

Augmented Reality/ Mobile Vision zur aktiven Fehlervermeidung

Schwerdtfeger, B.; Alt, T.; Klinker, G.

Der Kundenwunsch nach immer individuelleren Produkten initiierte in der Vergangenheit eine stark gestiegenen Variantenvielfalt, sowie den Anstieg des Funktionsumfangs komplexer Produkte. Für die Produktion resultiert daraus ein überproportional gestiegener, zeitlicher Aufwand für die Qualitätskontrolle, welches ebenfalls zu einem Anstieg der dadurch entstandenen Kosten führt. Eigene Qualitätskontrollen am Ende von Prozessen, die durch spezielle Mitarbeiter ausgeführt werden, sind mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden, so dass in einem modernen Unternehmen die Qualitätssicherung die Aufgabe eines jeden Mitarbeiters ist. Dieses macht jeden für die Qualität seines Arbeitsprozesses selbst verantwortlich [Feig91]. Die große Herausforderung dabei ist die Rationalisierung der Prüfprozesse, welches durch den Einsatz neuer Technologien, wie computergestützten Qualitätsinformationssystemen (CAQ-Systeme) [Hoit93] erreicht werden kann [Alt03]. CAQ-Systeme ermöglichen eine effiziente Aufnahme, Speicherung und Auswertung von qualitätsbezogenen Daten.

Zur Interaktion des Arbeiters mit solchen CAQ-Systemen kann die Technologie der Augmented Reality (Artikel 5.2.1) zum Einsatz kommen. Sie ermöglicht eine benutzerzentrierte Systemgestaltung, wodurch Handlungsanweisungen (beispielsweise zur Qualitätskontrolle) direkt am Arbeitsobjekt präsentiert werden können.

Im Weiteren werden drei Fallstudien zum Einsatz von Augmented Reality im Bereich der Interaktion mit CAQ-Systeme gegeben: 1. Qualitätskontrolle in der Cockpitmontage, 2. Qualitätskontrolle von Schweißpunkten in der Karosseriefertigung und 3. Fehlermanagement in der Kommissionierung.

AR-Qualitätskontrolle: Montage

Ein Augmented Reality-System zur Qualitätssicherung bei der Montage von Cockpitmodulen im Automobilbereich wurde von Alt [Alt03] entwickelt und im industriellen Umfeld getestet.

In dem betrachteten Anwendungsfall werden Cockpitmodule nach dem Prinzip der Fließfertigung montiert. Dabei werden Fahrzeugspezifische Cockpitmodule einzeln an Vorrichtungen befestigt und auf einem Band durch den Montagebereich transportiert. Zur Ausführung seiner Tätigkeit bewegt sich der Arbeiter mit dem Band. Jeder Arbeiter hat dabei ein eingegrenztes Aufgabenspektrum, das in den jeweiligen Fertigungsplänen festgelegt ist. Neben den Montagetätigkeiten werden am Ende der Modulfertigung eine Vielzahl von dokumentationspflichtigen Prüf- und Korrekturtätigkeiten durchgeführt. Primäres Informationsmedium ist die Cockpitbegleitkarte, in die der Hauptteil der qualitätsbezogenen Daten in Form von Stempeln und Ausdrucken von Prüfprotokollen eingetragen werden.

Das von Alt [Alt03] entwickelte AR-CAQ-System zur Optimierung des Prozesses der Cockpitmodulfertigung setzt an zwei Punkten an: dem aktiven Fehlermanagement und der Unterstützung der Nachbearbeitung von Fehlern.

Unter einem aktivem Fehlermanagement wird die Unterstützung des Mitarbeiters, während der Ausführung seiner Hauptarbeit verstanden, auf Fehler zu achten: Zum einen darauf, dass keine Fehler begangen werden und zum anderen dass vorhandene Fehler entdeckt werden (vgl. Artikel 5.1).

