

# Head-Mounted Displays

Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes



baua: Bericht kompakt

**Monokulare Head-Mounted Displays (HMDs) sind kleine Anzeigegeräte, die ähnlich einer Brille oder an einem Kopfträger befestigt unmittelbar vor einem Auge getragen werden und Informationen bereitstellen. Der Vorteil gegenüber anderen mobilen Geräten wie Smartphones sind die freibleibenden Hände, die für Arbeitsaufgaben genutzt werden können. Allerdings können sich bei schlechter Gestaltung auch negative Folgen ergeben. In zwei Studien untersuchte die BAuA daher die Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes.**

## 1. Forschung zu Datenbrillen

Mit Hilfe mobiler Computersysteme wie Head-Mounted Displays (HMDs) nehmen Beschäftigte aufgabenrelevante Informationen wahr, während die Hände frei bleiben und für die eigentliche Tätigkeit genutzt werden können. Besonders bei mobilen Tätigkeiten wie zum Beispiel der Instandhaltung von Industrieanlagen bietet sich daher der Einsatz monokularer HMDs an.



Die Anwendungsmöglichkeiten sind jedoch nicht auf einen spezifischen Kontext begrenzt. Monokulare HMDs werden im beruflichen Kontext in der Regel nicht zur Durchführung von Primäraufgaben – im Gegensatz zu stationären Computersystemen – sondern als Arbeitshilfen und somit zur Unterstützung bei der Durchführung von Primäraufgaben verwendet. Eine solche Unterstützung kann etwa dann sinnvoll sein, wenn eine Aufgabe aus umfangreichen Schrittfolgen besteht, welche leicht die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses übersteigen können.<sup>1</sup>

Im Idealfall kann durch den Einsatz von monokularen HMDs als Arbeitshilfe die Beanspruchung der Beschäftigten im Sinne der menschengerechten Arbeitsgestaltung optimiert und die Leistung gleichzeitig positiv beeinflusst werden. Die Voraussetzung dafür ist zum einen eine hohe Passung zwischen der Technologie und der Arbeitsaufgabe und zum anderen die Abschätzung möglicher nicht intendierter Auswirkungen. So eignet sich der Einsatz von monokularen HMDs nicht bei sehr aufmerksamkeitsintensiven Primäraufgaben oder wenn die Verdeckung von Teilen der Realität nicht akzeptabel ist, weil beispielsweise Gefahren übersehen werden könnten.

Mit Blick auf mögliche gesundheitliche Wirkungen durch die Einblendung zusätzlicher Informationen in Kombination mit der Befestigung am Körper startete die BAuA ein Forschungsprojekt.<sup>2</sup> Folgende Fragen standen dabei im Zentrum:

- Führt die Verwendung von monokularen HMDs zur Unterstützung bei der Durchführung von Arbeitsaufgaben im Vergleich zu alternativen Informationsdarstellungen (Wandmonitor, Tablet-PC) zu einer höheren mentalen Beanspruchung?
- Wie ist die physische Beanspruchung der Benutzer durch die Befestigung am Körper sowie die Einblendung von Informationen direkt vor dem Auge im Vergleich zu stationären Displays zu bewerten?
- Welche Implikationen ergeben sich daraus für das Design bzw. die Auswahl von monokularen HMDs sowie die Gestaltung von Aufgaben?

Ausgehend von den drei Fragestellungen hat die BAuA zwei Teilprojekte zur Untersuchung der psychischen und physischen Auswirkungen der Nutzung von monokularen Head-Mounted Displays in der Arbeit umgesetzt.<sup>3,4</sup> Dabei wurde der Einsatz monokularer Head-Mounted Displays mit alternativen Informationsdarstellungen (Wandmonitor, Tablet-PC) verglichen.

## TECHNISCHER HINTERGRUND

HMDs bestehen aus der Displayeinheit mit einem oder zwei Displays sowie einer davorliegenden optischen Baugruppe. Diese dient dazu, die eigentlich nur wenige Zentimeter vor den Augen dargestellten computergenerierten mono- oder stereoskopischen Bilder auf sehfreundlichen Abstand zu bringen. Die Bildebene befindet sich dadurch scheinbar rund ein bis zwei Meter vor der Benutzerin bzw. dem Benutzer.

