

Multikriterielle Evaluation von industriellen Assistenzsystemen am Beispiel von Augmented Reality-Anwendungen in der Produktion

Tanja ZIGART, Sebastian SCHLUND

*Institut für Managementwissenschaften
Technische Universität Wien
Theresianumgasse 27, A-1040 Wien*

Kurzfassung: Der zunehmende Einsatz verschiedenartiger Assistenzsysteme für Produktionsprozesse führt zur Frage ihrer Vergleichbarkeit. Am Beispiel von Augmented Reality (AR)-Anwendungen wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Die Auswertung der Veröffentlichungen zeigt, dass derzeit nur vereinzelt ein ausgewogener Kriterienatz zur Evaluation herangezogen wird. Die Recherche bildet die Basis zur Erstellung eines Konzepts zur multikriteriellen Evaluation von industriellen Assistenzsystemen. In Anlehnung an die Balanced Scorecard ermöglicht dieses Konzept eine strukturierte Evaluation aus fünf unterschiedlichen Sichtwinkeln. Die Pilotierung erfolgt im Rahmen eines Forschungsprojekts mit 21 industriellen Use Cases.

Schlüsselwörter: Produktion, Assistenzsystem, Augmented Reality, systematische Literaturrecherche, Mensch-Maschine-Interaktion, multikriterielle Evaluation

1. Einleitung

Individualisierte Produkte und Services ermöglichen höhere Margen, zufriedenerere Kundschaft und schwer kopierbare Wettbewerbsvorteile. Der Trend zur Individualisierung führt zu einer Reduzierung des Produktvolumens pro Variante bis hin zur Produkterstellung in Losgröße 1. Zusätzlich hält der Trend zu immer kürzeren Lieferzeiten weiter an (Mayrhofer et al. 2019). Aus der Kombination der genannten Entwicklungen ergeben sich Herausforderungen an die Produktion und speziell an die menschliche Arbeit. Physische, kognitive, organisatorische und individualisierbare Assistenzsysteme in der Produktion helfen dabei diese Herausforderungen wirtschaftlich, ergonomisch und menschenzentriert zu bewältigen (Schlund et al. 2018).

Technische Systeme zeichnen sich heutzutage häufig durch ein hohes Komplexitätsmaß aus (Theis et al. 2013). Der verstärkte Einsatz von industriellen Assistenzsystemen rückt die Frage der Vergleichbarkeit dieser für ein und denselben Prozess in den Fokus von Entscheidungstragenden. Die Schwierigkeit besteht darin, z.B. ein kognitives und ein physisches Assistenzsystem im selben Prozess zu vergleichen, konkret beispielsweise eine Datenbrille mit einem Exoskelett. Eine zusätzliche Hypothese ist, dass industrielle Assistenzsysteme aktuell nicht multikriteriell evaluiert werden. Ausgehend von dieser Problemstellung ergibt sich folgende Forschungsfrage: Wie lassen sich Assistenzsysteme in der Produktion multikriteriell und vergleichbar evaluieren?

Um die Forschungsfrage zu beantworten und einen Überblick über den Stand der Technik darzustellen, wird zuerst eine systematische Literaturrecherche zu industriell-

len Assistenzsystemen und verwendeten Evaluationskriterien durchgeführt. Gegenstand dieses Papers sind die Ergebnisse der Literaturrecherche für Augmented Reality (AR)-Anwendungen in der Produktion. Diese umfassen Anwendungen via Smartphone, Tablet, Projektion oder Head-Mounted Displays (HMD) zur Unterstützung von Instandhaltungs-, Montage- und Einschulungsprozessen sowie Qualitätskontrollen.

Das erstellte Evaluationskonzept basiert auf der Literaturrecherche und wird anhand von 21 Use Cases aus dem Projekt „Mixed Reality Based Collaboration for Industry“ (MRBC4I), in dem AR- und Virtual Reality (VR)-Use Cases prototypisch umgesetzt werden, getestet. Die Use Cases sind in folgende Themenbereiche unterteilt: Unterstützung in der Produktion, Schulung und Training, Remote Support und Präsentation von Produkten. Ein Vergleich zwischen Ist-, Ideal- und Soll-Prozess zeigt Auswirkungen von AR- und VR-Anwendungen. Das Evaluationskonzept wird mit den gewonnenen Erkenntnissen modifiziert und verfeinert. Eine zusätzliche Anforderung an das Konzept ist die industrietaugliche Anwendung. Abbildung 1 zeigt die schematische Vorgehensweise zur Erstellung des Evaluationskonzepts.

