

Benutzerzentrierte Gestaltung eines mobilen Service- und Wartungssystems unter Ver- wendung von AR-Technologie

ANDREAS BEU, MARC HASSENZAHL, PHILIPP QUAET-FASLEM & MICHAEL
BURMESTER

User Interface Design GmbH, Lehrer-Götz-Weg 11, D-81825 München

*E-Mail: {andreas.beu | marc.hassenzahl | philipp.quaet-faslem |
michael.burmester}@user-interface-design.de*

*Keywords: User-Centred Design, Augmented Reality, Mobile Computing, User
Interface Design, Contextual Computing*

1. Einleitung und Überblick zu aktuellen Forschungsaktivitäten

Viele komplexe Tätigkeiten in den Bereichen Service und Wartung erfordern ein hohes Maß an unterstützenden Informationen zur richtigen Zeit und am richtigen Ort. Der rapide wachsende Markt mobiler Systeme für Service und Wartungstätigkeiten ist eine Antwort auf dieses Bedürfnis. Das Angebot ist reichhaltig. Die Systeme basieren auf unterschiedlichsten Technologien, angefangen bei PDAs, Hand-held PCs, Pen Computer, Sub-Notebooks, bis hin zu sogenannten Wearable Systems, einen Rechner, den man trägt wie ein Kleidungsstück. Viele Service- und Wartungstätigkeiten sind jedoch eher handwerklicher Natur und erfordern, dass beide Hände frei sind. Aus diesem Grund wäre es wünschenswert, dass das System die benötigten Informationen automatisch direkt im Sichtfeld des Wartungs- und Service-Technikers anzeigen kann. „Augmented Reality“ (AR) bietet hierfür einen interessanten Ansatz. Dieser Begriff steht für „erweiterte Realität“. Dabei wird die mit den Sinnen erfasste Realität des Benutzers mit virtueller Information angereichert.

Diese Art der Informationspräsentation, ein mobiles System mit AR-Technologie, wurde das erste Mal von Thomas Caudell in Zusammenhang mit einem Pilotprojekt zur Verbesserung des Produktionsprozesses bei Boeing beschrieben (Caudell & Mizell 1992; Behringer, Klinker & Mizell 1998). Diese Vorüberlegungen gaben den Anstoß zur Entwicklung weiterer Applikationen für unterschiedlichste Anwendungs-

bereiche, wie Architektur (Webster, Feiner, MacIntyre, Massie & Krueger 1996), Unterhaltung (Ohshima, Sato, Yamamoto & Tamura 1999), Medizin (Grimson, Ettinger, Kapur, Leventon, Wells & Kikinis 1996; Fuchs, Livingston, Raskar, Colucci, Keller State, Crawford, Rademacher, Drake & Meyer 1998; Navab, Bani-Hashemi & Mischke 1999), Produktion (Curtis, Mizell, Gruenbaum & Janin 1998; Reiners, Stricker, Klinker & Müller 1998), Wartung (Neumann & Majoros 1999) und Militär (Julier 1999).

Allen oben beschriebenen Beispielen ist eines gemein: Die entsprechenden Technologien sind bisher nur als Prototypen verfügbar. Ein kommerziell erfolgreiches Produkt ist aus diesen Forschungsaktivitäten bisher noch nicht entstanden. Gründe hierfür sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die großen technischen Probleme, die es noch zu lösen gilt. Dazu gehört beispielsweise die Bereitstellung adäquater Eingabegeräte oder die Verbesserung der Trackingverfahren, d. h. der optischen, mechanischen und/oder magnetischen Erfassung der Position und der Orientierung des Benutzers im Raum sowie der Registrierung der im realen Raum vorhandenen Objekte. Großen Bedarf gibt es auch bei der Entwicklung leistungsfähiger und leichter visueller Ausgabegeräte, wie beispielsweise sogenannter „Head Mounted Displays“ (HMD), bei denen die Information auf einer Art Brille oder Spiegel direkt in das Gesichtsfeld des Benutzers eingeblendet wird. Ein Großteil der vergangenen und laufenden Forschungsaktivitäten konzentriert sich deshalb auf diese stark Technologie-zentrierten Bereiche.

Es gab in den vergangenen Jahren aber auch Projekte, bei denen Interaktionskonzepte für AR-Systeme beschrieben wurden. Die ersten Prototypen benutzten beispielsweise Interaktionskonzepte aus der 2D-Welt in der AR-Umgebung, wie Fenster und Mauszeiger (Feiner, MacIntyre, Haupt & Solomon 1993). Die Integration bestimmter 2D-Interaktionskonzepte in AR-Systeme, wie „Direkte Manipulation“ und die Verwendung bekannter Interaktionselemente, wird als notwendig beschrieben. Allerdings wird auch auf grundlegende Probleme und Grenzen bei der Anwendung von WIMP-Techniken (WIMP = Windows, Icons, Menus, Pointing) hingewiesen (MacIntyre, Feiner 1996).

Eines der umfassendsten AR-Entwicklungsprojekte in der Industrie wurde bei Boeing durchgeführt. Hier wurde ein AR-Prototyp für die Produktion von Kabelbäumen für Flugzeuge entwickelt (Curtis et al. 1998). Ziel war die Steigerung der Effizienz bei der Kabelbaummontage durch Einblenden entsprechender Montageanweisungen direkt am Montagebrett. Dadurch sollte das aufwendige Suchen innerhalb der als Arbeitsanweisung dienenden Papierdokumentation wegfallen. Dieses Projekt beschreibt eine typische, immer wiederkehrende Gestaltungsaufgabe bei der Entwicklung von AR-Systemen: die Darstellung von Handlungsanweisungen in einem sequentiellen Dialog. Hier wurde diese Interaktion durch ein sogenanntes „one click interface“ umgesetzt, d. h. der Benutzer kommt durch einfaches Drücken einer Taste zum nächsten Schritt, durch zweifaches Drücken geht er in der Sequenz wieder einen Schritt zurück. Ferner wurde hierbei die beschränkte Fläche zur Informationsdarstellung im HMD als problematisch beschrieben, welche ein ständiges Suchen nach der in der realen Welt angezeigten virtuellen Informationen für den nächsten Schritt zur Folge hatte. Als Abhilfe wurde ein entsprechendes Kompassselement entwickelt, welches den Blick des Benutzers in die entsprechende Richtung lenken soll.

