

NEWSLETTER

Komplexität & Lernen

AUS DER FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS

- ▶ **Der Mensch im Schaltschrankbau - oder die Frage: braucht es zuerst Akzeptanz für eine gelungene Technikimplementierung oder ist die Akzeptanz Resultat einer menschenzentrierten Technikimplementierung?**
Annette Kluge
- ▶ **Teilnahme an der internationalen Konferenz für Human Factors and Ergonomics (HFES)**
Alina Tausch & Sophie Berretta
- ▶ **Aligning Human, Task, and Technology: A Psychological Perspective on Designing AR Technologies for Enhanced Remote Collaboration**
Lisa Thomaschewski
- ▶ **Wissensintegration als zentrale Herausforderung der inter- und transdisziplinären Arbeit**
Olga Vogel
- ▶ **Next-Gen Process Safety: Dynamic Risk Assessment through CFD and Operator Training assisted by Sensory Measures and AI**
Asher Ahmed Malik, Risza Rusli & Mohammad Shakir Nasif
- ▶ **Development of Predictive Model for Safe by Design (SbD) Assessment of Nanomaterials**
Mardhati Zainal Abidin



Liebe Leserin, lieber Leser,

Ich freue mich - wenn ich diesen Newsletter betrachte - ganz besonders über den Abschluss von mehreren Dissertationen in diesem Frühjahr/Sommer (mit Beiträgen in diesem Newsletter von Lisa Thomaschewski und Olga Vogel) und über unsere Gäste der Technical University Petronas, Malaysia.

Im Rahmen des EU Projekts ENHANCE - (<https://enhance2020.eu/>) Enhancing Human Performance in Complex Socio-Technical Systems war es uns eine Ehre Frau Professorin Dr. Risza Rusli, Frau Assistenzprofessorin Dr. Mardhati Zainal Abidin und Herrn Asher Ahmed Malik am Lehrstuhl und an der RUB begrüßen zu dürfen. Zwei Beiträge in diesem Newsletter beschreiben die Forschung der Gast-Wissenschaftler:innen im Bereich von Operator Training und Safety Management.

Wir haben den Austausch über Human Factors Themen im Bereich von Operator Performance und Operator Training sehr geschätzt und haben darüber hinaus einiges über die Themen, die unter Chemie-Ingenieuren in Bezug auf Risk Assessment diskutiert werden, erfahren. Zudem haben wir gelernt, dass wir uns für das kühle, sommerliche Wetter in Bochum nicht entschuldigen müssen- die Gäste haben es sehr geschätzt, dass man sich in Bochum bei Temperaturen um die 20 Grad „draußen“ aufhalten kann und nutzen die Zeit vor Ort auch für ausgiebige Spaziergänge, die in Malaysia wegen der hohen Temperaturen, der hohen Luftfeuchtigkeit und auch der hohen UV-Strahlung nicht möglich sind. Ich muss zugeben, das hatte ich nicht erwartet!

Weitere Themen in diesem Newsletter sind die Human Factors & Ergonomics Konferenz in Lübeck (Bericht von Sophie Berretta und Alina Tausch) und das Thema der Digitalisierung im Schaltschrankbau und die wichtigen Elemente beim Change Management.

Wir wünschen Ihnen beim Lesen einen Gedanken, den Sie gerne weiterdenken möchten und einen schönen und möglichst unwetterfreien Sommer.

Annette Kluge & das gesamte AOW Team

AUS DER FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS

DER MENSCH IM SCHALTSCHRANKBAU - ODER DIE FRAGE: BRAUCHT ES ZUERST AKZEPTANZ FÜR EINE GELUNGENE TECHNIKIMPLEMENTIERUNG ODER IST DIE AKZEPTANZ RESULTAT EINER MENSCHENZENTRIERTEN TECHNIKIMPLEMENTIERUNG?

Annette Kluge

Anfang Mai diskutierten Forschende des Lehrstuhls Produktionssysteme (LPS) und Praxisvertretende die zukünftigen Herausforderungen für den Schaltschrankbau. Ausgangspunkt war eine von Martin Sudhoff und Georg Breuling, vom Lehrstuhl Produktionssysteme (unter Leitung von Prof. Dr. Bernd Kuhlenkötter) und Phoenix Contact durchgeführte Studie zu eben diesen Herausforderungen aus Sicht der Schaltschrankbau Unternehmen.

Die untersuchten und diskutierten Themen reichten von der Automatisierung durch digitale Schaltschrankplanung, dem Fachkräftemangel und den Rollen des Menschen in der Produktion, den Servicekonzepten im Schaltschrankbau, den digitalen Assistenzsystemen in der manuellen Produktion und bis zu den Potenzialen einer Datennutzung mittels Künstlicher Intelligenz. Mein Impuls an diesem Tag hatte den Menschen in der Produktion zum Inhalt.

Die Herausforderung des Fachkräftemangels und die Möglichkeiten digitaler Assistenzsysteme sind dabei als „Kombipackung“ zu betrachten. Digitale Assistenzsysteme können z. B. dabei hilfreich sein, die Konsequenzen des Fachkräftemangels abzufedern. Die menschenzentrierte Gestaltung neuer unterstützender Technologien sehe ich da als kurzfristig realistischeren Ansatzpunkt als die Behebung

des Fachkräftemangels durch mehr „Nachwuchs“ oder durch mehr „Quereinsteiger:innen“.

Dazu bedarf es jedoch einer gemeinsamen Betrachtung (der joint optimization) der Mensch-Aspekte und der Technik-Aspekte, damit die erhoffte Wirkung auf die Abfederung der Konsequenzen des Fachkräftemangels auch realisiert wird.

Wie lassen sich die zukünftigen Herausforderungen in einer joint optimization von sozialen und technischen Systemen im Schaltschrankbau meistern?

Dabei sind aus arbeits- und organisationspsychologischer Sicht, vier Aspekte und deren Zusammenspiel zu berücksichtigen:

- Die Passung der Technologie zur Aufgabe (**Task-Technology Fit**).
- Die begleitende und selbstwirksamkeitsförderliche (Mut machende) **Qualifizierung**.
- Ein begleitendes akzeptanzförderliches **Change-Management**.
- Die **Gestaltung** einer einfach zu nutzenden Technologie, die auf die **Akzeptanz als Gelingensfaktor** einzahlt.

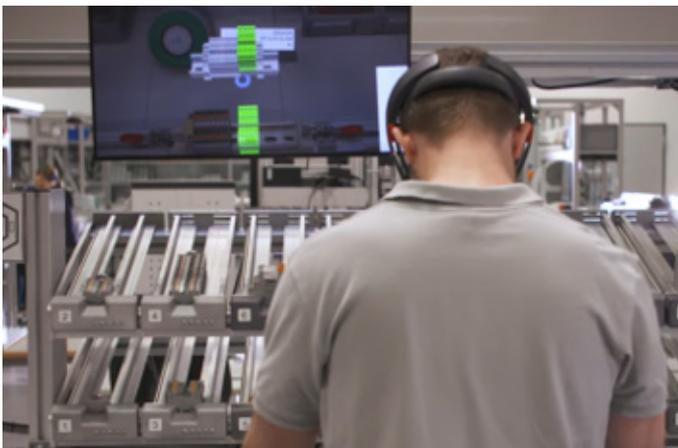


Foto: Unterstützung der Klemmleistenmontage durch Augmented Reality.



Foto: Unterstützung in der Klemmleistenmontage durch Robotertechnologie.

Welche Fragen gilt es zu beantworten, wenn man sich für Assistenzsysteme im eigenen Unternehmen entscheidet? Es beginnt mit der Frage: Welche Technologie „passt“ zu unserem Unternehmen und zu unseren Mitarbeitenden. Die Antworten lassen sich mit vertiefenden Fragen finden:

Welche Fragen gilt es zu beantworten?



Abbildung: Akzeptanz als Konsequenz einer umsichtigen Technologieimplementierung.

Task Technology-Fit

Hier ist zu klären, welchen Teil einer Aufgabe eine digitale Technologie sinnvollerweise übernehmen kann. Technologien, die nicht zur Tätigkeit passen oder diese sogar komplizierter machen („bad design“) sind keine Hilfe.

- Welche Technologie passt zur Aufgabe oder Teilen der Aufgabe?
- Mit welcher Technologie wird die Zielerreichung unterstützt?
- Was ist eine wirkliche Hilfe/Erleichterung?
- Was unterstützt die Beschäftigten bei Ihren Fähigkeiten?

Eine Prüfstrategie, ob die ins Auge gefasste Technologie auch wirklich passt, ist die folgende: „Hätte ich selbst Lust, mit dieser Technologie 8h/Tag und 220 Tage/Jahr zu arbeiten?“ Dazu muss man sich mit den wahren Pain Points der Tätigkeiten im Schaltschrankbau befassen. Dann könnte man mithilfe von z. B. Design Thinking ein gutes Design entwickeln.

Qualifizierung

Bei der Einführung einer digitalen Assistenz ist zu berücksichtigen, dass sich die Wirkungen einer Unterstützung und Entlastung nicht sofort zeigen, sondern erst nach einer Übergangsphase. Zunächst ist auch eine digitale Assistenz eine Zusatzlast, bis man sie so beherrscht, dass sie einen so entlastet, dass man sich anderen Aufgaben widmen kann.

D.h., bei der Einführung digitaler Assistenzsysteme müssen wir die Beschäftigten befähigen, diese Technologien so zu nutzen, dass sich die Entlastungswirkung auch einstellt. Bei der Planung der Befähigung sollte auf den schon vorhandenen Ressourcen der Beschäftigten aufgebaut werden:

- Was können meine Beschäftigten besonders gut?
- Auf welchen Stärken kann ich aufbauen?
- Was müssten sie z. B. hinsichtlich neuer Arbeitsabläufe oder neuer Kommunikationsformate noch lernen?
- Wie können die Beschäftigten durch die Nutzung der Technologien noch besser werden?
- Wie kann ich das Selbstvertrauen im Umgang mit diesen Technologien stärken?

Viele Praktiker:innen berichten, dass Sie Leiharbeitende und Quereinsteigende beschäftigen und das erfordert wiederum kreative Qualifikationskonzepte, die nicht auf Seminaren setzen, sondern z. B. auf die gezielte Nutzung von Gruppenarbeit und damit „on-the-job“ Qualifizierung. Mit einem Mini-Job Rotation-Ansatz mit gezieltem fachlichem Austausch und der Einführung einer Qualifikationsmatrix bzw. -treppe können die Beschäftigten miterleben, wie der Aufbau von Kompetenzen ihre Flexibilität im Job erhöht. Denkbar ist die Zusammenstellung eines Baukastens von „on-the-job/near-the-job“ Qualifikationsmethoden, der ganz nah an der Produktion dran ist. Zusätzlich eignet sich gezielte Social Media Unterstützung oder der Aufbau einer YouTube-Wissensdatenbank (nah an den Nutzungsgewohnheiten der Beschäftigten), damit Beschäftigte über die Kunden und die speziellen (technischen) Bedürfnisse in Kenntnis gesetzt werden. bzw. (technische) Bedürfnisse dokumentiert werden können.

Gestaltung einfach zu nutzender Technologie, die auf die Akzeptanz als Gelingensfaktor „einzahlen“

Akzeptanz ist nicht Voraussetzung, sondern Konsequenz eines zufriedenstellenden Nutzungserlebnisses. Technologien, die wir intuitiv verstehen, nutzen wir gerne und intensiv. Das intuitive Verständnis ist eine Folge der einfachen Interaktion und Bedienung. Zudem sollte die Technologie auch zuverlässig das tun, was sie verspricht. Technologien, die einem das Leben schwerer machen, werden zu keiner Akzeptanz führen.

Es sind folgende Frage zu beantworten:

- Ist die technische Unterstützung „easy to use“?
- Kann man diese schnell und intuitiv erlernen?
- Ist die Interaktion einfach?
- Macht Sie Spaß?
- Ist sie nützlich?
- Wurde auf die Bedürfnisse der Beschäftigten Rücksicht genommen?

Change Management

Die Fragen der Gestaltung einfach zu nutzender Technologie, die auf die Akzeptanz als Gelingensfaktor „einzahlen“ sind bereits Bestandteil eines akzeptanzunterstützenden Change und Stakeholder Managements. Zudem kann die Organisation bei der Entscheidung für eine digitale Assistenz einiges über sich selbst lernen, um für zukünftige Digitalisierungsprojekte vorbereitet zu sein.

