

Assistenztechnologien zur Verringerung kognitiver Belastung

Lewis CHUANG

*Institut für Informatik, Ludwig-Maximilians-Universität München
Frauenlobstraße 3, D-80337 München*

Kurzfassung: Die schnelle Verbreitung digitaler Technologien in unserem Alltag und am Arbeitsplatz stellt uns Werkzeugen zur Verfügung, die den kognitiven Aufwand bei der Erfüllung alltäglicher Aufgaben reduzieren. Dies ermöglicht es mehr Menschen, Leistungen, die über ihre angeborenen Fähigkeiten und Kenntnisse gehen, zu erbringen. Im Beitrag werden Beispiele aus den Bereichen Fahrzeugautomation, angeleitete Montage sowie tragbare Displays vorgestellt, um zu zeigen, wie Technologie (situative) Behinderung ausgleichen kann. Weiterhin wird diskutiert, wie impliziten Messmethoden (z.B. EEG/ERP, Eyetracking) eingesetzt werden, um zu erfassen, inwieweit solche Technologien die kognitive Arbeitsbelastung reduzieren. Abschließend gehe ich darauf ein, wie solche Erkenntnisse zur Gestaltung von Technologien beitragen.

Schlüsselwörter: EEG/ERP, Blickbewegungsmessung, kognitive Belastung

1. Einleitung

Seit alters her entwickelt und nutzt der Mensch Werkzeuge, mit dem Ziel die Arbeitseffizienz zu erhöhen: mit so wenig Ressourcen wie möglich soll so viel als möglich erreicht werden. Dadurch sind wir in vielen Fällen in der Lage, über die natürlichen Grenzen des menschlichen Körpers und Geistes hinausgehen. So erlaubt der Spaten, mehr Erde umzugraben und zu heben, als es mit den bloßen Händen möglich wäre, während Stift und Papier es uns ermöglichen, Informationen effizienter aufzuzeichnen und zu nutzen, als wir es allein auf Basis unseres Gedächtnisses könnten.

Die jüngsten Fortschritte in der Digitalisierung haben den Schwerpunkt von der Entwicklung von Technologien, die unsere physische Arbeitsbelastung reduzieren, auf die Erleichterung unserer kognitiven Arbeitsbelastung verlagert. Die zunehmende Automatisierung des Personenkraftwagens (PKW) bedeutet, dass es weniger Interesse an der Verbesserung physikalischer Aspekte wie Leistung, Geschwindigkeit und Beschleunigung gibt. Stattdessen liegt der Schwerpunkt mehr auf den "kognitiven" Aspekten eines Fahrzeugs, wie z.B. der Fähigkeit, die Fahrspuren zu "sehen", Hindernisse zu "erkennen", Routen zu "planen" und mehr. Künstliche Intelligenz in Maschinen setzt kognitive Ressourcen des Menschen frei, die sonst zur Kontrolle und Interaktion mit der Maschine benötigt würden und reduziert so die Arbeitsbelastung der Nutzer. Dies führt unter anderem zu einer verbesserten Zugänglichkeit, so zum Beispiel für Personen mit begrenzten kognitiven Fähigkeiten oder Ressourcen, welche nun in der Lage sind, Technologien zu nutzen, die ihnen bisher vorbehalten waren. Weiterhin kann diese Entwicklung zu einer sichereren Arbeitsumgebung führen, indem die Wahrscheinlichkeit von Fehlern aufgrund von geistiger Ermüdung verringert wird.

Viele Maschinen könnten so konzipiert werden, dass sie die Funktion des Menschen komplett ersetzen und damit die Arbeitsbelastung für den Nutzer ganz entfällt. Oft gibt es jedoch Gründe, dies nicht zu tun. Zum einen sind Maschinen nicht immer ausreichend zuverlässig, könnten aber dennoch unter menschlicher Aufsicht effektiv eingesetzt werden. Dies gilt derzeit für automatisierte Fahrzeuge. Während automatisierte Fahrzeuge unter bestimmten Bedingungen zuverlässig sind, benötigen sie bei unvorhersehbaren Ereignissen weiterhin menschliche Aufsicht. Weiterhin könnte der Mensch Freude an der Arbeit selbst haben. In solchen Fällen sollte die Technologie dazu dienen, unerwünschte kognitive Anforderungen der Arbeit zu beseitigen und gleichzeitig die Nutzer in Aspekte der Arbeit einzubeziehen, die ihnen weiterhin Freude bereiten. Daher ist es sinnvoll, zu überlegen, wie die Technologie so gestaltet werden kann, dass sie den Nutzer unterstützt und nicht vollständig ersetzt.

