

AR-gestützte Vorrichtungsplanung für Werkzeugmaschinen

Leif GOLDHAHN, Sebastian ROCH

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

Kurzfassung: Für den aktuellen Einsatz der AR-Technologie sind Arbeitsaufgaben interessant, bei denen sich die Nutzung auf Teilaspekte der Tätigkeit beschränkt und sich durch die zusätzliche AR-gestützte Visualisierung ein signifikanter informatorischer Mehrwert abzeichnet.

Im Beitrag wird die Unterstützung der Vorrichtungsplanung mittels AR untersucht. Hierfür wird eine konstruktive Lösung einer Vorrichtung mit Nullpunktspannsystem für eine 3-Achs-CNC-Fräsmaschine visualisiert. Die Darstellung erfolgt dann mit einem Viewer und einer AR-Brille.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, Hololens, Nullpunktspannsystem, Spannmittel, Vorrichtungsplanung, Werkzeugmaschinen

1. Einführung

Moderne Technologien ermöglichen neue Herangehensweisen für Aufgaben im Produktentstehungsprozess. So gehören beispielsweise HMD-basierte virtuelle Einweisungen und die Übung von Bedienhandlungen für maschinelle Anlagen (Goldhahn et al. 2020; Goldhahn et al. 2021) zum Stand der Forschung. Aufgrund dieser Entwicklungen bietet Augmented Reality (AR) eine spannende und herausfordernde technische Basis. Forschungsarbeiten und erste industrielle Pilot-anwendungen zum Thema AR, vor allem im Bereich der Logistik, zeigen sowohl das hohe Potenzial als auch die Probleme beim Einsatz dieser Technologie. So wird der Einsatz in der Praxis zunächst als positiv beschrieben, jedoch nur bei kurzzeitigem Einsatz und nicht über die Dauer eines ganzen Arbeitsalltags. (Frick 2018; Ebner 2018; Müller 2018; Freyer 2020; Goetz 2020)

2. Grundlagen

2.1 Augmented Reality

AR ist die Erweiterung der Realität. In Echtzeit wird die natürliche Umwelt um computergenerierte virtuelle Objekte ergänzt. Informationen werden im Sichtfeld eingeblendet, wodurch Anwendende nicht wie in der virtuellen Realität (VR) isoliert werden. (Hernandez 2020; Schreiber 2020)

AR ist ein Teilbereich von Mixed Reality (MR) und wird im Virtualitätskontinuum nach Milgram & Kishino (1994) als realitätsnah eingeordnet.

Die Anfänge von AR lassen sich auf das 19. Jhd. datieren. Bei dem nach John Henry Pepper benannten Illusionstrick „Pepper’s ghost“ wurde durch gezielten Einsatz von Licht, Spiegeln und Glasscheiben die Illusion von transparenten Objekten auf Bühnen erzeugt. Allerdings konnte AR erst in den letzten 10 Jahren wirklich von sich reden machen. So

wurde bspw. 2012 die erste AR-Brille für Serienfertigung „Google Glass“ vorgestellt. (Peddie 2017; Klamma 2020)

Mittlerweile existieren viele verschiedene Möglichkeiten AR z. B. mittels AR-Anwendung auf Smartphones, Head-Up Displays oder Smart Glasses zu nutzen und zu erleben. Die AR-Systeme können z. B. nach Typ (Head Mounted, mobile, non-weareble oder projektionsbasiert), Formfaktor (z. B. Helm, Headset, Brille, Tablet) und Klasse (monokular, binokular, holografisch) unterschieden werden. (Peddie 2017)

Im Beitrag wird als Hardware die Microsoft Hololens 2 verwendet, welche über ein binokulares Head-Mounted Visier verfügt und holografische Ausgaben ermöglicht. Zudem sind für die Interaktion Gesten- und Sprachsteuerung nutzbar. Die in der Einleitung erwähnte Restriktion zum kurzzeitigen Einsatz ist bei dieser Technologie aktuell ein klares Defizit. Beim gewählten Einsatz, der Vorrichtungsplanung, ist jedoch nur eine verhältnismäßig kurze Nutzungsdauer (< 1h) notwendig, wodurch sich ein gutes Experimentierfeld für diese AR-Technik ergibt.