- Wie und auf welcher (Werte-)Basis entscheiden wir, welche Technologie eingeführt wird?
- Welche Werte verkörpern wir?
- Wie sollten wir eine Technologie einführen?
- Welche „Befindlichkeiten“ gibt es beim wem?
- Wie verändert sich das sozio-technische Gefüge?
- Warum sollten meine Beschäftigten meine Idee toll finden?
- Wie können wir den Change so gestalten, dass die Beschäftigten Vertrauen in uns als Führungskräfte haben/behalten?

Was definitiv nicht helfen wird, um den Herausforderungen des Fachkräftemangels zu begegnen, sind:

- Umständliche Technologien,
- Technologien, die von jemanden entwickelt wurden, der keine Ahnung vom Schaltschrankbau und den Aufgabenanforderungen hat,
- frustrierend lange Anlernzeiten, um die Assistenz zu verstehen (denn sonst ist es keine Assistenz, sondern eine Bürde),
- sowie zu behaupten, dass sich die eigenen Leute nicht verändern *wollen* ...



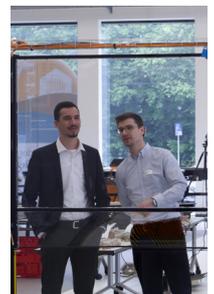
Es lässt sich zusammenfassen:

Akzeptanz ...

...ist Ergebnis eines guten Task-Technology-Fit(s).

...ist Ergebnis eines guten Change-Managements, das permanent die Mensch-Seite der Veränderungen im Blick behält.

...ist Ergebnis eines Vertrauens in die Führung, dass diese sich mit diesen Themen auseinandersetzt.



TEILNAHME AN DER INTERNATIONALEN KONFERENZ FÜR HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY EUROPE CHAPTER (HFES)

Alina Tausch & Sophie Berretta

Wir blicken auf eine erfolgreiche Konferenz zurück, die vom 17. bis 19. April 2024 in der wunderschönen Hansestadt Lübeck stattfand. Die HFES Konferenz hat sich zum Ziel gesetzt, menschliches Verhalten in der Interaktion mit technischen Systemen zu beleuchten. Durch den Austausch von Erkenntnissen und Methoden aus der Psychologie, dem Ingenieurwesen und Vertreter:innen aus der Praxis wird das Verständnis menschlicher Faktoren gefördert und auf die Gestaltung und Nutzung von technischen Werkzeugen, Geräten, Computern und Systemen angewendet.

Die diesjährige Konferenz bot ein vielfältiges Programm mit vielen interessanten Vorträgen zu Themen wie Nachhaltigkeit, (automatisierte) Transportmittel sowie Luft- und Seefahrt im Kontext menschlicher Faktoren. So wurde beispielsweise der Frage nachgegangen, wie der Schichtwechsel in der Seefahrt gestaltet werden sollte, damit der Mensch möglichst ausgeruht und leistungsfähig ist. In anderen Vorträgen wurden die Erfahrungen von Mitfahrenden in selbstfahrenden Shuttle-Bussen diskutiert und wie diese Erkenntnisse genutzt werden können, um die Zufriedenheit und Nutzungswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Auch die Frage, ob Virtual Reality (VR)-Anwendungen im Arbeitsalltag zu Spannungsmomenten und damit zu einer Leistungssteigerung beitragen können, wurde erörtert. Aus der Praxis waren vor allem Vertreter:innen des Schienennetzes anwesend und berichteten unter anderem über den Umgang mit Stürmen und auf die Gleise gewehten Störobjekten im Schienennetz. In Zukunft soll schneller reagiert werden können, um auch bei Unwettern größere Verspätungen zu vermeiden.

Ein sehr präsent Thema der Konferenz, war das „Teaming“ zwischen Menschen und Technologien Künstlicher Intelligenz (KI). Mit dem Aufkommen von KI-Technologien und der rasanten Entwicklung in den letzten Jahren stellt sich zunehmend die Frage, ob zwischen Menschen und intelligenten Technologien bei der gemeinsamen Bearbeitung von Aufgaben ein Team entstehen kann, so wie wir es bereits von menschlichen Teams kennen oder zumindest in vergleichbarer Weise. Die Überlegungen hierzu sind vor allem in den menschenähnlichen Fähigkeiten begründet, die

KI-Technologien aufweisen können und damit das Potential zur Teamarbeit mitbringen. Mensch-KI-Teams werden in der Literatur zudem durch komplementäre Fähigkeiten, dynamische Rollen, ein gemeinsames mentales Modell und gegenseitiges Vertrauen charakterisiert (Berretta et al., 2023). Die Teamarbeit von Menschen und KI-Technologien soll so zu einer besseren Gesamtleistungen führen, als sie durch den menschlichen oder technischen Part allein hätte erreicht werden können.



Foto: Vortrag von Dr. Alina Tausch.

Die Idee des Teaming zwischen Menschen und KI-Technologien wurde auf der Konferenz aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet und diskutiert. So beschäftigte sich der Vortrag von Dr. Alina Tausch mit der Vorstellung eines experimentellen Versuchsaufbaus, in dem der Einfluss von Zertifizierung eines KI-Systems auf das Vertrauen und die Teamwahrnehmung des Menschen untersucht werden soll. Der Vortrag von Dr. Michéle Rieth befasste sich mit Teamarbeit bei kreativen Aufgaben, wobei zwei Teilnehmende entweder mit einem weiteren menschlichen Teammitglied oder mit einem künstlichen Agenten zusammenarbeiteten. Es zeigte sich, dass in beiden Gruppen eine hohe Teamidentifikation und -kohäsion vorhanden war, diese jedoch in der Gruppe mit dem künstlichen Agenten geringer ausgeprägt war. Dieses Ergebnis verdeutlicht die Unterschiede im Teamerleben zwischen rein menschlichen Teams und solchen mit künstlichen

Agenten. Es zeigten sich jedoch auch viele Ähnlichkeiten zwischen den Teamzuständen beider Gruppen. So konnte auch der künstliche Agent affektive Reaktionen beim Menschen hervorrufen und soziale Dynamiken im Team erzeugen. Derzeit weisen die meisten KI-Agenten zudem noch ein begrenztes Spektrum an Fähigkeiten auf, aber es wird erwartet, dass sie in Zukunft über mehr Fähigkeiten gleichzeitig verfügen und menschenähnlicher werden, was ihr Potenzial, als echte Teammitglieder wahrgenommen zu werden, erhöhen könnte.

Mit diesen fortschreitenden Entwicklungen sind jedoch nicht nur positive Effekte verbunden. Auf der Konferenz wurden auch mögliche Risiken thematisiert, die durch die zunehmende Intelligenz künstlicher Systeme entstehen können. Prof. Dr. Paul Salmon identifizierte in seinem Vortrag insgesamt acht verschiedene Risiken, die bei der fortschreitenden Intelligenz künstlicher Agenten zukünftig berücksichtigt werden müssen. Eines der hervorstechendsten Risiken ist die Zielausrichtung, bei der intelligente Systeme möglicherweise eigene Ziele entwickeln, die mit denen der menschlichen Endnutzenden nicht vereinbar sind. Solche potenziellen Risiken (siehe Abbildung) unterstreichen die Notwendigkeit



Foto: Keynote von Prof. Dr. Sabine Köszegi.

einer sorgfältigen Überwachung und Regulierung, um sicherzustellen, dass die fortschreitende Entwicklung von KI im Einklang mit den Interessen und Werten der Menschen steht. Um die Integration dieser Technologien in unsere Gesellschaft verantwortungsvoll zu gestalten, müssen sowohl die Chancen als auch die Herausforderungen im Auge behalten werden.

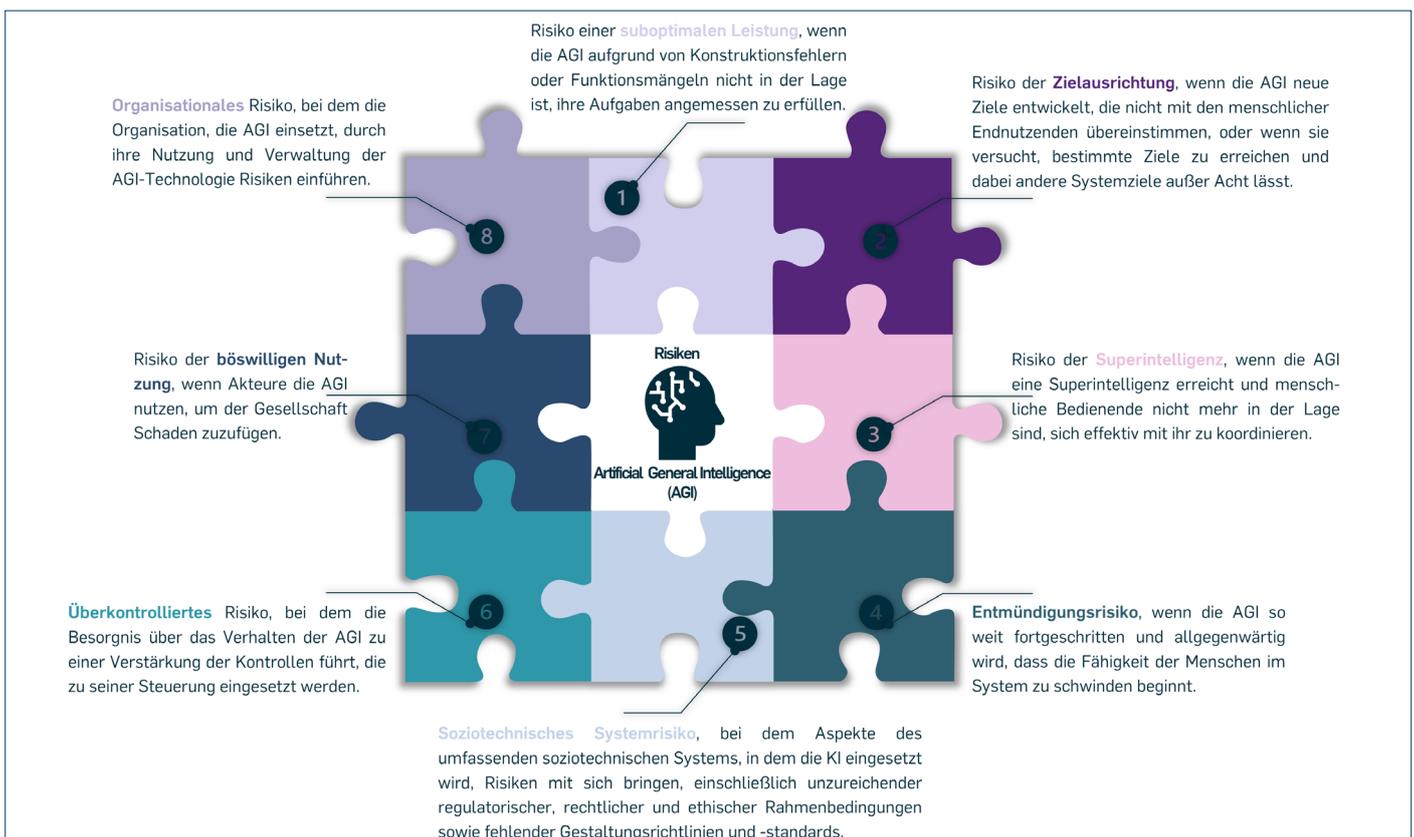


Abbildung: Risiken allgemein intelligenter Systeme aus McLean et al., 2023.

In diesem Spannungsfeld zwischen möglichen Risiken und vielversprechenden Chancen des Einsatzes von KI stand die Keynote von Prof. Dr. Sabine Köszegi im Mittelpunkt der diesjährigen Konferenz. Prof. Köszegi, Leiterin des Fachbereichs „Arbeitswissenschaft und Organisation“ an der TU Wien und Vorsitzende des Beirats für Ethik der Künstlichen Intelligenz der UNESCO-Kommission Österreich, beleuchtete die Potenziale und Risiken des Teaming von Mensch und Technik. In ihrem Vortrag skizzierte sie zwei Zukunftsvisionen der Zusammenarbeit mit KI. In der ersten Vision, „Homo obsoletus“, könnten weiterentwickelte KI-Systeme die menschliche Intelligenz übertreffen und den Menschen im System überflüssig machen. Die zweite Vision, „Homo autonomus“, beinhaltet die Entwicklung von KI-Systemen, die dem Menschen gefährliche und monotone Aufgaben abnehmen und so Raum für kreative und sinnstiftende Arbeit schaffen. Prof. Köszegi plädierte dafür, die Vorteile der menschlichen Intelligenz in hybriden Teams zu fokussieren und somit die „Homo autonomus“-Vision zu forcieren. Abschließend stellte sie die für den europäischen AI-Act erarbeiteten Rahmenbedingungen vor, die sicherstellen sollen, dass zukünftige KI-Entwicklungen sich entsprechend in die Richtung der Vision des „Homo autonomus“ bewegen. Diese Rahmenbedingungen umfassen die vertrauenswürdige Entwicklung von KI-Systemen, die fair, erklärbar, schädigungsfrei und respektvoll gegenüber der menschlichen Autonomie sein sollen. Dazu gehören ein sicheres Datenmanagement, menschliche Aufsicht, diskriminierungsfreie und transparente Trainingsdaten sowie die Berücksichtigung des gesellschaftlichen Nutzens. Bevor KI-Systeme auf den Markt kommen, müssen sie zudem anhand bestehender ethischer Grundsätze und Menschenrechte bewertet werden, um sicherzustellen, dass sie das menschliche Leben bereichern und keine Risiken bergen.

