angry, disgusted. In: New Scientist, 184, B4-B5.
- Frey, B. 1993: Zur Bewertung von Anmutungsqualitäten. Köln: Fördergesellschaft Produkt-Marketing, Beiträge zum Produkt-Marketing, Vol. 22.
- Goodman, J., Dong, H., Langdon, P. M., Clarkson, P. J. 2006: Increasing the uptake of inclusive design in industry. In: Gerontechnology, 5 (3).
- Guo, F., Liu, W. L., Liu, F. T., Wang, H., Wang, T. B. 2014: Emotional design method of product presented in multi-dimensional variables based on Kansei Engineering. In: Journal of Engineering Design, 25 (4-6), 194–212.
- Hassenzahl, M., Eckoldt, K., Diefenbach, S., Laschke, M., Lenz, E., Kim, J. 2013: Designing moments of meaning and pleasure. Experience design and happiness. In: International Journal of Design, 7(3), 21-31.

- Huang, C. and Guan, S. 2014: A Case study of Kansei Image Survey System Based on Generational Differences. In: Proceedings of the International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C 2014), Taichung, Taiwan, 10-12 June 2014.
- Jütte, R. 2005: A history of the senses: From antiquity to cyberspace. Polity, Cambridge, UK, Malden, MA, USA.
- Kett, S., Ringler, A., Kamin, S., Lang, F., Wartzack, S. 2015: Kritische Würdigung eines Werkzeugs zur Messung von Nutzerexklusion im Produktdesign. In: Krause, D., Paetzold, K., Wartzack, S. (Eds.): Design for X. Beiträge zum 26. DfX-Symposium. Herrsching: TuTech Verlag, 13-25.
- Kujala, S. 2008: Effective user involvement in product development by improving the analysis of user needs. In: Behaviour and Information Technology, 27 (6), 457–473.
- Law, C. M., Jaeger, P. T., McKay, E. 2010: User-centered design in universal design resources? In: Universal Access in the Information Society, 9 (4), 327–335.
- Lévy, P. 2013: Beyond kansei engineering: The emancipation of kansei design. In: International Journal of Design, 7(2), 83-94.
- Nagamachi, M. 2002: Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development. In: Applied Ergonomics, 33 (3), 289-294.
- Perez Mata, M., Ahmed-Kristensen, S. 2015: Principles for designing for perception. In: Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED15), 9, Milan, Italy, 27-30 July 2015.
- Serres, M. 1998: Die fünf Sinne: Eine Philosophie der Gemenge und Gemische, Frankfurt am Main: Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 1389.
- Stanton A. N., P. M. Salmon, G. H. Walker, C. Baber, Jenkin, D. P. 2005: Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design. Aldershot, U.K.: Ashgate Publishing.
- Steinfeld, E., Smith, R. O. 2012: Universal design for quality of life technologies. In: Proceedings of the IEEE 100 (8), 2539–2554.
- Waller, S., Bradley, M., Hosking, I., Clarkson, P. J. 2015: Making the case for inclusive design. In: Applied Ergonomics, 46 (PB), 297–303.
- Weber, C. 2005: CPM/PDD – An Extended Theoretical Approach to Modelling Products and Product Development Processes, In: Bley, H., Jansen, H., Krause, F.-L., Shpitalni, M. (Eds.): Proceedings of the 2nd German-Israeli Symposium, Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag, 159–179.
- Yanagisawa 2010: Kansei Quality in Product Design. In: Fukuda, S. (Ed.): Emotional Engineering: Service Development, 289-310, Heidelberg: Springer.
- Yannou, B., Yvars, P.-A., Hoyle, C., Chen, W. 2013: Set-based design by simulation of usage scenario coverage. In: Journal of Engineering Design, 24 (8), 575-603.

Kontakt

Susan Gretchen Kett, M.Sc.
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 9
91058 Erlangen
www.mfk.fau.de

Methode zur Verbesserung der Usability durch gezielte Förderung mentaler Modelle

Marcus Jenke · Karoline Binder · Thomas Maier

Abstract

Das Potenzial mentaler Modelle zur Entwicklung benutzergerechter, technischer Systeme wurde bereits in zahlreichen Studien aufgezeigt. Jedoch existieren noch immer nur wenige konkrete Methoden zur Nutzung mentaler Modelle im Zuge der Produktentwicklung. Diese Arbeit stellt daher einen konkreten Methodenansatz vor, anhand dessen es Entwicklern ermöglicht werden kann, Optimierungspotenziale mit Hilfe der mentalen Modelle zu identifizieren und diese zu beeinflussen. Dazu werden verschiedene Werkzeuge definiert, die gezielt Einfluss auf die individuelle und kollektive Modellbildung der Nutzer nehmen. In einem Versuch wird der Einfluss dieser Werkzeuge bei visueller Informationsübertragung anhand eines Defibrillators untersucht. Mithilfe eines Interface-Mock-ups werden verschiedene Use Cases im Rahmen einer erweiterten User-Interface-Prototyping-Untersuchung durchlaufen. Die Auswertung der Antwortzeiten und Lösungsstrategien zeigt auf, dass die Werkzeuge einen Einfluss auf die Bildung individueller und kollektiver Modellstrukturen haben. Der Einfluss äußert sich in einem benutzergerechten Verhalten der Versuchspersonen, welches nachweisbar durch die gezielten Interfaceanpassungen gefördert wurde.

Relevanz in der Forschung

Bei technischen Produkten, die eine intensive Interaktion mit dem Nutzer erfordern, hat die Gestaltung der Bedienerschnittstelle einen wesentlichen Einfluss auf das Erreichen der Benutzerziele. Ein nutzerzentrierter Entwicklungsansatz muss sowohl anthropometrische als auch kognitionsergonomische Aspekte berücksichtigen. Daher versprechen sich Entwickler von der Berücksichtigung mentaler Modelle (mM) eine erhebliche Verbesserung der Bedienbarkeit von Produkten (Merkel & Schmauder 2011). mM repräsentieren als hypothetisches Konstrukt Abbilder im Verstand eines Individuums,

indem sie relevante Aspekte eines korrespondierenden realen Sachverhaltes wiedergeben (Dutke 1994). Inwiefern mM bei der Produktentwicklung als Ansatz guter Usability einbezogen werden können, stellt eine der Kernfragen dar.

