



Komplexität & Lernen

Liebe Leserin, Lieber Leser,

die Corona-Zeiten zeigen uns derzeit, was alles möglich ist, wenn man „muss“ oder keine andere Wahl hat. Wahrscheinlich lernen die Letzten derzeit, wie man Web-Konferenzen durchführt, sich Online-Lehre-Tools installiert, Videos für die Lehre erstellt oder chattet. Wir lernen auch gleichwohl, wie viele verschiedene Online-Seminar-Tools es gibt: An einem der ersten Homeoffice Tage hatte ich drei Web-Meetings mit 3 sehr unterschiedlichen Web-Conferencing Tools. Aber auch das wundert oder stört einen schon nicht mehr. Not macht erfinderisch und Not macht derzeit viele auch kompetent, sich in technische Lösungen einzuarbeiten, die einem vorher schlicht zu mühsam waren. Die Corona-Zeiten zeigen derzeit auch, wie unbürokratisch Lösungen und Prozesse sein können, wenn sie unbürokratisch sein müssen. Und ich erlebe zudem, dass ich auf Mails sehr viel schneller Antworten erhalte, als zuvor, denn Menschen sitzen nicht mehr in Meetings, rennen nicht durch Flure, zwischen Gebäuden hin und her, sitzen nicht im Flugzeug oder im Auto. Mir ist bewusst, dass unsere universitäre Welt durch die derzeitigen Regelungen anders betroffen ist, als die produzierenden Unternehmen oder Dienstleister – aber für die Wissenschaft sind diese Tage wahrscheinlich ein großes Zeitgeschenk, ein 5. Quartal in Jahr 2020.

In diesem Newsletter möchte ich auch zwei Mitarbeiter*innen neu „an Bord“ begrüßen und herzlich willkommen heißen: Wiebke Roling, die uns in der zweiten Phase des SPP 1921 „Intentional Forgetting in Organisationen“ und speziell im Projekt „Cyber physical Forgetting“ unterstützen wird, sowie Albiruni Rauschanfikri, der uns in der Lehre und in der Forschung im Bereich Mixed-Reality-gestütztes Training verstärkt.

Wo auch immer der Newsletter Sie erreicht – vielleicht ist es ja eine Abwechslung zu den Corona-News, die derzeit die Medien beherrschen.

Ihnen alles Gute und den Abstand von 1,5 m beachten!

Annette Kluge & das gesamte Wips Team

Aus der Forschung für die Praxis

Entwicklung von Performance Indikatoren – Malaysiyeah!
Marina Klostermann und Sebastian Brandhorst

Leben zwischen den realen und virtuellen Welten
Albiruni Rauschanfikri

The VR Training Project in Construction Industry
Estefany Rey-Becerra

Veröffentlichungen aus dem Lehrstuhl

Using usability and user experience scores to design an Augmented Reality-based Ambient Awareness interface to support spatially dispersed teams
Thomaschewski, L., Weyers, B. & Kluge, A.

Retentivity beats prior knowledge as predictor for the acquisition and adaptation of new production processes
Haase, J. Matthiessen, J., Schüffler, A.S. & Kluge, A.

Fostering Flow-Experience in HCI to Enhance and Allocate Human Energy
Peifer, C., Kluge, A., Rummel, N. & Kolossa, D.

Aus der Forschung für die Praxis

Entwicklung von Performance Indikatoren – Malaysiyeah!

von Marina Klostermann und Sebastian Brandhorst

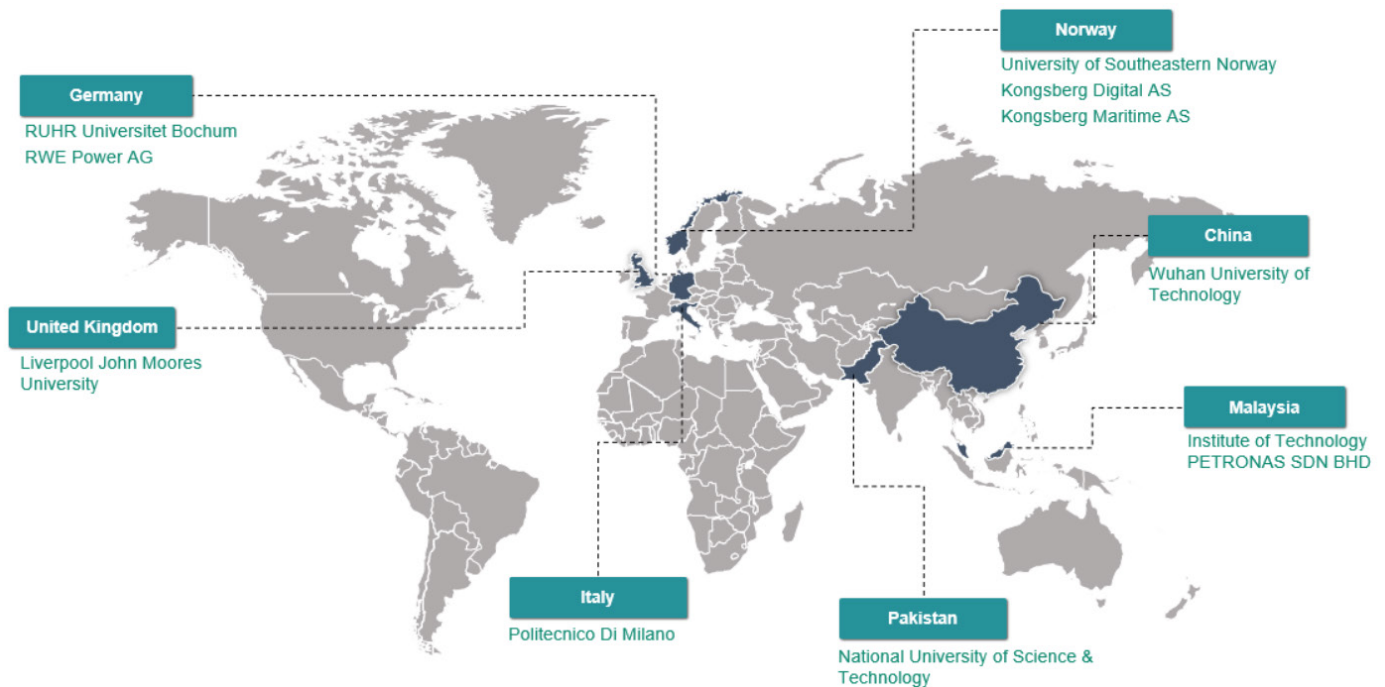


Abbildung: Projektpartner im ENHANCE Projekt (aus <https://enhanceh2020.eu/>)

Im Zuge des ENHANCE Projekts hat sich unsere Mitarbeiterin Marina Klostermann vor einiger Zeit auf den Weg nach Norwegen gemacht. Nun gibt es die ersten Ergebnisse über die Herausforderungen und nötigen Skills von AnwenderInnen von soziotechnischen Systemen in der maritimen Industrie, die sie auf der AHFE2020 (Applied Human Factors and Ergonomics) gemeinsam mit Sebastian Brandhorst in San Diego vorstellen darf. Ziel des ENHANCE Projektes ist, internationale Trainingsstandards und Assessment Methoden zu entwickeln, um die menschliche Performance in komplexen soziotechnischen Systemen zu verbessern (weitere Informationen: <https://enhanceh2020.eu/>). Der erste Schritt für das Entwickeln eines effektiven Trainings- und Assessmentinstruments ist somit zunächst abgeschlossen: Erste Bedürfnisse und Herausforderungen in der maritimen Industrie wurden ermittelt.

