

Videogestützte Evaluation der Mensch-Technik-Interaktion – ein Methodenvergleich

Patricia H. ROSEN, Sascha WISCHNIEWSKI

*Gruppe „Human Factors, Ergonomie“,
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Die arbeitswissenschaftliche Untersuchung innovativer Technologien beinhaltet häufig die Evaluation neuer Arbeitssysteme bestehend aus Mensch und Technik. Aufgrund verschiedener Rahmenbedingungen kann die Evaluation jedoch erschwert sein. Der Beitrag stellt einen Ansatz zur frühzeitigen Bewertung von Mensch-Technik-Interaktion dar. Am Beispiel der Mensch-Roboter-Interaktion wird die Bewertung einer realen Arbeitssituation mit der Bewertung eines Videos der gleichen Situation verglichen. Die Analysen zeigen, dass die Interaktionsqualität in beiden Bedingungen ähnlich beurteilt wird. Zur Evaluation von Arbeitssystemen kann die Videomethode somit eine Alternative darstellen, wenn eine Analyse der realen Situation nicht oder nur eingeschränkt möglich ist.

Schlüsselwörter: Evaluation, Gebrauchstauglichkeit, Beanspruchung, Videomethode, Mensch-Roboter-Interaktion

1. Hintergrund und Fragestellung

Die Digitalisierung verändert die Arbeitswelt in zunehmendem Maß. Neue Technologien kommen auf den Markt und mit ihnen erschließen sich neue Anwendungen in verschiedenen Produktions- und Dienstleistungsszenarien. Mit der Hightech-Strategie setzt die Bundesregierung inhaltlich auf die Forschungsschwerpunkte Digitalisierung sowie innovative Arbeitswelt und fördert entsprechende Projekte (BMBF 2014). Insbesondere Verbundprojekte nehmen hier eine große Rolle ein. Unterschiedliche Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft leisten eigenständige Beiträge, welche sich thematisch zusammenfassen lassen und somit einen hohen Nutzen hervorbringen (BMBF 2016).

Im Rahmen dieser Vorlaufforschung arbeiten meist interdisziplinäre Partner zusammen, um neue Technologien für die Arbeitssysteme von morgen zu entwickeln. Dies geschieht häufig anhand von Forschungsdemonstratoren. In den Gesamtvorhaben hat jede Disziplin und jeder Partner in der Regel eine eigenständige Projektaufgabe. Die Aufgabe der Arbeitswissenschaft besteht häufig in der Evaluation der entwickelten Demonstratoren. Neben technischen Herausforderungen (z. B. im Bereich der Sicherheitstechnik) können sich weitere Herausforderungen ergeben, welche die Evaluationsmöglichkeiten direkt beeinflussen. So ist es üblich, dass die Demonstratoren noch nicht in der realen Arbeitssituation eingesetzt werden können. Auch im Labor oder in Pilotbereichen der betrieblichen Anwendungspartner können Bedingungen vorherrschen, die eine arbeitswissenschaftliche Evaluation mit Probanden erschweren. So entsteht beispielsweise das Problem, dass sich wiederholende Arbeitsschritte im Kontext von Montagelinie nur mit sehr großem Aufwand realisieren

lassen. Ein Grund hierfür kann darin liegen, dass eine Systemintegration zu einem frühen Stadium im laufenden Produktionsprozess nicht möglich ist. Ein weiterer Grund ergibt sich beispielsweise dadurch, dass Werkstücke mit Hilfe des entwickelten Forschungsdemonstrators nur exemplarisch manipuliert werden können. Ein zyklischer, Arbeitsprozess kann in so einem frühen Entwicklungsstadium ebenfalls häufig noch nicht realisiert werden. Aus diesen Gründen können weder im Labor noch in shopfloor-ähnlichen Pilotbereichen realitätsnahe Arbeitssituationen umgesetzt werden.

