

Gestaltung mobiler Arbeit bei der Montage von Photovoltaikanlagen mit digitaler Fernunterstützung

Dorit BOCK¹, Sebastian ROCH¹, Robert ECKARDT¹, Rico GANßAUGE²,
Leif GOLDBAHN¹

¹ *Institut InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft,
Fakultät Ingenieurwissenschaften, Hochschule Mittweida,
Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida*

² *Fachgebiet Arbeitswissenschaft und Arbeitspsychologie,
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg,
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus*

Kurzfassung: Die Entwicklung und Implementierung moderner Assistenzsysteme soll die Menschen bei ihrer Arbeit unterstützen und sich dabei reibungslos in die bestehenden Unternehmensprozesse integrieren. Bei Assistenzsystemen, welche mithilfe von auftragsspezifischen Daten kognitive Assistenz bieten sollen, müssen zunächst geeignete Datenstrukturen geschaffen werden. Im vorliegenden Fall ist die systematische Datenerfassung der einzelnen Arbeitsaufgaben nicht vorhanden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dies seitens der Montierenden auf Baustellen nur mit mobilen Geräten erfolgen kann. Dies soll außerdem unabhängig von der lokal fehlenden Netzabdeckung möglich werden. Im Beitrag wird solch eine Entwicklung anhand der Kommunikation und Dokumentation von Projektleitung und Montage im Bereich von Photovoltaikanlagen dargestellt.

Schlüsselwörter: Assistenzsystem, mobile Arbeit, Montage, digitale Fernunterstützung, psychische Arbeitsbelastung

1. Motivation

Ein digitales Assistenzsystem in der Montage von Photovoltaikanlagen mit ihren vielfältigen Komponenten kann viele Vorteile bieten. Bspw. ist die Verbesserung der Effizienz und Genauigkeit bei der Durchführung von Arbeitsaufgaben möglich. Das System soll den Nutzenden helfen, ihre Aufgaben schneller und zielgerichteter zu erledigen, indem es den Nutzenden ausschließlich relevante Informationen und Anleitungen zur Verfügung stellt bzw. abfragt. So soll der Informationsaustausch zwischen Nutzenden (Monteure) auf der Baustelle vor Ort und Verantwortlichen (Projektleiter) im Büro gestärkt werden. Durch eine gezielte Aufbereitung und Abfrage von Informationen im Assistenzsystem wie bspw. Fotos, Baupläne, Standortdaten und Arbeitsschritte erfolgt die Unterstützung der Projektleitung und Monteure in ihrer täglichen Arbeit. Dies ermöglicht auch eine bessere und einfachere Dokumentation durch die Nutzenden vor Ort oder eine Vollständigkeitsprüfung. Dadurch hat der Projektleiter einen besseren Überblick über den Bearbeitungszustand der verschiedenen Projekte.

Eine Herausforderung bei der Implementierung und Bereitstellung eines solchen Systems besteht darin, die Verantwortlichen und Nutzenden von den Vorteilen des

Systems zu überzeugen und sicherzustellen, dass das digitale Assistenzsystem akzeptiert und aktiv im Unternehmen genutzt wird. Hierfür eignen sich partizipative Vorgehensweisen (wie BPMN, KPB), die bereits in der Systementwicklung und in späteren betriebsspezifischen Anpassungen praktiziert werden sollten.

2. Grundlagen

2.1 Assistenzsysteme

„Ein digitales Assistenzsystem ist eine Softwarelösung (bspw. Desktopanwendungen oder Apps) oder eine kombinierte Soft- und Hardwarelösung (bspw. Datenbrillen, Augmented Reality, Drohnen), mit dem Menschen über eine Benutzungsschnittstelle interagieren und in ihrer Arbeitssituation unterstützt werden.“ (Fischer et al. 2019) Eine mögliche Vorgehensweise zur Einführung eines Assistenzsystems wird nach (Merhar et al. 2019) mit vier Schritten beschrieben:

1. Ziel festlegen
2. Prozesse bewerten und auswählen
3. Anforderungen beschreiben und Assistenzsystem finden
4. Assistenzsystem implementieren, testen und ausrollen.

