



Komplexität & Lernen

Liebe Leserin, Lieber Leser,

Der Smalltalk in Zoom-Meetings, in denen noch nicht alle Teilnehmer*innen „eingetroffen“ oder „den Raum betreten haben“ startet derzeit häufig mit der Frage „Und, bist Du schon geimpft?“, gefolgt von „Einmal oder Zweimal?“. Die dritte Frage lautet dann „Und, mit was?“, bevor dann „Wie stark waren denn die Nebenwirkungen?“ abgefragt wird. Die Einstiegsthemen in Zoom-Meetings passen sich auf diese Art dem Corona-Pandemieverlauf flexibel an. Noch einige Wochen zuvor hat man sich darüber unterhalten, ob die eigenen Eltern in der Prio-Gruppe 1 oder 2 sind, und wie froh man ist, dass die Eltern nun erstmal geschützt(-er) sind. Davor haben wir uns noch darüber unterhalten, ob man – wenn denn der Impfstoff verfügbar wäre – sich denn impfen lassen würde. Davor wiederum hat man sich darüber unterhalten, ob man die Corona-Warn-App installiert habe, und welche Fitnessgeräte man sich für Zuhause zugelegt hat.

Die Bewältigung einer Pandemie ist ein „Musterbeispiel“ für ein komplexes Problem, mit seinen Charakteristika von Eigendynamik (das Virus mutiert in aggressivere Varianten während wir denken, dass wir jetzt einigermaßen damit umgehen könnten), Intransparenz (das genaue Infektionsgeschehen und das wer, wann, wo, und wieso des Ansteckens sind nicht ganz genau nachzuverfolgen), Vernetzung (z.B. bei der Impfstoffproduktion und ihrer Logistikketten, und die Gefahr, dass diese „abreißen“ macht vielen erst deutlich wo viele Produkte eigentlich herkommen) und die Vielzahl der Ziele (man muss Pandemie-Eindämmungsziele, Infektionsschutzziele, Arbeitsmarktziele, Bildungsziele, kulturelle Ziele, Freiheitsrechte, Grundrechte, Unversehrtheitsrechte und viele weitere ausbalancieren). Die Fußball EM 2020 hat nun ihre eigenen Ziele hinzugefügt – und man erschreckt sich schon fast aufgrund des Lärmpegels, den man von den „Geisterspielen“ gar nicht mehr gewohnt ist.

Der Frühling und frühe Sommer endet nun und die Begriffe wie „Virusmutationsgebiet“, „Hochinzidenzgebiet“ oder „Risikogebiet“ werden langsam – wahrscheinlich vorübergehend – aus den Gesprächswortschätzen verdrängt. Aber wie das mit der Komplexität nun mal so ist – das Virus kann uns nicht hören und mutiert einfach weiter.

Also dann bin ich mal gespannt wie es mit der Pandemie nach der EM weiter geht – das interessiert mich tatsächlich mehr als die Frage, wer gewinnt.

Einen schönen Sommer Ihnen allen!

Annette Kluge & das gesamte Wips Team

Aus der Forschung für die Praxis

Mensch und künstliche Intelligenz gemeinsam in der Metropole Ruhr- mit Beteiligung des Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- & Wirtschaftspsychologie

SecHuman – Schöne neue Welt: Sicherheit für Menschen im Cyberspace

Aus der Praxis

„Augmented und Virtual Reality“ und die Konsequenzen für Human Factors in der militärischen Luftfahrt – Die Entwicklung von Weltkrieg II Zieleinrichtungen bis hin zum hochmodernen Helmvisier in der militärischen Luftfahrt (Teil 2)
Helmut Blaschke

Veröffentlichungen aus dem Lehrstuhl

Unintended Detrimental Effects of the Combination of Several Safety Measures—When More Is Not Always More Effective
Brandhorst, S., & Kluge, A.

The effectiveness of virtual safety training in work at heights: A literature review
Rey-Becerra, E., Barrero, L. H., Ellegast, R., & Kluge, A.

Aus der Forschung für die Praxis

Neues Kompetenzzentrum gestartet: Mensch und künstliche Intelligenz gemeinsam in der Metropole Ruhr- mit Beteiligung des Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- & Wirtschaftspsychologie

humAINE

HUMAN CENTERED AI NETWORK

Mit einer millionenschweren Förderung vom Bundesforschungsministerium stellen Partner aus Forschung, Industrie und Transfer im Ruhrgebiet die Weichen für die Arbeitswelt von morgen.

Damit künstliche Intelligenz (KI) die menschliche Arbeit in der Metropole Ruhr künftig noch besser unterstützen kann, startet im April 2021 ein neues Verbundprojekt. Forscherinnen und Forscher erarbeiten darin gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Transfer Methoden, um die KI-Entwicklung konkret an den Fähigkeiten und Bedarfen der Nutzerinnen und Nutzer auszurichten. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das Vorhaben mit dem Titel „Kompetenzzentrum HUMAINE – Transfer-Hub der Metropole Ruhr für die humanzentrierte Arbeit mit KI“ im Rahmen des Förderschwerpunkts „Zukunft der Arbeit: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ mit rund 8 Millionen Euro für zunächst vier Jahre. Die Ruhr-Universität Bochum koordiniert das Vorhaben, an dem aus der Wissenschaft außerdem die Universität Duisburg-Essen und die Bochumer Hochschule für Gesundheit beteiligt sind.

Informationen zu Humaine finden Sie unter <http://www.apf.ruhr-uni-bochum.de/aup/forschung/projekte/humaine.html>

Mehr Akzeptanz für KI schaffen

Das Projekt bringt Forscherinnen und Forscher aus der Arbeitswissenschaft, der Neuroinformatik, der Ingenieurwissenschaft, Psychologie und Sozialwissenschaft mit Akteur*innen aus diversen mittelständischen Unternehmen sowie Transferspezialist*innen im Ruhrgebiet zusammen.

Ihr Ziel ist es, Methoden für die Entwicklung künstlicher Intelligenz zu erarbeiten, mit denen die Algorithmen künftig für verschiedene Anwendungsfelder in der Industrie, der Gesundheitswirtschaft und dem Versicherungswesen maßgeschneidert werden können, sodass sie den Menschen in ihrem Arbeitsalltag bestmöglich unterstützen.