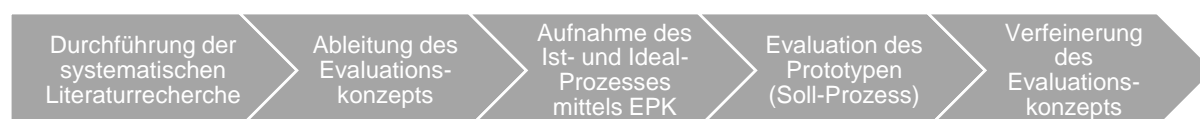


Abbildung 1: Darstellung der Vorgehensweise zur Erstellung des Evaluationskonzepts

2. Ergebnisse der Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde in der Datenbank Scopus mit dem Stichtag 06.09.19 durchgeführt. Von 136 gefundenen Veröffentlichungen wurden 42 als relevant eingestuft. Sie wurden nach der Anzahl der evaluierten Kriterien und der verwendeten Methoden untersucht. Von diesen 42 Veröffentlichungen fallen 19 in den Bereich Produktion bzw. in produktionsähnliche Umgebung (z.B. Pilotfabriken und Laboreinrichtungen), 12 in die (De-)Montage und 11 in die Instandhaltung.

Tabelle 1 zeigt die Anzahl der evaluierten Kriterien in den untersuchten Veröffentlichungen. Daraus ist zu entnehmen, dass maximal fünf verschiedene Kriterien evaluiert werden. Der Median liegt bei 2.

Tabelle 1: Anzahl und Median der evaluierten Kriterien in den untersuchten Veröffentlichungen

Anzahl Evaluationskriterien	Anzahl Veröffentlichungen
5	1
4	6
3	13
2	15
1	8
Median	2

Tabelle 2 gibt die verwendeten Evaluationskriterien und -methoden und deren Häufigkeiten an. Die Evaluationskriterien werden in den Veröffentlichungen unterschiedlich

bezeichnet und daher auf aussagekräftige, verallgemeinerte Begriffe zusammengefasst. In einigen Veröffentlichungen wird lediglich angegeben, dass evaluiert wurde, jedoch nicht mit welcher Methode, wodurch eine Differenz der beiden Werte in Tabelle 2 resultiert.

Tabelle 2: Darstellung der Kriterien und der verwendeten Evaluationsmethoden als Ergebnis der systematischen Literaturrecherche

Kriterium	Anzahl Kriterien	Evaluationsmethoden	Anzahl Evaluationsmethoden
Effizienz, Effektivität, Leistung	29	Fragebogen, semi-strukturierte Interviews	2
Qualität	19	Anzahl der aufgetretenen Fehler, Fehlerquote, Anzahl der fertiggestellten Gutteile	12
Usability, Ease of Use, User Experience	19	Post-study System Usability Questionnaire (PSSUQ), System Usability Scale (SUS), Questionnaire for Intuitive Use (QUESI), ISO-NORM 9241/10, ISONORM 9241-210, Smart Glasses User Satisfaction (SGUS), Fragebogen, semi-strukturierte Interviews basierend auf einem Fragebogen	10
Nutzerakzeptanz, Nutzerzufriedenheit	12	Technology Acceptance Model (TAM), Self-Assessment Manikin (SAM), Questionnaire for User Interaction Satisfaction (QUIS), Interviews, Fragebogen	6
Schulung, Training, Learning Outcomes	8	Fragebogen, semi-strukturierte Interviews basierend auf einem Fragebogen, System Usability Scale (SUS)	3
Ergonomie, mentale/kognitive Belastung	8	NASA Task Load Index (NASA-TLX)	4
Kosten	5	Return of Investment (ROI), Required Mandatory Standard Rate, Minimum Attractive Rate of Return (MAAR)	3
Situational Awareness	1	Situation Awareness Rating Technique (SART)	1
Gesamt	101		41

Aus den Ergebnissen ergibt sich die Basis für eine multikriterielle Evaluation von industriellen Assistenzsystemen, wofür im nächsten Abschnitt ein Konzept vorgestellt wird.

