

Darbietung und räumliche Trennung von visuellen Doppelaufgaben im virtuellen 3D-Raum

Thorsten PLEWAN, Gerhard RINKENAUER

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo)
Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund*

Kurzfassung: Doppelaufgaben sind von großer praktischer Relevanz im Alltag sowie in der Arbeitswelt. Durch neuartige Bildschirmtechnologien (wie z.B. Datenbrillen, virtuelle Realität) ist es möglich visuelle Information in unterschiedlichen Distanzen zu präsentieren und somit eine räumliche „Trennung“ zu erzeugen. Die Auswirkung dieser Darstellungsart wurde in zwei Experimenten mit Doppelaufgaben untersucht. Die Versuchspersonen absolvierten in beiden Versuchen eine Vigilanzaufgabe, sowie jeweils entweder eine visuelle Suche oder eine Wahlreaktionsaufgabe. Eine räumliche Trennung der Aufgaben führte nicht zu konsistenten Veränderungen im Antwortverhalten der Probanden. Beispielsweise variierte jedoch die Fehleranzahl in Abhängigkeit von der Reizkonstellation. Die Ergebnisse legen zudem nahe, dass sich solche Effekte bei größerer Aufgabenschwierigkeit oder anderen Aufgabenstellungen noch verstärken könnten.

Schlüsselwörter: Doppelaufgaben, 3D, VR, Visuelle Suche, Vigilanz

1. Einleitung

Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung steigt die Informationsdichte sowohl im Alltag als auch an vielen Arbeitsplätzen stetig. Zudem ermöglichen moderne technische Assistenzsysteme immer neue Darstellungsformen. Beispielsweise ist die Präsentation von dreidimensionalen (3D) Objekten oder sogar das Eintauchen in immersive virtuelle Realität (VR) inzwischen mit kommerziellen, preisgünstigen technischen Systemen umsetzbar. Dabei gilt es zu beachten, dass diese artifizielle visuelle Information anders verarbeitet wird als natürliche Reize (Renner et al. 2013). Außerdem legen einige experimentelle Befunde nahe, dass Aufmerksamkeit nicht gleichmäßig im (virtuellen) 3D Raum verteilt ist (Plewan & Rinkenauer 2016, 2017, 2018, 2019). Abhängig von der Aufgabenstellung kann auch räumlich Nähe oder Ähnlichkeit Auswirkungen auf die Aufmerksamkeitslenkung haben (Wickens and McCarley 2008). Welche Rolle dabei unterschiedliche Distanzen bzw. Tiefenebenen spielen, ist bisher nicht bekannt. Beispielsweise ist es denkbar, dass (ähnliche) Informationen besser verarbeitet werden können, wenn sie auf diese Weise räumlich getrennt voneinander gezeigt werden. Zum Beispiel gibt es Befunde die zeigen, dass Information, die über mehrere Ebenen verteilt dargestellt wird, besser erinnert werden kann, als wenn dieselbe Information in nur einer Ebene erscheint (Xu and Nakayama 2007; Chunharas et al. 2019)

Insbesondere ist bisher wenig über die Verteilung von Aufmerksamkeitsressourcen bekannt, wenn gleichzeitig zwei im 3D-Raum verteilte Aufgaben erledigt werden müssen (d.h. Doppelaufgaben). Die kognitive Verarbeitungskapazität ist generell begrenzt und daher ist die erbrachte Leistung immer abhängig von der tatsächlichen

Auslastung dieser Ressource (Lavie et al. 2004). Daraus ergeben sich auch unterschiedliche Implikationen für die Bearbeitung von Doppelaufgaben im 3D-Raum. Einerseits könnte die räumliche Trennung der visuellen Informationen Interferenz und Konflikte reduzieren und auf diese Weise zu einem Vorteil bei der Aufgabenbearbeitung führen. Andererseits ist es auch denkbar, dass die gleichzeitige Integration von verteilter Information zusätzliche Ressourcen bindet und daher die Ausführung der einzelnen Aufgaben negativ beeinträchtigt. Um diese Fragestellungen genauer zu untersuchen wurden zwei Experimente mit Doppelaufgaben durchgeführt, die sich hinsichtlich ihrer Komplexität unterschieden.