„Viele Unternehmen haben Sorge, dass die Einführung von KI im Betrieb auf Ablehnung bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern stoßen könnte“, erklärt Prof. Dr. Uta Wilkens vom Institut für Arbeitswissenschaft, Projektkoordinatorin von HUMAINE. „Deshalb ist es wichtig, dass mithilfe von KI nachvollziehbare und verlässliche Lösungen entstehen, die den Menschen nicht infrage stellen, sondern Potenziale heben, die ohne diese Technik brachliegen würden.“

Arbeitsbedingungen für Menschen verbessern

Dabei geht es den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern nicht darum, die menschliche Intelligenz bestmöglich mit KI zu imitieren. Sie sehen menschliche und künstliche Intelligenz vielmehr als komplementär an und wollen die Andersartigkeit der KI nutzen, um Lebens- und Arbeitsbedingungen für den Menschen zu verbessern. Bislang werden KI-Algorithmen häufig von Informatiker*innen entwickelt, ohne dass diesen das Wissen über die konkreten Bedarfe einer Branche zur Verfügung steht. Daher beinhaltet das Projekt HUMAINE verschiedenartige Anwendungsszenarien, in denen KI-Spezialist*innen mit Praktiker*innen maßgeschneiderte Lösungen für konkrete Fälle entwickeln.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

„Ziel ist es, eine KI zu entwickeln, die mit dem Nutzer interagieren kann und die von ihm als willkommene Unterstützung wahrgenommen wird. Dazu gehört vor allem, dass der Nutzer die KI auf einer gewissen Ebene verstehen kann, was durch intuitive Visualisierungen erreicht werden soll, und die Kontrolle über die Vorgänge behält“, so Prof. Dr. Laurenz Wiskott vom Bochumer Institut für Neuroinformatik.

Verschiedene Anwendungsszenarien

In einem Szenario geht es etwa darum, Läsionen im Gehirn, die relevant für die Epilepsie-Therapie sind, anhand von Aufnahmen aus bildgebenden Verfahren computergestützt zu detektieren. In anderen Szenarien soll überprüft werden, ob künstliche Intelligenz beim Beurteilen von KFZ-Schäden für die Erstellung von Schadensgutachten helfen kann. Oder ob die Algorithmen Menschen in der Qualitätssicherung unterstützen können, Abweichungen im Stahl-Produktionsprozess zu finden. Ein weiteres Entwicklungsfeld richtet sich auf die Geschäftsmodellentwicklung für kundenindividuelle industrielle Services. Schließlich geht es auch um die Frage, wie KI die logopädische Behandlung von Sprach- und Sprechstörungen fördern könnte.

Aus den Anwendungsfällen will das HUMAINE-Team allgemeine Methoden zur menschenzentrierten KI-Entwicklung und-Organisationsgestaltung ableiten und auch Möglichkeiten aufzeigen, wie sich die Akzeptanz für KI in Betrieben steigern lässt. In Zukunft findet dabei auch ein Transfer auf weitere Anwendungsfelder wie beispielsweise das Orthopädiehandwerk oder die Bankenbranche statt.

Die Arbeitspakete des Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- & Wirtschaftspsychologie und Prof. in Corinna Peifer, Universität Lübeck

Von Annette Kluge

Sophie Berretta, Annette Kluge und Corinna Peifer forschen innerhalb von HUMAINE zur Entwicklung von Kriterien motivations-, identitäts- und vigilanzförderlicher Mensch-KI-Teaming Arbeitsplätze, zur Messung einer motivations- und wohlbefindensförderlichen Mensch-KI-Teaming Arbeitsgestaltung, zu den Methoden die einen Change Prozess bei der Einführung konstruktiv und partizipativ mit den zukünftigen Arbeitsplatzinhaber*innen unterstützen.

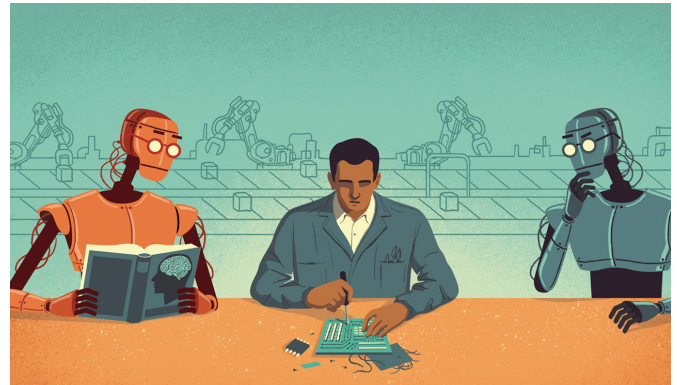


Abbildung aus: What can machine learning do? Workforce implications, Erik Brynjolfsson & Tom Mitchell, Science 22 Dec 2017: Vol. 358, Issue 6370, pp. 1530-1534, DOI: 10.1126/science.aap8062

Abbildung unter: <https://science.sciencemag.org/content/sci/358/6370/1530/F1.large.jpg?download=true>

Ein Forschungs- und Innovationsbedarf besteht bei der Einführung und Umstellung auf Mensch-KI-Teaming Arbeitsprozesse hinsichtlich: 1) der Entwicklung von Kriterien motivations-, identitäts- und vigilanzförderlicher Mensch-KI-Teaming Arbeitsplätze, 2) der Messung einer motivations- und wohlbefindensförderlichen Mensch-KI-Teaming Arbeitsgestaltung, 3) den Methoden die einen Change Prozess bei der Einführung konstruktiv und partizipativ mit den zukünftigen Arbeitsplatzinhaber*innen unterstützen. Entsprechend sind die Ziele und Beiträge zur Forschung die Bereitstellung

1. eines Kriterienkatalogs für motivations-, identitäts- und vigilanzförderliche Mensch-KI-Teaming Arbeitsplätze,
2. eines Messinstrument für die motivations-, identitäts- und vigilanzförderliche Mensch-KI-Teaming Arbeitsgestaltung,

Bei dem zu entwickelnden Messinstrument (Arbeitstitel: JOPI- Job Perceptions Inventory): handelt es sich um ein subjektives Teiltätigkeiten-Bewertungsinventar hinsichtlich dreier Aspekte (Motivation, Job Identität, Vigilanz). Es erfasst damit die subjektive Sicht der Arbeitsplatzinhabenden auf die eigene Tätigkeit vor der Einführung der KI und auch danach. Damit entsteht für den Einsatz im Kompetenzzentrum HUMAINE ein Messinstrument, das den Ist-Zustand der derzeitigen Tätigkeit erfassen kann, das die Ableitung von arbeitsplatzspezifischen Kriterien für die motivations-, identitäts- und vigilanzförderliche Gestaltung von KI (Soll-Zustand nach KI-Einführung) unterstützt, und

zudem zur Evaluation der neu gestalteten Arbeitsplätze nach KI-Einführung dient

3. einer Change-Toolbox, die für unterschiedliche Anwendungsfälle der KI-Einführung maßgeschneiderte Interventionen zum Erhalt bzw. zur Neugestaltung von Motivation, Job-Identität und Vigilanz anbietet.

