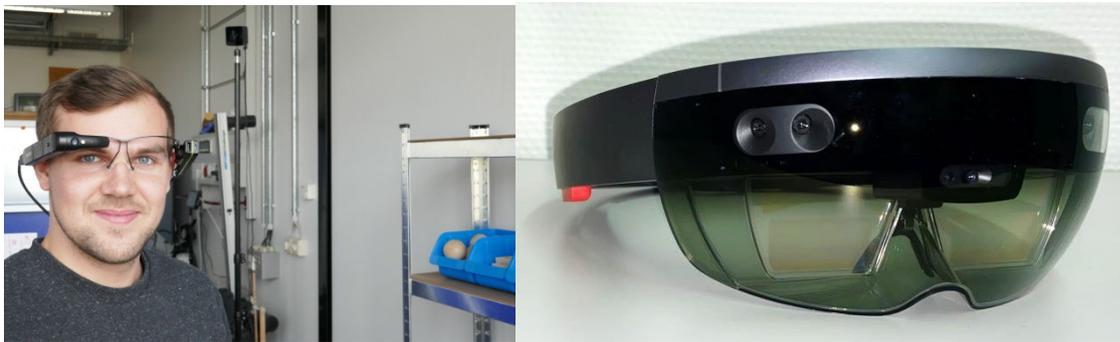


Forschungsprojekt: Auswirkungen von Datenbrillen auf den Menschen

Das Ziel des Forschungsprojekts „Auswirkungen von Datenbrillen auf den Menschen“ war die Klärung des Datenbrilleneinsatzes an Kommissionier- und Montage-Arbeitsplätzen hinsichtlich der Arbeitssicherheit und der Gesundheit.

Es werden im Folgenden der Ablauf und der Inhalt des Forschungsprojektes erklärt. Anschließend werden die Forschungsergebnisse gemeinsam mit den erstellten Handlungsempfehlungen und der dazugehörigen Checkliste dargestellt.



Beispiel einer monokularen Datenbrille zum Kommissionieren und einer binokularen Datenbrille im Bereich Montage, Quelle: links: Hochschule Remagen, rechts: BGHW

Projekttablauf

Das Projekt startete im September 2018 und hatte eine Laufzeit von 3 Jahren. Projektpartner der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik waren das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung und Wissenschaftler des RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz. Außerdem waren an dem Projekt die London South Bank University, das Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin sowie die UKE Hamburg beteiligt.

Die Abschlussbesprechung hat im November 2021 stattgefunden.

In der **Marktstudie** wurden die Datenbrillenmodelle auf dem Markt analysiert. Dabei wurde schnell deutlich, dass der Begriff Datenbrille nicht klar definiert ist und für vieles verwendet wird. Es folgte eine Kategorisierung der Datenbrillen nach Typ, Anwendungsgebiet und Bedienung.

Die **Literaturrecherche** zeigte, dass bei bisherigen Untersuchungen reale Arbeitssituationen schlecht abgebildet wurden, teilweise da kein Fachpersonal für die Analysen eingesetzt wurde. Auch die Ergebnisse sind sehr unterschiedlich. Über die Strahlenexposition ist nicht viel bekannt, die kognitive Belastung scheint vom Datenbrillentyp abzuhängen.

Die **Feldstudien** wurden in den Bereichen Kommissionierung und Montage mit den Beschäftigten der teilnehmenden Firmen durchgeführt. Es wurden die Augen- und Arbeitsbelastung, sowie Haltung und Bewegung der Nutzer untersucht. Die Akzeptanz wurde durch Fragebögen genauer betrachtet.

Durch den Einsatz von Datenbrillen wird insbesondere die Belastung der Augen in den Fokus gerückt. Das Display befindet sich unmittelbar vor dem Auge. Die Augenanalyse beinhaltet Untersuchungen über die Sehschärfe im Fern- und Nahbereich, die Farbsinnprüfung sowie eine Gesichtsfeldprüfung vor und nach der Arbeitsschicht.

