

Mehdi Hamadou, Dirk Jahn und Jens Weidenhausen

ARVIKA – Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service

ARVIKA – Augmented Reality for Development, Production and Service

Mensch-Maschine-Interaktion_Mensch-Technik-Interaktion_Mobile Computing_Augmented Reality

Zusammenfassung. Augmented Reality, erweiterte Realität, ist eine Form der Mensch-Technik-Interaktion, die dem Menschen z. B. über eine Datenbrille Informationen in sein Sichtfeld einblendet und damit die von ihm wahrgenommene Realität erweitert. Dieses geschieht jedoch kontextabhängig, d. h. passend zum und abgeleitet vom betrachteten Objekt, z. B. einem Bauteil, einem Werkzeug, einer Maschine oder zu seinem Standort. So wird das reale Sichtfeld eines Facharbeiters, Technikers oder Entwicklungsingenieurs durch eingeblendete Hinweise um für ihn wichtige Informationen angereichert (Azuma, Bailiot, Behringer, Feiner, Julier und MacIntyre 2001). ARVIKA entwickelt diese Technik in den Anwendungsfeldern Entwicklung, Produktion und Service der Automobil- und Flugzeugindustrie, für Kraftwerks- und Prozessanlagen und für Werkzeug- und Produktionsmaschinen. Besondere Perspektiven bietet diese Technik für mittelständische Unternehmen, die durch verbesserte Diagnose- und Wartungskompetenz flexibler und effizienter agieren können und damit eine Stärkung im globalen Wettbewerb erfahren.

Summary. Augmented Reality (AR) is a form of human-machine interaction where information is presented in the field of view of an individual e.g. through a head mounted display, thus augmenting his or her perception of reality. This occurs in a context-sensitive manner, i.e. in accordance with and derived from the observed object, such as a part, tool or machine, or his or her location. In this way, the real-world field of view of a skilled worker, technician or design engineer is augmented with superimposed notes to present information that is relevant to this individual (Azuma, Bailiot, Behringer, Feiner, Julier and MacIntyre 2001). ARVIKA develops this technology or applications in the fields of design, production, and service in the automotive and aerospace industries, for power and processing plants and for machine tools and production machinery. This technology offers special dimensions for mid-sized businesses that can leverage an improved diagnostic and maintenance competence to increase their flexibility and efficiency, thereby strengthening their global competitive position.

1. Projektüberblick

Augmented Reality (AR) ist eine neue Form der Mensch-Technik-Interaktion, die dem Anwender beispielsweise über eine Datenbrille Informationen in sein Sichtfeld einblendet. Dies geschieht kontextabhängig, d. h. passend und abgeleitet vom betrachteten Objekt, z. B. einem Bauteil oder einer Einbauumgebung. In diesem Fall ersetzt Augmented Reality einerseits das herkömmliche Montagehandbuch und liefert zusätzlich aktuelle prozessrelevante Informationen wie z.B. Druck, Temperatur,

Drehzahl. Neben dieser situationsgerechten Interaktion erschließt der Einsatz am Körper tragbarer Computer AR-Anwendungsfelder, in denen hohe Mobilität gefordert und Prozess-, Mess- oder Simulationsdaten zur Unterstützung des Arbeitsvorgangs benötigt werden.

Im Bereich der AR wird bis dato nur in singulären Forschungsprojekten bzw. in wenigen anwendungsorientierten Industrieprojekten weltweit geforscht und entwickelt. Der Stand der technologischen Entwicklung sowie die verfügbaren Geräte lassen noch keinen produk-

torientierten Einsatz zu. Andererseits ermöglicht AR eine neue, veränderte Form der Mensch-Technik-Interaktion, die nicht nur den Menschen im Zentrum des industriellen Arbeitsvorgangs sieht, sondern ein hohes Potential für Prozess- und Qualitätsverbesserungen in fertigungs- und verfahrenstechnischen Arbeitsvorgängen beinhaltet. Während Virtual Reality, insbesondere in den Entwicklungsphasen eines Produktes, ohne reale Umgebung, Design und Produktverbesserung unterstützt, steht bei Augmented Reality das reale Produkt, die reale Umgebung im Mittelpunkt und er-



Bild 1: ARVIKA Projektstruktur

gänzt diese Realität situationsgerecht um Informationen am Objekt, die das Entwickeln, das Fertigen, die Pflege eines Industrieprodukts ermöglichen oder erleichtern.

Deshalb fördert das Ministerium für Bildung und Forschung (BMB+F) im Leitprojekt ARVIKA (ARVIKA Homepage 2002) die Entwicklung von Augmented-Reality-Technologien zur Unterstützung von Arbeitsprozessen in Entwicklung, Produktion und Service für komplexe technische Produkte und Anlagen, benutzerorientiert und anwendungsgetrieben. Bei einer Gesamtlauzeit von vier Jahren (07/1999–06/2003) und einem Gesamtprojektvolumen von ca. 21 Mio. € erfolgt die Durchführung in zwei Projektabschnitten, die in entsprechenden Prototypen resultieren.