2.2 Vorrichtungsplanung

Die Vorrichtungsplanung gehört neben der Werkzeugplanung zur Aufgabe der Fertigungsmittelplanung. Vorrichtungen als Fertigungsmittel dienen während der Bearbeitung der Bestimmung und Sicherung der Lage eines Werkstücks in Bezug zum Werkzeug und zur Werkzeugmaschine. Durch die verschiedenen Fertigungsverfahren, die Bauteilvielfalt sowie die Bauteilkomplexität in der Fertigung ergeben sich verschiedene Ausprägungen der Vorrichtungsfunktionen, z. B. Positionieren, Aufnehmen, Führen, oder Steuern des Werkstücks bzw. des Werkzeugs. (Eversheim 2002; Wiendahl & Denner 2020) Diese verschiedenen Anforderungen und Funktionalitäten müssen bei der Vorrichtungskonstruktion berücksichtigt werden (Abbildung 1) vgl. (Matuszewski 1986; Eversheim 2002; VDI 2222 1982; Wiendahl & Denner 2020).

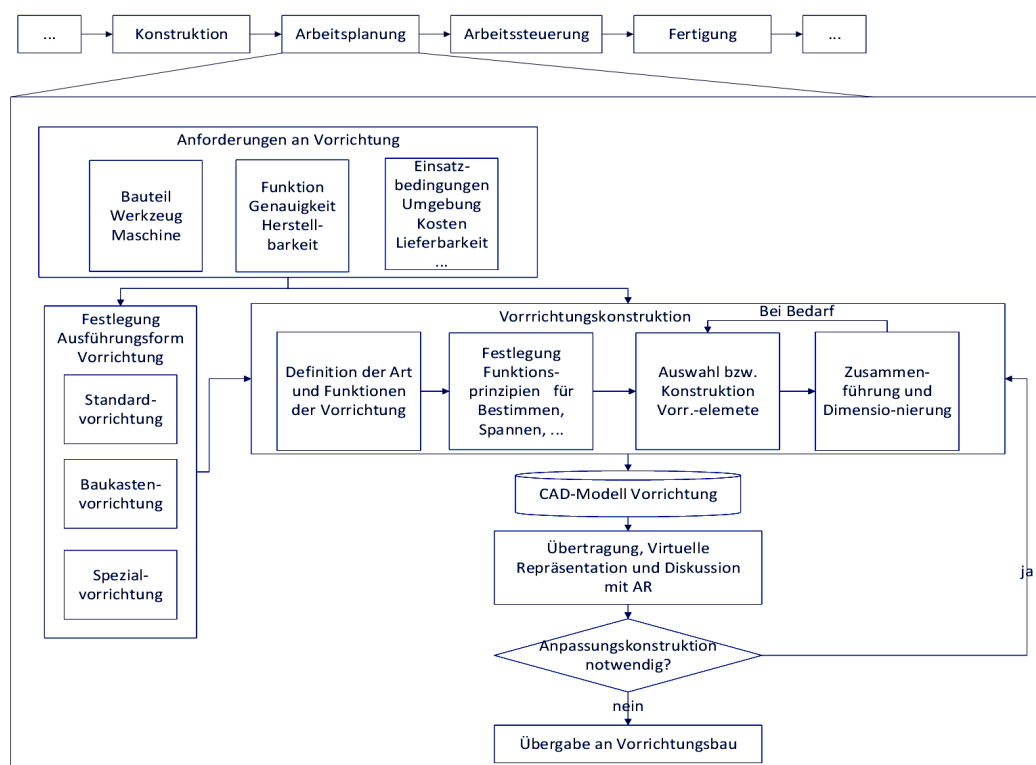


Abbildung 1: Systematik der Vorrichtungsplanung mit AR-Nutzung

Nun besteht die Chance, in 3D konstruierte Vorrichtungen mittels AR digital in der realen Maschine einzublenden. Dadurch soll eine Bewertung der Konstruktion hinsichtlich Baubarkeit, Spannbarkeit, Maschinenraum, Kollisionen u. ä. noch vor der realen Umsetzung ermöglicht werden. Auch Szenarien an alternativen Maschinen lassen sich testen. Dies spart aufwändige Anpassungen nach dem Bau und der Erprobung der Vorrichtung.