Um trotz der beschriebenen Herausforderungen eine arbeitswissenschaftliche Beurteilung eben solcher innovativen Arbeitssysteme zu ermöglichen, kann eine videogestützte Evaluation der Mensch-Technik-Interaktion herangezogen werden. In der Literatur lassen sich bereits Hinweise darauf finden, dass die Videomethode beispielsweise für die Beurteilung von robotischen Systemen verwendet werden kann. So beurteilten Probanden das Näherungsverhalten eines Roboters in der Realität und in einem Video: Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Beurteilung in beiden Bedingungen übereinstimmt (Woods et al. 2006a; Woods et al. 2006b). Allerdings wurde hier ein Within-Subject Design verwendet, sodass die Probanden die präsentierte Situation in dem Video oder in der Realität bereits aus der jeweils anderen Bedingung kannten. Die Kenntnis über die Situation durch die andere Bedingung hat das Ergebnis möglicherweise beeinflusst. Darüber hinaus wurden in beiden Studien zwar Grundfertigkeiten des Roboters beurteilt, allerdings erfolgte keine komplexere Aufgabenbearbeitung mit dem Roboter.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Videomethode zur Evaluation eines Mensch-Roboter-Szenarios im Kontext einer Arbeitssituation genutzt. Untersucht wurde die Fragestellung, ob eine videogestützte Bewertung der Mensch-Roboter-Interaktion zur arbeitswissenschaftlichen Evaluation eines Forschungsdemonstrators herangezogen werden kann. Konkret wurde überprüft, ob die Wahrnehmung einer im Video dargestellten Arbeitssituation mit der Wahrnehmung der realen Arbeitssituation vergleichbar ist.

2. Vorgehen und Methodik

Zur Untersuchung der Forschungsfrage wurde eine reale Arbeitssituation mit einer Videoaufnahme der gleichen Situation verglichen. In beiden Bedingungen wurde im Anschluss die Interaktion zwischen Mensch und Roboter hinsichtlich technikbezogener und personenbezogener Kriterien bewertet. Die Versuchsbedingung (real vs. Video) stellt somit die unabhängige Variable dar. Die beurteilte Gebrauchstauglichkeit des Roboters, die Technikakzeptanz und das subjektive Beanspruchungserleben stellen die abhängigen Variablen dar.

2.1 Beschreibung Versuchsmaterial

In der realen Situation (Bed1_real) führten die Versuchsteilnehmerinnen und Versuchsteilnehmer in einem Labor eine Montageaufgabe gemeinsam mit einem Leichtbauroboter durch. Die Arbeitsaufgabe beinhaltete die Montage und Demontage von Widerständen auf einem Steckbrett. Der Arbeitsvorgang wiederholte sich nach etwa einer Minute und wurde insgesamt 29 Mal durchgeführt. Somit betrug die Bearbeitungsdauer aller Steckbretter insgesamt circa 30 Minuten. Abbildung 1 stellt den verwendeten Versuchsaufbau im Labor dar.



Abbildung 1: Darstellung der realen Versuchsbedingung

In der zweiten Bedingung (Bed2_video) wurde den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein Video gezeigt, welches die Arbeitssituation und den Arbeitsprozess der realen Bedingung zeigt. Das Video hatte eine Länge von 21:53 Minuten. Gezeigt wurde die Bearbeitung von 13 Steckbrettern.

Für die Erstellung des Stimulusmaterials der zweiten Bedingung wurde eine Person aus dem Versuchsleiterteam bei der Bearbeitung der Montageaufgabe gemeinsam mit dem Leichtbauroboter gefilmt. Die Aufnahme erfolgte mittels der Kameraperspektive Normalsicht. Durch diese Einstellung befindet sich die Kamera auf der gleichen Höhe, wie die gefilmte Person. Die Einstellung ermöglicht die Gesamtsituation im Blick zu behalten und schafft eine natürliche Wahrnehmung (Seligmann 2017).