2. Assistive Technologien zur Verringerung von kognitiver Belastung

In diesem Abschnitt bespreche ich drei Beispiele aus meiner eigenen Arbeit, die sich mit der Frage beschäftigen, wie bestimmte Technologien zur Verringerung von Stress und kognitiver Belastung beitragen können. Erstens diskutiere ich, wie integrierte Anzeigen in Flugzeugen Piloten dabei unterstützen können, Informationen über verschiedene Instrumente hinweg effizient und koordiniert aufzunehmen (Allsop et al., 2017). Zweitens erläutere ich, wie akustische Benachrichtigungen so gestaltet werden können, dass sie verschiedene Ebenen des Situationsbewusstseins im Kontext des automatisierten Fahrens unterstützen (Glatz et al., 2018). Schließlich diskutiere ich, wie erweiterte/augmentierte Realität (AR) in einer Fabrikumgebung genutzt werden kann, um die Belastung des Arbeitsgedächtnisses beim Erinnern von Montageanweisungen zu reduzieren (Kosch et al., 2018).

2.1 Ersetzen unifunktionaler Instrumente anzeigen durch integrierte Alternativen

Piloten müssen oft mehrere räumlich getrennte Instrumente überwachen, um verschiedene Informationen (z.B. Fluggeschwindigkeit, Höhe) über den Status eines Flugzeugs zu integrieren und ein Verständnis für die aktuelle Flugsituation zu entwickeln. Getrennte Instrumente waren früher notwendig, als solche Systeme noch analog und mechanisch mit den Sensoren des Flugzeugs verbunden waren. Im Gegensatz dazu sind heutige digitale Anzeigen nicht länger von dieser mechanischen Einschränkung betroffen und können so gestaltet werden, dass verschiedene getrennte Informationen in einer gemeinsamen Anzeige integriert werden. Dennoch ist nicht sofort klar, ob dies zur Verringerung der kognitiven Anforderungen an den Piloten führt. So könnte man vermuten, dass integrierte Anzeigen unter Umständen unübersichtlicher sind. Wir haben mit Hilfe von Blickbewegungsverfolgung untersucht, wie Augenbewegungen beim Betrachten einer traditionellen Anzeige bestehend aus einzelnen Instrumenten durch subjektive Ängste und die Belastung des Arbeitsgedächtnisses beeinflusst werden (Allsop et al., 2017). Wir stellten fest, dass Augenbewegungen über Instrumente hinweg zufälliger und unvorhersehbarer waren (d. h. eine höhere Entropie aufwies), wenn unsere Teilnehmer ein hohes Maß an Angst empfanden, aber nur dann, wenn sie bei der Landung eines Starrflügelflugzeugs in einem Flugsimulator zusätzlich eine akustische Arbeitsgedächtnisaufgabe mit hoher kognitiver Belastung ausführen mussten. Dies weist auf einen potenziellen Vorteil integrierter Anzeigen hin: sie beseitigen die Notwendigkeit der Augenbewegungsplanung über einzelne Instrumente

hinweg. Diese ist besonders anfällig in Situationen, in denen ein Pilot sich ängstlich fühlt sowie einer hohen Arbeitsgedächtnisbelastung ausgesetzt ist.

2.2 Akustische Benachrichtigungen und Situationsbewusstsein

Akustische Benachrichtigungen werden in Fahrzeugcockpits sehr häufig eingesetzt, weil sie das Situationsbewusstsein des Fahrers unterstützen, ohne die visuelle Aufmerksamkeit des Fahrers von der Fahraufgabe abzulenken. Es herrscht kein Konsens darüber, was eine optimale akustische Benachrichtigung ausmacht, obwohl es verschiedene Richtlinien und Empfehlungen gibt (Nees & Walker, 2011). Insbesondere ist unklar, ob entweder Sprachbefehle oder abstrakte akustische Signale, sogenannte akustische Icons oder Earcons, die Aufmerksamkeit des Fahrers besser auf sich lenken. Wir haben auditive Benachrichtigungen untersucht, die explizit für das Aufgabenmanagement im Fahrzeug konzipiert wurden (Krupenia et al., 2014). Eine frühere Auswertung ergab schnellere und genauere Reaktionen auf Sprachbefehle (Fagerlöhn et al. 2015). Mit Hilfe von EEG/ERP-Techniken fanden wir heraus, dass Sprachbefehle früher starke Modulationen im EEG aufwiesen als Earcons (236-304 ms vs. 352-468 ms). Dies deutet darauf hin, dass die verschiedenen Arten von Benachrichtigungen einen bevorzugten Zugang zu verschiedenen kognitiven Prozessen haben. Tatsächlich ist die frühere ERP-Komponente (d. h. P2) typischerweise mit einer Zielhintergrunddiskriminierung verbunden, während die spätere ERP-Komponente (d. h. P3b) typischerweise mit einer Kontextaktualisierung verbunden ist (Picton, 2010). Mit anderen Worten, es ist angemessener, Sprachbefehle als eher diskriminierende Benachrichtigungen und auditive Symbole als repräsentative Benachrichtigungen zu beschreiben. Im Rahmen der Theorie des Situationsbewusstseins von Endsley (1995) können verbale Benachrichtigungen als besser geeignet angesehen werden, um Situationsbewusstsein der Stufe 1 zu unterstützen. Dies hilft Fahrer das Auftreten eines kritischen Ereignisses zu erkennen. Earcons dagegen könnten besser geeignet sein, den Kontext der Fahrsituation zu verstehen.