Bereits seit Ende der 80er Jahre werden Methoden von Seiten der Produktentwickler gefordert, mM in den Produktentwicklungsprozess sinnvoll zu implementieren (Wilson & Rutherford 1989). Der Bedarf ist bis heute nicht ausreichend gedeckt, denn noch immer existieren nur wenige Ansätze für eine anwendbare Methode. Die vorliegende Arbeit beschreibt eine Methode, die Kenntnisse etablierter Analysetools unter Berücksichtigung psychologischen Wissens in einen sinnvollen Zusammenhang bringt. Entwicklern könnte es dadurch ermöglicht werden, gezielte Entscheidungen über die Interfacegestaltung hinsichtlich der Bedienbarkeit zu treffen.

In der Medizintechnik spielt gerade die Berücksichtigung kognitiver Prozesse und Verhaltensweisen eine wesentliche Rolle. Höher werdendes Arbeitstempo erfordert Teamarbeit und schnelles Treffen von teilweise weitreichenden Entscheidungen. (Wu et al. 2011; Haig et al. 2006) Studien zufolge lässt sich die Mehrzahl aller Zwischenfälle in der Medizin auf fehlerhafte Bedienungen zurückführen (Backhaus 10). Individuelle mentale Modelle (imM) werden gerade bei speziellem Operationsbesteck benötigt, wie zum Beispiel Manipulatoren für Fachärzte. Kollektive mentale Modelle (kmM) ermöglichen demgegenüber das Bedienen von Krankenhausausrüstung, wie zum Beispiel Infusionsspritzpumpen durch das Personal. Der Einfluss verschiedener Werkzeuge zur Interfacegestaltung auf die imM und kmM der Nutzer wird anhand einer Untersuchung analysiert. Untersuchungsgegenstand ist dabei ein AED-Defibrillator-Interface. Die beiden mM-Kategorien werden durch je eine Versuchsgruppe untersucht. Beide Gruppen durchliefen verschiedene Bedienszenarien. Um den unterschiedlichen Einfluss zu erfassen wurde das Interface durch gezielte Veränderungen an die jeweilige Gruppe angepasst.

Stand der Technik

Ein mentales Modell beschreibt einen geistigen Entwurf eines Ausschnitts der Realität und der dort erwarteten Verhalten (Klimoski & Mohammed 1994). Um deren Auswirkungen auf das menschliche Verhalten weiter zu untersuchen sind mittlerweile zahlreiche Forschungen getätigt worden. Das aus der Verhaltenspsychologie stammende mM wird mittlerweile interdisziplinär in Psychologie, Softwareergonomie Kommunikation und weiteren Bereichen eingesetzt. (Obermaier 2004; Dutke 1994) Auf dem Grundgedanken, dass Menschen eines logischen Denkens fähig sind und somit Schluss-

folgerunden treffen können, beruht die heute weitgehend in der Forschung anerkannte Theorie von Johnson-Laird. Seine mM-Theorie über den Deduktionsvorgang bildet die Grundlage zur Interaktion auf Basis des Verständnisses des Bedieners für das Produkt. (Johnson-Laird 1983; Schiebener 2014; Norman 2002) Schemawissen wird dabei mit herangezogenen Heuristiken zur Entscheidungsfindung und Inferenzen zum Erzeugen von neuem Wissen mit den aus der Realität relevanten wahrgenommenen Attributen in Kontext gebracht, um mM zu instanziiieren (Bach 2010; Engelkamp & Zimmer 2006; Gigerenzer & Gaissmaier 2006; Dutke 1994). Obwohl mM personenbezogen sind, können sie, abhängig von Anwendung und Einflüssen, in bestimmten Kategorien gegliedert werden. Bei medizinischtechnischen Produkten, deren vielseitiger Einsatz durch häufige Bedienerwechsel geprägt ist, stellt der Einfluss der imM und kmM auf die Bedienung einen bedeutenden Aspekt dar. imM verwenden, aufgrund der persönlichen Wahrnehmung, implizites Wissen und individuelle Ausschnitte der Realität. Produkte die individuelle Vorstellungen unterstützen sollen müssen auf die personenbezogenen Denkweisen bei der Bedienung eingehen. (Backhaus 10; Riempp 2003) kmM verschiedener Individuen stellen Modelle dar, die einen bestimmten Grad an Übereinstimmung hinsichtlich der Modellstruktur besitzen (Bach 2010; Riempp 2003).

Hinsichtlich des technischen Einsatzes in der Produktentwicklung besteht die Herausforderung für den Entwickler darin, sein konzeptuelles Modell (Norman 1983) bewusst in das Modell des Systems zu integrieren, damit dessen Verhalten und Funktion möglichst ideal dem mM des Nutzers entspricht. (Cooper et al. 2010; Arndt 2006) Mithilfe verschiedener Designprinzipien ist es dem Entwickler möglich, dem Nutzer Alternativen, korrespondierende Erwartungen und daraus resultierende Konsequenzen klar zu machen (Aehnelt et al. 2012).

Es existieren bereits diverse Methoden zur Untersuchung der Bedienbarkeit. Usability Testing (Backhaus 2010), User Interface Prototyping (Richter & Flückiger 2013) oder schriftliche Befragungen (Richter & Flückiger 2013) stellen mitunter etablierte Methoden dar. Die Einflussnahme auf das mM findet bei diesen Verfahren allerdings weitestgehend kaum Beachtung. Eine Möglichkeit passende mM zu fördern und zu verwenden stellt das gezielte Implementieren von Attributen, als Bestandteil von sog. Affordanzen und Constrains, in die Produktgestalt dar (Norman 2002).

Materialien und Methoden

Die in der Arbeit beschriebene Methode zur Usabilityoptimierung (Abbildung 1) unter Berücksichtigung der mM der Nutzer fasst Aspekte des

hochauflösenden User Interface Prototyping (Butz & Krüger 2014) und Usability Testings zusammen und besteht insgesamt aus fünf Methodenphasen.