Die zu entwickelnde Change-Toolbox (Arbeitstitel: JOCAT - Job Change Acceptance Toolbox) soll die Ergebnisse der Ist-Zustand-Analyse durch das in (2) dargestellte Messinstrument (Arbeitstitel JOPI) nutzen, was eine maßgeschneiderte Lösung für einen erfolgreichen Change Prozess bei der Einführung eines KI-Arbeitsplatzes für den konkreten Anwendungsfall ermöglicht. Ziel ist, je nach Ist-Zustand im Sinne eines Entscheidungsbaumes die passenden Change Methoden vorzuschlagen, die Motivation, Job Identität und Vigilanz erhalten und fördern.

Durch den Fokus auf Motivation und Job Identität berücksichtigen wir explizit die Bedürfnisse und Motive des Menschen in der Mensch-KI-Interaktion und fördern die Motivation der Nutzer*innen. Zudem wird ein Beitrag zur Arbeitssicherheit und Fehlervermeidung geleistet, indem der Lehrstuhl das Thema Vigilanz fokussiert, einen zentralen sicherheitsrelevanten Risikofaktor bei der Einführung von KI. Durch die partizipative Vorgehensweise bei der Methodentwicklung bezieht der Lehrstuhl den Menschen mit seinen Fähigkeiten und Potenzialen, Bedürfnissen und Motiven von vornherein mit ein. Es können durch den Methodeneinsatz Arbeitstätigkeiten im Zusammenspiel von Mensch und KI entwickelt werden, die der Kompetenzentwicklung dienen und eine hohe soziale Akzeptanz sichern.

Strukturwandel im Ruhrgebiet mitgestalten

„Der Strukturwandel im Ruhrgebiet ist in vollem Gange, mittlerweile zählt die Region zu einer der gründungsintensivsten Regionen im Bereich der Informationstechnologie Deutschlands“, sagt Uta Wilkens. „Mit HUMAINE wollen wir auch traditionellen Branchen die Chance geben, Wachstumsfelder durch neue Geschäftsmodelle zu erschließen, und so auch der innovativen Start-up-Szene eine Möglichkeit bieten, sich hier anzudocken.“



Abbildung: © ControlExpert GmbH, 2020

Nach dem Ende der Projektförderung soll das Kompetenzzentrum verstetigt werden, sodass KI-interessierte Unternehmen und auch Arbeitnehmervertretungen in der Ruhrregion dauerhaft eine Anlaufstelle haben werden. Das Kompetenzzentrum wird beraten, wie KI mitarbeitergerecht in die Arbeit integriert werden kann, und bei der technischen Entwicklung unterstützen. Es soll auf dem Gründer- und Technologiecampus Mark 51°7 in Bochum angesiedelt werden.

„HUMAINE ist ein hervorragender Katalysator für gemeinsame Innovationen zwischen etablierten Unternehmen, Start-ups und Hochschulen. Mit der Konzentration auf die Arbeitswelten passt das Projekt sehr gut zur übergeordneten Transferstrategie der RUB, die neben Technologiethemen auch den Wissenstransfer und die Weiterbildung umfasst“, so Prof. Dr. Andreas Ostendorf, Prorektor für Forschung, Transfer und wissenschaftlichen Nachwuchs der RUB.

Kick-Off Meeting des Kompetenzzentrums HUMAINE am 02.06.21

Am 02.06.21 feierte HUMAINE - Transfer-Hub der Metropole Ruhr für die humanzentrierte Arbeit mit KI (HUMAINE) dann im Rahmen des Kick-Offs seine offizielle Eröffnung. An dem virtuellen Austausch beteiligten sich fast 70 Personen rund um die 30 projektgeförderten Partner*innen aus Wissenschaft, Praxis und Transfer. Auch der Projektträger Karlsruhe (PTKA) begleitete den Auftakt.

Kooperationspartner

Partner aus der Wissenschaft:

- Ruhr-Universität Bochum
 - Institut für Arbeitswissenschaft (Prof. Dr. Uta Wilkens, Lehrstuhl Arbeit, Personal und Führung Projektkoordination)
 - Institut für Neuroinformatik
 - Lehrstuhl für Produktionssysteme
 - Institut für Kommunikationsakustik
 - Industrial Sales and Service Engineering
 - Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie
 - Gemeinsame Arbeitsstelle RUB/IGM
- Uni Duisburg-Essen
 - Institut Arbeit und Qualifikation
- Hochschule für Gesundheit

Partner aus Industrie und Transfer:

- SEEPEX GmbH (Bottrop)
- Universitätsklinikum Knappschafts-Krankenhaus Bochum-Langendreer
- Visus Health IT GmbH (Bochum)
- ETABO GmbH (Bochum)
- ControlExpert GmbH (Langenfeld)
- sentin GmbH (Bochum)
- BO-I-T (Bochum)
- MedEcon Ruhr (Bochum)
- Innomago GmbH (Münster)
- Think2 (Bochum)
- DEW Karrierewerkstatt Witten (Deutsche Edelstahlwerke)
- ruhrHUB (Essen)

Assoziierte Partner:

- MedEcon Telemedizin (Bochum)
- Kreishandwerkerschaft Ruhr (Bochum)
- GLS Bank (Bochum)
- Volkswagen Infotainment (Bochum)
- IG Metall – Ressort Zukunft der Arbeit (Frankfurt am Main)
- Metall NRW
- Handwerk NRW
- Bochum Wirtschaftsentwicklung (Bochum)
- Industrie und Handelskammer Mittleres Ruhrgebiet (Bochum)
- Worldfactory Start-up Center (Bochum)
- Wolf Strotmann Innovation (Bochum)

