

Entwicklung eines Prüfstands für die Bewertung von kompetenzbildenden Assistenzsystemen in Cyber-physischen Produktionssystemen

Iris GRÄßLER, Daniel ROESMANN, Jens POTTEBAUM

*Heinz Nixdorf Institut Paderborn
Universität Paderborn
Fürstenallee 11, D-33102 Paderborn*

Kurzfassung: Die Produktion muss zunehmend flexibel und wandlungsfähig sein. In Cyber-physischen Produktionssystemen werden dazu Technologien zur Anbindung von Dingen und Diensten verwendet. Gleichzeitig müssen Fähigkeiten im Unternehmen planerisch einbezogen werden, die sich durch menschliche Kompetenz und technische Ressourcen ergeben. Zunehmende Dynamik im Prozess erfordert hier gleichzeitig ein individuelles Lernen im Prozess, das durch Assistenzsysteme angeregt werden kann. Innerhalb dieses Papers wird die Gestaltung eines Prüfstands vorgestellt, der dazu dient, digitale kompetenzbildende Assistenzsysteme mittels einer Methodenkombination aus videobasierter Beobachtung, Lernstandskontrolle und subjektiver Bewertung zu bewerten.

Schlüsselwörter: Digitale Assistenzsysteme, arbeitsgebundenes Lernen, Learning on-the-job, Prüfstand, Beurteilung der Lernförderlichkeit, Lernunterstützung

1. Einleitung

Das Umfeld von produzierenden Unternehmen ist heutzutage von kürzer werdenden Produkt-Lebenszyklen sowie einer steigenden Dynamik von Technologie-Lebenszyklen geprägt. Dies führt zu steigenden Anforderungen in Bezug auf die Flexibilität und Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen. Innerhalb der Produktion ermöglicht eine technische Integration von Cyber-physischen Systemen (CPS) die Einbindung von Anwendungen über das Internet der Dinge und Dienste. Derart flexible, häufig dezentral gesteuerte Produktionssysteme werden als Cyber-physische Produktionssysteme (CPPS) bezeichnet (Eigner et al. 2017). Im Rahmen von Industrie 4.0 stellen CPPS den Weg hin zu einer hoch flexiblen und adaptiven Produktion dar, die es ermöglicht, kundenindividuelle Produkte in kleinen Stückzahlen und Losgrößen zu Kosten einer Massenproduktion herzustellen (Galaske et al. 2014). Sie ermöglichen Unternehmen weltweit schneller und flexibler auf interne und externe Einflüsse zu reagieren (Hirsch-Kreinsen 2014). Es ergeben sich neben den angestrebten positiven Entwicklungen durch CPPS jedoch für Unternehmen Herausforderungen, da auch die Komplexität des Produktionssystems zunimmt und somit ein Anstieg des Informationsbedarfs sowie des notwendigen Kompetenzniveaus entsteht. Kreggenfeld et al. (2017) sagen eine deutliche Schere zwischen der Anlagen- und Aufgabenkomplexität einerseits und der Befähigung des Personals andererseits in sämtlichen Lebenszyklusphasen voraus. Zur Unterstützung des Werkers werden in der Produktion Assistenzsysteme eingesetzt, die einen Mitarbeiter mit den notwendigen Informationen versorgen, so dass er die Aufgabe in adäquater Qualität ausführen kann. Aufgrund der stärkeren

Vernetzung und Digitalisierung im produktionstechnischen Umfeld lassen sich mit digitalen Assistenzsystemen Kommunikationswege im Vergleich zu herkömmlichen Arbeitsprozessen echtzeitfähig, automatisiert sowie individuell gestalten (Teubner et al. 2017). Während eine Vielzahl von Untersuchungen sich mit der Gestaltung von digitalen Assistenzsystemen befasst, wird die Verwendung als Lernunterstützung sowie den Aufbau von Kompetenzen nur selten betrachtet. Ziel dieses Beitrags ist die Gestaltung eines Prüfstands, der dazu dient, den Kompetenzaufbau bei der Nutzung digitaler Assistenzsysteme in der Produktion zu bewerten.