Das zu entwickelnde Assistenzsystem soll für die Nutzenden (Monteure) vor Ort eine Unterstützung bei ihrer Arbeit darstellen. Zur Systematisierung der grundlegenden Anforderungen an das Assistenzsystem ist die Nutzung eines morphologischen Kastens (Abbildung 1) zielführend, welche die ermittelten strukturellen und funktionalen Merkmale und Ausprägungen aufgegliedert (Samtleben & Rose 2019). Die Merkmale sind für die Bedienbarkeit des Assistenzsystems sowie die damit verbundenen Interaktionsmöglichkeiten von Relevanz.

Gestaltungsmerkmal		Ausprägung									
Kontext	1 Anwendungsgebiet	Instandhaltung		Montage		Logistik		Sonstige			
	2 Anwendungsfall	Attraktivitätssteigerung der Produktion		Arbeitstätigkeit		Mitarbeiterqualifizierung		Sonstige			
	3 Nutzung	Geplant (z. B. i. O. Montage)			Ungeplant (z. B. Störung, Ereignis)			Sonstige			
	4 Nutzer	Mitarbeiter ohne Personalverantwortung)		Teamleiter (ohne Personalverantwortung)		Meister		Sonstige			
Informationsgrad	5 Informationsart	Produktbezogen	Auftragsbezogen		Tätigkeits- und prozessbezogen	Ablaufbezogen		Qualitätsbezogen		Allgemeine	
	6 Informationsklasse	Allg. Information		Hilfeschreibungen		Hinweisinformationen		Statusinformationen		Warnungen	Alarmer
	7 Informationsmenge	Gering (Hinweis)				Mittel (Zusammenfassung)				Hoch (vollständiger Zusammenhang)	
	8 Wahrnehmung: Sinn (Organ)	Visuell (Augen)				Auditiv (Ohren)		Haptisch-taktil (Tastsinn)			
Präsentation	9 Stil	Unterschiedliche Sprache (Fachsprache etc.)			Einfacher Text (Worte, Satz, Aufsatz)		Hinweisen (Erfolgs-, Fehlermeldung),Warn-, Alarmton		Sprachnachricht (Stichwörter, ganze Sätze)		
		Piktogramm / Skizze		Tabellen		Zeichnungen / Diagramme		Animation / Simulation Video/ AR-Video			
	10 Intensität	Schriftgröße, -farbe		Bildgröße, -farbe		Videogröße, -farbe		Lautstärke, Tonhöhe			
	11 Gewichtung	Keine (statisch)					Ja (dynamisch)				
12 Bereitstellung	Im direkten Sichtfeld des Nutzers					Außerhalb des direkten Sichtfeld des Nutzers					
Technologie	13 Hardware / Technologie	Bildschirm		AR		VR		Projektionssystem		Leuchten	
	14 Art des Übermittlungsmediums	Ortsfest / stationär		Tragbar / wearable		Beweglich / portabel		Handgerät		Implantat	
	15 Systemanbindung	Keine				Lokal		Global			
	16 Verbindungsstandard	Bluetooth		USB		WLAN		RFID / NFC		Mobile Datenverbindung	
Interaktion	17 Eingabeeinheit	Optisch		Auditiv		Haptisch			Kinästhetisch		
		Tiefenkamera	Eyetracker	Mikrofon	Headset	Taster		Touchscreen	Kopfhörer / Headset	Handschuh	
	18 Ausgabeeinheit	Visuell			Auditiv			Haptisch			
		Bildschirm	Projektor	Anzeige-/Signalleuchte	Lautsprecher		Kopfhörer / Headset		Handschuh		
Interaktion	19 Art der Informationseingabe	Manuell			Verbal			Gestikular		Bewegungsdaten	
		Bedienelemente			Spracheingabe			Optische Gestenerkennung		Messtechnische Gestenerkennung	
	20 Art der Informationsausgabe	Optisch					Akustisch		Haptisch		
		Textinhalt	Bildinhalt	Animation / Video	Markierung	Lichtsignal	Sprachausgabe		Hinweis- und Warntöne		Vibration