Bei der Haltungsanalyse wurde die bisherige Tätigkeit (mit Handscanner) mit der Tätigkeit mit Datenbrille verglichen und eventuelle Veränderungen in der Körperhaltung und Bewegung betrachtet. Das verwendete Messsystem ist CUELA.

Die **Laborstudien** beschäftigen sich mit

- der Akzeptanz- und Effizienzanalyse und der Erhebung der subjektiven Belastung an den Modellarbeitsplätzen Kommissionierung und Montage,
- der Gangstabilität und Haltungskontrolle,
- der Standstabilität (posturale Stabilität),
- thermische Einwirkungen und
- elektromagnetische Strahlung.

Bei der **Laborstudie** zur **Kommissionierung** wurden als Probanden Leiharbeiter aus der Logistik eingesetzt. Es wurden drei monokulare Datenbrillen mit einem Tablet verglichen.



Im Labor nachgebauter Arbeitsplatz, Quelle: Hochschule Remagen

Bei dem Szenario **Montage** sollte die Konstruktionsaufgabe „Miniaturmodell zusammenbauen“ mithilfe von zwei binokularen Datenbrillen versus Tablet erledigt werden.

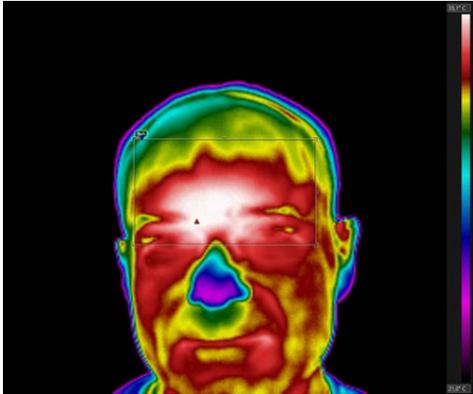
Die Laborstudie **Gangstabilität und Haltungskontrolle** unterteilte sich in die Unterpunkte „Dynamische Stabilitätskontrolle, Gangstabilität und Posturale Stabilität“.

Ziel bei der **dynamischen Stabilitätskontrolle** war die Bewertung, ob bei einem Datenbrilleneinsatz die Mechanismen der Stabilitätskontrolle verringert werden und somit ein potentiell Risiko für Unfälle und Verletzungen am Arbeitsplatz vorliegt.

Bei der Untersuchung zur **Gangstabilität** liefen die Probanden auf einem Laufband, dabei wurde eine kognitive Aufgabe auf einem Smartboard (Referenz), einem Tablet und zwei verschiedenen monokularen Datenbrillen dargestellt. Die Gangkinematik wurde mit einem Bewegungserfassungssystem gemessen.

Wie sich Datenbrillen auf die **Haltungstabilität (posturale Stabilität)** auswirken, wurde mit zwei monokularen Datenbrillen im Vergleich zu einem Smartboard und einem Tablet untersucht.

Für die **thermische Einwirkung** wurde die Temperaturentwicklung am Kopf - aufgrund der festen Distanz zur Messstelle - bei den Montagearbeiten mit drei verschiedenen Medien (zwei binokulare Datenbrillen und ein Tablet) untersucht. Eine Thermokamera wurde im Abstand von einem Meter zum Sitzplatz installiert. Vor jeder Messung und nach exakt 30 Minuten wurden Wärmebilder aufgenommen. Die Probanden wurden gebeten, für die jeweilige Aufnahme die Datenbrille abzuziehen. Mit Hilfe von Fragebögen wurde das thermische Unwohlsein analysiert.



Beispiel eines Wärmebilds des menschlichen Gesichts. Die gemessene Temperatur wird mit einer intuitiven Farbskala visualisiert, Quelle: IFA

Bei der Messung der Strahlungswerte ging es um Bluetooth- und / oder WiFi-Verbindungen, deren **elektromagnetische Strahlung** meist in Kopfnähe abgestrahlt wird. Der dazugehörige Grenzwert ist der SAR-Wert, der gemittelt über eine Masse von 10 g im entsprechenden Gewebe auftritt. In den Bereichen Kopf und Rumpf wird er für die berufliche Exposition mit 10 W/kg angegeben. Für eine qualitative Aussage wurde eine Computersimulation durchgeführt. Die Position der verwendeten Antennen (PIFA und Monopolantenne) richtete sich nach den Datenbrillenmodellen.