In der ersten Phase werden relevante Rahmenbedingungen erfasst, deren Kenntnisse ermöglichen dem Designer das Verhalten des Nutzers und die Analyseergebnisse in den richtigen Kontext zu setzen. Dazu werden die Systemgrenze, die in der Produktgestalt verwendeten Anzeigen (A), Stellteile (S) und Wirkteile (W), die Arbeitsaufgabe, das Aufgabenziel und die Nutzerexpertise definiert.

Die zweite Phase behandelt die Beschreibung des Systemmodells. Dabei werden der strukturelle Aufbau des Interfaces und die darüber beeinflussbaren Funktionen und Zustände des Produktes durch Bedieneraktionen erfasst. Im Forschungsgebiet Human Factors finden virtuelle Landkarten zur Gestaltung von Computersystemen verstärkter Einsatz (Wilson & Rutherford 1989). mM sind mittels einer Bildung von Analogien zwischen wahrgenommenen Attributen, expliziten Wissen und Heuristiken, kombinierbar (Dutke 1994). Daher stellt die Visualisierung der Modellstrukturen über ein erweiterbares Netzwerk einen brauchbaren Ansatz dar (Funke & Frensch 2006). Das Systemmodell besteht dabei aus Zuständen, Funktionen und Aktionen.

In der dritten Phase wird die zentrale Bedienanalyse durchgeführt. Um Rückschlüsse auf der Attributänderung auf die mM zu erhalten werden diverse Explizierungsverfahren wie Zeichnen, Darstellung durch Text und verbales Feedback verwendet. Die Literatur zeigt auf, dass ein direktes Abbilden eines mM äußerst schwer ist und es bereits durch die Abbildung Änderungen unterlegen ist (Riempp 2003). Die angewandte Methode verfolgt daher den Ansatz eine gesamtheitliche Betrachtung relevanter Messwerte (Indikatoren) Rückschlüsse auf den mM-Einfluss durch zuvor definierte Attribute zu ermöglichen. Die Indikatoren werden beim schrittweisen Durchlaufen der Bedienaufgabe erfasst. Neben den diskreten Indikatoren Zeit, Fehlerhäufigkeit und Genauigkeit werden auch die verwendeten Lösungsstrategien und der daraufhin eingeschlagene Lösungsweg als Indikatoren einbezogen.

Die vierte Phase beinhaltet die Externalisierung des mM (ebenfalls in Netzwerkform) auf Grundlage des zuvor erfassten Systemmodells. Dazu wird zunächst jeder analysierte Bediensschritt in das Systemmodell überführt.

Die fünfte Phase stellt einen Abgleich zwischen Systemmodell und dem mM des Bedieners her. Dadurch werden Abweichungen von der Idealbedienung exponiert und können anhand der gemessenen Indikatoren, bezogen auf den einzelnen Bediensschritt, interpretiert werden. Dies ermöglicht

das Ziehen von Rückschlüssen auf das mM auf Basis einzelner Bedienschritte und der Darstellung relevanter Modellaspekte, losgelöst vom Systemmodell. Die Zusammenstellung und Rückführung der Diskrepanzen zwischen dargebotenem Systemmodell und verwendeten Bedienermodell kann als Optimierungsansatz in den Produktentwicklungsprozess zurückgeführt werden.

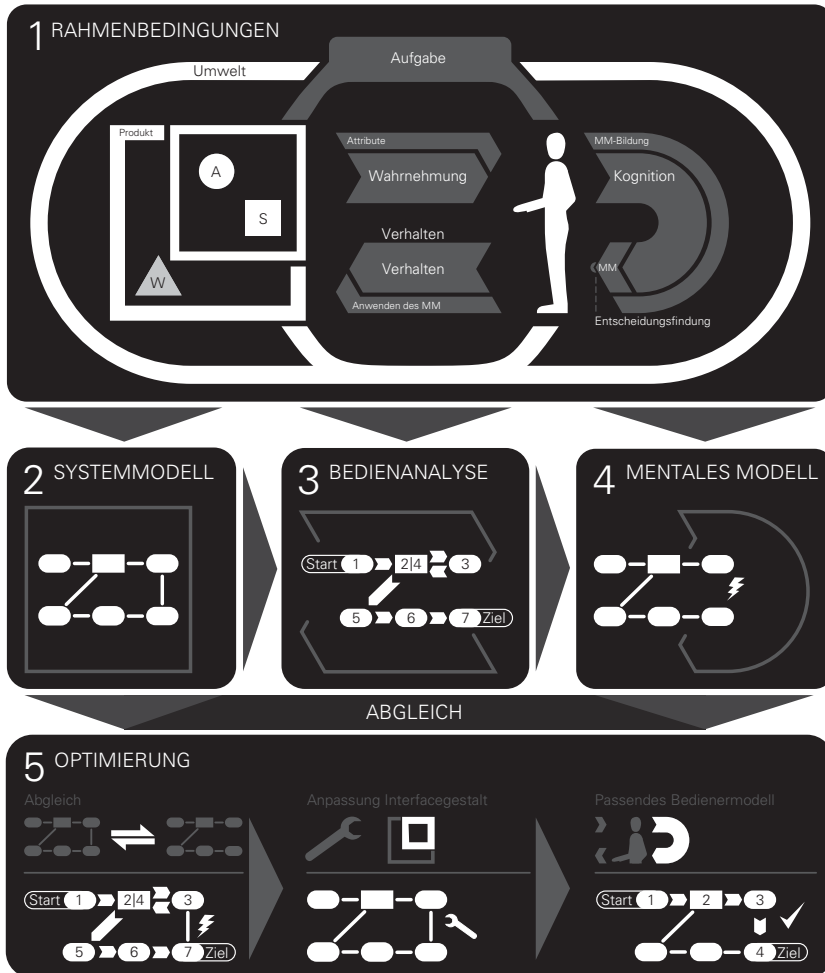


Abbildung 1: Methodenschritte zur Usabilityoptimierung technischer Systeme unter Berücksichtigung mentaler Modelle bei der Interaktion

Um die Optimierungspotenziale erfolgreich umzusetzen, zeigt die Literatur die im Folgenden genannten Werkzeuge zur Beeinflussung der mM über den visuellen Informationskanal als vielversprechend auf. Diese können als Ergänzung und Konkretisierung bestehender, allgemeiner Gestaltprinzipien betrachtet werden:

- Der Einfluss von *individuell* bzw. *kollektiv* geprägtem *Vorwissen*,
- *Wording*, welches Produktinformationen auf Basis von Wort und Schrift an den Bediener liefert (Seitz et al. 2014),
- *Analogie der Bedienelemente* durch Beziehungen (Uitdewilligen et al. 2013) und Metaphern (Dutke 1994) gegenüber Schemata und schematischen Darstellungen (Klimoski & Mohammed 1994),
- *Darstellung von Interaktionsabläufen* mittels starrer oder loser Strukturen (Uitdewilligen et al. 2013; Langan-Fox et al. 2001),
- *Anzeiger- und Stellteildarstellung* durch analoge bzw. digitale Darstellung und definierte bzw. freie Einstellmöglichkeiten,
- Der generelle Einfluss von *Freiheitsgraden* in der Interfacestruktur.