Rückblick nach Norwegen und Einblicke in die Ergebnisse:

Die Zunahme der Automatisierung macht das Arbeiten sicherer und effizienter, obwohl die Anzahl des

menschlichen Fehlers in der Schifffahrtsindustrie stabil bleibt und zu großen Katastrophen führen kann (Allianz Global Corporate & Speciality, 2017; Porathe et al., 2018). Es scheint also neue Herausforderungen und Anforderungen innerhalb des sozio-technischen Umfelds zu geben, an die BedienerInnen noch nicht vollständig angepasst sind. Bei unseren norwegischen Projektpartnern von Kongsberg Maritime wurden semi-strukturierte Interviews mit Fachleuten und Fokusgruppen durchgeführt, um die Herausforderungen betreffend der Automatisierung, kritischen Zwischenfälle, nicht-technische Fertigkeiten (NTS), deren Zusammenhänge und zusätzliche potentielle Herausforderungen zu untersuchen. Die Befragten waren sich einig, dass die Hauptursache für kritische Zwischenfälle der Mensch ist. Darüber hinaus hat sich die Rolle der BedienerInnen von einer aktiven Rolle in der Vergangenheit zu einer passiven Rolle in der Gegenwart gewandelt. Das technische Wissen hat jedoch zugenommen und BedienerInnen müssen zukünftige Ereignisse ständig antizipieren, um jederzeit bereit zu sein, in die Systemabläufe eingreifen zu können. Nach den Auswertungen der durchgeführten Interviews

sind NTS innerhalb komplexer Operationen wichtig und eng miteinander verbunden. Daher sollte sich das Training von BedienerInnen in sozio-technischen Systemen nicht nur auf eine Fähigkeit konzentrieren, sondern auf ein vollständiges Set an Fähigkeiten konzentrieren. Für die Entwicklung eines Trainings- und Bewertungsinstruments sollten sich künftige Studien auf relevante Verhaltensweisen konzentrieren, die die sichere und effiziente Leistung innerhalb der maritimen Industrie beeinflussen.

Entwicklung von Performance Indikatoren – Malaysia

Der nächste Schritt aus der in Norwegen durchgeführten Bedürfnisanalyse für die Entwicklung eines effektiven Trainings- und Assessmentinstruments ist die Definition von Trainingszielen. Dafür sollten zunächst relevante Verhaltensweisen (Performance Indikatoren), die mit einer sicheren und effizienten Leistung zusammenhängen, analysiert werden (Flin et al., 2008). Dafür hat es Marina Klostermann, Sebastian Brandhorst und unseren Neuzugang Albiruni Raushanfikri für insgesamt 3 Monate nach Malaysia verschlagen. Die Universiti Teknologi Petronas (UTP) steht als Partner des Enhance Projektes und als Experte in der Risikoanalyse und Risikobeurteilung aus der Prozessindustrie zur Verfügung.

Während des ersten Teils des Aufenthalts unserer reisefreudigen MitarbeiterInnen wurde der Arbeitsplan besprochen sowie seine Umsetzung geplant. Während Sie diesen druckfrischen Newsletter lesen, geht es in 10.000 km Entfernung nun um die Analyse von Performance-Indikatoren. Wie geht das Team dabei vor? Zunächst wird eine Dokumentenanalyse anhand von Unfallberichten vorgenommen. Diese Unfallberichte identifizieren relevante Verhaltensweisen, die für die Erstellung eines Selbstbericht-Fragebogens genutzt werden konnten. In diesen Selbstberichten beschreiben die ExpertInnen besonders gelungene und andererseits fatale Verhaltensweisen, die bei der Ausführung einer Tätigkeit beobachtet werden könnten (oder aus Erfahrung bekannt sind). Als Beispielfälle dienen der Ausbruch eines Feuers in einem Maschinenraum eines Schiffes und das tragische Ereignis der Deep Water Horizon, das zu einer der größten Umweltkatastrophe unserer Zeit führte. Mit



Abbildung: Marina Klostermann und Sebastian Brandhorst an der UTP

Hilfe dieser Ergebnisse aus den Selbstberichten können relevante Verhaltensweisen in Unfallsituationen abgeleitet und die nicht-technischen Fähigkeiten zugeordnet werden. Die spannende Frage ist hierbei, welche Fertigkeiten machen aus einem fatalen Verhalten ein gelungenes Verhalten? Hätten die Ereignisse mit besserer Kommunikation oder einer Strategie zur Stresskompensation verhindert werden können? Die ermittelten Verhaltensweisen werden in einem Workshop im April 2020 in Zusammenarbeit der malaysischen Partner an der UTP (Prof.in Dr.in Risza Rusli) validiert. Zu diesem Workshop sind Praktiker aus dem Bereich der Prozessindustrie eingeladen. Sie werden die gefundenen Verhaltensweisen mittels eines hierarchischen Analyse-Prozesses nach ihrer Bedeutsamkeit ordnen.

Arbeiten in einem internationalen Team – Kulturschock?

Das klingt soweit alles ganz gut, und als würde es so reibungslos funktionieren. Aber muss man deswegen um die halbe Welt fliegen? Auf die Frage gibt es unterschiedliche Perspektiven, eine davon soll hier in Kürze besprochen werden. Denn: Ein globales Problem benötigt eine globale Lösung. Doch was sind die Herausforderungen auf dem Weg zu einer globalen Lösung?

Tief verankert und verwurzelt sind uns sozialen Wesen Kernanschauungen, die uns durch die Gesellschaft, in der wir aufgewachsen sind, mitgegeben wurden. Wenn wir also nun in eine für uns fremde Kultur reisen (oder mit ihr gemeinsam ein globales Problem lösen wollen), werden diese Kernanschauungen auf die Probe gestellt. Wir testen unsere Kernanschauungen,

indem wir diese mit der neuen Kultur vergleichen und Gemeinsamkeiten oder Unterschiede erkennen. Dadurch, dass wir eine Kultur akzeptieren, adaptieren wir uns und fühlen Empathie gegenüber dieser neuen Kultur. Das Gegenteil ist der Fall, wenn wir Verhaltensweisen oder das Gesagte der neuen Kultur nicht akzeptieren können, da dies so unterschiedlich zu unseren eigenen Kernanschauungen ist. Dann fühlen wir großen Widerstand, der letztendlich zu einem Rückzug führen kann (Lewis, 2006).