Zur Unterstützung des aktiven Fehlermanagements werden in Alts [Alt03] AR-CAQ-System entdeckte Fehler elektronisch erfasst und ausgewertet. Dieses ermöglicht eine produktspezifische Mängelerfassung und somit eine Identifikation von Mängelschwerpunkten. Tritt beispielsweise ein Fehler vermehrt auf, kann kontextabhängig bei nachfolgenden Prüfungen auf solche Fehler hingewiesen werden beziehungsweise können Prüfungsschwerpunkte gesetzt werden. Dies kann in einfacher Form durch die Anzeige von textuellen Hinweisen oder Soll-Abbildungen (wie in Abb.3.a) geschehen. Zudem kann Augmented Reality eingesetzt werden, um mit einer kongruenten virtuellen Überlagerung den Kontrolleur am realen Objekt die potentiellen Mängel dreidimensional anzuzeigen.

Auf gleiche Weise unterstützt Alts [Alt03] System die Fehlernachbearbeitung. Nach Eingabe einer Identifikationsnummer

navigiert das AR-CAQ-System den Arbeiter direkt mittels dreidimensionaler Pfeile an den zu behebenden Fehler am Cockpitmodul.

Die Anwendbarkeit des entwickelten Prototypen wurde in Versuchen nachgewiesen wobei sich die zwei wesentlichen Vorteile beim Einsatz eines HMD basierten Systems herausstellten: 1. höhere Effizienz durch Parallelisierung der Informationsaufnahme mit Nebentätigkeiten wie Laufwegen 2. eine hohe und freihändige Beweglichkeit des Anwenders.

AR Qualitätskontrolle: Karosseriefertigung

Zur Unterstützung der Qualitätskontrolle in der Automobilproduktion wurde ein hybrides Augmented Reality Anzeige-Konzept entwickelt [ScK107]. Ziel dieser Entwicklung war es, die Vorteile von Augmented Reality Systemen zu nutzen, jedoch dabei auf den Einsatz von HMDs zu verzichten. Dieses geschah mit dem Hintergrund, dass HMDs zur Darstellung dreidimensionaler Inhalte noch nicht in einer Qualität verfügbar sind, die einen dauerhaften industriellen Einsatz erlaubt. Der hier entwickelte Prototyp setzt dabei auf eine intelligente Verteilung der bereitzustellenden Information auf Projektoren und konventionelle Displays.

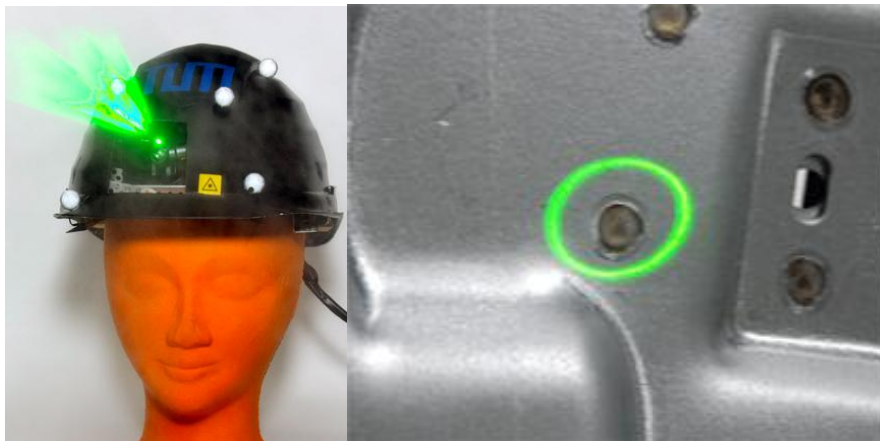


Abb.1. a) Head-mounted Augmented Reality Laserprojektor (HMLP) b) Einfache Augmented Reality Laserprojektion auf eine Karosserie: Spotlight auf einen Schweißpunkt

Die Vorzüge des entwickelten hybriden Informationsbereitstellungskonzeptes wurden anhand eines

Qualitätssicherungsprozesse in der Fertigung von Karosserieteilen erprobt. In diesem Prozess wird die Qualität von Schweißpunkten in regelmäßigen Abständen durch verschiedene Methoden (z.B. durch Sicht-, Ultraschall- oder Zerstörungsprüfungen) getestet. Im bisher verwendeten Ablauf verfügt der Arbeiter über eine Zeichnung des Karosserieteils, auf welcher der zu prüfende Punkt und die jeweilige Prüfmethode notiert ist. Zunächst sucht der Arbeiter auf dieser Zeichnung den Punkt, um ihn dann auf dem Karosserieteil wieder zu finden. Danach bestimmt er die Kontrollmethode und führt den Test durch. Dieser Prozess hat zwei wesentliche Fehlerstellen: das Auffinden des richtigen Punktes und die Anwendung der richtigen Prüfmethode. Zudem ist eine Beschleunigung des Prozesses anzustreben. Der sinnvolle Einsatz von AR in diesem Prozess wurde schon in ARVIKA [Frie04] gezeigt.

