

Torsten Schaft
TU Dresden,
Institut für Automatisierungstechnik,
Lehrstuhl Prozessleittechnik
D - 01062 Dresden
torsten.schaft@tu-dresden.de

Leon Urbas
TU Dresden,
Institut für Automatisierungstechnik,
Lehrstuhl Prozessleittechnik
D - 01062 Dresden
leon.urbas@tu-dresden.de

Abstract

Zum Betrieb und zur Wartung prozesstechnischer Anlagen wird Information zur Struktur, zu Wirkungszusammenhängen oder einzelnen Prozesselementen benötigt, wobei in der täglichen Anwendung diese aus Papierdokumenten abgerufen werden. Die zugrunde liegenden Daten werden heute üblicherweise in allen Lebensphasen der Anlagen mit Hilfe von CAx-Systemen verwaltet und gepflegt. Durch Fortschritte in der Informations- und Kommunikationstechnolo-

gie ist eine Bereitstellung dieser Daten auf mobilen Anzeigegeräten denkbar. Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse einer Analyse verschiedener mobiler Displays für die Anzeige von Informationen im Umfeld der Prozessindustrie vor und diskutiert ausgewählte Einsatzszenarien, anhand derer Anforderungen für die Realisierungen der Szenarien abgewogen werden.

Keywords

Mobile Anzeigegeräte, Prozessleittechnik, mobile Dokumentation, Engineeringdaten

1.0 Einleitung

Die für die Durchführung von Arbeiten bei Betrieb und Wartung prozesstechnischer Anlagen notwendigen Informationen über Struktur, Wirkungszusammenhänge oder einzelne Prozesselemente sind in vielfältigen Zeichnungen (z.B. Rohrleitungs- und Instrumentierungsplan, Stromlaufplan) und Listen (z.B. Stellenplan, Klemmenbelegung) dokumentiert. Die Planung von Anlagen und die Erstellung der Dokumentation wird heute durch integrierte CAx-Systeme gut unterstützt. In der täglichen Anwendung und dem Zugriff auf die Planungsdaten dominiert jedoch nach wie vor die Papierform. Papier ist ein vergleichsweise günstiges Medium mit einer hohen Auflösung, das in vielen Lichtsituationen gut lesbar ist, zudem ist Papier unempfindlich gegenüber Stößen und elektrischer Störeinstrahlung. Dem stehen medienbedingten Schwächen gegenüber, z.B. kein automatischer Abgleich der Kopien bei Änderung der Stammdaten und eine eingeschränkte Mobilität der Gesamtdokumentation aufgrund des großen Umfangs.

Fortschritte in der Informations- und Kommunikationstechnologie lassen die direkte Bereitstellung der Engineeringdaten an dem Ort, an dem sie benötigt werden, als denkbar erscheinen. Die Daten können dann unter Einbeziehung lokaler Informationen in einem mobilen Anzeigegerät dargestellt (Augmented Visualization, AV) werden.

Dieser Beitrag ordnet zunächst Augmented Visualization ein. Anschließend werden einzelne Ausführungsarten von mobilen Anzeigegeräten betrachtet, um im folgenden Abschnitt ausgewählte Einsatzszenarien zu diskutieren und Anforderungen an mobile Anzeigegeräte zu identifizieren. Im Anschluss wird der noch benötigte Forschungsbedarf beschrieben.

2.0 Einordnung Augmented Visualisation

Augmented Visualisation basiert auf dem mobilen Einsatz von Augmented Reality (AR) Technologien. Ein Tracking-System registriert die Position und evtl. Blickrichtung des Benutzers und leitet diese Daten an einen

Computer weiter. Dieser wählt auf Grund der ortsbestimmenden Daten die geeigneten Informationen aus, die dem Benutzer dann auf einer Ausgabereinheit angezeigt werden (Oehme 2004). Weiterhin sind die Eingaben des Benutzers in das System zu berücksichtigen. Im Gegensatz zu AR, wo Informationen zeit- und lagerichtig zur Umgebung des Benutzers dargestellt werden (kontextanalog), werden bei AV lediglich Informationen passend zum Ort angezeigt (kontextsensitiv).

3.0 Mobile Anzeigegeräte

Mobile Anzeigegeräte sind Geräte mit einem integrierten Bildschirm, die ohne eine feste Auflage benutzt werden können. Mobile Anzeigegeräte sind in verschiedensten Ausführungen erhältlich, wobei hier als typische Vertreter Mobiltelefone, PDAs¹, TabletPCs und Head Mounted Displays (HMDs) zu nennen sind.