2.3 Augmentierte Realität zur Unterstützung von manuellen Montageaufgaben

In einem weiteren Projekt haben wir mit Hilfe von EEG untersucht, wie effektiv augmentierte Realität an Montagearbeitsplätzen ist, um Arbeitern zeitnahe unterstützende Anweisungen zu geben (Funk & Schmidt, 2015). Montagearbeiter müssen beim Zusammenbau ständig zwischen verschiedenen Objektteilen unterscheiden können und diese in einer vorgegebenen Reihenfolge zusammenbauen. Dies erfordert Wissen aus dem Langzeitgedächtnis und die Fähigkeit, diese Informationen abzurufen. Alternativ kann ein Projektionsdisplay verwendet werden, um diese Informationen dem Arbeiter direkt anzuzeigen. Solche In-Situ-Displays unterstützen die Arbeiter, indem sie die Menge der Informationen, die sie abrufen und im Arbeitsgedächtnis halten müssen, reduzieren. Tatsächlich führen In-situ-Displays im Vergleich zu herkömmlichen Methoden (z. B. Papieranleitungen) durchweg zu einer schnelleren Montageleistung und werden subjektiv präferiert. Wir haben EEG-Messungen durchgeführt um festzustellen, ob diese assistive Technologie tatsächlich das Arbeitsgedächtnis unterstützt (Kosch et al., 2018). Zunächst identifizierten wir die EEG-Frequenzbandbreite, die bei der Ausführung einer visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisaufgabe durch die Teilnehmer beeinträchtigt wurde; diese Bandbreite variierte im 10-Hz-Bereich. Als nächstes bestätigten wir, dass die EEG-Leistung bei gleicher Bandbreite größer war, wenn die Teilnehmer unsere In-situ-Anzeige verwendeten, als wenn sie sie nicht verwendeten. Dies

deutet darauf hin, dass die In-situ-Anzeige die Belastung des Arbeitsgedächtnisses für visuell-räumliche Objekte reduzierte.

3. Diskussion

Im vorliegenden Beitrag diskutierte ich drei Beispiele dafür, wie Technologien in verschiedenen Bereichen die kognitive Arbeitsbelastung der Nutzer unterstützen können, ohne die Nutzer zu ersetzen. Es ist erwähnenswert, dass wir in diesen Studien implizite Maßnahmen wie Blickbewegungsmessungen und EEG/ERP eingesetzt haben. Diese Methoden ermöglichen uns im Gegensatz zur Verhaltens- und subjektiven Maßen, wie Reaktionszeiten und Fragebögen, eine direktere Messung des Einflusses dieser Technologien auf kognitive Prozesse, während diese ablaufen. So kann die Auswirkung verschiedener technologischer Interventionen beobachtet werden, ohne dass die Interaktion zwischen Mensch und Maschine unterbrochen werden muss. Diese Art von impliziten Messverfahren wird zunehmend wichtiger werden, insbesondere in Situationen, in denen vom Nutzer naturgemäß kein explizites Antwortverhalten verlangt werden kann. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn vom Nutzer lediglich die Überwachung automatisierter Vorgänge verlangt wird. Angesichts der Fortschritte bei diesen Messtechniken ist es plausibel, dass sich technologische Systeme in Zukunft auf diese Messungen stützen könnten, um adaptiv und in Echtzeit auf den Nutzer einzugehen und auf die aktuelle kognitive Arbeitsbelastung zu reagieren. Sie könnten ihre Unterstützungsleistung so anpassen, dass nicht nur kognitive Überlastung minimiert wird, sondern vielleicht sogar die Unterstützung ausgesetzt wird, um Langeweile des Nutzers zu vermeiden.

4. Literatur

- Allsop J, Gray R, Bülthoff HH, Chuang L (2017) Eye movement planning on Single-Sensor-Single-Indicator displays is vulnerable to user anxiety and cognitive load. *J Eye Movement Research* 10: 8-1.
- Endsley MR (1995) Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*: 37: 65-84.
- Fagerlönn J, Lindberg S, Sirkka A (2015) Combined auditory warnings for driving-related information. *Proceedings of the Audio Mostly 2015 on Interaction with Sound*, 1-5.
- Funk M, Schmidt A (2015) Cognitive assistance in the workplace. *IEEE Pervasive Computing* 14:53-55.
- Glatz C, Krupenia SS, Bülthoff HH, Chuang LL (2018) Use the right sound for the right job: verbal commands and auditory icons for a task-management system favor different information processes in the brain. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*: 1-13.
- Kosch T, Funk M, Schmidt A, Chuang LL (2018) Identifying cognitive assistance with mobile electroencephalography: A case study with in-situ projections for manual assembly. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 2: 1-20.
- Krupenia S, Selmarker A, Fagerlönn J, Delsing K, Jansson A, Sandblad B, Grane C (2014) The 'Methods for Designing Future Autonomous Systems' (MODAS) project: Developing the cab for a highly autonomous truck. *Advances in human aspects of transportation: Part II* 8: 70.
- Nees MA, Walker BN (2011) Auditory displays for in-vehicle technologies. *Reviews of Human Factors and Ergonomics* 7: 58-99.
- Picton TW (2010) *Human auditory evoked potentials*. Plural Publishing.



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