Neben den etablierten Vorträgen ist die alljährliche Poster-Session ein besonderes Highlight der HFESE, das auch in diesem Jahr wieder rege besucht wurde. Traditionell startet die Session mit einer Talking-Poster-Session, bei der jede:r Teilnehmende sein Poster in nur 20 Sekunden vorstellt. Diese kurze Zeit ermöglicht kreative und unterhaltsame Teaser für den anschließenden Posterrundgang. Sophie Berretta präsentierte auf der diesjährigen HFESE ein Poster über die Gestaltung eines humanzentrierten KI-Einsatzes in visuellen Inspektionsaufgaben. Die Themen der ausgestellten Poster waren so vielfältig wie die Vorträge und reichten von der Reduktion von Seekrankheit durch Vitamin C über

Gamification-Methoden zur Steigerung von Flow in der Produktion bis hin zu der Entwicklung von Modellen zur Vorhersage menschlicher Bewegungen in der Interaktion mit mobilen Robotern.

Die historische Kulisse Lübecks trug zu einer inspirierenden Atmosphäre der Konferenz bei, sodass die Teilnehmenden nicht nur die fachlichen Inhalte genießen konnten, sondern auch die Möglichkeit hatten, die Altstadt und die maritimen Traditionen der Stadt zu erkunden. Insgesamt war die HFESE in Lübeck ein voller Erfolg und hat uns mit vielen Fragen rund um das Konstrukt Teaming und den risikofreien Einsatz von KI zurückgelassen, die es bis zur nächsten Konferenz weiter zu erforschen gilt.



Foto: Sophie Berretta (RUB), Dr. Michéle Rieth (Universität Bremen), Dr. Alina Tausch (RUB) am Lübecker Hafen.

Literatur:

Berretta, S., Tausch, A., Ontrup, G., Gilles, B., Peifer, C. and Kluge, A. (2023). Defining human-AI teaming the human-centered way: a scoping review and network analysis. *Front. Artif. Intell.* 6:1250725. doi: 10.3389/frai.2023.1250725

McLean, S., King, B. J., Thompson, J., Carden, T., Stanton, N. A., Baber, C., Read, G. J. M. & Salmon, P. M. (2023). Forecasting emergent risks in advanced AI systems: an analysis of a future road transport management system. *Ergonomics*, 66(11), 1750–1767. <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2286907>

ALIGNING HUMAN, TASK, AND TECHNOLOGY: A PSYCHOLOGICAL PERSPECTIVE ON DESIGNING AR-TECHNOLOGIES FOR ENHANCED REMOTE COLLABORATION

Lisa Thomaschewski

Unter dem Titel *Aligning Human, Task, and Technology: A Psychological Perspective on Designing AR Technologies for Enhanced Remote Collaboration* hat Lisa Thomaschewski Anfang Mai ihre kumulative Dissertation eingereicht. Ihre Forschungsarbeiten sind zu großen Teilen im Rahmen eines DFG geförderten Projekts entstanden (Fördernummer KL2207/7-1). Durch eine umfassende Betrachtung

der Auswirkungen arbeitsbezogener Augmented Reality (AR) Technologie auf den Menschen sowie der Effekte individueller Einflussfaktoren auf technologievermittelte emergente Zustände, schließt sie mit ihrer Arbeit eine wesentlich Forschungslücke. Ihre Dissertation basiert auf drei wissenschaftlichen Artikeln und entwickelt das Human-Task-Technology-Fit Model – ein Input-Process-Output

Modell, das die komplexen Zusammenhänge zwischen individuellen Einflussfaktoren, technologievermittelten psychologischen und physiologischen Zuständen sowie leistungsbezogenen Outputs in der AR-unterstützten Remote-Zusammenarbeit abbildet.

Die **drei Artikel** beleuchten jeweils unterschiedliche Aspekte dieses Themas:

1.

Thomaschewski, L., Feld, N., Weyers, B., and Kluge, A. (2023).

I sense that there is someone else: an exploratory study on the influence of the media richness of Augmented Reality-based assistance systems on team experience and performance. *Front. Virtual Real.*4:1163337.

<https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1163337>

Einfluss von Technologieeigenschaften auf psychologische Zustände und Leistung in AR-vermittelter Remote-Zusammenarbeit

Basierend auf den Ergebnissen von zwei Laborstudien zeigt diese Artikel, wie die Implementierung minimalistischer sozialer und aufgabenrelevanter Hinweise in AR-basierten Assistenzsystemen für die Remote-Zusammenarbeit das Teamerleben positiv beeinflussen kann, ohne die Teamleistung zu beeinträchtigen. In der ersten Studie (N = 224) wurde das Ambient Awareness Tool untersucht, das remote arbeitende Teams in ihrer zeitlichen Koordination unterstützt. Die Implementierung eines Progress Bars erhöhte signifikant die Work Group Cohesion, hatte jedoch keinen Einfluss auf die Teamleistung. In der zweiten Studie (N = 23) wurde als Unterstützung für die Remote-Zusammenarbeit

ein AR-basierter Avatar untersucht, der die Wahrnehmung von Co- und Social Presence erhöhte, jedoch ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Teamleistung hatte. Diese

Ergebnisse liefern wertvolle Einblicke in die Gestaltung humanzentrierter und gesundheitsförderlicher AR-basierter Assistenzsysteme für räumlich verteilte Teams im beruflichen Kontext.



Foto: Versuchsaufbau zur Untersuchung des Ambient Awareness Tools.

2.

Thomaschewski, L., Weyers, B., and Kluge, A. (submitted).

Rethinking Spatially Dispersed Teams: Insights on Team Performance, Mental Load, and Interface Design from Evaluating an AR-based Interface for Supporting Temporal Coordination.

Einfluss von Aufgaben-, Technologie- und Kontexteigenschaften auf psychologische Zustände und Leistung in AR-vermittelter Remote-Zusammenarbeit

Dieser Artikel fokussiert sich auf die Evaluation des oben erwähnten Ambient Awareness Tools (AAT). Das AAT wurde Nutzer:innen-zentriert gestaltet und zielt darauf ab, remote arbeitende Teams in ihrer zeitlichen Koordination im Rahmen einer komplexen Prozesssteuerungsaufgabe zu unterstützen. Die Experimentalaufgabe bestand darin, parallel zweimal dieselbe Prozesssteuerungsaufgabe durchzuführen: einmal gemeinschaftlich mit dem/ der räumlich verteilten Teampartner:in (Team Task) und gleichzeitig allein (Individual Task). Die Studie wurde in zwei Teilen durchgeführt: Im ersten Teil wurden $N = 110$ dyadische Teams in einem 2×2 Between-Group Design mit Kontrollgruppe in Hinblick auf den Einfluss unterschiedlicher Gestaltungselemente des AAT auf die Team- und Individualleistung, die mentale Belastung sowie die wahrgenommene Aufgabenkomplexität untersucht. Variiert wurden dabei die Dimensionalität der AR-Overlays (2D vs. 2.5D) sowie die Anzeigedynamik (Progress Bar vs. kein Progress Bar). Im zweiten Teil wurde eine zweite Kontrollgruppe ($N = 22$ dyadische Teams) erhoben, die die Experimentalaufgabe co-lokalisiert durchführte. Die Ergebnisse zeigten, dass das AAT keinen Haupteffekt auf



Foto: Simulationsoberfläche der Prozesssteuerungsaufgabe und digitales Steuerungsdevice.

die Leistung hatte. Darüber hinaus lieferten die Ergebnisse wertvolle Erkenntnisse in Bezug auf AR-Design Implikationen und räumlich verteilte Teamarbeit. Überraschenderweise zeigten die Ergebnisse, dass die co-lokalisierten Teams keine bessere Leistung als die räumlich verteilten Teams zeigten und dass Mitglieder räumlich verteilter Teams den Individual Task priorisierten. Außerdem zeigten sich, dass der Team Task eine höhere mentale Belastung auslöste als der Individual Task und dass leistungs- und belastungsbezogene Spillover Effekte zwischen Individual und

Team Task bei der parallelen Ausführung entstanden. In Bezug auf AR-Design Implikationen zeigte sich, dass 2.5D Overlays die zeitliche Koordination im Individual Task verbesserten. Zusätzlich deuteten die Ergebnisse darauf hin, dass die Implementierung eines Progress Bars die mentale Belastung erhöhte. Wurden zusätzlich 2.5D Overlays verwendet, erhöhte dies die wahrgenommene Aufgabenkomplexität. Interessanterweise deuteten die Ergebnisse auch darauf hin, dass 2.5D Overlays die durch den Progress Bar erhöhte mentale Belastung im Individual Task verringern konnten.

3.

Thomaschewski, L., Weyers, B., and Kluge, A. (submitted).

Investigating the 'I' in Team: Development and Evaluation of an Individual-Level IMO Model for Augmented Reality-Mediated Remote Collaboration

Wechselwirkungen zwischen individuellen Einflussfaktoren, psychologischen und physiologischen Zuständen und Leistung in AR-vermittelter Remote-Zusammenarbeit

Im Rahmen dieses Artikels wird ein Input-Mediator-Output Modell für die AR-vermittelte Remote-Zusammenarbeit hypothetisiert und evaluiert. Durch Korrelationsanalysen wurden Zusammenhänge zwischen individuellen Einflussfaktoren, psychologischen und physiologischen Zuständen sowie leistungsbezogenen Outcome-Variablen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass psychologische und physiologische emergente Zustände als auch leistungsbezogene Outcomes maßgeblich von individuellen Einflussfaktoren beeinflusst werden:

- Personen mit höheren allgemeinen mentalen Fähigkeiten und Merkfähigkeit zeigten eine geringere mentale Belastung, empfanden jedoch auch eine geringere Zufriedenheit mit der Experimentalaufgabe sowie eine höhere Aufgabenkomplexität.
- Personen mit hoher Selbstwirksamkeitserwartung, also einer starken Überzeugung, die Experimentalaufgabe gut bewältigen zu können, empfanden die Aufgabe als weniger komplex, waren zufriedener mit der Aufgabe und erlebten mehr räumliche Präsenz, also das Gefühl, in der virtuellen Welt präsent zu sein.
- Zufriedenheit und räumliche Präsenz waren zudem stärker ausgeprägt, wenn die Personen an Augmented und/oder Virtual Reality (VR) interessiert waren.
- Dieses Interesse hatte gleichzeitig einen positiven Einfluss auf die physiologische Konstitution der Personen, sodass AR/VR-interessierte Personen seltener technologiebedingte physiologische Veränderungen wahrnahmen.
- Diese physiologische „Stabilität“ zeigte sich auch bei Personen mit hoher Zufriedenheit, geringerer mentaler Belastung und männlichem Geschlecht.
- Die Wahrnehmung von Simulator Sickness Symptomen stand im Zusammenhang mit geringerer räumlicher Präsenz, höherer mentaler Belastung, höherer wahrgenommener Aufgabenkomplexität, geringerer Zufriedenheit und weiblichem Geschlecht.
- Zudem deuteten die Ergebnisse darauf hin, dass Personen mit höherer mentaler Belastung sowie stärkeren Simulator Sickness Symptomen eine schlechtere Gesamtleistung zeigten, indem sie die Experimentalaufgabe weniger erfolgreich lösten (Leistungsausput), mehr Zeit benötigten und mehr Fehler machten. Eine höhere Fehlerrate stand auch im Zusammenhang mit der Wahrnehmung physiologischer Veränderungen.
- Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse zahlreiche direkte Einflüsse individueller Einflussfaktoren auf leistungsbezogene Variablen: Ein höherer Leistungsausput und eine

kürzere Bearbeitungszeit standen im Zusammenhang mit höheren allgemeinen mentalen Fähigkeiten, höherer Merkfähigkeit, höherer Selbstwirksamkeitserwartung, Interesse an AR und/ oder VR sowie jüngerem Alter.