Die anwendungsbezogenen Themenschwerpunkte von ARVIKA (siehe Bild 1) zielen auf die Erprobung von Augmented Reality in der Entwicklung, in der Produktion und im Service des im Einsatz befindlichen Produktes bzw. auf den Service der für die Produktion notwendigen Maschinen und Systeme. Diese sind bei der Entwicklung das Automobil und die Flugzeugausstattung, bei der Produktion die Automobil- und Flugzeugmontage und beim Service die Kraftwerks- und Prozessanlagentechnik und die für die Produktion/Fertigung notwendigen Werkzeug- und Produktionsmaschinen. Dadurch werden die wesentlichen Einsatzfälle von AR in der Industrie abgedeckt, Doppelentwicklungen vermieden und die notwendige anwendungsorientierte Tiefe zur Verifikation dieser neuartigen Technik erreicht.

Diese Schwerpunkte sind in eine Benutzerzentrierte Systemgestaltung eingebettet, die das Projekt in allen Phasen

mit arbeitswissenschaftlichen Methoden begleitet.

Grundlage für alle Entwicklungen in den Anwendungsfeldern sind die Augmented Reality Basistechnologien, die die Highend-/Poweranwendungen in der Entwicklung genau so unterstützen wie den Lowend-Einsatz am Gürtel des Facharbeiters in der realen Produktions- oder Serviceumgebung.

2. Die Vision

Die Vision des Projektes ist die Bereitstellung nutzergerechter stationärer und mobiler AR-Systeme für industrielle Anwendungen. Ein interdisziplinäres und branchenübergreifendes Konsortium stellt die Erreichbarkeit der anspruchsvollen Zielsetzungen sowohl aus wissenschaftlicher Sicht wie von Seiten der Anforderungsermittlung und Erprobung in industriellen Anwendungen sicher. Dabei sind Unternehmen der Automobil- und Flugzeugindustrie wie Airbus, Audi, BMW, DaimlerChrysler, EADS, Ford und VW, Framatome ANP als Kraftwerksun-

ternehmen, mittelständisch strukturierte Unternehmen der Werkzeug- und Produktionsmaschinenbranche wie DS Technologie, Gühring, Hüller-Hille, Index und Ex-Cell-O, Integratoren, Dienstleister und Kleinunternehmen wie ART, UI-Design und VRCom, Forschungspartner wie das Fraunhofer IGD, ZGDV, TUM, Institut für Arbeitswissenschaft und das Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) und Siemens als Konsortialleiter. Im folgenden werden einige AR-Anwendungsvisionen exemplarisch erläutert.

2.1 Anwendungsfeld Entwicklung

Der Vergleich von Versuch und Rechnung des Crashtest-Szenarios (siehe Bild 2) unterstützt den Berechnungsingenieur aus dem Bereich der Struktursimulation mit AR-Techniken.

Nach der Durchführung des Crashtests ermöglicht die AR-Technologie den sofortigen Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den Verformungen des gecrashten Fahrzeuges. Bei den Daten handelt es sich im Wesentlichen um grafische Informationen (Finite-Elemente-Methode-Gitter), die mit Ergebnissen gekoppelt sind wie Stress, Strain, Internal Energy und um textuelle Informationen ergänzt sein können.

Weitere Szenarien befassen sich mit der Ergonomischen Layoutgestaltung und Strömungsvisualisierung der Konvektion in der Umgebung von Piloten- und Fluggastsitzen.

