

Analyse der Arbeit von CAM-Planenden als Grundlage für die Entwicklung intelligenter Unterstützungssysteme für die Prozessplanung

Florens L. BURGERT, Marisa SCHIRMER, Markus HARLACHER,
Verena NITSCH, Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University
Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Die Prozessplanung produzierender Unternehmen wird durch zunehmende Komplexität und Individualisierung von Bauteilen und Maschinen geprägt. Daraus resultieren neue Anforderungen an die eingesetzten CAM-Systeme. Mit dem Ziel, Stärken und Schwächen der heutigen CAM-Planung aus Sicht der Beschäftigten zu identifizieren und für die Weiterentwicklung der CAM-Systeme nutzbar zu machen, wurde eine Arbeitsanalyse durchgeführt. Unter Anwendung des *Work Design Questionnaire* sowie weiterer kontextspezifischer Items wurden 13 CAM-Planende befragt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Befragten tendenziell eine höhere Automatisierung und eine bessere Unterstützung durch die Softwaresysteme wünschen. Die positiv ausgeprägten Aufgabenmerkmale, wie die Autonomie, sollten jedoch erhalten bleiben.

Schlüsselwörter: Prozessplanung, Computer Aided Manufacturing, Arbeitsanalyse, intelligente Unterstützungssysteme

1. Einleitung

Die Prozessplanung zur Fertigung komplexer Bauteile erfolgt in vielen produzierenden Unternehmen mittels sogenannter CAM-Systeme (CAM: Computer Aided Manufacturing) (Hehenberger 2020). Zunehmende Komplexität von Bauteilen und Maschinen sowie steigende Produktindividualisierung (Dietrich & Richter 2020) führen allerdings zu neuen Anforderungen an die CAM-Planung und die eingesetzten Systeme. Trotz bereits bestehender Computerunterstützung sind zahlreiche Planungs- und Parametrisierungsschritte noch manuell durchzuführen (Brecher et al. 2020). Die CAM-Planenden benötigen durch den wachsenden Anteil an nicht-standardisierten Planungsaufgaben zudem ein hohes Maß an spezifischem Erfahrungswissen, woraus eine Überforderung resultieren kann (Jakobs et al. 2017).

Ziel des Verbundprojekts CAM2030 ist es, durch die Anbindung innovativer Technologien, wie künstlicher Intelligenz, neuartige Optimierungswerkzeuge zu entwickeln, um CAM-Planende bei der Prozessplanung zur Fertigung komplexer Bauteile zu unterstützen. Im Rahmen des Entwicklungsprozesses stellt sich die Frage, welche Stärken und Schwächen das bestehende Arbeitssystem aus Sicht der CAM-Planenden aufweist und welche Empfehlungen daraus für die technologische Systemgestaltung intelligenter CAM-Systeme abgeleitet werden können.

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage ist eine Arbeitsanalyse vorgesehen. Erste Ergebnisse werden im Beitrag vorgestellt. Da pandemiebedingt auf Beobachtungsinterviews am Arbeitsplatz vorerst verzichtet werden musste, erfolgte

die Analyse mit Hilfe einer schriftlichen Befragung von CAM-Planerinnen und -Planern aus drei am Projekt beteiligten Unternehmen.

2. Vorgehen

2.1 Methodisches Vorgehen

Für die Arbeitsanalyse steht eine Reihe von Verfahren zur Verfügung (s. Übersichten in Dunckel 1999; Greif & Hamborg 2018). Für die geplante Analyse wurde die deutsche Fassung des *Work Design Questionnaire (WDQ)* (Stegmann et al. 2010, Stegmann et al. 2019) eingesetzt. Der *WDQ* erfasst ein breites Spektrum an Merkmalen und wird daher für ein Screening im Rahmen einer Arbeitsanalyse empfohlen (Fehn & Schütz 2021). Der Fragebogen wurde adaptiert, da einzelne Konstrukte für den Kontext der CAM-Planung nicht relevant sind. Nicht erfasst wurden die Items zur Interaktion außerhalb der Organisation und zu den physischen Anforderungen. Die Konstrukte zur Ergonomie und zum Technikgebrauch erwiesen sich als zu unspezifisch und wurden deshalb auf der Grundlage eines Workshops mit Systemanwendern und -entwicklern durch kontextspezifische Items, beispielsweise zur Usability und zum Ausmaß der wahrgenommenen Unterstützung, ersetzt.

