

Komplexität & Lernen

Ausgabe 31 | Juni 2014

Editorial zur 31. Ausgabe

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser!

Von der Komplexität „erwischt“.

Heute bin ich erneut „Opfer“ des eng gekoppelten Systems der Bahn geworden. Letztlich schon saß ich Nachts um 23.30 Uhr in einem mir vorher unbekanntem Ort namens „Siegelsdorf“ fest, weil es nach einem Unwetter Bäume auf den Gleisen Richtung Nürnberg gab, die Feuerwehr im Einsatz war und auch schon tat was sie konnte, um die Gleise wieder frei zu bekommen. Von Siegelsdorf sind es ca. 20 min mit dem Bus (kein Linienbus!, sondern ein durch die Bahn angeheuerter Spezialbus) bis Fürth, von Fürth gibt es selbst nach 24.00 Uhr noch U-Bahnen nach Nürnberg und so gegen 3.00 Uhr morgens hatte ich es zumindest bis Ingolstadt geschafft. Kurz danach geriet ich abends mit einem ICE in die Unwetterkatastrophe über Düsseldorf und Duisburg. Es war wie in einem Katastrophenfilm, aber leider ohne wegzappen. Der Bahnverkehr wurde sinnvollerweise eingestellt, vier Stellwerke meldeten Blitzeinschläge, es dauerte über eine Woche bis der Bahnverkehr im Ruhrgebiet wieder planmäßig lief. Jetzt sitze ich gerade in der abendsonnendurchfluteten Bahnhofshalle in Frankfurt (außerplanmäßig), weil es einen Oberleitungsschaden sowie Personenschäden zwischen Köln und Siegburg/Bonn gibt und das eng gekoppelte System insgesamt aus den Fugen geraten ist. Komplexität ist ein sehr faszinierendes Phänomen. Vor vier Tagen standen wir über 90 min in Gaislingen, wegen eines Notarztesinsatzes auf den Gleisen. Ich kann mir gut vorstellen, was die Personen in den Leitstellen der Bahn in solchen Situationen leisten müssen, um alles wieder in „geordnete Bahnen zu lenken“. Ich bin inzwischen nur noch mit Wandrausrüstung oder in Sportsachen mit der Bahn unterwegs. Man weiß nie genau wo man landet, und dann sollte man gerüstet sein, zur Not auch zu Fuß weiter zu kommen. Und ich bin nicht mehr ohne Smartphone und Bahn-App unterwegs, die einem das Bahn-Hopping und Zeitreisen ermöglicht, denn man erreicht Dank der Bahn-App die Züge aus der Vergangenheit. Und so lernt man beim Bahnfahren ganz besonders die Charakteristika der Komplexität ken-

nen sowie die Mechanismen der Eigendynamik zu nutzen, um mit der Bahn durch den Gleisverkehr zu surfen, in dem man die Züge der Vergangenheit auffindet, um die Abläufe der Zeit an einem einem selbst vorher völlig unbekanntem Bahnhof irgendwo in Deutschland wieder zusammenzufügen. Und ich bewundere die Gelassenheit der Bahn-Mitarbeiter/innen, mit der sie die Fahrgastrechtformulare an die Reisenden austeilen und immer dieselben Fragen der Personen ohne Bahn-App beantworten. Großes Kompliment!

Während ich im Zug stecke, arbeiten meine MitarbeiterInnen an aufregenden Projekten. Z. B. an der Frage, ob Operateure mit hoch ausgeprägter Merkfähigkeit für die „non-routine Situations“ besser gerüstet sind als Operateure mit niedrig ausgeprägter Merkfähigkeit. Barbara Frank hat die Antwort auf diese Frage für Sie parat.

Um das Gedächtnis und die Merkfähigkeit nicht überzustrapazieren, entwickelt Kathrin Bischof unter fachlicher Supervision von Dr. Benjamin Weyers ein innovatives Human-Computer-Interface, welches den Operateurin „non-routine Situations“ dabei unterstützt sich zu erinnern. Sie berichtet von ihren ersten Entwürfen dieser Erinnerungshilfen.

Anatoli Termer berichtet von seinem Projekt zu mobilen Endgeräten in der Instandhaltung großer Fertigungsanlagen und betont, wie wichtig es ist die technischen Lösungen so zu entwickeln, dass sie eine hohe Technik-Akzeptanz bei den Nutzer/innen hervorrufen und auch tatsächlich dabei helfen die Aufgaben effizienter und effektiver abzuarbeiten. Wer schon einmal z.B. mit SAP arbeiten musste, weiß, dass die Technik-Akzeptanz und auch der erlebte Nutzen nicht unbedingt mit jeder Technik verbunden sein muss.

Und wenn Sie sich auch schon einmal mit dem Gedanken befasst haben, einen mobilen Eye Tracker in der Forschung oder Praxis zu nutzen, dann sollten Sie vorher den Bericht von Nikolaj Borisov und Felix Born lesen, die ihre Erfahrungen für Sie als kleinen Leitfaden niedergeschrieben haben. Mit so einem Eye Tracker kann man sehr viel Spaß haben, weil es leider nicht so leicht ist, wie es aussieht und wir hatten immer großen Spaß uns im Team von den Abenteuern und Erlebnissen unserer beiden Informatik-Profis mit dem Eye Tracker erzählen zu lassen. Forschung ist eben oftmals auch sehr lustig.

Mit besten Grüßen von
Annette Kluge & Team



Zum Inhalt

Aus der Forschung

→ Schützt eine hoch ausgeprägte Merkfähigkeit vor dem Fertigkeitenverlust in automatisierten Arbeitsumgebungen?
von Barbara Frank, Marcel Reefmann, Sanaz Maafi & Annette Kluge

→ Gaze Guiding als Unterstützung des Fertigkeitenabrufs
von Kathrin Bischof, Benjamin Weyers & Annette Kluge

Für die Praxis

→ Der Einsatz mobiler Endgeräte bei der Störungsdiagnose und deren Akzeptanz durch die Mitarbeiter/innen
von Anatoli Termer & Annette Kluge

Aus der Praxis

→ Unsere „Lessons-learned“. Ein Leitfaden zu Blickbewegungsuntersuchungen in „realen Umgebungen“
von Nikolaj Borisov & Felix Born

News

→ Aktuelle Veröffentlichungen

Aus der Forschung

Schützt eine hoch ausgeprägte Merkfähigkeit vor dem Fertigkeitenverlust in automatisierten Arbeitsumgebungen?

Barbara Frank, Marcel Reefman, Sanaz Maafi & Annette Kluge

Einige unserer Newsletterbeiträge haben sich bereits mit dem Fertigkeitenverlust bei hoch automatisierten Aufgaben wie in der Prozesskontrolle von Kraftwerken und Chemieanlagen oder bei der automatischen Steuerung und Regelung von Prozessen innerhalb eines Flugzeuges beschäftigt. Unsere Studien haben dabei dargestellt, dass Fehlern, die aus Komplexität, Wissensverlust oder auch Stress resultieren, durch Refresher-Trainings vorgebeugt werden kann (Kluge, Burkolter, & Frank, 2012; Kluge & Frank, 2014). Was passiert aber, wenn Operateure kein spezielles Refresher-Training erhalten, „nur“ ihrer alltäglichen Arbeit nachgehen und erlerntes Wissen oder Fertigkeiten nach einem gewissen Zeitraum abrufen sollen? Welche Einflussfaktoren gibt es dann?

Merkfähigkeit

Um dies zu untersuchen haben wir die personenbezogene Variable „Merkfähigkeit“ (Jäger, Süß, & Beauducel, 1997; Kersting,

Althoff, & Jäger, 2008) näher betrachtet. Die Merkfähigkeit stellt eine Facette der Intelligenz dar und kann in verschiedene „Merkfähigkeitstypen“ unterschieden werden: verbal, numerisch und figural (Jäger et al., 1997). Genauer werden mit „verbal“ ein sprachgebundenes Denken bezeichnet, d.h. Personen können sich gut Wörter aneignen; mit „numerisch“ ein zahlengebundenes Denken beschrieben, bei dem man sich gut Zahlen einprägen kann; und mit „figural“ ist ein anschauungsgebundenes/bildhaftes Denken gemeint, welches von Personen eine bildhafte oder räumliche Vorstellung des Lernmaterials erfordert wie z.B. das Lernen eines Pin-Codes anhand eines Muster.