Um einem Widerstand oder Rückzug vorzubeugen sollte man Irritationen bei dem Gegenüber vermeiden. Ressourcen, die dabei helfen Irritationen vorzubeugen, sind das Finden von Gemeinsamkeiten, das Vermeiden von der Aussprache unüberlegter Gedanken und eine große Portion Selbstwahrnehmung (self-awareness) (Lewis, 2006). Deutsche Teams sind zum Beispiel sehr gut, Prozesse und Reihenfolgen einzuhalten und verlieren Details nicht aus den Augen. Malaysische Teams im Gegenzug sind gebildet, kulturell sehr sensibel und haben einen höheren Gerechtigkeitsinn (Lewis, 2006). Dieses Wissen über seine eigenen Wurzeln und der Wurzeln anderer Kulturen kann viele Vorteile in internationalen Teams hervorbringen. Internationale Teams sind vielseitig in der Findung von Problemlösungen durch die Generierung von mehreren Alternativen und besseren kritischen Analysen aufgrund der unterschiedlichen Perspektiven. Des Weiteren sind internationale Teams kreativer durch die Einbindung der unterschiedlichen Perspektiven und der Vielfalt im Allgemeinen durch eine höhere Toleranz bei Chaos und Mehrdeutigkeiten (Lewis, 2006). Zugegeben, mit Chaos und Mehrdeutigkeiten umzugehen ist durch das verwurzelte Streben nach Ordnung deutlich schwieriger als es hier aufgeschrieben steht. Die eigenen Wurzeln zu verlassen und neu anzuordnen ist eben doch nicht so leicht, aber die Erkenntnis über die eigenen Eigenheiten lässt einen doch sehr schmunzeln. Je diverser also die Kulturen, desto besser die Ideen- und Problemlösungsgenerierung, wenn man ein paar ‚Spielregeln‘ der anderen Kultur befolgt. Und für unsere globale Lösung brauchen wir auch globale Akzeptanz. Von der Lösung und voneinander. Auf eine weitere erfolgreiche Zeit in Malaysia und bis bald!

Weitere Informationen unter:
<https://enhanceh2020.eu/>



Abbildung: Eindrücke vor Ort

Zitierte Literatur:

Allianz Global Corporate & Speciality. (2017). *Safety and Shipping Review 2017*. <https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/reports/shipping-safety.html>

Flin, R., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the Sharp End: A Guide to Non-Technical Skills*. CRC Press.

Lewis, R. D. (2006). *When Cultures Collide: Leading Across Cultures* (3rd ed.). Nicholas Brealey Publishing.

Porathe, T., Hoem, A., Rødseth, Ø., Fjørtoft, K., & Johnsen, S. O. (Eds.) (2018). *At least as safe as manned shipping? Autonomous shipping, safety and "human error"*.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 823904

Leben zwischen den realen und virtuellen Welten

von Albiruni Rauschanfikri

Beschäftigt man sich mit dem Thema Mixed Reality (MR), ist es durchaus möglich, sich in einem Wald der Begriffe zu „verlaufen“. Vor allem durch die rasanten Entwicklungen im Sektor der Informationstechnologien ist Mixed Reality derart vielseitig, dass die Abgrenzungen im Mixed-Reality-Bereich für eine bessere Trennschärfe umdefiniert werden sollten. Ziel dieses Artikels ist es, InteressentInnen zum einen eine kurze Einführung in das MR-Thema zu geben und Möglichkeiten zur Nutzung von MR-Technologie – schwerpunktmäßig von Augmented Virtuality im Trainingsbereich – aufzuzeigen.

Mixed Reality

Im Jahr 1994 versuchten Milgram und seine KollegInnen, die verschiedenen Begriffe im Gebiet der Mixed Reality im Bezug zueinander einzugliedern. Als Ausgangspunkt wählten sie das sogenannte Reality-Virtuality-Kontinuum (RV-Kontinuum; Bild 1). Dort werden die reale Umwelt (*real environment*) und die virtuelle Umwelt (*virtual environment*) in einer Linie und als Extrempole des Kontinuums dargestellt. In der Tat bezieht sich eine reale Umwelt im Sinne des RV-Kontinuums auf ein reales Objekt, das wir in unserer realen Umwelt wahrnehmen. Es kann entweder direkt mit den bloßen Augen beobachtet werden oder indirekt z.B. durch eine Scheibe, Glas o.Ä.. Andererseits wird in einer virtuellen Umwelt ein Objekt dargestellt, das als ein (computer-)grafisches Produkt wahrgenommen werden kann. Zwischen den beiden Polen stehen die Augmented Reality (AR; erweiterte Realität) und die Augmented Virtuality (AV; erweiterte Virtualität). Im Bereich zwischen der AR und der AV erstreckt sich der Begriff der Mixed Reality (MR, gemischte Realität) als Oberbegriff für einen Zustand, in dem die Umwelt digital manipuliert wird.

Mixed Reality wird für verschiedene Zwecke angewendet. So zum Beispiel für die Verbesserung der Designpraxis, der Entwicklung von intuitiven, gemischten Umgebungen zur Unterstützung von Teamarbeit sowie der Förderung der räumlichen Orientierung von Entwürfen für mechanische Aufträge. Eine solche Umgebung für letzteres ist das so-

genannte Mixed Reality-based Collaborative Virtual Environment (MRCVE) von Wang, Shin und Duston (2003).

Unabhängig von den Arten der MR-Systeme sollten Augmented Reality, Augmented Virtuality und Virtual Reality den Nutzenden eine sogenannte *User Experience (UX)* – also eine positive Nutzungserfahrung – vermitteln. In Anlehnung an Cipresso und seinen KollegInnen (2018) lässt sich eine User Experience durch **Präsenz, Realismus und Realitätsgrad** beschreiben.

Präsenz ist nach Heeter (1992) ein komplexes psychologisches Gefühl des „Da-Seins“ in einer Mixed Reality, in der die Nutzenden eine Gegenwärtigkeit empfinden und wahrnehmen können. Andererseits können sie auf virtuelle Objekten unmittelbar reagieren und mit ihnen so interagieren, als wären diese Bestand einer realen Welt. Die Wahrnehmung der jetzigen, virtuellen Umgebung erlaubt es den Nutzenden dieses komplex-psychologische Anwesenheits-Gefühl in dieser virtuellen Umwelt zu empfinden. Dieses ist für weitere psychologische Vorgänge wie Denken und Entscheiden notwendig. Der **Realismus** zeigt, dass je ähnlicher die dargestellten Anreize in der virtuellen Umwelt mit dem Realen sind, desto kongruenter sind die AV-Nutzungserfahrungen mit ihren Erwartungen bezüglich der realen Objekte und desto stärker sind die Outputs aus den AV-Erfahrungen, wie zum Beispiel Lerneffekte. Hinsichtlich des Realismus können die Nutzenden eine immersive Erfahrung von MR erleben, während sich MR durch Grafiken auf das Bewusstsein der Nutzenden auswirkt, sodass die virtuelle Umgebung als Realität empfunden wird.

Der **Realitätsgrad** ist die Übereinstimmung zwischen der Nutzungserwartung der Nutzenden mit den direkten Erfahrungen durch Nutzung der MR-Anwendungen. Während die Nutzungserwartungen von den Nutzenden durch ihre Erfahrungen in der realen Welt gebildet werden, werden die Erfahrungen mit MR-Gegenständen während der Nutzung einer MR-Technologie erlebt (Baños et al., 2009).