2. Methode

Insgesamt nahmen 32 Versuchspersonen im Alter von 18-30 Jahren an der Studie teil. Die Probanden wurden gleichmäßig und zufällig auf die Versuchsbedingungen aufgeteilt (siehe unten). Alle Teilnehmer hatten normale oder korrigierte Sehkraft und vor Beginn der Experimente wurde sichergestellt, dass Stereosehen möglich ist.

Die Aufgaben wurden stereoskopisch mittels einer VR-Brille (NVIS, nVisor ST50) präsentiert. Durch die Darbietung von disparaten Bildern konnte ein starker Eindruck von räumlicher Tiefe erzeugt werden. Insgesamt wurden zwei Experimente (A und B) durchgeführt, die wiederum jeweils aus Doppelaufgaben bestanden (siehe Abbildung 1). In Experiment A wurde eine Vigilanzaufgabe mit einer visuellen Suchaufgabe kombiniert. Experiment B bestand aus einer Vigilanz- und einer Wahlreaktionsaufgabe. Die Vigilanzaufgabe war in beiden Experimenten gleich (vgl. Mackworth 1948). Im peripheren Bereich des Sichtfeldes waren graue Kugeln kreisförmig angeordnet. Im Uhrzeigersinn änderte kontinuierlich eine Kugel ihre Farbe (grün). Die Versuchspersonen sollten mit einem Tastendruck reagieren, sobald dabei eine Position übersprungen wurde. Im zentralen Bereich des Sichtfeldes wurden in Experiment A zudem an vier Positionen Buchstaben eingeblendet. In jedem Versuchsdurchgang war ein H oder U in dieser Suchanordnung zu sehen. Die Probanden sollten mittels Tastendruckes die Identität des Zielreizes angeben. In Experiment B erschien statt der Buchstaben eine Kugel im zentralen Bereich des Sichtfeldes. Die Versuchspersonen sollten per Tastendruck entscheiden, ob die Kugel ein- oder zweimal eingeblendet wurde (siehe Abbildung 1).

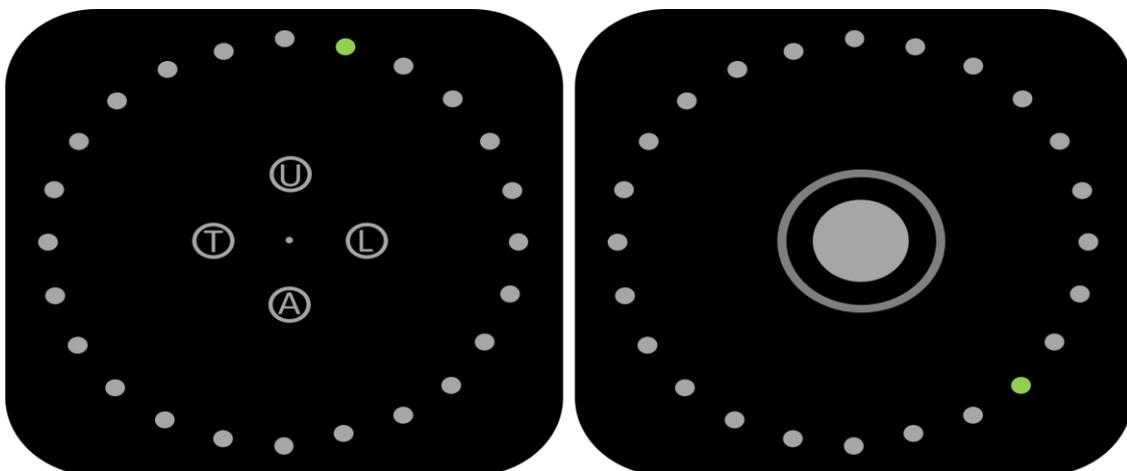


Abbildung 1: Darstellung der Aufgaben in Experiment A (links; Visuelle Suche + Vigilanzaufgabe) und Experiment B (rechts; Wahlreaktionsaufgabe + Vigilanzaufgabe).

