

## **Kognitive Werkerassistenzsysteme – Entlastung der Werker und Belastung der Betreiber?**

Maximilian DOMMERMUTH<sup>1,2</sup>, Jannik LAUFER<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> *Bosch Rexroth AG*

*Lise-Meitner-Straße 4, D-89081 Ulm*

<sup>2</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation, KIT  
Engler-Bunte-Ring 4, D-76131 Karlsruhe*

<sup>3</sup> *Fachgebiet Informationstechnik in Produktion und Logistik, TU Ilmenau  
Max-Planck-Ring 12, D-98693 Ilmenau*

**Kurzfassung:** Industrieunternehmen stehen vor der Herausforderung zunehmend kundenspezifischere Erzeugnisse herzustellen, was oftmals mit einer Steigerung der Komplexität von Arbeitsaufgaben der Werker einhergeht. Im Zuge der digitalen Transformation entstehen neue und weniger erprobte Technologien sowie Möglichkeiten der Informationsbereitstellung an der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Bei der Auswahl geeigneter Assistenzsysteme werden häufig die zahlreichen technologischen Alternativen der Industrie 4.0 anstelle der tatsächlichen Anforderungen in den Vordergrund gestellt und erschweren den Planern und Betreibern zugehöriger Arbeitsplätze eine individuelle und fundierte Entscheidung. In dem Beitrag wird ein neuer Ansatz aufgezeigt, wie basierend auf den jeweiligen Rahmenbedingungen der Fertigung geeignete kognitive Werkerassistenzsysteme unter Berücksichtigung der Aufwände und Möglichkeiten ausgewählt werden können. Anhand verschiedener Praxisbeispiele der variantenreichen Fertigung wird gezeigt, wie entsprechende Handlungsempfehlungen zur Lösungsauswahl abgeleitet werden können. Dies soll verhindern, dass im Nachhinein Aufwände für den Lösungsbetrieb den potenziellen Nutzen übersteigen, wie z.B. bei der systemseitigen Verwaltung von Montageanweisungen oder auch der Interaktion mit dem jeweiligen Assistenzsystem.

**Schlüsselwörter:** Assistenzsysteme, Informationsbereitstellung, Fertigung, IT, Varianz, Lösungsauswahl

### **1. Im Spannungsfeld der Agilität und Gewissenhaftigkeit**

Die digitale Transformation ändert die Rahmenbedingungen der Industrie grundlegend. Der Druck auf die Unternehmen wächst und als Antwort rückt die Digitalisierung stärker in den Fokus, was nicht zuletzt der „Beschleuniger“ COVID-19 verdeutlicht.

Nach 10 Jahren Industrie 4.0 werden auch heute in der Praxis weiterhin die Digitalisierungsmaßnahmen vielmehr pilotweise und technikzentriert anstatt integral und konsekutiv umgesetzt. Beschleunigte „agile“ Vorgehen versprechen eine zeitnahe Umsetzung, wie beispielsweise durch eigenentwickelte Low-Code-Lösungen. Diese gelten als einfach umsetzbar und stehen vermeintlich im Widerspruch zur aufwändigen Standardisierung zugehöriger Prozesse oder der IT-seitigen Informationsbereitstellung. Wird jedoch versucht Lösungen in die betriebliche Breite auszuweiten, scheitern diejenigen, welche unter anderem die arbeits-, ingenieurs- und betriebswirtschaftlichen Grundlagen des Industrial Engineerings vernachlässigen (Dommermuth 2021b).

In der Praxis zeigt sich häufig, dass ein intensiver Abgleich zwischen den technologischen Möglichkeiten und den tatsächlichen prozessualen Anforderungen fehlt. Zum einen führt dies zu einer schwer handhabbaren heterogenen Lösungs- und IT-Landschaft und damit einer erheblich gesteigerten Komplexität (Dommermuth 2019).