3. Multikriterielle Evaluation von industriellen Assistenzsystemen

Ausgehend von der Literaturrecherche wurden relevante Kriterien für die Evaluation von industriellen Assistenzsystemen identifiziert. In Anlehnung an die Balanced Sco-

recard (Kaplan, Norton 1993) wurde ein Konzept mit mehreren Dimensionen, die unterschiedliche Sichtweisen betrachten, erstellt. Die vier Bereiche der Balanced Scorecard wurden modifiziert und um die Dimension „Technologie“ erweitert.

Während traditionelle Modelle zur Evaluation häufig nur eine Zielgröße betrachten, z.B. die Berechnung des Kapitalwerts, zielen multikriterielle Evaluationsmodelle darauf ab, eine Vielzahl an Kriterien aus unterschiedlichen Bereichen zu berücksichtigen (Geldermann, Lerche 2014).

Abbildung 2 zeigt das Konzept zur Evaluation von industriellen Assistenzsystemen; fünf Dimensionen werden unterschieden: i) Kosten, ii) Prozess, iii) Lernen und Entwickeln, iv) Anwender_innen und v) Technologie. Die Dimensionen unterteilen sich weiter in 16 einzelne Kriterien, welche mit geeigneten Messmethoden evaluiert werden.

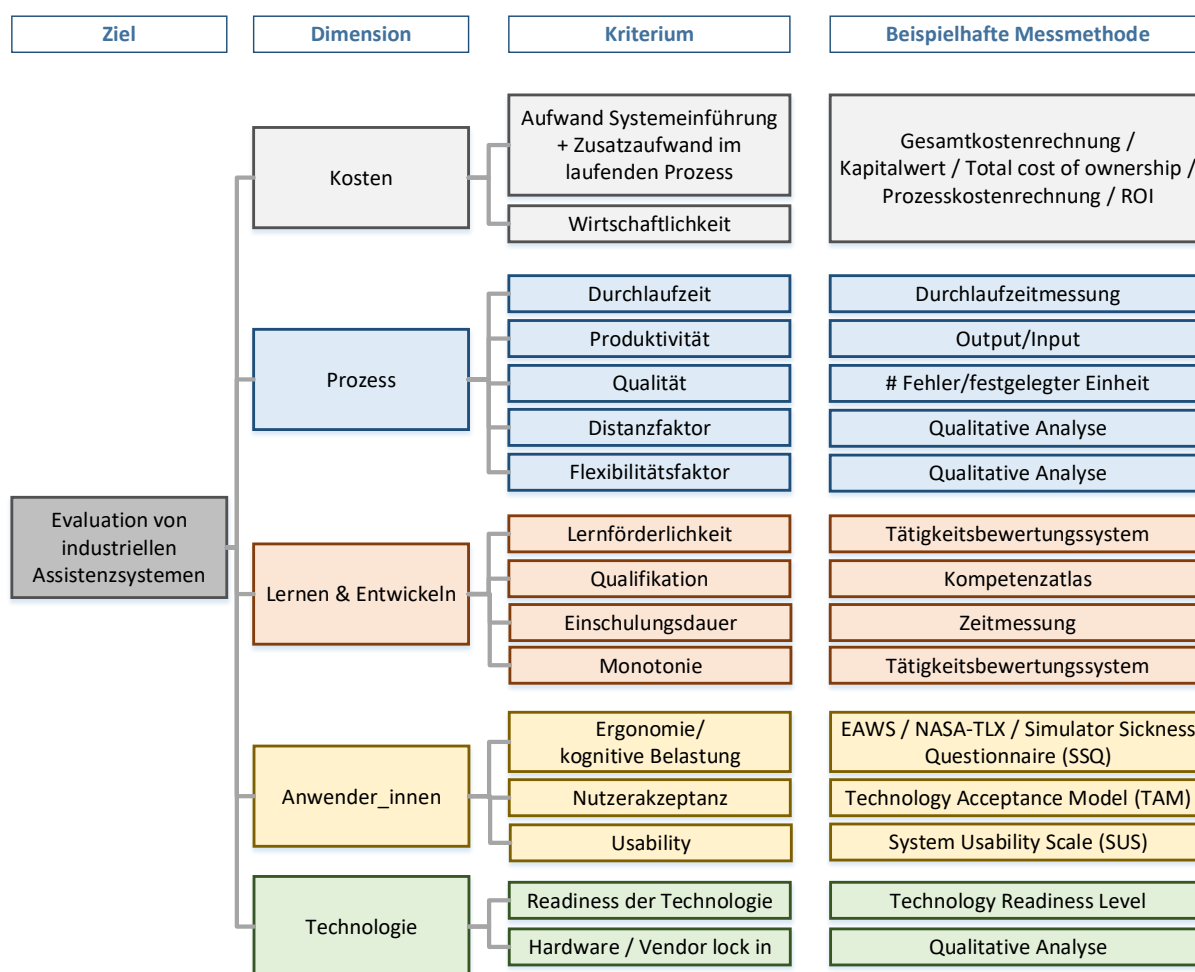


Abbildung 2: Konzept zur Evaluation von industriellen Assistenzsystemen

Das erstellte Konzept bietet eine Übersicht über verwendbare Evaluationskriterien und -methoden. Erprobt wird das Konzept anhand der Use Cases im MRBC4I Projekt. Fünf Pilotevaluationen wurden durchgeführt, die Ausweitung auf alle 21 Use Cases ist geplant. Aus jedem Themenbereich (Unterstützung in der Produktion, Schulung und Training, Remote Support und Präsentation von Produkten) wird vorerst mindestens ein Use Case betrachtet.

4. Diskussion

Die Zielsetzung der multikriteriellen Evaluation von industriellen Assistenzsystemen adressiert ein Schlüsselproblem bei der Implementierung von technischen Unterstützungssystemen. Der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz zeigt eine Möglichkeit zur multikriteriellen Evaluation von Assistenzsystemen, vor allem für AR-Anwendungen in der Produktion, Montage und Instandhaltung.

Die bisherige Anwendung des Konzepts zeigt Herausforderungen auf, wie beispielsweise den Umgang mit unterschiedlichen Anforderungen und Zielstellungen, die Zusammenführung zu einer Gesamtevaluation und die Datenverfügbarkeit. Im Verlauf weiterer Forschung zur Evaluation von industriellen Assistenzsystemen ist von einer Verfeinerung und Erweiterung des bisherigen Entwurfs auszugehen, sodass sich empirisch womöglich eine Einschränkung auf bestimmte Assistenzsysteme oder Prozesse als sinnvoll herausstellt.