Im Beitrag werden ein eigens konzipiertes Nullpunktspannsystem und ein zugehöriger Werkstück-Typenvertreter für eine CNC-Fräsmaschine als Referenzbeispiel verwendet. Dieses Nullpunktspannsystem besteht grundlegend aus vier Baugruppen (Abbildung 2) und soll perspektivisch, eine größere Flexibilität bei der Fertigung von Werkstücken ermöglichen.

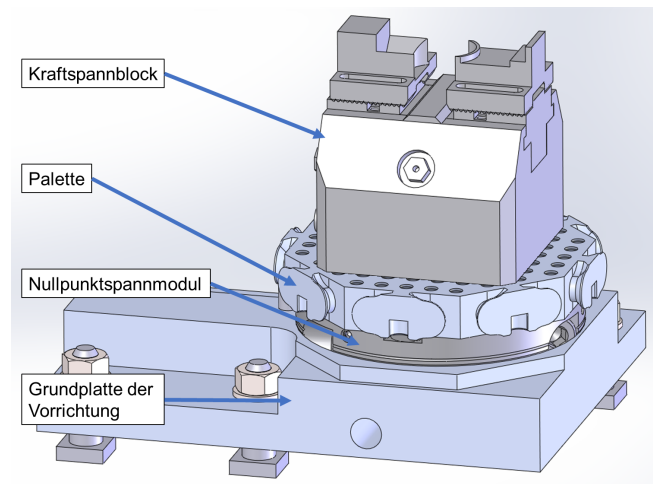


Abbildung 2: CAD-Modell der konzipierten Spannvorrichtung

3. Visualisierung mit AR

3.1 Vorgehensweise

Für die Darstellung in AR werden die Microsoft Hololens 2 sowie ein 3D-Viewer angewendet. Abbildung 3 stellt den grundlegenden Ablauf zur Überführung von CAD-Modellen in den 3D-Viewer und zur Darstellung mittels dieser AR-Brille dar.

Ein direkter Import des CAD-Modells (hier am Beispiel einer Vorrichtung mit Nullpunktspannsystem) in den 3D-Viewer ist nicht möglich. Daher wird das CAD-Modell in VRML2 (Virtual Reality Markup Language 2) exportiert und anschließend in die Software Blender importiert. Blender bietet als freie 3D-Grafiksuite die Möglichkeit, Austauschformate zu importieren und in ein für den 3D-Viewer nutzbares Dateiformat zu konvertieren. Im Beitrag wurde das Dateiformat *.glb (binäre Form des glTF (Graphics Language Transmission Format)) verwendet, da dieses auch Farben speichert (Microsoft 2019). In Blender wird zudem die Flächenanzahl der importierten Modelle angezeigt. Dies ist wichtig, da jedes einzelne Modell weniger als 10.000 Flächen besitzen darf, um im 3D-Viewer dargestellt werden zu können.