Als Produkt des Forschungsprojektes wurden **Handlungsempfehlungen** zur Einführung und Nutzung von Datenbrillen am Arbeitsplatz sowie eine **Checkliste** erstellt. Diese richten sich vorrangig an Unternehmen in den Bereichen Logistik und Montage.

Forschungsergebnisse und Empfehlungen

Bei den Nachuntersuchungen der **Augen** lässt sich feststellen, dass mehr Änderungen zu besseren Werten im Sehtest für den Fernbereich dokumentiert werden. Insgesamt sind die Werte unauffällig. Es wird geraten, vor Einführung von Datenbrillen eine augenärztliche Untersuchung zu ermöglichen, um mögliche noch nicht diagnostizierte Einschränkungen abzuklären. Auch in regelmäßigen Abständen sollte die Nutzung durch die Betriebsmedizin begleitet werden. In den Fragebögen werden die Passform, ein Druckgefühl sowie individuelle Einstellmöglichkeiten bemängelt, in der Warenlogistik wird die Datenbrille durch die Beschäftigten leicht positiv bewertet.

Bei Betrachtung des Tasks (gesamter Ablauf) der **Haltungsanalyse** im Logistikbereich fällt auf, dass der Scan-Vorgang selbst nur einen geringen Zeitanteil einnimmt.

Bei der Laborstudie zur **Kommissionierung** wird festgestellt, dass die **Effizienz und die Akzeptanz** bei der Verwendung eines Tablets in Kombination mit einem Handschuhscanner am besten sind. Die visuelle Ermüdung scheint mit dem Tablet sogar geringer als mit einem Handzettel oder der

Datenbrille. Die Datenbrille wird von den Probanden jedoch bevorzugt. Auf die visuelle Ermüdung soll ein besonderes Augenmerk gelegt werden.

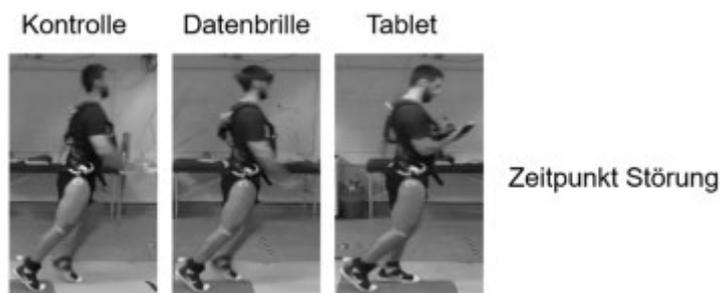
Die Nützlichkeit aller Assistenzsysteme wird als vergleichbar eingestuft.

In großen Logistikunternehmen hat die Interaktion mit dem Assistenzsystem einen relativ geringen Zeitanteil. Daher kann eine verallgemeinerte Aussage über die Effizienz nur bedingt getroffen werden.

Bei der Laborstudie **Montage** wird das Tablet als nützlicher wahrgenommen, der Montageauftrag wird im Schnitt schneller bewältigt als mit den verwendeten Datenbrillen. Das Tablet ist ein Alltagsgegenstand, das möglicherweise intuitiver zu bedienen ist. Die Hälfte der Probanden kann sich vorstellen täglich zwei bis vier Stunden mit den Datenbrillen zu arbeiten. Es scheint für die Akzeptanz eine hohe Rolle zu spielen, wie die Ergonomie und Benutzeroberfläche gestaltet sind.

In der Montage-Studie kann man von einer gesteigerten Effizienz ausgehen. Eine Erklärung ist, dass nach einer kurzen Eingewöhnungszeit die Effizienzsteigerung durch das intuitive und freihändige Arbeiten durch die HoloLens Datenbrille erreicht wird. Im Schnitt werden jedoch mit dem Tablet die Konstruktionsaufträge am schnellsten durchgeführt, es werden aber auch die meisten Fehler damit produziert.