Die Beschreibung aller verwendeten Instrumente zur ganzheitlichen Erfassung der Mensch-Roboter-Interaktion erfolgt an anderer Stelle (Rosen et al. 2016). Hier sind die Instrumente beschrieben, auf die sich die präsentierten Ergebnisse beziehen. Das subjektive Beanspruchungserleben wurde mit dem Wuppertaler Screening Instrument Psychischer Beanspruchung (WSIB) gemessen (Wieland & Hammes, 2014). Die Gebrauchstauglichkeit wurde anhand von sieben Grundsätzen zur Dialoggestaltung erfasst (Aufgabenangemessenheit, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit, Erwartungskonformität, Lernförderlichkeit, Selbstbeschreibungsfähigkeit und Steuerbarkeit). Diese wurden in Anlehnung an das IsoMetrics^S Verfahren (Gediga et al. 1999) an die Mensch-Roboter-Interaktion angepasst. Ergänzt wurden die Dialogprinzipien durch selbstentwickelte Fragen zum wahrgenommenen Nutzen sowie zum wahrgenommenen Bedienkomfort des Roboters, basierend auf dem Technology-Acceptance Model (Davis 1989).

2.2 Beschreibung Stichprobe und Versuchsablauf

Die beiden Bedingungen wurden mittels eines Between-Subject Designs verglichen. Die Daten der Probanden aus der ersten Bedingung stammen aus einer Stichprobe von 44 Versuchspersonen, die an dem realen Versuch zur Bewertung der Mensch-Roboter-Interaktion teilgenommen haben. Von diesen wurde mit IBM SPSS Statistics eine Zufallsstichprobe von zehn Personen gezogen. Das Video wurde zehn anderen Probanden gezeigt, die nicht an dem realen Versuch teilgenommen haben. Somit umfasst jede Gruppe zehn Teilnehmende.

Nach der allgemeinen Einführung, dem Aushändigen der Probandeninformation und dem Einholen der Einwilligungserklärung führten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Montageaufgabe entweder selber durch oder sahen das Video der Montageaufgabe. In der Videobedingung bekamen die Teilnehmenden die folgende Instruktion: „Sie sehen gleich ein Video, in dem eine Person mit einem Roboter zusammenarbeitet. Stellen Sie sich vor, dass Sie selbst diese Person sind, die in dem Video zu sehen ist. Versuchen Sie sich, so gut wie möglich in die gemeinsame Arbeitssituation mit dem Roboter hineinzusetzen.“ Die Teilnehmenden schauten dann in einem ruhigen Raum das Video auf einem 19 Zoll Bildschirm im Beisein der Versuchsleitung. In beiden Bedingungen wurde das subjektive Beanspruchungserleben vor und nach der Bearbeitung der Aufgabe bzw. vor und nach Betrachten des Videos erfasst. Im Anschluss erfolgte in beiden Bedingungen die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit sowie der Akzeptanz.

3. Ergebnisse

Die Gruppe der realen Bedingung (Bed1_real) umfasste je fünf männliche und weibliche Personen. Der Altersdurchschnitt lag bei $M = 28$ ($SD = 8.2$) Jahren. In der zweiten Gruppe (Bed2_video) lag das mittlere Alter bei $M = 35$ ($SD = 16$) Jahren. Hier nahmen drei männliche sowie sieben weibliche Personen teil.

Die Analyse der Daten zeigt, dass die Werte beider Gruppen nicht normalverteilt sind. Daher erfolgt der Vergleich der beiden Gruppen mittels nichtparametrischem Verfahren (Mann-Whitney Test). Es wird der Median berichtet, da dieser bei der Darstellung von Ergebnissen nichtparametrischer Verfahren als geeigneter gilt (Field, 2013). Die Effektstärke wurde für die signifikanten Ergebnisse zusätzlich berechnet.