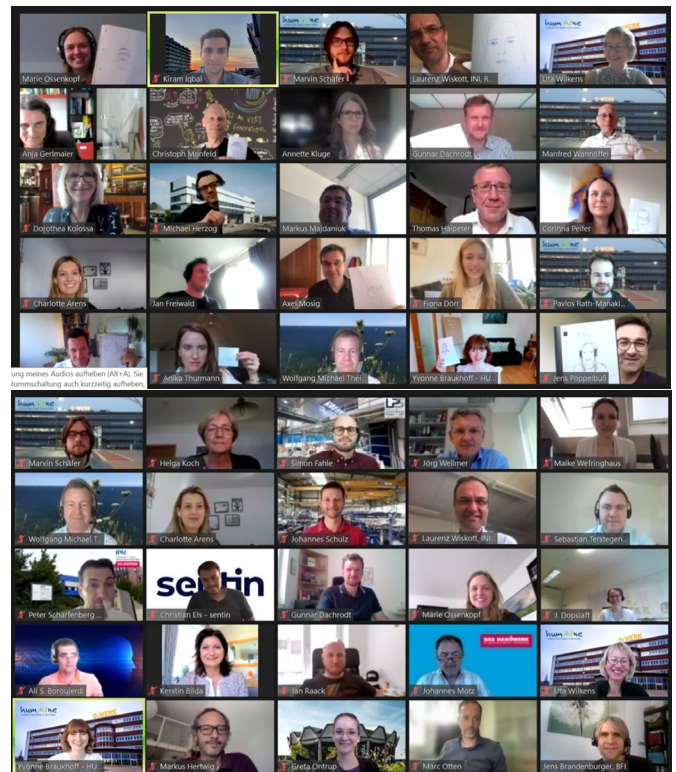


Abbildung: Virtueller Kick-Off am 1 und 2. Juni 2021

Die Projektleiterin Prof. Dr. Uta Wilkens hob die Verantwortung des Kompetenzzentrums HUMAINE für die Modernisierung der in der Metropole Ruhr angesiedelten Wirtschaft hervor und zeigte das Potenzial auf, das dabei durch eine humanzentrierte Integration von KI in Arbeitsprozesse für weiteres Unternehmenswachstum erschlossen werden kann. Ihr Kollege Prof. Dr. Laurenz Wiskott ging anschließend auf den Stand der Forschung und die Herausforderungen in der KI-Entwicklung ein. Ergänzend ordnete Jennifer Dopsloff vom PTKA das mit rund 8 Mio. Euro geförderte Vorhaben in die Gesamtförderlandschaft des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ein. HUMAINE ist innerhalb der Förderrichtlinie „Zukunft der Arbeit: Regionale Kompetenzzentren der Arbeitsforschung“ eines von vier deutschlandweit geförderten Kompetenzzentren mit dem Fokus auf Gestaltung neuer Arbeitsformen durch Künstliche Intelligenz.

Die sieben Pilotanwendungen des Projektes stellten sich im Rahmen von Poster pitches vor und loteten ihre Synergien aus. Sehr deutlich wurde der Bedarf an wissenschaftlicher Unterstützung gerade hinsichtlich der Arbeitsgestaltung und Beschäftigtenpartizipation. Zudem konstituierte sich der Gemeinsam beschlie-

ßende Ausschuss (GBA) aller projektbeteiligten Partner*innen, durch den ein kooperatives Miteinander im Gesamtkonsortium satzungsgemäß gesichert wird. Dem gelungenen Projektauftritt folgen nächste Schritte in der konkreten Methodenentwicklung in Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis, aber auch in der weiteren strategischen Ausrichtung des Kompetenzzentrums, an der das Projektkonsortium im September im Rahmen des Zukunftswshops arbeiten wird.

Förderung

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und For-

schung (BMBF, Förderkennzeichen 02L19C200) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung. Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

SecHuman – Schöne neue Welt: Sicherheit für Menschen im Cyberspace

SecHUMAN

FORSCHUNGSKOLLEG

SICHERHEIT FÜR MENSCHEN IM CYBERSPACE

Zum 1.4. startete die zweite Förderphase des vom NRW-Ministerium für Kultur und Wissenschaft geförderten und in Bochum angesiedelten Forschungskolleg SecHuman (Sprecherin Prof. Dr. Angela Sasse) an dem auch Annette Kluge als PI und Uta Menges als Doktorand*in vom Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie beteiligt sind. Das Forschungskolleg SecHuman, kurz für „Schöne neue Welt: Sicherheit für Menschen im Cyberspace“, ist am Horst-Görtz-Institut für IT-Sicherheit angesie-

delt und auch eingebunden in das Exzellenzcluster CASA – Cybersicherheit im Zeitalter großskaliger Angreifer. In der zweiten Phase werden zwölf neue Doktorand*innen die IT-Sicherheit als weitergefasstes gesellschaftliches Phänomen inter- und transdisziplinär untersuchen. Angela Sasse und Annette Kluge leiten das Tandemprojekt „Innovative und produktivitätsförderliche IT Sicherheitslösungen und Risikomanagement in Organisationen“ mit im interdisziplinären Tandem arbeitenden Doktorand*innen.

Weitere Informationen unter
<https://sechuman.ruhr-uni-bochum.de/>

Aus den Erfahrungen Anderer Lernen: „Augmented – & Virtual Reality“ - Vom Head up Display (HUD) zum Helmet Mounted Display (HMD) – Vorteile und Risiken modernster „Mixed Reality High-Tech“ im Cockpit (Teil 2)

Von Helmut Blaschke

Vorspann

von Annette Kluge

Die Einführung neuer Technologie wie z.B. die Nutzung von Datenbrillen (z.B. berichtet in Newsletter Nr. 53) im Kontext von Industrie 4.0 kann aus den Erfahrungen, die in anderen Kontexten gemacht wurden, lernen. Denn häufig folgt auf eine anfängliche Euphorie über die Potenziale einer neuen Technologie, wie z.B. digitale situative Assistenzsysteme zur Werker*innenunterstützung, Überraschungen zu den Nebeneffekten. Eine zentrale Botschaft dieses Artikels lautet daher: Erfindet das Rad nicht neu, sondern lernt aus der Nutzung dieser Technologie aus anderen Bereichen, um nicht alle Fehler zu wiederholen, vor allem da es sich hier um das Befinden und die Gesundheit von Menschen geht. So sehr die Potenziale dieser Technologie ins Auge stechen – diese erzielt man/frau nicht „ohne Kosten“, z.B. für ein umfangreiches Training

Wie im 1. Teil des Artikels (Newsletter Nr. 58) beschrieben, sind Head-up Displays (HUD) in Cockpits von Militärmaschinen seit langer Zeit Standard. Inzwischen gilt dies auch für viel zivile Passagiermaschinen und Businessjets. Fliegen ohne HUD ist für Cockpitbesatzungen schon geraume Zeit kaum mehr vorstellbar. Deshalb war es nur eine Frage der Zeit, bis man die auf einer HUD angezeigten Daten auch direkt vor den Augen der Besatzung projizieren konnte. Helmet Mounted Displays (HMDs) haben schon seit Ende des 1990 Jahre Einzug in die Cockpits von militärisch genutzten Hubschraubern und Jets gefunden. Bereits Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts wurden solche HMDs entwickelt, erprobt und im regulären Flugbetrieb eingesetzt.

Zunächst waren es hauptsächlich „Night Vision Wearables“ (NVWs) die in Form von Nachtsichtbrillen für Besatzungen von militärisch genutzten Hubschraubern

in den 90er Jahre entwickelt, die mit entsprechender „Augmented-Reality-see-through-technology“ versehen wurden. Nachtsichtfähigkeit mit NVG (Night Vision Goggles) wurde ein Einsatzspektrum für Luftoperationen, die den entscheidenden Vorteil auf dem Gefechtsfeld erzielen konnten. Aber auch die Darstellung von 3D Symbolen und entsprechenden Flug- / Zieldaten wurden in dieser Zeit stetig weiterentwickelt.