Aufgenommen wurden weiterhin Items zur wahrgenommenen Informationsverfügbarkeit in Ausnahmesituationen (in Anlehnung an Frieling et al. 1993) sowie zum Zeitdruck (in Anlehnung an Semmer et al. 2007). Um eine einheitliche Skala zu ermöglichen, wurde für die genannten Items die fünfstufige Likert-Skala des *WDQ* (1 = *stimme überhaupt nicht zu* bis 5 = *stimme voll zu*) übernommen. Für eine weiterführende Erhebung der Komplexität der Arbeitsaufgabe wurde ein Item zur wahrgenommenen Komplexität der Bauteile ergänzt, für die die CAM-Planung typischerweise ausgeführt wird (1 = *sehr niedrig* bis 5 = *sehr hoch*). Erfragt wurden außerdem die für die CAM-Planung genutzten Wissensquellen.

Die Befragung wurde als Online-Fragebogen implementiert. Die Akquise der teilnehmenden CAM-Planenden fand über das Projektkonsortium statt. Die Auswertung der Befragung erfolgte mit *Microsoft Excel*. Für alle Konstrukte des *WDQ* sowie auch für die ergänzten Items (mit Ausnahme der Wissensquellen) wurden Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimalwert (Min) und Maximalwert (Max) bestimmt (vgl. Stegmann et al. 2019). Bei der Interpretation wurden folgende Schwellenwerte angesetzt (vgl. Burrows et al. 2020): *gering* (MW < 3), *mittel* (3 ≤ MW ≤ 4) und *hoch* (MW > 4). Referenzwerte für die *WDQ*-Skalen liegen bislang nicht vor (Stegmann et al. 2019).

2.2 Beschreibung der Stichprobe

Der Online-Fragebogen wurde von 13 CAM-Planenden vollständig ausgefüllt (davon n = 12 männlich, n = 1 weiblich; Alter: MW = 34,8 Jahre, SD = 10,14 Jahre). Die durchschnittliche Anzahl an Jahren, die die Teilnehmenden in der CAM-Planung tätig sind, beträgt MW = 5,31 (SD = 8,96).

Die Stichprobe beinhaltet CAM-Planende aus Unternehmen mit unterschiedlichen Tätigkeitsschwerpunkten (Forschung im Bereich der Modellierung von Zerspanprozessen, Entwicklung von Softwarelösungen für die NC-Fertigung sowie Maschinen- und Anlagenbau). Genutzt werden folgende CAM-Systeme: *EXAPT-Systeme* (n = 7), *Siemens NX* (n = 6) und *Mastercam* (n = 1).

Der prozentuale Anteil der Gesamtarbeitszeit, der bei den Befragten auf die Tätigkeit der CAM-Planung entfällt, liegt zwischen Min = 4% und Max = 100%. Die Teilnehmenden gaben an, zusätzlich zur eigentlichen Prozessplanung folgende vor- oder nachgelagerte Tätigkeiten auszuführen: *Produktanforderungen definieren* (n = 3), *Werkstoff auswählen* (n = 6), *Geometrie auslegen (ggf. Simulation)* (n = 7), *CAD-Konstruktion durchführen* (n = 12), *Schnittdaten anpassen* (n = 11) und *Fertigung testweise ausführen* (n = 10).