Die Analyse zeigt, dass es weder vor noch nach der Zusammenarbeit mit dem Roboter bzw. dem Betrachten des Videos einen Unterschied zwischen den beiden Gruppen (Bed1_real und Bed2_video) in der subjektiven Beanspruchung gibt. Einzige Ausnahme bildet die Beanspruchungsdimension „physische Beanspruchung“: Hier zeigt sich, dass die Teilnehmenden der realen Versuchsbedingung vor dem Versuch eine geringere physische Beanspruchung angeben ($Med = 1,00$) als die Probanden der Video Bedingung ($Med = 1,75$), $U = 87,50$, $z = 3,12$, $p = .003^{*1}$, $r = .70$. Die deskriptiven Daten und die Ergebnisse des Mann-Whitney Tests für die Dialogprinzipien sowie die Skalen zur Technikakzeptanz sind in Tabelle 1 dargestellt. Der Vergleich der beiden Gruppen zeigt, dass keine Unterschiede zwischen beiden Bedingungen hinsichtlich der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit oder Skalen zur Akzeptanz vorliegen. Lediglich in der Skala zur Aufgabenangemessenheit sowie in der Skala zum wahrgenommenen Bedienkomfort lässt sich jeweils ein Unterschied feststellen. Nach einer Alphas-Korrektur (Field 2013) sind allerdings auch diese Unterschiede zu vernachlässigen ($0,05/22 = .0025$).

4. Diskussion und Ausblick

Das Ziel der Untersuchung bestand darin, die Beurteilung einer realen Arbeitssituation mit der gleichen Situation, dargestellt in einem Video, zu vergleichen. Die Analyse der Daten zeigt, dass keine Unterschiede zwischen den Gruppen vorhanden sind. So bewerten die Versuchsteilnehmerinnen und Versuchsteilnehmer die Interaktion zwischen Mensch und Roboter in beiden Situationen ähnlich.

Tabelle 1: Ergebnisse der Analyse der Gruppenunterschiede mittels Mann-Whitney Tests.
 Unabhängige Variable: Gruppenzugehörigkeit

Abhängige Variable	Median (Bed1_real)	Median (Bed2_video)	Mann-Whitney-U	Z-Statistik	p*	Effektstärke
Aufgabenangemessenheit	3.45	2.10	22.50	-2.09	.035	-.47* ¹
Selbstbeschreibungsfähigkeit	1.38	1.37	51.50	0.11	.921	-
Steuerbarkeit	1.50	1.50	58.00	0.61	.579	-
Erwartungskonformität	5.0	4.12	34.50	-1.21	.247	-
Fehlerrobustheit	0.5	0.55	51.50	0.11	.921	-
Individualisierbarkeit	1.13	0.37	44.50	-0.43	.670	-
Erlernbarkeit	3.21	3.14	53.00	0.23	.820	-
Wahrgenommener Nutzen	4.0	3.50	37.00	-1.00	.319	-
Wahrgenommener Bedienkomfort	5.0	4.25	15.00	-2.91	.007	-.65* ¹
Qualität der Zusammenarbeit	4.25	4.00	36.00	-1.08	.315	-

*p = .05; *¹keine Signifikanz nach Alphas-Korrektur (p = .002)

Die Evaluation einer realen Arbeitssituation ist grundsätzlich zu bevorzugen. Ein Video kann eine Arbeitssituation nicht in ihrer für ein Individuum erfahrbaren Gesamtheit darstellen. Jedoch ist eine Evaluation der echten Arbeitssituation gerade in Forschungsprojekten häufig schwierig. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die Videomethode ein geeignetes Mittel darstellen kann, um ein Arbeitssystem bzw. die Interaktion zwischen Mensch und Technik zu analysieren, wenn dies unter realen Bedingungen nicht möglich ist. Dieses Vorgehen wurde bereits im Verbundvorhaben „Individualisierte sozio-technische Arbeitsassistenten für die Produktion (INDIVA)“ eingesetzt. Hier haben 19 Personen das zyklische Einsetzen eines Rückwandmoduls in eine Karosserie gemeinsam mit einem Industrieroboter bewertet. Eine arbeitswissenschaftliche Evaluation ohne Video wäre in diesem Falle nicht möglich gewesen, da das Modul nach einmaligem Einsetzen erst wieder aus der Karosserie herausgenommen werden musste. Ein ähnlicher Einsatz wird in dem Verbundprojekt „Hybr-iT – Hybride Teams in wandlungsfähigen, cyber-physischen Produktionsumgebungen“ angestrebt. Im Rahmen des Projekts entstehen Demonstratoren bei denen Menschen und Roboter in Produktionsumgebungen als Team gemeinsam arbeiten. Dieses soll auch in realitätsnahen Umgebungen getestet werden. Hier kann sich die Videomethode als hilfreich erweisen, um kleinere Systemiterationen bereits im Vorfeld durch Beschäftigte beurteilen zu lassen.