Daraus werden die in Abbildung 2 dargestellten Annahmen hinsichtlich des Modelleinflusses der Werkzeuge getroffen.



Abbildung 2: Unterteilung der Annahmen der verwendeten Werkzeuge hinsichtlich des imM- und kmM-Einflusses

Studiendesign

Der Einfluss der Werkzeuge durch gezielte Attributverwendung in der Interfacegestalt wurde durch zwei Versuchsgruppen untersucht. Die Versuchspersonen bekamen verschiedene Bedienungsaufgaben im Umfang mit einem Defibrillator gestellt. Eine Gruppe (PimM) wurde hinsichtlich der Förderung imM, die andere Gruppe (PkmM) der kmM-Förderung analysiert. Durch gezieltes Aufgabendesign (Richter & Flückiger 2013) stellte die eine Gruppe zugleich die Kontrollgruppe der anderen dar. Die Versuchspersonen wurden vom Testprogramm durch den Use Case eines vollständigen Reanimations-einsatzes geführt. Der Inhalt der Standardaufgaben war bei beiden Probandengruppen gleich. Der Versuchsleiter behielt nach der Einweisung der Versuchsperson eine passive Überwachungsaufgabe. Die erfassten abhängigen Indikatoren, waren Zeit, Fehler und individuelle Lösungsstrategien (Wood 2014; Langan-Fox et al. 2001; Langan-Fox et al. 2000). Die Ergebnisse der Gruppen wurden aufgabenbezogen miteinander verglichen und analysiert. Die jeweilige Bedienerschnittstelle wurde mittels gezielter Attributimplementierung durch die beschriebenen Werkzeuge angepasst. Das Abprüfen sowohl passender mM, als auch unpassender mM-Bildung, stellt ein sinnvolles Verfahren dar, um die Aussagekraft der Indikatoren zu bestätigen (Stagers 1993).

Der Probandenversuch umfasste insgesamt 40 Probanden. Das durchschnittliche Alter lag bei 24 Jahren (Altersspanne 20-29 Jahre). In jeder Probandengruppe waren 12 männliche und 8 weibliche Teilnehmer. Diese waren ausschließlich Studenten ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge. Daher besaßen sie kein explizites medizinisches Wissen. Drei Versuchspersonen besaßen durch Einsatz im Rettungsdienst Erfahrungen mit Defibrillatoren. Acht weitere Versuchspersonen hatten den Umgang mit dem Defibrillator in der Theorie erlernt. Bei der Abfrage der Vorkenntnisse stellte sich heraus, dass acht weitere Probanden die generelle Bedienung eines Defibrillators bereits kannten. Die Auswertung des zu Beginn abgefragten Vorwissens und der Selbstauskunft ergab, dass zwischen PimM und PkmM ein homogenes, laienhaftes Vorwissen vorlag.

Der Versuch fand in isolierter Umgebung statt. Der Aufbau bestand aus einem Tisch, einem Computer sowie einem Fragebogen in Papierform. Den Versuchspersonen standen zusätzliches Papier zur Verfügung, um nach Aufforderung Lösungen einzelner Aufgaben darauf auf individuelle Weise niederzulegen. Dies ermöglichte eine detailliertere Erfassung der Lösungsstrategien und das Ziehen korrekter Schlussfolgerung. Jede Versuchsgruppe erhielt einen separaten Aufgabensatz, welcher mittels PowerPoint und Visual Basics for Applications visualisiert wurde.

Die Gruppen bewältigten Standardaufgaben in einem, durch User Interface Prototyping unter Laborbedingungen aufgebauten, Interface-Mock-up, welches jeweils auf die Standardaufgaben angepasst wurde. Grundlage des Mock-ups stellt die European Resuscitation Council dar (Leitlinien zur Reanimation 2010a, 2010b). Der Einsatz eines realen Defibrillators wurde bewusst vermieden um die Darstellung auf wesentliche Aspekte der Attributimplementierung zu fokussieren und potenzielle Ablenkung und Irritation durch eine detaillierte Gestalt zu vermeiden.

Die Versuchspersonen mussten bei jeder Aufgabe zwei bis drei Standardfragen beantworten. Die Fragen bezogen sich sowohl auf die Reproduktion der Wissensstrukturen als auch auf die Transferleistung des Verständnisses (Kramer 2003). Der Use Case bestand aus zehn Fragenteilen, in denen jeweils die verschiedenen Werkzeuge eingesetzt wurden. Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt den Versuchsablauf und die jeweils getesteten Werkzeuge.

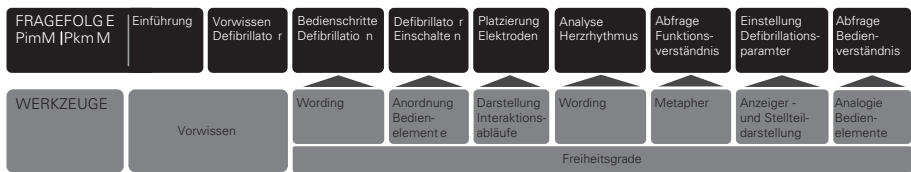


Abbildung 3: Versuchsablauf der Standardaufgaben und den analog dazu eingesetzten Werkzeugen zur Überprüfung der Annahmen (bearbeitet aus Original)

Jede Aufgabe beschrieb zunächst den Aufgabenkontext, um unterschiedliche Vorkenntnisse hinsichtlich der Bedienung auszugleichen. Der Aufgabenablauf ist exemplarisch an der Standardaufgabe "Platzierung Elektroden" beschrieben (Abbildung 4). Bei dieser wurden die Einflüsse der *Darstellung von Interaktionsabläufen* und der *Freiheitsgrade* auf die PimM und PkmM untersucht.