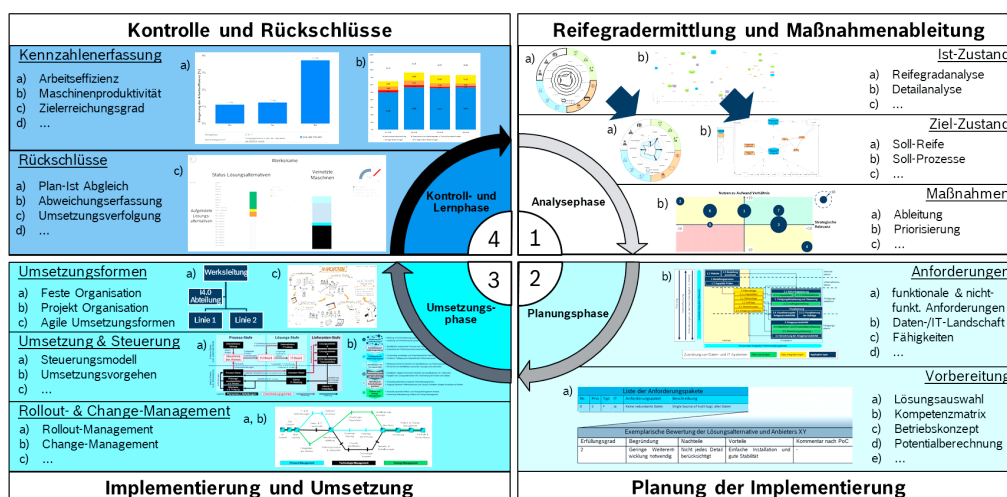
Zum anderen werden dadurch Fallstricke meist erst sehr spät bei der Umsetzung erkannt, wie beispielsweise Anforderungen an die Datenqualität, die IT-Sicherheit, den Betrieb oder die erforderliche Befähigung der Organisation und ihrer Mitarbeiter.

Durch eine Vernachlässigung der Analyse und Planung wie z.B. der Prozessharmonisierung kann nicht nur bei kleinen, sondern gerade bei millionenschweren Transformationsvorhaben und Leuchtturmprojekten das Licht ausgehen (Schattevoy 2020).

## 2. Vorgehensweise zur erfolgreichen digitalen Transformation

Industrieunternehmen müssen auch weiterhin viele Hürden überwinden, wie beispielsweise bei der Mitarbeiterqualifikation oder dem Datenschutz und der IT-Sicherheit, um die Potentiale der digitalen Transformation voll zu entfalten (BITKOM 2021).

Hierfür gibt es bereits heute schrittweise und ganzheitliche Konzepte, um Industrieunternehmen erfolgreich entlang des gesamten digitalen Transformationsprozesses anzuleiten. So können Innovations- und Produktivitätspotentiale erschlossen und gleichzeitig Reibungsverluste bei der Einführung und Nutzung vermieden werden. Das in der Abbildung 1 dargestellte konsequente und integrale Transformationskonzept (I4.0-KIT) berücksichtigt alle erforderlichen Schritte, um eine erfolgreiche digitale Transformation individuell und nutzenorientiert zu planen und umzusetzen. Hierfür beschreibt es für jede Phase der digitalen Transformation anwendbare sowie neu entwickelte Methoden und Anleitungen (Dommermuth 2021a).



**Abbildung 1:** I4.0-KIT zur erfolgreichen digitalen Transformation (Dommermuth 2021a)

Das I4.0-KIT zeigt auch die erfolgsrelevante Rolle des Industrial Engineerings (IE) entlang des gesamten digitalen Transformationsprozesses auf. Das IE liefert die Basis für eine systematische und nutzenorientierte Einführung digitaler Technologien, wie beispielsweise bei der Gestaltung und Umsetzung zugehöriger Werkerassistenzsysteme. Dabei kann es mit seinem Methoden- und Prozesswissen die erforderliche Homogenisierung der Rahmenbedingungen sowie die Nutzenbewertung (z.B. Zeitwirtschaft) und die Übersetzung der produktionsseitigen Anforderungen in die IT-Sprache (z.B. Informationsflussanalyse) ermöglichen (Dommermuth 2021b).

### **3. Nutzenorientierte Lösungsauswahl kognitiver Werkerassistenzsysteme**

Die folgenden Kapitel veranschaulichen mit der Arbeit von Laufer (2021) eine weitere erfolgreiche Anwendung des I4.0-KIT mit Schwerpunkt auf der Analyse- und Planungsphase am konkreten Beispiel von Werkerassistenzsystemen. Diese Systeme versprechen häufig die kognitive Entlastung der Mitarbeiter durch die bedarfsgerechte Bereitstellung von Informationen sowie zusätzlich Produktivitätssteigerungen und Qualitätsverbesserungen. Auch bei komplexen Anwendungsfällen (z.B. in der Montage von Industrieunternehmen mit variantenreicher Fertigung) sollen Werkerassistenzsysteme die Herstellung zunehmend kundenspezifischerer Erzeugnisse wirtschaftlich und ohne steigende kognitive Belastungen sicherstellen können.