3. Ergebnisse und Diskussion

Die deskriptive Auswertung der erhobenen WDQ-Konstrukte ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Auswertung der erhobenen WDQ-Konstrukte

Konstrukt	MW	SD	Min	Max	Konstrukt	MW	SD	Min	Max
Aufgabenmerkmale					Wissensmerkmale				
Autonomie: Planung	4,05	0,78	3	5	Komplexität	4,60	0,69	3	5
Autonomie: Entscheidung	4,21	0,56	3	5	Informationsverarbeitung	4,54	0,69	3	5
Autonomie: Methode	4,38	0,66	3	5	Problemlösen	4,19	1,02	2	5
Aufgabenvielfalt	4,33	0,67	2	5	Anforderungsvielfalt	4,19	0,68	3	5
Wichtigkeit	2,92	1,07	1	5	Spezialisierung	3,96	0,92	2	5
Ganzheitlichkeit	4,12	0,97	2	5	Soziale Merkmale				
Rückmeldung durch die Tätigkeit	3,67	0,92	2	5	Soziale Unterstützung	4,06	0,76	2	5
Kontextuelle Merkmale					Initiierte Interdependenz	3,69	0,85	2	5
Gegebenheiten am Arbeitsplatz	4,00	0,93	1	5	Rezipierte Interdependenz	3,49	0,81	2	5
					Rückmeldung durch andere	3,03	0,80	2	4

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die CAM-Planungsaufgabe durch eine hohe *Autonomie* (MW = 4,05; 4,21; 4,38), *Aufgabenvielfalt* (MW = 4,33) und *Ganzheitlichkeit* (MW = 4,12) geprägt ist. Hohe Ausprägungen der Aufgabenmerkmale verbessern die Zufriedenheit und wirken sich positiv auf die Gesundheit, Motivation und Leistung der Arbeitsperson aus (Stegmann et al. 2019). Verbesserungspotentiale sind hingegen bei der wahrgenommenen *Wichtigkeit* der Arbeitsaufgabe (MW = 2,92) und der *Rückmeldung durch die Tätigkeit* (MW = 3,67) zu vermuten.

Die überwiegend hoch ausgeprägten *Wissensmerkmale* (MW von 3,96 bis 4,60) deuten darauf hin, dass die CAM-Planungsaufgabe hohe Wissens-, Fähigkeits- und Fertigungsanforderungen (vgl. Stegmann et al. 2019) an die CAM-Planenden stellt. Besonders hoch fällt dabei die Beurteilung der *Komplexität* aus (MW = 4,60). Die weitestgehend hohen Ausprägungen der Aufgaben- und Wissensmerkmale weisen darauf hin, dass die CAM-Planung als eine komplexe Planungsaufgabe mit einem hohen Anteil nicht-standardisierter Teilaufgaben betrachtet werden kann (übereinstimmend mit Feststellung von Jakobs et al. 2017 für CAX-Planungsaufgaben; CAX: Computer Aided Technologies). Eine hohe wahrgenommene Komplexität von CAM-Planungsprozessen kann u. a. aus der hohen Anzahl an festzulegenden Parametern sowie den zunehmend komplexen Funktionen von CAX-Programmen resultieren (Jakobs et al. 2017). Zu den Auswirkungen einer hohen Aufgabenkomplexität liegen unterschiedliche Befunde vor: Sie kann sich motivations- und leistungsfördernd auswirken, sie kann allerdings auch zu einer Überforderung mit Produktivitätseinbußen führen (s. Übersichten in Latos 2020, Latos et al. 2018).

Die Auswertung der zusätzlich erhobenen Items ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Auswertung der zusätzlich erhobenen, kontextspezifischen Items