Abbildung 1: Anforderungen an das umzusetzende digitale Assistenzsystem (Nutzung der Morphologie nach Klapper et al. 2019)

2.2 Interaktionsprinzipien

Um eine digitale Unterstützung bei der Montage durch ein Assistenzsystem zu ermöglichen, müssen u. a. die in der DIN EN ISO 9241-110 (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2020) genannten Interaktionsprinzipien (bspw. Benutzerbindung, Aufgabenangemessenheit) bei der Erstellung einer entsprechenden Applikation (App) Berücksichtigung finden.

Bei der Steuerbarkeit ist es möglich, „einen Dialog zu individualisieren, wenn die Benutzer die Interaktion und die Informationsdarstellung so verändern können, dass sie ihren individuellen Fertigkeiten und Erfordernissen entsprechen“ (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2022). Eine Nutzerbindung wird erreicht, wenn das interaktive System die Aufmerksamkeit der Benutzer erregt und die Benutzer zur weiteren Verwendung des interaktiven Systems motiviert (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2022).

Das Interaktionsprinzip der Selbstbeschreibungsfähigkeit ist dann umgesetzt, wenn das interaktive System (z. B. App) bei Bedarf seitens des Benutzers ohne unnötige Benutzer-System-Interaktionen die entsprechenden Informationen zur Verfügung stellt (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2022).

Die individuelle Akzeptanz der Benutzenden und die organisatorische Akzeptanz von Assistenzsystemen beinhaltet ebenfalls Qualitätsaspekte der Usability (Gebrauchstauglichkeit), des User Experience (Benutzererlebnis) und Aspekte von Arbeit 4.0 (Fischer et al. 2019)

2.3 Modellierung der Prozesse

Bei der Ist-Zustands-Erfassung und der Soll-Definition der Unternehmensprozesse wurde die BPMN- Methode (Business Process Model and Notation) eingesetzt. BPMN konzentriert sich dabei auf die Prozesse im Sinne einer zeitlich-logischen Abfolge von Aktivitäten (Freund und Rücker 2012).

2.4 Kompaktverfahren psychische Belastung

Um anhand von Tätigkeitsmerkmalen die Arbeitsbelastung der Mitarbeitenden zu ermitteln, wurde das Kompaktverfahren psychische Belastung (KPB) ausgewählt. (ifaa 2017) Dieses wurde im Rahmen des PAL-Projektes für die Anwendbarkeit im Kontext datenbasierter Assistenzsysteme geprüft und angepasst.

3. Erfassung des IST-Zustandes der Kommunikation Projektleitung-Montage

Die EMIS Electrics GmbH (EMIS), Projektpartner im Verbundvorhaben PerspektiveArbeit Lausitz (PAL), montiert überwiegend in der Lausitz sowohl im industriellen als auch privatem Umfeld Photovoltaikanlagen. Diese werden durch die Projektleiter geplant und von den Monteuren auf den Baustellen montiert. Bei EMIS wurde auf der Basis von Interviews der Prozess abgebildet (Ist- und Soll-Zustand), welcher die Kommunikation zwischen den Projektleitern im Büro und den Monteuren auf der Baustelle charakterisiert. Die BPMN-Methode kam zur Anwendung (vgl. Abbildung 2). Dabei wurden folgende Aspekte in Anlehnung an (Göpfert & Lindenbach 2013) berücksichtigt:

- verständliche Definition und Dokumentation von Prozessen für die tägliche Anwendung und zur Orientierung von Managern und Mitarbeitern,
- Steigerung der Effizienz durch Vermeidung von Mehrfach-Arbeit und Definition klarer Zuständigkeiten und Abläufe,
- Optimierung von bestehenden Prozess-Definitionen ggf. unter IT-Einsatz zum Zweck der (Teil-) Automatisierung der Ausführung von Prozess-Instanzen,
- Erfüllung von Anforderungen an das Qualitätsmanagement im Rahmen von Zertifizierungen.