Es zeigte sich jedoch, dass diese „Wearables-near-the-eye“ (WNE) auch unerwünschte Human Factors bezogene Nebeneffekte für die Besatzungen haben können. Entsprechende Studien warnten schon Anfang der 1990er Jahre vor negativen Effekten wie starke Augenbelastung, generell schneller eintretender mentaler Erschöpfung (Mental Fatigue) und vor allem die steigende Gefahr für „Räumliche Desorientierung“ (Biberman & Aluisi, 1992).

Für Besatzungen von Kampffjets waren die HMDs Anfang der 90er Jahre im Vergleich zu den Hubschrauberbesatzungen für den operationellen Einsatz zu schwer.

Die hohen Beschleunigungskräfte und das damit einhergehende Lastvielfache das auf den Körper der Besatzungen z.B. beim Luftkampf wirkt – und damit auch auf seine Ausrüstung wie ein HMD – erlaubten keine schweren Helme die dadurch die Gewichtskraft eines 2,5 kg schweren Helms auf über 20 kg (bei 9 G) innerhalb von Sekundenbruchteilen erhöhen konnte.

Die technologischen Fortschritte machten es nun möglich, solche Helmsysteme deutlich leichter und damit auch für Kampfflugzeugbesatzungen besser nutzbar zu machen (wie in Teil 1 Newsletter Nr. 58) beschrieben. Im Folgenden ist dabei vor allem die Anzeige zur eigenen Lage im Raum relevant und im Folgenden im Zentrum der Betrachtung.

Schon früh wurde dabei deutlich, dass nicht allein die nötige Technologie für Helmdesign und Projekti-

onstechnologie von Bedeutung sind, sondern auch die präzise Positionsbestimmung im Cockpit und das nötige „Eye-tracking“. Denn um ein solch komplexes Darstellungssystem erfolversprechend und zuverlässig zu machen, ist vor allem ein extrem präzises „Head-Tracking & Eye-Tracking“ erforderlich. D.h. die Position des Helmvisiers in Relation zum umgebenden Cockpit, sowie die Position der Augen, muss in allen denkbaren Fluglagen exakt vermessen und anschließend präzise berechnet werden, um keine ungewollten Nebeneffekte wie z.B. ungenaue Anzeigen und Dekalibrierungseffekte auszulösen.

Die größten Gefahren mit Bezug auf Human Factors-Aspekte sind: Räumliche Desorientierung, Schwindel, Übelkeit, starke mentale Ermüdung und sog. „Eye Strain“.

Eye Strain/ Augenbelastung beschreibt eine Gruppe von Symptomen, die bei manchen Menschen nach intensivem Gebrauch der Augen auftreten. Eye Strain ist ein Symptom, keine Augenkrankheit. Eine Überanstrengung der Augen tritt auf, wenn die Augen durch intensive Nutzung ermüden, z. B. durch längeres Autofahren, Lesen, Arbeiten am Computer oder durch die Nutzung von VR-Brillen, Datenbrillen etc.

Studien haben schon mit Einführung dieser Technologien gezeigt, dass die räumliche Desorientierung der Besatzungen im Zusammenhang mit VR / AR HMDs die größte Herausforderung darstellt. Damit gerät eine Besatzung in eine gefährliche Situation, da die eigenen Sinnesorgane nicht mehr die Position im Raum bestimmen können, d.h. man verliert das Situationsbewusstsein in Relation zur dreidimensionalen Position im Raum, Höhe, Geschwindigkeit und das Gefühl für die Bewegungsrichtung des Kampfflugzeugs. Solch extreme Situationen treten weniger bei klaren Sichtbedingungen, sondern in der Regel während Einsätzen bei Nacht oder schlechtem Wetter, d.h. beim dynamischen Einflug in Wolken unter Beschleunigungskräften ein. Während solcher, in der Regel häufig erlebter Szenarien, wird es für die Besatzungen unmöglich, durch einen Blick durchs Kabinendach die eigene Lage im Raum anhand des natürlichen Horizonts zu bestimmen.

Räumliche Orientierung

An der Orientierung im Raum sind verschiedene physiologische Prozesse beteiligt. Der Sehsinn ist dabei ein relevanter beitragender Faktor. Die Wahrnehmung der Umwelt durch das menschliche Auge ist zu 80% an der räumlichen Orientierung beteiligt. Der Rest verteilt sich auf die taktilen Sinne wie Druck- und Tastsinn, sowie auf den vestibulären Bereich wie Gleichgewicht und Hören. Sobald der Sehsinn als wichtigster „Stabilisator“ durch schlechte Sicht- und Umgebungsbedingungen beeinträchtigt wird, kann die menschliche Wahrnehmung, Informationsverarbeitung und entsprechend die Reaktionsfähigkeit erheblich reduziert werden.

Dies geschieht nicht nur durch Dunkelheit und schlechtes Wetter, sondern eben auch durch „wearables near the eye“ und allem, was mit AR und VR zu tun hat.

Durch ungünstige Sicht- und Umgebungsbedingungen wird auch der vestibuläre Sinn beeinträchtigt (auch labyrinthischer Sinn genannt, der im Vestibularsystem unseres Innenohrs generiert wird), der wichtige Informationen ans Gleichgewichtszentrum des zentralen Nervensystems bzgl. der Kopfbewegung und unserer Körperposition im Raum liefert.

Bei Besatzungen von Kampfflugzeugen treten Störungen des Vestibularsystems und die einhergehenden Phänomene wie Schwindel und Orientierungsverlust, noch einmal verstärkt auf. Grund: zusätzlich zur dreidimensionalen Bewegung des Kopfs im Raum, kommen noch extreme Beschleunigungskräfte in alle erdenklichen Richtungen vor, die den Desorientierungseffekt noch einmal verstärken können.

Solchen Momenten der räumlichen Desorientierung kann durch intensives Training begegnet werden und die Procedures für die Recovery geübt werden. Die Bundeswehr betreibt dazu einen eigens dafür gebauten Desorientierungssimulator in Königsbrück bei Dresden. Hier werden Besatzungen von militärischen Luftfahrzeugen in regelmäßigen Abständen geschult und trainiert, um mit den Gefahren der Desorientierung im Ernstfall umgehen zu können. Denn man

kann über Jahre hinweg alle Arten von Luftkämpfen durchführen, ohne dieses Phänomen erlebt zu haben. Doch das menschliche Leistungsvermögen ist leider nicht jeden Tag gleich stark ausgeprägt. Sie kennen das wahrscheinlich alle: es gibt Tage, da kann man sein potentiell Leistungsniveau nicht komplett ausschöpfen bzw. abrufen und der Körper zeigt einem schnell die Grenzen auf.