2. Problemanalyse

Der Anstieg an Komplexität erfordert neue Lösungen zur Unterstützung des Lernens direkt am Arbeitsplatz. Hierzu bieten Assistenzsysteme eine geeignete Möglichkeit. Diese sollen um Funktionalität für arbeitsgebundenes Lernen erweitert werden.

2.1 Assistenzsysteme

Zur Unterstützung der Mitarbeiter in der industriellen Produktion können verschiedene technische Systeme eingesetzt werden. Durch den Anstieg der Komplexität gewinnen besonders Mitarbeiterinformationssysteme an Bedeutung. Gängige Arbeitsanweisung, beispielsweise in Papierform, können die Produktvarianz und die kurzen Produktlebenszyklen kaum abbilden (Bullinger und Warschat 1997; Teubner et al. 2017). Mitarbeiterinformationssysteme geben dem Mitarbeiter anwendungsfallspezifisch notwendige Informationen, die ihn bei der Erfüllung der Aufgabe unterstützen (Teubner et al. 2017). Dies wird durch die Verbindung der Disziplinen Informationsmanagement und Wissensmanagement erreicht (Dombrowski et al. 2010). Bei der Gestaltung von Assistenzsystemen ist es notwendig, dass dem Benutzer die benötigten Informationen ergonomisch passend und intuitiv zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung gestellt werden. Assistenzsysteme eröffnen neue Möglichkeiten des datengetriebenen Lernens und bieten Entscheidungshilfen in komplexen Prozesssituationen. In einem soziotechnischen Ansatz zur Gestaltung von Assistenzsystemen werden menschliche, organisatorische und technische Dimensionen integriert betrachtet. Die Assistenzsysteme ermöglichen eine sensorische Erfassung der Arbeitsprozesse, der vorliegenden Umgebung und des jeweiligen Benutzers; sie kann von den Mitarbeitern angepasst werden (Apt et al. 2018). Eine interaktive Führung durch die Aufgabe erfordert eine dynamische Darstellung von Prozessplänen. Sie werden aus dem Produktionsprozess abgeleitet und müssen an die aktuellen Gegebenheiten und den Zustand des Produktes angepasst werden (Bannat 2014). In Bezug auf den Umgang mit einem technischen System und somit auch auf die Lernunterstützung ist die Usability von entscheidender Bedeutung. Sie umfasst u.a. Aspekte nutzerzentrierter Anforderungen hinsichtlich Aufgabenadäquanz, Effektivität und Effizienz. Spezifiziert wird sie in der DIN EN ISO 9241-210:2010 „Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme“ (DIN EN ISO 9241-210). Digitale Assistenzsysteme sind bereits seit mehreren Jahren im kommerziellen Einsatz (Bischoff 2015).

2.2 Arbeitsgebundenes Lernen

Menschliche Arbeit in der Produktion kann hinsichtlich ihrer Wiederholungsrate unterschieden werden. Für Aufgaben, die wiederholt auftreten, kann die Qualifizierung der Mitarbeiter durch formales Lernen in Unterrichtsroutinen erfolgen. Für diese gibt

es etablierte Maßnahmen wie Standard Operating Procedures und Checklisten. Die Flexibilität und Wandlungsfähigkeit, die Cyber-physische Produktionssysteme ermöglichen sollen, implizieren gleichzeitig aber vermehrt Aufgaben, die vereinzelt oder sogar ungeplant auftreten. Auch diese ungewohnten, komplexen Situationen sind adäquat zu lösen (Adolph et al. 2014). Aufgaben dieser Art treten unter anderem in der Instandhaltung von Produktionseinheiten auf. Für diese Entwicklung werden vermehrt Assistenzsysteme entwickelt, die ein informelles Lernen am Arbeitsplatz unterstützen. Beim arbeitsbasierten Lernen steht nicht die Vermittlung einzelner spezifischer Fähigkeiten im Zentrum, sondern die möglichst integrierte Förderung, die Mitarbeiter befähigt, sich zielgerichtet und verantwortlich mit den Anforderungen des Produktionssystems auseinander zu setzen (Sonntag 1996). Digitale Assistenzsysteme ermöglichen es, Inhalte an eine Situation, einen Kontext, eine Rolle und sogar an eine einzelne Person anzupassen (Apt et al. 2018). Daher besteht ein Potenzial, den Zweck des Lernens zu injizieren: das Hinzufügen sowohl instruktiver als auch reflektierender Inhalte zur Unterstützung des Lernens "in" Arbeitsprozessen.