Bei dem mit der BPMN-Methode betrachteten Kommunikationsprozess wurden auch die vorhandenen Probleme mit der aktuell im Unternehmen eingesetzten Softwarelösung besprochen. Diese liegen vorrangig in der Unübersichtlichkeit der Daten im aktuell verwendeten Microsoft Teams-Chatverlauf des jeweiligen Projektes und in der fehlenden Strukturierung der Daten.

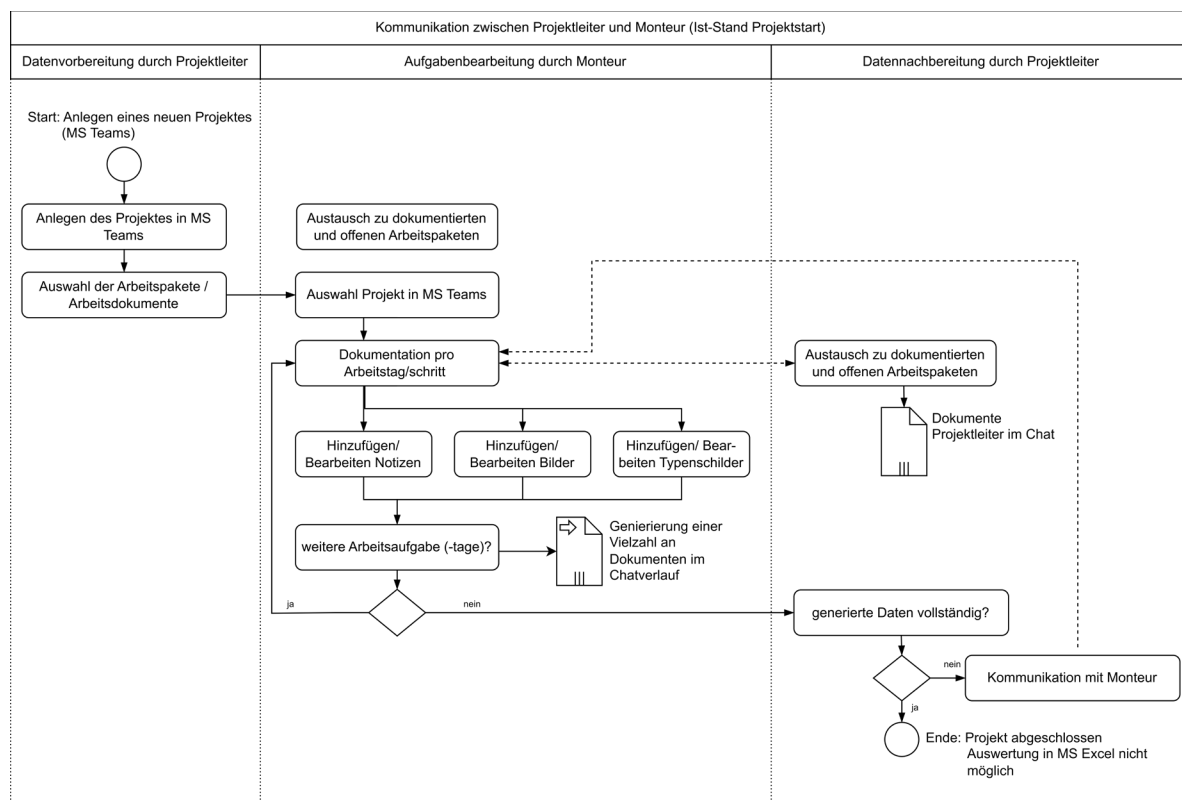


Abbildung 2: BPMN Ist-Zustand des Kommunikationsprozesses Projektleitung-Montage bei EMIS

Im Rahmen der Entwicklungen bei EMIS wurde eine Einschätzung der Tätigkeit auf Basis des Kompaktverfahrens Psychische Belastungen (KPB) mit mehreren, von den Entwicklungen betroffenen, Personen durchgeführt. Damit sollen mögliche Fehlentwicklungen, die sich ungünstig auf das Beanspruchungserleben auswirken könnten, bereits im Vorfeld identifiziert und beseitigt werden.

