

Neue Herausforderungen in der Praxis: Head Mounted Displays & Augmented Reality benutzerorientiert gestalten

Henning Brau
DaimlerChrysler AG
P.O. Box 23 60
89013 Ulm
henning.brau@daimlerchrysler.com
www.daimlerchrysler.com

Christine Ullmann
c/o DaimlerChrysler AG
P.O. Box 23 60
89013 Ulm
ct.ullmann@web.de

Dr. Hartmut Schulze
DaimlerChrysler AG
P.O. Box 23 60
89013 Ulm
hartmut.schulze@daimlerchrysler.com
www.daimlerchrysler.com

Abstract

Die Gestaltung von Augmented Reality (AR) Applikationen kombiniert Anforderungen der Hard- und Software-Ergonomie mit Fragen der Arbeitssicherheit und der Nutzerakzeptanz. In der DIN EN ISO 13407 wird ein iterativer Entwicklungsprozess beschrieben, der die Nutzer aktiv in die Gestaltung einbezieht. Der vorliegende Beitrag vermittelt best

practices, die in einer arbeitswissenschaftlichen Studie der DaimlerChrysler Forschung erarbeitet wurden und gibt einen Überblick über akzeptanzrelevante Gestaltungsfaktoren.

Keywords

Head Mounted Displays, Augmented Reality, Partizipation, Akzeptanz

1.0 Neue Herausforderungen

Eine Möglichkeit, dem steigenden Informationsbedarf im Umfeld der flexiblen industriellen Fertigung gerecht zu werden, stellt die Mobilisierung der Daten mittels kopfgestützter Darstellungsmedien (»Head Mounted Display«; HMD) dar. Diese Geräte ermöglichen es, die Sicht auf die reale Welt mit virtuellen Daten und Objekten zu überlagern; in Abgrenzung zur virtuellen Realität, in der sich der Nutzer in einer vollständig computergenerierten Umgebung befindet. Die somit erweiterte Realität (»Augmented Reality«; AR) ermöglicht eine standortunabhängige und kontextsensitive Versorgung des Nutzers mit Informationen.

Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für ein solches HMD.

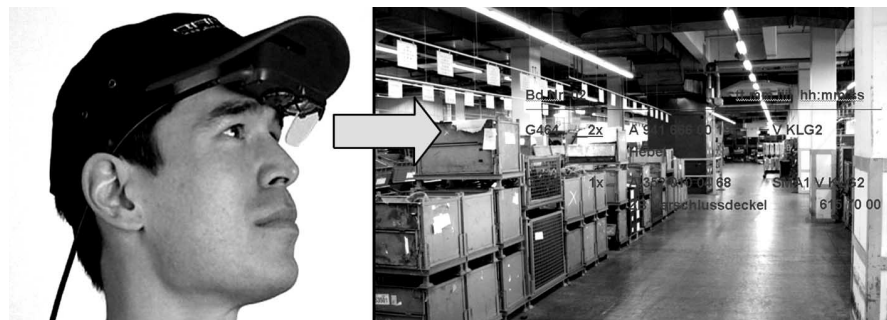


Abbildung 1: Beispiel für ein HMD (»NOMAD II« der Firma Microvision)

Über eine Steuerungseinheit, die gewöhnlich am Gürtel befestigt wird, werden bei diesem Gerät Daten über einen transparenten Spiegel vor einem Auge (monokular) projiziert. Die Information scheint somit quasi vor dem Nutzer frei im Raum zu schweben, wie in Abbildung 1 angedeutet. Andere HMD-Geräte ermöglichen eine binokulare Projektion, wodurch eine dreidimensionale Wahrnehmung der virtuellen Objekte möglich wird.

Bei der Gestaltung von HMD-/AR-Anwendungen müssen verschiedenste Fragestellungen adressiert werden, um produktions- und menschengerechte Lösungen zu entwickeln. Beispielsweise sind die konkrete technische Umsetzung, Fragen der Arbeitsgestaltung und -sicherheit, die ergonomische Gestaltung von Hardware, Interaktion und Darstellung u. v. m. zu klären. Grundsätzliche Ziele sind dabei stets die Minimierung der physischen und psychischen Mehrbelastung durch die Technologie und eine weitreichende Optimierung der Arbeitspro-

zesse. Doch sind die Geräte geeignet, während eines gesamten Arbeitstags getragen zu werden? Welche Belastungen treten dabei auf? Wird die Technologie als Arbeitsmittel überhaupt akzeptiert? Für diese und andere Fragen liegen bislang keine Erfahrungsberichte aus produktiven und dauerhaften Implementierungen am Arbeitsplatz vor. Der Einsatz dieser Technologien stellt somit alle Beteiligten (Entwickler wie Nutzer) vor neue Herausforderungen.