Hat also die Merkfähigkeit einen Einfluss auf die Leistung eines/r Operators/in in z.B. einer Chemieanlage, der/die eine Anlage bedienen muss?

Studien zur Merkfähigkeit

Innerhalb von zwei Experimenten wurde der Einfluss von Merkfähigkeit mittels vier verschiedener Merkfähigkeits-Tests auf den Fertigkeiten- und Wissenserhalt in einer simulierten Prozesskontrolle (der Abwasseraufbereitungsanlage AWASim) untersucht.

Im ersten Experiment hat Marcel Reefmann untersucht, welchen Einfluss die Merkfähigkeit einer Person auf die Leistung einer simulierten Prozesskontrollaufgabe hat. Dabei haben die Teilnehmer/innen an einem ersten Termin gelernt die Prozesskontrollaufgabe durchzuführen und haben an zwei anschließenden Terminen normale Arbeitstage (Work Experience, WE) in einer Prozesskontrolle simuliert, an denen sie mit der Anlage interagiert haben, aber nicht die ursprünglich gelernte Aufgabe durchgeführt haben. An einem vierten Termin (3 Wochen nach dem Erlernen der Aufgabe) sollten die Teilnehmer/innen zeigen, ob sie die Aufgabe noch genauso gut bedienen können wie in Woche 1 (s. Abbildung 1).

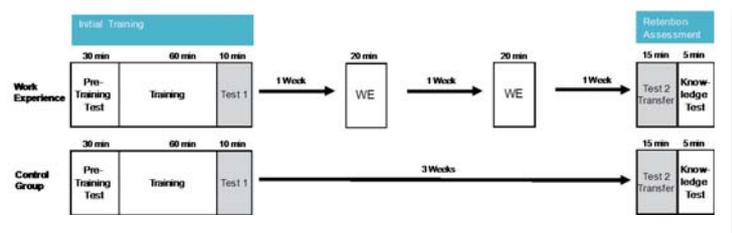


Abbildung 1: Darstellung des Ablaufes zu Experiment 1. WE bezeichnet Work Experience (die Simulation eines ganz normalen Arbeitstages)

Im zweiten Experiment hat Sanaz Maafi ein Setting entworfen, in dem wir untersuchen wollten, ob der Wissenserhalt durch Refresher-Trainings auch durch die Merkfähigkeit beeinflusst wird. In diesem Experiment haben die Teilnehmer/innen ein Refresher-Training (RT) eine Woche nach dem ersten Erlernen der Aufgabe erhalten, bevor sie die Aufgabe nach zwei Wochen noch einmal durchführen mussten, dargestellt in der folgenden Abbildung 2. In dem Refresher-Training haben die Teilnehmer/innen die gelernte Aufgabe erinnert und Fragen zu dem Gelernten beantwortet.

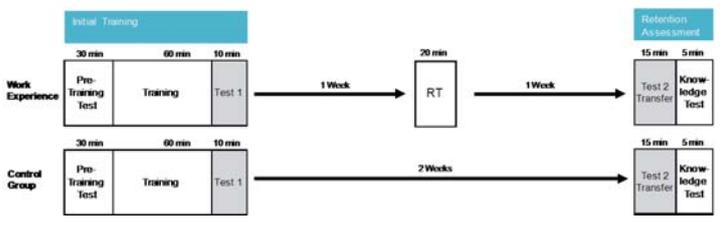


Abbildung 2: Darstellung des Ablaufes zu Experiment 2. RT bezeichnet dabei das Refresher Training.

Ergebnisse: Die Merkfähigkeit hat Einfluss auf die Leistung

In beiden Experimenten wurde gezeigt, dass Personen mit einer höheren Merkfähigkeit die Aufgabe beim letzten Termin nach 2 bzw. 3 Wochen (Retention Assessment) besser aus-

geführt haben, als Personen mit niedriger Merkfähigkeit. Es wurde ein signifikant hoher Zusammenhang zwischen Merkfähigkeit und Bedienleistung der Anlage beim letzten Termin deutlich. Vor allem in Kombination mit einem Refresher-Training profitiert die Leistung der Operateure von einer hoch ausgeprägten Merkfähigkeit.

Welche Merkfähigkeit ist bei der Prozesskontrolle wichtig?

In beiden Studien wurden mehrere Merkfähigkeitstests eingesetzt. Dabei hat sich der Wilde Intelligenz Test (Kersting et al., 2008) als besonders aussagekräftiger Indikator für die erforderliche Art der Merkfähigkeit in der Prozesskontrolle erwiesen. Der Wilde Intelligenz Test erhebt verbale, numerische und figurale Merkfähigkeit und kann damit die Merkfähigkeitserfordernisse für die Prozesskontrolle erfüllen. Verbal dadurch, dass der/die Operateur/in sich die Namen von z.B. Tanks merken muss; numerisch dadurch, dass behalten werden muss, wie viel Liter z.B. durch ein Ventil maximal fließen dürfen; und figural dadurch, dass die Symbole z.B. für ein Ventil, für einen Tank, für die Kolonne sowie die Anordnung der Symbole auf dem Bildschirm erinnert werden müssen. Die Abbildung 3 zeigt die Prozesskontrollaufgabe AWASim und verdeutlicht die geforderten Merkfähigkeitstypen.

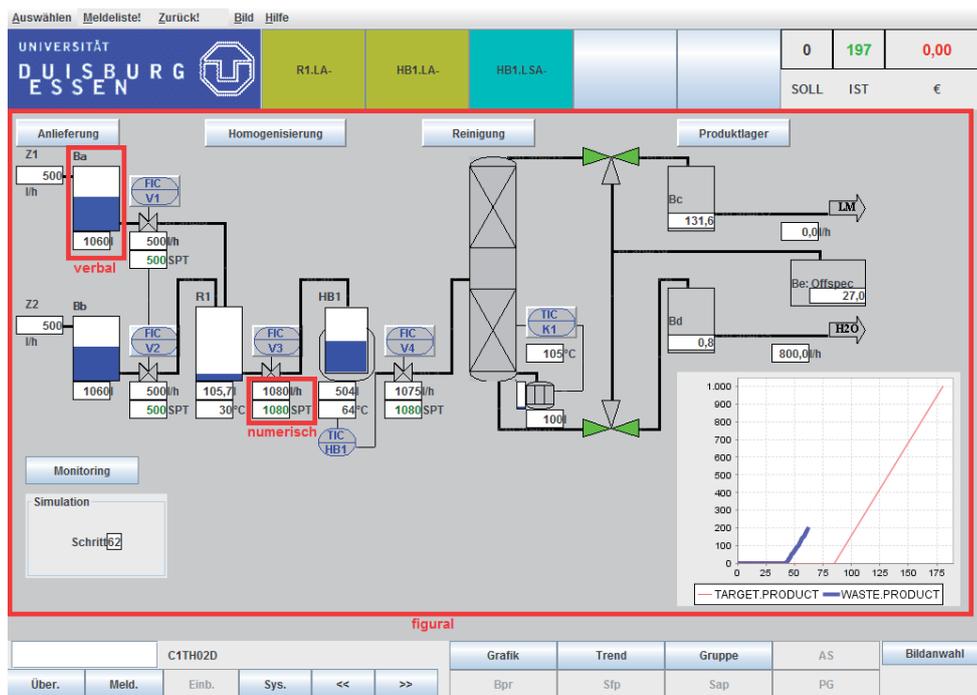


Abbildung 3: Darstellung von AWASim mit verbalen, numerischen und figuralen Elementen

Der Wilde Intelligenz Test kann in kurzer Zeit (ca. 25 Minuten) die Merkfähigkeit einer Person erfassen und liefert gute Vorhersagen, ob Personen solche Aufgaben, die eher selten vorkommen, auch nach einer längeren Zeit des Nicht-Gebrauchs korrekt ausführen können.