Eine Literaturanalyse nach Webster & Watson (2002) im Zeitraum von April bis Oktober 2021 zeigte, dass zwar verschiedenste Technologien an der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) von Werkerassistenzsystemen und die konkrete Arbeitsplatz- und Informationsgestaltung für spezielle Anwendungsfälle betrachtet werden, jedoch ohne die vorliegenden Rahmenbedingungen der variantenreichen Fertigung systematisch einzubeziehen. Auch bleibt die Frage nach der Bereitstellung und Verwaltung der notwendigen Informationen über eine hohe Anzahl von Erzeugnisvarianten und die Gestaltung einer geeigneten IT-Architektur offen. Dadurch kann nicht sichergestellt werden, dass geplante Werkerassistenzsysteme neben der Entlastung von Werkern nicht mit einer überproportionalen Belastung der Betreiber (z.B. Arbeitsplaner) einhergehen und somit den gesamtheitlichen Nutzen in Frage stellen.

Nachfolgend wird deshalb ein Konzept für die Auswahl geeigneter Werkerassistenzsysteme bei variantenreicher Fertigung aus der Betreibersicht vorgestellt.

#### **3.1 Methodik & Klassifizierung**

Für die Entwicklung dieses Konzepts wurden bestehende Werkerassistenzsysteme in fünf verschiedenen internationalen Fertigungsstandorten analysiert. Die Klassifizierung der Lösungen erfolgte dabei durch eine Kombination bereits erprobter morphologischer Kästen. Die Rahmenbedingungen in Fertigung und IT sowie deren Komplexität für den Einsatz von Werkerassistenzsystemen wurden auf Grundlage der Kategorisierung der variantenreichen Fertigung von Dommermuth (2021a) und einer übergeordneten IT-Architektur bewertet und durch eine zusammenfassende Inhaltsanalyse der Interviews nach der Methode von Mayring (2015) von ausgewählten Industrieexperten und Betreibern von Werkerassistenzsystemen unterschiedlicher Branchen ergänzt.

#### **3.2 Archetypen kognitiver Werkerassistenzsysteme**

Die Analyse der Experteninterviews ergab, dass komplexe Rahmenbedingungen der Fertigung (z.B. Variantenvielfalt) den Einsatz von Werkerassistenzsystemen zwar erforderlich machen, aber auch erschweren, da gleichzeitig hohe Anforderungen an das Variantenmanagement in Form der Erstellung und Verwaltung von Informationen gestellt werden. Erstmals konnte aufgezeigt werden, dass komplexe Rahmenbedingungen irrelevant werden, wenn die darzustellenden Informationen mithilfe eines Informationsmodells automatisiert generiert werden und damit wenig bis keine manuellen Aufwände für den Lösungsbetrieb entstehen. Der Bedarf eines solchen Informationsmodells als Basis verschiedener Technologien an der MMS wie beispielsweise dem Einsatz von Augmented Reality Lösungen (AR) konnte in der Praxis bestätigt werden (vgl. Kapitel 4).