Nachfolgend werden Vorschläge für ein benutzerorientiertes Vorgehen zur Gestaltung der HMD-/AR-Anwendung und zur Erhebung diesbezüglicher akzeptanzrelevanter Faktoren geschildert. Diese werden an einigen Stellen durch Beispiele aus einem AR-Pilotprojekt in der Nutzfahrzeugproduktion der DaimlerChrysler AG veranschaulicht. Bei der dem Pilotprojekt zugrunde liegenden Arbeitsaufgabe werden Kleinteile, die zur Montage von Fahrzeugen benötigt werden, durch Mitarbeiter anhand einer Teileliste in einem Kommissionierlager zusammengetragen, auf einem Schubwagen gesammelt und dann an den entsprechenden Montageort verbracht. Durch den Einsatz von AR-Technologien fallen hier die ausgedruckten Teilelisten weg. Anstelle dessen hat der Mitarbeiter jederzeit die aktuell relevante Information vor dem Auge, so dass z. B. Vorgänge des Speicherns und Erinnerns von Teilebezeichnung minimiert werden können. Optimierungsgrößen sind hier Wegelängen, Suchzeiten und Fehlerquoten während der Entnahme (z. B. Franke & Mueck, 2004).

2.0 Vorgehen bei der benutzerorientierten Gestaltung

Die DIN EN ISO 13407 (1999) gibt Hinweise zur benutzerorientierten Gestaltung sowohl von Hardware- als

auch von Softwareanteilen interaktiver Systeme. Die Kernsätze dieser Norm sind ein aktives Einbeziehen der Nutzer, eine angemessene Verteilung von Funktionen zwischen Mensch und Maschine, die iterative Evaluation der Design-Entwürfe mit Nutzern sowie den Aufbau eines multidisziplinären Entwicklungsteams, das in seiner Zusammensetzung Rollen der Systementwickler und der beauftragenden Organisation widerspiegelt (z. B. Nutzer, Vorgesetzte, Usability-Professionals, Designer, Software-Ingenieure). Diese Gedanken stehen umso mehr bei der Gestaltung von HMD-/AR-Technologien im Mittelpunkt, als es bislang keinen weitreichenden Erfahrungsschatz für die Gestaltung gibt. Aufbauend auf die Maßgaben der Norm empfehlen wir folgenden idealtypischen benutzerorientierten Gestaltungsprozess:

a) Definition von Anforderungskriterien

Um eine Technologie wie AR in die Arbeitsabläufe eines produzierenden Betriebs zu integrieren, wurden im Vorfeld notwendige und hinreichende Kriterien formuliert, denen die Technologie gerecht werden muss. Die Ausarbeitung erfolgte im Vorfeld unseres Praxisfalls in einem eintägigen Workshop eines interdisziplinären Expertenteams bestehend aus Produktionsplanern, technischen Entwicklern externer AR-Anbieter, Arbeitswissenschaftlern, Betriebsratsvertretern, Ergonomieexperten, Meistern aus den Produktionsbereichen sowie Vertretern von Arbeitsschutz/-medizin. Als Ergebnis dieser gesammelten Expertise wurden neun Anforderungs- und Bewertungskategorien erarbeitet, die insgesamt 67 Einzelkriterien enthalten. Diese Kriterien stellen die Grundlage für die Auswahl von Anwendungsszenarien, der Geräte und für die Interaktionsgestaltung dar. Zugleich ermöglichen sie ein Controlling des Zielerreichungsgrads während der Entwicklung und Implementierung:

- Realisierbarkeit: Prüfparameter der technischen Umsetzung eines Anwendungsszenarios
- Visualisierung: Darstellungsparameter, z. B. monokular oder binokular, monochrom oder farbig, Informationsgröße, Schriftarten, Helligkeit, Kontrast
- Handhabbarkeit: geeignete Interaktionsgestaltung z. B. Tastenbelegung und -größe, Anzahl notwendiger Interaktionen
- Belastung/Beanspruchung: akute mentale & körperliche Befindlichkeit während der Nutzung, z. B. Nachbilder, Kopfschmerzen, Hautirritationen, Augenflimmern
- nachhaltige Gesundheit: Eignungsprofile bei Vorerkrankungen sowie langfristige Unbedenklichkeit eines Dauereinsatzes z. B. hinsichtlich Seh- bzw. Bewegungsapparat
- Ökonomie: Aufwand & Nutzen aus Produktionssicht, z. B. Ratio-Potenziale, Prozesssicherheit, Anschaffungs-, Instandhaltungs- und Wartungskosten
- Produktionstauglichkeit: z. B. Schlag- bzw. Temperaturrobustheit, leichte Wartung
- Nützlichkeit: Verhältnis von Aufwand & Nutzen aus Anwendersicht, z. B. höhere Ergebnisqualität, kürzere Wege, geringere Fehlerquote
- Notstrategie: Verfahren zur Aufrechterhaltung der Produktion bei Technologieausfall