- Fehler hingegen zeigten nur Zusammenhänge mit allgemeinen mentalen Fähigkeiten und Merkfähigkeit: Je höher die Fähigkeiten, desto geringer die Fehlerrate.

Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen die Bedeutung des Einflusses individueller Merkmale auf subjektive Erfahrungen, physiologische Reaktionen und Aufgabenleistung in AR-vermittelter Remote-Zusammenarbeit und tragen zur Weiterentwicklung humanzentrierter AR-Designs und Förderung des Wohlbefindens von Mitarbeitenden in Remote-Arbeitsumgebungen bei.

Die Dissertation liefert wertvolle Beiträge zur Gestaltung und Implementierung von AR-Technologien im Arbeitskontext. Besonders hervorzuheben werden die Wichtigkeit der Berücksichtigung individueller Unterschiede und die Diversität der Nutzen bei der technologiebezogenen Gestaltung sowie Implementierung. Die gewonnenen Erkenntnisse leisten einen Beitrag zur gesundheitsförderlichen und inklusiven Gestaltung sowie Nutzung von AR-Technologien im Arbeitskontext und können zur Förderung des Wohlbefindens von Mitarbeitenden beitragen.

WISSENSINTEGRATION ALS ZENTRALE HERAUSFORDERUNG DER INTER- UND TRANSDISZIPLINÄREN ARBEIT

Olga Vogel

Luisa freut sich sehr, denn sie wurde für ein transdisziplinäres Team zur Entwicklung eines KI-basierten Assistenzsystems zur Unterstützung der psychischen Gesundheit am Arbeitsplatz ausgewählt. Ihr Studium in Psychologie ist noch nicht lange her, doch seitdem sie ihre Arbeit in der Personalabteilung einer Krankenkasse begonnen hat, konnte sie ihr Wissen kaum anwenden. Jetzt ist es so weit. Das Ziel des Projekts besteht darin, ein System zu schaffen, das Frühwarnsignale für psychische Erkrankungen erkennt, relevante betriebs-spezifische Informationen aufarbeitet und effektive Interventionen vorschlägt.

Das Team besteht weiterhin aus Emre, einem Informatiker der Fachhochschule Dortmund, der Algorithmen zur Analyse von Verhaltensmustern und biometrischen Indikatoren entwickelt und Emma. Sie ist Spezialistin an der Ruhr-Universität Bochum für die Erhebung, Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen. Nach den ersten erfolgreichen Projekttreffen erweist sich die Zusammenarbeit als herausfordernd: Emre versteht nicht immer, warum Luisa immer nur über den individuellen Nutzen redet, während Luisa Schwierigkeiten hat, die technischen Details der Algorithmen nachzuvollziehen. Emma zieht sich völlig aus den gemeinsamen Besprechungen heraus, weil sie ihrer Ansicht nach erst starten kann, sobald die Datenerhebung beginnt.

In einer entscheidenden Projektphase stellt Luisa fest, dass die Algorithmen zwar technisch einwandfrei sind, jedoch wichtige psychologische Nuancen fehlen. Sie muss mehrfach nachfragen und erklären, warum bestimmte Variablen und Verhaltensmuster entscheidend sind. Emre wiederum sieht sich gezwungen, die Algorithmen immer wieder anzupassen, was zu Verzögerungen führt. Das Projekt kommt langsamer voran als geplant. Die Zeit drängt, doch das Team muss zusätzliche Iterationen durchlaufen, um sicherzustellen, dass das System sowohl technologisch fortschrittlich als auch psychologisch fundiert ist. Luisas Frustration wächst, da sie sich oft missverstanden fühlt, und auch die anderen sind genervt von den ständigen Anpassungen.



Abbildung: Transdisziplinäres Team, AI generiert mit runway.ml.

Kommt Ihnen diese Situation bekannt vor?

Welche Herausforderungen inter- und transdisziplinäre Arbeit mit sich bringt und wie diese adressiert werden können, damit beschäftigte sich Olga Vogel im Rahmen ihres Dissertationsprojektes „Förderung individueller kognitiver Wissensintegration in der inter- und transdisziplinären Arbeit“. Interdisziplinäre Arbeit beschreibt dabei die Zusammenarbeit von zwei oder mehr Experten/Expertinnen aus verschiedenen Disziplinen, während transdisziplinäre Arbeit zusätzlich die Interaktion zwischen wissenschaftlichen und nicht wissenschaftlichen Akteuren/Akteurinnen miteinbezieht. Missverständnisse in der Kommunikation,

Fehlannahmen bezüglich der Rollenverteilung im Team, Vorurteile gegenüber anderen Disziplinen und viele weitere sind typische Probleme der inter- und transdisziplinären (ITD) Zusammenarbeit, die in mangelnder Wissensintegration resultieren. Wissensintegration als die Zusammenführung von zuvor nicht miteinander verknüpften Wissensbausteinen (Repko & Szostak, 2017), ist wiederum zentral für den Erfolg von ITD-Projekten (Pohl & Hadorn, 2006).

Das Dissertationsprojekt gliedert sich in drei Phasen, aus denen eine theoretische und zwei empirische Arbeiten resultierten.

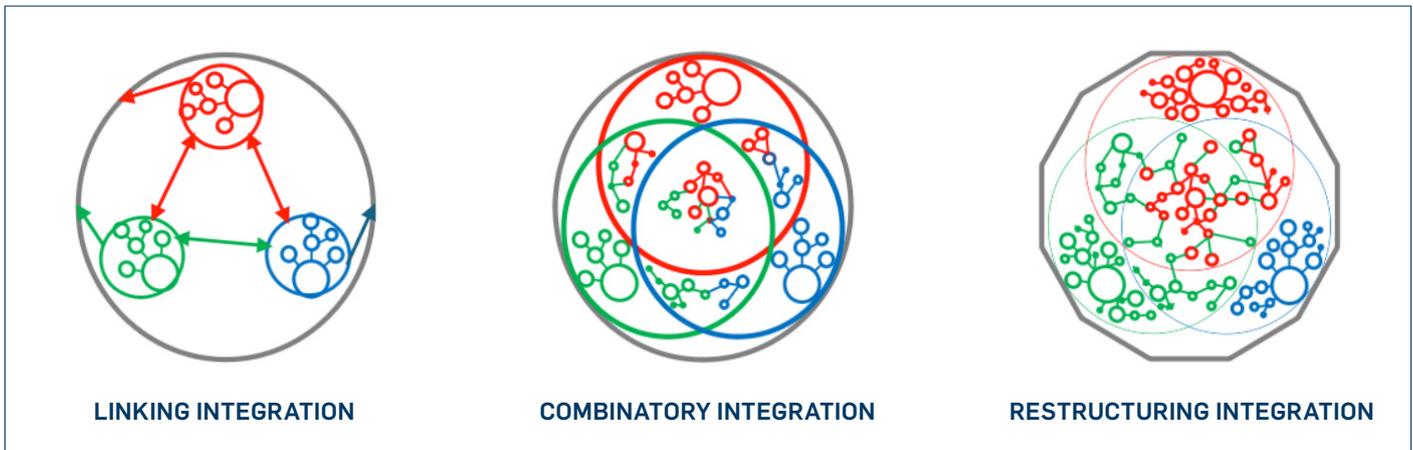


Abbildung: Projekterkenntnisse für Forschung und Praxis.

In der theoretischen Arbeit (Vogel & Hunecke, 2024) hat ein systematischer Überblick über bestehende Literatur gezeigt, dass kognitive Wissensintegration aus einer psychologischen Perspektive in drei übergeordnete Formen unterteilt werden kann (Abbildung).

Alle drei Formen bestehen aus mehreren kognitiven Operationen, die Individuen und Teams anwenden, um ihre mentalen Repräsentationen untereinander und mit dem Problemraum zu verknüpfen, der das Ist-, Soll-, und Transformationswissen für die Bearbeitung einer spezifischen Problemstellung enthält.

Linking Integration bezieht sich auf die Verbindungen zwischen den mentalen Modellen der Teammitglieder, dem Problemraum und untereinander. In dieser Phase werden einzelne Wissenskomponenten nicht direkt verknüpft. Die Integration erfolgt implizit durch Annahmen über das Wissen der anderen Disziplinen und die bekannten Eigenschaften des Problemraums.

Combinatory integration erweitert die bestehenden mentalen Modelle durch die Kombination einzelner Wissens-elemente. Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen den verschiedenen Disziplinen werden dabei sprachlich angepasst und verhandelt. Die Wissens-elemente werden innerhalb eines gemeinsamen Referenzmodells (shared common ground) kombiniert, das entweder zwischen allen Disziplinen oder zwischen einigen der beteiligten Disziplinen entwickelt werden kann. Wenn die kombinatorische

Integration über ein additives Maß hinausgeht, kann ein ausgewogenes Zusammenspiel aller Wissens-elemente entstehen. Dies wird im Diagramm durch die farbige Verbindung aller Wissens-elemente dargestellt.

In der **Restructuring Integration** verändert integratives Lernen die individuellen Wissensdarstellungen, und der Problemraum wird durch ein besseres Verständnis und die Anpassung von Erkenntnissen an die Bedürfnisse und Interessen nicht-wissenschaftlicher Akteure/Akteurinnen sowie des wissenschaftlichen Kontexts gestaltet. Der Grad der Integration nimmt im Diagramm von links nach rechts zu. Dennoch können alle Formen der Integration rekursiv und iterativ auftreten und sind nicht auf eine feste Abfolge beschränkt. Beispielsweise kann in einer späten Phase des Problemlösungsprozesses festgestellt werden, dass für die Aufgabe unangemessene disziplinäre Inhalte ausgewählt wurden, was eine Neubewertung des eigenen mentalen Modells erfordert. Darüber hinaus ist nicht jede Form der Wissensintegration für jedes Problem relevant (Klein, 2012). Der erforderliche Integrationsgrad hängt von den spezifischen Projektzielen und der Projektorganisation ab.

Nach der theoretischen Operationalisierung von Wissensintegration wurde im Rahmen des zweiten Artikels untersucht, wie kognitive Wissensintegration auf der individuellen Ebene gefördert werden kann (Vogel & Hunecke, 2023). Hierfür wurden im Rahmen des Kompetenzansatzes Perspektivenübernahme, Reflexivität, analoges Denken

und Toleranz für Ambiguität und Unsicherheit als zentral für die Verbesserung der individuellen Wissensintegration identifiziert. N=421 Teilnehmende, darunter Studierende sowie Fachkräfte aus Wissenschaft und Wirtschaft, beantworteten Fragebögen zur Wissensintegration und den entsprechenden Kompetenzen. Die Ergebnisse zeigten, dass alle postulierten Kompetenzen positiv mit der Wissensintegration zusammenhängen, wobei analoges Denken und Perspektivenübernahme die stärksten Beziehungen aufwiesen.

Schließlich wurde in einer experimentellen Studie ein Coaching-Programm zur Förderung der Wissensintegration evaluiert (Vogel & Hunecke, 2024). N=20 Teilnehmende nahmen an einem fünfwöchigen Programm teil. Die erste Sitzung konzentrierte sich darauf, die Ziele zu klären und das Vertragsverhältnis zwischen Coach und Coachee festzulegen. Die zweite Sitzung diente dazu, Ambiguität und Unsicherheit zu erkennen und zu lösen, um die gesetzten Ziele zu erreichen. In der dritten Sitzung wurden die Teilnehmenden in das Konzept des analogen Denkens eingeführt, das anhand des Strahlenproblems nach Duncker und Lee (1945) veranschaulicht wurde. Sie entwickelten Analogien für ihre eigenen disziplinären Inhalte und Ziele. In der vierten Sitzung reflektierten die Teilnehmenden im Rahmen der Übung „Disziplinäre Linse“ Unterschiede hinsichtlich der Methoden, Theorien und zugrunde liegende Anschauungen zwischen verschiedenen relevanten Disziplinen. Die letzte Sitzung schloss mit einer Reflexion über disziplinäre Vorurteile und persönliche Fehlannahmen der Teilnehmenden sowie der Reflexion über die eigene Rolle als inter- und transdisziplinäre Wissenschaftler:innen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Coaching signifikant positive Einflüsse auf Wissensintegration, Toleranz für Ambiguität und Unsicherheit, analoges Denken sowie auf Fähigkeiten und Verhaltensweisen im Rahmen der ITD-Orientierung hatte. Das Coaching ist somit eine geeignete Methode zur Förderung von Integrationsprozessen und analoges Denken ist eine zentrale Kompetenz im Umgang mit ITD-Problemen.

gefördert von SecHuman, Forschungskolleg,
Sicherheit für Menschen im Cyber Space:

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

Kennen Sie das Strahlenproblem nach Duncker (1935)?