2.2 Anwendungsfeld Produktion/Montage

Mit dem Szenario Augmented Reality für die Produktion/Montage wird ein in-

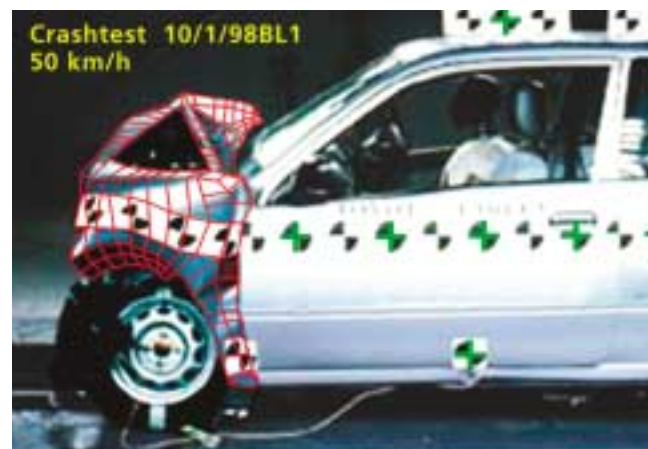


Bild 2: Beispiel aus dem Anwendungsfeld Entwicklung

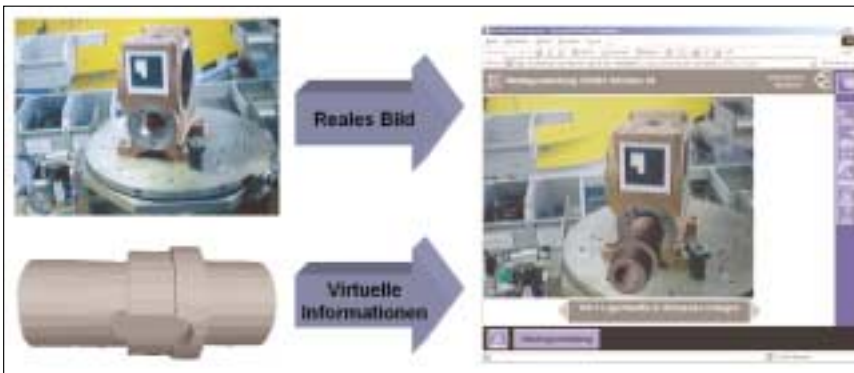


Bild 3: Beispiel aus dem Anwendungsfeld Produktion

dustriell relevantes Anwendungsfeld definiert. Dieses Szenario ergibt sich hierbei vor dem Hintergrund einer variantenreichen Montage komplexer Produkte. Dabei soll der Werker in erster Linie nicht bei der Ausführung immer wiederkehrender, gleichartiger Montagearbeiten, sondern vielmehr bei der Verwaltung der umfangreichen Varianten über den gesamten Montageprozess unterstützt werden. Daher muss das AR-System für die Montage in der Einzel- und Kleinserienfertigung in den gesamten Montageprozess integriert werden. Die bisher in der Montage eingesetzte Dokumentation ist in der bestehenden Form nicht direkt verwendbar, da die Dokumente zu viele Informationen enthalten, die in einem AR-System nicht darstellbar sind, wie z.B. große Zeichnungen. Durch die neue Technologie sind viele klassische Informationen solcher Dokumente nicht mehr notwendig. Diese Informationen werden durch die visuelle Darstellung der Augmented Reality Technologie viel intuitiver aufgenommen (Eversheim, Weck, Jahn, Koschig und Fricker 2001).

Weitere Szenarien sind „Fehlerbehebung Fahrzeugelektrik“ (Alt und Nölle 2001), „AR-gestützte Qualitätssicherung entlang der Fertigungskette“ (Alt und Schreiber 2001), „Montage Frischwassersystem im Airbus“, „Kabelbaumfertigung für den Eurofighter“.

2.3 Anwendungsfeld Service

AR wird im Service eine dominierende Rolle spielen, aber auch sehr hohe Anforderungen an die Mobilität und Robustheit des Systems beim Einsatz in einer industriellen Umgebung stellen (siehe Bild 4). Das Anwendungsszenario „Diagnose und Service an Produktionsmaschinen“ hat zum Ziel, Servicemitar-

beiter und Endnutzer bei der Fehlerdiagnose, Inbetriebnahme, Wartung und Instandsetzung vor Ort oder durch direkte Interaktion mit der Servicezentrale durch den Einsatz von Augmented-Reality-Technologien zu unterstützen (Jahn 2001). Dabei stellt das System eine Interaktionsschnittstelle zur Verfügung, mit der das Navigieren innerhalb einer Kette von Handlungsanweisungen wie Arbeitsplänen, Service-Anleitungen etc. ermöglicht wird. Arbeitsschritte werden dabei dem Handlungsablauf folgend in die Sicht des Service-Facharbeiters eingeblendet und unterstützen diesen bei seiner Tätigkeit. Durch die Einblendung der Informationen in sein Blickfeld kann dieser seine ganze Aufmerksamkeit dem Arbeitsprozess widmen (N.N. 2001).

Bei schwerwiegenden Problemen kann ein Experte hinzugezogen werden. Dazu wird die aktuelle Situation des Service-Technikers an den entfernten Experten übertragen. Hiermit wird ein „Blick über die Schulter“ des Technikers ermöglicht. Der Experte kann dann das gemeinsame Bild mit zusätzlichen Informationen, wie Handlungsanweisungen, Hilfen, weiteren Dokumenten etc., anreichern.



Bild 4: Beispiel aus dem Anwendungsfeld Service

3. Lösungsansatz: Ein offenes AR-System

Um diese Visionen für die Anwendungsfelder Entwicklung, Produktion und Service zu realisieren, verfolgt ARVIKA einen ganzheitlichen Ansatz:

- ARVIKA steht für Augmented Reality mit Objektidentifikation und Informationsfixierung am identifizierten Objekt.
- ARVIKA steht für Informationsbereitstellung für AR-Anwendungen in Abhängigkeit vom Arbeitskontext; das umfasst Dokumentausschnitte unterschiedlicher Formate, aber insbesondere auch Prozessdaten der Maschine/Anlage und Daten aus der etablierten IT-Welt (SAP, PDM, ...).
- ARVIKA steht für Interaktion mit Augmented Reality, d.h. ARVIKA berücksichtigt unterschiedliche Ein-/Ausgabegeräte, Sprachein- und -ausgabe für Handsfree-Arbeiten und konzipiert neue Oberflächen für mobiles IT-gestütztes Arbeiten mit Webpads und Datenbrillen.

Die im ARVIKA-Projekt entwickelte Architektur wurde so konzipiert, dass sie eine größtmögliche Offenheit gegenüber Erweiterungen, Anpassungen und Ergänzungen besitzt. Dabei wird der neueste Stand in der Informationstechnologie berücksichtigt. Hierdurch ist es nicht nur möglich, zukünftige Applikationen zu realisieren, sondern auch AR-Forschern der Welt eine Plattform zur Verfügung zu stellen, um neue Algorithmen für Tracking, Kalibrierung und Interaktionen einzubringen und damit die Anforderungen weiterer Anwendungen zu erfüllen.

