

## **Einfluss des Arbeitsraumdesigns auf die Daueraufmerksamkeit**

Judith BANITZ, Annette HOPPE

*Fachgebiet Arbeitswissenschaften und Arbeitspsychologie  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Siemens-Halske-Ring 14, Lehrgebäude 3a, D-03046 Cottbus*

**Kurzfassung:** Das erfolgreiche Erledigen von Tätigkeiten am Arbeitsplatz ist stark an Umweltbedingungen, wie Ergonomie, Licht und Farbe geknüpft. Bisherige Empfehlungen zur Arbeitsplatzgestaltung lassen den Einfluss der Formgebung als Teil des Designs außen vor. Nichtsdestotrotz gestalten Architekten und Designer weiterhin Arbeitsräume, die funktional und ergonomisch sein sollen. Ziel der Arbeit war die Erfassung und Bewertung der Wirkung des Raumdesigns auf die Daueraufmerksamkeit am Arbeitsplatz. Dazu wurden objektive und subjektive Testverfahren eingesetzt. Zur Erfassung des Beanspruchungserlebens bei monotonen Tätigkeiten wurden drei exemplarische Büroumgebungen konzipiert, in der Virtuellen Realität (VR) mittels geeigneter Software kontrolliert und durch ein Head Mounted Display (HMD) visualisiert. Die eruierte Fehleranzahl, Reaktionszeiten und subjektive Müdigkeit erlaubten Rückschlüsse auf die Daueraufmerksamkeit. Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass das allein visuell wahrgenommene Design des Arbeitsraumes die Daueraufmerksamkeit zu beeinflussen vermag. Im zugrundeliegenden Beitrag werden die Ergebnisse der Laborstudie vorgestellt.

**Schlüsselwörter:** Virtuelle Realität, Daueraufmerksamkeit, HMD, Design, Arbeitsraum

### **1. Hintergrund und Motivation**

Der zukünftige moderne Arbeitsalltag findet in einer digitalisierten Umgebung statt. Neue Werkzeuge erlauben der Arbeitswissenschaft die Nutzung technisierter Analysemethoden. Dahingehend bietet die VR neue Möglichkeiten entsprechende Einflüsse auf den Menschen zu untersuchen. Während die Arbeitswissenschaft Erkenntnisse erarbeitet, wie die Umwelt die Daueraufmerksamkeit, als Dimension der Aufmerksamkeit, beeinflussen kann und dies bei der Arbeitsplatzgestaltung beachtet, sind es nichtsdestotrotz meist Architekten, die das Design in den Arbeitsräumen maßgeblich beeinflussen. Das Design ist allgegenwärtig (Erlhoff 2008). Es spiegelt soziale, ökonomische, technische, wissenschaftliche, ökologische und kulturelle Einflüsse wieder. Nach der zunehmenden Integration von Technik und Maschinen in die Arbeitswelt, nahm das Bedürfnis zu, Arbeit effizient zu gestalten. Viele Branchen griffen dieses Konzept auf und setzten Design ein, um die Aufmerksamkeit der Menschen einzufangen und zu steuern (Erlhoff 2001). Beim Design folgt der Mensch laut Koppelman (1997) einer Assoziationskette, die durch kulturelle Eigenarten oder emotionale Symbolgehalte geprägt wurde. Während die Ergonomie schon vielfach physische Auswirkungen von Formgebung der Arbeitsgegenstände wissenschaftlich untersucht hat, gibt es kaum Ansätze, die behandeln, welche psychische Wirkung optisch wahrgenommene Formen auf den Menschen haben.

Das Ziel der Studie war es, die Abhängigkeitsbeziehung zwischen Formgebung, als Teil des Designs, und der Daueraufmerksamkeit zu erfassen und zu bewerten. Die experimentelle Umsetzung fand mit Hilfe von VR und einem HMD statt, die dabei auch auf ihre Funktionsweise und Nützlichkeit für die Arbeitswissenschaft untersucht wurden.