Beim Stand und Gehen mit normaler Geschwindigkeit ist kein Effekt auf die Stabilität mit Tablet oder Datenbrille nachweisbar. Bei der Untersuchung der **dynamischen Stabilitätskontrolle** bei unerwarteter Gangstörung (mechanische Störung durch einen Seilzug, der am Fuß des Probanden befestigt ist) hingegen ist eine Reduzierung der Stabilität nachzuweisen.



Simuliertes Stolperereignis mittels mechanischer Störung des Schwungbeins beim Gehen, Quelle: die London South Bank University

Es besteht ein Risiko für Unfälle durch Stolpern, Rutschen, Stürzen. Die Datenbrille könnte in einer solchen Situation sicherer sein, da gegenüber dem Tablet die Hände frei zur Verfügung stehen. Der Einsatz beider Technologien führt zu einer höheren Anforderung und einer geringeren kognitiven Präzision beim Gehen im Vergleich zum Zustand ohne Bewegung.

Bei der Untersuchung zur **Gangstabilität** gibt es signifikante Unterschiede zwischen den verwendeten Medien (Tablet und Smartboard / Tablet und Datenbrille) bezüglich der Schrittlänge. Die Unterschiede scheinen auf die unterschiedlichen Gewichte der Datenbrille bzw. des Tablets zurückzuführen zu sein. Außerdem kann sich das Gangverhalten auf dem Laufband von dem auf dem Boden unterscheiden. Die Verringerung der Schrittlänge bei größerer Schrittbreite beim Tablet könnte eine Ausgleichsbewegung des Gangs darstellen (im Vergleich zu Smartboard und Datenbrille). Man kann daraus schließen, dass in Bezug auf Stürze, die Datenbrille das sicherere Arbeitsmittel sein kann.

Bei der Auswertung der **Haltungsstabilität (posturale Stabilität)** können keine großen Unterschiede in den Aufgabenleistungen festgestellt werden. Möglich ist, dass die kognitive Aufgabe zu leicht gewesen ist.

Das Smartboard (Referenz) und die Datenbrillen schneiden bei der posturalen Kontrolle besser ab als das Tablet.

Bei der Untersuchung zur **thermischen Einwirkung** lassen die objektiven wie auch subjektiven Ergebnisse keine allgemeine Aussage zu, bei einem Datenbrillenmodell war die lokale Stirntemperatur aber leicht erhöht.

Bei der Untersuchung der **elektromagnetischen Strahlung** scheint die Positionierung der Antenne an der Schläfe optimal zu sein, wenn die Minimierung der Strahlungsexposition angestrebt ist. Es macht den Eindruck, dass auch weiter hinten in der Nähe des Ohres ein geeigneter Platz für die Antenne ist, da sich hier keine empfindlichen Gewebe befinden. Es wird angenommen, dass die Monopolantenne eine höhere Belastung auf den menschlichen Körper darstellt.

In den **Handlungsempfehlungen** wird der Datenbrillenbegriff definiert und die unterschiedlichen Arten und ihre Bedienungsweisen beschrieben. Angesprochen wird auch der erwartete Nutzen dieser Arbeitsmittel. Vor Einführung im Betrieb wird die Anwendung genauer betrachtet und es wird empfohlen, eine technische Analyse des Arbeitsumfeldes durchzuführen. Auch das Miteinbeziehen der Beschäftigten ist ein wichtiger Punkt in der Einführung neuer Arbeitsmittel in Unternehmen. Nutzungsdauer, Hygiene, Ergonomie und Datenschutz sind wichtige Punkte für die Beschäftigten. Die Arbeitgeber müssen sich im Vorfeld über SRS-Gefährdungen oder Auswirkungen von thermischen Belastungen informieren.

Außerdem gibt es weiterhin eine **Checkliste**, in der die Arbeitsplätze, an denen Datenbrillen zum Einsatz kommen sollen, analysiert werden. Als zweiten Schritt gibt es zum Vorbereiten der Datenbrilleneinführung wichtige Hinweise zum Selbstcheck. Zum Abschluss findet man eine Hilfestellung bei der Implementation von Prüfroutinen.