Ein Arzt hat einen Patienten mit einem bösartigen Tumor in seinem Magen. Der Tumor kann nicht operiert werden, aber wenn er nicht zerstört wird, wird der Patient sterben.

Es gibt eine Art von Strahlung, die verwendet werden kann, um den Tumor zu zerstören. Wenn der Strahl den Tumor auf einmal und mit einer ausreichend hohen Intensität erreicht, wird er den Tumor zerstören, obwohl er auch das gesunde Gewebe beschädigt, durch das er gehen muss, um den Tumor zu erreichen.

Bei einer geringeren Intensität wird der Strahl das gesunde Gewebe nicht schädigen, aber in diesem Fall wird er auch nicht auf den Tumor einwirken. Wie könnte man vorgehen, um den Tumor mit dem Strahl zu zerstören und gleichzeitig die Zerstörung des gesunden Gewebes zu vermeiden?

Die Lösung folgt am Ende dieses Beitrags

Wie sollten nun Luisa, Emre und Emma nun weiter vorgehen?

Zwar konnte das Dissertationsprojekt nicht alle Fragen beantworten, doch es lassen sich einige zentrale Implikationen für die Praxis ableiten. Diese sind im Folgenden dargestellt:

- **Führe eine oder mehrere konstituierende Sitzungen zur Zielformulierung im Projekt durch, um diverse Perspektiven auf den Untersuchungsgegenstand zu integrieren.** Achte dabei darauf, dass jede disziplinäre Perspektive verbal expliziert wird, um die Verknüpfung der mentalen Modelle mit dem Problemraum und untereinander zu gewährleisten.
- **Schaffe ein Verständnis für die unterschiedlichen Methoden zur Bearbeitung der Aufgabe.** Wählt gemeinsam geeignete Methoden aus und versucht, erste Verbindungen zwischen ihnen herzustellen.

- **Kommuniziere frühzeitig Fallstricke der interdisziplinären Arbeit und der Wissensintegration.** Mache den Teilnehmenden dabei relevante Kompetenzen bewusst und baue Übungen ein, um Erfolgserlebnisse im Umgang mit Herausforderungen zu generieren.
- **Macht Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den einzelnen Disziplinen sichtbar.** Entwickelt eine gemeinsame Sprache, auf die alle beispielsweise in Form eines digitalen Wikis Zugriff haben. Entwickelt das Sprachverständnis über den Verlauf des Projekts weiter.
- **Gestalte gemeinsame Sitzungen so, dass aktive Perspektivenübernahme gefördert wird.** Insbesondere im Umgang mit Konflikten ermöglicht dies eine gegenseitige Wertschätzung der Teilnehmenden.

Und, konnten Sie das Strahlenproblem bereits lösen? Die Antwort ist mittlerweile gut bekannt, sodass diese Analogie sich nur bei Laien auf dem Gebiet einsetzen lässt. Nachdem die Teilnehmenden das Problem präsentiert bekommen haben und es nicht lösen konnten, erhielten sie eine Analogie zur Unterstützung der Problemlösung (Infobox 2). Bei der Übertragung der Analogie wird deutlich, dass das

Strahlenproblem gelöst werden kann, indem der Tumor von mehreren Dosen mit geringer Intensität von verschiedenen Seiten aus zeitgleich bestrahlt wird.



Analogie zum Strahlenproblem

Eine Festung befand sich in der Mitte des Landes. Von der Festung gingen viele Straßen aus.

Ein General wollte die Festung mit seiner Armee einnehmen. Der General wollte verhindern, dass Minen auf den Straßen seine Armee und die umliegenden Dörfer zerstören. Daher konnte die gesamte Armee die Festung nicht über eine einzige Straße angreifen. Für die Einnahme der Festung wurde jedoch die gesamte Armee benötigt. Ein Angriff durch eine kleine Gruppe würde also nicht gelingen.

Der General teilte daher seine Armee in mehrere kleinen Gruppen auf. Er positionierte die kleinen Gruppen an den Spitzen der verschiedenen Straßen. Die kleinen Gruppen stürmten gleichzeitig auf die Festung zu. Auf diese Weise nahm die Armee die Festung ein.



Literatur:

Duncker, K., & Lees, L. S. (1945). On problem-solving. *Psychological Monographs*, 58(5), i-113. <https://doi.org/10.1037/h0093599>

Klein, J. T. (2012). Research integration: A comparative knowledge base. In A. F. Repko, W. H. Newell, & R. Szostak (Eds.), *Case studies in interdisciplinary research* (pp. 283–298). SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781483349541.n10>

Repko, A. F., & Szostak, R. (2017). *Interdisciplinary research: Process and theory* (3rd ed.). Sage Publications.

Vogel, O. & Hunecke, M. (2024). Cognitive operations of knowledge integration in inter- and transdisciplinary work. Unpublished Manuscript.

Vogel, O. & Hunecke, M. (2023). Fostering knowledge integration through individual competencies: the impacts of perspective taking, reflexivity, analogical reasoning and tolerance of ambiguity and uncertainty. *Instructional Science*, 52(2), 227-248. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11251-023-09653-5>

Vogel, O. & Hunecke, M. (2024). Looking through the Disciplinary Lens: The Development and Evaluation of a Coaching Intervention to foster Inter- and Transdisciplinary Knowledge Integration. Manuscript submitted for publication.

NEXT-GEN PROCESS SAFETY: DYNAMIC RISK ASSESSMENT THROUGH CFD AND OPERATOR TRAINING ASSISTED BY SENSORY MEASURES AND AI

Asher Ahmed Malik, Risza Rusli & Mohammad Shakir Nasif

Abstract

Process safety experts are dedicated to the safety of storing flammable fuels, especially in congested tank layouts. Computational Fluid Dynamics (CFD) has proven effective in assessing fire spread in tank farms, gas dispersion, and explosion consequences. 3D transient results from CFD can be integrated with risk assessment methodologies, proposing dynamic risk assessment framework for next-gen process safety. Human error is regarded as a fundamental causative element of process industry accidents. Human reliability analysis

is integral to quantitative risk assessment but identifying the optimal set of performance shaping factors (PSFs) remains challenging due to the complexity of chemical processes and human behavior. Moreover, the accuracy in human performance evaluation is still questionable, especially in the cases where the cognitive aspects of the process operators come into play. Modern research is exploring psychophysiological measures to analyze cognitive attributes and develop AI methodologies to mimic human behavior as digital twins, improving human performance and

overall process safety.

CFD and Dynamic Risk Assessment

The occurrence of fire-induced domino accidents in tank farms is less probable but if it occurs the impact is highly catastrophic¹. The credibility of primary fire escalation to surrounding tanks depends on incident heat radiation. In fact, numerous studies highlight the significance of dynamic evolution of fire-induced domino effect in storage tank farms². In this regard, recent research indicates CFD better represents actual fire dynamics and wind effects³.

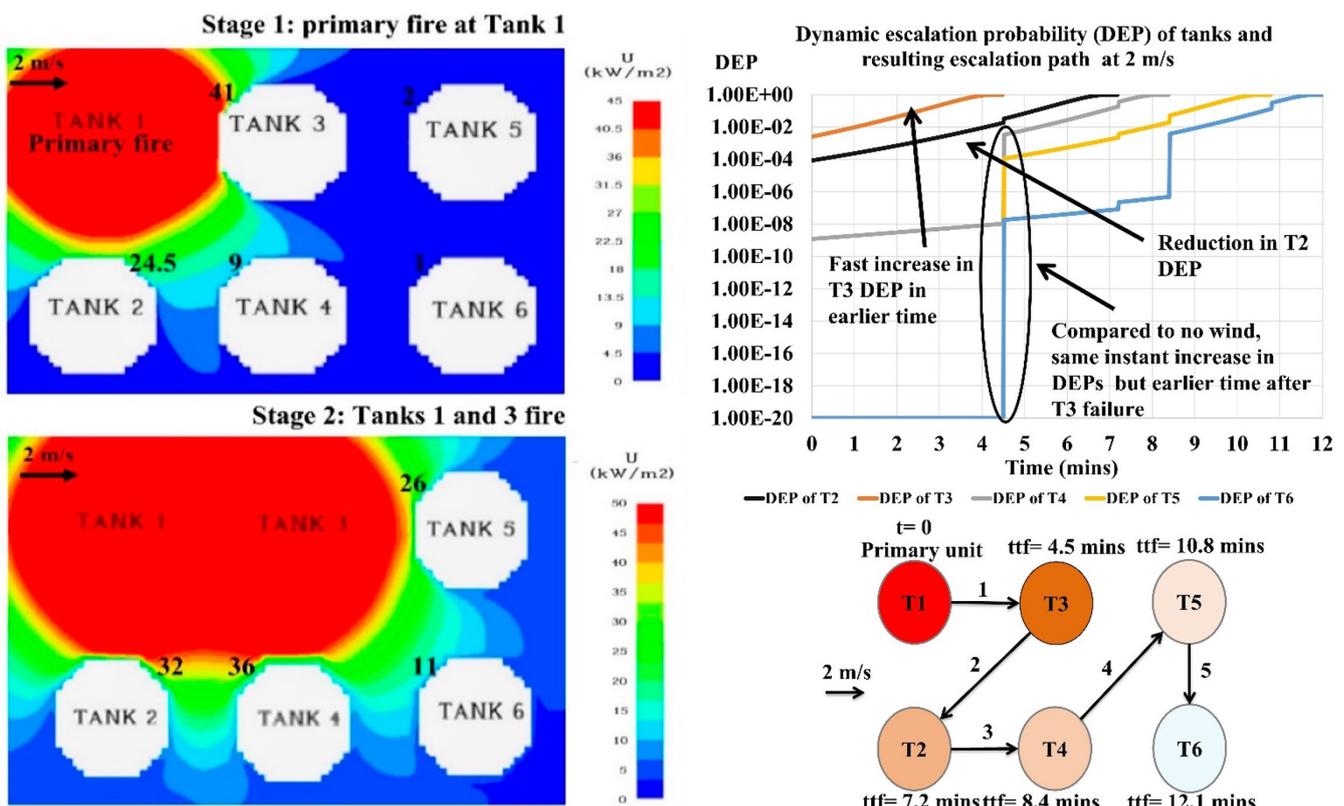


Figure 1: CFD modeling of fire escalation in tank farm and computation of dynamic fire spread probability (For additional details please consult the full paper [Related Publication 1]).

In our research we assessed the complete dynamic evolution of fire-induced domino effect using fire dynamics simulator (FDS), CFD software. As depicted in figure 1, the incident heat flux during successive domino evolution were obtained from FDS simulation and overall dynamic fire spread probability was calculated using individual tank failure probabilities for each wind speed. The dynamic fire spread probability in tank farms under varying wind conditions could represent the overall meso-level risk, allowing the

emergency response team to revise the intervention timing, so fire spread probability is acceptable at that arrival time given wind conditions.

Our research team has also uniquely conducted detailed grid based CFD modeling of hydrogen gas dispersion on the Steam Methane Reforming (SMR) offshore platform and utilized the transient results in probabilistic risk representation accounting for wind speed probability and human error probability. An illustration of our

work is depicted in figure 2. Hydrogen is gaining global recognition as a sustainable energy source, but its combustible nature raises concerns, especially in congested offshore settings⁴. We aimed to consolidate evidence if the hydrogen dispersed in open wind-influenced environment provides real threat of combustible hazard. This study provides a basis for quantitative hydrogen gas hazard level prediction on offshore SMR platforms and therefore supports hydrogen safety, risk, and reliability.