Die AR-Basistechnologien unterstützen stationäre Anwendungen mit Highend-Grafiksystemen in den Entwicklungslabors genauso, wie mobile Lowend-Systeme am Gürtel des Facharbeiters in einer realen Produktions- oder Serviceumgebung.

3.1 Stationäre Augmented Reality Systeme

Für die Szenarien im Anwendungsfeld Entwicklung werden stationäre, hochleistungsfähige Systeme eingesetzt. Hier sind höchste Anforderungen an die Qualität der Darstellung, die Genauigkeit der Trackingverfahren und an die Performance zu verzeichnen. Diese lassen sich derzeit nur mit hochwertigem Equipment erreichen. Hierin begründet sich auch die Erweiterung bestehender VR-Systeme, welche auf diese Aufgabe hin bereits optimiert sind. Entsprechend wurde eine Ausprägung des ARVIKA-Systems mit der ersten prototypischen Realisierung implementiert, das diesen Anforderungen gerecht wird.

Zur Validierung der Tauglichkeit für AR-Anwendungen wurden diverse am Markt verfügbare Trackingsysteme bezüglich ihrer Positionsgenauigkeit untersucht. Der Vergleich erfolgte an einem realen Modell unter Laborbedingungen. Die Erkenntnisse werden zum optimierten Einsatz bestehender Systeme genutzt und fließen in Weiterentwicklungen ein.

Die Darstellung der virtuellen Szene erfolgte mit marktverfügbaren optical-see-through-Displays. Bei diesen Datenbrillen bleibt die Sicht des Benutzers auf seine Umgebung erhalten. Nur die einzublendenden zusätzlichen Informationen werden im Display gezeigt. Die Untersuchungen der Prototypen haben ergeben, dass derzeit verfügbare Displays noch nicht den Anforderungen genügen. Das gilt insbesondere hinsichtlich dem darstellbaren Sichtfeld (Field of View), der Lichtdurchlässigkeit (optical-see-through) und dem Kontrast zur Umgebung und Auflösung.

Beim Visionsszenario „Crashtestsimulationen zur Unterstützung der Analysen von Berechnungsingenieuren“ werden mögliche Unterschiede einer Simulation zum realen Pendant auf einen Blick erkenn- bzw. erfassbar. Dies gilt natürlich nicht nur für Crash-Berechnungen. Allgemein können benötigte

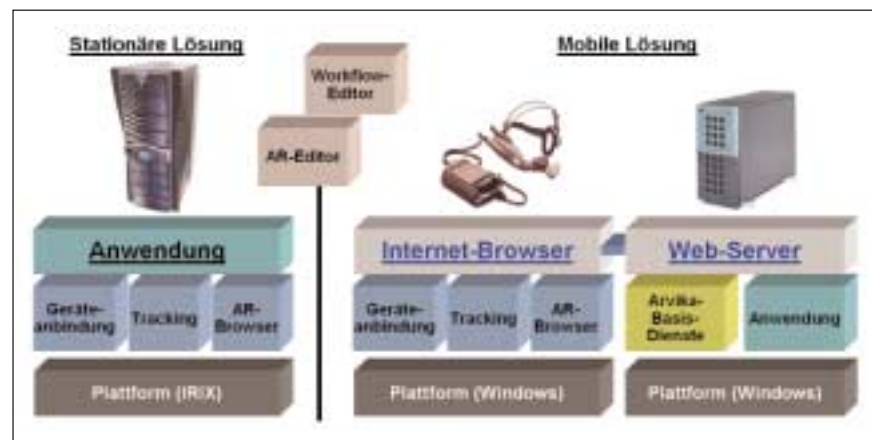


Bild 5: Stationäre und mobile Lösung

Soll/Ist-Vergleiche, beispielsweise bei Bauteilen aus Stanzwerkzeugen, mithilfe der AR-Technologie auf diese Weise bewertet werden.

3.2 Mobile Augmented Reality Systeme

Bei einer Störung an einer Produktionsmaschine oder innerhalb eines Kraftwerks erhält der Servicemitarbeiter durch das AR-System eine situationsbezogene Hilfestellung aus dem Informationssystem. Anhand der Fehlerbeschreibung kann die Ursache festgestellt werden. Zur Behebung der Störung wird der Servicetechniker schrittweise durch die Wartungsanleitung dieses Bauteils geführt. Bei Bedarf wird der Servicetechniker über Video- und Audiokommunikation durch einen Experten der Servicezentrale unterstützt. Damit die Mobilität des Technikers im Service oder gar bei der Montage nicht behindert wird, benötigt dieser einen tragbaren Computer.