Die Umsetzung durch VR erlaubte die Durchführung in einer kontrollierten und standardisierten Umgebung. Zu diesem Zweck wurden drei virtuelle Räume gebaut, die sich an Entwürfen und Beispielen der Architektur orientierten und sich in drei Gruppen gliedern: Arts & Crafts (AC), Bauhaus (B) und Zeitgenössisch (Z). Die Daueraufmerksamkeit wurde indirekt anhand des Mackworth-Clock Tests gemessen. Die Ermüdung wurde durch die Karolinska Sleepiness Scale (KSS) festgehalten und diente somit als indirekter Indikator zur Ermittlung der herabgesetzten Wachsamkeit und folglich der verringerten Daueraufmerksamkeit. Letztgenannte tritt bei langanhaltenden Aufgaben mit hohem Reizanteil auf. Das Wiener Testsystem ermittelt die Daueraufmerksamkeit durch einfache, langandauernde Signalentdeckungsaufgaben, bei dem ein möglichst hoher Anteil relevanter Stimuli durch die Probanden erkannt werden muss. Der Mackworth-Clock Test (MCT) erlaubt Rückschlüsse auf die Daueraufmerksamkeit. Die Anzahl relevanter Reize schwankt bei der Daueraufmerksamkeit zwischen 25 % und 30 %. Zudem sollte die Testdauer mindestens 30 Minuten betragen (Sturm 2018). Sobald die Belastung nicht verringert oder eingestellt wird, führt dies zur Veränderung und Anpassung der informationsverarbeitenden sowie neuronalen Funktionen. Erfasste Symptome dienen als ein Indiz für den Ermüdungsverlauf. Schlick et al. (2018) teilen diesen Verlauf in vier Grade auf. Im ersten Grad ist damit zu rechnen, dass die Sensorik und Motorik eingeschränkt wird. Beim zweiten Grad wird Individuen bewusst, dass sie ermüden und sie versuchen, die bisherige Leistung aufrechtzuerhalten. Während des dritten Grades tritt die Allgemein- oder Willensermüdung auf und die Leistung nimmt deutlich ab. Beim vierten Grad treten Störungen des organismischen Funktionsgefüges auf. Die KSS bietet gemäß Niederl (2008) eine valide und zuverlässige Art, die Ermüdung zu erfassen.

Veränderungen der Umgebung können Ermüdung verringern. Ebenso können Reize aus der Umgebung, die sich deutlich von den relevanten Reizen unterscheiden, die Aufrechterhaltung der Daueraufmerksamkeit unterstützen.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Designs, richtete sich die Arts & Crafts Bewegung explizit gegen das Prinzip der Massenproduktion. Das Bauhaus hingegen begrüßte diese Wendung und fand Gefallen am Industriedesign. Sie schufen Designs unter dem Leitspruch „form follows function“ (Wilhelm 1983). Die Zeitgenössische Architektur umfasst viele Designs. Für die Untersuchung wurden Beispiele der Funktionalistischen und der Hightech Architektur ausgewählt. Dieser Strang der Architektur zeichnet sich durch Leicht- und Fertigbauarchitektur aus (Wilkinson 2013). Eine Orientierung wurde anhand einer Augenscheinanalyse am Bauhaus in Dessau durchgeführt. Ausstellungsgegenstände in Museen und Fotografien wurden zur Erstellung der Räume herangezogen. Dazu zählten Fotografien des Direktorenzimmers aus den Jahren 1923 und der Axonometrie des Direktorenzimmers von Herbert Bayer (Jehle-Schulte Strathaus 1991).

Die Lichtverhältnisse, Fenstermaße, Raummaße, Grundrisse, Möbelanordnung und Farbauswahl wurden einheitlich gestaltet und in allen Räumen beibehalten. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass die Probanden durch diese Faktoren in den Räumen nicht unterschiedlich beeinflusst werden.

Die Immersion, ein „of being there“ Gefühl, ist durch VR meist leichter zu erreichen als durch andere Benutzeroberflächen (Brill et al. 2009). Gewonnene Erkenntnisse aus

dieser simulierten Realität lassen sich bei einer erfolgreichen Immersion anschließend leichter auf die Realität übertragen. Nachgewiesen gehen mit der Nutzung von VR und stereoskopischen Bildern Belastungen einher, zu denen die Erschöpfung, Sensibilisierung oder Austrocknung der Augen, eine verschwommene Sicht, oder Kopfschmerzen zählen (Pölönen et al. 2013).

Im Rahmen der Arbeit wurde folgenden Fragestellungen nachgegangen:

1. Nimmt die Daueraufmerksamkeit während der Durchführung des MCT innerhalb der VR, unter Berücksichtigung des veränderten Anteils relevanter Reize signifikant ab, während die Müdigkeit signifikant zunimmt?
2. Hat das Design einen Einfluss auf die Daueraufmerksamkeit der Probanden?
3. Nimmt die Daueraufmerksamkeit in einigen Designumgebungen schneller ab, als in anderen?