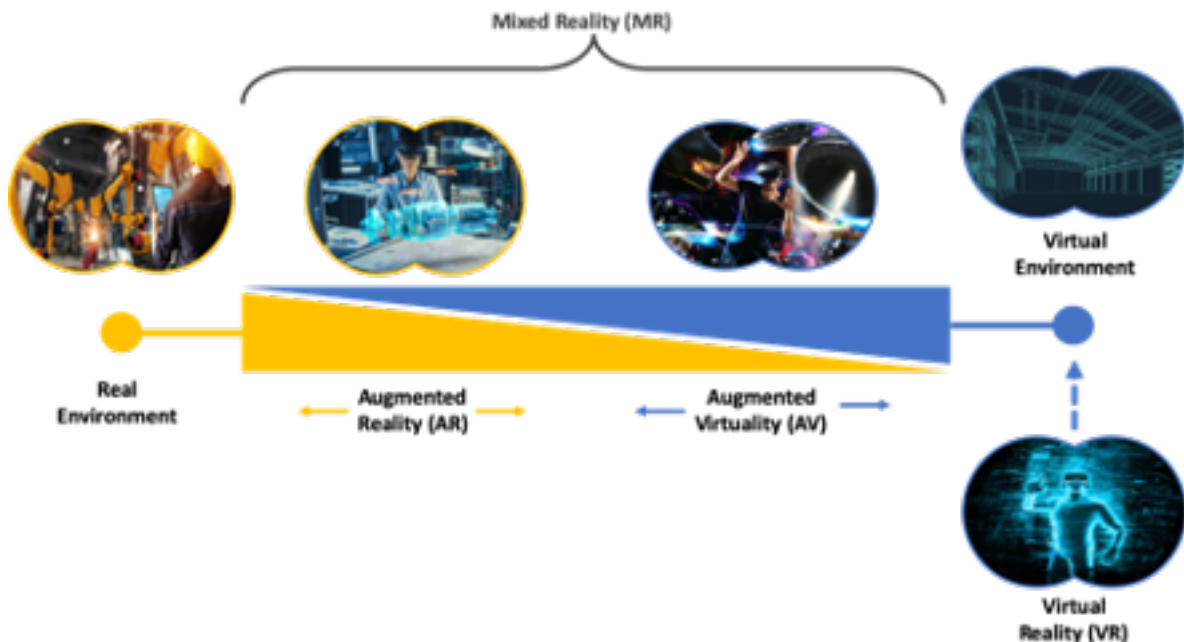


Abbildung: Reality-Virtuality-Kontinuum (Milgram et al, 1994) und die Platzierung der Virtual Reality im Sinne von Schnabel, Wang, Seichter und Kvan (2006).

Augmented Reality (AR)

Ein AR-System stellt uns in der Regel zusätzliche Informationen bezüglich realer Objekte ohne die Veränderung der Objekte zur Verfügung. In einer AR wird die reale Welt mit zusätzlichen, computergrafischen Objekten angereichert. Mit AR können die Benutzenden in einer realen Umgebung arbeiten und gleichzeitig zusätzliche computergenerierte oder modellierte Informationen als eine Unterstützung für die jeweilige Aufgabe visuell erhalten. Wir können AR-Erfahrungen bereits mit unserem Smartphone erleben. Beispiele für Apps, die AR anbieten sind Roar, Skyview oder BBC Civilisations AR.

Weitere AR-Medien werden meistens in Form von Head-Mounted Displays auf dem heutigen Markt produziert. Die AR-Brillen HoloLens von Microsoft, Worksense von Daqri oder Magic Leap 1 von Magic Leap sind Beispiele dafür.

Die Eigenschaften von AR haben Azuma und seine Kollegen (2001) in drei typische AR-Merkmale eingeordnet, nämlich:

1. eine Kombination zwischen realen und virtuellen Objekten in einer realen Umgebung,
2. Interaktion in der realen Zeit und
3. die realen und virtuellen Objekte miteinander zu registrieren.

Die Begleitung der virtuellen Elemente kann in der realen Umwelt je nach Zweck unterschiedlich erscheinen. In einer AR-Umgebung könnten die virtuellen Elemente als Hinweise zur Entscheidungshilfe erscheinen. Die Nutzenden haben die Möglichkeit, mit virtuellen Elementen zu agieren (zum Beispiel anklicken, umdrehen, löschen usw.). Ebenfalls kann das AR-System auf den Nutzenden mittels Feedback reagieren, zum Beispiel wenn ein ausgewähltes Objekt im AR-System nach Befehl rotiert dargestellt wird. Somit entsteht eine Interaktion in einer realen Zeit in einem AR-System.

AR-Objekten müssen ihre virtuellen Elemente an ein bestimmtes reales Objekt angleichen. Das virtuelle Element kann nur so seine Funktion zielgerichtet ausführen. Zum Beispiel zeigt das Autonavigationssystem Wayray von Navion seinen Nutzenden einen freien Parkplatz mit grünen Flächen an. Ein typisches Merkmal von AR ist des Weiteren, dass sie im weiten Sinne die Gesetzmäßigkeit der Physik nicht überschreiten darf. Sonst können die Auswirkungen ihrer Nutzung in der realen Welt katastrophale Folgen haben, so könnte es im Falle eines Navigationssystem zu einem Unfall kommen.

Augmented Virtuality (AV)

Wie im RV-Kontinuum dargestellt ist, befinden sich AV-Systeme fast am rechten Rande des Kontinuums in der Abbildung 1. Dort liegen Systeme, bei welchem der Anteil an Virtualität zwar überwiegt, die Umgebung jedoch nicht ausschließlich virtuell ist. Solche Systeme werden als **Augmented Virtuality** bezeichnet (Dörner, et al., 2019). Im Gegensatz zur AR findet die AV in einem virtuellen Raum statt, der aus Grafiken entstanden ist. Die realen Objekte werden dann in der Regel in die virtuelle Welt eins zu eins übertragen. Beispielsweise können wir uns vorstellen, dass wir uns in einer virtuellen Fertigungshalle für Esslöffel befinden. Eine Umgebung, in der alle Elemente grafisch außer die Esslöffel dargestellt werden, wäre eine AV-Umgebung.

Bei AV „tauchen“ die Nutzenden in diese virtuelle Welt „ein“. Dieses „Eintauchsgefühl“ oder Immersion ist eine der Eigenschaften von AV. Die **Immersion** bezieht sich auf das von den Nutzenden empfundene Ausmaß der angeregten Sinne, Interaktionen und Ähnlichkeiten der Reize mit der Realität, die im Stimulierungsprozess in der virtuellen Umgebung verwendet werden.

Die **Immersion** lässt sich in drei Kategorien einordnen: vollständige Immersion, Teil-Immersion und Nicht-Immersion. Bei AR-Systemen mit einer vollständigen Immersion fühlen die Nutzenden sich so, dass sie Bestandteil in einer neuen virtuellen Umwelt sind. Hier wird Immersion nicht nur durch visuelle Anreize produziert, sondern auch mit auditiven und haptischen Stimuli unterstützt. Das Head-Mounted Display kann eine vollständige, immersiven AV-Erfahrungen sehr gut ermitteln. Zusätzlich werden die virtuellen Objekte dem Nutzenden dreidimensional präsentiert.