Einige interessante Interaktionskonzepte beinhaltet der MARS-Prototyp, ein AR-System, welches dem Benutzer bei einer Tour über eine Universitätsgelände entspre-

chende Informationen zu Instituten und Gebäuden gibt (Höllerer & Feiner 1999). Dabei wird ein hybrides System, d. h. ein HMD in Kombination mit einem am Arm befestigten LCD-Bildschirm verwendet. Das grundlegende Interaktionsprinzip beruht auf der Idee der „Situational Documentary“, d. h. der Verankerung multimedialer Dokumente im realen Raum. Virtuelle Flaggen mit textuellen Bezeichnern, die im HMD dem realen Szenario überlagert werden, markieren interessante Punkte („world-stabilized part“). Dabei können Flaggen, die dem Benutzer räumlich am nächsten stehen („positional proximity selection“) bzw. Flaggen, die sich im HMD in einem Art Fokusbereich im zentralen Blickfeld des Benutzers befinden („approximation of gaze selection“), selektiert und aktiviert werden. Bei Auswahl einer Flagge öffnet sich ein Menü im HMD („screen-stabilized part“) und die Themen können ausgewählt werden. Dazu wird ein Trackpad verwendet. Die multimedialen Informationen werden dann auf dem LCD-Bildschirm angezeigt. Eine Art Kompassnadel im unteren Bereich des HMDs zeigt dem Benutzer, wo das angezeigte multimediale Dokument im realen Raum verankert ist. Diese Orientierungshilfe ist erforderlich, wenn der Benutzer aufgrund einer Drehung des Kopfes den Kontext im Raum verloren hat. Weiterhin können im HMD virtuelle 3D-Modelle nicht mehr existierender Gebäude sowie omnidirektionale 360 °-Rundumsichten nicht zugänglicher Räume dargestellt werden.

Ein weiteres Beispiel eines Interaktionskonzepts für AR-Systeme ist das Personal Interaction Panel. Hier wurde ein Interaktionsmechanismus direkt aus der alltäglichen Umgebung abgeleitet. Der Benutzer, welcher ein HMD trägt, verwendet zur Interaktion mit dem System lediglich eine einfache Tafel, das sogenannte „Personal Interaction Panel“, sowie einen Stift. Tafel und Stift sind jeweils mit einem magnetischen Tracker mit sechs Freiheitsgraden versehen, um dem System Lage und Orientierung im Raum mitzuteilen. Die virtuelle Benutzungsoberfläche wird dem Benutzer über das HMD auf die Tafel projiziert. Der Benutzer bedient die virtuelle Benutzungsoberfläche mit Hilfe des Stifts. Die Tafel kann dabei gleichermaßen als Werkzeug zur Erzeugung neuer virtueller Objekte, als Element zur Selektion von Objekten, als Werkzeug zur Manipulation von Objekten oder als virtuelle Kamera verwendet werden (Szalavári & Gervautz 1997).

Während sich die genannten Beispiele bislang auf die visuelle Anreicherung der Realität und die Informationspräsentation auf HMDs konzentrierten, wurden auch die akustische und taktile Informationsanreicherung mit in die Überlegungen eingeschlossen (Cohen, Aoki & Koizumi 1993; Mynatt, Back, Want & Frederick 1997; Behringer, Klinker & Mizell 1998). Bei einem AR-System zur Unterstützung der Türschloss-Montage wurde beispielsweise Sprachein- und -ausgabe für die Navigation im sequentiellen Dialog verwendet (Reiners et al. 1998).

In der Summe betrachtet ist die benutzerzentrierte Gestaltung mobiler AR-Systeme bisher jedoch ein eher vernachlässigtes Thema. In vielen Projekten scheint die Gestaltung der Benutzungsoberfläche eine zwar notwendige, aber dennoch zweitrangige Aufgabe bei der Realisierung eines AR-Prototypen zu sein. Stattdessen steht die technische Realisierung des AR-Systems im Vordergrund der Betrachtungen, obwohl bei verschiedenen Publikationen die Gestaltung der Benutzungsoberfläche als eine der entscheidenden Schlüsselfaktoren für den erfolgreichen und breiten Einsatz von AR-Technologie genannt wird (Behringer, Klinker & Mizell 1998; Curtis et al. 1998).

2. ARVIKA – AR in Entwicklung, Produktion und Service

ARVIKA ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Bereich „Mensch-Technik-Interaktion“ gefördertes Leitprojekt. Im Juli 1999 startete ARVIKA mit der Zielsetzung, mobile AR-Technologien zur Unterstützung von Arbeitsprozessen in Entwicklung, Produktion und Service benutzerorientiert und anwendungsgetrieben zu erforschen und zu realisieren. ARVIKA wird getragen von einem Konsortium aus 20 Partnern aus der Großindustrie, mittelständisch strukturierten Unternehmen sowie den führenden Instituten aus Forschung und Wissenschaft unter der Konsortialleitung durch die Siemens AG, Bereich Automation & Drives.

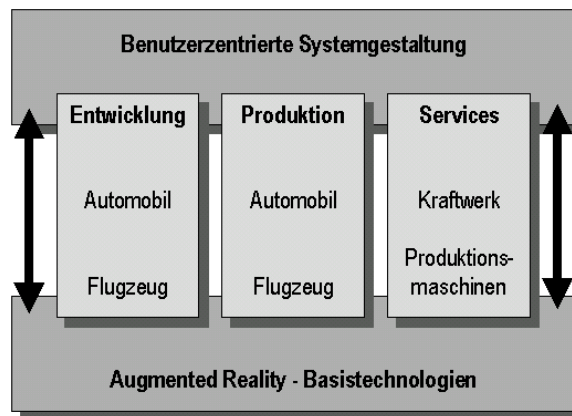


Abbildung 1: Projektstruktur von ARVIKA

Die Projektergebnisse werden in Anwendungsfeldern wie Automobil- und Flugzeug- sowie Maschinen- und Anlagenbau umgesetzt. Diese anwendungsbezogenen Themenschwerpunkte von ARVIKA bilden die Grundlage für die Anforderungserhebung zur Systemgestaltung und zielen auf die praktische Erprobung mobiler AR-Technologien im Feld. Diesem Umstand wurde durch eine entsprechende Projektstruktur Rechnung getragen (siehe Abbildung 1). Grundlage für alle Anwendungsfelder und ein weiterer Schwerpunkt im ARVIKA-Projekt sind die zu erforschenden Augmented Reality Basistechnologien, die die erforderlichen Informations- und Kommunikationstechnologien zur Realisierung entsprechender AR-Systeme zur Verfügung stellt.

Die benutzerzentrierte Systemgestaltung ist entscheidender Bestandteil der Projektstruktur. Dabei bilden die Methoden der Arbeitswissenschaft und der benutzerzentrierten Systemgestaltung die Grundlage (ISO 13407 1999). Anhand von Nutzungsszenarien werden Anforderungen erhoben, AR-Systeme ergonomisch gestaltet und die Wirkungen im Arbeitsprozess untersucht. Damit wird der Nutzen sowohl aus Sicht der Benutzer als auch in Hinblick auf eine spätere Produktvermarktung schon frühzeitig so gut wie möglich qualifiziert.

Weitere Informationen zu ARVIKA finden sich unter <http://www.arvika.de>.