Item	MW	SD	Min	Max
Usability (in Anlehnung an Brooke 1996; deutsche Übersetzung in Anlehnung an Rauer 2011)				
Ich benutze die Software zur CAM-Planung regelmäßig. ¹	4,08	0,83	3	5
Ich empfinde die Software als unnötig komplex. ²	2,92	1,27	1	5
Ich empfinde die Software als einfach zu nutzen. ¹	2,69	0,91	1	4
Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen der Software gut integriert sind. ¹	3,23	0,80	2	5
Ich finde, dass es in der Software zu viele Inkonsistenzen gibt. ²	3,00	0,88	2	5
Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute die Software schnell zu beherrschen lernen. ¹	2,46	0,63	1	3
Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich. ²	2,85	0,77	1	4
Ich fühle mich bei der Nutzung der Software sehr sicher. ¹	3,62	0,74	2	5
Ich musste eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit der Software arbeiten konnte. ²	4,00	0,78	3	5
(Hinweis: ¹ Hohe Werte deuten auf hohe Usability hin; ² Niedrige Werte deuten auf hohe Usability hin)				
Unterstützung durch die Software (eigene Items)				
Ich habe das Gefühl, alle Funktionen der Software zu kennen, die mich bei der CAM-Planung sinnvoll unterstützen.	3,08	0,83	2	4
Ich kann die Software über Einstellungsmöglichkeiten individuell an mein Erfahrungswissen als CAM-Planer*in anpassen.	3,15	1,29	1	5
Ich würde mir wünschen, dass mich die Software noch besser bei meiner Arbeit unterstützt.	3,69	0,99	2	5
Ich könnte mir vorstellen, dass mir eine höhere Automatisierung der Software die CAM-Planung erleichtern würde.	3,92	1,00	2	5
Informationsverfügbarkeit in Ausnahmesituationen (in Anlehnung an Frieling et al. 1993)				
Alle Informationen, die ich in Ausnahmesituationen, Störfällen oder für außerplanmäßige Aufgaben benötige, stehen mir an meinem Arbeitsplatz zur Verfügung.	3,46	0,84	2	5
Quantitative Arbeitsbelastung (Zeitdruck) (in Anlehnung an Semmer et al. 2007)				
Ich stehe häufig unter Zeitdruck.	3,69	0,61	3	5
Ich arbeite häufig schneller, als ich es normalerweise tue, um die Arbeit zu schaffen.	3,15	0,77	2	4
Wahrgenommene Bauteilkomplexität (eigenes Item)				
Wie schätzen Sie die Komplexität der Bauteilgeometrien ein, für die Sie typischerweise die CAM-Planung in Ihrem Unternehmen ausführen?	3,92	0,73	3	5
Wissensquellen (eigenes Item)				
Für die Ausführung der CAM-Planung nutze ich als Wissensquelle(n): Fachwissen, welches durch Aus- und Weiterbildung gewonnen wurde (n = 9); eigenes Erfahrungswissen (n = 12); fremdes Erfahrungswissen (z.B. Erfahrungswissen von Kolleg*innen) (n = 11); Datenbanken (z. B. Technologie- oder Werkzeugdatenbanken) (n = 8); Unternehmensvorgaben (n = 5); sonstige Wissensquellen (n = 0)				

Jakobs et al. (2017) sehen auf der Grundlage ihrer Studien zur Usability von CAX-Systemen einen steigenden Bedarf nach einer nutzerfreundlichen Gestaltung dieser Systeme, um u. a. der Gefahr einer Überforderung zu begegnen. Die Ergebnisse der Items zur *Usability* (Tabelle 2) deuten darauf hin, dass die von den befragten Personen genutzten CAM-Systeme diesbezüglich Verbesserungspotentiale aufweisen.

Die mittlere Ausprägung (MW = 3,69) des Items zur *Unterstützung durch die Software* zeigt, dass sich die Befragten bei der CAM-Planung größtenteils eine bessere Unterstützung durch die Software wünschen. Eine Vielzahl der CAM-Planungsschritte sind trotz Unterstützung durch das CAM-System noch manuell durchzuführen (Brecher et al. 2020). Ansatzpunkte für eine Verbesserung der wahrgenommenen Unterstützung und eine Entlastung der CAM-Planenden liefern auch die zusätzlich erhobenen Items zu den *Möglichkeiten der Anpassung der Software an das individuelle Erfahrungswissen* (MW = 3,15), zur *Kenntnis der systemseitigen Unterstützungsfunktionen* (MW = 3,08) sowie zur *Informationsverfügbarkeit in Ausnahmesituationen* (MW = 3,46). Zudem legen die Ergebnisse nahe, dass eine höhere Automatisierung der Software die CAM-Planung erleichtern würde (MW = 3,92).