Zitierte Literatur

Jäger, A. O., Süß, H., & Beauducel, A. (1997). Berliner Intelligenzstruktur-Test, form 4. Göttingen: Hogrefe.

Kersting, M., Althoff, K., & Jäger, A. (2008). Wilde-Intelligenz-Test 2 (WIT-2) (Manual). Göttingen: Hogrefe.

Kluge, A., Burkolter, D., & Frank, B. (2012). "Being prepared for the infrequent": A comparative study of two refresher training approaches and their effects on temporal and adaptive transfer in a process control task. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Boston, 56(1), 2437-2441.

Kluge, A., & Frank, B. (2014). Counteracting skill decay: Four refresher interventions and their effect on skill and knowledge retention in a simulated process control task. Ergonomics, 57(2), 175-190.

Gaze Guiding als Unterstützung des Fertigungsabrufs

Kathrin Bischof, Benjamin Weyers & Annette Kluge

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Die Wirkung von Refresher-Interventionen auf den Fertigkeitserhalt von komplexen, dynamischen Arbeitstätigkeiten der Prozesskontrolle über längere Zeitintervalle unter Berücksichtigung von Mental Workload und Situation Awareness“ (KL2207/3-3), welches wie in der Newsletter-Ausgabe 30 berichtet durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird, sollen verschiedene Arten von Refresher-Interventionen durchgeführt und hinsichtlich ihrer Effektivität untersucht werden, Fertigkeiten und Wissen zu erhalten und besser abrufbar zu machen.

Zudem soll untersucht werden, wie hoch der Mental Workload bei den jeweiligen Refresher-Interventionen ist und wie sich diese auf die Situation Awareness auswirken. Mit Hilfe der daraus gewonnenen Erkenntnisse können Empfehlungen für die Gestaltung von Maßnahmen für die Fertigkeitserhaltung abgeleitet werden.

Die Theory of Disuse von Bjork und Bjork (1992; Bjork, 2011) besagt, dass die Abrufstärke von einmal erlerntem Wissen oder Fertigkeiten nach einer längeren Phase des Nichtgebrauchs

ab, was zu einer erschwerten Abrufbarkeit bis hin zum Verlernen dieser Fertigkeit führt. Bei der Bedienung von weitgehend automatisierten technischen Systemen ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass einmal erlernte Fertigkeiten über einen längeren Zeitraum nicht verwendet werden (Kluge et al, 2009). Ein solcher Fertigkeitsverlust kann in kritischen Situationen zu Fehlentscheidungen, falscher Bedienung und bis hin zu Unfällen führen (Onnasch et al., 2014; Parasuraman et al, 2000). Um dem entgegenzuwirken, können Refresher-Interventionen genutzt werden, mit deren Hilfe ein zuvor bereits durch ein Ersttraining erreichtes Leistungsniveau wiederhergestellt werden soll, nachdem die dadurch erlangten Fertigkeiten eine bestimmte Zeit lang nicht abgerufen wurden (Kluge & Frank, 2014). Bei diesen Refresher-Interventionen handelt es sich zumeist um Simulations- oder Simulatortrainings, die bereits erlernte Fertigkeiten durch deren wiederholte Ausführung auffrischen und diese damit in selten auftretenden, aber kritischen Situationen korrekt abrufbar machen. Als Simulationsumgebung soll in diesem Forschungsprojekt AWASimAnnual eingesetzt werden, wobei es sich um die Simulation einer Abwasseraufbereitungsanlage handelt, bei der ein ganzes Produktionsjahr dargestellt wird.

Gaze Guiding als Alternative zu Refreshertrainings

Neben den Refresher-Interventionen Practice (Üben), Symbolic Rehearsal (gedankliches Ausführen) und dem Testen als Abrufen einer Fertigkeit unter Prüfungsbedingungen, wird als innovativer alternativer Ansatz die Benutzerschnittstelle einer Prozesssimulation um ein Gaze-Guiding Konzept erweitert. Bei diesem soll das Refreshen zum Zeitpunkt des Fertigungsabrufs stattfinden, indem abhängig vom jeweiligen Systemzustand der Simulationsumgebung bestimmte Interaktionselemente hervorgehoben werden. Wie geht das? Dies geschieht durch Einblendung von Hinweisen oder Abdunkeln von Teilen der Benutzeroberfläche (Abbildung 4). Durch diese Hervorhebungen sollen der Blick und die Aufmerksamkeit des Benutzers auf die zum jeweiligen Zeitpunkt relevanten Elemente der grafischen Benutzerschnittstelle gelenkt werden, um dem Benutzer anzuzeigen, welcher Bedienungsschritt bei der simulierten Anlage als nächstes durchzuführen ist. Dafür werden zur Laufzeit der Simulation die aktuellen Systemzustände auf das Eintreten von vordefinierten Bedingungen hin geprüft und gegebenenfalls erfolgt die entsprechende Einblendung auf dem Fenster von AWASim-Annual.



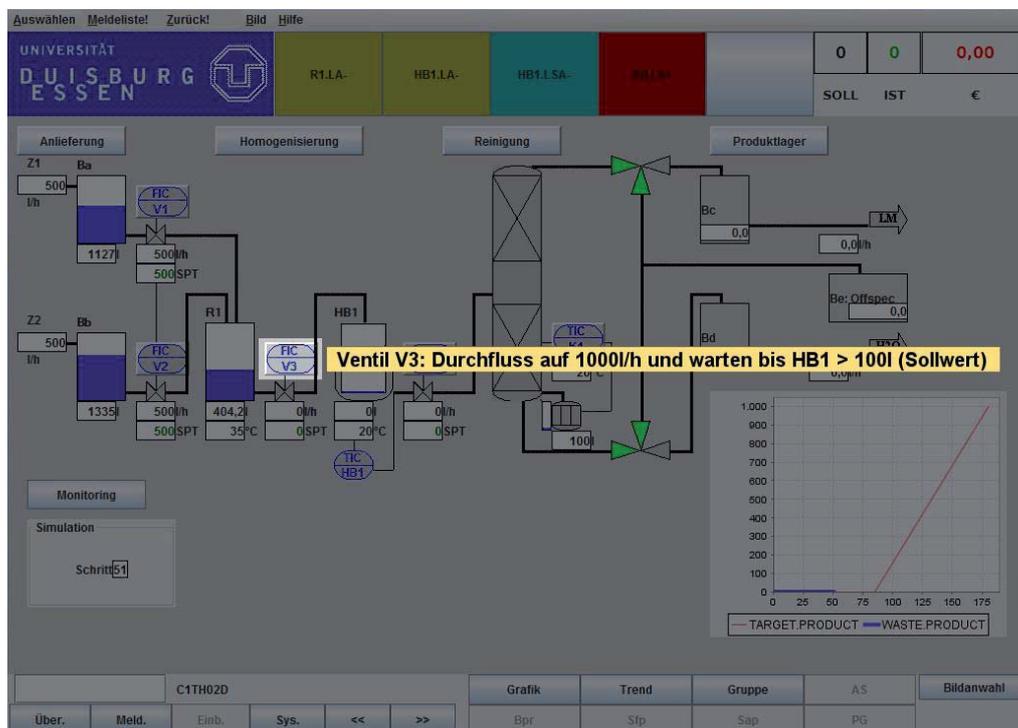


Abbildung 4: Gaze Guiding durch Abdunkeln und Einblenden von Hinweistext

Die bereitgestellten Mechanismen zur Hervorhebung

Für die Lenkung der Aufmerksamkeit eignen sich besonders kognitive Mechanismen, die präattentiv, also vor der eigentlichen bewussten Aufmerksamkeit wahrgenommen werden (Ware, 2004). Beispiele hierfür sind die Form, Farbe, Bewegung oder räumliche Position eines Objektes sowie die Richtung, in die es sich bewegt. Entscheidend dafür, ob ein Objekt präattentiv wahrgenommen wird, ist allerdings auch, wie stark es sich von anderen in seiner Umgebung unterscheidet und wie verschieden die Umgebungsobjekte untereinander sind.