## 2. Untersuchungsmethodik und Ergebnisse

Bei den Untersuchungen Mackworth's zeigte sich, dass die Aufmerksamkeit nach kurzer Zeit signifikant abnimmt. Die Dauer des in dieser Arbeit verwendeten MCT betrug, die von Mackworth (1948) empfohlenen 30 Minuten. Der Anteil relevanter Reize, in diesem Fall die sogenannten Doppelsprünge des wandernden Signales, belief sich auf 40 %. Der Anteil relevanter Reize wurde jedoch von 30 % auf 40 % erhöht, um den zusätzlichen Ermüdungseffekte durch das HMD und den stereoskopischen Bildern entgegenzuwirken. An der Untersuchung nahmen 29 Personen teil, wovon zwei den Versuch vorzeitig abbrachen (N=27). Von den Teilnehmenden, die den Versuch vollständig durchführten, waren 11 weiblich und 16 männlich (M=29,5 Jahre; SD=9,2 Jahre). Der Shapiro-Wilk Test belegte, dass sowohl die Anzahl der Geschlechter als auch das Alter normalverteilt waren.

Die zusammengetragenen Daten wurden mit der Software IBM SPSS Statistics 25 ausgewertet. Als Leistungsindikatoren wurden sowohl die Reaktionszeiten, als auch die Fehleranzahl aufgezeichnet. Die Fehler 1. Art zeigten die übersehenen Doppelsprünge an. Zur Untersuchung der Messergebnisse im Verlauf der Untersuchung wurde die Dauer des MCT in Quartale, à 7,5 Minuten, aufgeteilt. Die subjektive Müdigkeit, die ebenso Rückschlüsse über eine Veränderung der Daueraufmerksamkeit erlaubt, wurde mittels der KSS ermittelt. Die Schlafdauer, eingenommene Substanzen und weitere Information, wie zum Beispiel das Geschlecht wurden separat durch ein Interview erfasst. Die durchschnittliche Schlafdauer der Probanden untereinander und im Vergleich zu ihren normalen Schlafgewohnheiten, unterscheidet sich nicht signifikant voneinander. Das gleiche traf auf die vor dem Versuch eingenommenen Substanzen zu. Vor der Untersuchung bestand kein signifikanter Unterschied zwischen der subjektiv wahrgenommenen Müdigkeit ( $H(2)=0,15$ ;  $p=0,93$ ). Während die Reaktionszeiten normalverteilt waren, traf dies nicht auf die Fehlerraten zu. Ein signifikanter Geschlechterunterschied war bei den Leistungskennzahlen (Reaktionszeiten und Fehlerraten) nicht feststellbar.

Mit der Überprüfung der ersten Fragestellung stellte sich heraus, dass die Fehlerrate 1. Art zwar in den meisten Designumgebungen über die Quartale hinweg anstieg, diese Steigung jedoch nicht signifikant war. Tabelle 1 stellt die aufgezeichneten Fehlerraten der Probanden je Designumgebung, untergliedert in die vier benannten Quartale, an. Tabelle 2 zeigt die berechnete Signifikanz, nach der sich ermessen ließ, ob die Fehlerraten je Designumgebung signifikant anstiegen.

**Tabelle 1:** Deskriptive Statistik zum MCT Fehler 1. Art, ermittelt mit Hilfe des Friedman Tests

Design		1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
<b>Z</b>	M	6,56	7,44	11,00	16,44
	SD	4,64	4,85	16,30	30,90
<b>B</b>	M	5,22	2,67	3,56	2,78
	SD	4,91	2,00	3,50	2,86
<b>AC</b>	M	2,11	2,44	2,78	3,56
	SD	1,97	2,40	1,99	2,83

**Tabelle 2:** Exakte Signifikanz der MCT Fehler 1. Art zwischen den Quartalen, je Designumgebung

Design	N	Chi-Quadrat	df	Exakte Sig.
<b>Z</b>	9	0,78	3	0,87
<b>B</b>	9	4,29	3	0,24
<b>AC</b>	9	4,73	3	0,20

Nicht so eindeutig verhielt es sich bei den Reaktionszeiten 1. Art, wo zum Teil eine steigende Tendenz zu erkennen war. Dies kann in Tabelle 3 nachvollzogen werden.

**Tabelle 3:** Deskriptive Statistik den MCT Reaktionszeiten 1. Art, ermittelt mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung

Design		1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
<b>Z</b>	M	0,36	0,30	0,32	0,35
	SD	0,05	0,13	0,08	0,04
<b>B</b>	M	0,29	0,32	0,32	0,21
	SD	0,12	0,12	0,10	0,16
<b>AC</b>	M	0,24	0,23	0,27	0,28
	SD	0,18	0,18	0,17	0,11

Es gab keinen signifikanten Anstieg der Reaktionszeiten innerhalb der Designumgebungen:  $F_Z(3; 24) = 0,85$ ;  $p = 0,48$ ;  $\text{parzielles } \eta^2 = 0,10$ ;  $F_B(1,97; 15,73) = 1,78$ ;  $p = 0,20$ ;  $\text{parzielles } \eta^2 = 0,18$ ;  $F_{AC}(3; 24) = 0,20$ ;  $p = 0,90$ ;  $\text{parzielles } \eta^2 = 0,02$ .