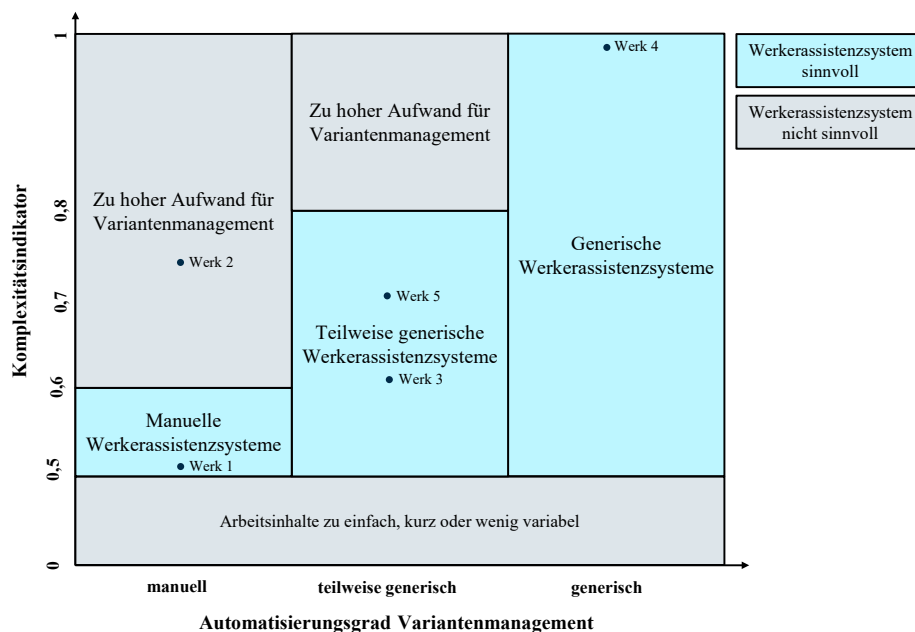
Letztendlich wurden drei Archetypen kognitiver Werkerassistenzsysteme identifiziert, die sich im Automatisierungsgrad des Variantenmanagements unterscheiden:

Generische Werkerassistenzsysteme verfügen mit einem Informationsmodell über Beziehungswissen. So muss lediglich dieses gepflegt werden, statt für jede Produkt- und Fertigungsvariante eine separate Arbeitsanweisung zu erstellen.

Teilweise generische Werkerassistenzsysteme besitzen ein überwiegend manuelles Variantenmanagement, allerdings werden Parameter wie z.B. Schraubdrehmomente aus externen Datenbanken bezogen.

Manuelle Werkerassistenzsysteme nutzen dagegen weder Beziehungswissen noch automatisierte Parameter und die Varianten müssen jeweils einzeln angelegt werden.

Für die Komplexitätsbewertung der Rahmenbedingungen in der Fertigung sowie deren relativer Wichtigkeit wurde auf Basis der Ergebnisse der Interviews ein Indikator entwickelt. In Zusammenhang mit dem Automatisierungsgrad des Variantenmanagements konnten so sinnvolle Einsatzbereiche der drei Archetypen abgeleitet werden (vgl. Abbildung 2). Dieses Konzept berücksichtigt zudem die Aussagen von Experten, wonach sich Werkerassistenzsysteme bei zu einfachen, kurzen oder wenig variablen Arbeitsinhalten nicht eignen. Dabei wird angenommen, dass sich Archetypen mit höherem Automatisierungsgrad grundsätzlich auch für Anwendungsfälle niedrigerer Komplexität eignen können. Um Skalierungseffekte nutzbar zu machen, sollte bei der Auswahl auf eine durchgängige IT-Landschaft ohne Insellösungen geachtet werden.



**Abbildung 2:** Archetypen in Abhängigkeit von Komplexität und Automatisierungsgrad

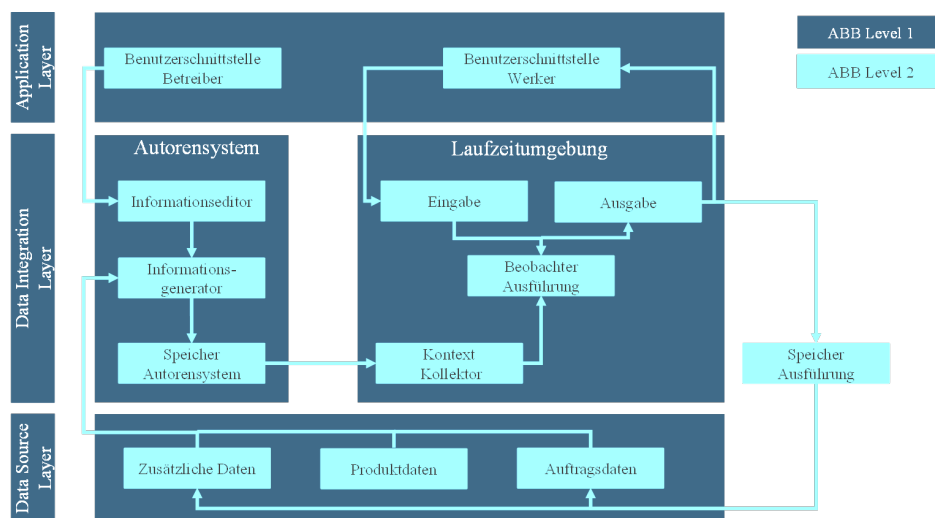
#### 4. Anwendung in variantenreicher Fertigung und Erkenntnisse