Auch mobile Anwendungen erfordern eine hinreichende Performance bei der Augmentierung, die von den derzeit verfügbaren mobilen Computern nur eingeschränkt erreicht wird. Die Informationsdarstellung beschränkt sich in der Regel auf Kreise, Pfeile, kurze Texte. Es bestehen jedoch hohe Anforderungen an die bereit zu haltende Information. Für einen Servicefall z.B. an einer Produktionsmaschine müssen die gesamte Dokumentation einer Maschine sowie aktuelle Prozessdaten zur Verfügung stehen. Diese Daten werden zentral auf einem oder mehreren Servern AR-gerecht abgelegt, so dass sie von einem mobilen Gerät über ein Netzwerk abgerufen werden können.

Für die ersten anwendungsspezifischen Prototypen mobiler AR-Systeme wurde ein Informationssystem erarbeitet, das die derzeit verfügbaren, aber unabhängig voneinander erstellten Informationen zu einer Anlage zusammenführt und verknüpft. Innerhalb einer anlagenabhängigen Informationsstruktur kann der Servicemitarbeiter navigieren und komponentenbezogen auf Dokumente zugreifen.

Die Informationen zu einem Bauteil über Bedienung, Programmierung, Wartung, Störung etc. werden mit einer festgelegten XML-Struktur erfasst und bilden abgeschlossene Einheiten. Diese so genannten Infomodule bestehen aus kleinen, eigenständigen Informationseinheiten wie z. B. Warnhinweisen, technischen Daten oder einzelnen Arbeitsschritten.

4. ARVIKA-Basisarchitektur

Die Architektur der Basistechnologien wurde komponentenbasiert aufgebaut. Dieses gestattet die Bereitstellung der Systembasis und die Realisierung von Anwendungen nach dem Baukastenprinzip. Dabei haben sich zwei Schwerpunkte herauskristallisiert: die stationären Systeme für Highend-Lösungen im Labor und die mobilen Lösungen in einem webbasierten Umfeld (siehe Bild 5).

Komponenten wie der AR-Browser, das Tracking und die Geräteanbindung können in beiden Lösungen genutzt werden. Dabei wird weitgehend der Source Code wiederverwendet, so dass

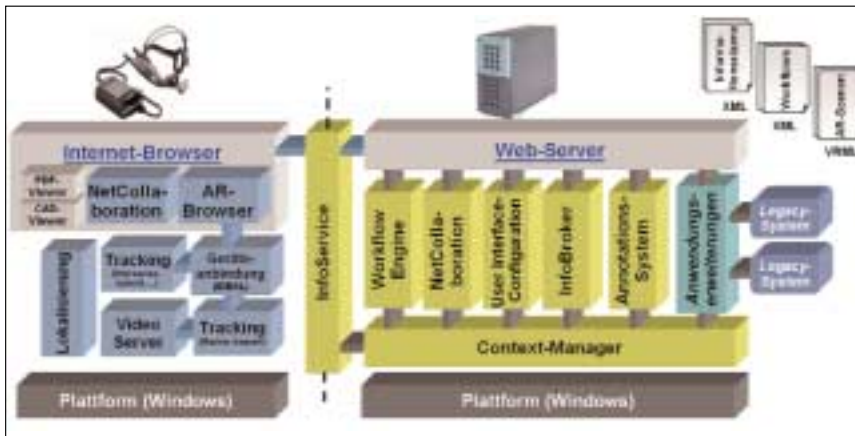


Bild 6: ARVIKA-Architektur zur Unterstützung von mobilen Systemen

eine Generierung des AR-Systems für die Plattformen IRIX und Windows möglich wird.

Während die stationäre Lösung eine dedizierte Anwendung benötigt, braucht die mobile Ausprägung des AR-Systems lediglich einen Internet-Browser auf dem mobilen Computer des Technikers auf einer Seite und einen Webserver irgendwo in der Nähe des Einsatzortes bzw. im Unternehmen auf der anderen Seite.

Damit residiert die gesamte Intelligenz zur Informationsbereitstellung auf Serverseite, realisiert durch die so genannten ARVIKA-Basisdienste (siehe Bild 6). Die Grundlage bildet eine Web-basierte Architektur. Die Realisierung dieser Web-Applikation basiert auf den Standards JAVA Servlets und JAVA Server Pages. Die dazu nötige Ablaufplattform ist der Open Source Apache Tomcat. Natürlich lassen sich ohne Änderung am Quelltext andere sog. Servlet-Engines einsetzen und unter verschiedenen Webservern wie von Apache, Microsoft oder Netscape betreiben.

Die Herausforderung bei der mobilen Lösung war die nahtlose Integration der „klassischen“ Informationen mit den Augmented Reality-Inhalten. Die klassischen Informationen werden von den ARVIKA-Basisdiensten generiert bzw. beschafft. Dabei spielen bekannte Protokolle und Formate aus dem Internet eine wichtige Rolle (http, HTML, ...). Für die Visualisierung der Augmented Reality-Inhalte wird der Microsoft Internet Explorer eingesetzt.