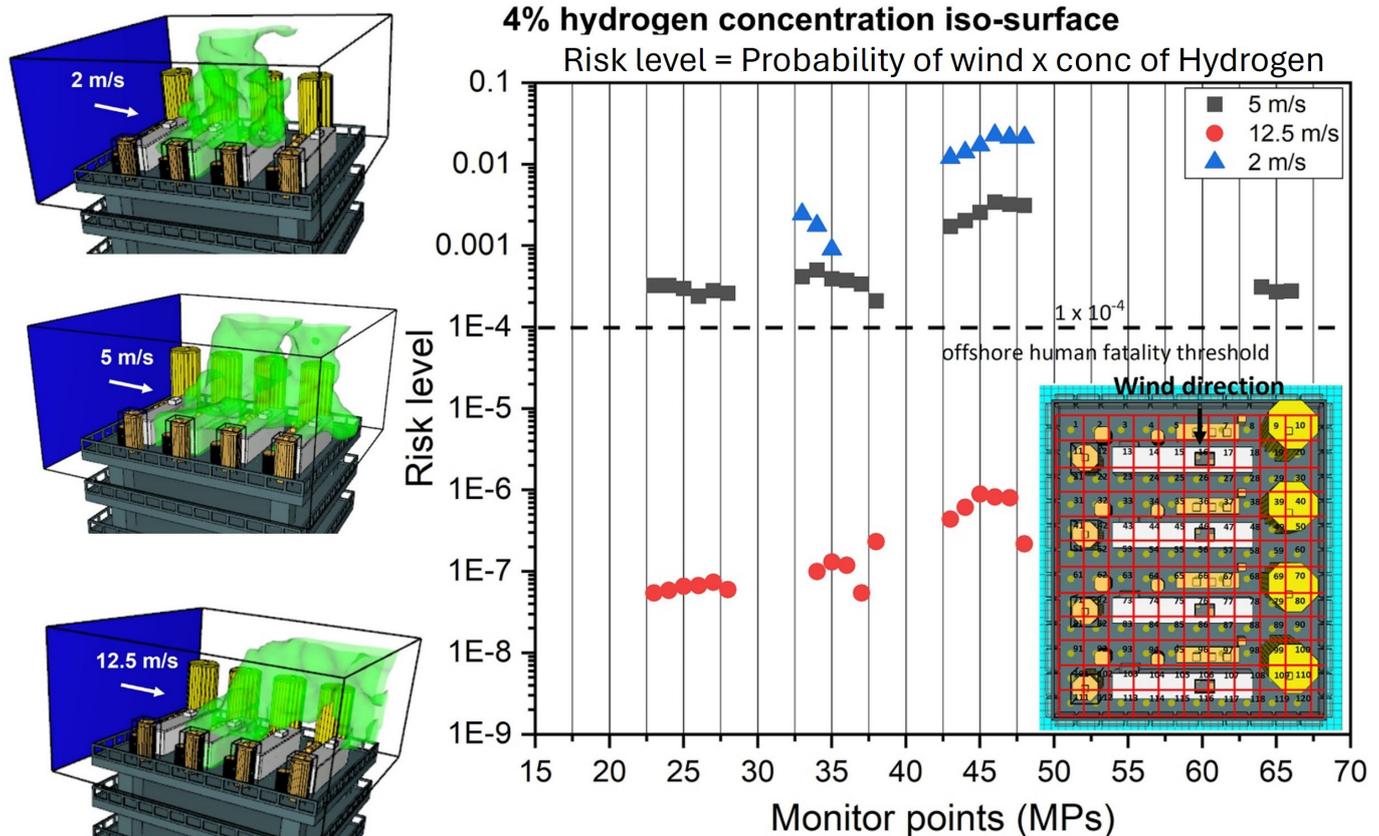


Figure 2: Wind-influenced 3D flammable gas dispersion and corresponding grid-based risk level. (For additional details please consult the full paper [Related Publication 2]).

Figure 2 shows that by leveraging CFD capabilities, we determined a 3D iso-surface of flammable cloud dispersed under the wind influence. From our results, a general trend was observed,

where the increase in wind speed results in reduced risk levels for all the monitor points (MPs). This is likely due to the low probability of such high wind speeds occurring. This concludes

that although there is a flammable concentration, it is not necessary that the risk of explosion is high enough, as the occurrence of such wind speed is almost negligible, and thus the risk

overestimation is avoided.

We also investigated a worthy concern of the accumulation of flammable gas cloud dispersing from spillage/leakage on sea surface towards congested multileved offshore platform. Through Flame Acceleration Simulator (FLACS) CFD analysis, we have found that due to congested surrounding of the multileved offshore platform, the turbulence intensity

due to atmospheric wind is higher in the front regions from where the flammable cloud approaches, and reduces towards the inner regions of the platform as depicted in figure 3. Thus, higher chances of flammable cloud dilution is likely in the front but may not be likely inside the platform which could be a serious threat of explosion, if ignited. Nevertheless, we have also shown that the strength of

wind speed is crucial as at 3 m/s, the flammable cloud could not reach to the inner depth of the platform and thus high overpressure consequences are observed at outer regions of the platform base. We conclusively suggested to have adequate ventilation on lower platform decks specially under high wind circumstances to avoid possible explosion hazard due to cloud accumulation.

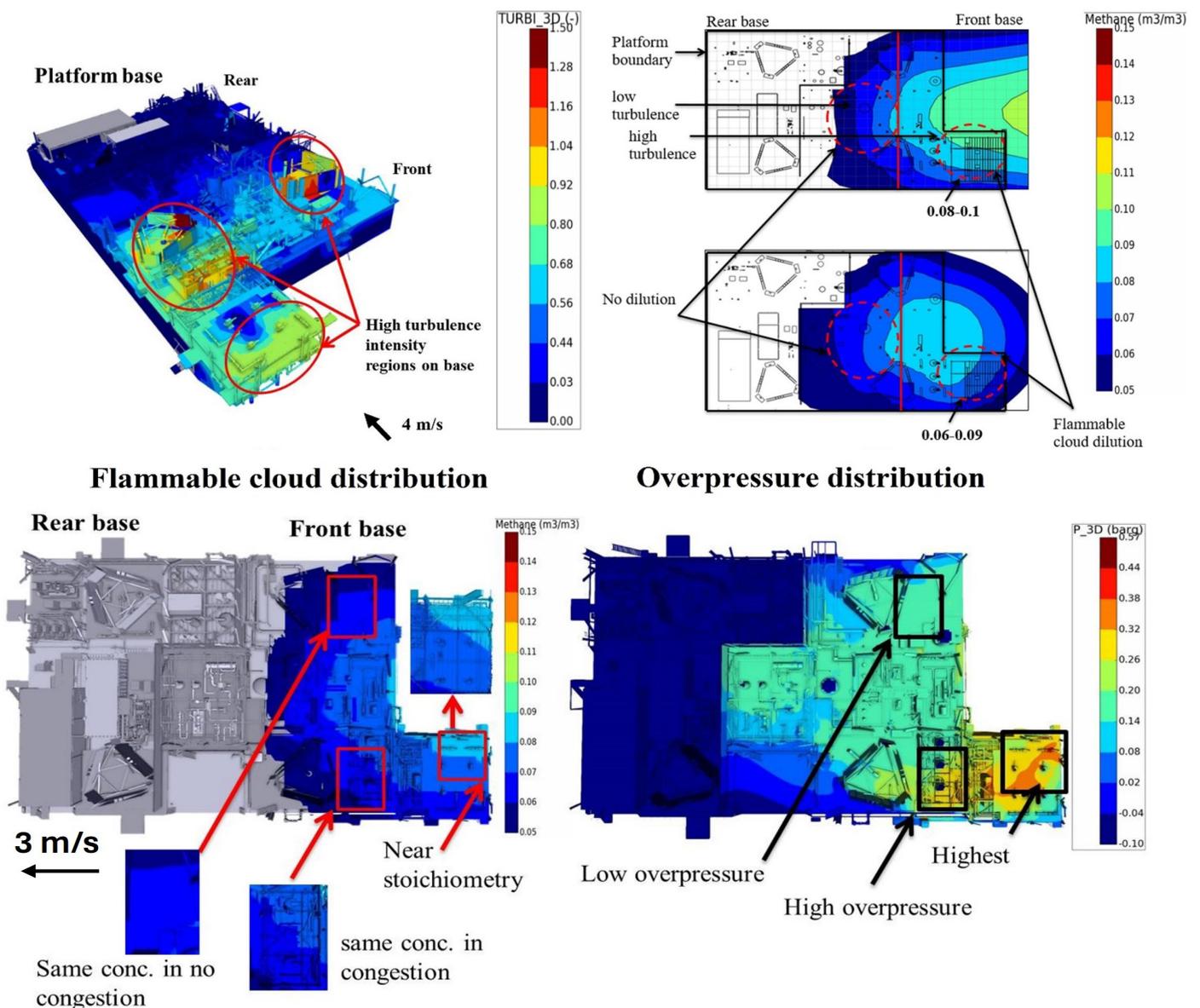


Figure 3: Turbulence intensity distribution, flammable cloud dispersion and explosion consequence using CFD (For additional details please consult the full paper [Related Publication 3]).

Human Error, Operator Training and Process Safety

We have deeply analyzed the consequences of process safety accidents through CFD and have also proposed risk quantification techniques. However, we realized the importance of addressing accident causation from the root to eliminate or at least minimize it. Statistics show that human error accounts for more than 80% of accident causes⁵, and managing this is crucial for overall process safety. Analyzing human factors is a very complex task involving synchronized attributes and their linked factors. In our research, we have focused on two main aspects: identifying the minimal set of Performance Shaping Factors (PSFs) for human performance evaluation, and analyzing the cognitive aspects of humans while performing tasks in the process industry.

In our recent research, we have undertaken the tank overfilling scenario and conducted human reliability analysis (HRA) using Bayesian network (BN) based on minimized set of relevant PSFs.

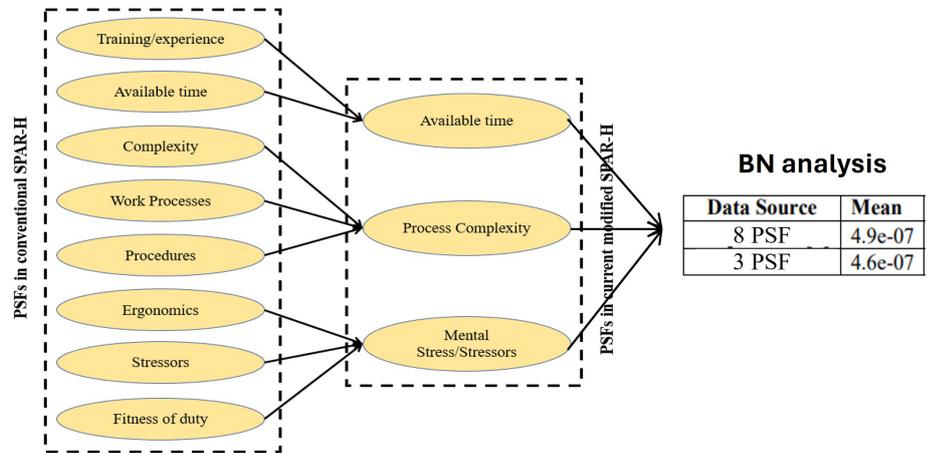


Figure 4: HRA with reduced PSFs in SPAR-H method for human failure probability in tank overfilling scenario (For additional details please consult the full paper [Related Publication 4]).

Our methodology holds the flexibility to be extended to other process industry scenarios as well. Through expert elicitation we reduced the PSFs of Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Analysis (SPAR-H) methodology from standard eight (8) PSFs to three (3), as depicted in figure 4. We used these three PSF in our analysis and found from BN that our reduced set of PSF gives human failure probability that matches the one with all eight PSFs. Thus, the attempt of reducing the set of PSF served its efficacy.

Our most recent research has been dedicated to analyze the training and assessment practices in control room operations for improved human performance, with special attention towards the role of sociotechnical characteristics (depicted in figure 5) and cognitive attributes. We have identified that the research on the evaluation of control room training accounts for task, operator, environment and socio-organizational aspects. Our research team has undergone thorough review on analyzing the role of psychophysiological measures for operator training and assessment and we determined that mental workload and situation awareness is the key cognitive attribute analyzed in respect to control room operations, where eye-tracking being the dominant evaluation technology. Our research team is progressing towards developing AI-based solutions that offer digital twin for assisting operator training and assessment and the model is to be driven by actual sensory responses. This will lead to objective and proactive training solutions for improved process safety.