In beiden Experimenten mussten die Aufgabenteile jeweils einzeln oder als Doppelaufgabe bearbeitet werden. Die Position im 3D Raum wurde dabei so variiert, dass die Darstellung der Aufgaben in zwei Tiefenebene erfolgte (vorne und hinten). Zudem wurde das (räumliche) Verhältnis der Aufgaben zueinander im Laufe der Experimente verändert. Das heißt, die Aufgaben wurden entweder in der gleichen Tiefenebene präsentiert (vorne oder hinten) oder in unterschiedlichen (vorne-hinten; hinten-vorne). Die Reihenfolge der Versuchsbedingungen war randomisiert.

Für die Güte der Bearbeitung der Vigilanzaufgabe wurden der Sensitivitätsindex d' (für Details siehe, z.B. Macmillan & Creelman 1991) sowie die durchschnittlichen Reaktionszeiten für jede Versuchsperson ermittelt. Für die visuellen Suchaufgabe und die Wahlreaktionsaufgabe wurden die durchschnittlichen Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten in jeder Versuchsbedingung bestimmt. Um den Einfluss der unterschiedlichen räumlichen Verhältnisse der Aufgaben auf die Leistung darzustellen, wurden die „Kosten“ für die Bearbeitung der Doppelaufgabe bestimmt. Zu diesem Zweck wurden die Differenz (Δ) zwischen den beobachteten Werten bei einzelner Bearbeitung und den entsprechenden Werten aus den Doppelaufgaben gebildet. Positive Werte bei Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeit bedeuten folglich, dass Doppelaufgaben mit längeren Bearbeitungszeiten bzw. mehr Fehlern einhergehen. Beim Sensitivitätsindex d' hingegen zeigen negative Werte einen Rückgang der Leistung an. Die resultierenden Werte wurden sodann varianzanalytisch ausgewertet.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in zwei Abschnitten dargestellt. Zunächst werden die Befunde der visuellen Suchaufgabe (Experiment A) und der Wahlreaktionsaufgabe (Experiment B) betrachtet. Darauf folgt die Darstellung der Ergebnisse aus der Vigilanzaufgabe (Experiment A und B). Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der beiden Teilexperimente findet sich in Tabelle 1.

3.1 Visuelle Suchaufgabe und Wahlreaktion

Insgesamt machten die Versuchspersonen in beiden Aufgaben wenig Fehler (~2,5%). Dies gilt sowohl bei einzelner Bearbeitung als auch bei Durchführung der Doppelaufgaben. Dennoch zeigte sich eine leichte Steigerung der Fehlerhäufigkeiten bei den Doppelaufgaben, wobei kein Unterschied zwischen visueller Suche und Wahlreaktionsaufgabe festgestellt werden konnte ($F_{1,30} = 0.77$, $p = .38$, $\eta_G^2 = 0.013$). Der Anstieg der Fehlerhäufigkeit bei Ausführung der Doppelaufgabe war insgesamt etwas geringer, wenn die Suchanordnung in der nahen Position (vorne) präsentiert wurde ($F_{1,30} = 7.14$, $p = .012$, $\eta_G^2 = 0.038$). Dies war jedoch unabhängig von der Tiefenebene der Vigilanzaufgabe (vorne/hinten; $F_{1,30} = 0.05$, $p = .82$, $\eta_G^2 < 0.001$).

Hinsichtlich der Reaktionszeiten ergaben sich ebenfalls Kosten, wenn Doppelaufgaben bearbeitet wurden. Die Bearbeitungszeiten beider Aufgaben verlängerten sich unter diesen Bedingungen etwa gleichmäßig ($F_{1,30} = 2.41$, $p = .13$, $\eta_G^2 = 0.048$). Die Analyse der Daten deutet einzig auf eine bedeutsame Interaktion von Tiefenposition und dem (räumlichen) Verhältnis (gleich/unterschiedlich) zur Vigilanzaufgabe hin ($F_{1,30} = 4.71$, $p = .04$, $\eta_G^2 = 0.018$). Folglich hat die Anordnung der Aufgaben unterschiedliche Effekte je nachdem ob sie vorne oder hinten dargeboten wurden.