Augmented Reality Laserprojektor

Als Alternative zur Realisierung des AR-Qualitätssicherungssystems durch HMDs wurde ein projektorbasiertes System entworfen. Mit dem Fokus auf industrielle Anwendungen wurden herkömmliche Beamer wie [Bim05] ausgeschlossen, um auch unter Tageslichtbedingungen klar lesbare Informationen projizieren zu können. Abb.1a zeigt den entwickelten Augmented Reality Laserprojektor. Dieser wurde als Head-mounted System entwickelt kann aber ebenso fest in der Umgebung installiert werden. Das System basiert auf einem grünen Laser geringer Leistung (<1mW). Da eine Laserablenkeinheit eingesetzt wird, ist die Projektion für das menschliche Auge ungefährlich. Durch die Verwendung grüner Wellenlänge, ist die sie jedoch immer noch gut sichtbar, da das menschliche Auge in diesem Wellenlängenbereich bezüglich der Wahrnehmung am sensibelsten ist. Abb.1b zeigt eine einfache Augumentierung die von dem Projektor projiziert wird. Durch die Verwendung einer speziellen Sensorik (Tracking-System) werden die relativen Positionen zwischen Projektor und Projektionsfläche kontinuierlich neu bestimmt, wodurch die Projektion (Abb2.b) immer an der gleichen Stelle bleibt.

Hybride Informationspräsentation zur Schweißpunktkontrolle

Die Realisierung von Augmented Reality durch projektionsbasierte Displays, insbesondere wenn auf nicht planare und reflektierende metallische Oberflächen projiziert wird, ist limitiert, weil die Augmentierung nicht von beliebiger Komplexität sein kann. Zum Beispiel

können lange Texte nur schlecht lesbar auf eine Karosserie projiziert werden. Deswegen wird die Information dieses Systems in where-to-act und what-to-do aufgeteilt. Dabei beschreibt die where-to-act Information den Ort an dem agiert werden soll und die what-to-do Information die Handlungsanweisung an diesem Ort (in Form von Text oder Bild).



Abb. 2. Einfache abstrakte Augmented Reality Projektionen lassen sich auf den Karosserien darstellen, komplexere Informationen, die keiner Darstellung am Objekt bedürfen, werden auf einem separaten Monitor dargestellt.

Die where-to-act Information (hier der Ort des Schweißpunktes) kann durch ein einfaches Spotlight der Position auf dem Objekt geschehen (vgl. Abb.2.b). Die (möglicherweise) komplexe Information (what-to-do), welche in diesem Szenario die jeweilige Prüfmethode ist, bedarf keiner direkten Platzierung auf dem Objekt. Diese Information wird im entwickelten System auf einem separaten Monitor am Arbeitsplatz untergebracht.

Dieser Weg der Informationspräsentation erlaubt es, von den dreidimensionalen interaktiven Eigenschaften der Augmented Reality zu profitieren, ohne dabei einen HMD einsetzen zu müssen. Dieses entwickelte hybride Anzeigekonzept wurde bereits in einer Benutzerstudie erfolgreich erprobt.

AR Kommissionierung

Die Qualität in der Kommissionierung ist ein wesentlicher Baustein zur Sicherstellung der Kundenbindung. Fehlerhafte Lieferungen untergraben das Vertrauen des Kunden und können zu erheblichen finanziellen Verlusten führen [HoSc04], [Loll03]. Typische Kommissionierfehler sind beispielsweise die Entnahme aus einer falschen Bereitstellereinheit, die Verwechslung von Artikeln, die Entnahme der falschen Menge oder die Ablage in den falschen Auftragsbehälter [Gude05], wobei Mengen- und

Typfehler die mit Abstand häufigste Fehlerart sind. Solche Kommissionierfehler entstehen teilweise durch Überforderung des Menschen [Vogt97] bzw. durch unzureichende Informationsbereitstellung. Bisher werden verschiedene Methoden angewandt, um Kommissionierfehler zu vermeiden. Es werden zusätzliche Kontrollinformationen, wie das Scannen des Lagerfaches oder eine Gewichtsprüfung, angefordert. Da diese Methoden sehr zeitaufwendig sind, kann alternativ auch eine optimierte Informationsbereitstellung helfen, Kommissionierfehler zu vermeiden.