4.1 Clientseitige Komponente

Der **ArBrowser** ist die Kernkomponente für die Visualisierung der virtuellen Szenenanteile und die Interaktion mit diesen (siehe Bild 7). Ein **Trackingsystem** ermittelt dabei Position und Blickrichtung des Benutzers, so dass die zusätzlichen Daten immer lagerichtig eingeblendet werden können. Standardmäßig kommt hier ein videobasiertes Trackingverfahren zum Einsatz, welches die Umgebung des Benutzers durch eine Kamera vom Computer erfasst. Mittels Bildverarbeitungsalgorithmen werden spezielle Marker in einem Videobild detektiert. Die daraus gewonnenen Informationen dienen dann der Rekonstruktion von Kameraposition und -orientierung. Typischerweise ist die Kamera in Blickrichtung des Benutzers oder eines Handhelddisplays angebracht, so dass das Videobild zusätzlich für die Darstellung der überlagerten Szene als Hintergrund verwendet werden kann (siehe Bild 3). Bei der Verwendung von halb-

durchsichtigen, sogenannten optical-see-through Displays kann die Darstellung des Hintergrundes aber auch deaktiviert werden. Videobasiertes Tracking ist besonders für den Einsatz im mobilen Umfeld geeignet, da es neben einer Kamera, beispielsweise einer einfachen USB-Kamera, keine weitere Hardware erfordert und auch der Aufwand für die Präparierung der Umgebung verglichen mit anderen Trackingverfahren relativ gering ist. Im Sichtfeld der Kamera muss sich dabei mindestens ein Marker befinden, aus dessen Lage im Videobild dann alle notwendigen Informationen gewonnen werden können. Es wird auch bereits an Verfahren gearbeitet, die das Arbeiten ohne künstliche Marker ermöglichen. Erste Implementierungen solcher Verfahren stehen im ArBrowser bereits zur Verfügung.

Das markerbasierte Trackingverfahren hat sich in der Evaluierung des ersten Prototypen im Sommer 2001 als hinreichend performant und robust für mobile Anwendungen erwiesen. Speziell zur Erhöhung der Robustheit, besonders gegen die optische Verdeckung von Markern, wird in ARVIKA auch an der Entwicklung so genannter hybrider Trackingsysteme gearbeitet. Hierbei arbeiten mehrere unterschiedliche Systeme parallel, die sich zu einem gesamten, besseren System ergänzen sollen. Beim kurzzeitigen Ausfall des Markertrackings kann zum Beispiel auf die Daten eines Trägheitssensors zurückgegriffen werden, so dass zumindest noch Informationen über die aktuelle Blickrichtung des Benutzers vorliegen. Kommt wieder ein Marker ins Sichtfeld, kann auch die Position wieder neu bestimmt werden.

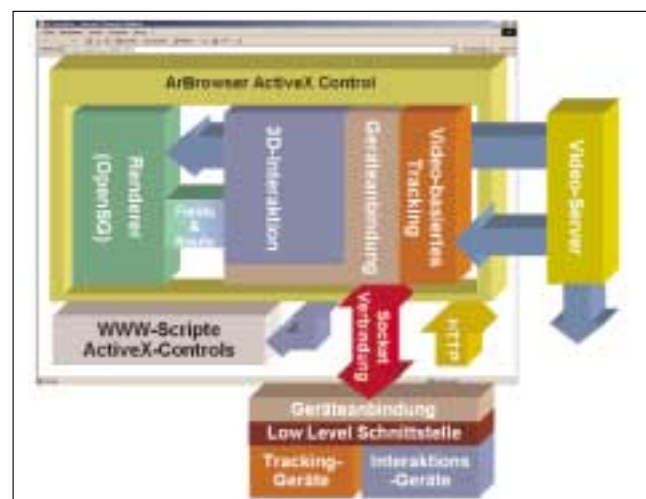


Bild 7: Architektur des ArBrowsers

Neben dem videobasierten Tracking können verschiedene andere Trackingsysteme über eine einheitliche Geräteschnittstelle angebunden werden. Diese Schnittstelle wird ebenfalls genutzt, um Interaktionsgeräte in das System einzubringen.

Die Darstellung der virtuellen 3D-Szene basiert auf dem szenengraphbasierten Renderer OpenSG (OpenSG Homepage 2002), dessen Entwicklung als OpenSource Projekt mit der Unterstützung des OpenSG-Forums vorangetrieben wird.

Während der Renderer allein für die Darstellung zuständig ist, werden alle Aufgaben, die dynamische Szenenanteile betreffen, von einem vollwertigen VR-System übernommen. Dies umfasst zum einen vordefinierte Animationen als auch die dynamische Reaktion auf Benutzerinteraktion oder andere externe Ereignisse. Da gebräuchliche Dateiformate wie VRML2 oder OBJ unterstützt werden, können die AR-Szenen mit Standardtools erstellt werden.

Neben der Möglichkeit komplexe 3D-Geometrien darzustellen, ist es dort, wo keine 3D-Informationen benötigt werden, möglich, einfache Annotationen lagerichtig im Bild anzuzeigen. Hierbei kann es sich um Text, Bitmapbilder oder einfache Vektorprimitive wie Pfeile, Kreise oder Boxen handeln.

Die Realisierung des ArBrowsers als ActiveX Control ermöglicht die einfache Kommunikation mit anderen Komponenten des Gesamtsystems. Über eine Scriptingschnittstelle kann der ArBrowser von außen konfiguriert und gesteuert werden, aber auch Events generieren, die von anderen Komponenten verarbeitet werden. Der ArBrowser wird dabei einfach in eine HTML-Seite eingebettet.