Als methodische Kritik ist festzuhalten, dass die Stichprobengröße des Vergleichs relativ klein war. Des Weiteren sollten zusätzliche Personenfaktoren bei der Verwendung der Methode berücksichtigt werden. So zeigen die Ergebnisse aus dem Projekt INDIVA, dass die Fähigkeit innere Bilder aufzubauen einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Arbeitssituation in dem Video haben kann.

Als abschließendes Fazit ist festzuhalten, dass die videogestützte Evaluation ein geeignetes Mittel darstellt, um Forschungsdemonstratoren hinsichtlich arbeitswissenschaftlicher Kriterien zu analysieren, zu bewerten und diese Ergebnisse in eine menschengerechte Gestaltung der Systeme einfließen zu lassen.

5. Literatur

- Bundeministerium für Bildung und Forschung (BMBF)(2014). Die neue Hightech-Strategie Innovation für Deutschland. Berlin: trigger.medien gmbh.
- Bundeministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2016). Zukunft der Arbeit Innovationen für die Arbeit von morgen. Bonn: BMBF.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*: Sage.
- Gediga, G., Hamborg, K.-C., & Dünisch, I. (1999). The IsoMetrics usability inventory: an operationalization of ISO 9241-10 supporting summative and formative evaluation of software systems. *Behaviour & Information Technology*, 18(3), 151-164.
- Rosen, P. H., Robelski, S., Kirchhoff, B., & Wischniewski, S. (2016). Mensch-Roboter-Teams – Klassifikation, Gestaltung und Evaluation der Interaktionen im Arbeitssystem. *wt Werkstatttechnik online*, 106(H9), 605-609.
- Seligmann, N. (2017). *Star Gazing-Strategien der medialen Inszenierung bei Alfred Hitchcock und Gilbert & George (Vol. 48)*: transcript Verlag.
- Wieland, R., & Hammes, M. (2014). Wuppertaler Screening Instrument Psychische Beanspruchung (WSIB) Beanspruchungsbilanz und Kontrollerleben als Indikatoren für gesunde Arbeit. *Journal Psychologie des Alltagshandelns/Journal of Everyday Activity*, 7(1), 30-50.
- Woods, S., Walters, M., Koay, K. L., & Dautenhahn, K. (2006a). Comparing human robot interaction scenarios using live and video based methods: towards a novel methodological approach. Paper presented at the Advanced Motion Control, 2006. 9th IEEE International Workshop on.
- Woods, S. N., Walters, M. L., Koay, K. L., & Dautenhahn, K. (2006b). Methodological issues in HRI: A comparison of live and video-based methods in robot to human approach direction trials. Paper presented at the Robot and Human Interactive Communication, 2006. ROMAN 2006. The 15th IEEE International Symposium on.

Hinweis: Teile dieser Untersuchung entstanden im Rahmen der Projekte Hybr-iT sowie INDIVA. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Hybr-iT – Hybride Teams in wandlungsfähigen, cyber-physischen Produktionsumgebungen“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. Softwaresysteme und Wissenstechnologien (PT-SW) betreut (Fördernummer: 01IS16026H). Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt "INDIVA - Individualisierte sozio-technische Arbeitsplatzassistenten für die Produktion" wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des BMBF-Programms "Technik stellt sich auf den Menschen ein - Innovative Schnittstellen zwischen Mensch und Technik" gefördert und vom Projektträger VDI/VDE-IT betreut (Fördernummer: 16SV6253). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de