Da der unterschiedliche Aufbau der Geräte Auswirkungen auf die physikalische Größe, Gewicht, Anzeigefläche

¹ PDA – Personal Digital Assistant

oder Bedienbarkeit hat und somit die Handhabung im Kontext der hier vorgestellten Anwendung in prozesstechnischen Anlagen beeinflusst, soll im Folgenden getrennt auf die einzelnen Ausführungsarten eingegangen werden.

3.1 Head Mounted Display

Head Mounted Displays sind Geräte, die am Kopf des Benutzers befestigt werden und deren Display sich binokular oder monokular vor den Augen des Benutzers befindet. Somit wird eine „hands-free“ Anzeige von Informationen ermöglicht.

HMDs werden hier als reine Anzeigegeräte verstanden. Sie benötigen also eine zusätzliche Recheneinheit und Bedienmöglichkeiten wie beispielsweise Armtastatur, Spracheingabe, Gestenerkennung, etc.

HMDs, deren Anzeige sich typischerweise im Bereich von 640 x 480 Pixel bis 1024 x 768 Pixel befindet, werden in drei Gruppen unterteilt: in die video-see-through, die see-through und die look-around HMDs (Wiedenmaier 2004). Video-see-through Geräte besitzen nicht durchsichtige, das Sichtfeld einnehmende Displays, die sich direkt vor den Augen des Benutzers befinden. Der Einsatz von video-see-through Geräten ist für die hier gedachte Domäne ungeeignet, da auf dem Display nur ein Ausschnitt der realen Umgebung angezeigt wird (Alt 2003), in industriellen Umgebungen ist jedoch aus Sicherheitsgründen peripheres Sehen erforderlich. Daher werden video-see-through HMDs hier nicht weiter betrachtet.

See-through HMDs besitzen transparente Displays, sodass die reale Umgebung durch die Anzeigen hindurch wahrgenommen werden kann. Mit Hilfe der Displays können angezeigte Informationen die vom Nutzer erfasste Umgebung überlagern. Dazu muss neben der Positions- und Blickrichtungserfas-

sung auch eine aufwendige Kalibrierung zwischen Gerät und Benutzer (Lage Bildschirm zu Auge) erfolgen (Wiedenmaier 2004). Zusätzlich treten Schwierigkeiten beim Erkennen von Informationen auf, wenn diese bei starkem Gegenlicht (Blick gegen eine Lichtquelle) abgelesen werden sollen.

Bei look-around Geräten befinden sich kleine, nicht transparente und das Sichtfeld nur zum Teil überdeckende Displays vor den Augen des Nutzers. Durch den Erhalt eines großen Teils des natürlichen Sichtfeldes ist bei diesen Geräten vor allem das Darstellen von kontextsensitiven Informationen sinnvoll, welche durch ein gezieltes Anschauen des Bildschirms abgelesen werden können.

Die Einsatzfähigkeit von HMDs in der Industrie wurde an verschiedenen Beispielen untersucht (Curtis et al. 1999) (Lukasser et al. 2004).

Es hat sich gezeigt, dass see-through HMDs zwar prinzipiell genutzt werden können, sich jedoch wegen Schwierigkeiten mit der Erfassung der Umgebung der Benutzer für die kontextanaloge Überlagerung nur beschränkt eignen (Lukasser et al. 2004). In Anwendungen mit kontextsensitiver Darstellung sind diese Geräte einsetzbar.

Look-around Geräte sind schon allein durch ihren Aufbau für eine kontextanaloge Überlagerung des Sichtfeldes ungeeignet, jedoch wie see-through Geräte für Anwendungen mit kontextsensitiver Darstellung gut einsetzbar.

3.2 Mobile Handgeräte mit Bildschirm

Unter mobilen Handgeräten mit Bildschirm werden hier Geräte mit integriertem Bildschirm, Recheneinheit und Bedienmöglichkeiten verstanden. Als Vertreter können TabletPCs, PDAs und Mobiltelefone genannt werden. In

Tabelle 1 wird für jeden genannten Vertreter die Eigenschaft der Pixelanzahl dargestellt, die jedoch nach konkretem Gerät unterschiedlich ausgeprägt sind.

Tabelle 1: Typische Pixelanzahlen

Gerät	Anzahl Pixel (Kilopixel)
TabletPC	307,2 – 786,4
PDA	25,6 – 153,6
Mobiltelefon	8,1 – 76,8

Weitere Eigenschaften, wie beispielsweise Rechenleistung (Wagner et al. 2005) und Art der Bedienung (Funktionstasten, Touchscreen, Spracheingabe, Tastatur), sind ebenso abhängig vom konkreten Modell.