Die eigentlichen Kernfunktionalitäten des AR-Systems liegen unabhängig vom ActiveX Control vor, so dass Rendering, Geräteanbindung und videobasiertes Tracking auch auf anderen Plattformen (siehe Bild 5) zur Verfügung stehen.

Auf dem mobilen Computer läuft ebenfalls eine so genannte Lokalisierung, die die Position des Benutzers auf Anfrage ermitteln kann. Damit weiß das AR-System, vor welcher Maschine der Techniker steht und kann ihm dann die passenden Informationen über Zustand u. ä. liefern.

4.2 Serverseitige Komponenten

Die Bereitstellung der richtigen Information in der passenden Situation und in der für den Benutzer richtigen Form ist eine Leistung der serverseitigen ARVIKA-Basisdienste. Die Funktionalitäten der einzelnen Komponenten werden im Folgenden erläutert (siehe Bild 6):

- Der Context-Manager speichert alle Informationen, die die Situation bzw. den Kontext eines Benutzers wie z. B. das HW/SW-Profil des mobilen Computers, das User-Profil (Rolle, Fähigkeiten und Präferenzen des Benutzers) und die aktuelle Tätigkeit (Auftrag, Handlungsschritte,...) beschreiben. Diese horizontale Komponente dient der eventbasierten Kommunikation aller Basiskomponenten. Die Basiskomponenten werden durch diesen Mechanismus weitgehend entkoppelt, was die Implementierung und Integration erheblich erleichtert.
- Der InfoService erlaubt einen transparenten Zugriff auf Informationen in einem drahtlosen und mobilen Umfeld. Der mobile Computer kann damit durch Caching und Preloading für eine gewisse Zeit autark ohne Verbindung zum Server arbeiten. Dies ist besonders wichtig für Kraftwerksan-

lagen, wo eine lückenlose Netzwerkabdeckung nicht realisierbar ist.

- Der InfoBroker unterstützt den Benutzer durch eine situationsgerechte Bereitstellung von Informationen. Die Rolle des Benutzers und seine Fähigkeiten entscheiden dabei über den Umfang der Informationen. Der Informationsraum wird aus allen durch Legacy-Systeme zur Verfügung stehenden Informationen gebildet. Die Legacy-Systeme werden durch eine offene Schnittstelle an das Informationssystem angeschlossen. Sowohl statische Informationen wie Dokumentation als auch dynamische Daten aus dem Prozess können so verfügbar gemacht werden. Dadurch steht der situationsangepasste Informationsraum allen Basiskomponenten und den Anwendungen zur Verfügung.
- Die WorkflowEngine führt den Benutzer durch zuvor definierte Montage- bzw. Wartungsschritte und bietet eine AR-Unterstützung und Dokumente passend zu jedem Schritt an. Sollten bei der Tätigkeit mehrere Benutzer betroffen sein, übernimmt die WorkflowEngine die Koordination zwischen Ihnen, so dass z. B. der ers-

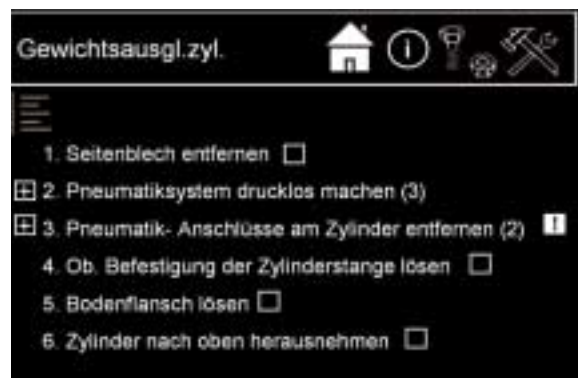


Bild 8: Beispiele für generierte GUIs

te Benutzer erst die Aufforderung erhält die Maschine aufzumachen, wenn die Hauptstromversorgung abgeschaltet wurde.

- Das Annotationssystem gestattet dem Benutzer zu jedem Zeitpunkt eine Notiz beispielsweise zu dokumentationspflichtigen Schritten zu hinterlegen. Dabei wird automatisch die Situation mitgespeichert, was ein späteres Nachvollziehen gestattet.
- Mit der NetCollaboration können entfernte Experten, z. B. einer Hotline, in AR-gestützte Arbeitssituationen eingebunden werden, was den „Blick über die Schulter“ des Benutzers vor Ort und die Augmentierung seines Sichtfeldes durch Expertenhinweise erlaubt.
- Die UI Configuration passt die Interaktionsoberfläche entsprechend den Ein-/Ausgabegeräten und der aktuellen Arbeitssituation des Benutzers an. Hierdurch müssen die Oberflächen und die bereit zu stellenden Informationen nur einmal erzeugt werden. Benutzt der Techniker eine Datenbrille und möchte er „Handsfree“ arbeiten, werden die Inhalte in einer ergonomischen Art dargestellt (größere Schrift, wenig Inhalt bzw. helle Flächen). Die Interaktion mit dem Inhalt ist dann mit Spracherkennung und -synthese abzuwickeln. Benutzt er aber einen PanelPC, müssen die Schaltflächen groß genug sein, dass diese mittels eines Eingabestiftes bedient werden können (siehe Bild 8).