Die Erweiterung für die Simulationsumgebung stellt einige visuelle Mechanismen bereit, um Elemente oder Bereiche einer Benutzeroberfläche abhängig vom Zustand der Prozesssimulation hervorzuheben. Dadurch wird es ermöglicht, dass der/die Benutzer/in gezielt an den aufzufrischenden Steuerungsprozess erinnert werden kann, ohne dass er den Interaktionskontext verlassen muss, wie es zum Beispiel durch das Nachschlagen in einer Bedienungsanleitung der Fall wäre.

Für die Modellierung des Gaze Guidings werden in einer Beschreibung die Art der Hervorhebungen, der Ort, an dem diese angezeigt werden soll sowie die jeweilige Bedingung

für eine Einblendung festgelegt. Bei der Spezifikation einer derartigen Bedingung kann angegeben werden, welche Systemwerte überwacht werden sollen. Des Weiteren können Angaben zu den Eigenschaften der visuellen Mechanismen gemacht werden wie etwa deren Form, Farbe oder bei blinkenden Elementen die Geschwindigkeit des Blinkens. Zurzeit werden unter anderem die folgenden Einblendungen unterstützt, die in Abbildung 5 beispielhaft zu sehen sind:

- Einblenden einer abgedunkelten Fläche, mit einer Ausparung für das hervorzuhebende Element, entweder mit Hinweistext (a) oder ohne
- Farbiger Rahmen als Umrandung eines Elements (b), auch blinkend
- Zwei Rahmen, die gleichzeitig eingeblendet werden, um so zwei Elemente oder Bereiche hervorzuheben
- Ein Pfeil, der auf das entsprechende Element zeigt (c), auch blinkend

Wenn die Implementierung es ermöglicht, direkt auf die einzelnen Elemente der Benutzeroberfläche zuzugreifen, kann darüber hinaus die Hintergrundfarbe oder, falls vorhanden, die Schriftfarbe eines Elements geändert werden.

Einige dieser genannten visuellen Mechanismen sollen in einer zukünftigen Studie für die Gaze Guiding Versuchsbedingung verwendet werden. Neben der Möglichkeit, aus den gewonnenen Erkenntnissen Maßnahmen für den Fertigkeitserhalt abzuleiten könnten so auch Empfehlungen für die Gestaltung von Benutzerschnittstellen gegeben werden, die den Abruf von einmal gelernten Fertigkeiten unterstützen.

Das Projekt wird gefördert durch die DFG mit der Fördernummer KL2207/3-3.

Zitierte Literatur:

Bjork, R.A. (2011). On the symbiosis of learning, remembering, and forgetting. In A. S. Benjamin (Eds.), *Successful remembering and successful forgetting: A Festschrift in honor of Robert A. Bjork* (pp.1-22). London, UK: Psychology Press.

Bjork, R.A. & Bjork, E.L. (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. In A. Healy, S. Kosslyn, & R. Shiffrin (Eds.), *From learning processes to cognitive processes: Essays in honor of William K. Estes (Vol. 2)* (pp.35-67). Hillsdale, NJ, USA: Erlbaum.

Kluge, A. & Frank, B. (2014). Counteracting skill decay: Four refresher interventions and their effect on skill and knowledge retention in a simulated process control task. *Ergonomics*, 57(2), 175-190.

Kluge, A., Sauer, J., Schüler, K. & Burkolter, D. (2009). Designing training for process control simulators: a review of empirical findings and current practices. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 10, 489-509.

Onnash, L., Wickens, C. D., Li, H., & Manzey, D. (2014). Human Performance Consequences of Stages and Levels of Automation: An Integrated Meta-Analysis. *Human Factors*, 56(3), 476-488.

Parasuraman, R., T. B. Sheridan, & C. D. Wickens (2000). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics- Part A: Systems and Humans*, 30, 286-297.

Ware, C. (2004). *Information visualization: perception for design* (2.Aufl.). Waltham, MA: Morgan Kaufmann.

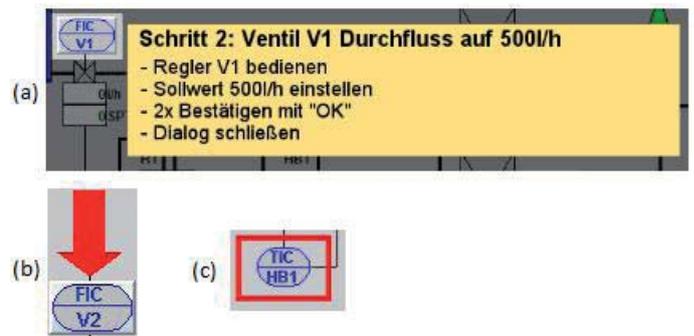


Abbildung 5: Beispiele für Einblendungen

Für die Praxis

Der Einsatz mobiler Endgeräte bei der Störungsdiagnose und deren Akzeptanz durch die Mitarbeiter/innen

Anatoli Termer und Annette Kluge

Industrie 4.0

Der Begriff „Industrie 4.0“ umfasst ein von der Bundesregierung ins Leben gerufenes Zukunftsprojekt, welches die mögliche Zukunft der industriellen Produktion und die Weiterentwicklung von industriellen Produktionsanlagen und –prozessen untersucht. Im Vordergrund steht dabei die flächendeckende Vernetzung von Informations- und Kommunikationstechnik zu einem cyber-physischen System mit dem Ziel, künftige industrielle Prozesse zu gestalten und an die Anforderungen der Zukunft zu optimieren (BMBF, 2013).

In der Industrie ist die Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen ein vorrangiges Ziel. Produktionsausfälle durch Störungen im Betrieb der Anlagen können zu sehr hohen Kosten führen. Durch die Vernetzung und Automatisierung der Anlagenkomponenten wird die Suche nach möglichen Fehlerursachen abermals erschwert, schließlich muss der Ort der Fehlerursache nicht an dem Ort des Fehlersymptoms sein (Jasperneite & Niggemann, 2012).

Automatisierungsgrade von bis zu 75 Prozent sind bereits Alltag in der Produktion und werden in Zukunft wohl noch weiter steigen (BMBF, 2013). Die Komplexität in der Fertigung nimmt immer weiter zu. Dies hat zur Folge, dass die Anforderungen an die Personen steigen, die mit solchen Systemen in den Aufgabenfeldern der Bedienung, Wartung und Instand-

haltung arbeiten. Durch die zusehends steigende Komplexität in der Fertigung entsteht der Bedarf, die Menschen bei ihrer zunehmend intransparenten Arbeit besser zu unterstützen. Als Lösung bietet sich der Einsatz von intelligenten Assistenzsystemen, die die Mitarbeiter/innen bei der Durchführung von komplexen und intransparenten Arbeitsaufgaben zu unterstützen oder zu entlasten (Jasperneite & Niggemann, 2012).

Die Situation der Störungsdiagnose

Bei Störungen der Anlagen im Betrieb steht das Bedien- und Instandhaltungspersonal unter hohem Zeitdruck, um die Anlage wieder anzufahren. An dieser Stelle kann der Einsatz mobiler Endgeräte bei der Störungsdiagnose helfen.

Die Herausforderungen bei der Entwicklung solcher Technologien für mobile Endgeräte sind dabei vielschichtig. Einerseits muss das verfügbare Wissen über Prozesse, Technologien und Arbeitsabläufe formalisiert werden, um dieses Wissen modellieren zu können und somit eine systematische Struktur des Systemverhaltens abzubilden.

Andererseits ist es von zentraler Bedeutung, den Menschen nach wie vor als Mittelpunkt des Prozesses zu sehen. Die Konzeption von mobilen Anwendungen muss sich stets an den Bedürfnissen und Anforderungen der Mitarbeiter/innen ausrichten, nur so können mittels mobiler Anwendungen die motorischen, kognitiven und assoziativen Fähigkeiten des Menschen bestmöglich genutzt werden. Dabei soll eine Innovation vor allem der Entlastung des Menschen bei der Arbeit dienen. Nur wenn subjektiv ein Mehrwert durch die Nutzung von neuen Technologien besteht, wird die Technologie von den Mitarbeiter/innen akzeptiert und diese auch tatsächlich genutzt.

Akzeptanzmodelle

Im folgenden Abschnitt werden theoretische Modelle vorgestellt, auf die in der Forschung zu Technologienutzung zurückgegriffen wird, um die Akzeptanz von Technologie erfassen zu können.