Das Konzept zur Auswahl geeigneter Werkerassistenzsysteme aus Betreibersicht wurde anhand von zwei Fallbeispielen in Fertigungswerken der Industriehydraulik sowie der Automatisierungstechnik validiert und deckt somit unterschiedliche Erzeugnisarten und Rahmenbedingungen ab. Es soll Arbeitsplanern frühzeitig ermöglichen, die richtige Art von Werkerassistenzsystemen systematisch und auf Basis der Anforderungen zu wählen. Das Ziel ist es sicherzustellen, dass der nachfolgende Lösungsbetrieb mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Die anschließende Wahl der Technologie

an der MMS sollte dann die konkreten Bedürfnisse der Werker abdecken. Dieser anwenderorientierte Ansatz bestätigt die Wichtigkeit einer tiefgreifenden Arbeitssystemkompetenz des IE und gewährleistet, dass keine technologiezentrierte Lösungsauswahl erfolgt, welche die Rahmenbedingungen in der Fertigung vernachlässigen.

Neben der Abdeckung arbeitswissenschaftlicher Aspekte zeigte sich, dass funktionale Anforderungen für die Reduktion der Aufwände zur Erstellung und Pflege der Informationen schon in der IT-Architektur berücksichtigt werden müssen, damit sich mögliche Lösungen zur Werkerassistenz an die Arbeitsumgebung und -aufgabe anpassen können. Die Anwendung des I4.0-KITs ermöglichte diese Ableitung einer übergeordneten IT-Architektur inklusive der Anforderungen an ein generisches Werkerassistenzsystem (vgl. Abbildung 3). Sie besteht aus verschiedenen Architecture Building Blocks (ABB), die nach einer 3-Schichten-Architektur angeordnet sind. Der Data Integration Layer ist dabei zweigeteilt in ein Autorensystem und eine Laufzeitumgebung. Über eine Benutzerschnittstelle im Application Layer soll der Arbeitsplaner Zugriff auf einen Informationseditor haben und so die benötigten Daten verknüpfen. Damit können generische und übergeordnete Arbeitsgänge (z.B. Gehäuse verschrauben) und deren Gültigkeit innerhalb von Produktfamilien definiert werden. Eine Produktvariante entspricht der Teilmenge aus der Gesamtheit der Arbeitsgänge. In der Praxis werden hierfür z.B. strukturierte Stücklisten oder Daten aus einem digitalen Zwilling eingesetzt.

Die abgeleitete IT-Architektur kann die Grundlage eines einheitlichen Backends darstellen, das mit einem beherrschbaren Aufwand den Betrieb des Werkerassistenzsystems mit verschiedenen bedarfsgerechten Technologien an der MMS ermöglicht.



**Abbildung 3:** Vereinfachte Architektur eines generischen Werkerassistenzsystems

## 5. Diskussion

Die Anwendung des I4.0-KIT und die Orientierung an den entwickelten Archetypen zeigen auf, dass neben den technologischen Möglichkeiten an der MMS insbesondere auch die Betreiberseite von Werkerassistenzsystemen noch vor der Lösungseinführung ausreichend betrachtet werden muss. In der Praxis wurde bestätigt, dass technologisch ausgewählte und eingeführte Werkerassistenzsysteme ohne diesen Abgleich oftmals bei der Umsetzung durch zu hohe Betriebsaufwände scheitern. Das entwickelte I4.0-KIT liefert einen grundlegenden Lösungsansatz zur systematischen

Ableitung der Anforderungen und nutzenorientierten Planung. Es besteht jedoch Forschungsbedarf bzgl. generischer Lösungsansätze für die Betreiberseite.

Die Methodenkompetenz des IE ermöglicht die Komplexität im Arbeitssystem zu erfassen, zu verstehen und den Mehrwert für den Anwender sicherzustellen. Abgeleitete arbeitssystemseitige Standards können im Anschluss die Übertragbarkeit erprobter Systemlösungen in die betriebliche Breite ermöglichen. Die Erweiterung der technikzentrierten Ansätze um die Arbeitssystemkompetenz des IE ist daher wesentlich. Für die Lösungsauswahl sind damit technologische Trends des Marktes (z.B. AR) weniger entscheidend als die Veränderung der Arbeitswelt (z.B. ältere Belegschaft).