3.2 Vigilanzaufgabe

Wenn die Vigilanzaufgabe separat durchgeführt wurde, waren die Versuchspersonen sehr sensitiv für die Detektion der kritischen Ereignisse ($d' > 4$). Bei Ausführung der Doppelaufgabe nahm die Sensitivität in beiden Experimenten deutlich ab. Tatsächlich war der Leistungseinbruch jedoch stärker ausgeprägt, wenn parallel zur Vigilanzaufgabe die visuelle Suche ausgeführt wurde ($F_{1,30} = 16.07$, $p < .001$, $\eta_G^2 = 0.211$). Darüber hinaus zeigten sich keine statistisch bedeutsamen Auswirkungen auf die Güte der Bearbeitung.

Auch stiegen die Reaktionszeiten bei der Bearbeitung der Vigilanzaufgabe deutlich an, wenn diese als Doppelaufgaben ausgeführt wurde. Diese Kosten der Doppelaufgabe waren größer, wenn gleichzeitig die Wahlreaktionsaufgabe bearbeitet wurde ($F_{1,30} = 14.77$, $p < .001$, $\eta_G^2 = 0.227$). Die Darstellung in unterschiedlichen Tiefenebenen sowie das Verhältnis zur zweiten Aufgabe hatten keinen weiteren Einfluss auf den Anstieg der Reaktionszeiten.

Tabelle 1: Darstellung der Ergebnisse aus Experiment A und B. Zahlen in Klammern geben die Standardabweichung an.

Experiment A	Visuelle Suche		Vigilanzaufgabe	
Versuchsbedingung	Δ Reaktionszeiten (ms)	Δ Fehlerhäufigkeit	Δ Reaktionszeiten (ms)	$\Delta d'$
Visuelle Suche vorne – Vigilanzaufgaben hinten	151 (117)	1.56 (3.63)	130 (91)	-2.07 (0.95)
Visuelle Suche vorne – Vigilanzaufgaben vorne	188 (91)	2.04 (1.19)	111 (68)	-1.90 (0.52)
Visuelle Suche hinten – Vigilanzaufgaben vorne	140 (105)	2.56 (2.22)	115 (84)	-1.95 (0.58)
Visuelle Suche hinten – Vigilanzaufgaben hinten	104 (113)	2.19 (2.40)	103 (87)	-1.95 (0.98)
	Wahlreaktionsaufgabe		Vigilanzaufgabe	
Experiment B	Δ Reaktionszeiten (ms)	Δ Fehlerhäufigkeit	Δ Reaktionszeiten (ms)	$\Delta d'$
Wahlreaktionsaufgabe vorne – Vigilanzaufgaben hinten	86 (109)	1.38 (1.89)	173 (71)	-1.03 (0.71)
Wahlreaktionsaufgabe vorne – Vigilanzaufgaben vorne	111 (123)	2.56 (2.71)	198 (54)	-1.31 (0.63)
Wahlreaktionsaufgabe hinten – Vigilanzaufgaben vorne	105 (109)	3.25 (2.24)	205 (41)	-1.32 (0.60)
Wahlreaktionsaufgabe hinten – Vigilanzaufgaben hinten	87 (116)	2.5 (2.16)	189 (70)	-1.09 (1.06)

4. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen kein klares Muster hinsichtlich der Modulation von Doppelaufgaben durch Präsentation im virtuellen 3D Raum. Insbesondere konnte kein genereller Vorteil durch die räumliche Trennung der jeweiligen Aufgaben fest-

gestellt werden. Allerdings ist im Ergebnismuster durchaus erkennbar, dass die Anordnung der Aufgaben verhaltensrelevant sein kann. Beispielsweise variierten die mit den Doppelaufgaben verbundenen Kosten in Abhängigkeit von der Tiefenebene, in der die Aufgaben dargestellt wurden. So nahm die Fehleranzahl weniger stark zu, wenn die visuelle Suchaufgabe oder die Wahlreaktionsaufgabe in der nahen Tiefenebene (d.h. vorne) durchgeführt wurden.