Task-Technology-Fit-Model

Ein Akzeptanzmodell, welches konkrete Einflussfaktoren auf die Nutzungseinstellung (Einstellungsakzeptanz) zu erklären versucht, ist das Task-Technology-Fit-Modell (Goodhue, 1995; siehe Abb. 6). Als mögliche Einflussfaktoren werden die Aufgabe und Technologie sowie das Individuum gesehen. Aufgabe steht hier für den Schwierigkeitsgrad und die Vielfältigkeit der gestellten Aufgabe. Die Technologie beschreibt in dem Modell die angebotenen Dienste bzw. Charakteristika des Informationssystems, der Faktor Individuum umfasst individuelle Fähigkeiten des Anwenders. Diese Faktoren beeinflussen demnach die Entscheidung, das System für Ausführung von Aufgaben einzusetzen. Eine positive Einstellung zur Nutzung ergibt sich dann, wenn das System als passend für die zu erfüllenden Aufgaben eingeschätzt wird. Die Verhaltensakzeptanz, also die tatsächliche Nutzung durch den Anwender, wird in dem Modell allerdings nicht berücksichtigt (Bürg & Mandl, 2004).

Technology-Acceptance-Model

Ein theoretisches und mehrfach empirisch geprüftes Modell, welches die Verhaltensakzeptanz mit einbezieht und sich in diesem Kontext heranziehen lässt, ist das Technology-Acceptance-Model (TAM) (Venkatesh & Bala, 2008; siehe Abb. 7). Das Modell beschreibt welche Faktoren entscheiden, ob eine (neue) Technologie vom Menschen genutzt oder eben nicht genutzt wird. Zu diesen Faktoren zählen zum einen die wahrgenommene Nützlichkeit, die davon abhängt, inwieweit eine

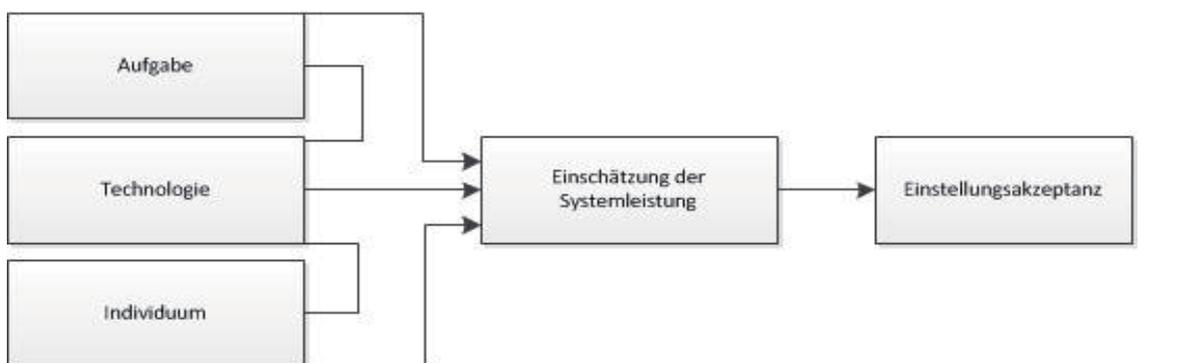


Abbildung 6: Das Task-Technology-Fit-Modell

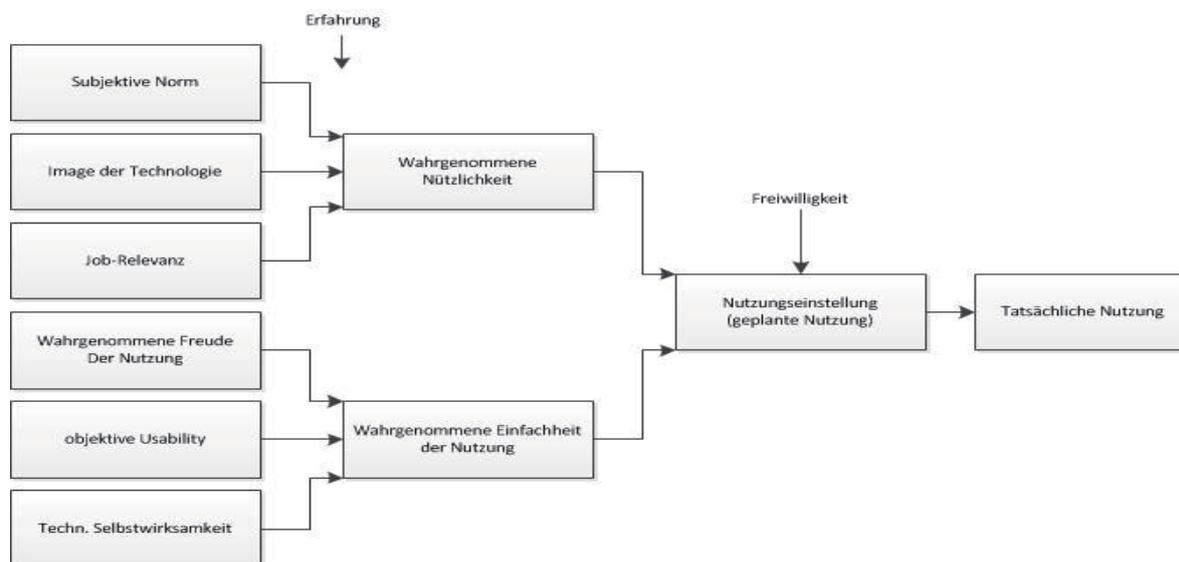


Abbildung 7: Das Technology-Acceptance-Model

Innovation Relevanz für die Arbeit einer Person besitzt. Die subjektive Norm ist eine weitere Einflussvariable auf die Nutzungseinstellung, die Ausführung einer Handlung hängt davon ab, ob andere Personen die Handlung für wichtig erachten oder nicht (Ajzen & Madden, 1986). Die subjektive Norm beeinflusst wechselseitig das Image bzw. Ansehen einer Technologie: Wenn bedeutende Mitglieder des sozialen Umfeldes es für wichtig erachten, dass die Person eine Technologie nutzen sollte, beeinflusst das Image wiederum die wahrgenommene Nützlichkeit der Technologie (Venkatesh & Davis, 2000).

Weiterhin ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung ein entscheidendes Bewertungskriterium: Nur wenn Personen durch eine einfache Bedienbarkeit eine technische Selbstwirksamkeit und darauf basierend eine Unterstützung durch die Technologie wahrnehmen, je höher also der Nutzen eines Systems bzw. einer Technologie sowie dessen einfache Bedienbarkeit gesehen wird, desto eher ist der/die Anwender/in dazu bereit diese Anwendung zu nutzen (Davis, 1989).

Was bedeutet das für den Entwicklungsprozess solcher Technologien?

Aus den aufgeführten Veränderungen in der industriellen Produktion und der Forschung zu Technologieakzeptanz und -nutzung ergeben sich Anforderungen an die Entwicklung und den Einsatz mobiler Applikationen. Die Technologie sollte sich immer an den spezifischen Aufgaben und

Bedürfnissen der jeweiligen Zielgruppe richten, die Mitarbeiter/innen sollten bereits während der Entwicklung mit in den Prozess einbezogen werden. Nur wenn die Innovation einen Mehrwert für die Anwender/innen bieten kann, findet eine Akzeptanzentwicklung statt und die Technologie wird auch tatsächlich genutzt.

Die Nutzung sollte dabei möglichst einfach zu handhaben sein, die Anwendung sollte also intuitiv und sicher zu bedienen sein. Zudem ist es wichtig, auch sehr komplexe Sachverhalte in einem benutzerfreundlichen Dialog abzubilden. Wenn diese Rahmenbedingungen gewährleistet sind und zudem die Anmutungsqualität einer Anwendung die Erwartungen daran sogar übertreffen kann, besteht hohes Potenzial für die Entwicklung von Akzeptanz unter den Anwendern und tatsächliche Nutzung der Technologie.