3. Erhebungsmethoden

In diesem Kapitel sollen Verfahren dargestellt werden, die der Erhebung und Analyse von relevanten Daten für die Bewertung der kompetenzbildenden Assistenzsysteme dienen. Methoden zur Nutzerzustandserfassung und -bewertung lassen sich nach Schwarz (2019) grundsätzlich in folgende Klassen einteilen: Subjektive Maße, Leistungsmaße, Physiologische Maße, Verhaltensbasierte Maße und Modellbasierte Bewertungen (siehe Abbildung 1).

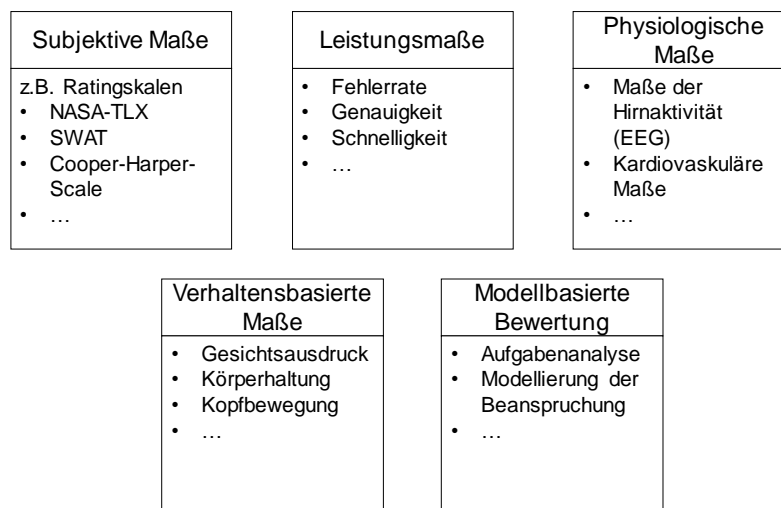


Abbildung 1: Erfassung des Nutzerzustandes in Anlehnung an (Schwarz 2019)

Subjektive Maße repräsentieren den Zustand des Nutzers anhand von Selbsteinschätzung oder ausnahmsweise auch von Fremdeinschätzung. *Leistungsmaße* bilden anhand von Kriterien die Leistung des Nutzers ab. *Physiologische Maße* beziehen sich auf die Prozesse im menschlichen Körper, indem sie Veränderungen des Nutzerzustands beschreiben. Mittels *verhaltensbasierter Maße* werden motorische Aktivitäten des Nutzers wie Mimik und Gestik erfasst. Neben empirischen Methoden besteht auch die Möglichkeit durch eine *modellbasierte Bewertung* Prognosen über den Zustand zu treffen. (Schwarz 2019)

4. Gestaltung des Prüfstands

Es besteht ein Bedarf an Assistenzsystemen, die sowohl einen effizienten Produktionsprozess als auch individuelles arbeitsgebundenes Lernen gewährleisten. Daher teilt sich die Methode zur Bewertung von kompetenzbildenden Assistenzsystemen in drei Schritte. Im ersten Schritt wird die Usability des Assistenzsystems sichergestellt. Im zweiten Schritt muss geprüft werden, ob das Assistenzsystem im Arbeitsprozess dienlich ist. Im dritten Schritt wird der Lernerfolg als solcher gemessen. Der Fokus dieses Papers liegt auf dem dritten Schritt, daher wird dieser nachfolgend genauer betrachtet. Dies geschieht anschaulich anhand eines initialen Anwendungsbeispiels:

Bei dem untersuchten Arbeitssystem handelt es sich um die Instandhaltung des 3D-Druckers BCN3D Sigma R19. Die Aufgabe ist dabei der Austausch des sogenannten „Hotends“ (siehe Abbildung 1). Zur Erfüllung dieser Aufgabe sind 22 Schritte notwendig. Als Hardware für das Assistenzsystem wird die HoloLens verwendet, ein Head-Mounted Display der Firma Microsoft. Bei der verwendeten Software handelt es sich um eine Augmented Reality (AR)-Anwendung. Darin werden unterstützende, kontextbezogene Informationen in Echtzeit zur Verfügung gestellt. Die Informationszugänglichkeit steht in direktem Zusammenhang mit der physischen Umgebung und erfolgt mittels Tracking von Objekten und der Zuordnung von virtuellen Objekten und Annotationen. Dadurch soll das selbstständige Erlernen manueller Tätigkeiten gefördert und das Verständnis komplexer Tätigkeitsabläufe geschaffen werden.

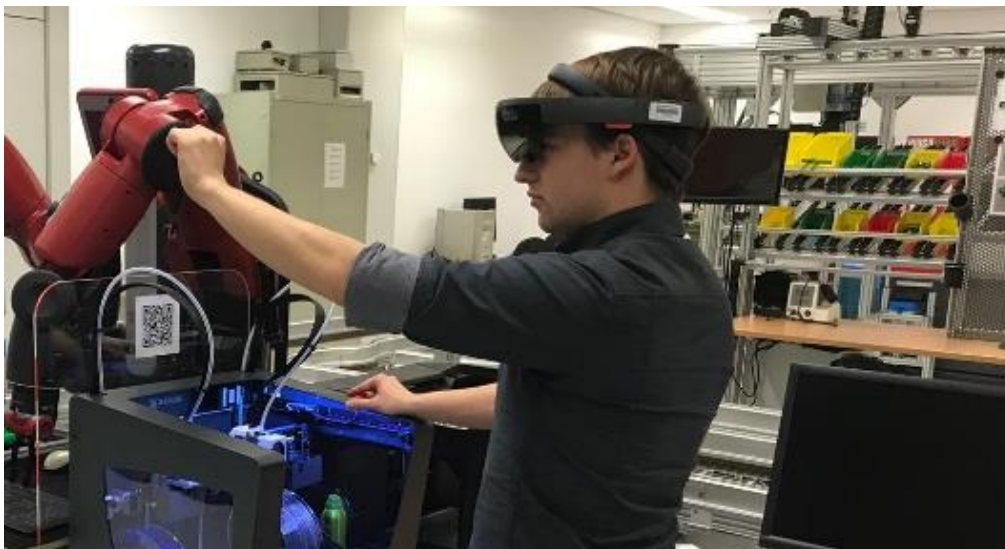


Abbildung 2: Durchführung einer Wartung des BCN3D Sigma R19

Lernerfolge können nach (Achtenhagen und Baethge 2008) auf der Grundlage interner Bedingungen und externer Tätigkeiten erhoben werden: (1) Durch Erfassung und Bewertung individueller, nicht-beobachtbarer interner Bedingungen mithilfe von standardisierten Tests und (2) durch Beobachtung und Bewertung von Problemlöseaktivitäten bzw. der Leistung am Arbeitsplatz.

Für die Gestaltung des Prüfstands wurde die Revised Bloom's Taxonomy verwendet (Anderson und Krathwohl 2001). Durch den Abgleich zwischen der Cognitive Process Dimension, der Knowledge Dimension und den existierenden Erhebungsmethoden werden die verwendeten Methoden ausgewählt. Ziel des Prüfstandes ist die Ermittlung der Lernförderung bis zur Taxonomiestufe 3 (Erinnern, Verstehen, Anwen-

den). Aufgrund der Zuordnung der Methoden wurde eine Kombination aus videobasierter Beobachtung, Lernstandskontrolle und subjektiver Bewertung gewählt: Zur *Videoaufzeichnung* wird die Beobachtungstechnik des Lehrstuhls für Produktentstehung genutzt. Zur Unterstützung der Beobachtung und Analyse werden Software-Produkte der Firma Noldus Information Technology BV (www.noldus.com) verwendet. Damit wird die Analyse der Bewegung und Körpersprache des Probanden unterstützt. Des Weiteren werden Leistungsmaße wie die benötigte Zeit, die Anzahl an Fehlern und die Anzahl an Interaktionen gemessen. Zusätzlich dient ein *standardisierter Fragebogen*, der von den Probanden im Anschluss an die Untersuchung ausgefüllt wird, dazu, die Leistung zu messen. Des Weiteren wird als subjektives Maß ein *standardisierter Selbstbeurteilungstest* zur Bewertung verwendet. Dieser dient der subjektiven Einschätzung der Fähigkeiten und des Lernerfolgs.