Um die definierte Forschungsfrage vollständig zu beantworten, ist zusätzliche Forschungsarbeit notwendig. Das Konzept wird auf weitere AR Use Cases aus dem Projekt und andere Assistenzsysteme wie kollaborationsfähige Roboter, Exoskelette und digitale Assistenzsysteme angewendet, um ein ganzheitliches Modell für sämtliche industrielle Assistenzsysteme zu definieren. Als Ergebnis dieser Arbeit können unterschiedliche Assistenzsysteme mit dem entwickelten Konzept evaluiert und einem strukturierten und objektivierten Vergleich unterzogen werden.

5. Literatur

- Geldermann J, Lerche N (2014) Leitfaden zur Anwendung von Methoden zur multikriteriellen Entscheidungsunterstützung. Lehrstuhl für Produktion und Logistik, Georg-August-Universität Göttingen
- Kaplan S, Norton D (1993) Putting the Balanced Scorecard to Work. Harvard Business Review
- Mayrhofer W, Kames D, Schlund S (2019) Made in Austria: Produktionsarbeit in Österreich 2019. Studie, Technische Universität Wien, ISBN 978-3-9504856-0-8
- Schlund S, Mayrhofer W, Rupprecht P (2018) Möglichkeiten der Gestaltung individualisierbarer Montagearbeitsplätze vor dem Hintergrund aktueller technologischer Entwicklungen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 72(4), 276-286
- Theis S, Alexander T, Mayer M, Schlick C, Wille M (2013) Analyse ergonomischer Aspekte beim Einsatz von Head-Mounted Displays in der arbeitswissenschaftlichen Praxis. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung – Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Krefeld: GfA-Press, 401-404
- Weidner R, Redlich T, Wulfsberg J (2015) Technische Unterstützungssysteme. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-662-48382-4
- Wille M (2013) Head-Mounted Displays – Beanspruchung im Langzeiteinsatz. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung – Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Krefeld: GfA-Press, 405-408.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt den Projektpartnern des von der FFG geförderten MRBC4I-Projekts. Die Ergebnisse dieses Papers entstanden im Rahmen der BMVIT - Stiftungsprofessur „Human Centered Cyber Physical Production and Assembly Systems“ der TU Wien.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

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,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

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

Screen design und Umsetzung

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de