3. Gestaltung generischer Dialogbausteine für AR-Systeme

3.1 Problemstellung

Die Grundlage für die Umsetzung der AR-Anwendungsszenarien im ARVIKA-Projekt liefert das „ARVIKA-Basissystem“: Das ARVIKA-Basissystem stellt die nötigen Basistechnologien sowie die nötigen Komponenten und Schnittstellen im Sinne einer AR-Systemarchitektur, für die applikationsspezifischen Entwicklungen bereit. Diese erfordern durch das „handsfree-orientierte“ und mobile Arbeiten sowie die sichtfeldzentrierte Informationsdarstellung die Erforschung, Entwicklung und Bereitstellung neuer Interaktionstechniken, Interaktionselemente (sogenannter Dialogelemente oder Dialogbausteine), AR-gerechter Informationspräsentation und Metaphern. Die Erforschung und Bereitstellung entsprechender Interaktionskonzepte und Gestaltungsrichtlinien ist ein Schwerpunkt der benutzerzentrierten Systemgestaltung.

Die Gestaltung eines Sets anwendungsgerechter Dialogbausteine ist eine wesentliche Herausforderung im Rahmen des ARVIKA-Projekts. Unter Dialogbausteinen sind die Grundelemente zur Gestaltung der Benutzungsoberfläche zu verstehen, die somit die Basis für spätere AR-Systeme darstellen. Das Set von Dialogbausteinen sollte Elemente für Basisfunktionalitäten der Benutzungsoberfläche, wie Eingabe eines Textes, Darstellen einer Zahl oder eines Textes etc., ebenso beinhalten, wie komplexere Bausteine, wie beispielsweise Listen, Menüs, Tabellen etc., sowie Bausteine, die ganze Dialogabläufe umfassen (Görner, Burmester & Kaja 1997). Neben bekannten und etablierten Interaktionskonzepten aus der 2D-Welt, die im Wesentlichen nur an die AR-Umgebung adaptiert werden müssen, liegt der Schwerpunkt der Gestaltung auf AR-spezifischen Interaktionselementen.

Eine wichtige Anforderung bei der Gestaltung der Dialogbausteine ist die Unterstützung verschiedener technischer Konfigurationen für das AR-System. Innerhalb des ARVIKA-Projekts wurden folgende zwei technische Konfigurationen als mögliche Zielsysteme definiert:

- Tragbarer berührungsempfindlicher Bildschirm mit Sprachein- und -ausgabe sowie Unterstützung von Orts- und Kontextregistrierung (sogenanntes „Location-Tracking“ und „Context-Tracking“),
- Wearable Computer mit HMD und Sprachein- und -ausgabe sowie Unterstützung von Orts- und Kontextregistrierung, ggf. mit zusätzlichem tragbarem Bildschirm.

Die Interaktionskonzepte sind stark abhängig von der technischen Konfiguration und den daraus resultierenden verwendeten Ein- und Ausgabegeräten, d. h. die Dialogbausteine müssen so gestaltet sein, dass sie auf unterschiedlichen Ausgabegeräten dargestellt werden können und dass sie die Interaktion mit verschiedenen Eingabegeräten zulassen (skalierbare Dialogbausteine).

3.2 Vorgehensweise

Bei einem neuartigen und komplexen System, für das weder umfassende Vorstellungen über Aussehen und Funktionalität, noch Marktdaten von Konkurrenz- oder

Vorgängermodellen zur Verfügung steht, sind die Reduktion der Komplexität der Gestaltungsaufgabe, die Erforschung des Gestaltungsraums sowie die empirisch gestützte Gestaltungsentscheidung geeignete Maßnahmen um das Gestaltungsziel zu erreichen.

a) Reduktion der Gestaltungskomplexität

Die Reduktion der Komplexität soll durch eine iterative Vorgehensweise erreicht werden (Nielsen 1993; Wixon & Wilson 1997). Dabei werden im ersten Schritt zuerst kleine überschaubare Aufgabenszenarien bearbeitet. Die daraus abgeleiteten Interaktionskonzepte werden in einer nachfolgenden Iteration auf weitere, komplexere Aufgabenszenarien übertragen bzw. angepasst. In der letzten Iteration werden die Gestaltungslösungen dann in einem kompletten AR-System realisiert und anschließend evaluiert.

b) Erforschung des Gestaltungsraums

Die Entwicklung von mehreren Gestaltungsalternativen ist ein weiterer wichtiger Ansatz. Dabei geht es darum, den möglichen „Gestaltungsraum“ für ein neuartiges System zu entdecken, zu erforschen und zu verstehen (MacLean, Young, Bellotti & Moran 1991). Designentscheidungen werden bewusst aufgrund von Analyseergebnissen gefällt und dokumentiert, der sogenannte „act of reflection“ (Carroll & Moran 1991). Nielsen schlägt hierfür die Vorgehensweise des Parallelen Designs vor (Nielsen 1993). Dabei bearbeiten unterschiedliche Teams die gleiche Gestaltungsaufgabe. Die auf diese Weise sehr schnell erstellten unterschiedlichen Gestaltungsalternativen werden anschließend systematisch evaluiert, um dann geeignete Konzepte zu isolieren. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass für die Darstellung der Gestaltungsalternativen einfache Skizzen, Papierprototypen oder Storyboards ausreichend sind.

Die Vielfalt von Gestaltungslösungen ist bei der Entwicklung eines neuartigen Systems in dieser frühen Phase wichtig, damit gute Gestaltungsalternativen gefunden und erkannt werden. Weiterhin soll vermieden werden, dass man sich zu früh auf eine bestimmte Gestaltung festlegt.

c) Empirisch gestützte Gestaltungsentscheidungen

Die kontinuierliche Spiegelung der Ergebnisse an den Benutzern und deren Aufgaben soll sicherstellen, dass Gestaltungsentscheidungen nachvollziehbar auf der Basis empirischer Daten gefällt werden. Aus diesem Grund ist die Vorgehensweise an die Norm ISO 13407 „Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme“ (ISO 13407 1999) angelehnt. Diese Vorgehensweise ist gekennzeichnet durch:

- die aktive Beteiligung der Benutzer und ein klares Verständnis der Benutzerbelange und der Erfordernisse der Aufgaben,
- die iterative Bearbeitung von Gestaltungslösungen,
- eine interdisziplinäre Gestaltung.

3.3 Moderierter Gestaltungsprozess

Die generelle Vorgehensweise (siehe Abbildung 2) basiert auf der Erstellung vieler unterschiedlicher Gestaltungsalternativen und der schnellen „flachen“ Dokumentation der Alternativen, sowie der anschließenden Konvergenz der Gestaltungsalternati-

ven zur letztendlichen Gestaltungslösung auf der Grundlage objektiver Evaluationsdaten.