Im Falle des Nullpunktspannsystems musste die Baugruppe aufgrund der Menge der Flächen in vier Teilmodelle zerlegt werden. Anschließend wurden diese vier Baugruppen auf ihre Flächenzahl geprüft. Da mit dem in Blender verfügbaren Modifikator zur Flächenreduktion aufgrund zu grober Flächenreduktion kein nutzbares Ergebnis erreicht werden konnte, wurde die Modellqualität in SolidWorks reduziert und das Modell anschließend wieder in VRML2 exportiert. Dieser Ablauf wurde iterativ

solange durchgeführt, bis die Flächenzahl für alle vier Modelle weniger als 10.000 Flächen betrug.

Nach Export der vier Modelle in *.glb und Transfer zur Microsoft Hololens 2 konnten die Modelle gestartet werden.

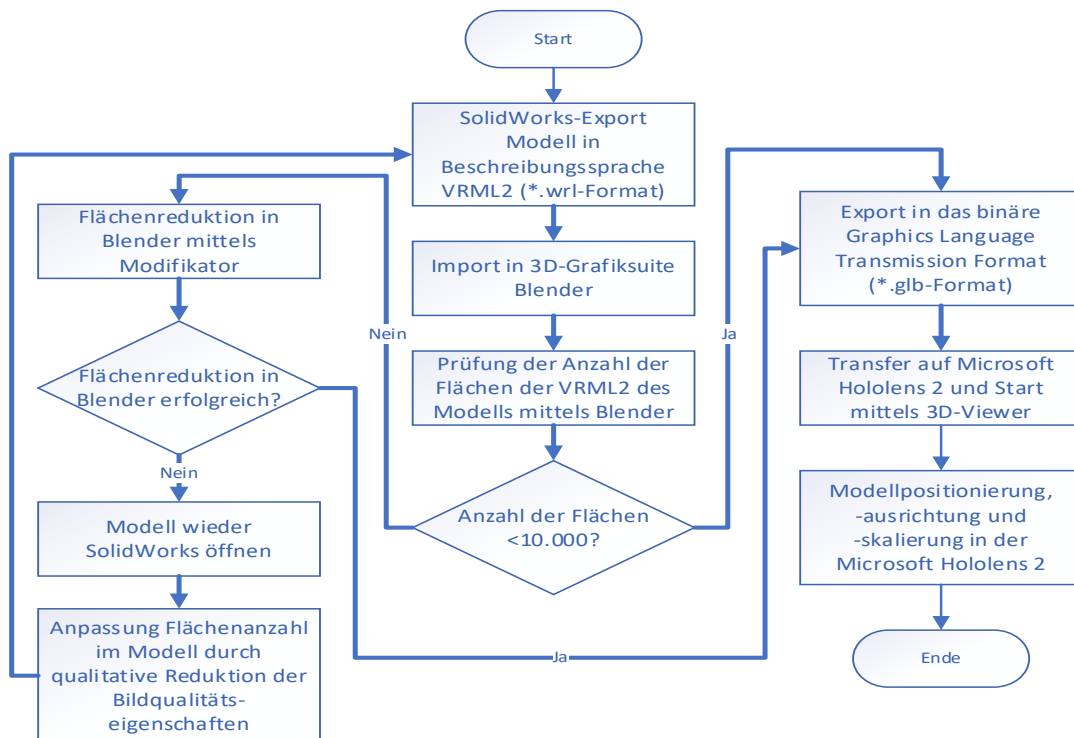


Abbildung 3: Vorgehen zur Darstellung von CAD-Objekten mit Microsoft Hololens 2 mittels 3D-Viewer.

3.2 Anwendung

Zur Darstellung der gesamten Vorrichtung mit Nullpunktspannsystem wurden die vier Teilmodelle mit der Microsoft Hololens 2 gestartet. Dabei fiel u.a. der Aspekt auf, dass die Skalierung der Modelle nicht mit den Abmessungen der realen Arbeitsumgebung übereinstimmte, was aus Nutzersicht angepasst werden muss. Die Modelle wurden durch Verwendung der verfügbaren Gestensteuerung der Hololens 2 virtuell zunächst positioniert und ausgerichtet. Da sich einzelne Teilmodelle aufgrund nicht vorhersehbarer Restriktionen des 3D-Viewers nicht auf die reale Größe skalieren ließen, wurde die Vorrichtung in einer für den 3D-Viewer möglichen Größe mittels Gestensteuerung skaliert. Die Teilmodelle wurden anschließend zueinander ausgerichtet und so die vollständige Spannvorrichtung und ein zu fertigendes Beispielwerkstück virtuell abgebildet (Abbildung 4).