Des Weiteren gibt es **Teil-Immersion**, mit der die Nutzenden eine immersive AR-Erfahrung bedingt erfahren können. Ein klassisches Beispiel ist ein Flugsimulator, der durch einen sehr großen, konkaven Bildschirm und hoch-entwickelte Computergrafik eine Umwelt darstellt. Zu diesem Simulator ist ein nachgemachtes Cockpit mit zur Verfügung gestellt. Bei der Anwendung müssen die Nutzenden ebenfalls einen Pilotenanzug tragen. Sicherlich vermittelt solcher AV-System den Nutzenden eine gewisse Se-

riosität und fordert sie auf, diesen Simulator ernst zu nehmen. Dagegen gestellt sind AV-Systeme ohne immersive Funktion. Hier werden die realen Objekte oft zweidimensional dargestellt. Diese erweiterte Virtualität finden wir oft in unserem Alltag wieder, wie zum Beispiel, wenn wir am PC oder Smartphone spielen. AR-Systeme ohne die immersive Funktion gehört deshalb zu den einfachsten und preiswerten MR-Arten, deren virtuellen Objekten am Bildschirm dargestellt werden.

Virtual Reality (VR)

Rückt das System bis zum Ende des Spektrums der Virtualität, liegt eine Virtuelle Realität (VR) vor. Die Visualisierungstechnologie, die eine vollständige virtuelle Umgebung schafft, wurde ursprünglich von Architektur-Visionären für die Präsentation von Designkonzepten eingesetzt. Die VR-Forschung zieht ein beträchtlich breites Interesse in verschiedenen Bereichen auf sich, wobei die typische Anwendung zum Beispiel die webbasierte Designprüfung, die computergestützte kooperative Arbeit sowie 3D-artiges Denken mit Desktop-PCs und Headset-basierten virtuelle Umgebungen sind.

Das VR-System verfügt nicht nur über einen gewissen Grad der Immersivität sondern auch über ein hohes Maß an Interaktion. Eine VR wird auf die Nutzenden zentriert. Diese nehmen eine dreidimensionale, computer-generierte Umgebung wahr. In der VR werden alle Objekte als Grafik dargestellt. Deshalb haben manche MR-ExpertInnen VR zwischen AV und virtuelle Umgebung oder sogar eins-zu-eins mit einer virtuellen Umgebung gleichgesetzt. Im obigen Beispiel wäre unser Esslöffel nicht die dreidimensionale Aufnahme von einem echten Esslöffel, sondern eine dargestellte Computergrafik. Durchaus ist es bei VR möglich, dass mit VR die Nutzenden nicht nur in eine vollständig synthetische Welt eintauchen, sondern auch die Grenze der physischen Möglichkeiten (Schwerkraft, Zeit, etc.) überschreiten können. Wir können beispielsweise das VR-Erlebnis durch VR-Brillen wie Oculus Rift von Facebook Inc., HTC Vive, PlayStation VR von Sony oder mit unserem Smartphone, das in einem VR-Headset eingesetzt wird, erfahren.

Die Rolle und Nutzung der Mixed Reality für Trainingszwecke

Es gab bereits viele Veröffentlichungen über erfolgreiche Lerntransfers in der Bildung und im Training, die von MR-Technologie unterstützt wurden, wie etwa ein Training zur Entwicklung der Sozialkompetenz (Schmidt, et al. 2017), zur Simulation für die Durchführung von chirurgischen Prozeduren (Gallagher, et al., 2005) und Training bezüglich der Instandhaltung in der Industrie (Schwald & De Laval, 2003).

Im industriellen Kontext möchte ich ein Beispiel über eine Studie von Albert und seinen KollegInnen im Jahr 2014 mit der Theorie des situierten Lernens von Lave und Wenger (1990) und dem Lernkreismodell von Kolb (1984) erklären. Die Theorie des situierten Lernens (*theory of situated learning*) besagt im Kontext des Lernens mit MR-Umgebungen, dass Trainees/ Lernende mit dem Einsatz einer solchen Technologie einen aktiven Wissenserwerb betreiben, sodass sie ihr Wissen aus ihren Erfahrungen von der Trainingssituation generieren und erwerben.

Dieses Konzept scheint adäquat mit dem Modell des erfahrungsbasierten Lernen von Kolb (1984), das die Antwort auf die Fragen nach bestmöglichen didaktischen Inhalten der MR-Technologie geben könnte. Dazu lässt sich der Lernerfolg mit Mixed-Reality in Form von Serious Gaming maximieren, indem ein Trainingsmodul die folgenden vier Aspekten des Wissenserwerbs in der Mixed-Reality im Sinne des Lernkreismodells anbietet, nämlich:

1. Eine konkrete Erfahrung
2. Die Möglichkeit zur Selbstreflektion und
3. zur abstrakten Konzeptualisierung sowie
4. dem aktiven Experimentieren.

Anhand einer Case-Study von Albert und KollegInnen (2014) ließen sich diese vier Aspekten verdeutlichen. In dieser Studie ging es darum, die Fähigkeit der **Gefahrenerkennung** (*hazard recognition skill*) der Bauarbeitenden mit Hilfe von Augmented Virtuality zu verbessern. Für diese und in dieser Studie wurde das *System for Augmented Virtuality Environment Safety* (SAVES; erweitertes-Virtualität-basiertes System für Umweltsicherheit) entwickelt.

Dank der Interaktivität der Augmented Virtuality in dieser Studie konnten die konkreten Erfahrungen verstärkt werden, die die Lernerfahrungen beeinfluss-

ten. Die Möglichkeiten der Selbstreflektion wurde durch Feedbacks verbessert, die die Bauarbeitenden unmittelbar nach ihren aktiven Meldungen erhielten. Zum Beispiel zeigte SAVES den Bauarbeitenden auf, welche Gefahren sie bereits erkennen und benennen und welche diese noch nicht benennen konnten, die jedoch wichtig waren erkannt zu werden. Eine abstrakte Konzeptualisierung erfolgte während der Interventionsphase. In dieser Phase erhielten die Bauarbeitenden Informationen über die Mnemotechniken bezüglich der zehn Energiequellen für den Gefahrenerkennungsprozess und SAVES. Die Bauarbeitenden konnten in diesem virtuellen Gefahrenerkennungsprozess aktiv experimentieren, indem sie ihre Avatare in einer dreidimensionalen Baustelle steuerten. Die Studie konnte zeigen, dass die Gefahrenerkennungs-fähigkeit mithilfe des auf Serious Gaming indiziertem Augmented-Virtuality-System verbessert wurde.

Bezüglich der Verbesserung der Arbeitssicherheit in der **Energiebranche** spielt VR-Technologie eine zunehmende Rolle. Zum Beispiel wurde vom finnischen Energieversorger Fortum im August 2019 in einem Kernkraftwerk in Loviisa den weltweit ersten hochauflösenden VR-Simulator primär für den Schulungszweck seiner Control Room Operators fertiggestellt. Dieser VR-Simulator bietet seinen Beschäftigten die Möglichkeit, sich mit jeglicher Aussetzung von Gefahren im Kernkraftwerk virtuell auseinanderzusetzen. Durch den rasanten Wachstum des Internet of Things arbeitet das US-amerikanische Energieunternehmen PG&E mit dem in Kalifornien ansässigen IOT-Startup Space-Time Insight (jetzt Teil von Nokia) zusammen, um die Daten aus den Anlagen in ihre VR-Technologie in Echtzeit zu integrieren. Damit sollen Mitarbeitenden eine schnelle und sichere Informationsquelle geschaffen werden, die für die vorzeitige Vorbeugung von zukünftigen Unfällen ermöglicht.