Auf arbeitsorganisatorische Schwächen weisen die Beurteilungen der Items zur *quantitativen Arbeitsbelastung* hin. So arbeitet die Mehrheit der Teilnehmenden häufig unter Zeitdruck (MW = 3,69). Diese quantitative Arbeitsbelastung könnte aus der nach

Dietrich & Richter (2020) zunehmend kürzer werdenden verfügbaren Zeit zwischen Auftragseingang und Auslieferung von Produkten resultieren.

Hehenberger (2020) gibt an, dass nicht dokumentiertes Spezialwissen und unzureichender Wissenstransfer zwischen Mitarbeitenden im Rahmen der Produktionsplanung aufgrund ihrer negativen Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens problematisch sind. In der vorliegenden Befragung verdeutlicht die häufige Nennung der Wissensquelle *fremdes Erfahrungswissen* (n = 11) neben dem *eigenen Erfahrungswissen* (n = 12) und *eigenem Fachwissen* (n = 9) die Problematik des erforderlichen Wissenstransfers.

4. Empfehlungen und Ausblick

Aus den Ergebnissen der Studie lassen sich Empfehlungen für die humanzentrierte Weiterentwicklung von CAM-Systemen ableiten. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass im vorliegenden Anwendungskontext ein „intelligenteres“ CAM-System mit höherem Automatisierungsgrad tatsächlich zu einer besseren Unterstützung von CAM-Planenden beitragen kann. Nutzenpotentiale liegen zum einen in einer höheren Produktivität, zum anderen aber auch in einer reduzierten Belastung. Bei der Entscheidung über den Automatisierungsgrad sollten jedoch Aufgabenmerkmale, wie z. B. die hohe Autonomie der CAM-Planenden, berücksichtigt werden. Demotivierende Verluste von Autonomie können beispielweise verhindert werden, wenn das Ausmaß der automatisierten Unterstützung durch die CAM-Planenden selbst bestimmt werden kann. Ansätze zur automatisierten Generierung von Planungsalternativen, auf deren Basis CAM-Planende selbstständig entscheiden können, liegen für Teilaufgaben bereits vor oder befinden sich in der Entwicklung (s. z. B. Brecher et al. 2014). Arbeitswissenschaftliche Evaluierungen stehen allerdings noch aus.

Die Rückmeldung durch die Tätigkeit könnte durch eine automatisierte Rückmeldung der Güte, etwa in Bezug auf Kriterien wie Zeit, Qualität und Kosten (vgl. Hehenberger 2020), ausgebaut werden. Bei fehlerhaften Eingaben könnte das CAM-System automatisiert Lösungsvorschläge generieren und so auch zu einer Reduktion der Komplexität der Planungsaufgabe beitragen.

Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass das Erfahrungswissen der CAM-Planenden als eine entscheidende Grundlage für den Planungsprozess auch in einem intelligenten CAM-System berücksichtigt werden sollte; beispielsweise durch die Vorsehung manueller Eingriffsmöglichkeiten in automatisierte Prozesse. Innovative Technologien, wie künstliche Intelligenz, könnten dazu genutzt werden, ein lernfähiges System zu entwickeln, welches nicht nur von den Eingaben der CAM-Planenden, sondern auch auf Grundlage vorangegangener Optimierungen lernt. Zuletzt verdeutlichen die Ergebnisse, dass bei der Entwicklung ein besonderes Augenmerk auf die intuitive Bedienbarkeit des Systems gelegt werden sollte, z. B. durch die Berücksichtigung der Gestaltungsempfehlungen der DIN EN ISO 9241-110.

Die Aussagekraft der Ergebnisse ist limitiert durch Stichprobengröße und -zusammensetzung. In künftigen Studien sollte der Stichprobenumfang erweitert werden. Darüber hinaus verspricht der Einsatz von bedingungsbezogenen Arbeitsanalyseverfahren, die z. B. Beobachtungsinterviews vorsehen, einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn. Dies gilt auch für gezielte Usability-Studien der bislang eingesetzten Systeme.