Die ARVIKA-Basisdienste lassen sich sehr leicht um so genannte Anwendungserweiterungen ergänzen, so dass die etablierte IT-Welt an das AR-System angeschlossen wird. Dadurch werden alle für den Techniker/Monteur relevanten Informationsquellen integriert und von einer einheitlichen Oberfläche bedienbar gemacht. Durch diese Vereinheitlichung der Bedienung können die Systemschulungen bzw. das Einlernen des Systems kostengünstiger gestaltet werden.

5. Ausblick

Die ersten anwendungsorientierten Prototypen sind auf der Grundlage des AR-

Basissystems entwickelt und in Anwendungstests evaluiert worden. Die schon heute demonstrierbaren Lösungen bezeugen hinsichtlich der grundlegenden Technologien wie Augmented Reality (Markerbasiertes Tracking), Interaktion sowie AR-orientierter Informationsbereitstellung einen guten Projektfortschritt, zeigen aber auch die Herausforderungen für die Weiterentwicklung auf. Die gewählte Architektur bietet eine hervorragende Plattform für zukünftige Erweiterungen.

Da die bekannten Anforderungen für die Registrierung in Augmented-Reality-Systemen noch nicht zufriedenstellend gelöst sind, müssen Trackingverfahren verbessert und neue entwickelt werden. Dabei steht vor allem die Hybridisierung vorhandener Systeme im Vordergrund, um die Vorteile einzelner Verfahren zu kombinieren. Im Bereich des Trackings wird derzeit an Verfahren gearbeitet, die weitere Features aus den Bildern erkennen, z. B. den Text eines Schildes und vollständig ohne Marker durch Verwendung von Referenzbildern die notwendigen Trackingdaten ermitteln.

Wesentliche Verbesserungen sind auch beim Engineering z. B. von Informationsräumen, AR-angepasster Dokumentation und AR-Szenen und bei der Verfügbarkeit AR-nutzbarer Dokumente zu erwarten. Zudem versprechen die Zulieferer von Headsets und Wearables notwendige Verbesserungen, um zu leistungsfähigen und nutzerfreundlichen Systemen zu gelangen.

Die sozioökonomischen Auswirkungen der AR-Technologie auf Gesellschaft und Arbeitsprozess (Mensch, Arbeitsprozess, Qualifikation, Abhängigkeit, Globalität) werden verstärkt mit Arbeitnehmervertretern und Arbeitswissenschaftlern diskutiert. Prognosen für ein AR-relevantes Marktumfeld geben für 2010 bezüglich AR-Equipment ein Volumen von 13 Mrd. US\$ und für AR-basierte Dienstleistungen von 30 Mrd. US\$ an (Marktstudien 1999–2000).

Literatur

- ARVIKA, Projekt-Homepage, www.arvika.de (Letzter Zugriff: 15.05.2002).
 OpenSG: Projekt-Homepage: www.opensg.org (Letzter Zugriff: 15.05.2002).
 Marktstudien: IDC 1999, VDMA 1999, Siemens 2000.
 Azuma, R.; Bailiot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Ju-
 lier, S.; MacIntyre, B.: Recent Advances in

Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications* **21**, 6 (Nov/Dec 2001), 34–47.

Eversheim, W.; Weck, M.; Jahn, D.; Koschig, M.; Fricker, I.: Augmented Reality-Technologie unterstützt manuelle Montage. *VDI-Z* **143** (2001), Nr. 9, 90–93.

Jahn, D.: Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service. *TOOLS* **3**/2001, 10–11.

N.N.: Wenn die CNC sich selbst um die Ersatzteile kümmert. *Produktion, EMO-Spezial* **2001**, 58–59.

Alt, T.; Nölle, S.: Weite Welt – Augmented Reality in der Automobilindustrie. *iX*, **5**/2001, 142–145.

Alt, T.; Schreiber, W.: Qualitätssicherung mit AR-Technologien in der Automobilmontage. *CAD-CAM Report*, **11**/2001, 85–93.



1



2



3

1 Dipl.-Inform. Mehdi Hamadou, Mitarbeiter in der Forschung und Entwicklung des Bereiches Automation and Drives der Siemens AG, Arbeitsgebiete: Software-Architekturen, Mensch-Technik-Interaktion, Augmented Reality, Information und Content Engineeringsysteme, Internet-Technologien. E-Mail: mehdi.hamadou@siemens.com

2 Dipl.-Ing. Dirk Jahn, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen des Laboratoriums für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen, Arbeitsgebiete: Mensch-Maschine-Interaktion, Augmented Reality, Fertigungssteuerung, Software-Engineering. E-Mail: D.Jahn@wzl.rwth-aachen.de

3 Dipl.-Inform. Jens Weidenhausen, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung, Abteilung Visualisierung und Virtuelle Realität, Arbeitsgebiete: Augmented Reality, Mensch-Maschine-Interaktion. E-Mail: jens.weidenhausen@igd.fhg.de