Die Versuchspersonen wurden aufgefordert Elektroden möglichst korrekt an dem Körper anzubringen und ihr Vorgehen schriftlich niederzulegen. Bei der PimM sollte eine gesamtheitliche Darstellung der Elektrodenanbringung mehr Freiheitsgrade bei der Aufgabenlösung, im Vergleich zur schrittweisen Darstellung der PkmM, zulassen. Im zweiten Aufgabenteil sollten die Versuchspersonen die Reihenfolge der Platzierung darstellen und im dritten Teil ihr Vorgehen beschreiben (Abbildung 5).

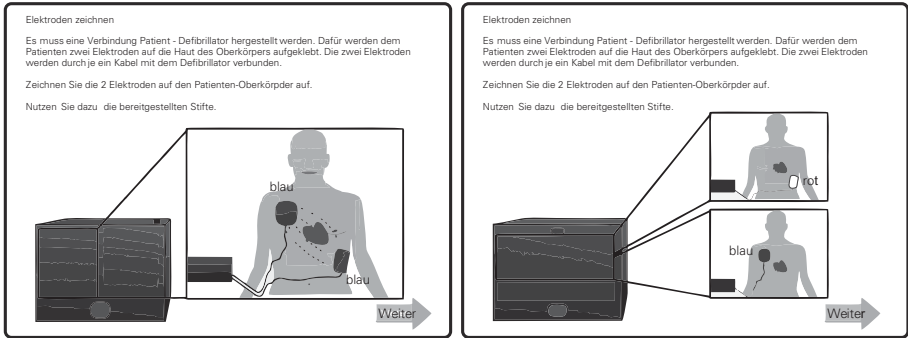


Abbildung 4: Exemplarische Standardaufgabe "Platzierung Elektroden"; links: PimM, rechts: PkmM (bearbeitet aus Original)

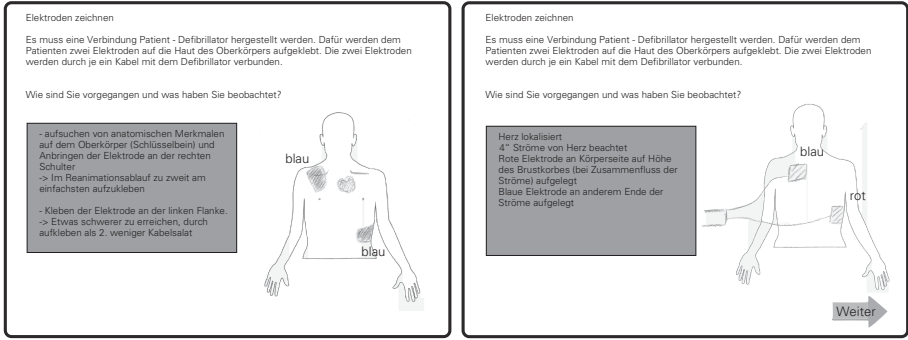


Abbildung 5: Exemplarische Lösungsvarianten "Platzierung Elektroden"; links: PimM, rechts: PkmM

Die zur Analyse herangezogenen absoluten Indikatoren sind Zeit und Anzahl der Lösungsvarianten. Daraus können deskriptive Indikatoren wie Mittelwert, Standardabweichung, Lösungskategorien und Standardabweichung der Zeit/Nennung abgeleitet werden. Aufgrund der Annahmen hinsichtlich der *Freiheitsgrade* und der *Darstellung der Interaktionsabläufe* werden bei der PkmM kürzere und ähnlichere Bearbeitungszeiten sowie ähnliche Antworten aufgrund der vollständigen schrittweisen Darstellung erwartet. Bei der PimM wird eine größere Antwortenvielfalt erwartet.

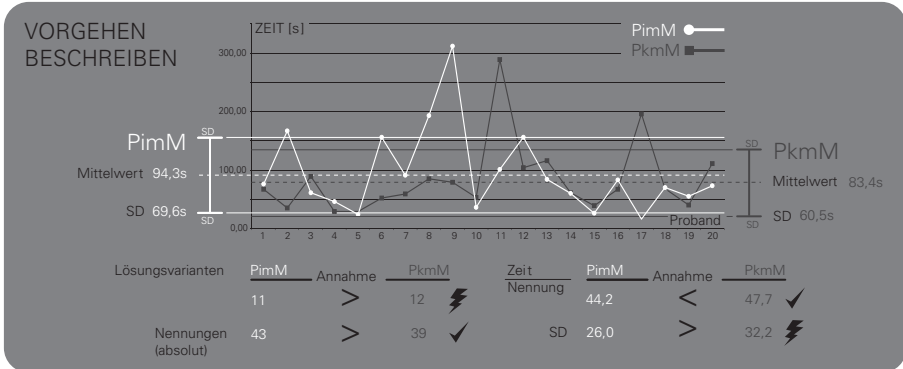
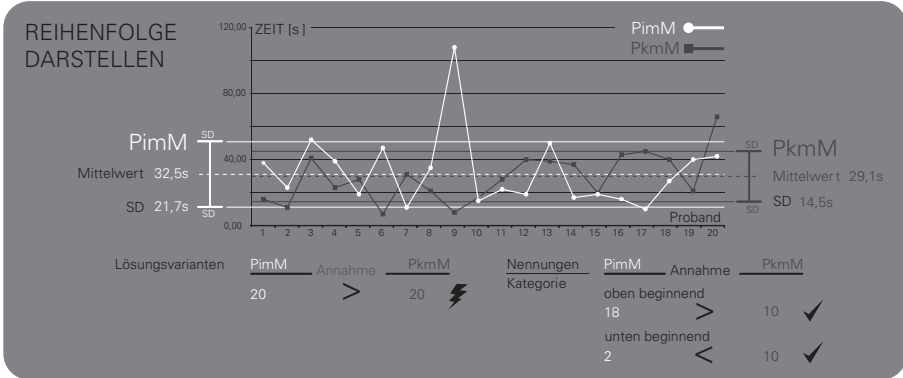
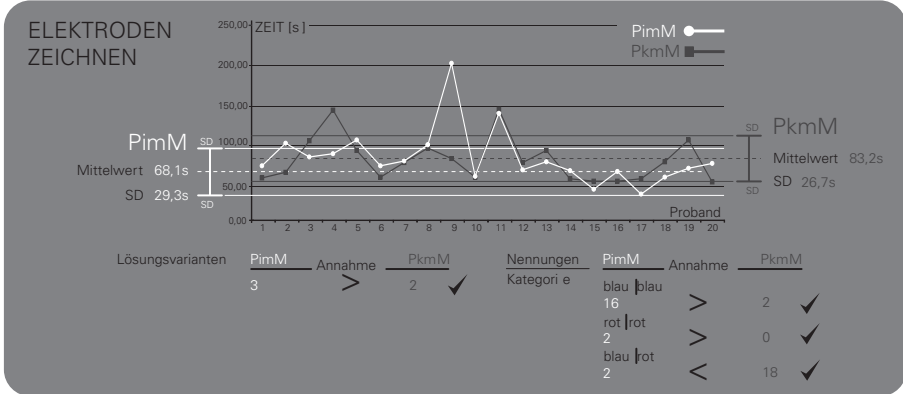