Der Bewertungsprozess läuft in zwei Phasen ab. In der ersten Phase verwenden die Probanden die AR-Lernmethode zum Austausch des Hotends. In einem zweiten Durchlauf drei Stunden nach dem ersten Durchlauf sollen die Probanden ohne Unterstützung den Prozess ausführen. Zwischen den beiden Durchläufen beantworten sie Fragen zur Lernstandskontrolle und die subjektive Einschätzung.

Einer der wichtigsten Indikatoren für die Effizienz in einer Instandhaltung ist die Zeit. Deshalb ist die Zeit pro Arbeitsschritt erfasst worden (siehe Abbildung 3a). Es ist zu erkennen, dass die Probanden die gesamte Arbeitszeit um 41% reduzieren konnten.

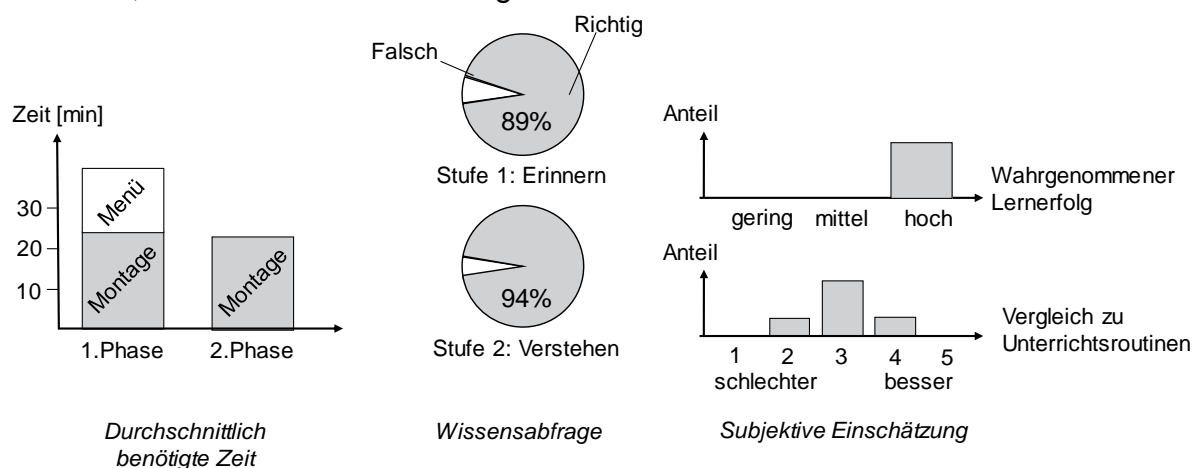


Abbildung 3: Ergebnis der initialen Durchführung mit dem Prüfstand

Auffällig ist, dass dies der Menüzeit entspricht. Die Zeit, in der der Proband montiert bleibt über die beiden Phasen gleich. Während des zweiten Durchlaufs machten sie durchschnittlich einen Fehler. Die Lernstandskontrolle ergibt, dass die Nutzer 89% der Fragen der Stufe Erinnern und 94% der Fragen der Stufe Verstehen (siehe Abbildung 3b). Die Befragung nach dem subjektiven Empfinden zeigt, dass jeder Proband einen hohen Lernerfolg wahrgenommen hat. Im Vergleich zu herkömmlichen Unterrichtsrouninen wird es als gleich gut empfunden (siehe Abbildung 3c).