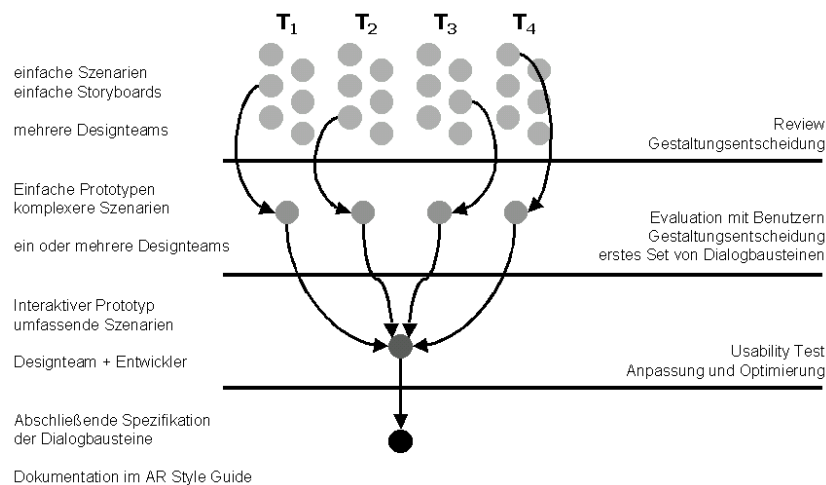


Abbildung 2: Vorgehensweise bei der Entwicklung eines Sets von Dialogbausteinen für AR-Systeme

Im Detail sieht der Prozess die folgenden vier Phasen vor:

1. Paralleles Design in mehreren Gestaltungsteams

Zu Beginn dieser ersten Phase werden die zu betrachtenden technischen Konfigurationen sowie ein einfaches Aufgabenszenario festgelegt. Hier wurde ein Aufgabenszenario aus dem Bereich Wartung gewählt, welches die Arbeitsschritte „Bauteil finden“, „Informationen zum Bauteil abrufen“, „Einblenden von Demontageanweisungen“, „Protokollieren der Tätigkeit und Notiz anlegen“ sowie „Kontaktaufnahme zur Hotline“ beinhaltet. Diese Arbeitsschritte beinhalten die häufigsten und wichtigsten Tätigkeiten, die bei umfassenden Arbeitsanalysen in den ARVIKA-Anwendungsfeldern erhoben wurden. Anschließend werden hierzu in vier räumlich getrennten und unabhängigen Gestaltungsteams Gestaltungsalternativen (mindestens eine Gestaltungsalternative pro technische Konfiguration) entwickelt und als Storyboard dokumentiert. Die Alternativen werden anschließend offline diskutiert und innerhalb der Gestaltungsteams einem Review unterzogen, wobei hier nach der Delphi-Methode vorgegangen wird (Linstone & Turoff 1975). Abschließend werden Designentscheidungen gemeinsam mit den ARVIKA-Partnern getroffen. Die Entscheidung für die Weiterverfolgung bestimmter Interaktionskonzepte soll auf der Grundlage der im Vorfeld erhobenen qualitativen und quantitativen Bewertung der Alternativen gefällt werden.

2. Erarbeitung und Evaluation von einfachen Prototypen

Die ausgewählten Gestaltungsalternativen werden als einfache Prototypen für ein oder mehrere komplexere Szenarien ausgearbeitet. Die Prototypen sollen mit Hilfe der „Repertory Grid“ Methode (vgl. Hassenzahl & Wessler 2000) durch potenzielle Endbenutzer evaluiert werden. Auf Basis dieser Ergebnisse werden die technikspezifischen Gestaltungslösungen zu einem technikübergreifenden ersten Entwurf eines Sets von Dialogbausteinen zusammengefasst. Außerdem geben die Feedbackdaten des Repertory Grids Rückschluss auf Verbesserungen.

3. Erstellung und Evaluation interaktiver Prototypen

Die Implementierung der Dialogbausteine als Teil des ARVIKA-Basissystems ermöglicht die Entwicklung interaktiver AR-Prototypen für die Anwendungsfelder. Die Prototypen sollen mit Hilfe von Usability Tests evaluiert werden. Die Ergebnisse der Usability Tests werden zur Optimierung der Dialogbausteine herangezogen.

4. Definition und Dokumentation des endgültigen Sets an Dialogbausteinen

Das endgültige Set von Dialogbausteinen wird im „AR-Styleguide“ beschrieben und als zentraler Bestandteil in die endgültige Version des ARVIKA-Basissystems integriert. Der AR-Styleguide wird ein wesentliches Ergebnis des ARVIKA-Projekts sein.

4. Ergebnisse

Ein zentrales Ergebnis des bisherigen Gestaltungsprozesses im ARVIKA-Projekt ist der *Kontextnavigator für mobile AR-Systeme*. Dessen Funktionsprinzip sowie der zugehörige Dialogbaustein sollen hier als Beispiele der bisherigen ARVIKA-Ergebnisse näher vorgestellt werden. Wir haben in der Darstellung dieses Ergebnisses bewusst eine große Detailtiefe gewählt, um der Komplexität des Systems gerecht zu werden und um Umfang und Qualität der Ergebnisse des oben beschriebenen moderierten Gestaltungsprozesses aufzuzeigen.

4.1 Kontextnavigator

Der Kontextnavigator ermöglicht dem Wartungs- und Servicetechniker den schnellen und effizienten Zugriff auf Informationen aus einem umfangreichen Datenbestand, indem er dem Benutzer eine sinnvolle Vorauswahl anbietet, welche dynamisch aus dem aktuellen Arbeitskontext generiert wird. In Abhängigkeit von seiner räumlichen Position, dem aktuellen Arbeitsobjekt, der Arbeitsaufgabe sowie möglicher Kommunikationspartner erhält er kontextspezifische Informationen und Funktionen.

Die Besonderheit des Kontextnavigators besteht in der Integration der vom ARVIKA-Basissystem zur Verfügung gestellten Basisdienste wie Tracking und Workflow-Engine, und der Vereinheitlichung des Informationszugriffs in einer den Benutzer aktiv unterstützenden Weise. Die Orientierung am Kontext des Wartungs- und Servicetechnikers soll es erlauben, den Zugriff auf Informationen und Funktionen bedarfsgerecht und in höchstem Maße benutzerfreundlich zu gestalten. Der zugehörige Dialogbaustein soll durch die Gestaltung und Strukturierung der Benutzungsoberfläche eine intuitive, schnelle und benutzerfreundliche Navigation und Orientierung in Informations- und tatsächlichen Räumen gewährleisten. Wie sich der Kontextnavigator beim Benutzer tatsächlich bewährt, wird in der kommenden Evaluationsphase des ARVIKA-Projekts untersucht (vgl. Kapitel 5).

4.2 Funktionsprinzip

Der Kontextnavigator wirkt als dynamischer Filter auf die Gesamtdatenbank, um dem Benutzer kontextangepasste Informationen und Funktionen auf einfache und schnelle Weise zur Verfügung zu stellen. Die Arbeitsweise des Kontextnavigators kann an folgendem Beispielszenario veranschaulicht werden: Ein Techniker soll eine Servicetätigkeit in einer komplexen verfahrenstechnischen Anlage durchführen. Hier

ist das Finden und Identifizieren der richtigen Komponente häufig ein aufwendiger und zeitraubender Vorgang. Nach Aussagen Betroffener nimmt diese Tätigkeit teilweise bis zu 50 % der Arbeitszeit bei der Durchführung einer Serviceaufgabe in Anspruch. Dabei orientiert sich der Techniker in der Regel an bekannten Komponenten und versucht anhand entsprechender Pläne die gesuchte unbekannte Komponente zu finden und zu identifizieren.