Abbildung 6: Auswertung der Analyseparameter der Standartaufgabe "Platzierung Elektroden"; unterteilt in die drei Aufgabenteile

Ergebnisse

Die Ergebnisauswertung und die getroffenen Vergleiche hinsichtlich der aufgestellten Annahmen sind ebenfalls exemplarisch an der "Platzierung Elektroden" Aufgabe dargestellt (Abbildung 6). Der Indikator Zeit ist dabei über die Probanden abgetragen. Die Erwartung hinsichtlich des geringen Mittelwertes bei der PkmM konnte bei der Teilaufgabe "Elektroden zeichnen" nicht bestätigt werden. Die Standardabweichung weist bei allen drei Aufgabenteilen die Tendenz auf, dass die Beantwortungsdauer der PimM mehr variiert. Die Auswertung der Lösungsstrategien bestätigte nur beim "Elektroden zeichnen" die Erwartung, dass PkmM ähnlichere Antworten liefern. Das Verhalten hinsichtlich der Nennung bestimmter Kategorien erfüllte ebenfalls die Erwartung, dass wenig Freiheitsgrade Nutzer vorher-sagbare Strategien anwenden lässt. Die Erwartung, dass die Zeit/Nennung weniger stark bei der PkmM aufgrund des ähnlicheren mM variiert, konnte durch die Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Die Auswertung der Lösungswege legt den Schluss nahe, dass das Beschreiben und Abbilden von Vorgängen, für welches das mM nicht konzipiert ist, die Bearbeitungszeit der PkmM beeinflussen. Eine interessante Feststellung war, dass die PimM 1,6-mal häufiger körperspezifische Merkmale zum eigenen Verständnis einzeichneten als die PkmM. Dies legt nahe, dass das Erhöhen des Freiheitsgrades zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit der zu bewältigenden Aufgabe führt. Die Versuchspersonen der PkmM vervollständigten dem gegenüber häufiger technische Merkmale wie Kabel und Defibrillatorgehäuse. Dies lässt vermuten, dass die kmM mehr auf eine gesamtheitliche Systembetrachtung Wert legen. Dies würde die längere Dauer in Aufgabenteil 1 erklären.

Diskussion

Die Auswertung der Versuchsergebnisse zeigt teils deutliche Tendenzen auf, dass die Werkzeuge und die darüber implementierten Attribute von den Versuchspersonen wahrgenommen wurden und darüber hinaus Einfluss auf ihre mM nahmen. Die Ergebnisse der einzelnen Annahmen bezüglich des imM- und kmM-Einflusses werden nachfolgend erläutert.

Die Auswertung zeigt, dass *Freiheitsgrade* über die Versuchsaufgaben hinweg verschiedene Modellausprägungen fördern. Das Vorhandensein vieler Freiheitsgrade unterstützt die imM- und weniger Freiheitsgrade die kmM-Bildung.

Der Einfluss von *individuell* und *kollektiv* beeinflusstem *Vorwissen*, konnte durch den Abgleich mit dem zu Beginn analysierten Vorwissen beobachtet

werden. Der Vergleich der Ergebnisse der PimM und der PkmM wiesen allerdings keine gesonderte Differenzierung hinsichtlich der Attributimplementierung auf.

Beim Einsatz des Werkzeuges *Wording* konnte festgestellt werden, dass Versuchspersonen die mittels "normaler" Sprache ihre imM bildeten häufiger unvollständige und unpräzise Angaben machten. Die Versuchspersonen der PkmM konnten durch den Einsatz von Leichter Sprache häufiger ähnliche und präzisere Aussagen treffen, die sich näher an der idealen Lösungsstrategie befanden.

Hinsichtlich der *Bedienelementanalogien* deutet das Verwenden von Beziehungen und Metaphern auf einen starken Einfluss der imM-Bildung hin. Es konnten vor allem probandenspezifische und logische Schlussfolgerungen erfasst werden. Gerade die Indikatoren zeigen bei Methapern, dass diese den Suchraum für Lösungen individuell erweitern können. Forschungen über die Wirkung von Methapern zeigen allerdings auf, dass gerade der Einsatz verbreiteter Metaphern, wie z.B. der Papierkorb zum Löschen von Dateien, dennoch eher eine kollektive Übereinstimmung mentaler Strukturen erwarten lässt. Dies weisen auch die Ergebnisse der schematageprägten Standardaufgaben, durch das Verwenden von Entscheidungsbäumen und Arbeitsabläufen mit ähnlichem Abstraktionsgrad auf. Es kann die Feststellung getroffen werden, dass homogenere, kognitive Strukturen entstehen, die kmM fördern. Im Vergleich zu den PimM ist den Ergebnissen der PkmM zu entnehmen, dass diese ein klareres Verständnis durch das Exponieren schematischer Darstellung der Interfacestruktur erlangen.