Desorientierungstrainer Königsbrück, Weitere Infos z.B. unter:
<https://wehrmed.de/fuehrung-organisation/das-zivil-militaerische-kompetenz-zentrum-in-der-luft-raumfahrtmedizin.html>

Startle & Surprise nach der nicht wahrgenommenen Wolkenbank über Süddeutschland

Als ich mich mit den Unfallberichten der beiden F-35, die später erläutert werden, vertraut machte, erinnerte ich mich an einen eigenen taktischen Einsatz vor ca. 20 Jahren. Es war ein „4 gegen 4 Allwetter & Nacht Szenario“. Um eine simulierte gegnerische Waffe abzuwehren, bin ich in einen dynamischen Sinkflug eingekurvt. Bei diesem Manöver, bei dem auch ein „Lastvielfaches“ von ca. 4 G auftrat, bin ich völlig überraschend in eine vorher nicht von mir wahrgenommene Wolkenbank eingetaucht. An jedem „guten Tag“ wäre das kein Problem gewesen, da an sich solch eine Situation nichts Außergewöhnliches darstellt. Doch in dieser Nacht, hat mir mein räumlicher Orientierungssinn ein Schnippchen geschlagen und mich binnen Bruchteilen von Sekunden orientierungslos gemacht. Ich war quasi mental „out of control“ und hatte ganz kurz den Eindruck, dass auch meine Maschine gleich „out of control“ gehen könnte. Eine äußerst gefährliche Situation, wenn man sich mit hoher Geschwindigkeit und vor allem einer hohen Sinkrate, dem Erdboden nähert. Dabei bleibt für den Piloten, je nach Flughöhe und Geschwindigkeit nur eine extrem kurze Zeitspanne, um sich aus solch einer misslichen Lage zu befreien. Zunächst muss die gefährliche Situation überhaupt erst als solche erkannt und damit bewusst wahrgenommen werden. Denn ein Phänomen, das inzwischen sehr gut erforscht wurde, der sog. Surprise & Startle Effect (siehe Newsletter Nr. 35), hat mich in dieser Situation auch für 2-3 Sekunden in seinem „Bann gehalten“.

Der Surprise & Startle – Effect hat eine physiologische und eine informationsverarbeitungsprozessbezogene Komponente, die gerade in solchen gefährlichen Situationen den relevanten menschlichen Informationsverarbeitungsprozess schlagartig und empfindlich stört bzw. verlangsamt. Diese Überraschungseffekte, die die kognitive Leistung erheblich einschränken – tragen u.U. zum totalen Verlust der Orientierung und der situativen Aufmerksamkeit bzw. des situativen Bewusstseins bei.

In solch einer bedrohlichen Situation besteht die Herausforderung darin, hoch überlernte Prozeduren abzurufen (trotz Startle & Surprise). Das sind in der Regel sofort eingeleitete „Rettungsmaßnahmen“ (in der Regel in der Militärfliegerei sog. „BOLDFACE Procedures“ oder „Memory-Items“ in der zivilen Luftfahrt) in Form von Steuereingaben bzw. prozeduralen Handlungsabläufe der Besatzung, um eine lebensbedrohliche Situation zu vermeiden. Dafür müssen folgende „Eisernen Regeln“ beachtet werden: „Aviate- Navigate – Communicate“ – in dieser Reihenfolge die sich zyklisch wiederholt.

- Mit „Aviate“ ist dabei gemeint, das Luftfahrzeug auf schnellstmöglichem Weg in eine sichere Fluglage zurück zu bringen. „Trust your Instruments“ wurde uns von den ersten Flugstunden an beigebracht. Also im Klartext, vertrau lieber deinen Instrumenten im Cockpit oder in der HUD, oder eben in deinem Helm-Display, als deinen eigenen Sinnesorganen. Letztere wurden schon zu oft Piloten zum tödlichen Verhängnis.
- Nach Abschluss der „Aviate-Phase“, wenn ein sicherer Flugzustand hergestellt wurde (also die „aerodynamische Kontrolle“ über das Luftfahrzeug wurde wiedererlangt) kommt die „Navigate-Phase“. Hier ist es wichtig so schnell wie möglich die Lage und Position im Raum richtig zu bestimmen auch wenn die eigene Wahrnehmung dem Piloten ein völlig konträres „Bild der Lage“ vorgaukelt. Nur so kann man letztendlich das Situationsbewusstsein wieder zurückgewinnen.
- Erst dann soll die „Communicate-Phase“ eingeleitet werden. Kommuniziert wird das eigene Problem an das Team der anderen Besatzungen in der

Luft, damit diese angemessen darauf reagieren und sich adaptieren können.

Absturz einer japanischen Maschine im Pazifik nach räumlicher Desorientierung

So geschehen im Frühjahr 2019 über dem westlichen Pazifik vor der Küste Japans. Der 41-jährige Major Akinori Hosomi, ein sehr erfahrener Kampfpilot der japanischen Luftwaffe, stürzt während eines Übungseinsatzes mit einer F-35A tödlich ab. Alle veröffentlichten Berichte zitieren die japanischen Offiziellen mit einem einzigen Grund für den Flugunfall: „Räumliche Desorientierung“ des Piloten während Luftkampfmanövern bei Nacht über dem offenen Meer.

Die japanischen Streitkräfte geben laut einer Statistik von 2009 an, dass 12% aller Flugunfälle der japanischen Luftwaffe auf dieser Unfallursache beruhen. Interessant ist hierbei auch die Tatsache, dass es sich weltweit um den ersten Flugunfall mit dem modernsten und „teuersten Kampfflugzeug aller Zeiten“, der F-35A handelte. Auch hier war den japanischen Quellen zu Folge ein rapider Sinkflug auf eine neu zugewiesene Flughöhe (in diesem Fall um anderen Kampfflugzeugen auszuweichen) das einleitende Flugmanöver der Anfang einer Fehlerkette. Dieser „Sturzflug“ endete wenige Sekunden später mit dem absoluten Verlust der räumlichen Orientierung und dem Aufschlag auf der Meeresoberfläche.

Ich kann mich, wie oben beschrieben, sehr gut in die Situation des japanischen F-35 Piloten hineinversetzen. Ich persönlich hatte damals bei meinem Orientierungsverlust jedoch den entscheidenden Vorteil, über viele Flugstundenerfahrung mit dem Luftfahrzeug und der Avionik der Maschine zu verfügen.