Die Entwicklung von intelligenten CAM-Systemen sollte auf den Ergebnissen der Studie aufbauen. Der im Verbundprojekt begonnene interaktive und partizipative

Entwicklungsprozess sollte fortgesetzt werden und kann durchaus als Beispiel dienen. Vorläufige Entwicklungsergebnisse sollten regelmäßig von potentiellen Anwender*innen evaluiert werden. Eine erneute Durchführung der Studie nach Einführung eines intelligenten CAM-Systems könnte Veränderungen des Arbeitssystems durch das CAM-System aufdecken. Zudem könnten durch eine Analyse der CAM-Planungsprozesse Schwachstellen in den Arbeitsprozessen identifiziert und für die menschengerechte Systemgestaltung genutzt werden.

5. Literatur

- Brecher C, Lohse W, Wellmann F (2014) Automatisierter Werkzeugauswahlprozess: Ein wissensbasierter Ansatz für die 2,5 D-Fräs- und Bohrbearbeitung. ZWF 109(11):792-795.
- Brecher C, Spierling R, Wiesch M, Königs M, Fey M (2020) Erweiterung der digitalen Prozesskette um das thermo-elastische Maschinenverhalten: Ein modellbasierter Ansatz. ZWF 115(1-2):31-35.
- Brooke J (1996) SUS - A quick and dirty usability scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland AL (Eds) Usability Evaluation in Industry. London: Taylor & Francis.
- Burrows M, Gale N, Greenfield S, Litchfield I (2020) A quantitative assessment of the parameters of the role of receptionists in modern primary care using the work design framework. BMC Family Practice 21(138):1-10.
- Dietrich J, Richter A (2020) Praxis der Zerspantechnik: Verfahren, Prozesse, Werkzeuge, 13. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Dunckel H (Hrsg) (1999) Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. ETH Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Fehn T, Schütz A. (2021) Rezension des Work Design Questionnaire. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie 65(1):42-47.
- Frieling E, Facaoaru C, Benedix J, Pfau H, Sonntag K (1993) Tätigkeits-Analyse-Inventar: Theorie, Auswertung, Praxis. Handbuch und Verfahren. Landsberg: ecomed.
- Greif S, Hamborg K-C (2018) Methoden der Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie, 1. Auflage. Göttingen: Hogrefe.
- Hehenberger P (2020) Computerunterstützte Produktion: Eine kompakte Einführung, 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg.
- Jakobs E-M, Digmayer C, Vogelsang S, Servos M (2017) Not Ready for Industry 4.0: Usability of CAX Systems. In: Ahram T, Falcão C (Eds) Advances in Intelligent Systems and Computing Series, Volume 607: Advances in Usability and User Experience. Cham: Springer, 51-62.
- Latos BA (2020) Auswirkungen von Komplexität auf die Performance von Produktionsgruppen. RWTH Aachen University: Institut für Arbeitswissenschaft, Dissertation.
- Latos BA, Harlacher M, Burgert F, Nitsch V, Przybysz P, Mütze-Niewöhner S (2018) Complexity Drivers in Digitalized Work Systems: Implications for Cooperative Forms of Work. Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal 3(5):171-185.
- Rauer M (2011) Quantitative Usability-Analysen mit der System Usability Scale (SUS). Abgerufen 15. Dezember, 2021. <https://blog.seibert-media.net/blog/2011/04/11/>.
- Semmer N, Zapf D, Dunckel H (2007) ISTA: Instrument zur Stressbezogenen Arbeitsanalyse, Version 6.1. Frankfurt: Goethe Universität.
- Stegmann S, van Dick R, Ullrich J, Charalambous J, Menzel B, Egold N, Wu TT-C (2010) Der Work Design Questionnaire: Vorstellung und erste Validierung einer deutschen Version. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie 54(1):1-28.
- Stegmann S, van Dick R, Junker NM, Charalambous J (2019) WDQ: Work Design Questionnaire. Deutschsprachige Adaptation des Work Design Questionnaire (WDQ) von Frederick P. Morgeson und Stephen E. Humphrey. Bern: Hogrefe.

Förderhinweis: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt CAM2030 wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (Förderkennzeichen: 02J19B081) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.



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 · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de