Im Kontext eines **Katastrophenschutzes** entwickelte Jung, Cho und Jee (2016) ein AR-basiertes Sicherheitstraining, in dem die drei unterschiedlichen Katastrophenszenarien durchgespielt werden: Hochwasser, Erdbeben und Brand. Abbildung 2 stellt diese drei verschiedenen Szenarien innerhalb des Simulators dar. Wie in der Case-Studie von Albert und Kol-

legInnen (2014) implizierte ihre AR-basierten Sicherheitstrainings die Prinzipien der situierten Lernens und des erfahrungsbasierten Lernens von Kolb. Beim Einstieg in das Simulationsprogramm wird eines der drei Katastrophenszenarien präsentiert. Gleichzeitig haben die Trainees die Möglichkeit im der simulierten Umwelt zu interagieren, um zum Bei-

spiel einen fallenden Gegenstand zu vermeiden. Zusätzlich werden Anweisungen der *Search and Rescue Engine*, die die Trainees befolgen müssen, angezeigt. Dies dient dem Überleben in einer Katastrophensituation innerhalb der AR-Umwelt.

MR-Technologie kann eine Möglichkeit sein, Kosten



Abbildung: AR-Darstellung im Sicherheitstraining von Jung, Cho und Jee (2016) für Hochwasser- (a), Erdbeben- (b) und Brand-Szenarien (c).

in der Weiterbildung und Entwicklung von Personal einzusparen ohne Einbußen bzw. Wissenslücken bei dieser Entwicklung in Kauf nehmen zu müssen. Dazu sind jedoch ein paar Punkte zu beachten.

Zum Abschluss möchte ich Ihnen deswegen noch ein paar Tipps mitgeben, falls Sie Mixed Reality verwenden möchten, um die gewünschten Effekte zu erhalten:

1. Vergessen Sie nicht, Trainingsziele zu definieren (Zum Beispiel Arbeitssicherheit, Change Management oder Softskills)
2. Überlegen Sie, durch welche Art von MR-Technologie die Erreichung dieser Trainingsziele am besten unterstützt werden (AR, AV oder VR).
3. Sprechen Sie Ihre Wünsche mit BeraterInnen für Personalentwicklung ab, denn im Durchschnitt haben diese sich mit dem Thema Ausbildung mit

MR-Technologie bereits beschäftigt.

4. Überlegen Sie sich Ihr Budget und Ressourcen – Entscheiden Sie sich mit Hilfe des Make-or-Buy-Prinzips.
5. Vergessen Sie nicht, den Fortschritt vor und nach der Schulung auf den vier Ebene von Kirckpatrick zu messen.

Es ist davon auszugehen, dass ein zielgruppen- und trainingsziel-bezogenes MR-basiertes Training in der Lage ist, die Entwicklung der Humanressourcen im jeweiligen Arbeitsumfeld effizient zu unterstützen. Ich hoffe, dass Sie dieser Artikel dazu inspirieren kann, sich mit dem Thema MR-Technologie zur Entwicklung Ihrer Humanressourcen auseinander zu setzen und diese sogar einzusetzen.

Zitierte Literatur

Baños, R., Botella, C., García-Palacios, A., Villa, H., Perpiñá, C., & Gallardo, M. (2009). Psychological variables and reality judgment in virtual environments: the roles of absorption and dissociation. *Cyberpsychol. Behav.* 2, 143–148. doi: 10.1089/cpb.1999.2.143

Cipresso, P., Giglioli, I., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in psychology*, 9, 2086. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>

Dörner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P. & Göbel, M. (2019). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*, 2. Aufl.. Berlin: Springer.

Gallagher, A. G., Ritter, E. M., Champion, H., Higgins, G., Fried, M. P., Moses, G., et al. (2005). Virtual reality simulation for the operating room: proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Ann. Surg.* 241:364. doi: 10.1097/01.sla.0000151982.85062.80

Jung, S.-U., Cho, H., & Jee, H.-K. (2016). An AR-based safety training assistant in disaster for children. In SA '16: SIGGRAPH Asia 2016, *Macau*. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3005274.3005318>

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning*. Hoboken: Englewood Cliffs.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292. doi: <http://dx.doi.org/10.1117/12.197321>

Schmidt, M., Beck, D., Glaser, N., & Schmidt, C. (2017). "A prototype immersive, multi-user 3D virtual learning environment for individuals with autism to learn social and life skills: a virtuoso DBR update," in *International Conference on Immersive Learning*, Cham: Springer, 185–188. doi: 10.1007/978-3-319-60633-0_15

Schnabel, M. A., Wang, X., Seichter, H. & Kvan, T. (2007). From Virtuality to Reality and Back. In *International Association of Societies of Design Research 2007, Hongkong*.

Schwald, B. & De Laval, B. (2003). An augmented reality system for training and assistance to maintenance in the industrial context. *J. WSCG* 11.

Wang, X., Shin, D. H., & Dunston, P. S. (2003). Issues in Mixed Reality-based design and collaboration environments. *ASCE 2003 Construction Research Congress*. doi: [https://doi.org/10.1061/40671\(2003\)123](https://doi.org/10.1061/40671(2003)123)

The VR Training Project in Construction Industry

von Estefany Rey-Becerra

Germany and Colombia face critical safety challenges in the construction industry, especially in work at height. Traditional safety training is often considered insufficient and risky. As an alternative, Virtual Reality (VR) appears as an interactive learning environment. This new project will test if safety training effectiveness improves with VR rather than traditional methods, and test whether such improvements, will differ among both countries.

Did you know that in 2017 Germany had the highest rate of absenteeism of more than four days caused

by accidents in the construction sector, among the European Union countries (EU27) (EUROSTAT, 2020)? This situation is concerning considering that in 2018 the work-related accidents in this sector corresponded with 12% of all recorded work-related accidents and 21% of all work-related fatalities in the country (DGUV, 2019). The data is quite similar in Colombia, where workplace accidents represented 13% of the total amount of accidents and 18.9% of the total fatal accidents in the country in 2019 (FASECOLDA, 2020). Besides, the Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2018) has identified that work at

height in construction is in the top 10 list of most frequently violations at work (see figure below). Accidents represent the loss of workers' lives, delays in

the project schedule, and over costs to the company (Vatani et al., 2016). That is why it is essential to invest in safety training to avoid them.



Abbildung: Top 10 Most Frequently Cited Standards from Oct. 1, 2017, to Sept. 30, 2018 (OSHA, 2018)

Traditional safety training is usually divided into two parts and three phases (see figure below). The first part is the information-based phase. It has 16 hours of theoretical lessons with slides in a classroom. Here, the trainer teaches the legislation, personal protective equipment, hazards, and risks associated with work at heights. The second part is 24 hours of practical lessons. Trainer and trainees move to a specialized zone, where there is a platform with

scaffolds. First, in the demonstration-based phase, the trainer shows the trainees all the part of the personal protective equipment with a checklist. Then, the Trainer does the steps to climb a scaffold, to cross board with a lifeline, and to descend a wall. Besides, self-rescue and rescue procedures are shown. Secondly, in the practice-based phase, the trainees can do it by themselves.