Die im Konzept entwickelte technologieunabhängige IT-Architektur kann dabei als Referenz für jegliche Werkerassistenzsysteme genutzt werden und liefert einen wiederverwendbaren Ordnungsrahmen. Er eignet sich besonders für den Einsatz in komplexen und variantenreichen Fertigungsumfeld. Bei geringem Aufwand für die automatisierte generische Erstellung der Arbeitsanweisungen könnte analog ein verfeinerter Ansatz auch bei wenig komplexen Rahmenbedingungen eingesetzt werden, was es zu untersuchen gilt. Bei zu monotonen und kurz getakteten Arbeitssystemen ist der Einsatz von Assistenzsystemen im Produktivbetrieb in der Regel hinderlich oder weniger produktiv und ggf. nur beim Einlernen von neuen Mitarbeitern mehrwertbringend.

Reduziert man die Werkerassistenzsysteme jedoch nicht nur auf die Unterstützungsfunktion des Mitarbeiters (z.B. Verringerung der Aufwände zur Informationserfassung durch eine entsprechende Anzeige) sondern koppelt diese mit der Datenerfassung zugehöriger Produktionsschritte (z.B. granulare Rückmeldungen der Arbeitsschritte und Prozessergebnisse) können Werkerassistenzsysteme neben der Produktivität weitere Vorteile mit sich bringen. So kann beispielsweise die Einhaltung von Standardprozessen oder auch die Sicherstellung der Produktqualität durch den Einsatz von Werkerassistenzsystemen erhöht werden. Eine mehrdimensionale Betrachtung des Nutzens von Werkerassistenzsystemen in einem monotonen und kurztaktigen Umfeld steht jedoch noch aus (z.B. Mehrwert durch Produktrückverfolgbarkeit).

## 6. Literatur

- BITKOM, Branchenverband der deutschen Informations- und Telekommunikationsbranche (2021) Positionspapier 10 Jahre Industrie 4.0 – 10 Punkte für die nächste Legislaturperiode. Zugriffsdatum 13. Dezember, 2021. [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-08/20210820\\_bitkom-positionspapier\\_10-jahre-industrie-4.0-.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-08/20210820_bitkom-positionspapier_10-jahre-industrie-4.0-.pdf).
- Dommermuth M (2019) Implementierung von Industrie 4.0 in variantenreichen Fertigungsstandorten - Anwendbares ganzheitliches Konzept zur Analyse, Bewertung, Planung und Umsetzung der digitalen Transformation. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) GfA Frühjahrskongress 2019, Arbeit interdisziplinär analysieren - bewerten - gestalten. D.1.2. Dortmund: GfA-Press, 1-7.
- Dommermuth M (2021a) Entwicklung und Anwendung eines konsekutiven integralen Transformationskonzeptes für Werke von Industrieunternehmen mit variantenreicher Fertigung – zur Analyse, Planung, Umsetzung und Kontrolle von Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Dommermuth M (2021b) Die erfolgsrelevante Rolle des Industrial Engineerings für die digitale Transformation. Betriebspraxis & Arbeitsforschung 242:27-30.
- Laufer J (2021) Einsatz von digitalen Werkerassistenzsystemen in der variantenreichen Fertigung – Anforderungen, Konzeption, Umsetzbarkeit. Technische Universität Ilmenau: Fachgebiet Informationstechnik in Produktion und Logistik der Fakultät für Maschinenbau, Masterarbeit.
- Mayring P (2015) Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel: Beltz.
- Schattevoy S (2020) Hätte eine Pre-Mortem-Analyse den Tod von eLWIS verhindern können? – Verhaltensorientierte Ansätze für effektives Kostenmanagement in Großprojekten. Junior Management Science 5:19-34.
- Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the past to prepare for the future – Writing a literature review. MIS Quarterly 26:xiii–xxiii.





Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022**

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Sankt Augustin: GfA-Press, 2022  
ISBN 978-3-936804-31-7

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**

**Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

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.

### **Geschäftsstelle der GfA**

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)