Alle Geräte haben gemeinsam, dass sie keine „hands-free“ Erfassung von Informationen ermöglichen, da sie mit einer Hand gehalten und je nach Eingabemodalität mit der zweiten bedient werden. Sie eignen sich vor allem für kontextsensitive Anwendungen, da das Ablesen der Informationen vom Display ein Abwenden des Blicks von der realen Umgebung erfordert.

Möglichkeiten des Einsatzes der Vertreter wurden an verschiedenen Beispielen überprüft. Bei TabletPCs wurde dies u.a. am Beispiel einer Kabelbaummontage durchgeführt (Lukasser et al. 2004), wobei die Testpersonen hier die gute Erkennbarkeit von Informationen auf den physikalisch größeren Bildschirmen im Vergleich zu HMDs als angenehm empfanden. Als nachteilig erwiesen sich die Geräte bei zweihändigen Arbeitsvorgängen, da das Gerät hierzu an gut einsehbarer Position abgelegt werden muss, was nicht in jedem Fall möglich ist (z.B. über Kopf arbeiten). Weiterhin führt das Halten der Geräte zu Ermüdungsercheinungen („arm fatigue“) (Holzinger 2003) und ist für einige der bei Anlagepersonal üblichen Bewegungsformen,

wie z.B. das Klettern von Leitern, eher hinderlich (Guerlain et al. 1999).

PDA's haben mit TabletPCs gemeinsam, dass bei zweihändigen Arbeitsvorgängen, das Gerät aus der Hand gelegt werden muss. Durch die geringe Größe und Gewicht können PDA's jedoch gut in Taschen der Kleidung verstaut werden, was sich auch als günstig für oben genannte Bewegungsformen erweist.

Der Einsatz von PDA's wurde in verschiedenen beispielhaften Anwendungen durchgeführt. In (Langer 2004) wurden mittels PDA's Wartungsaufgaben unterstützt, indem im Display des Geräts grafische Symbole augmentiert auf einzelne aufgenommene Bilder angezeigt wurden. Durch die geringe Rechenleistung des dort benutzten PDA's wurde die Architektur so gewählt, dass die Berechnung zur Augmentierung von vom PDA augenommenen Bildern serverseitig erfolgte und das Ergebnis auf dem PDA angezeigt wurde. Ein Einsatz dieses Systems ist bei nicht stetiger Informationsdarstellung geeignet. In (Wagner et al. 2005) wird hingegen ein System beschrieben, bei welchem die PDA's die Augmentierungsberechnungen selbst durchführen.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten von PDA's wurden in (Chittaro 2006) für den medizinischen Bereich zur graphischen Darstellung von Patientendaten (Temperatur, Blutdruck, Ereignisse und weitere) untersucht. Eine gründliche Evaluierung der Anwendung steht jedoch noch aus. Übertragen auf den prozessleittechnischen Kontext wäre hiermit ein Darstellen von Historiendaten von Prozesswerten denkbar.

Wie schon PDA's können Mobiltelefone durch ihre geringe Größe und Gewicht auch gut in Taschen der Kleidung verstaut werden. Beispielanwendungen für Mobiltelefone nutzen die Geräte z.B. zur Darstellung von langen Texten auf diesen Geräten (Seki et al. 2004) bzw.

einzelner Bilder (Chittaro & Camaggio 2002), zur Interaktion mit großen öffentlichen Anzeigen (Cheverst et al. 2005) bzw. zur Unterstützung von Navigation (Robbins et al. 2004). Der Einsatz von Mobiltelefonen im Kontext der Prozessleittechnik ist bisher kaum betrachtet.

4.0 Augmented Visualisation in der Prozessleittechnik

Der Einsatz der AV-Technologie zielt auf eine effizientere Gestaltung der Tätigkeiten und Erhöhung der Sicherheit für Personal und Anlagen ab. Mit Vertretern aus der Industrie wurden daher verschiedene Einsatzszenarien diskutiert, bei denen mit dem Einsatz der AV-Technologie das genannte Ziel erreicht werden kann. Ein konkretes Szenario wird im Folgenden vorgestellt.