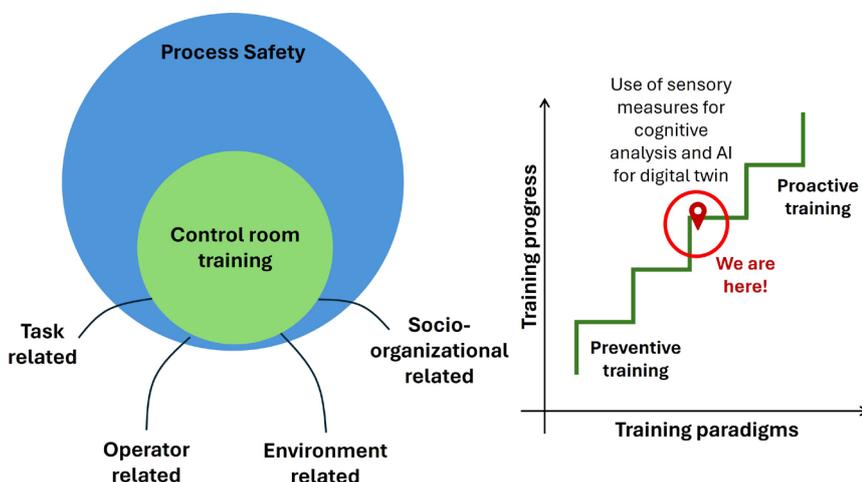


Figure 5: Research paradigm for operator training and assessment for improved human factor analysis and process safety.



Our Related Publications:

Publication 1: Malik AA, Nasif MS, Arshad U, Mokhtar AA, Tohir MZM, Al-Waked R. Predictive Modelling of Wind-Influenced Dynamic Fire Spread Probability in Tank Farm Due to Domino Effect by Integrating Numerical Simulation with ANN. *Fire*. 2023;6(3). doi:10.3390/fire6030085

Publication 2: Malik AA, Rusli R, Nazir S, Wong RH, Arshad U. Grid-based assessment of hydrogen leakages for an offshore process to improve the design and human performance. *Process Saf Prog*. 2024;43(S1):S35-S49. doi:10.1002/prs.12567

Publication 3: Malik AA, Nasif MS, Niazi UM, Al-Waked R. Numerical modelling of wind-influenced above sea gas dispersion and explosion risk analysis due to subsea gas release on multileveled offshore platform. *Appl Ocean Res*. 2022;124(May):103208. doi:10.1016/j.apor.2022.103208

Publication 4: Asher Ahmed M, Risza R, Fatin Afifah BMN, Salman N, Rizal Harris W. Human reliability assessment for tank overfilling incident utilizing minimized human performance shaping factors. *Mater Res Proc*. 2023;29:135-144. doi:10.21741/9781644902516-17



Literature cited:

Casal J, Darbra RM. *Analysis of Past Accidents and Relevant Case-Histories*. Elsevier; 2013. doi:10.1016/B978-0-444-54323-3.00002-6

Zhang L, Landucci G, Reniers G, Khakzad N, Zhou J. DAMS: A Model to Assess Domino Effects by Using Agent-Based Modeling and Simulation. *Risk Anal*. 2018;38(8):1585-1600. doi:10.1111/risa.12955

Chen C, Reniers G, Khakzad N. A thorough classification and discussion of approaches for modeling and managing domino effects in the process industries. *Saf Sci*. 2020;125(July 2019):104618. doi:10.1016/j.ssci.2020.104618

Ishaq H, Dincer I, Crawford C. A review on hydrogen production and utilization: Challenges and opportunities. *Int J Hydrogen Energy*. 2022;47(62):26238-26264. doi:10.1016/j.ijhydene.2021.11.149

Yalcin E, Ciftcioglu GA, Guzel BH. Human Factors Analysis by Classifying Chemical Accidents into Operations. *Sustain*. 2023;15(10):1-16. doi:10.3390/su15108129

DEVELOPMENT OF PREDICTIVE MODEL FOR SAFE BY DESIGN (SbD) ASSESSMENT OF NANOMATERIALS

Mardhati Zainal Abidin

¹Chemical Engineering Department, Universiti Teknologi PETRONAS

²Centre of Advanced Process Safety, Universiti Teknologi PETRONAS

The development and application of advanced materials such as nanomaterials are important for the technology revolution and economic progress worldwide. On a scale of 1 to 100 nanometers, nanomaterials pose unique physical and chemical properties that can improve the performance and characteristics of final products of different sectors [1]. For instance, titanium dioxide is utilized for UV protection in the cosmetics industry, while nanosilver offers antibacterial protection in the paint industry, among other applications.

However, previous studies indicated that the exposure to nanomaterials to the workers handling nanomaterials leads to fatalities and health issues such as respiratory distress syndrome, pneumoconiosis, fibrosis, etc. [2]–[7]. To solve this issue, the concept known as safer by design (SbD) is very important. SbD principle integrate the knowledge of nanomaterials' potential adverse effects on human health, animals, and the environment into the process of designing nanomaterials and nanoproducts [8]. The implementation of SbD will

ensure the consideration of functionality and safety aspects will be done from the earliest phases of research and innovation. SbD can be achieved by modifying nanomaterials properties such as shape, surface charge, solubility, surface area, particle size, aggregated/agglomerated, surface coatings, reactive surface groups, and purity [9]. However, the lack of nanomaterial data at the early stage of design becomes a major challenge for SbD implementation. Therefore, a new approach is needed as an alternative to the conventional lab testing that are

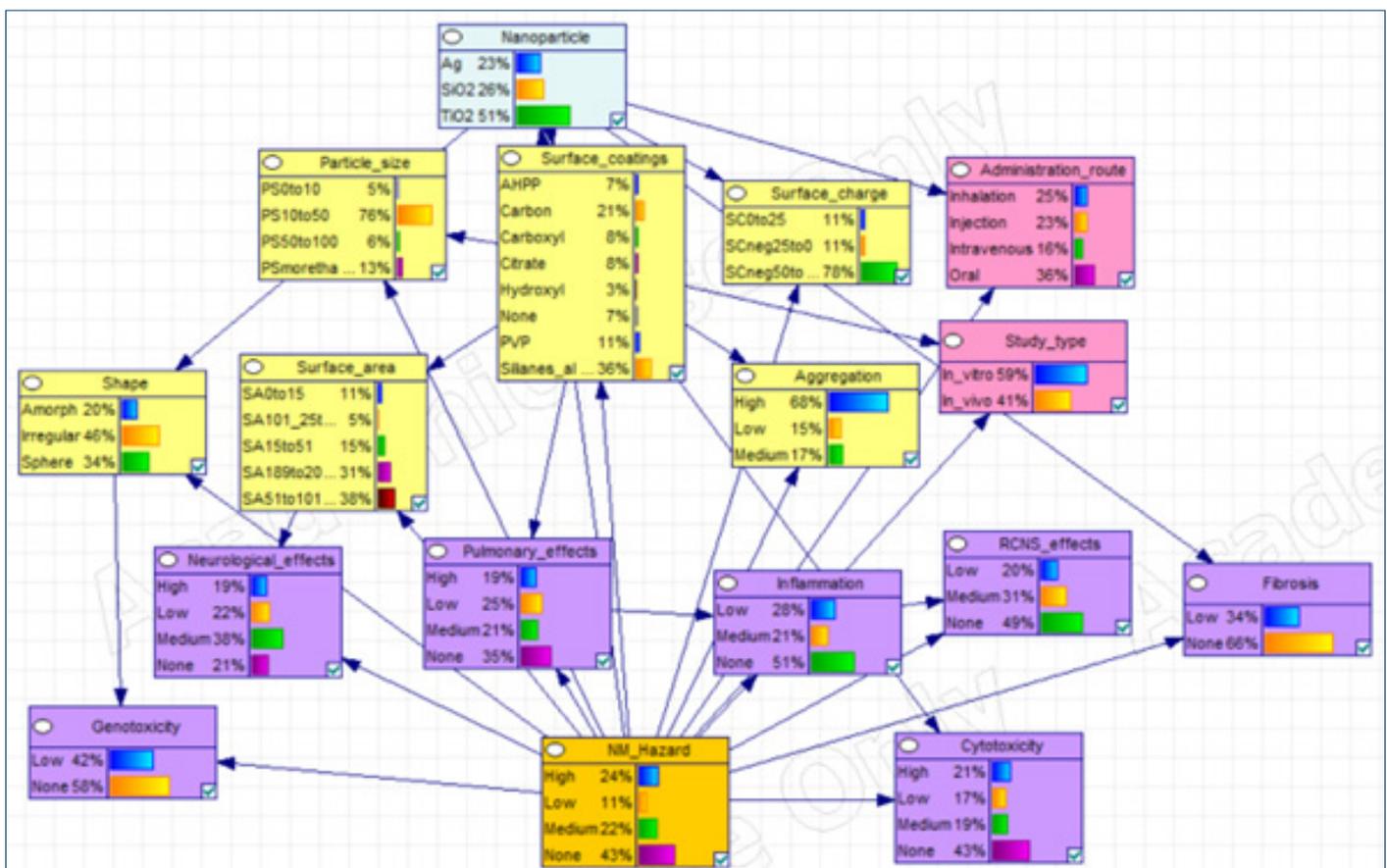


Figure: Bayesian Network Model for Nanomaterial Hazard Prediction.

costly, time consuming with a potential of ethical issue.

Therefore, in this work, a predictive model that integrates SbD assessment with Bayesian Belief Network (BBN) has been proposed. A model developed using relevant data that can contribute to the risk towards human health i.e. exposure routes, potential biological effects, and physicochemical properties for three common nanomaterials used in industry; titanium dioxide (TiO₂), silicone dioxide (SiO₂) and silver (Ag) (see figure). The developed BBN model was validated using 20 K-fold cross-validation and obtained the accuracy of 72.92%. Since the model has accuracy higher than 70%, the result obtained from the BBN model considered reliable. To demonstrate the capability of the developed model, four different case studies has been conducted. The hypothesis developed based on the findings from the scientific published works (Table 1). The changes has been introduced in the model based on SbD principles, and the predicted health hazards has been compared with the hypothesis. The findings from the case studies was summarized as follows:

Case Study 1: The results obtained are consistent with previous studies. Specifically, the findings shows that large particle size poses less hazard compared to small particle size.

Case Study 2: Different shapes of nanoparticles have different surface areas, which can bind to body cells. In the previous study, rods showed the highest uptake into cells, followed by spheres, cylinders and cubes.

Case study	Parameter	Value	SbD	Hypothesis
Case study 1	Particle size 50-100 ng	>100 nm	Minimization	Larger particle sizes, over nanomaterial hazards.
Case study 2	Shape Sphere	Irregular	Moderate	Irregular shape is expected to possess higher hazard compared to the spherical shape.
Case study 3	Surface area	0-15 15-51 189-2025	Moderate	Larger surface area, higher hazards.
Case study 4	Aggregation	Low High	Moderate	Higher aggregation, higher hazard.

Table: Summary of Four Case Studies.

The findings in this works are in line with previous studies and confirm that spherical shape has a lower potential of hazard due to the dissolution effect of the materials. However, no significant impact of the changes was observed towards the surface as the materials fall under the same group of particle size.

Case Study 3: The result obtained was satisfactory, showing that an increase in surface area was associated with a proportional increase in hazard from medium to high and low to high for TiO₂ and SiO₂, respectively. The prediction results also supported the finding in previous section, where the changes of surface area for TiO₂ were associated with the shape.

Case Study 4: In contrast to the general belief that smaller size of particles will poses higher toxicity, the results shows that large aggregation do not appear less active than small aggregation. In some cases, large aggregation of TiO₂ induces stronger pulmonary effects compared to small aggregation. Nanomaterials have a larger total surface due to the porosity

of the materials compared to solid materials. These events enhance the catalytic activity and faster dissolution of nanomaterials into the body cells. The prediction results indicated that nanomaterial hazard decreased with the reduction of aggregation of nanomaterials.

As a conclusion, a predictive model that integrates SbD assessment with BBN has been developed. The capability of developed model to demonstrate SbD benefits to reduce the risk towards human health has been demonstrated. It was proven that the adoption of a machine learning algorithm via BBN technique can contribute to the time efficiency, reduction of manpower, and cost-effectiveness during the assessment process.