b) Festlegung des Anwendungsszenarios

Erst nachdem ein Anwendungsszenario festgelegt wurde, sollten in Abhängigkeit zu den Anforderungen der jeweiligen Arbeitsaufgabe geeignete Geräte ausgewählt und die technische Umsetzung geplant werden. Deswegen sind einge-

hende Arbeitsplatzanalysen notwendig. Man sollte sich dabei nicht auf abstrakte Prozessbeschreibungen verlassen, da die konkreten Arbeitsanforderungen vor Ort oftmals abweichende »gelebte Prozesse« mit sich bringen (beispielsweise wurden in unserem Praxisfall die ausgedruckten Teilleisten häufig handschriftlich mit relevanter Zusatzinformation versehen), die es ebenfalls zu berücksichtigen gilt. Im Vorfeld unseres Praxisfalls wurden in einem Mitarbeiterworkshop, Werksbegehungen und anhand abstrakter Prozessbeschreibungen zunächst mögliche Szenarien identifiziert. Diese wurden dann nach technischer Umsetzbarkeit, Ökonomie und Nützlichkeit bewertet und ein Szenario für den Pilotbetrieb ausgewählt. Dann folgten Hospitanzen von Arbeitswissenschaftlern und technischen Entwicklern im Arbeitsbereich. So entstand zunehmend ein Verständnis über die konkreten Arbeitsprozesse und ihren Anforderungen.

c) Planung der technischen Umsetzung

Aufgrund der Ergebnisse kann dann in Abstimmung mit bestehenden technologischen Infrastrukturdiensten die eigentliche technische Planung stattfinden, d. h. Technologiekomponenten werden ausgewählt und ein Projektplan mit technischen Meilensteinen entwickelt. Auf Basis dieser Entscheidungen kann dann der Prozess der partizipativen Interaktionsgestaltung und der interaktiven Evaluation angestoßen werden.

d) Partizipative Interaktionsgestaltung & iterative Evaluation

Die frühe Einbeziehung der Nutzer in den Gestaltungsprozess hat als solche generell positive Auswirkungen auf die Nutzerzufriedenheit und Technologieakzeptanz. Partizipativ entwickelte Systeme passen insgesamt besser zu den Bedürfnissen der Nutzer und weisen eine

höhere Gebrauchstauglichkeit auf (Kujala, 2003). Regelmäßig wiederkehrende Evaluationen von Prototypen mit Nutzern stellen die Systemqualität sicher, geben Hinweise auf die Passung der Systeme zum späteren Anwendungskontext und können ggf. Nachbesserungsaufwand nach dem Roll-Out vermeiden helfen. Den ersten Schritt, um generelle Anforderungen an die Technologie für dieses Szenario zu erheben, können Nutzerworkshops darstellen. Für die Informationsdarbietung auf den Displays haben wir auf eine Cardsorting-Technik zurückgegriffen: Mitarbeiter erhielten die darzustellenden Informationen auf einzelnen Kärtchen dargeboten und brachten sie in eine ihrer Meinung nach optimale Anordnung. Diese Anordnungen führten dann zu Darstellungsalternativen. Sie wurden zunächst als Ausdrucke, später auch auf den einzusetzenden Geräten umgesetzt und mit den Nutzern besprochen. Während dieser Evaluationen wurde im zunehmenden Maße das Handling thematisiert und die konkreten Arbeitsprozesse fiktiv durchgespielt. Sich entwickelnde Use-Cases wurden formal-analytisch modelliert, z. B. mit KLM-GOMS. Flankierende Maßnahmen können standardisierte Usability-Fragebögen oder Experten-Evaluationen sein.