Da es sich hierbei um Montagetätigkeiten auf Baustellen handelt, wurden Interviews mit den Monteuren auf einer Baustelle geführt. Dabei wurden sowohl Elektroinstallateuren als auch Dachdeckern, welche für die Montage der Photovoltaik-Module zuständig sind, befragt. Im Anschluss wurden am Unternehmensstandort weitere Interviews mit den Projektleitern durchgeführt.

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass das geplante Assistenzsystem sowohl

aus Sicht der Projektleiter als auch aus Sicht der Monteure als zielführend einzustufen ist. Die Analyse und Bewertung mittels des KPB hat gezeigt, dass keine negativen Auswirkungen auf die Arbeit beider Seiten zu erwarten sind. Stattdessen können sowohl Monteure als auch Projektleiter durch eine vereinfachte Dokumentation und verbesserte Übersicht über den Projektstatus vom Assistenzsystem profitieren. Zudem konnten zusätzliche Erkenntnisse zur Umsetzung und möglichen Erweiterungen des Systems gewonnen werden.

Die Untersuchung mittels KPB soll nach Einführung des Assistenzsystems nochmals durchgeführt werden. So soll der aufgenommene Ist-Zustand der Arbeit der Monteure und Projektleiter, sowie der erwartete Soll-Zustand nach Einführung des Assistenzsystems mit den tatsächlichen Veränderungen abgeglichen werden.

4. Entwicklung Sollprozess, Mock-Up und Testumgebung

Ausgehend vom aufgenommenen Ist-Prozess sowie den Anforderungen der Projektleitung und Montage wurde ein möglicher, zu erreichender Soll-Prozess erarbeitet. Dieser bildet die Grundlage für das Mock-Up des User-Interfaces und der Software-Testumgebung.

Basierend auf der BPMN-Analyse und aus den Anforderungen der zukünftigen Nutzenden leiteten sich die Funktionen des zu entwickelnden Assistenzsystems ab. Die Monteure und Projektleiter wurden in Gesprächen und Vorortterminen für die Entwicklung der neuen Arbeitsweisen und -systeme frühzeitig und wiederholt einbezogen. Die definierten Funktionen und Ergebnisse der geführten Gespräche ermöglichten die vorläufige Visualisierung der Bedienoberflächen des Assistenzsystems in Form eines Mock-Ups. Dieses Mock-Up hat die Aufgabe gemeinsam potenzielle Probleme und Fehler zu identifizieren, bevor die erste Demonstratorversion erstellt wird. Die Bezeichnungen und Oberflächen lassen sich in dieser Entwicklungsphase schnell und mit wenig Aufwand anpassen. Für das zu entwickelnde Assistenzsystem wurde festgelegt, dass die App für die Benutzung mit Smartphones entwickelt wird (besseres Handling auf der Baustelle als mit Tablet oder Notebook) und dass mehrere Ausbaustufen (1. Stufe: funktionsfähige Minimallösung, 2. Stufe: Berücksichtigung von erweiterten Funktionen wie Spracheingaben/-ausgaben) vorgesehen sind (Pietschmann et al. 2023).

Aus dem Mock-Up wurde ein erster Implementierungsstand durch den PAL-Projektpartner CIMPCS GmbH umgesetzt. Aktuell wird von Verantwortlichen und Nutzenden von EMIS dieser Demonstrator des digitalen Assistenzsystems unter realen Bedingungen getestet.

5. Bisherige Erkenntnisse, Fazit und Ausblick

Durch die Erstellung des Mock-Ups konnte zielgerichtet ein erster Demonstrator des Assistenzsystems für Testzwecke implementiert werden. Als positiv hat sich erwiesen, dass die Projektleiter und Monteure von Anfang an bei der Entwicklung des Assistenzsystems mit einbezogen wurden. Somit konnten die Wünsche mitberücksichtigt und die Motivation der Nutzenden des Assistenzsystems gesteigert werden.

Die nächsten Schritte im Projekt sind die Weiterentwicklung des Demonstrators hin zu einer nutzbaren Lösung, welche im Verlauf des Projektes einem Feldversuch unterzogen werden soll. Zudem ist die strukturierte Ablage der Daten noch zu klären.