5. Diskussion

Die vorliegende Ausarbeitung stellt ein Vorgehen zur Bewertung von kompetenzbildenden Assistenzsystemen in der Instandhaltung dar. Hierzu wird die Kombination aus den drei Methoden Personenbeobachtung, Wissensabfrage und subjektive Bewertung gewählt. Als initiale Anwendung dient die Instandhaltung eines 3D-Druckers mit der

Unterstützung einer AR-Anwendung. In zwei Runden demontieren und montieren die Probanden das Hotend: Innerhalb der ersten Runden verwenden die Nutzer die AR-Lehrmethode, wohingegen Sie in der zweiten Runden den Prozess ohne Unterstützung ausführen. Das Ergebnis zeigt einen positiven Lernfortschritt, welcher sowohl in Leistungsmaßen als auch mit subjektiven Maßen bestätigt wird. Da die Studie nur mit einer geringen Anzahl von Probanden durchgeführt wurde, liegt keine statistische Aussagekraft vor. In zukünftigen Studien sollen mehr Probanden über einen längeren Zeitraum beobachtet werden, um den Lerneffekt und die Unterstützung durch adaptive Assistenzsysteme genauer zu untersuchen.

6. Literatur

- Achtenhagen, Frank; Baethge, Martin (2008): Kompetenzdiagnostik als large-Scale-Assessment im Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung. In: Manfred Prenzel, Ingrid Gogolin und Heinz-Hermann Krüger (Hg.): Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft, 8), S. 51–70.
- Adolph, S.; Tisch, M.; Metternich, J. (2014): Challenges and approaches to competency development for future production. Hg. v. Journal of International Scientific Publications: Educational Alternatives.
- Anderson, Lorin W.; Krathwohl, David R. (2001): A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Complete ed. New York: Longman.
- Apt, W.; Schubert, M.; Wischmann, S. (2018): Digitale Assistenzsysteme. Perspektive und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistungen.
- Bannat, A. (2014): Ein Assistenzsystem zur digitalen Werker-Unterstützung in der industriellen Produktion. Dissertation. TU München, München.
- Bischoff, J. (2015): Studie. Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand.
- Bullinger, Hans-Jörg; Warschat, Joachim (1997): Forschungs- und Entwicklungsmanagement. Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development. Wiesbaden, s.l.: Vieweg+Teubner Verlag (Technologiemanagement - Wettbewerbsfähige Technologieentwicklung und Arbeitsgestaltung). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-05946-2>.
- DIN EN ISO 9241-210, 2010: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.
- Dombrowski, Uwe; Wesemann, Sören; Korn, Goy Hinrich (2010): Werkerinformationssystem. In: *ZWF* 105 (4), S. 282–287.
- Eigner, Martin; Koch, Walter; Muggeo, Christian (Hg.) (2017): Modellbasierter Entwicklungsprozess cybertronischer Systeme. Der PLM-unterstützte Referenzentwicklungsprozess für Produkte und Produktionssysteme. Berlin: Springer.
- Galaske, N.; Christ, A.; Anderl, R. (2014): Integration von Menschen in Smart Factories. Ein individualisierbares Profildatenmodell für Industrie 4.0. In: Dieter Krause, K. Paetzold und S. Wartzack (Hg.): Design for X. Beiträge zum 24. DfX-Symposium, Oktober 2014. Hamburg, Hamburg: Techn. Univ. Hamburg-Harburg Univ.-Bibl; TuTech Verl., S. 133–144.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2014): Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. In: *WSI* 67 (6), S. 421–429.
- Kreggenfeld, N.; Prinz, C.; Carsten, P.; Kuhlenkötter, B. (2017): Vorgehensmodell zur Identifikation, Aufnahme und Aufbereitung von Prozesswissen in der Industrie 4.0. In: C. Igel, C. Ullrich und C. Wessner (Hg.): Bildungsräume 2017. Bonn, S. 137–142.
- Schwarz, J. C. (2019): Multifaktorielle Echtzeitdiagnose des Nutzerzustands in adaptiver Mensch-Maschine-Interaktion. Dissertation. TU Dortmund, Dortmund. Institut für Psychologie.
- Sonntag, Karlheinz (1996): Lernen im Unternehmen. Effiziente Organisation durch Lernkultur. München: Beck (Innovatives Personalmanagement, 7).
- Teubner, S.; Bengler, K. Reinhart, G.; Rimpau, C.; Intra, C. (2017): Individuelle dynamische Werkerinformationssysteme. In: Gunther Reinhart (Hg.): Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Hanser.



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