Vorgehen

Im Rahmen eines Auftrages für einen international agierenden Automobilhersteller wurde ein Pilotprojekt mit dem Ziel gestartet, das Potenzial des Einsatzes einer mobilen Anwendung (siehe Abb. 8) bei der Störungsdiagnose und -behebung zu untersuchen. Hierfür wurden zunächst Werkstattemitarbeiter zu ihrem Vorgehen, den kognitiven Prozessen und Bewältigungsstrategien interviewt. Auf der Basis der Interviews und einer Marktanalyse in Bezug auf Diagnose wurde ein Konzept für eine mobile Anwendung entwickelt und für

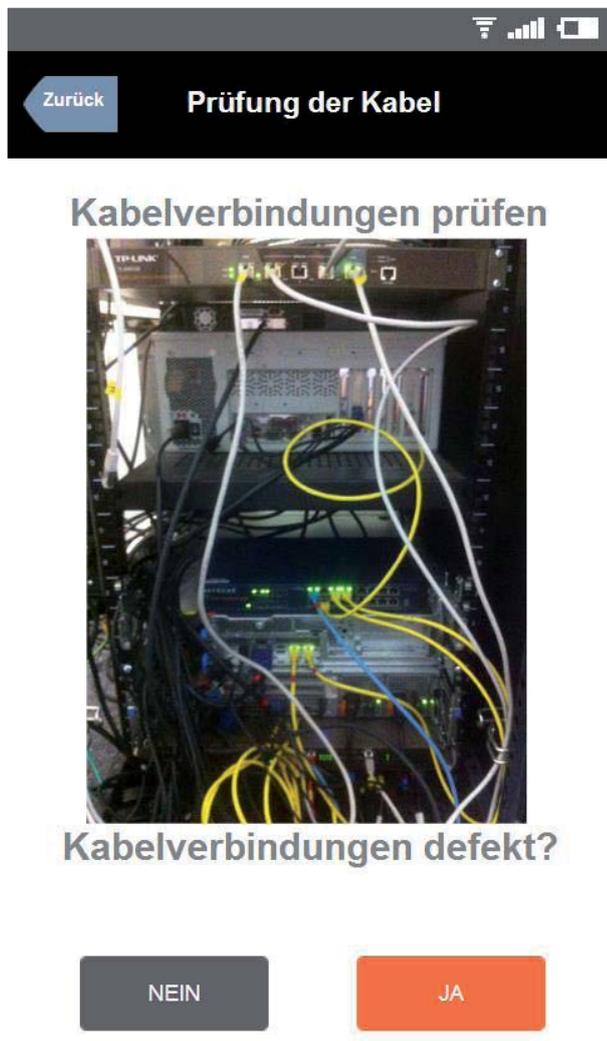


Abbildung 8: Mobile Endgeräte zur Störungsdiagnose in der Fertigung

den Einsatz zur Störungsbehebung anhand vorher definierter Störfallszenarien angepasst. Während der Konzeptionsphase wurden Expertenbefragungen durchgeführt und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse im Zuge eines iterativen Entwicklungsprozesses überarbeitet und in das bestehende Konzept integriert. In der derzeitigen Projektphase wird die Anwendung technisch implementiert und für die Untersuchung „im Feld“, also in der Produktionsumgebung vorbereitet. Das Potenzial, welches sich durch den Einsatz neuer Technologien in der industriellen Produktion erschließt, ist sowohl für Unternehmen als auch für die Mitarbeiter/innen sehr hoch. Durch eine wahrgenommene Selbstwirksamkeit bei der Arbeit kann eine höhere Befriedigung der Mitarbeiter/innen durch

die Arbeit erzielt werden. Durch die Ausrichtung von Technologien an den kognitiven Fähigkeiten des Menschen werden die Mitarbeiter/innen in ihrer Arbeit entlastet und können zudem durch eine höhere Verfügbarkeit von Informationen vor Ort ein besseres Verständnis für Prozesse entwickeln und in die Produktion eingebunden werden.

Zitierte Literatur:

Ajzen, I. & Madden, T. J. (1986). Prediction of goal directed behaviour: attitude, intentions and perceived behavioural control. *Journal of Experimental Social Psychology*, 22, 453-474.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2013). Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Referat IT-Systeme, S. 1-35.

Bürg, O. & Mandl, H. (2004). Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. Forschungsbericht Nr. 167. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology, *MIS Quarterly*, 13, 319-339.

Goodhue, D.L. (1995). Understanding User Evaluations of Information Systems. *Management Science*, 41, 1827-1844.

Jasperneite, J. & Niggemann, O. (2012). Systemkomplexität in der Automation beherrschen: Intelligente Assistenzsysteme unterstützen den Menschen. *Atp-Edition*, 54 (9), 36-45.

Venkatash, V. (2000). Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Perceived Behavioral Control, Computer Anxiety and Enjoyment into the Technology Acceptance Model. *Information Systems Research*, 11, 342-365.

Venkatash, V. & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions, *Decision Science*, 39(2), 273-315.

Aus der Praxis

Unsere „Lessons-learned“. Ein Leitfaden zu Blickbewegungsuntersuchungen in „realen Umgebungen“

Von Nikolaj Borisov & Felix Born

Mithilfe von Eye-Tracker-Systemen können Blickbewegungen eines Nutzers/einer Nutzerin in einer Umgebung oder bei Nutzung von bestimmten Gegenständen hin untersucht werden. Die Auswertungsmöglichkeiten sind vielfältig, im Folgenden werden einige genannt:

- Errechnung der Blickdauer für eine bestimmte Szene oder auf ein Objekt, z.B. das Innere eines Fahrzeugs.
- Errechnung der Häufigkeit des Blickwechsels zwischen zwei Objekten z.B. Tacho und Navigationssystem (Abbildung 9).
- Blickverläufe in Form einer Heat Map visualisieren.
- Blickverläufe in Form einer Shadow Map visualisieren (Abbildung 10).
- Blickverläufe von Objekt zu Objekt visualisieren.
- Gleichzeitige Visualisierung von Blickverläufen von mehreren Probanden/innen.

In unserem speziellen Anwendungsfall nutzen die Probanden/innen einen mobilen Eye-Tracker in Form einer Brille und eine Sendeeinheit mit einem Gurt zum Umschnallen. Als Untersuchungsobjekt fungiert ein Fahrzeug, an dem die Blickbewegungsuntersuchungen durchgeführt werden. Anhand von festgelegten Anweisungen müssen die Probanden/innen bestimmte Elemente (z.B. den Schalter für das Abblendlicht) im Fahrzeug finden. Für unsere Studie kommt das uns zur Verfügung gestellte Eye-Tracker-System Dikablis mit der aktuellen Software D-Lab 3.0 zum Einsatz.

Was ist bei Blickbewegungsstudien zu beachten?

Bei der Vorbereitung der Studie muss allerdings einiges im Vorfeld beachtet werden. Es fängt mit einfachen Dingen an, wie das sich Vertrautmachen mit dem zu benutzenden Eye-Tracker-System und seinen technischen Grenzen.

Weiterhin sind das korrekte Anschließen der Komponenten, das Ausdrucken und Anbringen von speziellen Markern (ohne die die Blickbewegungen nicht aufgezeichnet werden können) an vorher festgelegten Stellen, Umgang mit der Software, die die Blickbewegungsdaten aufzeichnet und auswertet, und



Abbildung 9: Beispiel Blickwechsel



Abbildung 10: Beispiel Shadow Map

der korrekten Kalibrierung des Systems, bis zu Beachtung der richtigen Lichtverhältnissen in dem Raum, in dem die Studie durchgeführt wird, zu beachten. Wir wollen auf einige Punkte, und dabei speziell auf technische Aspekte, eingehen, die uns besonders in der Vorbereitung aufgefallen sind.