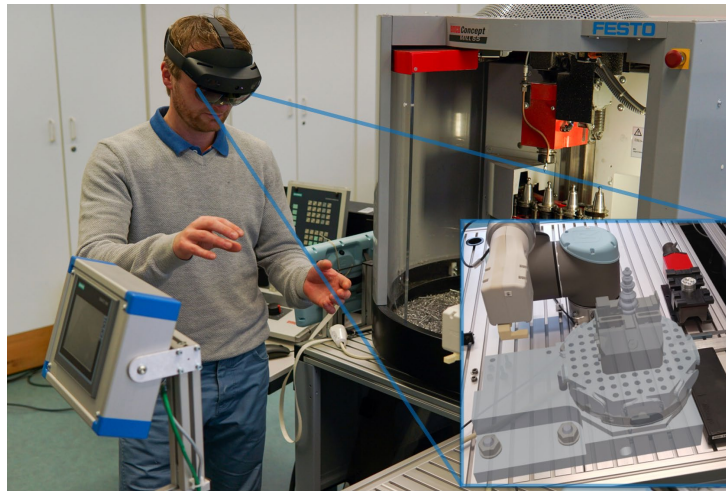


Abbildung 4: Anwendung der AR-Brille zur Darstellung und Einsatzbewertung von Vorrichtungen, rechts unten: Ansicht für den Nutzer mit holografischer Abbildung als Augmentierung

4. Erkenntnisse

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Nutzung der AR-Technologie zur Unterstützung der Vorrichtungsplanung technisch möglich ist. Die Visualisierung gelingt und kann als realitätsnah bezeichnet werden, jedoch zeigen sich schnell Grenzen und Hemmnisse beim Einsatz des 3D-Viewers mittels Microsoft Hololens 2. Der Viewer bietet die Möglichkeit Objekte auf Oberflächen zu platzieren, zu verschieben und zu drehen, jedoch ist eine maßstabgerechte Darstellung nur bedingt möglich. Der Viewer selbst besitzt keine Möglichkeit der Prüfung der Maßhaltigkeit, sodass die eingeblendeten Modelle mittels Gestensteuerung und Augenmaß auf eine adäquate Größe angepasst werden müssen.

Des Weiteren ist die Limitierung der Flächenzahl pro eingeblendetem Modell hinderlich. Baugruppen müssen für die Anzeige in mehrere Elemente unterteilt und bei Benutzung von Hololens und Viewer wieder zusammengefügt werden. Da zwischen den einzelnen Modellen im Viewer keine Referenzierungen möglich sind und sich diese beim Zusammenfügen durchdringen, ist ein exakter Zusammenbau der Gesamtbaugruppe kaum möglich.

Der 3D-Viewer ist technologisch in der Lage, reale Oberflächen zu erkennen, sodass Modelle darauf platziert werden können, jedoch ist er nicht fähig die Tiefe von realen und virtuellen Objekten miteinander abzugleichen, sodass reale Objekte, die sich zwischen Nutzendem und den virtuellen Modellen befinden, vom Hologramm des Modells überlagert werden.

Generell lässt sich ein Mehrwert für Planende, Programmierende und Einrichtende ableiten. Vor allem dann, wenn 3D-Modelle der zu nutzenden Maschinen nicht verfügbar sind oder den realen Stand der Maschine nicht mehr abbilden. Somit lassen sich im Prototypenbau zusätzliche Iterationen bis zur fertigen Vorrichtung einsparen. Der Aufwand ist jedoch mit den verwendeten Mitteln noch zu hoch.