4.1 Einsatzszenario Rundgang

In einer Chemiefabrik führt ein Schichtleiter mehrmals am Tag behördlich und innerbetrieblich vorgeschriebene Rundgänge durch. Ein Rundgang umfasst mehrere markante Punkte innerhalb eines zu besichtigenden Anlagenabschnitts. Eine Erweiterung der Rundgänge zur Begehung zusätzlicher Teile der Anlage ist dabei dem Schichtleiter überlassen. Erfasste Auffälligkeiten werden bis zum Ende des Rundgangs gemerkt, um dann in ein elektronisches Schichtbuch eingetragen zu werden. Rundgänge werden häufig unterbrochen und später wieder aufgenommen oder in andere Arbeitsabläufe eingeflochten.

Folgende Probleme konnten in dem Szenario identifiziert werden:

- Die Auffälligkeiten müssen vom Schichtleiter bis zum Ende des Rundgangs im Gedächtnis behalten werden. Damit besteht die Ge-

fahr des Vergessens, besonders wenn die Rundgänge unterbrochen werden.

- Die Beschreibung der Auffälligkeiten (Ort, Art, Zeitpunkt der Entdeckung) sind oft mangelhaft und damit schwer einzuordnen. Dies ist besonders dann von Nachteil, wenn zwischen Eingabe und Auswertung der Auffälligkeit ein Schichtwechsel stattfindet.
- Bei Auffälligkeiten, die einen sofortigen Eingriff erfordern, sind Dokumentationen notwendig, die erst am entsprechenden Aufbewahrungsort konsultiert müssen.
- Es besteht keine Möglichkeit der Kontrolle, ob alle markanten Punkte eines Rundgangs abgearbeitet werden.

Dieses Szenario illustriert wesentliche Aspekte bei ortsbezogenen Aufgaben. Es treten Fehler durch Vergessen bzw. Auslassungen und mangelhafte Beschreibungen auf, welche durch Unterbrechungen begünstigt werden.

Bei Einsatz von AV-Technologien ist im obigen Szenario denkbar, dass beispielsweise Auffälligkeiten an Ort und Stelle in das elektronische Schichtbuch eingetragen werden, wobei neben Text auch Bild- und Tonnachrichten mit entsprechendem Orts- und Zeitstempel übertragen werden können. Zusätzlich werden Rückmeldungen über abgearbeitete markante Punkte gegeben und Dokumentationen zu Prozesselementen sind von jedem Punkt aus abrufbar.

4.2 Unterstützung durch AV-Technologien

Das vorgestellte Szenario Rundgang illustriert beispielhaft das Potential, das durch den Einsatz von AV-Technologien in der Prozessleittechnik gehoben

werden kann. Durch die Anzeige und die Eingabe ortsspezifischer Information können Fehler z.B. durch Vergessen und Auslassungen verringert werden, die Qualität von Eingaben erhöht werden und die Belastung der Bediener gesenkt werden. Diesem zum Teil nur schwer zu bezifferndem Nutzen stehen konkrete Aufwände für die Infrastruktur, die Anbindung, Gestaltung und die Einführung dieser Systeme gegenüber, die im Folgenden weiter ausgeführt werden.

4.2.1 Infrastruktur

Der Einsatz der AV-Technologie in der Prozessindustrie ist an eine Reihe technischer Randbedingungen gebunden. Zum Ersten muss das Bediensystem selbst ausreichend mobil sein, d.h. eine Einschränkung der Beweglichkeit z.B. durch Kabel bzw. Funkinseln ist in den meisten Anwendungsszenarien nicht erwünscht. Eine Ausnahme bilden Vor-Ort-Bedienterminals bei denen aus Gründen der Arbeitssicherheit ein klar definierter Aktionsradius der Operateure gefordert wird.

Zum Zweiten müssen geeignete Netzwerkstrukturen vorhanden sein, die eine Anbindung des mobilen Anzeige- und Bediensystem an die verschiedenen relevanten Netzwerke gestatten. Zuletzt müssen diese betrieblichen Datenquellen mit geeigneten Schnittstellen ausgestattet sein, die einen effizienten Zugriff auf die am Einsatzort benötigten Daten ermöglichen.

Durch die fortschreitende Miniaturisierung bei Rechnern, neue Technologien bei Energieversorgung und Bildschirmen sowie die verfügbaren Lösungen im Bereich Industrial Ethernet bis in die Feldebene (Wollert 2006) und industrietauglichen Funknetze stellen die ersten beiden Randbedingungen (Mobilität des Endgeräts, Vernetzung des Endgeräts) bereits heute kein grundsätzliches Hindernis dar. Mit Wachstumsraten von

50% pro Jahr im Bereich Industrial Ethernet werden insbesondere in Neuanlagen die technischen Voraussetzungen für den Einsatz von AV-Technologie kostenneutral (bzw. legitimiert durch höhere Funktionalität) realisiert.