Der Kontextnavigator kann den Monteur in dieser Situation unterstützen, indem er ihm zum Kontext „Raum bzw. Bereich XYZ“ den unmittelbaren Zugriff auf entsprechende Grundrisspläne, Rohrleitungspläne sowie eine Liste mit installierten und datentechnisch erfassten Komponenten anbietet. Der Techniker kann sich anhand der Pläne orientieren oder in der angebotenen Liste bekannte Komponenten auswählen. Diese werden mittels HMD im realen Sichtfeld des Monteurs, aber auch in allen Plänen, die im Laufe der Servicetätigkeit aufgerufen werden müssen, durch eine farbige Markierung hervorgehoben. Bei der Durchführung der eigentlichen Wartungstätigkeit kann der Kontextnavigator dem Techniker den Zugriff auf benötigte Handlungsanweisungen, Schaltpläne etc. ermöglichen.

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Funktionsweise des Kontextnavigators.

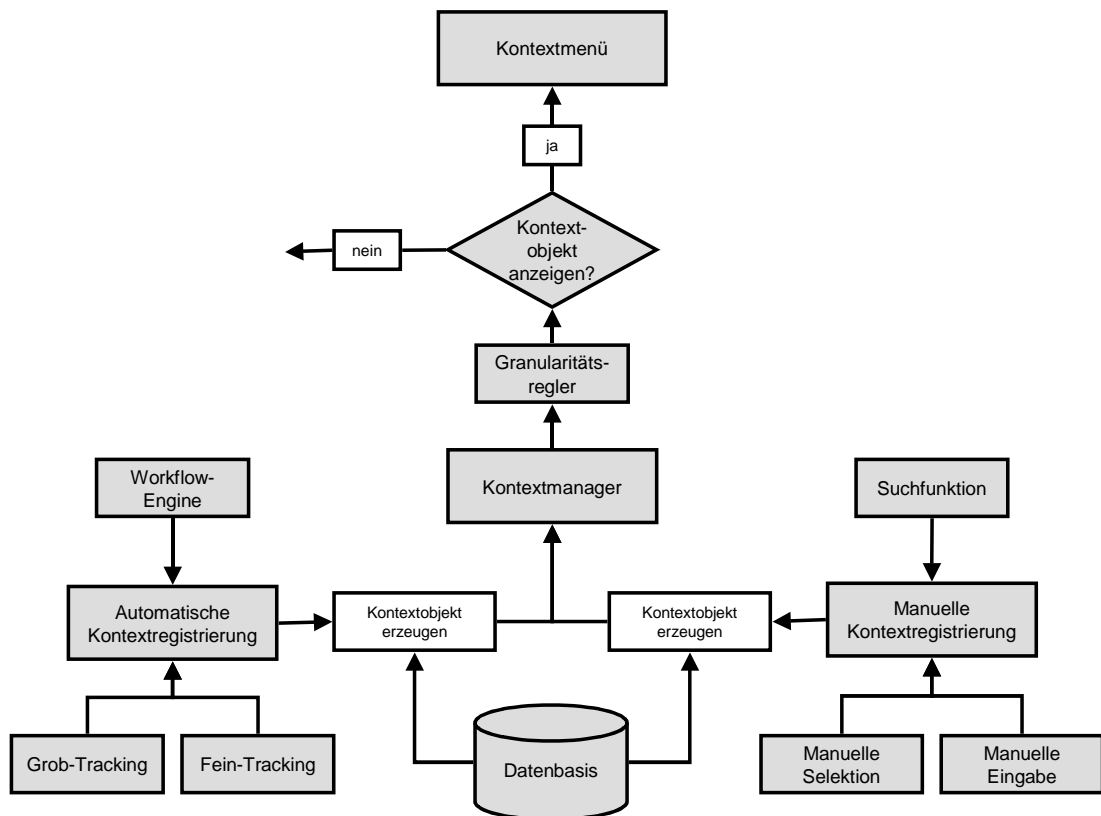


Abbildung 3: Die Funktionsweise des Kontextnavigators im Überblick

Räumlicher Kontext, Arbeitsobjekte (z. B. Komponenten) und Kommunikationspartner (weitere anwesende Personen), nachfolgend abstrakt als sogenannte *Kontextobjekte* bezeichnet, werden vom System automatisch über Grob- bzw. Fein-Tracking erfasst. Arbeitsaufgaben bzw. Arbeitsabläufe überwacht und steuert eine im Hinter-

grund laufende Workflow-Engine¹. Hat das System ein neues Kontextobjekt erfasst, so wird es im *Kontextmanager* eingetragen. Der Benutzer kann entscheiden, ob das zugehörige *Kontextmenü*, welches ihm den Zugriff auf die entsprechenden Informationen und Funktionen erlaubt, in seinem mobilen AR-System angezeigt werden soll oder nicht. Weiterhin kann er manuell (z. B. über eine Suche oder mit Hilfe eines Bar Code Readers) dem Kontextmanager zusätzliche Kontextobjekte hinzufügen.

Der Kontextmanager ist das zentrale Element des Kontextnavigators und dient der Verwaltung der Kontextobjekte. Als weiterer Filter ist der *Granularitätsregler* ange-dacht. Hiermit soll der Benutzer die Möglichkeit haben mittels eines einfachen Drehschalters einzustellen, mit welcher „Auflösung“ das System ihm Kontextobjekte anbieten soll (z. B. nur Großkomponenten vs. Einzelteile von Subkomponenten). Dies setzt eine Priorisierung der Kontextobjekte voraus. In Schalterstufe 1 würden dann beispielsweise nur Kontextobjekte der Priorität 1 angezeigt werden, in Schalterstufe 2 Kontextobjekte der Priorität 1 und 2, usw.