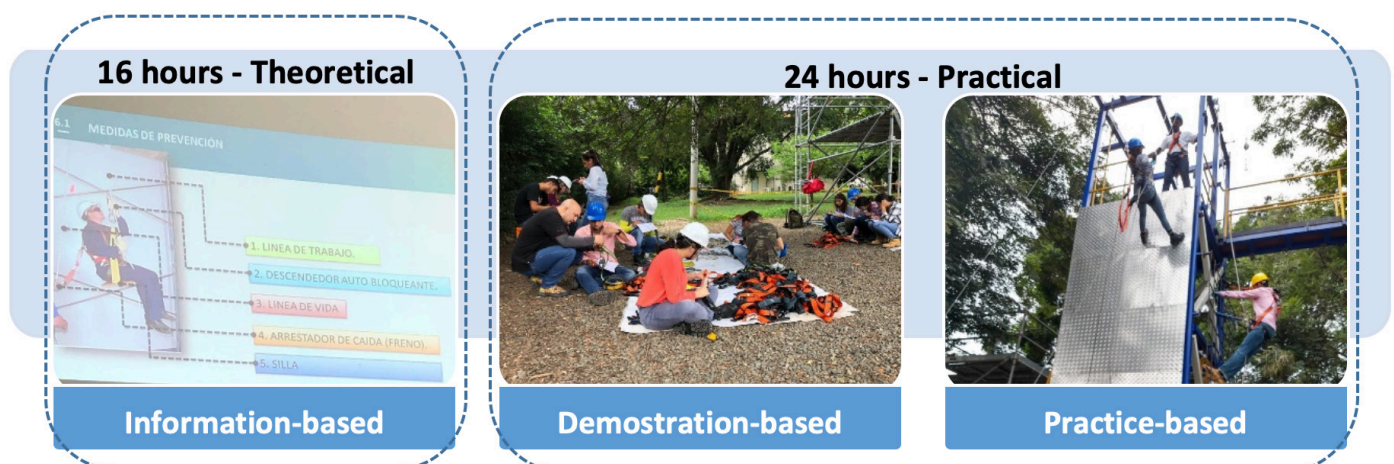


Abbildung: Tradition course of safe work in heights by the Colombian National Learning Service – SENA (2019)

This type of training is often considered insufficient because it is passive learning (Gao et al. 2019), and risky because workers can have serious injuries while doing the training. As an alternative option, Virtual Reality (VR) appears as an interactive learning approach. VR is an artificial and 3D computer-generated environment, where users can navigate (ability to move and explore) and interact (ability to select and manipulate objects) in the virtual world (Zhou & Deng, 2009).

There are several categories of VR. One of them is the Immersive VR (Li et al., 2018), often used for safety training in construction because it has a high level of integration and a high level of involvement (see figures below). The use of devices allows the immersion of the worker into the virtual environment. There are two types: input and output hardware. The input devices send data to the system, such as GPS tracker or the hand controls. The output devices involve the user's sense, such as the Head-Mounted Displays (HMDs).



a. Level of integration: the way that technology creates an environment with Physical world (Source: <https://www.pmvmiddleeast.com/70957-working-at-height-training-with-vr-and-gamification>)



b. Level of involvement: the way that user can interact with the indirectly coupled real world (Source: <https://gineersnow.com/industries/how-virtual-reality-changes-construction-industry>)

Abbildung: Examples of Immersive VR safety training in Construction

But, does a sense of immersion improve the performance of an operator working at heights in the construction industry to avoid accidents? This is the main question of a new project, sponsored by the German social accident insurance (DGUV) in colla-

boration with the Colombian Insurance Company SURA, Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) in Bogotá, Colombia, and Ruhr University (RUB) in Bochum, Germany. This project will be developed in four stages as shown in the figure below.

System: Construction site – Scaffolding tasks

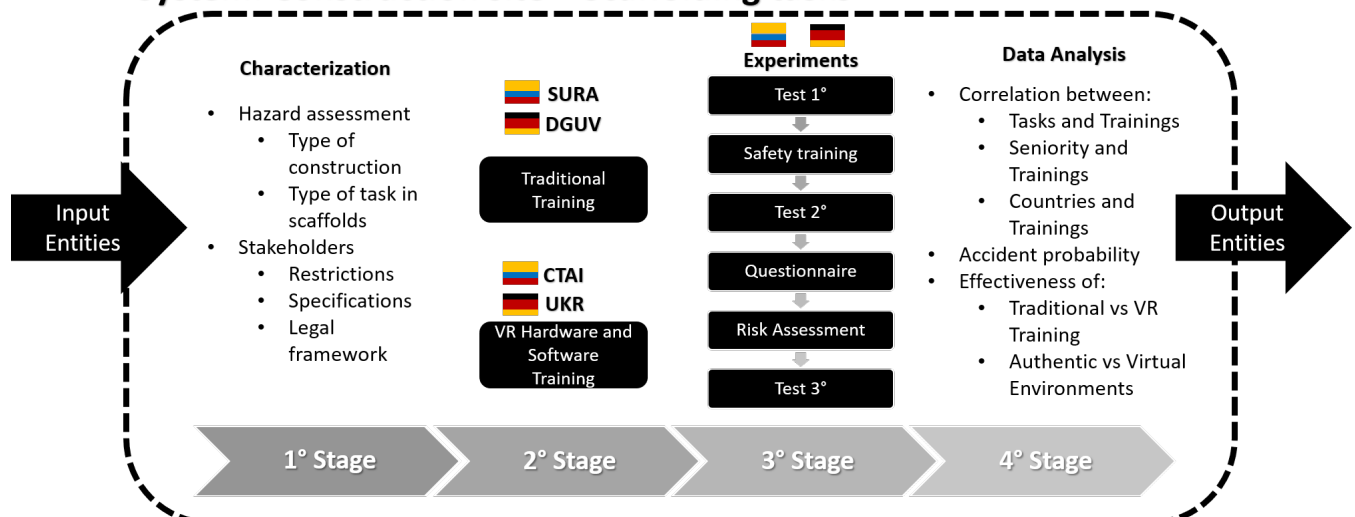


Abbildung: Framework of proposed methods

Stage 1 - Characterization phase: The team will select the type of construction by mutual agreement with the industry. Then stakeholders are identified and classified in order to define their roles. Also, the task at heights is selected to assess the associated risks with observational methods according to international standards (ISO 45001). Besides, it is essential to consider the Safety Regulation for protection against falls in both countries: German Law (Regulation EU 2016/425 of the European Parliament and the Council) and Colombian Law (Resolution 1409 of 2012 of the Ministry of Labor).

Stage 2 - Training development phase: The team will develop the training sessions: tradition and virtual with the same contents. On the one hand, it is expected to have a strategic alliance with certifying bodies such as the German Social Accident Insurance Institution for the building trade (BG BAU in German) and the Colombian National Training Service (SENA in Spanish). These institutions carry out traditional courses working at heights. On the other hand, the Koblenz University of Applied Sciences (UKR) in Remagen (Germany), in collaboration with the Industrial Automation Technology Center (CTAI in Spanish) in Bogotá (Colombia), will develop the virtual environment for the VR training.