e) Einführungs- & Schulungsgestaltung

Die Erkenntnisse über die Arbeitsaufgabe, die Nutzerstruktur und die relevanten Akzeptanzfaktoren (siehe unten) können herangezogen werden, um eine systematische Einführungsgestaltung zu planen, die auch ein Schulungskonzept umfassen sollte. Unsere Erfahrungen zeigen, dass die Beteiligung des Betriebsrats bei der Kommunikation hilfreich ist. Alle Mitarbeiter sollten die Möglichkeit bekommen, die Geräte schon Wochen vor dem Pilotstart zur Probe zu tragen.

f) Pilotbegleitung & Optimierung

Da nur wenige praktische Erfahrungen vorliegen ist es schwierig, alle Anforderungen zutreffend abzuschätzen, denn weder Entwickler noch Nutzer können die Bedeutung des Einsatzes der neuartigen Technologie vollständig absehen. Umso wichtiger ist eine kontinuierliche Betreuung ab dem Pilotstart, die erst dann sukzessive zurückgefahren werden sollte, wenn die Technik und Prozesse stabil laufen sowie absehbar keine neuen Anforderungen mit Optimierungsbedarf mehr auftreten. In unserem Praxisfall trat dies bereits nach zwei Wochen ein. Während dieser ersten Pilotphase sollte immer eine Person aus dem Entwicklungsteam vor Ort sein. Auftretende Fragen oder Probleme sollten in einem Logbuch dokumentiert werden. Wichtig ist Transparenz für die Mitarbeiter, wenn sich Änderungsbedarfe nicht vor Ort umsetzen lassen. Das Voranschreiten der Optimierung könnte z. B. über ein schwarzes Brett an die Mitarbeiter kommuniziert werden. Fragebögen zu störenden Vorkommnissen und Belastungen im Zusammenhang mit der Nutzung ermöglichen darüber hinaus eine quantitative Aussage über den Pilotverlauf aus Nutzersicht.

3.0 Technologieakzeptanz

Im Rahmen einer erfolgreichen Implementierung von HMD-/AR-Technologien ist auch eine Betrachtung der Akzeptanz seitens der Nutzer von Belang. Die bestehende Literatur liefert zahlreiche Modelle zur Akzeptanz neuer Technik (vgl. z. B. Venkatesh 2003), die nach unseren Recherchen bislang aber nicht auf HMD-/AR-Technologien angewendet wurden. Da sich diese Technik deutlich von anderen unterscheidet (lasergestützt, kopfträgerbasiert), war offen, inwiefern die bestehenden Modelle

alle relevanten Einflussfaktoren auf die Akzeptanz abdecken. Daher wurden im vorliegenden Fall die zentralen theoretischen Ansätze übernommen, das Vorgehen aber so gewählt, dass auch neue, technologiespezifische Themen aufgezeigt werden können. Es entstand ein Design aus zwei Arbeitsanalysesequenzen und zwei Nutzerbefragungen.

Im Vorfeld steht dabei eine genaue Erhebung der bisherigen Arbeit ohne AR. Geeignete Mittel hierzu wären Beobachtungen (teilnehmende Beobachtung, Beobachtungsinterview), Mitarbeit und standardisierte Arbeitsanalyseverfahren. Die Strukturen und Abläufe der Arbeit sowie die Zusammenhänge der einzelnen Tätigkeiten müssen verstanden werden, um eine Grundlage für den Austausch mit den Mitarbeitern zu schaffen. Im nächsten Schritt werden diese befragt, was sie von der Technologie erwarten – sowohl positiv als auch negativ. Voraussetzung für ein solches Vorgehen ist, dass die Mitarbeiter ausreichend informiert sind über die neue Technik und die geplanten Veränderungen seitens der Initiatoren (siehe oben). Für die Befragung kann auf verschiedene Methoden (Interview, Fragebogen etc.) zurückgegriffen werden.

In der ersten Phase des Einsatzes der Technologie empfiehlt es sich, ein kurzes Akzeptanz-Screening durchzuführen. Hierzu eignen sich stichprobenartige Kurzbefragungen sowie Dokumentationsbögen, auf denen die Nutzer ihre Eindrücke festhalten können. In dieser Zeit sollte auch eine erneute Arbeitsanalyse durchgeführt werden. Ziel ist, die Veränderungen in der Arbeit durch die Technik nachvollziehen zu können und die Nutzer im Umgang mit der Technologie zu erleben.

Als letzter Schritt in der Akzeptanz-Betrachtung steht eine erneute Befragung der Mitarbeiter zu ihren Eindrücken auf Basis erster Erfahrungen im Umgang mit der neuen Technik. Durch das Pre-Post-Design lassen sich Entwicklungen in der Akzeptanz aufzeigen und an konkreten Punkten festmachen.