Wie bereits in vorherigen Studien gezeigt (Plewan & Rinkenauer 2016, 2017, 2018, 2019), kann Tiefeninformation genutzt werden um Aufmerksamkeitsprozesse zu steuern oder zu regulieren. Offenbar führte die Darbietung der einzelnen Aufgabenteile jedoch nicht zu einer konsistenten Leistungssteigerung. Möglicherweise waren andere Aspekte der Darstellung bzw. Aufgabenstellung dominanter, so dass die Variation der Tiefenebene nicht vollends zum Tragen kommen konnte. Die Ergebnisse deuten zum Beispiel darauf hin, dass die Teilaufgaben von den Probanden unterschiedlich priorisiert wurden (Jansen et al. 2016). Zwar hatten die Versuchspersonen die Instruktion die Aufgaben gleichermaßen zu beachten, jedoch deutet der massive Abfall der Sensitivität an, dass die Vigilanzaufgabe vernachlässigt wurde, wenn gleichzeitig eine zweite Aufgabe ausgeführt wurde. Dies könnte mit der Anordnung bzw. Organisation der Aufgaben im Zusammenhang stehen. Die Vigilanzaufgabe wurde stets in der Peripherie des Sichtfeldes gezeigt und offenbar richteten die Probanden ihre Aufmerksamkeit verstärkt auf die zentral dargebotene Aufgabe (Visuelle Suche und Wahlreaktion).

Zudem waren die Aufgaben in ihrer Art ohnehin unähnlich und haben somit möglicherweise andere Verarbeitungsressourcen in Anspruch genommen (Wickens and McCarley 2008). Folglich hätte eine weitere Trennung der Aufgaben (kognitiv oder räumlich) gar nicht das Potential eine Leistungssteigerung zu induzieren. Des Weiteren deuten die durchgängig guten Leistungen der Probanden darauf hin, dass die Aufgaben insgesamt als einfach einzustufen sind. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass die kognitiven Ressourcen gar nicht vollends ausgeschöpft waren. Ausblickend scheint es also wichtig die Rolle von Doppelaufgaben im (virtuellen) 3D Raum weiter zu beleuchten, wobei insbesondere Aspekte wie Aufgabenschwierigkeit sowie auch die allgemeine Reizanordnung berücksichtigt werden müssen.

6. Literatur

- Chunharas C, Rademaker RL, Sprague TC, Brady TF, Serences JT (2019) Separating memoranda in depth increases visual working memory performance. *Journal of Vision* 19:4–4.
- Jansen RJ, Egmond R van, Ridder H de (2016) Task Prioritization in Dual-Tasking: Instructions versus Preferences. *PLOS ONE* 11: e0158511.
- Lavie N, Hirst A, de Fockert JW, Viding E (2004) Load theory of selective attention and cognitive control. *J Exp Psychol Gen* 133:339–354.
- Mackworth NH (1948) The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 1:6–21.
- Macmillan NA, Creelman CD (1991) *Detection theory: A user's guide*. Cambridge University Press, Cambridge
- Plewan T, Rinkenauer G (2016) Fast and forceful: Modulation of response activation induced by shifts of perceived depth in virtual 3D space. *Front Psychol* 7:1939.
- Plewan T, Rinkenauer G (2017) Simple reaction time and size–distance integration in virtual 3D space. *Psychological Research* 81:653–663.
- Plewan T, Rinkenauer G (2018) The influence of relevant and irrelevant stereoscopic depth cues: Depth information does not always capture attention. *Atten Percept Psychophys* 80:1996–2007.
- Plewan T, Rinkenauer G (2019) Allocation of attention in 3D space is adaptively modulated by relative position of target and distractor stimuli. *Atten Percept Psychophys*.

Renner RS, Velichkovsky BM, Helmert JR (2013) The Perception of Egocentric Distances in Virtual Environments - A Review. *ACM Comput Surv* 46:23:1–23:40.
Wickens CD, McCarley JS (2008) *Applied Attention Theory*. CRC Press, Boca Raton
Xu Y, Nakayama K (2007) Visual short-term memory benefit for objects on different 3-D surfaces. *Journal of Experimental Psychology: General* 136:653

Danksagung: Diese Forschung wurde unterstützt durch das *Leistungszentrum Logistik und IT* gefördert durch das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Luisa Lau und Frau Melanie Richter für die Unterstützung bei der Datenerhebung.



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 · www.internetkundenservice.de