Anschließen der Komponenten

Beim Anschließen der einzelnen Komponenten mit Kabeln können aufgrund von unterschiedlichen Kabel-Steckern eigentlich keine Fehler gemacht werden, und dennoch gibt es Stellen, bei denen Fehler passieren können. Beim unseren Eye-Tracker-System sind zwei Kameras an der Eye-Tracker-Brille befestigt. Die eine Kamera nimmt das Auge des Probanden/der Probandin und die andere das Blickfeld auf. Die Bilder der beiden Kameras bei unserem System werden über Antennen an den zu verarbeitenden Rechner geschickt. Hier ist es wichtig, die Verkabelung der Feldkamera mit der Kamera für die Pupillenaufnahme nicht zu vertauschen. Das kann man ebenfalls,

falls nicht beschriftet, in der Software kontrollieren. Leider ist auch die Technik nicht von Fehlern befreit. So gab es einmal den Fall, dass plötzlich der Eye-Tracker permanent Aussetzer hatte und keine oder nicht zu gebrauchende und flimmernde Bilder lieferte. Schließlich brachte das Vertauschen der Antennen für Pupillenkamera und Feldkamera letztendlich die Lösung. Warum genau das Problem erst an dem Tag auftrat und was den einen Empfänger genau gestört haben könnte, obwohl beide identisch sind, war ohne fundiertes technisches Grundwissen nicht ersichtlich. Es sei nur angemerkt, dass wir vorher alle Anschlüsse genau kontrolliert haben.

Die Auswertungssoftware

Die uns zur Verfügung gestellte D-Lab Software unterstützt neben Eye-Tracker-Aufnahmen weitere Möglichkeiten, auch zusätzliche Aufnahmequellen zu nutzen. So können weitere Kameras zur Beobachtung an das Eye-Tracker-System angeschlossen oder aus eigenen Applikationen über das Netzwerk-Protokoll (TCP) bestimmte Ereignisse ausgelöst werden, um beispielsweise eigene Informationen zum Loggen an das System übertragen zu können. Somit werden alle Daten nur an einer einzigen Stelle gesammelt und verwaltet. Bei der Durchführung einer Studie muss nun beachtet werden, dass alle angeschlossenen und ins Projekt eingebundenen Aufnahmequellen vor dem Aufnahmestart aktiviert wurden. Vom Eye-Tracker-System selbst gibt es keine Rückmeldung, wenn eine Aufnahmequelle nicht aktiviert ist. So kann es durchaus passieren, dass die Eye-Tracker-Kameras während der Aufzeichnung inaktiv waren und die Studie erneut durchgeführt werden muss. Hierzu lohnt es sich zu der altbewerten Technik der „Checkliste“ zu zugreifen.

Das Handbuch zum Anschließen und zur Benutzung des Systems ist enorm wichtig und sollte immer zur Hand sein.

Die Kalibrierung

Es ist außerdem gut zu wissen, auf welchen Seiten die Schritte zu Kalibrierung des Eye-Trackers und das Einschalten und Konfiguration der einzelnen Aufnahmequellen erklärt werden und diese zu beherrschen. Eine fehlerfreie Datenauswertung hängt sehr stark von akkuraten Aufnahmen und der korrekten Kalibrierung ab. Das in der Studie zum Einsatz kommende Eye-Tracker-System bietet außerdem eine nachträgliche Kalibrierung an. Allerdings kann es sehr zeitintensiv werden, wenn

es sehr viele Aufnahmen betrifft oder die Aufnahmen recht lang sind. Mit dieser Funktion ist es möglich den Bereich für die Pupillenerkennung nachträglich ab einem bestimmten Zeitpunkt anzupassen. Die Funktion ist keine Magie und ist nur dann hilfreich, wenn die Pupille zu dem Zeitpunkt auch sichtbar ist. Hierzu muss jedoch schon im Vorfeld die Kamera zur Aufnahme des Auges korrekt positioniert sein. Es ist daher sehr sinnvoll zu der durchgeführten Kalibrierung zu testen, ob auch bei verschiedenen Blickrichtungen wie bei einem Blick nach unten, nach oben oder seitlich die Pupille vom Eye-Tracker erkannt wird, falls in der Studie so ein Blickwechsel stattfindet. Dazu gibt es im Kalibrierungsdialog eine Echtzeitansicht des Probanden/innen mit der Anzeige, ob die Pupille vom Eye-Tracker-System tatsächlich bei der Blickrichtung erkannt wurde. Wichtig ist, dass bei den Probanden/innen keine Schminke in den Augen vorhanden sein darf. Diese kann die Erkennung sehr negativ beeinflussen. An dieser Stelle lernt man vor allem die Grenzen des Systems kennen. Nicht immer funktionieren alle erdachten Blickrichtungen und es kann etwas dauern einen Kompromiss zwischen Forschungsinteresse und Grenzen des Systems zu finden.

Für die Erkennung von wichtigen Elementen im Blickfeld an verschiedenen Stellen im Bild, können an den jeweiligen Stellen sogenannte Erkennungsmarker (s. Abbildung 11) positioniert werden.

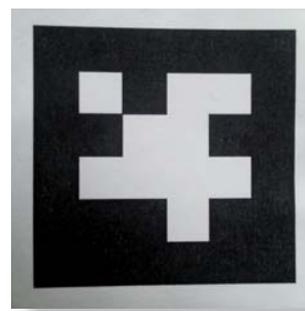


Abbildung 11: Erkennungsmarker für Eye Tracking Untersuchungen

Das Eye-Tracker-System erkennt diese bei der späteren Auswertung automatisch. Jeder Marker hat außerdem einen eigenen Erkennungscode.

Die Positionierung der Erkennungsmarker

Die Positionierung der Erkennungsmarker spielt bei der Pupillenerkennung bzw. Kalibrierung auch eine entscheidende Rolle. Je nach Entfernung der Erkennungsmarker zum Probanden

den/in, sollten diese in verschiedenen Größen ausgedrückt und positioniert werden. Dadurch kann die Erkennung durch das Eye-Tracker-System deutlich verbessert werden. Darüber hinaus bietet uns die eingesetzte Software D-Lab verschiedene Erkennungsalgorithmen für Markererkennung an. Jedoch steigt die Berechnungszeit sehr stark an, sodass eine zehn Minuten lange Aufnahme, je nach Rechenleistung des Rechners, bereits länger als eine Stunde Rechenzeit benötigen kann. Wichtig hierbei ist auch, dass die Marker nicht durch irgendwelche Gegenstände verdeckt werden. Leider ist dies jedoch nicht immer möglich, vor allem dann nicht, wenn die Größe der Probanden/innen bzw. die Augenhöhe stark unterschiedlich ist. In unserer Vorstudie im Projekt konnten wir beispielsweise feststellen, dass Erkennungsmarker bei bestimmten Probanden/innen durch ihre Augenhöhe verdeckt wurden. Hier muss überlegt werden, ob es möglich ist die Situation bzw. die Szene an die Größe des Probanden/innen anzupassen, was leider wiederum bei vielen Probanden/innen viel Zeit in Anspruch nehmen kann oder die spätere Auswertung erschweren würde. Ein weiterer wichtiger nicht zu unterschätzender Aspekt ist die eingeschränkte Anzahl der Erkennungsmarker, die vom Eye-Tracker-System unterstützt werden. Sollte diese nicht ausreichen, gibt es die Möglichkeit, Erkennungsmarker zu kombinieren. Dies ist vor allem bei der späteren Auswertung der Areas of interest (AOI) relevant.

Areas of Interest (AOIs)

AOIs sind aufgespannte Flächen im Sichtfeld, welche für die Auswertung des Blickverhaltens besonders relevant sind. Nach der Aufzeichnung können die Algorithmen anhand der Blickkoordinaten und der definierten Fläche errechnen, ob die Probanden/innen direkt in einen Bereich hineingeschaut haben oder nicht. Damit die Flächen eindeutig zugeordnet werden können, werden die Erkennungsmarker neben den relevanten Objekten angebracht. Bei der Erstellung der AOIs werden diese anschließend an die in der Nähe positionierten Erkennungsmarker gebunden. Mithilfe der Erkennungsmarker kann außerdem die Geometrie der AOIs berechnet werden, um die definierte Fläche aus verschiedenen Winkeln für die Berechnung und Visualisierung korrekt aufzuspannen. In der Abbildung 12 ist eine Beispielszene nacherfunden worden, wie die AOIs und das Eye-Tracker-System funktionieren.