Stage 3 - Experiment phase: This stage will be developed based on Sacks et al. (2013) methodology. The idea is to repeat the same procedure in both countries in two construction cases:

1. Each worker will do a safety knowledge test in height tasks.
2. Workers will be divided into two groups: experienced and novice. Then they will be split into traditional and virtual training.
3. Just after the training, each worker will do a test, and then they will fill out a questionnaire about their experience.
4. A risk assessment will be done to identify hazards and risk factors before and after the training, during the construction.
5. After a month, the same workers will do another test to check the remembrance.

Stage 4 - Data Analysis Phase: After the data collection is time for the data analysis. Is there any correlation between training, seniority, or countries? Is VR Training more effective than traditional? Moreover, are virtual environments sufficiently authentic to facilitate learning? Statistical software will be used to answer all these questions.

To sum up, this project will give information about cultural differences in the effectiveness of the tool, how the workers react to both types of training in both countries. Also, this study will allow us to see if there are any learning differences according to worker experience. Besides, it is expected that the occurrence probability of an accident will be reduced. Finally, this study achieves positive impacts on knowledge and behavior, and it will give guidelines for training using Virtual Environments.

Literatur

- DGUV. (2019). *DGUV Statistics 2018*. <https://www.dguv.de/en/facts-figures/index.jsp>
- EUROSTAT. (2020). Accidents at work by sex, age, severity, NACE Rev. 2 activity and working environment. <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
- FASECOLDA. (2020). Reporte por clase de riesgo y actividad económica. <https://sistemas.fasecolda.com/rldatos/Reportes/xClaseGrupoActividad.aspx>
- Guo, H. L., Li, H., & Li, V. (2013). VP-based safety management in large-scale construction projects: A conceptual framework. *Automation in Construction*, 34, 16–24.
- Li, X., Yi, W., Chi, H. L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150–162.

OSHA. (2018). *Top 10 Most Frequently Cited Standards*. <https://www.osha.gov/top10citedstandards>

Sacks, R., Perlman, A., & Barak, R. (2013). Construction safety training using immersive virtual reality. *Construction Management and Economics*, 31(9), 1005–1017.

Vatani, J., Saraji, G. N., Pourreza, A., Salesi, M., Fam, I. M., & Zakerian, S. A. (2016). The relative costs of accidents following the establishment of the health, safety and environment management system (HSE-MS) for the construction industry in Tehran. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 18(12).

Zhou, N. N., & Deng, Y. L. (2009). Virtual reality: A state-of-the-art survey. *International Journal of Automation and Computing*, 6(4), 319–325.

Veröffentlichungen aus dem Lehrstuhl

Using usability and user experience scores to design an Augmented Reality-based Ambient Awareness interface to support spatially dispersed teams

Thomaschewski, L., Weyers, B. & Kluge, A.

One major determinant for the performance and productivity of teams is the temporal coordination of interdependent sub-tasks within the teamwork process. The accuracy of the temporal coordination significantly depends on whether the team shares a precise mental model of the teamwork process, which encompasses the current process state and the desired outcome. The more the assumptions of the individual team members about the current process state deviate, the less precise the temporal coordination of the team is. Looking at spatially dispersed teams, this challenge becomes even more complicated, since such teams have no naturally existing common cues, from which they can derive corresponding process relevant information. Therefore, this work presents a user-centered design approach to develop an Augmented Reality-based assistance system for the Microsoft HoloLens 1. Its goal is to support the temporal coordination of spatially dispersed teams by utilizing a method that can present information in an at-a-glance manner and helps the user to remain aware of the information without being overwhelmed or distracted by it, denoted Ambient Awareness. In order to develop a system with the highest possible team- and

task-technology fit, we aggregated usability and user experience scores in a two-part user study with $n = 22$ experts in the sense of a user-centered design process. To this end, we first determined the usability in a laboratory experimental setting. On the basis of the aggregated data, we identified three essential interface configuration clusters in the first step, which were evaluated subsequently according to their user experience in an online assessment. This two-step user-centered evaluation design allowed us to derive a user interface configuration that provides the highest team- and task-technology-fit under the given application-specific conditions.

Thomaschewski, L., Weyers, B. & Kluge, A. (2020). Using usability and user experience scores to design an Augmented Reality-based Ambient Awareness interface to support spatially dispersed teams, . 1st IEEE International Conference on Human-Machine Systems, ICHMS2020 - Companion Technology Regular Track; April 6-8, 2020, Rome, Italy

Retentivity beats prior knowledge as predictor for the acquisition and adaptation of new production processes

Haase, J Matthiessen, J., Schüffler, A.S. & Kluge, A.

In the time of digitalization the demand for organizational change is rising and demands ways to cope with fundamental changes on the organizational as well as individual level. As a basis, learning and forgetting mechanisms need to be understood in order to guide a change process efficiently and successfully. Our research aims to get a better understanding of individual differences and mechanisms in the change context by performing an experiment where individuals learn and later re-learn a complex production process using a simulation setting. The individual's performance, as well as retentivity and prior knowledge is assessed. Our results show

that higher retentivity goes along with better learning and forgetting performances. Prior knowledge did not reveal such relation to the learning and forgetting performances. The influence of age and gender is discussed in detail.

Haase, J Matthiessen, J., Schüffler, A.S. & Kluge, A. (2020). Retentivity beats prior knowledge as predictor for the acquisition and adaptation of new production processes, HICSS 2020 DOI: 10.24251/HICSS.2020.589, <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/64331>

Fostering Flow-Experience in HCI to Enhance and Allocate Human Energy

Peifer, C., Kluge, A., Rummel, N. & Kolossa, D.

Motivation explains the direction, intensity and persistence of human behavior and thus plays a crucial role in the mobilization and allocation of available energy. An experience that occurs during motivated action is flow. Flow is perceived as highly rewarding for its own sake and, thus, in flow all attention is directed towards the task at hand, leading to an experience of absorption. At the same time, attention is shielded from irrelevant stimuli and the activity feels easy and effortless. This suggests that flow is a highly efficient state in terms of energy expenditure. Studies addressing the physiology of flow support this assumption. Accordingly, for an optimal use of energy, it is of interest to promote flow in relevant work processes. In HCI, for example, in production work, flow promotion could be enabled by a real-time measure of the operator's flow state in combination with automated adjustments in the work system to achieve, sustain, or extend flow. Such a

real-time measure should not interrupt a person, as traditional self-report measures do. A combination of physiological measures (e.g., heart rate variability, skin conductance, and blink rate) provides a promising starting point to find such a real-time measure. Automated adjustments first require the identification of design approaches that affect flow within the work system. Using the example of work in manufacturing, the concept of flow, its measurement, and potential design approaches for automated adaptation are presented, and their application in HCI processes is discussed.

Peifer, C., Kluge, A., Rummel, N. & Kolossa, D. (2020). Fostering Flow-Experience in HCI to Enhance and Allocate Human Energy, HCI International 2020, ID 3120, AC Bella Sky Hotel and Bella Center, Copenhagen, Denmark, 19-24 July 2020



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

Impressum

Komplexität und Lernen ISSN 1661-8629 erscheint vierteljährlich

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 unsern Verteiler auf.

annette.kluge@rub.de