Neben der Befestigungsart (z. B. Brillengestell, Kopftträger) liegt der Hauptunterschied bei Datenbrillen darin, ob Informationen vor einem Auge (monokular) oder vor beiden Augen (binokular) dargestellt werden. Beide Varianten können zudem durchsichtig (see-through) oder geschlossen (look-around) sein.

Monokulare Datenbrillen eignen sich insbesondere zur Anzeige von aufgabenrelevanten Informationen. Die Realität wird dabei nicht ausgeblendet, sondern durch zusätzliche Informationen angereichert oder überlagert. Binokulare see-through Datenbrillen eignen sich ebenfalls zur Erweiterung der Realität mit aufgabenrelevanten Informationen.

Binokulare geschlossene Datenbrillen blenden dagegen die Realität zumeist vollständig aus und werden für die Darstellung virtueller Realitäten – zum Beispiel zur digitalen Planung von Produktionsanlagen – verwendet.

Die Funktionen von HMDs lassen sich mit verschiedenen Modulen ausbauen und damit dem jeweiligen Einsatzbereich optimal anpassen. Dazu gehören etwa Lautsprecher oder auch Trackingsysteme, die Position und Bewegung der Nutzerin bzw. des Nutzers verfolgen.

## 2. Mentale Beanspruchung

Ziel des ersten Teilprojektes (Eigenforschung der BAuA) war es, die mentale Beanspruchung der Benutzer bei der Verwendung von monokularen HMDs zu beurteilen. In einer Laborstudie wurde Probanden eine bildbasierte An-

leitung zur Lösung der Arbeitsaufgabe (Zusammenbauen von Spielzeugmodellen) entweder auf einem monokularen HMD oder auf einem Tablet-PC präsentiert. Gleichzeitig sollten die Probanden eine nahe dem Bildschirmrand platzierte optische Anzeige überwachen.

Die Versuchsdauer betrug vier Stunden, entsprechend dem Zeitrahmen eines halben Arbeitstages. Dabei zeigte sich, dass die Probanden mit einem Tablet schneller arbeiteten als mit einer Datenbrille. Auch die digitalen Anzeigen im Randbereich wurden auf dem Tablet-PC besser wahrgenommen.



Im Ergebnis unterschieden sich subjektive und objektive Beanspruchungsparameter in einem wichtigen Punkt: Während die subjektiven Beanspruchungsparameter eine höhere Beanspruchung beim HMD und keine Gewöhnung ausmachten, zeigten die objektiven Beanspruchungsparameter keine höhere Beanspruchung beim HMD-Einsatz und eine Gewöhnung an den Umgang damit.

Trotz dieses Ergebnisses ist die subjektive Einschätzung nicht irrelevant, da sie das Empfinden der Nutzer wiedergibt. Ebenfalls bedeutsam für den sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatz von HMDs ist das Ergebnis zur Pausengestaltung. Hier zeigte sich, dass die in der Laborstudie vorgesehenen Pausen tatsächlich zur gewünschten Erholung bei den Teilnehmenden führten – sowohl subjektiv gefühlt als auch objektiv gemessen.

## 3. Physische Beanspruchung

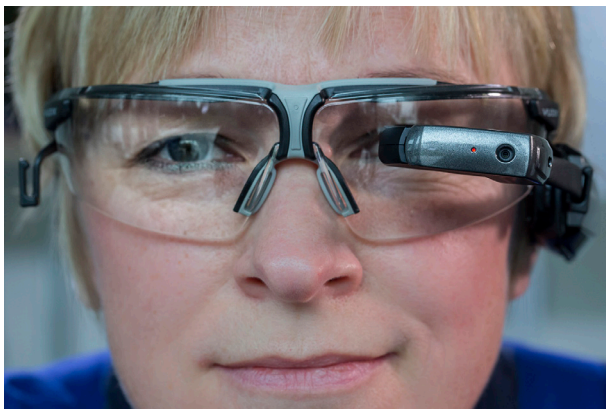
In einer zweiten Studie (Fraunhofer FKIE und RWTH Aachen) wurde die physische Beanspruchung der Benutzer untersucht. Kernstück des Versuchsaufbaus in dieser Laborstudie war ein Automotor. Die Teilnehmenden sollten diesen in vier Stunden zunächst auseinander- und anschließend wieder zusammenbauen. Die Testpersonen konnten die dafür notwendigen Konstruktionszeichnungen entweder über ein monokulares HMD oder über einen Wandmonitor einsehen.