Den Ergebnissen der *Darstellung der Interaktionsabläufe* ist zu entnehmen, dass lose Strukturen gerade durch ihre unvollständigen Interaktionsabläufe in der Interfacegestalt imM-Bildung begünstigen, solange Beziehungen noch erkennbar waren. Die Beschreibung der Bedienabfolgen der PimM aus unterschiedlichen Blickwinkeln verdeutlichte diese Schlussfolgerung. Bei einer zu undeutlichen Darbietung der Beziehungen erkannten die PimM diese nur teilweise und ihr Verständnis entsprach in diesen Fällen meist nicht den dargebotenen Beziehungen der Interfacegestalt. Starre Strukturen wie z.B. Schritt-für-Schritt-Darstellungen führten verstärkt zu identischen Aussagen und lassen daher auf kmM-Verhalten schließen.

Die Annahme des Einflusses der *Anzeiger-* und *Stellteildarstellung* konnte nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse ergaben kein eindeutig Differenzierung hinsichtlich der imM- und kmM-Bildung. Die Verwendung vordefinierter Einstellmöglichkeiten weist auf prägnantere, einheitlichere Angaben und selteneres Vergleichen alternativer Einstellungen bei der PkmM hin. Die

Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei unbekanntem Sachverhalten logisches Erschließen bevorzugt wurde.

Auch wenn der Einfluss der Werkzeuge nicht bei allen Standardaufgaben bestätigt werden konnte, verdeutlichen die Ergebnisse sowohl das Potenzial korrekt verwendeter Werkzeuge, als auch die Aussagekraft hinsichtlich der Analyseparameter der Methode. Die Werkzeuge können daher im ersten Ansatz als Orientierung dafür dienen, wie individuelle und kollektive mentale Strukturen gefördert werden können. Die, der Studie zu Grunde gelegte, Methode ermöglicht durch das Erfassen der Input- und Output-Parameter relevante Strukturen der mM in die Produktentwicklung einzubeziehen. Hinsichtlich der Auswahl der Antwortkategorien sollte bei weiteren Untersuchungen auf einen der methodischeren Ansätze aus bereits bestehender Literatur zurück gegriffen werden. Das Vorgehen in dieser Studie ermöglicht eine Darbietung konkreter mM-Einflüsse mittels gemessener und interpretierter Parameter, die weitere Untersuchungen von Gestaltungswerkzeugen ermöglicht. In weiteren Untersuchungen ist zu prüfen bei welchen Aufgabentypen sich die identifizierten Werkzeuge am besten zur imM- und kmM-Förderung eignen. Bisher wurde nur der Einfluss über den visuellen Sinneskanal untersucht. Das Potenzial von gestaltbeeinflussenden Werkzeugen, deren Attribute über andere Kanäle aufgenommen werden, bleibt weiterhin offen. Durch Texteingabe und Zeichnungen wurde versucht, das in der Literatur oft erwähnte Problem der Abbildbarkeit des mM zu umgehen. Weiterführend wäre zu prüfen, wie das Abbilden der mM näher am Proband erfolgen kann, ohne dass sich die mM bei diesem Externalisierungsprozess verändern. Da die Aufgabengenerierung auf Basis psychologischen Wissens erfolgte, wäre das Einbeziehen von Psychologen bei weiterführenden Studien vielversprechend für die Qualitätssteigerung der Ergebnisse und der gezogenen Schlussfolgerungen.

Literatur

- Aehnelt, M., Peter, C. & Müsebeck, P. 2012: A discussion of using mental models in assistive environments. New York: Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments
- Arndt, H. 2006: Integrierte Informationsarchitektur, Die erfolgreiche Konzeption professioneller Websites. Heidelberg: Springer Verlag
- Bach, N. 2010: Mentale Modelle als Basis von Implementierungsstrategien, Konzepte für ein erfolgreiches Change Management. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2. Auflage
- Backhaus, C. 2010: Usability-Engineering in der Medizintechnik, Grundlagen – Methoden - Beispiele. Berlin ,Heidelberg: Springer-Verlag, S.16
- Butz, A. & Krüger, A. 2014: Mensch-Maschine-Interaktion. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH

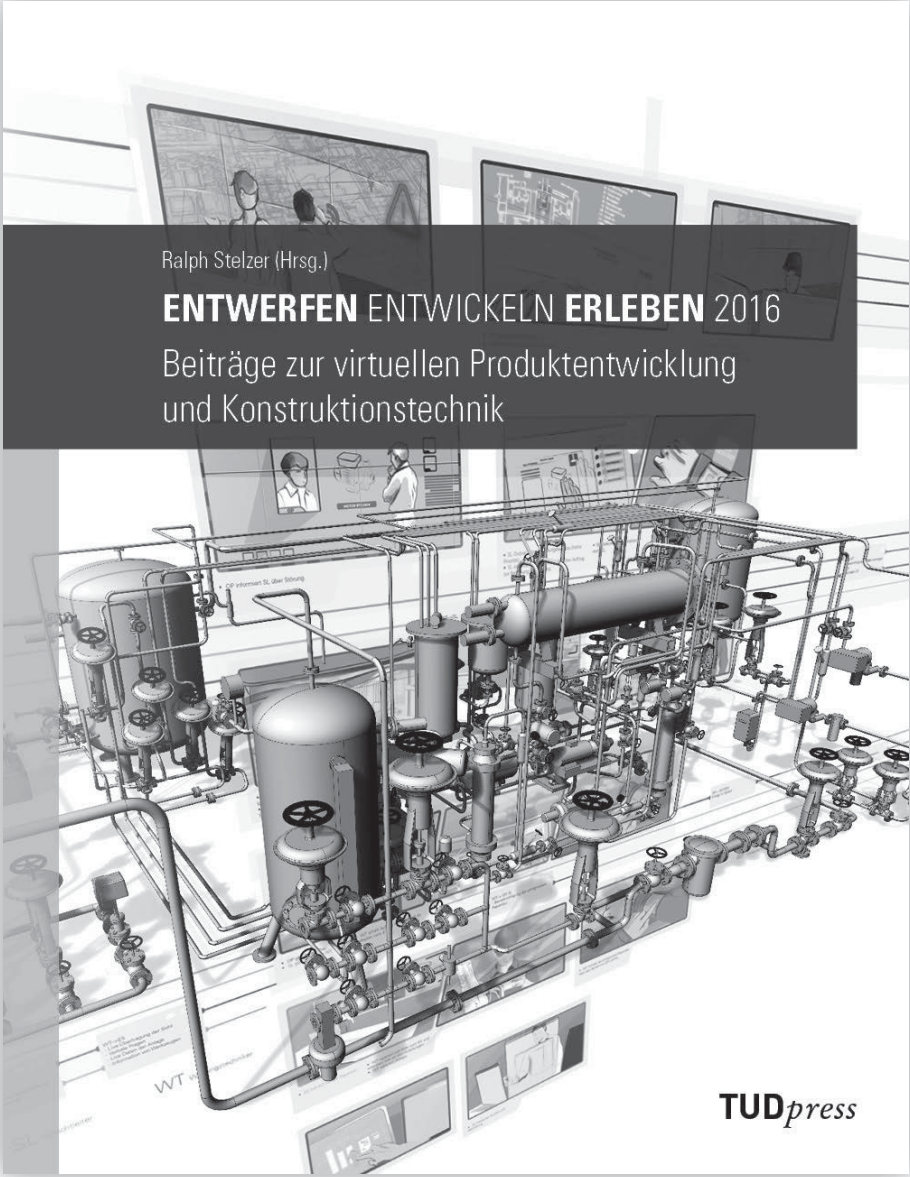
- Cooper, A., Reimann, R. & Cronin, D 2010: About Face, Interface und Interaction Design. Heidelberg: mitp, 1. Auflage
- Dutke, S. 1994: Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens. Kognitionspsychologische Grundlagen für Software-Ergonomie. Göttingen: Verlag Angewandte Psychologie, S.1, S.3
- Engelkamp, J. & Zimmer, H. 2006: Lehrbuch der Kognitiven Psychologie. Göttingen: Hogrefe Verlag, 1. Auflage, S.213
- Funke, J. & Frensch, P. 2006: Handbuch der Allgemeinen Psychologie – Kognition. Göttingen: Hogrefe, Band 5
- Gigerenzer, G. & Gaissmaier, W. 2006: Denken und Urteilen unter Unsicherheit : Kognitive Heuristiken. Göttingen: Enzyklopädie der Psychologie, Hogrefe, S.330-374
- Haig, K., Sutton, S., Whittington & J. 2006: SBAR: A shared mental model for improving communication between clinicians. Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety, 32(3), S.167-175
- Klimoski, R. & Mohammed, S. 1994: Team Mental Model: Construct or Metaphor?. Journal of Management, Vol.20, No.2, S.405, S.426
- Kramer, B. 2003: Probleme beim Aufbau mentaler Modelle in einer multimedialen Lernumgebung: Eine Pilotstudie. Kiel: Leibnitz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
- Langan-Fox, J., Code, S. & Langfield-Smith, K. 2000: Team mental models: techniques, methods and analytic approaches. Melbourne: SAGE Publications, The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, S.243
- Langan-Fox, J., Wirth, A., Code, S., Langfield-Smith, K. & Wirth, A. 2001: Analyzing shared and team mental models. Melbourne: Elsevier, International Journal of Industrial Ergonomics, S.101ff , S.107
- Leitlinien zur Reanimation, 2010a, 2010b: European Resuscitation Council, Sektion 2, Sektion 3
- Johnson-Laird, P. 1983: Mental Models, towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge: Harvard University Press
- Merkel, T. & Schmauder, M. 2011: Ergonomisch und normgerecht konstruieren, Handlungsleitfaden zur Anwendung von Richtlinien und Normen in der ergonomischen Produktgestaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1. Auflage
- Norman, D. 1983: Some Observations on Mental Modells. Hillsdale: Mental Models, S.7-14
- Norman, D. 2002: The Design of Everyday Things. New York: Basic Books, 2. Auflage
- Obermaier, C. 2004: Mentale Modelle und kognitive Täuschung. Koblenz: Universität Koblenz, S.3
- Richter, M. & Flückiger, M. 2013: Usability Engineering kompakt, Benutzbare Produkte gezielt entwickeln. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 3. Auflage
- Riempp, G. 2003: Eine Architektur für integriertes Wissensmanagement. St. Gallen: Springer-Verlag, Band 2, S.2-5

- Schiebener, J. & Brand, M. 2014: Allgemeine Psychologie I, Grundriss der Psychologie. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer, Band 3
- Seitz, S., Kellermann, G., Stefanowitsch, A., Aichele, V., Nickel, S. & Fackelmann, B. 2014: Leichte und Einfache Sprache. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung, S.8
- Staggers, N. & Norcio, A. 1993: Mental models: concepts for human-computer interaction research. Washington: US Army Defense Medical Information Systems, WRAMC, Washington DC 20307, USA and Department of Information Systems, University of Maryland, Baltimore, Elsevier, S.587-605
- Uitdewilligen, S., Waller, M. & Pitariu, A. 2013: Mental Model Updating and Team Adaption. Naastricht: Small Group Research, S.130, S.133
- Wilson, J. & Rutherford, A. 1989: Mental Models: Theory and Application in Human Factors: Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol 31. No.6, S.617-634
- Wood, M., Chen, P., Fu, K., Cagan, J. & Kotovsky, K. 2014: The Role of Design Team Interaction Structure on Individual and Shared Mental Models. Carnegie Mellon: Design Computing and Cognition DCC'12.J.S. Gero, Springer
- Wu, L., Cirimele, J., Card, S., Klemmer, S., Chu, L. & Harrison, K. 2011: Maintaining Shared Mental Models in Anesthesia Crisis Care with Nurse Tablet Input and Large-screen Displays. Stanford: Association for Computing Machinery

Kontakt Daten

Marcus Jenke M.Sc. und
 Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier
 Universität Stuttgart
 Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD),
 Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design
 Pfaffenwaldring 9
 70569 Stuttgart
www.iktd.uni-stuttgart.de

Karoline Binder
 Lonseer Str. 12
 70329 Stuttgart



Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

TUD*press*

Erschienen bei TUDpress Dresden unter der ISBN 978-3-95908-062-0.