Bei den KSS-Werten hingegen zeichnete sich bereits bei den Mittelwerten eine Steigung ab. Die Untersuchung durch den Friedman Test zeigte, dass der Anstieg der Müdigkeit in allen Designumgebungen vorhanden war. In allen Designumgebungen nahm der KSS-Wert, im Verlauf des Versuches, signifikant zu:  $X^2_Z(1)=4,50$ ;  $p=0,03$ ;  $X^2_B(1)=4,50$ ;  $p=0,03$ ;  $X^2_{AC}(1)=7,00$ ;  $p=0,01$ .

Nach der Untersuchung der 2. Fragestellung bestätigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Fehlerraten 1. Art und der Designumgebungen ( $H(2) = 7,70$ ;  $p = 0,02$ ). Der anschließende paarweise Vergleich veranschaulichte, dass sich die Fehlerraten der Zeitgenössischen und der Arts & Crafts Umgebung signifikant voneinander unterschieden ( $z = 2,61$ ;  $p = 0,03$ ). Zur Messung der Effektstärke wurden Cohens d verwendet (schwach: 0,10 mittel: 0,30 stark: 0,50) (Cohen 1992). Die Zusammenhangsbetrachtung wurde mittels des Pearsons Korrelationskoeffizienten durchgeführt. Die Effektstärke bestätigte, dass es sich um einen starken Effekt  $r = 0,62$  handelte. Bei weiterer Analyse der Reaktionszeiten 1. Art wurde festgestellt, dass die Reaktionszeiten der Zeitgenössischen und die der Bauhaus Umgebung sich voneinander unterschieden. Bei genauerer Betrachtung der Quartale zeigte sich lediglich im 4. Quartal ein signifikanter Unterschied ( $F(2; 24) = 3,54$ ;  $p = 0,04$ ).

### 3. Diskussion

Eine der oben genannten Fragestellungen zielte darauf ab herauszufinden, ob durch das Ausführen einer Überwachungsaufgabe in einer virtuellen Umgebung zu einer Senkung der Daueraufmerksamkeit kommt, wenn Probanden dieselbe Aufgabe in unterschiedlich designten Räumen erledigen.

Während der Untersuchungen nahmen die Fehlerraten und Reaktionszeiten meistens beobachtbar zu, die Steigung stellte sich jedoch meist nicht als signifikant heraus. Es wird angenommen, dass dies am erhöhten signifikanten Reizanteil des MCT liegt, die für weitere Untersuchungen verringert werden müsste.

Bei der Analyse des subjektiven Müdigkeitsempfindens der Probanden durch die KSS-Skala zeigte sich, eine signifikante Steigerung. Orientiert an den benannten Ermüdungsgraden durchlief der Großteil der Probanden lediglich den ersten und zweiten Grad. Probanden berichteten von einer Abnahme der sensorischen und motorischen Fähigkeiten und das Einsetzen der subjektiven Müdigkeit, der individuell entgegengesteuert wurde. Es ist anzunehmen, dass die stereoskopischen Bilder und das HMD weniger Einfluss auf die Probanden hatten, als erwartet, wodurch die höher gewählte Anzahl an Doppelsprünge gegen die Ermüdung wirkte. Zugleich ist es wahrscheinlich, dass der Novitätseffekt aktivierend wirkte und somit einen Einfluss auf die Müdigkeit hatte. Schließlich hatten vor der Untersuchung nur wenige Probanden Kontakt mit einem HMD, VR oder einer Arts & Crafts Umgebung. Messungen bestätigten, dass die Fehlerraten der Probanden aus der Zeitgenössischen Umgebung am schlechtesten waren, dicht gefolgt von denen der Probanden aus der Bauhaus Umgebung. Generell am besten schnitten die Probanden ab, die den MCT in der Arts & Crafts Umgebung ausgeführt hatten. Es wird vermutet, dass die präattentive Wahrnehmung (Preim & Dachsel 2010) es den Probanden erleichterte, die Daueraufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Zudem ist es sehr wahrscheinlich, dass auch der Novitätseffekt dafür sorgte, dass die Müdigkeit nicht so schnell und stark bei den Probanden einsetzte, wie erwartet. Vermutlich wurden Probanden durch die neue Umgebung aktiviert, wodurch sie länger aufmerksam blieben und in Folge dessen weniger Fehler machten (Schlick 2018). Nach der Durchführung der Tests und der Befragung zur Müdigkeit wurden den Probanden alle Arbeitsräume gezeigt. Im dazu parallel verlaufenden freien Gespräch, in dem die Probanden über Beschwerden und Erlebnisse berichteten, nannten sie ihren präferierten Raum. Der Großteil bevorzugte die Arts & Crafts Umgebung.