Es zeigte sich, dass der mehrstündige Einsatz des monokularen HMD keine Auswirkungen auf die Empfindlichkeit des Gesichtsfeldes, die subjektive Beanspruchung und die Muskelaktivität des M. splenius capitis und M. trapezius pars descendens hatte. Die Testpersonen berichteten jedoch eine höhere Beanspruchung des visuellen Systems und erlebten eher Kopf- und Nackenschmerzen bei der Verwendung des monokularen HMDs im Vergleich zur Verwendung des Wandmonitors. Die Leistung der Teilnehmer mit HMD war niedriger, als die Leistung der Teilnehmer, die die Aufgabe mit dem Bildschirm durchführten.

#### 4. Fazit

Werden Head-Mounted Displays eingesetzt, so ist auf jeden Fall ausreichend Zeit zur Gewöhnung an die neue Art der Informationsdarstellung sicherzustellen. Eine verständliche Anleitung kann dies unterstützen.

Dies betrifft nicht nur die eigentlichen Arbeitsschritte, sondern auch die Einstellung und Kalibrierung des HMDs. Mehrere, kleinere Pausen sind vorzusehen, um die Belastung und Beanspruchung zu reduzieren und gleichzeitig Zeit für Erholung zu geben. Die Erholungspausen können eventuell auftretenden Kopf-, Nacken- oder Augenschmerzen entgegenwirken.



Je nach Befestigungsart am Körper kann es zu einer Zusatzbelastung kommen, die das Komfortempfinden und damit die Akzeptanz der Benutzer negativ beeinflussen kann. Bei Arbeiten, bei denen persönliche Schutzausrüstung getragen wird, sollte das HMD auf geeignete Weise in diese integriert werden. Bei der Weiterentwicklung ist stets die technische Gestaltung zu beachten; dies gilt ebenso für die Ausbalancierung und Gewichtsverteilung des HMDs.

Anforderungen an die Arbeitsumgebung bestehen dahingehend, als dass konstante Licht- und Temperaturverhältnisse von Vorteil sind. Blendung und Spiegelung im HMD

sind zu vermeiden. Außerdem verhindern extreme Lichtverhältnisse wie sie beispielsweise in Außenbereichen vorliegen den Einsatz von nicht ausreichend leuchtstarken HMDs. Bei der Beurteilung der Aufgabenleistung sollte berücksichtigt werden, dass positive Effekte vor allem dann zu erwarten sind, wenn Technologie und Aufgabe bestmöglich aufeinander abgestimmt sind. Der Umgang mit den HMDs muss zudem zunächst geschult werden.

#### 5. Empfehlung

Eine ergonomische Gestaltung von HMDs erfordert stets eine systemorientierte, ganzheitliche Betrachtung der Hardware und des jeweiligen Nutzungskontextes. Dabei gilt es gleichermaßen Aspekte der organisatorischen, kognitiven und technischen Ergonomie zu berücksichtigen.

Die vorhandene, große technologische Vielfalt hat zur Folge, dass sich HMDs deutlich voneinander unterscheiden. Derzeit befindet sich eine Vielzahl von Modellen mit unterschiedlichsten Merkmalskombinationen auf dem Markt. Die Auswahl sollte sich an ergonomischen Kriterien sowie der Passung zur Aufgabe und der Arbeitsumgebung orientieren.

#### Weiterführende Informationen

- 1 B. Kirchhoff, S. Wischniewski & L. Adolph (2016). Head-Mounted Displays – Arbeitshilfen der Zukunft: Bedingungen für den sicheren und ergonomischen Einsatz monokularer Systeme. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- 2 [www.baua.de/DE/Aufgaben/Forschung/Forschungsprojekte/f2288.html](http://www.baua.de/DE/Aufgaben/Forschung/Forschungsprojekte/f2288.html)
- 3 S. Theis, C. Pfendler, Th. Alexander, A. Mertens, Ch. Brandl & Ch. M. Schlick (2016). Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- 4 M. Wille (2016). Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.