4.3 Dialogbaustein

Die Dialogbausteine sind in der UI-Adaption des ARVIKA-Basissystems hinterlegt. Dort können sie mittels der Beschreibungssprache UIAML (User Interface Adaption Markup Language) aufgerufen werden. UIAML ist ein innerhalb von ARVIKA entwickelter und speziell auf die Bedürfnisse mobiler AR-Systeme zugeschnittener XML-Dialekt (vgl. Abbildung 4). UIAML beschreibt den Dialog repräsentationsfrei. Erst die UI-Adaption generiert daraus (mit Hilfe von JavaScript und entsprechenden Style Sheets) die entsprechenden XHTML-Seiten, die auf den betreffenden Endgeräten dargestellt werden.

```
<contextMenu name="myContextMenu">
  <buttonMkSubMenu cref="commonInfo">
  <buttonMkSubMenu cref="instructionManual">
  <!-- ... -->
</contextMenu>
```

Abbildung 4: UIAML zur Beschreibung eines Kontextmenüs

Auf einem tragbaren berührungsempfindlichen Bildschirm erscheinen die Kontextmenüs dann als Schaltknöpfe in einer Leiste am unteren Bildschirmrand (vgl. Abbildung 5). Die Größe der Schaltknöpfe ist so gewählt, dass sie für die Bedienung am berührungsempfindlichen Bildschirm ausreichend ist (ISO 9241-14 1998). Durch Betätigen des Schaltknopfes, beispielsweise durch den Finger, wird der Schaltknopf aktiviert und das entsprechende Kontextmenü aufgeblendet. Das Menü wird wieder ausgeblendet, wenn der Benutzer einen Menüeintrag auswählt, der eine Funktion auslöst oder eine entsprechende Information aufruft, wenn er wieder den Schaltknopf in der unteren Leiste drückt oder wenn er den Bildschirm außerhalb des eingeblendeten Menüs berührt. Wenn der Benutzer einen anderen Schaltknopf betätigt, so wird das entsprechende Kontextmenü eingeblendet. Die Anordnung an der unteren Leiste wurde gewählt, damit der Benutzer beim Betätigen der Schaltknöpfe nicht den Bildschirminhalt mit der Hand überdeckt.

¹ Tracking und Workflow-Engine sind Basisdienste des ARVIKA-Basissystems, die hier nicht weiter beschrieben werden sollen.

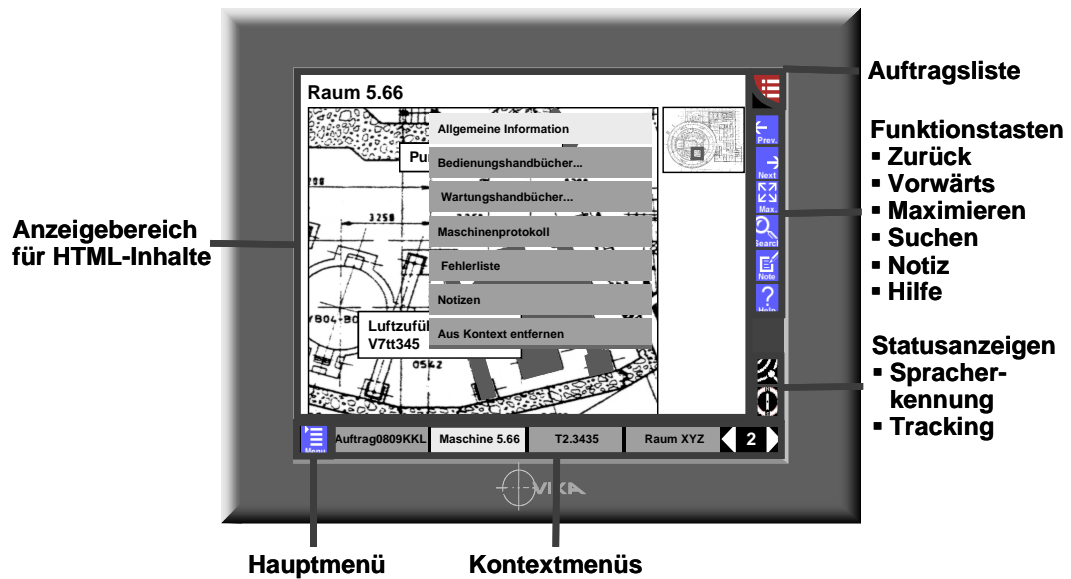


Abbildung 5: Der Kontextnavigator auf einem berührungsempfindlichen Bildschirm

Auf einem HMD werden Kontextmenüs als nummerierte Elemente in einem Menü angezeigt, das als senkrechte Schnur am Bildrand dargestellt wird (vgl. Abbildung 6).

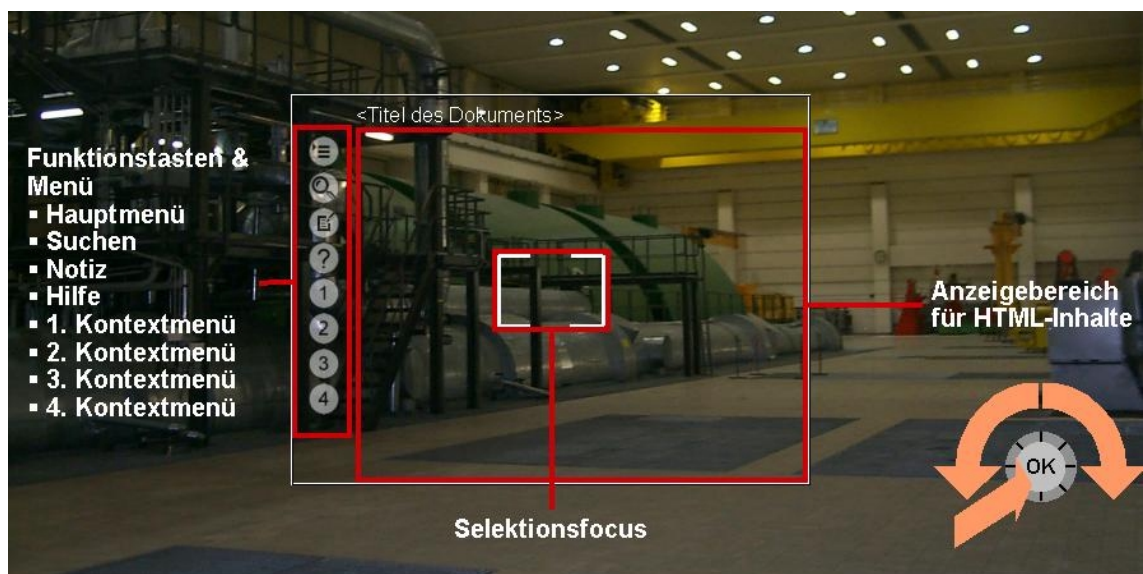


Abbildung 6: Der Kontextnavigator auf einem Head Mounted Display mit Bedienung über einen Dreh-Drück-Knopf

Ziel dieser Darstellungsform ist es, dem Benutzer möglichst wenig seines Sichtbereiches zu verdecken. Der Benutzer kann außerdem im System einstellen, ob er das Menü auf der linken oder rechten Seite haben möchte. Durch Drehen des Dreh-Drück-Knopfes wird die Selektionsmarke durch das Menü bewegt. Selektierte Menüeinträge werden aufgeblendet und im Volltext dargestellt (vgl. Abbildung 7). Durch Betätigen des OK-Knopfes des Dreh-Drück-Schalters wird der entsprechende Eintrag aktiviert und entweder ein Untermenü aufgeblendet oder eine Funktion ausgelöst. Informationen werden nie unmittelbar angezeigt, vielmehr wird zuerst nur der Titel der entsprechenden Information angezeigt. Erst durch eine explizite Aktion –

zweimaliges Drücken der OK-Taste – wird die entsprechende Information im Sichtfeld eingeblendet. Das parallele Betreiben eines tragbaren Bildschirms ist ebenfalls angedacht. Der Benutzer soll dann die Möglichkeit haben, entsprechende umfangreiche Informationen, wie Rohrleitungspläne, Grundrisse und technische Zeichnungen etc. auf dem hochauflösenden Bildschirm anzuzeigen.