References:

- [1] D. Azoulay, R. Senjen, and G. Foladori, "Social and Environmental Implications of Nanotechnology Development in Asia-Pacific," 2013.
- [2] R. E. G. Rendall, J. Phillips, and K. A. Renton, "Death Following Exposure to Fine Particulate Nickel from a Metal," *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 38, pp. 921–930, 1995.
- [3] M. J. Hull and J. Abraham, "Aluminum welding fume-induced pneumoconiosis," *Hum. Pathol.*, vol. 33, pp. 819–825, 2002.
- [4] Y. Song, X. Li, and X. Du, "Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma," *Eur. Respir. J.*, vol. 34, no. 3, pp. 559–567, 2009.
- [5] J. I. Phillips, F. Y. Green, J. C. A. Davies, and J. Murray, "Pulmonary and systemic toxicity following exposure to nickel nanoparticles," *Am. J. Ind. Med.*, vol. 53, no. 8, pp. 763–767, 2010.
- [6] Y. Song et al., "Nanomaterials in Humans: Identification, Characteristics, and Potential Damage," *Toxicol. Pathol.*, vol. 39, no. 5, pp. 841–849, 2011.
- [7] T.-H. Cheng, F.-C. Ko, J.-L. Chang, and K.-A. Wu, "Bronchiolitis Obliterans Organizing Pneumonia Due to Titanium Nanoparticles in Paint," *Ann. Thorac. Surg.*, vol. 93, pp. 666–669, 2012.
- [8] C. Schwarz-Plaschg, A. Kallhoff, and I. Eisenberger, "Making Nanomaterials Safer by Design?," *Nanoethics*, vol. 11, no. 3, pp. 277–281, 2017.
- [9] H. J. P. Marvin et al., "Application of Bayesian networks for hazard ranking of nanomaterials to support human health risk assessment," *Nanotoxicology*, vol. 11, no. 1, pp. 123–133, 2017.



This study is funded by the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) Malaysia under the research grant (03-16/03/NANO(E)/2019/01) "Prediction of Nanomaterial Risk using Bayesian Network". In addition, the authors would like to acknowledge the support from Universiti Teknologi PETRONAS for providing the related research facilities.

KOLLEG:INNEN UND

NACHWUCHSWISSENSCHAFTLER:INNEN

DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT

PETRONAS, MALAYSIA



Foto: Teilnehmer:innen der RUB, der UTP sowie der Universität Siegen, zum Forschungstag zum Austausch über Methoden zur Messung von Human Factors Variablen im Rahmen der Forschung zur Mensch-Technik Interaktion.

Von Mai bis Ende Juli hatten wir insgesamt drei Gäste der UTP, Malaysia, Frau Professorin Dr. Risza Rusli, Frau

Assistenzprofessorin Dr. Mardhati Zainal Abidin und Herrn Asher Ahmed Malik im Rahmen des Projekts ENHANCE.



Infos zum Projekt: H2020 Project ENHANCE:

<https://enhanceh2020.eu/>

Rapid technological development within the maritime industry has improved efficiency, productivity, and safety. However, this advancement is creating increasingly complex socio-technical systems, for which training has left human operators ill-prepared. **Over 75% of all maritime accidents are attributed to human error**, and smaller crews are handling more complex tasks. If safety is to be maintained or improved, it is vital to equip a crew with the skills needed to manage them effectively. ENHANCE specifically investigates these issues for maritime applications by utilizing **knowledge sharing between process and maritime industries. It brings together the academic and industrial expertise** of engineers, psychologists, human factors specialists and operators from **7 countries** to generate solutions to cope with technological development. University of South-Eastern Norway is the coordinator of this project.

AOW VERÖFFENTLICHUNGEN

HUMANZENTRIERTE IMPLEMENTIERUNG VON (TEIL-)AUTONOMEN DROHNEN

Olga Vogel & Annette Kluge

Der industrielle Einsatz von Drohnen nimmt im Übergang von der Industrie 4.0 zur Industrie 5.0 stetig zu. Für die Implementierung in Unternehmen bedarf es einer rechtlichen und betriebsspezifischen Risikobewertung der Flugrobotik. Kern des Beitrags ist die systematische Übersicht über relevante humanzentrierte Risikofaktoren für die Adaptation von Drohnen in Betrieben. Ausgehend von der Risikotaxonomie werden Gestaltungsmöglichkeiten für die Zusammenarbeit zwischen Menschen und Drohnen sowie eine Übersicht von Leitfragen für die Risikobewertung vorgestellt.

The industrial use of drones is constantly increasing due to the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0. A prerequisite for the concrete implementation is the legal and organizational risk assessment of flight robotics. The core of the article is a systematic overview of relevant human-centered risk factors for the adaptation of drones in organizations. Based on the proposed risk taxonomy, design options for human-drone interaction and an overview of key questions for risk assessment are presented.

Vogel, Olga and Kluge, Annette. „Humanzentrierte Implementierung von (teil-)autonomen Drohnen: „Zu Risiken und Nebenwirkungen wenden Sie sich an ihre Mitarbeitenden“, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, vol. 119, no. 5, 2024, pp. 324-330. <https://doi.org/10.1515/zwf-2024-1063>

WELCHE FEHLER PASSIEREN BEIM VERGESSEN UND NEUERLERNEN VON ROUTINEN?

Wiebke Roling & Annette Kluge

Zweck der Studie: Diese Studie zielte darauf ab, die arbeitsbezogene adaptive Leistung aus einer langfristigen Prozessperspektive zu untersuchen. Wir haben spezifische Verhaltensmuster nach der Einführung einer Veränderung ermittelt und diese mit der individuellen kognitiven Fähigkeit der Retentivität in Verbindung gebracht. Zusätzlich haben wir untersucht, ob die Häufigkeit von Anpassungsfehlern vom Inhalt der Veränderung abhängt.

Studienaufbau und Methodik: Die Daten von 35 Teilnehmern, die in einer simulierten Fertigungsumgebung des Research and Application Center Industry 4.0 (RACI) gesammelt wurden, wurden analysiert. Die Teilnehmer mussten einen Fertigungsprozess im RACI sowie durch ein Online-Trainingsprogramm erlernen

und trainieren. Bei einem zweiten Messzeitpunkt im RACI wurden spezifische Fertigungsschritte geändert, und die Teilnehmer mussten ihre Aufgabenausführung anpassen. Die adaptive Leistung wurde anhand von Anpassungsfehlern bewertet.

Ergebnisse: Die Teilnehmer machten entweder 1) keine Anpassungsfehler, 2) einzelne Fehler und Ausrutscher, 3) wiederholte Fehler bei den gleichen Aktionen oder 4) viele Anpassungsfehler verteilt über verschiedene Aktionen. Letztere Gruppe zeigte eine sehr geringe Retentivität im Vergleich zu den anderen Gruppen. Die meisten Anpassungsfehler traten auf, wenn neue Aktionen in den Fertigungsprozess eingeführt wurden.

Originalität und Wert der Studie: Unsere Studie liefert

empirische Forschung zur adaptiven Leistung und deren zugrunde liegenden Prozessen. Dieser Artikel trägt zu einem detaillierten Verständnis verschiedener

Verhaltensweisen in Veränderungssituationen bei und leitet Implikationen für das organisatorische Änderungsmanagement ab.

Roling, W., Grum, M., Gronau, N. & Kluge, A. (2024). The roots of errors in adaptive performance: Clustering behavioral patterns after the introduction of a change, *Journal of Workplace Learning*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JWL-10-2023-0168>

ERLEICHTERENDE UND BEHINDERENDE FAKTOREN FÜR ROUTINEANPASSUNGEN IN DER FERTIGUNG UND AUSWIRKUNGEN AUF DIE MENSCHLICHE LEISTUNG - UNERWARTETE ERKENNTNISSE AUS DREI EXPERIMENTELLEN STUDIEN IN EINER LERNFABRIK.

Annette Kluge

In dem Projekt der ersten Förderphase des SPP 1921 haben wir uns mit zwei übergeordneten Forschungsfragen befasst: Auf welche Weise findet das Vergessen in arbeitsteiligen, geschäftsprozessbezogenen Aktivitäten statt? Welche Wirkung hat das Entfernen von Retrieval Cues auf das Vergessen von Routinen und bestehen Unterschiede in Bezug auf einzelne Cue-Kategorien? Dazu wurden insgesamt 4 Arbeitspakete formuliert:

Zunächst wurden die Prozesse im FACI (Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0) in Arbeitspaket 1 gestaltet Gestaltung der Prozesse, Cues und Actions und Arbeitspaket 2: Vorbereitung des experimentellen Settings

In diesem Arbeitspaket wurde das FACI an der Universität Potsdam für die Experimente umgebaut und die zunächst 3 ab dem zweiten Experiment für 2 Werkerpositionen definiert und ebenso die Durchführungsphase von 4 auf 1 Woche verkürzt. Dazu gehörte die Ausarbeitung von Produktionsroutinen (mit 29 Aktionen) die vergleichbar aber hinreichend unterschiedlich waren und die Tätigkeiten der jeweiligen Werkerposition sinnvoll abbildeten. Um die Durchführung zu beschleunigen, wurde zudem ein „Zwilling“ der Anlage in Bochum installiert, um die Experimente (Arbeitspaket 3) zeitgleich

durchführen zu können. Die Auswertung und Integration der Daten (Arbeitspaket 4) erwies sich dabei als aufwändiger als ursprünglich eingeplant, da die auszuwertenden Daten zu den Werkeroutinen aus verschiedenen Datenquellen zunächst zusammengeführt werden mussten. Diese Datenintegration (Video-Material, Logfiles, Blickbewegungen, Daten aus papierbasierten Unterlagen, die zur Routine gehörten) und deren Aufbereitung für die verschiedenen Messzeitpunkte hat deutlich mehr Zeit benötigt.

Die zentralen Erkenntnisse wurden bereits in verschiedenen Formaten präsentiert und sind in der Publikationsliste (Schüffler et al., 2019; Schüffler et al. 2021) aufgeführt. Auf der Grundlage der Theorie der „situativen Stärke“ untersuchten wir, wie kontextbezogene und personenbezogene Faktoren die Anpassung der Beschäftigten in einer Routine mit zwei Werkern beeinflussen. Dabei wurden kontextbezogene Faktoren, wie Abrufhinweise (Studie 1), Zeitdruck (Studie 2) und Erhöhung des Aufwands (Studie 3), variiert. Zu den untersuchten personenbezogenen Faktoren gehörten Merkfähigkeit, allgemeine und routinespezifische Selbstwirksamkeit und wahrgenommene Anpassungskosten. Zu den abhängigen Variablen gehörten verschiedene Fehlertypen und die Produktionszeit vor und nach der Anpassung. In den Studien wurden insgesamt 148

Teilnehmer zum Zeitpunkt t1 in einer Produktionsroutine trainiert und führten eine Woche später zum Zeitpunkt t2 eine adaptierte Routine aus. Es zeigte sich sehr deutlich, dass die Produktionszeit bei allen Gruppen zu t2 deutlich zunahm. Bei den Teilnehmern der Studien 1 (Retrieval Cues) und 2 (Zeitdruck) blieben die Fehlerquoten konstant, bei Studie 3 nahmen die Fehler signifikant ab. Die Merkfähigkeit sowie die subjektiv erlebten Switching Costs (für die eine eigene Skala entwickelt wurde) wirkten sich sowohl bei t1 als auch bei t2 signifikant auf die Anzahl der Fehler aus (fluency hatte dagegen keinen Einfluss), was unterstreicht, dass Routineänderungen in einem „laufenden Betrieb“ unabhängig von

Kontextfaktoren Zeit benötigen (Kluge et al., revised/minor revision and resubmitted). Wichtige Erkenntnisse erhielten wir zu den Fehlerarten, die gemacht wurden, und die sich von den bisher verwendeten Fehlerklassifikationen unterscheiden. Wir vermuten, dass Theorien aus der Kognitions- und Gedächtnisforschung ein zielführender Rahmen sein könnte, um zu verstehen, warum bestimmte Fehler nämlich die Fortsetzung von Handlungen, die nicht mehr ausgeführt werden sollten, häufiger auftreten. Hier hilft die Fehlerklassifikation von Reason oder von Hollnagel nicht weiter, da diese Klassifikation das Fortsetzen von Handlungen, die unterlassen werden sollten, nicht berücksichtigt.

Kluge, A., Schöffler, A. S., Thim, C. & Gronau, N. (accepted). Facilitating and hindering factors for routine adaptations in manufacturing and effects on human performance- unexpected insights from three experimental studies in a special purpose setting. Ergonomics. DOI - 10.1080/00140139.2024.2369706





**WISSENSCHAFTLICHE MITARBEITER*INNEN
DES TEAMS ARBEITS-, ORGANISATIONS- & WIRTSCHAFTSPSYCHOLOGIE
& KOOPERATIONSPARTNER:INNEN**



IMPRESSUM

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



HERAUSGEBERIN

Prof. Dr. Annette Kluge
Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150
44780 Bochum



NEWSLETTER

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



DESIGN

Elisa Schallau
M.Sc. Psychologin & Mediengestalterin