Die oben dargestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass Form, als Bestandteil von Design, einen signifikanten Einfluss auf die Daueraufmerksamkeit haben kann. Während der Untersuchung wurde vor allem bei dem Umgang mit Fehlern und Problemen festgestellt, dass viele VR-Systeme bislang noch mit zahlreichen Nebeneffekten und Schwachpunkten einhergehen. Fast die Hälfte der Probanden, jedoch vorrangig Brillenträger und Personen mit einer Sehschwäche, beschwerten sich über Sehschwierigkeiten innerhalb der virtuellen Umgebung. Lesetätigkeiten sollten in VR-Umgebungen, mit der aktuellen Technik, nur wenn nötig oder in sehr großer und gut leserlicher Schrift genutzt werden. Während des Versuchs war für die VR, für Bildschirmverhältnisse, normalgroße Schrift verwendet worden. Nichtsdestotrotz hatten mehr als 70 % der Probanden große bis sehr große Schwierigkeiten damit, den eingeblendeten Text zu lesen. Ebenso wurde durch die Nutzung stereoskopischer Bilder die Raumwahrnehmung gestört. Dies führte dazu, dass trotz Immersion die Realität und die VR nicht miteinander übereinstimmten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Virtuelle Realität neue Möglichkeiten für wissenschaftliches Arbeiten bietet. Ein Vergleich unterschiedlicher Designs wäre in realen Räumen mit echten Möbeln sehr kostspielig, platzeinnehmend und zeitaufwändig. Mit den virtuellen Umgebungen ließ sich dieser Versuch jedoch unter stets exakt denselben Bedingungen durchführen. Somit bietet die VR neue Möglichkeiten für Bereiche, in denen Umgebungen und Szenarien genau kontrolliert werden müssen.

#### 4. Literatur

- Brill, M. et al. (2009). Virtuelle Realität. Informatik im Fokus. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Cohen, J (1992). Statistical Power Analysis. Current directions in psychological sciences. 1(3):98-101.
- Erlhoff, M (2001). Informationen aus dem Urwald — Design und Aufmerksamkeit. In: Zurstiege, G. und Schmidt, S. J.. Werbung, Mode und Design. 147-153. VS Verlag für Sozialw., Wiesbaden.
- Erlhoff, M. und Marshall, T (2008). Wörterbuch Design: Begriffliche Perspektiven des Design. Birkhäuser, Basel and Boston and Berlin.
- Jehle-Schulte Strathaus, U (1991). Bilderstrategie eines Interieurs: Walter Gropius' Direktionszimmer im Bauhaus. (10):44–47.
- Koppelman, U (1997). Produktmarketing: Entscheidungsgrundlagen für Produktmanager. Springer. Berlin, Heidelberg.
- Mackworth, N. H (1948). The breakdown of vigilance during prolonged visual search. Quarterly journal of Experimental Psychology, 1(1):6-21.
- Niederl, T (2008). Untersuchungen zu kumulativen psychischen und physiologischen Effekten des fliegenden Personals auf der Kurzstrecke. Dissertation. Universität Kassel.
- Pölönen, M., Järvenpää, T., und Bilcu, B (2013). Stereoscopic 3D entertainment and its effect on viewing comfort: comparison of children and adults. In: Applied ergonomics. 44(1):151–160.
- Schlick, C, Bruder, R., und Luczak, H. (2018). Arbeitswissenschaft. Springer. Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Sturm, W (2018). Manual: Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsfunktionen-Batterie. Version 52. SCHUHFRIED GmbH. Mödling.
- Wilhelm, K. (1983). Walter Gropius Industrie Architekt. Schriften zur Architekturgeschichte und Architekturtheorie. Vieweg+Teubner Verlag. Wiesbaden.
- Wilkinson, P (2013). 50 Schlüsselideen Architektur. Springer Spektrum. Heidelberg.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin  
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin  
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020**

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme  
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2020  
ISBN 978-3-936804-27-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.  
Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**  
**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screen design und Umsetzung**

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)