Diese hohe Flugstundenerfahrung hatte Major Hosomi auf der F-35A leider nicht. Er war kürzlich auf das neue Kampfflugzeug umgeschult worden und sicherlich noch nicht vollends mit den Anzeigen seines bis dato nicht in seinem Vorgängermodell genutzten HMDs vertraut. Bei ihm kam also zu den oben geschilderten Symptomen der Desorientierung auch noch eine völlig neue Arbeitsumgebung in seinem Cockpit hinzu. Das HMD der F-35A ist auch in der Lage, mittels MR und VR die Nachtsichtfähigkeit auf 360° zu erhöhen, ohne dass man zusätzliche NVGs tragen muss. Das mangelnde Training und unzureichende Übung mit dieser

Technologie hat ihn offensichtlich in der Situation der Desorientierung überfordert und verhinderte es den Startle & Surprise Moment zu überwinden. Eine detaillierte Ursachenbeschreibung gestaltet sich im Fall des Absturzes vor der japanischen Küste jedoch schwierig, da kein detaillierter Unfallbericht durch die japanischen Streitkräfte veröffentlicht wurde.

Weitere Informationen z.B. unter: <https://www.defensenews.com/global/asia-pacific/2019/06/10/japan-blames-spatial-disorientation-for-f-35-crash/>

Zu der MR / VR-Fähigkeit des HMDs der F-35B gab es tragischer Weise bereits im Jahr 2017 einen Zwischenfallbericht eines Testpiloten, der beim Anflug auf einen Flugzeugträger bei Nacht, plötzlich von „zweideutigen Anzeigen“ berichtete und nur mit viel Glück eine sichere Landung durchführen konnte.

Desorientierung beim Endanflug in Florida durch HMD

Auch die US Air Force verlor im Jahr 2020 eine F-35A durch Flugunfall. Laut Unfallbericht spielte hier ein nicht optimal kalibriertes Helmvisier und damit einhergehende „räumliche Desorientierung“ des Piloten, eine beitragende Rolle, mit einer anschließend unangemessenen Fokussierung des Piloten auf das HMD und ein nicht optimales Handling der Situation (Recovery). Der Pilot konnte sich im letzten Augenblick mit dem Schleudersitz aus der Maschine retten. Die Maschine stürzte auf die Landebahn.

Durch ein nicht optimal kalibriertes HMD wurde die Aufmerksamkeit des Piloten von seinem „aviate“-Prozess abgelenkt, so dass er sich mit zu hoher Geschwindigkeit dem Aufsetzpunkt näherte. Die Fokussierung auf das HMD führte dazu, dass er sich zu wenig mit dem Aviate-Prozess (der Anflugkontrolle) beschäftigte und versuchte mit zu hoher Geschwindigkeit und eingeschalteten Autopiloten zu landen, was die Flugkontrollsteuerung in einen nicht mehr kontrollierbaren Flugzustand brachte. Der Ausschuss war für den Piloten die letzte Rettungsmöglichkeit.

Die beiden Flugunfälle (der oben beschriebene japanische sowie dieser zweite) der F-35A durch räumliche Desorientierung der Piloten, lassen erahnen, dass

modernste Technik in Cockpits von Kampfflugzeugen nach wie vor von der Leistungsfähigkeit und dem Trainingsstand der Besatzungen abhängt.

Beim US Air Force F-35A Crash liegt im Gegensatz zu dem japanischen Fall ein abschließender, detaillierter Flugunfallbericht zur Einsicht vor. Darin wird als Massnahme abgeleitet, dass die Einführung von modernen Systemen ein gezieltes Training erfordern, um solche schwerwiegenden Zwischenfälle zu vermeiden.

Denn beide Unfälle haben eines gemeinsam: die Piloten waren zwar sehr erfahren – allerdings nicht auf dem Flugzeugmuster F-35A und einem hochmodernen HMD welche MR-Darstellungen ermöglicht. Der japanische Pilot hatte lediglich 60 Flugstunden auf der F-35A absolviert, der amerikanische Pilot ca. 150 Stunden.

Das ist im fliegerischen Umfeld nicht viel Zeit, um die entsprechenden Erfahrungen und Kompetenzen im Umgang mit einem solch komplexen Kampfflugzeug und dessen hochmoderner Avionik zu erlangen. Im amerikanischen Flugunfalluntersuchungsbericht wird zudem aufgezeigt, dass der Pilot den Systemfehler seines HMDs bei Nacht in dieser Form zuvor noch nicht im Simulator geübt hatte und damit auch nicht über die nötige Handlungssicherheit beim „Threat and Error Management“ verfügte.

Im Flugunfallbericht sind weiterhin die gleichen Unfallursachen aufgeführt, wie sie schon in den Artikeln von Hopper et al. (2017) im Zusammenhang mit „Wearable Vision Systems“ aufgezeigt werden: Mental Fatigue und Räumliche Desorientierung. Ebenso wird erwähnt, dass „Attention Tunneling“ in Kombination mit „Fault Management“ (in diesem Fall das nicht optimal kalibrierte HMD) zu einem „stress induced cognitive tunneling“ geführt haben. Diese Phänomene wurden bereits Anfang der 2000er Jahre von Wickens in einer Studie zu HMDs / WNEs als mögliche Gründe für sog. „Unsafe Acts“ genannt.

Informationen dazu z.B. unter:
<https://www.airforcetimes.com/news/your-air-force/2020/10/05/eglin-f-35-crash-resulted-from-tired-distracted-pilot-and-unresponsive-tail-glitch-investigators-find/>

Mögliche Gründe für die Orientierungsverluste in einer F-35A

Ein beitragender Faktor könnte die Tatsache sein, dass bei diesem Kampfflugzeug auf die „klassische HUD“ verzichtet wurde und der Pilot einzig und allein auf die Anzeigen in seinem HMD angewiesen ist. Im „Gefechtsmodus“ fehlen zudem die klassischen „Heads-Down“ Anzeigen, wie man sie aus Kampfflugzeugen früherer Generationen kennt. D.h. der Pilot hat während dynamischer Kampfszenarien „nur“ die Anzeigen in seinem HMD, um sich räumlich zu orientieren. Seine „Cockpit Instrumente“ verschwinden hinter taktischen Gefechtsfeldanzeigen auf einem riesigen Farbbildschirm.

Vergleichbare Modelle der neuesten Generation aus russischer oder koreanischer Produktion, verfügen alle noch über die „klassische HUD“ im Zentrum der Blickrichtung des Piloten.

Eine doppelte Absicherung ist vielleicht schon eine mögliche „Lesson Learned“ aus der Entwicklungszeit der F-35, während der es immer wieder Probleme mit dem HMD gegeben hat und die Entwicklung und Auslieferung dieses Kampfflugzeugs der 5. Generation deutlich verzögert hatte.

Wie könnte man schneller von solchen tödlichen und beinahe tödlichen Mensch-Technik-Interaktionen lernen?