Darauf aufbauend sollen weitere Ausbaustufen des Assistenzsystems eruiert werden. Eine Möglichkeit ist die Untersuchung der Einbindung einer Objekterkennung aus den Fotos von der Baustelle. Dies könnte dazu beitragen, die Bilder, die von den Nutzenden erstellt wurden, besser und automatisiert den erledigten Arbeitsaufgaben zuzuordnen. Ähnliche Lösungen sind in der Serienfertigung (fest installiert, In-House) heute schon im Einsatz (Goldhahn & Roch 2021).

6. Literatur

- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2020) DIN EN ISO 9241-110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Interaktionsprinzipien (ISO 9241-110:2020). Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2020. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2022) DIN EN ISO 9241-20: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 20: Leitlinien für die Zugänglichkeit der Geräte und Dienste in der Informations- und Kommunikationstechnologie (ISO 9241-20:2022). Deutsche Fassung EN ISO 9241-20:2022. Berlin: Beuth Verlag.
- Fischer H, Rittmeier F, Strothmann T, Schwenniger N (2019) Partizipation von Beschäftigten in der Gestaltung einer digitalisierten Arbeitswelt 4.0 mittels einer Canvas-Methode. In: Bosse CK, Zink, KJ (Hrsg.): Arbeit 4.0 im Mittelstand Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Springer-Verlag GmbH Deutschland. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59474-2>. 177–195
- Freund J, Rücker B (2012) Praxishandbuch BPMN 2.0. Carl Hanser-Verlag München Wien. 3. erw. Auflage.
- Goldhahn, Leif; Roch, Sebastian: Potenziale der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt Montage. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): ARBEIT HUMANE gestalten. Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 03.–05. März 2021. Dortmund: GfA Press, ISBN 978-3-936804-29-4, 2021, B5.7. pp. 1 – 6.
- Göpfert J, Lindenbach H (2013) Geschäftsprozessmodellierung mit BPMN 2.0. Business Process Model and Notation. Oldenbourg Verlag München.
- Ifaa (2017) KPB – Kompaktverfahren Psychische Belastung. Werkzeug zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung. Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.). Springer-Verlag GmbH Deutschland. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54898-1>
- Klapper J, Gelec E, Pokorni B, Hämmerle M, Rothenberger R (2019) Potenziale digitaler Assistenzsysteme. Aktueller und zukünftiger Einsatz digitaler Assistenzsysteme in produzierenden Unternehmen. <https://www.doi.org/10.24406/publica-fhg-299758>. Fraunhofer IAO Stuttgart. 27ff.
- Merhar L, Höllthaler G, Berger C, (2019) Digitale Assistenzsysteme für die Produktion: Von der Zielfindung bis zur Einbindung gemeinsam mit den Mitarbeitern. In: Bosse CK, Zink, KJ (Hrsg.): Arbeit 4.0 im Mittelstand Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. Springer-Verlag GmbH Deutschland. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59474-2>. 279-302
- Pietschmann C, Müller-Eppendorfer K, Bock D, Goldhahn, L (2023) Transformation hybrider Arbeitssysteme durch Entwicklung datenbasierter Assistenz. Kooperative Forschungsstelle Technikstress (KFT) (Hrsg.). Tradition oder Innovation. Wieviel GESTERN braucht das MORGEN? Shaker Verlag Düren. 211–222.
- Samtleben S, Rose D (2019) Die kleinen Helfer in der Produktion – ein Assistenzsystem wird konzipiert. von Garrel J (Hrsg.): Digitalisierung der Produktionsarbeit. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27703-1_12. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. 210ff.

Danksagung: Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung sowie dem Projektträger Karlsruhe (PTKA) für die Betreuung des Forschungsprojektes „PerspektiveArbeit Lausitz (PAL)“, Förderkennzeichen 02L19C300.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration
und ihre Auswirkung auf Mensch,
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

GfA-Press

Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

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 · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

office@internetkundenservice.de, www.internetkundenservice.de