Abbildung 12: Cockpit ohne Marker



Abbildung 13: Eye-Tracker-Analyse des Blickfeldes mit AOI und Erkennungsmarkern

In der Abbildung 13 wurden zwei Marker erkannt. Dies erkennt man anhand der roten Umrandung bei den Markern. Bei der Auswertung mit der D-Lab Software wurde durch Abspielen des aufgezeichneten Videos an der jeweiligen Momentaufnahme angehalten und eine AOI-Fläche aufgespannt. Erkennbar ist dies an der blauen Markierung in der besagten Abbildung. An diese AOI-Fläche wurde anschließend der Marker gebunden, der bereits vorher neben der Fläche angebracht wurde. Sobald das System diesen Marker erkennt, wird diese Fläche im Video eingeblendet - die Farbe der Fläche kann beliebig definiert werden. Schaut der/die Proband/in zusätzlich in diese Fläche hinein, so wird der Rahmen noch zusätzlich mit

transparenter Farbe gefüllt. Den genauen Blick des/r Probanden/in erkennt man in der besagten Abbildung anhand des roten Fadenkreuzes.

Vorbereitungen für eine erfolgreiche Untersuchung: Die Positionierung der Marker

Bereits im Vorfeld der Studie mussten diverse Vorbereitungen getroffen werden, damit eine reibungslose Untersuchung mithilfe von optischer Erkennung stattfinden konnte. Wie bereits erwähnt, erfasst der Eye-Tracker zwei verschiedene Bereiche. Zum einen wird der Blickwinkel durch die Position der Pupille und zum anderen der Bildausschnitt, der sich aus dem Blickwinkel ergibt, erfasst. Somit kann nachvollzogen werden, wohin während einer Aufgabe geschaut wird.

Damit die dargestellten AOIs erfasst werden können, bedarf es verschiedener optischer Marker, wie in Abbildung 13 dargestellt. Damit diese Marker jedoch ihren Zweck erfüllen können, ist eine gewisse Vorbereitung von Nöten, um eine reibungslose Erkennung zu ermöglichen.

Neben dem Ausdrucken, Ausschneiden sowie Aufkleben der nur in digitaler Form vorliegenden Marker, ist das Anbringen dieser, in unserem speziellen Fall, in einem Fahrzeug problematisch. Zwei verschiedene Faktoren sind hier zu nennen. Der erste Punkt betrifft die Position der Marker innerhalb des Fahrzeugs. Die optimalen Positionierungen der Marker müssen ermittelt werden, so dass diese von dem Eye-Tracker schnell erkannt werden. Des Weiteren darf die Befestigung der Marker die Beweglichkeit der Probanden/innen innerhalb des Fahrzeugs nicht einschränken. Der zweite Punkt zielt auf die Befestigung der Marker innerhalb des Fahrzeuges ab. Da es sich bei den zu testenden Fahrzeugen um Neuwagen im Preissegment eines Mittelklassewagens handelt, die nach der Testung als Neuwagen verkauft werden, ist es von größter Wichtigkeit, die Befestigung der Marker rückstandsfrei zu gestalten. Dazu wurden im Vorfeld der Untersuchung verschiedene transparente Klebebänder auf ähnliche Oberflächen geklebt, wie sie auch im Fahrzeug vorzufinden sind, um zu überprüfen, ob mit Hilfe dieser Klebebänder eine rückstandsfreie Befestigung gewährleistet werden kann.

Abbildung 14 zeigt einen solchen „Versuchsaufbau“ in dem besonders rückstandsfreies Klebeband auf der Plastikoberfläche eines Telefons für ca. zwölf Stunden befestigt wurde um eventuelle Streifenbildung oder Ähnliches zu beobachten. Nicht empfehlenswert ist auch das Laminieren von Erken-

nungsmarkern. Unter bestimmtem Blickwinkel kann die Folie das Licht in die Feldkamera reflektieren. Das kann sich sehr negativ auf die Erkennung auswirken.



Abbildung 14: Test eines rückstandsfreien Klebebandes

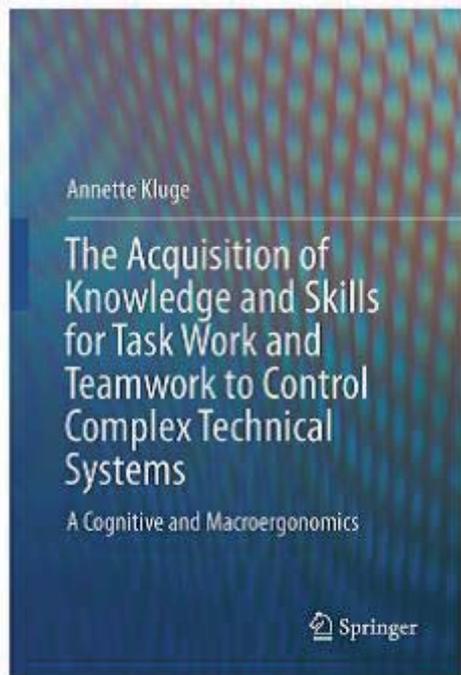
Anhand dieser Vorbereitungen sollen, in einer sich nun anschließenden Hauptuntersuchung, verschiedene Interaktionswerkzeuge im Bereich der Qualitätssicherung und Wartung eines Fahrzeugs am Fließband ausgewertet werden. Ziel dieser Studie ist die Verbesserung der Usability eines Endgerätes in der Arbeitsumgebung auf der physikalischen sowie auch auf der Softwareebene. Ein weiteres gleichwertig wichtiges Merkmal dieser Studie ist die Akzeptanz der Technik durch die Mitarbeiter/innen sowie deren Zufriedenheit mit der entwickelten technischen Lösung.

Eye Tracking ist also „einfacher gesagt als getan“. Zumindest sollte man sich viel und ausreichend Zeit einplanen, um die eingesetzte Technik für das Eye Tracking und dessen Tücken in der geplanten Versuchsumgebung ausgiebig zu testen.



News

Aktuelle Veröffentlichungen



2014, VIII, 196 p. 39 illus.

Kluge, A. (2014). The acquisition of knowledge and skills for taskwork and teamwork to control complex technical systems. A cognitive and macroergonomics Perspective. Springer: Dordrecht. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5049>

Hagemann, V. & Kluge, A. (2014). Einflussfaktoren auf den Erfolg von und Methoden der Erfolgsmessung beruflicher Weiterbildung. *Wirtschaftspsychologie*, 2-2014.

Manca D., Nazir S., Colombo S. & Kluge A. (2014). Procedure for automated assessment of industrial operators. *Chemical Engineering Transactions*, 36, 391-396 DOI: 10.3303.CET1436066.

Nazir S., Kluge, A., Manca, D. (2014), Automation in Process Industry: Cure or Curse? How can Training Improve Operator's Performance. In Jiří Jaromír Klemeš, Petar Sabev Varbanov and Peng Yen Liew, (Eds.), *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 33) (pp. 889-894). <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63456-6.50149-6>.

Impressum

„Komplexität und Lernen“

ISSN 1661-8629

erscheint vierteljährlich

Herausgeberin:

Prof. Dr. Annette Kluge

Universität Duisburg-Essen
Fachbereich Wirtschafts- & Organisationspsychologie
Fakultät für Ingenieurwissenschaften
Abteilung für Informatik und Angewandte
Kognitionswissenschaften
Lotharstr. 65
47048 Duisburg
annette.kluge@uni-due.de
Gastprofessorin am Lehrstuhl für
Organisationspsychologie
Universität St. Gallen

Das Team:

Dr. Vera Hagemann
Ananda von der Heyde
Nikolaj Borisov
Florian Watzlawik
Barbara Frank
Sebastian Brandhorst
Anne Heiting
Felix Born
Jurij Kalina
Anatoli Termer
Hannah Piecha
Kathrin Bischof
Susanne Heinemann

Ehemalige:

Dr. Dina Burkolter, Dr. Sandrina Ritzmann, Britta Grauel,
Christiane Fricke-Ernst, Michael Kunkel, Björn Badura,
Palle Presting, Joseph Greve, Nina Groß, Haydar Mecit
Julia Miebach, Gerrit Elsbecker



Wenn Sie Interesse an dem Newsletter haben, dann mailen Sie bitte an annette.kluge@uni-due.de Wir nehmen wir Sie gerne in unseren Verteiler auf.