Abschließend möchte ich den Bogen spannen zu dem Beitrag von Sebastian Sieberichs aus der letzten Ausgabe des Newsletters (Nr. 58), der sich auf den Artikel „Why Learning Opportunities From Aviation Incidents Are Lacking“ (Sieberichs & Kluge, 2021) bezieht. In der Militärluftfahrt ist es inzwischen ähnlich wie in der zivilen Luftfahrt. Die Unfälle sind seltener geworden. Das liegt natürlich auch daran, dass insgesamt weniger geflogen wird und viele Trainingselemente inzwischen im Simulator durchgeführt werden (bis zu 40%). Deshalb ist es auch hier - wie im Artikel beschrieben - sehr wichtig geworden „Learning from Incidents“ (LFI) als Werkzeug herzunehmen, um bei Zwischenfällen wie von mir oben beschrieben, den „Evidence“ zu generieren, auch wenn es noch mal gut ausgegangen ist. In meinem Fall hatte ich natürlich schon im Flug einen sog. „Knock it off“ über Funk an

die anderen Piloten übermittelt. Auch im Debriefing wurden meine „Erlebnisse“ genau evaluiert und „Lessons Learned“ generiert. Aber außer die mit an der Mission beteiligten und den restlichen Staffelferkameraden, hat von meinem „near miss“ die Organisation nichts erfahren. Das war keine Intention. Es wäre auch nicht sanktioniert worden. Es lag schlicht und ergreifend daran, dass keine Strukturen und Prozesse etabliert waren, die eine entsprechendes „Reporting“ und damit „Learning from Evidence“ für den Rest der Kampfpiloten ermöglicht hätten. Ich denke „learning from weak signals“ und LFI sind wichtige Werkzeuge für alle HROs, um sich im Sinne von „Evidence-based Training“ vor „bösem Erwachen“ zu schützen.

Nachspann

Von Annette Kluge

Die Einführung neuer Technologien wie Mixed Reality-Anzeigen und Darstellungen soll in vielen Fällen auch als Ersatz für Training und Qualifizierung dienen. Dieser Beitrag zeigt allerdings, dass die Nutzung von hochkomplexen MR Darstellungen ebenso Training erfordert, um diese ohne Gefährdungen einsetzen zu können. Es ist zu empfehlen aus den Erfahrungen, Unfällen und Beinahe-Unfällen organisationsübergreifend zu lernen, um die beteiligten Menschen keinen vermeidbaren Risiken auszusetzen.

Weiterführende Literatur

Biberman, L. M., & Alluisi, E. A. (1992). *Pilot errors involving head-up displays (HUDs), helmet-mounted displays (HMDs), and night vision goggles (NVGs)*. INSTITUTE FOR DEFENSE ANALYSES ALEXANDRIA VA.

Hopper, D. G., Melezer, J.E., Browne, M. & Marasco, P.K. (2017). *Wearable Vision Systems: Head/Helmet-Mounted Displays*. *Opt.Eng.*56(5), 051401 (2017), doi: 10.1117/1.OE.56.5.051401

Nicholl, R. (2014), *Airline Head-Up Display Systems: Human Factors Considerations* (February 17, 2014). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2384101> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2384101>

Veröffentlichungen aus dem Lehrstuhl

Unintended Detrimental Effects of the Combination of Several Safety Measures—When More Is Not Always More Effective

Brandhorst, S. & Kluge, A.



To ensure safety-related behavior in risky operations, several safety measures, such as safety-related rules and safety management systems including audits, rewards, and communication, are implemented. Looking at each single measure, it is reasonable to assume that each one leads to rule compliance, but how do they interact? In an experimental study, we varied (1) the salience of either safety, productivity, or both, (2) the reward for the compliance and punishment for a violation, (3) the communication of audit results (result- or process-based), and (4) the gain and loss framing of performance indicators. In a 3 x 2 x 2 x 2 factorial between-group design, 497

engineering students in the role of Control Room Operator participated in a five-hour simulation of a production year of a chemical plant. Looking at single effects, salient safety goals led to a low number of rule violations compared to the salience of production goals. Interestingly, the interaction of several measures showed that particular combinations of measures were highly detrimental to safety, although altogether, they were assumed to reduce risks. For practice, this means that the effects of safety measures depend on their particular combination and can lead to unwanted effects.

Brandhorst, S. & Kluge, A. (2021). Unintended Detrimental Effects of the Combination of Several Safety Measures—When More Is Not Always More Effective. *Safety*, 7(37).. <https://doi.org/10.3390/safety7020037>

The effectiveness of virtual safety training in work at heights: A literature review

Rey-Becerra, E.^a, Barrero, L. H.^b, Ellegast, R.^c, & Kluge, A.

^a Department of Work and Organizational Psychology, Faculty of Psychology, Ruhr University Bochum, Germany

^b Department of Industrial Engineering, School of Engineering, Pontificia Universidad Javeriana Bogota, Colombia

^c Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA), Sankt Augustin, Germany

Highlights

- Training program for working at heights are focused mostly on construction sector.
- Most of the training goals do not have a multidimensional design considering knowledge, skills and attitudes.
- Outcome criteria to measure effectiveness do not assess training holistically with all levels of Kirkpatrick, but separately.
- Few authors consider cognitive, instructional, and experiential learning processes all together in virtual safety training.

Virtual environment techniques are technologies that can be used for safety training, and deliver significant advantages (e.g. risk-free, immersive learning). However, no studies have assessed the effectiveness of this training for work at heights (WAH). This paper aimed to synthesize the outcomes criteria for mea-

asuring the effectiveness of virtual safety training of WAH in different work sectors. A total of 658 records were identified through an explorative search of relevant citations from 2010 onwards. Only 21 documents were considered and classified according to the training goal: improvement of knowledge, skills or attitudes. Outcomes criteria of virtual safety training were analyzed according to Kirkpatrick's model. The results support practitioners and safety managers by providing an inventory of training methods, evaluation indicators and evaluation effects. Further recommendations are made for the design of an effective training assessment.

Rey-Becerra, E., Barrero, L. H., Ellegast, R., & Kluge, A. (2021). The effectiveness of virtual safety training in work at heights: A literature review. *Applied Ergonomics*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103419>



Abbildung: Der Alpstein immer noch im Griff des späten Frühlings



Abbildung: Das Team des Lehrstuhls Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie

Impressum

Komplexität und Lernen ISSN 1661-8629 erscheint vierteljährlich (seit 2007)

Herausgeberin

Prof. Dr. Annette Kluge
Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150
44780 Bochum

Gastprofessorin für
Organisationspsychologie
Universität St. Gallen, Schweiz



Wenn Sie Interesse an unserem Newsletter haben, mailen Sie mir. Ich nehme Sie gern in unseren Verteiler auf.
annette.kluge@rub.de