Der Einsatz von Head-mounted Displays zur Bereitstellung von Handlungsinformationen (insbesondere in der Kommissionierung) wurde bereits ausführlich untersucht (vgl. Artikel 5.2.1) und als geeignet geprüft [Frit06]. In der Kommissionierung kann dieses Display zum Beispiel nicht nur für die einfache Einblendung der Kommissionierinformationen (Lagerort, Artikel, Menge, etc.) benutzt werden, sondern kann zudem das aktive und reaktive Fehlermanagement (s.o.) über dieses Display unterstützt werden.

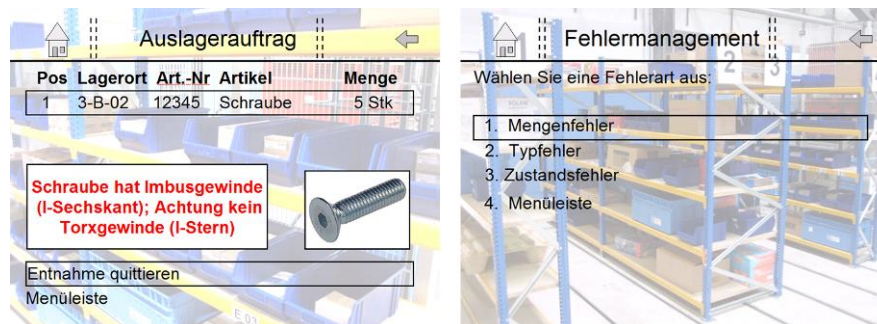


Abb.3. Beispiel einer Benutzerschnittstelle zum Fehlermanagement (Blick durch ein HMD) a) aktives Fehlermanagement b) reaktives Fehlermanagement

Aktives Fehlermanagement bedeutet in der Kommissionierung zunächst einmal, dass die Entnahme des richtigen Artikels in der richtigen Menge aus dem richtigen Fach sichergestellt wird. Dafür muss die Greifinformation in eindeutiger und intuitiver Weise dargestellt werden. Um zu gewährleisten, dass er in das richtige Lagerfach und auch nach dem richtigen Artikel greift, kann ihm das Lagerfach – ähnlich, wie bei einem Pick-by-Light-System - mit einer optischen Markierung im HMD hervorgehoben werden. So kann ein dreidimensionaler Pfeil (dargestellt durch ein Augmented Reality System) auf das Lagerfach zeigen

(vgl.5.2.1). Zusätzlich lassen sich Bilder des Artikels im HMD einblenden, die auf markante Merkmale des aktuellen Artikels hinweisen.

Die Vermeidung von Mengenfehlern gestaltet sich schwieriger. Soll auf die Quittierung oder das Scannen jeder Entnahme verzichtet werden, kann die Anzahl deutlich im HMD angezeigt werden, so dass der Arbeiter sie verinnerlicht. Außerdem können Hinweise zum Abzählen eingeblendet werden.

Je besser und intuitiver die Informationsdarstellung ist, desto geringer ist die benötigte Aufmerksamkeit, um die Primäraufgabe (die Kommissionierung) korrekt zu erledigen. Wird die mentale Beanspruchung durch den Einsatz eines HMD-basierten Systems gering gehalten, kann der Arbeiter mit der Nebenaufgabe der Qualitätssicherung konfrontiert werden. Dafür können dem Kommissionierer (wie in Abb.2.a) kontextabhängig Zusatzinformationen zum Fehlermanagement eingeblendet werden.