Aufgrund fehlender offener Schnittstellen zu den betrieblichen Datenquellen und entsprechenden Standards müssen selbst für relativ einfache kontaktanaloge AR-Anwendungen eine Vielzahl von Serverkomponenten installiert und gewartet werden. Sofern, wie in der hier untersuchten Domäne, eine kontextsensitive Interaktion ausreichend ist, kann der Aufwand deutlich reduziert werden. Idealerweise sollten für die Anwendung der AV-Systeme keine zusätzlichen Datenbestände angelegt und gepflegt werden müssen. Mit dem AV-Demonstrator der Autoren können beispielsweise über entsprechende Dienste die im Aufgabenkontext notwendigen Informationen direkt aus den unterlagerten Engineeringdatenbanken ausgelesen werden.

4.2.2 Anzeige- und Eingabekonzepte

Aufgrund der ausgeführten Merkmale der Aufgabenumgebung sind die Anzeige- und Bedienkonzepte, die in den prozessnahen Ingenieursbereichen und in den Leitwarten erfolgreich eingesetzt werden, nicht direkt übertragbar. Die vergleichsweise kleinen Anzeigen der für den Einsatz im Feld geeigneten mobilen Geräte (HMD, PDA) erfordern auf die darstellbare Informationsmenge angepasste Metaphern zur horizontalen und vertikalen Navigation in den relevanten Datenräumen. Eine Analyse der erhobenen Szenarien zeigt, dass in einem Großteil der Fälle sowohl die Art der Aufgabe als auch die aufgabenbezogenen Objekte (Anlagenteile und Aggregate) und Orte den zu navigierenden Datenraum sinnvoll einschränken können.

Die orts- und objektbezogene Vorauswahl von Daten kann durch verschiedene Ortungs- und Identifikationsverfahren sinnvoll, d.h. eindeutig, unterstützt werden, insbesondere dann, wenn darüber hinaus der Aufgabenkontext bekannt ist. Dieser kann aus dem Einsatzort nicht eindeutig abgeleitet werden, hier ist ggf. eine Vorgabe durch den Benutzer des mobilen Gerätes vorzusehen.

Gestaltungsansätze müssen die dynamischen Entwicklung und hohe Varianz im Endgerätebereich adressieren, d.h. konkrete Umsetzungen müssen auf unterschiedliche Bildschirmauflösung und Eingabegeräte skalieren. Erste Experimente zeigen, dass für die effiziente Navigation in den in Plänen und Stellenblätter dargestellten Engineeringinformationen die üblichen Interaktionsmittel, die lediglich den dargestellten Ausschnitt manipulieren (Zoomen und Verschieben), nicht ausreichen. Hier sind neue Verfahren zur Steuerung des Detaillierungsgrads und zur (Re)Orientierung zu entwickeln. Die im Rahmen des ARVIKA-Projekts erarbeitete Richtlinie zur Gestaltung von AR-Displays (Beu 2003) kann dabei lediglich eine grobe Orientierung geben.

Neben den für die Navigation im anzuzeigenden Datenraum notwendigen Eingaben fordern nahezu alle Szenarien die Eingabe von komplexen Daten durch die Benutzer. Die in der Literatur vorgeschlagenen Ansätze für den Rückkanal reichen von realen oder virtuellen haptischen Eingabengeräten (Funktionstasten, Drehdrücksteller, Tastatur, Touchscreen, etc.) über Spracheingabe bis hin zur Handgestenerkennung (e.g. (Kraiss 2006)). Trotz der Vielfalt der Ansätze lassen sich derzeit keine eindeutigen Favoriten ausmachen, die unter den rauen Bedingungen der industriellen Umgebung die Anforderungen an die Bedienbarkeit mit Arbeitshandschuhen, leichte Erlernbarkeit, Eindeutigkeit, Robustheit und Effizienz erfüllen.

5.0 Zusammenfassung

Mobile Anzeigegeräte haben das Potential die informationsintensiven Tätigkeiten von Personal in den Anlagen der Prozessindustrie zu unterstützen. Voraussetzung für den industriellen Einsatz der Systeme ist jedoch der konkrete Nachweis eines wirtschaftlichen Nutzens, sei es durch Steigerung der Produktivität, der Anlagenverfügbarkeit oder einer erhöhten Sicherheit, der die Aufwände für Einführung und Betrieb der Technologie deutlich übersteigt.