Die Sprachsteuerung des Dialogs erfolgt direkt, im oberen Beispiel durch das Sprachkommando ‚Kontextmenü Maschine Fünf Punkt Sechs Sechs‘ oder indirekt, im oberen Beispiel durch das Sprachkommando ‚Kontextmenü dritte Eintrag‘.

Jedes dieser Kontextmenüs kann folgende Arten von Einträgen beinhalten:

- Eintrag zum Darstellen einer Information,
- Eintrag zum Auslösen einer Funktion,
- Eintrag zum Aufrufen eines Untermenüs.

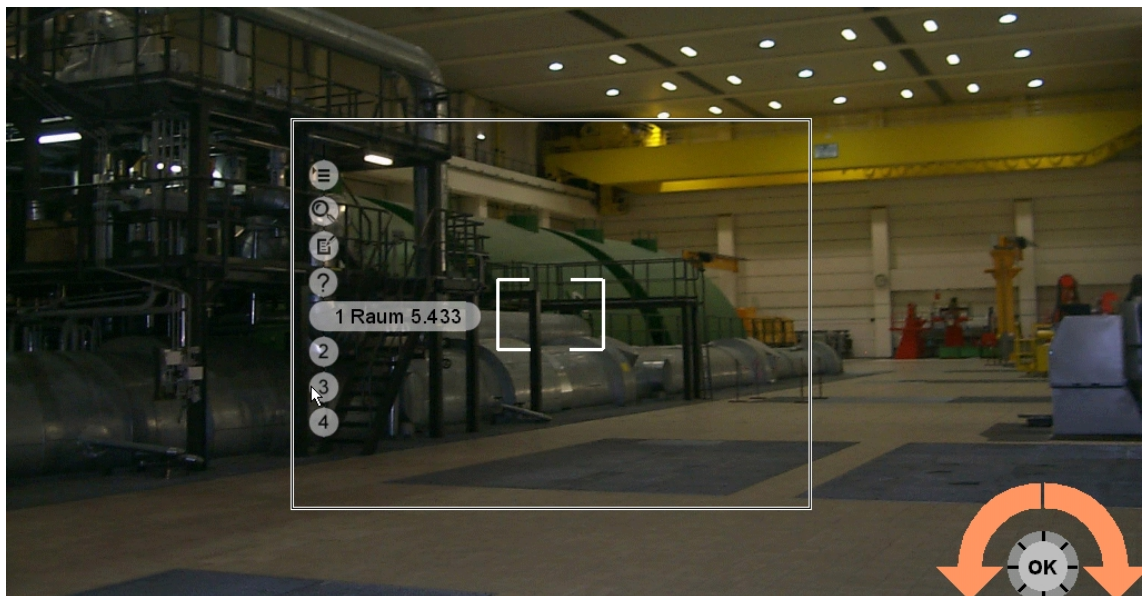


Abbildung 7: Darstellen der Selektionsmarke beim Drehen des Dreh-Drück-Knopfes

Durch die Regelung der Granularität kann der Benutzer eine Vorauswahl für die erfassten und angezeigten Kontextobjekte treffen. Solange er z. B. noch dabei ist, eine Komponente, an der er Wartungstätigkeiten durchführen muss, in einem Raum ausfindig zu machen, braucht er noch keine Detailinformationen über etwaige Teilkomponenten, die sich in seiner Nähe befinden. Wenn er jedoch an dieser Komponente zu arbeiten beginnt, können bestimmte Detailinformationen durchaus interessant sein, während Informationen über andere, weiter entfernte Großkomponenten im gleichen Raum in diesem Moment nicht mehr relevant sind. Der Benutzer hat über den Granularitätsregler die Möglichkeit, die *Empfindlichkeit* des Kontextnavigators bei Bedarf manuell anzupassen.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis des benutzerzentrierten Gestaltungsprozesses ist die Notwendigkeit einer allgemeinen *Notizfunktion*. Auch bei Notizen handelt es sich um Inhalte, bei denen die Kontextbezogenheit eine große Rolle spielt. Der Benutzer kann sich mit dem Kontextnavigator für mobile AR-Systeme zu einem beliebigen Zeitpunkt zu beliebigen Objekten Notizen in Form von Texten, Sprachaufnahmen, Fotos

oder Videoaufnahmen machen. Bereits erfasste Notizen sind jederzeit abrufbar, entweder „kontextfrei“ über eine generelle Suchliste oder kontextspezifisch direkt über die Kontextmenüs der zugeordneten Kontextobjekte. Neben der schnellen Erfassung persönlicher Notizen können auf diese Art auch Hinweise auf notwendige Korrekturen oder Änderungen der Datenbasis festgehalten werden.

5. Schlussfolgerung und nächste Schritte

Die Gestaltung von Benutzungsoberflächen für mobile AR-Systeme befindet sich noch am Anfang, das Gestaltungspotenzial muss noch ausgeschöpft werden. Dabei wird die Gestaltung der Benutzungsoberflächen auf dem Weg von den Laborprototypen hin zu den ersten kommerziellen AR-Produkten eine zunehmend wichtigere Rolle einnehmen. Die angemessene Gestaltung der Benutzungsoberflächen ist die Grundlage für ein nützliches und gebrauchstaugliches Produkt sowie wesentlicher Schlüsselfaktor, um Akzeptanz und Begeisterung der Benutzer für diese neue Technologie zu sichern. Aus diesem Grund ist eine systematische und benutzerzentrierte Vorgehensweise bei der Gestaltung von Benutzungsoberflächen zukünftiger mobiler AR-Systeme, wie sie hier im Rahmen von ARVIKA durchgeführt wird, unerlässlich, insbesondere wenn diese Systeme den Anspruch haben, mehr als nur einen Laborprototyp darzustellen.

Der vorgestellte Kontextnavigator ist ein Ergebnis, wie es in dieser Qualität nur durch eine systematische Vorgehensweise (vgl. Kapitel 3.2) erreicht werden konnte. Da sich die Entwicklung von Benutzungsschnittstellen für mobile AR-Systeme noch in einer frühen Phase befindet und somit kaum auf Erfahrungswissen, wie es etwa bei der Gestaltung von Desktop-Systemen vorhanden ist, zurückgegriffen werden kann, ist die Evaluation mit tatsächlichen Benutzern von besonderer Bedeutung. Dieser Punkt steht zur Zeit noch aus. Der Kontextnavigator soll jetzt in das ARVIKA-Basissystem integriert werden. Die Anwendungspartner werden in den nächsten Monaten entsprechende Prototypen generieren. Diese werden dann mit potenziellen Endbenutzern im Rahmen von Usability Tests, welche durch strukturierte Befragungsverfahren angereichert werden, evaluiert. Die Evaluationsergebnisse fließen direkt in das Redesign der Dialogbausteine und in die Gestaltung des zweiten Prototypen, der für das Jahr 2002 vorgesehen ist, ein.