Das reaktive Fehlermanagement (vgl. Artikel 5.1) bezeichnet die Reaktion auf Fehler, die zum Beispiel durch aktives Fehlermanagement gefunden wurden. Für den Kommissionierer heißt dieses im Wesentlichen, die sofortige Weitermeldung des Fehlers, zur Minimierung möglicher Folgeschäden. Dafür wird ihm idealerweise eine einfache Benutzerschnittstelle (vgl. Abb.3.b) zur Verfügung gestellt, die während des aktiven Fehlermanagements (vgl. Abb.2.a) aufklappt, wenn ein Fehler auftritt und er ihn melden will (vgl. [Alt03]). Die Benutzerschnittstelle enthält eine Anzahl von Annotationsmöglichkeiten um den Fehler zu vermerken. Stellt er z.B. fest, dass weniger Artikel im Lagerfach sind, als er laut Kommissionierauftrag entnehmen soll, kann er diesen Fehler sofort und in Echtzeit an das übergeordnete Lagerverwaltungssystem melden, dass eine Korrektur des Lagerbestandes durchführen kann. Sind Artikel beschädigt (Zustandfehler) kann dies an die zuständige Stelle weitergeleitet werden und diese können entsprechend reagieren.

Resümee

Dieser Artikel zeigt drei Fallstudien in denen Augmented Reality und mobile Visualisierungen mittels HMD effizient zur aktiven Fehlervermeidung eingesetzt wurden. Schon der generelle Einsatz eines HMDs ermöglicht hierbei eine Parallelisierung der Informationsaufnahme mit Nebentätigkeiten wie Laufwegen und eine hohe freihändige Beweglichkeit des Anwenders. Zudem erlauben HMD-/AR-Systemen eine sehr benutzerzentrierte Systemgestaltung, durch die

Handlungsanweisungen optimal platziert werden können und vermieden werden kann, dass der Arbeiter Fehler begeht. Wird die eigentliche Arbeit auf dieses trivialisiert, kann so die mentale Beanspruchung durch die Primäraufgabe gesenkt werden und er mit einer Sekundäraufgabe, wie der Qualitätssicherung, konfrontiert werden.

Literatur

- [Alt03] *Alt, T.: Augmented reality in der Produktion, Herbert Utz Verlag, 2003.*
- [All01] *Allen, B.D., Bishop, G., Welch, G.: Tracking: Beyond 15 Minutes of Thought: SIGGRAPH 2001 Course 11," Course Notes, Ann. Conf. Computer Graphics and Interactive Techniques (Siggraph 2001), ACM Press, New York, 2001.*
- [Azu97] *Azuma, R.: A survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, Nr.4 (1997), S. 355-385.*
- [Bim05] *Bimber, O., Raskar, R.: Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds. A.K. Peters Ltd, 2005.*
- [Feig91] *Feigenbaum, A.V.: Total Quality Control. McGraw Hill Publishing Company, 1991.*
- [Frie04] *Friedrich, W. (Hrsg.): ARVIKA - Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service. Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2004.*
- [Frit06] *Fritsche, L.: Eignung von Augmented Reality für den Vollschichteinsatz in der Automobilproduktion, Diplomarbeit, TU Dresden Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften Fachrichtung Psychologie, Dresden, 2006.*
- [Gude05] *Gudehus, T.: Logistik. Springer, 3. Auflage, Berlin 2005.*
- [Hoit93] *Hoitsch, H.: Produktionswirtschaft. 2. Aufl., Verlag Vahlen, München, 1993.*
- [HoSc04] *Hompel, M.; Schmidt, T.: Warehouse Management - Automatisierung und Organisation von Lager- und Kommissioniersystemen. Springer, 2. Auflage, Berlin, 2004.*

- [Loll03] *Lolling, A.: Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit bei Kommissioniertätigkeiten. Shaker Verlag GmbH, Aachen, 2003.*
- [Vogt97]: *Vogt, G.: Das neue Kommissionierhandbuch. Eine Sonderpublikation der Zeitschrift Materialfluss. Verlag moderne Industrie, Landsberg, 1997.*
- [ScK107] *Schwerdtfeger, B.; Klinker G.: Hybrid Information Presentation: Combining An Augmented Reality Laser Projector and A Conventional Computer Display, to be published in Additional Proceedings of IPT-EGVE 2007, Weimar, 2007.*