Die Kategorien der Befragungen in Form von fokussierten Einzelinterviews wurden thematisch dem UTAUT-Modell (Venkatesh, 2003) entlehnt. Venkatesh postuliert den Einfluss von erwartetem Nutzen, erwartetem Aufwand, unterstützenden Rahmenbedingungen und sozialen Faktoren auf die zukünftige Verhaltensabsicht und somit auf das tatsächliche Nutzungsverhalten. Aus den beiden letztgenannten wird die Akzeptanz seitens der potenziellen Anwender abgeleitet. Der Interviewleitfaden wurde darüber hinaus noch durch einige weitere Konstrukte ergänzt, die sich aus den Arbeitsbeobachtungen und den Zwischenberichten ergaben. Als Ergebnis und Anregung für zukünftige Akzeptanzbetrachtungen von HMD-/AR-Technologien haben sich folgende Konstrukte und Themenkomplexe als entscheidend herausgestellt (Benennung z. T. in Anlehnung an die unter Punkt 3 a aufgeführten Anforderungskriterien):

- wahrgenommene Nützlichkeit [und Ökonomie]
- Belastungen und Beanspruchungen
- nachhaltige Gesundheit
- Handhabbarkeit [inkl. Visualisierung]
- Rahmenbedingungen und soziale Faktoren am Arbeitsplatz

4.0 Neue Herausforderungen: Lessons Learned

Die wahrgenommene Nützlichkeit ist – konform zu existierenden Ansätzen – der entscheidende Faktor für die Nutzerakzeptanz. Eine einfache und

ergonomische Gestaltung trägt ebenfalls dazu bei (z. B. gute Darstellungsgestaltung, intuitive Interaktion). Mängel in diesem Bereich wirken sich erschwerend auf die empfundene Beanspruchung und somit auf die Akzeptanz aus (z. B. Inkompatibilität der Technik mit verschiedenen Sehhilfen, unangemessene Sensitivität von Tasten am Gerät). Durch den Technologieeinsatz werden spezifische Belastungen und Beanspruchungen wahrgenommen (z. B. Druckstellen durch Kopfträger, Wärmeentwicklung bei längerem Tragen, Kopfschmerzen), die minimiert werden müssen. Sie sollten mit dem wahrgenommenen Nutzen in einem für den Anwender erkennbar positiven Verhältnis stehen. Ist dies nicht der Fall, sinkt die Akzeptanz. Bezüglich unseres Praxisfalls ließ sich feststellen, dass ein Dauereinsatz über acht Stunden zu erheblichen Beschwerden führte und daher den Mitarbeitern so nicht zumutbar ist. Das Thema nachhaltige Gesundheit geht über die akuten Belastungen und Beanspruchungen hinaus. Im Zusammenhang mit der lasergestützten HMD-Technologie bestanden Sorgen bezüglich möglicher Langzeitschäden der Augen sowie Auswirkungen von »Elektrosmog« allgemein. Die Rahmenbedingungen und sozialen Faktoren am Arbeitsplatz (z. B. Vorhandensein von technischem Support, gruppenspezifische Prozesse) spielen insofern eine Rolle, als dass sie eine schon vorhandene positive oder negative Tendenz in die jeweilige Richtung verstärken können.

5.0 Referenzen

DIN EN ISO 13407 (1999): Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme. Deutsche Fassung EN ISO 13407. Berlin: Beuth Verlag.

Franke, W. & Mueck, B. (2004): Gibt es heute noch Innovationspotential in der Lagerlogistik. In: W. Dangelmaier, D. Kaschula & J. Neumann (Hrsg.), Supply Chain Management in der Automobil- und Zulieferindustrie, 12, 417–428.

Kujala, S. (2003). User involvement: a review of the benefits and challenges. Behaviour & Information technology, 22, Nr. 1, 1–16.

Venkatesh, V. (2003): User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, MIS Quarterly, 27, 425–478.

»Es ist erlaubt digitale und Kopien in Papierform des ganzen Papers oder Teilen davon für den persönlichen Gebrauch oder zur Verwendung in Lehrveranstaltungen zu erstellen. Der Verkauf oder gewerbliche Vertrieb ist untersagt. Rückfragen sind zu stellen an den Vorstand des GC UPA e.V. (Postfach 80 06 46, 70506 Stuttgart). Proceedings of the 3rd annual GC UPA Track Linz, September 2005 © 2005 German Chapter of the UPA e.V.«

