





Dipl.-Ing.-Inf. Johannes Tümler
Telefon +49 391/40 90-715
Johannes.Tuemler@iff.fraunhofer.de

Jens Grubert B.Sc.
Telefon +49 391/40 90-715
Jens.Grubert@iff.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Rüdiger Mecke
Telefon +49 391/40 90-146
Ruediger.Mecke@iff.fraunhofer.de

Nutzerbezogene Entwicklung und Untersuchung mobiler AR-basierter Werkerassistenzsysteme

Motivation

In der industriellen Fertigung ist die Bereitstellung von Informationen zur korrekten und effizienten Durchführung manueller Arbeitsaufgaben unabdingbar. Dies gilt insbesondere bei der Sicherstellung von Produktionsstandards für komplexe Produkte mit hoher Variantenvielfalt. Bestrebungen gehen dahin, den Menschen bei der Ausführung seiner Tätigkeiten durch Assistenzsysteme zu unterstützen. Durch mobile Augmented Reality (AR) können Informationen situationsgerecht im Sichtfeld von Anwendern, z.B. mit kopfgetragenen Anzeigegeräten, sogenannten Head Mounted Displays (HMD), dargestellt werden.

Obwohl das Potenzial der mobilen Augmented Reality zur Vermeidung von Fehlern und zur Verkürzung von Prozesszeiten bereits nachgewiesen wurde, ist

diese Technologie bisher nicht produktiv im industriellen Einsatz. Eine Ursache dafür besteht in dem ungenügenden Wissen hinsichtlich nutzerbezogener Aspekte. Das Fraunhofer IFF verfolgt deshalb das Ziel, Erkenntnisse über die nutzerorientierte Gestaltung von mobilen AR-Assistenzsystemen zur produktiven und beanspruchungsoptimierten Verwendung im industriellen Langzeiteinsatz zu erlangen. Derzeitige Laboruntersuchungen konzentrieren sich auf solche Fragestellungen, die vor Feldversuchen in industriellen Umgebungen beantwortet sein müssen. Hierbei gilt es, kritische Einflussparameter zu identifizieren, durch die eine Beanspruchung des Anwenders beim Einsatz der AR-Technologie ausgelöst wird. Eine Möglichkeit zur objektiven Identifizierung nutzerbezogener Probleme besteht in der Analyse der Herzratenvariabilität, der Heart Rate Variability (HRV).



Dieses Projekt wird vom BMBF gefördert.
(Förderkennzeichen: 01 IM 08 001 L)

Bild 1: Proband beim Kommissionieren mit AR-System am Referenzarbeitsplatz des Fraunhofer IFF. Foto: Dirk Mahler

Lösungskonzept

Am Fraunhofer IFF wurde ein Referenzarbeitsplatz aufgebaut, um arbeitsphysiologische und ingenieurwissenschaftliche Aspekte beim Langzeiteinsatz der AR-Technologie interdisziplinär zu untersuchen. Dieser Arbeitsplatz ähnelt einem industriellen Kommissionierbereich, an dem auftragsbezogenen Warenkörbe zusammengestellt werden. Damit wird eine realistische Belastung der Probanden bei gleichzeitig gut quantifizierbarem Arbeitsergebnis ermöglicht. Die Kommissionieraufträge werden auf zwei Arten dargeboten: Einerseits steht der vollständige Auftrag auf einer Papierliste, wobei die Liste sequenziell abzuarbeiten ist. Andererseits wird der auszuführende Auftrag auf einem mobilen AR-System mit Head Mounted Display (HMD) als Kombination aus Text und Hinweisobjekten angezeigt.



Bild 2: Blick durch das HMD.
Foto: Dirk Mahler

In einem Probandentest wurde an dem Referenzarbeitsplatz bei 20 männlichen, freiwillig teilnehmenden und klinisch gesunden Personen mit einem Durchschnittsalter von $25,9 \pm 2,81$ Jahren die objektive Beanspruchung durch den Einsatz eines AR-Systems ermittelt. Zur Bestimmung der Herzaktionen diente ein digitaler Langzeit-EKG-Rekorder, den die Probanden mitführten. Die Herzratenvariabilität (HRV) wurde anschließend aus der Folge der abgespeicherten Herzaktionen im Institut für Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät der Magdeburger Universität bestimmt und analysiert. Gleichzeitig wurde die Arbeitsleistung, d. h. die Anzahl der Arbeitsschritte pro Zeit und die Anzahl der Kommissionierfehler pro Auftrag, erfasst und ausgewertet.

Ergebnisse

Für die Analyse wurde der Versuch in sieben Phasen eingeteilt, die für die Vergleichbarkeit im Leistungsspektrum (Frequenzbereich) jeweils aus zehnminütigen Abschnitten bestanden. Die Herzfrequenz änderte sich beim Übergang aus der liegenden in die stehende Position sowie bei Beginn der Arbeit bzw. umgekehrt. Im Verlauf der Arbeit (drei Arbeitsphasen) sind jedoch keine signifikanten Veränderungen der Herzfrequenzwerte ersichtlich. Nach Abschluss des Versuchs kehrt die Herzfrequenz wieder zum Ausgangswert zurück.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen AR- und Papiervariante während dieser sieben Phasen ermittelt. Daneben wurde zudem ermittelt, wie viele Fehler bei Verwendung des AR-Systems im Vergleich zur Papierliste entstanden. Pro 1.000 Teile wurden mit AR im Schnitt $1,7 \pm 1,1$ Teile fehlerhaft gegriffen und $1,3 \pm 0,9$ Teile zu viel oder zu wenig entnommen. Mit der Papierliste hingegen wurden $6,9 \pm 3,5$ Teile fehler-

haft gegriffen und $2,3 \pm 2,6$ Teile zu viel oder zu wenig entnommen. Das zeigt das Potenzial von AR zur Fehlervermeidung deutlich auf.

Ausblick

Zur statistischen Absicherung der hier ermittelten Ergebnisse und für eine praktische Nutzung der neuen Technologie sind weitere Versuche mit einem verbesserten AR-System und einer längeren Arbeitszeit am Referenzarbeitsplatz vorgesehen. Dabei werden neben weiteren HRV-Untersuchungen zur Beanspruchungsbewertung beim Einsatz verschiedener HMDs auch Verfahren wichtig, die wahrnehmungspsychologische Aspekte und subjektive Beanspruchungsmaße einbeziehen. Mittelfristig soll damit die Erstellung humanzentrierter, industrietauglicher AR-Systeme sowie deren Einsatz in der Industrie unterstützt werden.

Projektpartner

- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Arbeitsmedizin
- Bauhaus Universität Weimar, Psychophysiologie und Wahrnehmung
- Volkswagen AG Konzernforschung, Virtuelle Techniken, Wolfsburg