Neben der systematischen Vorgehensweise im Sinne einer benutzerzentrierten Systemgestaltung ist der Austausch mit eng verwandten und angrenzenden Forschungsbereichen, wie z. B. „Ubiquitous Computing“, „Wearable Computing“, „Contextual Computing“ sowie „Virtual Reality“ unerlässlich. Auch andere Technologien wie Spracherkennung und Sprachsynthese, virtuelle Agenten, Künstliche Intelligenz sowie adaptive Benutzungsoberflächen sollten in die Überlegungen eingeschlossen werden. Das Lernen von Anderen ist ein wichtiger Prozess auf dem Weg zu einem erfolgreichen mobilen AR-System.

6. Literatur

Behringer R.; Klinker, G. & Mizell, D. (1998): International Workshop on Augmented Reality 1998 – Overview and Summary. In: R. Behringer; G.

- Klinker & D. Mizell (Hrsg.): *Augmented Reality, Placing Artificial Objects in Real Scenes*. Natick: A K Peters, Ltd.
- Carroll, J. M. & Moran, T. P. (1991): *Introduction to the special issue on design rationale*. Human Computer Interaction, 6. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Caudell, T. P. & Mizell, D. W. (1992): Augmented Reality: An Application of Head-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. In: *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences*. Maui: IEEE Computer Society.
- Cohen, M.; Aoki, S. & Koizumi, N. (1993): Augmented Audio Reality: Telepresence/VR Hybrid Acoustic Enviroments. In: *Proceedings of Workshop on Robot and Human Communication*. Tokyo: IEEE Computer Society.
- Curtis, D.; Mizell, D.; Gruenbaum, P. & Janin, A. (1998): Several devils in the Details: Making an AR Application Work in the Airplane Factory. In: R. Behringer; G. Klinker & D. Mizell (Hrsg.): *Augmented Reality, Placing Artificial Objects in Real Scenes*. Natick: A K Peters, Ltd.
- Feiner, S.; MacIntyre, B.; Haupt, M. & Solomon, E. (1993): Windows on the World: 2D Windows for 3D Augmented Reality. In: *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '93)*. Atlanta: MIT.
- Fuchs, H.; Livingston M. A.; Raskar, R.; Colucci, D.; Keller K.; State, S.; Crawford, J. R.; Rademacher, P; Drake, S. H. & Meyer, A. A. (1998): Augmented Reality Visualization for Laparoscopic Surgery. In: *Proceedings of First International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI '98)*. Cambridge: MIT.
- Görner, C.; Burmester, M. & Kaja, M. (1997): Dialogbausteine: Ein Konzept zur Verbesserung der Konformität von Benutzungsschnittstellen mit internationalen Standards. In: R. Liskowsky; B. M. Velichkovsky & W. Wünschmann (Hrsg.): *Software-Ergonomie '97. Usability Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Entwicklung*. Stuttgart: B.G. Teubner.
- Grimson, W. E. L.; Ettinger, G. J.; Kapur, T.; Leventon, M. E.; Wells, W. M. & Kikinis, R. (1996): Utilizing Segmented MRI Data in Image-Guided Surgery. In: *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence (IJPRAI)*. River Edge: World Scientific Publishing Co., Inc.
- Hassenzahl, M. & Wessler, R. (2000): Capturing design space from a user perspective: the Repertory Grid Technique revisited. In: *International Journal of Human-Computer Interaction. Special Issue: Ease and Joy of Use for Complex Systems at Siemens*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Höllerer, T. & Feiner, S. (1999): Situated Documentaries: Embedding Multimedia Presentations in the Real World. In: *Proceedings of International Symposium of Wearable Computers*. San Francisco: IEEE Computer Society.

- ISO 9241-14 (1998): *Ergonomische Anforderung für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Dialogführung mittels Menüs*. Berlin: Beuth Verlag.
- ISO 13407 (1999): *Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth Verlag.
- Julier, S. (1999): *Battlefield Augmented Reality System (BARS)*. <http://ait.nrl.navy.mil/vrlab/projects/BARS/BARS.html>.
- Linstone, H. A. & Turoff, M. (1975): *The Delphi Method*. London: Addison Wesley.
- MacIntyre, B. & Feiner, S. (1996): Future Multimedia Interfaces. In: *Multimedia Systems*. Berlin: Springer Verlag.
- MacLean, A.; Young, R. M.; Bellotti, V. M. E. & Moran, T. P. (1991): *Questions, options, criteria: elements of design space analysis*. Human Computer Interaction, 6. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mynatt, E. D.; Back, M.; Want, R. & Frederick, R. (1997): Audio Aura: Light-Weight Audio Augmented Reality. In: *Proceedings of ACM UIST '97*. Banff: ACM.
- Navab, N.; Bani-Hashemi, A. & Mischke, M. (1999): Merging Visible and Invisible: Two Camera-Augmented Mobile C-arm (CAMC) Applications. In: *Proceedings of 2nd International Workshop on Augmented Reality (IWAR '99)*. San Francisco: IEEE Computer Society.
- Neumann, U. & Majoros A. (1998): Cognitive, Performance, and Systems Issues for Augmented Reality Applications in Manufacturing and Maintenance. In: *Proceedings of IEEE VRAIS '98*. Atlanta: IEEE Computer Society.
- Nielsen, J. (1993): *Usability Engineering*. London: Academic Press.
- Ohshima, T.; Sato, K.; Yamamoto, H. & Tamura, H. (1999): RV-Border Guards: A Multi-Player Mixed Reality Entertainment. In: *Trans. Journal of The Virtual Reality Society, 4*. Tokyo: Virtual Reality Society of Japan.
- Reiners, D.; Stricker, D.; Klinker, G. & Müller, S. (1998): Augmented reality for Construction Tasks: Doorlock Assembly. In: R. Behringer; G. Klinker & D. Mizell (Hrsg.): *Augmented Reality, Placing Artificial Objects in Real Scenes*. Natick: A K Peters, Ltd.
- Szalavári, Z. & Gervautz, M. (1997): The Personal Interaction Panel - A Two-Handed Interface for Augmented Reality. In: *Proceedings of EUROGRAPHICS '97*. Budapest: European Association for Computer Graphics.
- Webster, A.; Feiner, S.; MacIntyre, B.; Massie, W. & Krueger, T. (1996): Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection and Renovation. In: J. Vanegas & P. Chinowsky (Hrsg.): *Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering*. Anaheim: American Society of Civil Engineers.
- Wixon, D. & Wilson, C. (1997): The Usability Engineering Framework for Product Design and Evaluation. In: M. Helander; T.K. Landauer & P. Prabhu (Hrsg.):

Handbook of Human-Computer Interaction (2nd edition). Amsterdam:
Elsevier.