Die Analyse von Eigenschaften der Geräte und die Auswertung der einschlägigen Literatur zeigen, dass see-through HMDs, look-around HMDs und PDAs geeignete technologische Plattformen für die mobile Interaktion mit AV-Technologien sein können.

Auf der Basis industrieller Einsatzszenarien wurden beispielhaft aufgabenbezogene Informations- und Unterstützungsbedarfe analysiert und Anforderungen an die Interaktion mit den Geräten abgeleitet.

Während die aktuelle Entwicklung der IT-Technologien in der Prozessleittechnik dafür spricht, dass wesentliche Infrastrukturkomponenten für die mobile Interaktion in absehbarer Zeit zur Verfügung stehen werden, besteht deutlicher Entwicklungsbedarf für herstellerübergreifende Schnittstellen und Dienste zur Bereitstellung der kontextsensitiven Daten.

6.0 Literaturverzeichnis

Alt, T. (2003): *Augmented Reality in der Produktion*. München: Herbert Utz Verlag.

Beu, A. (2003): *Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service - Style Guide für Augmented Reality Systeme*. <http://www.uidesign.de/arvika/>, 23.05.2007: User Interface Design.

Cheverst, K.; Dix, A.; Fitton, D.; Kray, C.; Rouncefield, M.; Sas, C.; Saslis-Lagoudakis, G.; Sheridan, J. G. (2005): Exploring bluetooth based mobile phone interaction with the hermes photo display. In: *MobileHCI '05: Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services*. New York, NY, USA: ACM Press, S. 47–54.

Chittaro, L. (2006): Visualization of patient data at different temporal granularities on mobile devices. In: *AVI '06: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, S. 484–487.

Chittaro, L.; Camaggio, A. (2002): Visualizing bar charts on wap phones. In: *Mobile HCI '02: Proceedings of the 4th International Symposium on Mobile Human-Computer Interaction*. London, UK: Springer-Verlag, S. 414–418.

Curtis, D.; Mizell, D.; Gruenbaum, P.; Janin, A. (1999): Several Devils in the Details: Making an AR Application work in the Airplane Factory. In: Behringer R.; Klinker G.; Mizell D. (Hrsg.): *Augmented Reality - Placing Artificial Objects in Real Scenes*. Natick, Massachusetts: A K Peters, S. 47–60.

Guerlain, S.; Lee, J.; Kopischke, T.; Romanko, T.; Reutiman, P.; Nelson, S. (1999): Supporting collaborative field operations with personal information processing systems. *Mob. Netw. Appl.*, Vol. 4, Nr. 1, S. 37–48.

Holzinger, A. (2003): Finger instead of mouse: Touch screens as a means of enhancing universal access. *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2615/2003, S. 387–397.

Kraiss, K.-F. (Hrsg.) (2006): *Advanced Man-Machine-Interaktion*. Berlin: Springer.

Langer, D. (2004): AR im Service für Luftfahrzeuge. In: Friedrich, W. (Hrsg.): *ARVIKA - Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service*. Erlangen: Publicis, S. 225–230.

Lukasser, H.; Böhme, J.; Lühr, B.; Willers, D. (2004): AR für die Montage komplexer Systeme. In: Friedrich W. (Hrsg.): *ARVIKA - Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service*. Erlangen: Publicis, S. 165–194.

Oehme, O. (2004): *Ergonomische Untersuchung von kopfbasierten Displays für Anwendungen der erweiterten Realität in Produktion und Service*. Aachen: Shaker Verlag.

Robbins, D. C.; Cutrell, E.; Sarin, R.; Horvitz, E. (2004): Zonezoom: map navigation for smartphones with recursive view segmentation. In: *AVI '04: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, S. 231–234.

Seki, Y.; Eguchi, K.; Kando, N. (2004): Compact summarization for mobile phones. In: *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2954/2004, S. 172–186.

Wagner, D.; Pintaric, T.; Ledermann, F.; Schmalstieg, D. (2005): Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices. In: *Proceedings of Third International Conference on Pervasive Computing*, S. 208–219.

Wiedenmaier, S. (2004): *Unterstützung manueller Montage durch Augmented Reality-Technologien*. Aachen: Shaker Verlag.

Wollert, J. F. (2006): *Ethernet Automatisierungstechnik*. In: Gevatter, H.-J.; Grünhaupt U. (Hrsg.), *Handbuch der Mess- und Automatisierungstechnik*. Berlin: Springer, S. 597–624.