5. Ausblick

Bisher wurden nur wenige Versuche im Labor durchgeführt. Die geschilderten Erkenntnisse beruhen somit auf eigenen Erfahrungen sowie Schilderungen der Kollegen. Um die User Experience abschließend zu bewerten sind Tests mit verschiedenen Personen sowie einer Auswertung mittels Fragebogen durchzuführen. Dabei sollten die

Grundsätze der Gestaltung des Benutzererlebnisses (Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Konformität mit Benutzer-erwartungen, Lernförderlichkeit, Steuerbarkeit, Fehlertoleranz und Individualisierbarkeit) betrachtet werden. (DIN EN ISO 9241-110 2020; DIN EN ISO 9241-210 2020)

Die in 3.2 und 4. genannten Restriktionen des 3D-Viewers führen dazu, dass perspektivisch andere Software zur Gestaltung von Augmented-Reality - Inhalten mit der Microsoft Hololens 2 als AR-Brille betrachtet werden muss. Hier bieten Game-Engines wie Unity und Unreal großes Potenzial. Aktuelle AR-Anwendungen mit größerem Interaktionsumfang als dem bloßen Betrachten und Positionieren beruhen häufig auf dieser Art Software.

Neben der im Beitrag dargestellten Anwendung dieser AR-Technologie durch Planer, Programmierer und Einrichter zur Unterstützung bei der Vorrichtungsplanung und -nutzung für Werkzeugmaschinen, ist auch die Unterstützung der Planung und Konstruktion von Roboter-Greifern denkbar.

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. (2020) DIN EN ISO 9241-210: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2019); Deutsche Fassung EN ISO 9241-210:2019. Berlin: Beuth Verlag.
- Ebner B (2018) Augmented Reality in der Kraftwerksinstandhaltung. Hochschule Mittweida: Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Diplomarbeit.
- Eversheim W (2002) Organisation in der Produktionstechnik 3 - Arbeitsvorbereitung. Berlin: Springer Vieweg, 74-76.
- Freyer B (2020) Simulation der Produktion. In: Orsolits H, Lackner M (Hrsg) Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion. Wiesbaden: Springer Gabler, 399-417.
- Frick T (2018) Pick-by-Vision – Funktionsweise, Vor- und Nachteile. Accessed Dec 9, 2021. <https://industriewegweiser.de/pick-by-vision/>.
- Goldhahn L, Eckardt R, Pietschmann C, Roch S (2020) Lernszenarien und Virtual Reality-basierte Bedienhandlungen zur Mitarbeiterqualifizierung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg) Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?. Dortmund: GfA Press, B1.1. pp. 1-6.
- Goldhahn L, Eckardt R, Müller-Eppendorfer K (2021) Standardisiertes Übungsszenario für HMD-basierte virtuelle Lernumgebungen. In: Ökologische Transformation in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft? Scientific Reports. 26. Interdisziplinäre Wissenschaftliche Konferenz Mittweida, Nr. 2, 105 – 108.
- Goetz A (2020) AR im industriellen Dialog – Ein Erfahrungsbericht. In: Orsolits H, Lackner M (Hrsg) Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion. Wiesbaden: Springer Gabler, 289-302.
- Hernandez F (2020) Usability in Augmented Reality. Accessed Dec 9, 2021. https://betrieb-machen.de/nachgelesen_usability-in-augmented-reality/.
- Klamma R (2020) History of Augmented Reality Accessed Dec 9, 2021. <https://codereality.net/ar-for-eu-book/chapter/introduction/historyar/>.
- Microsoft (2019) Richtlinien für 3D-Inhalte für Microsoft. Accessed Dec 9, 2021. <https://support.microsoft.com/de-de/office/richtlinien-f%C3%BCr-3d-inhalte-f%C3%BCr-microsoft-03a7b493-d549-4f1a-9735-f2457adf6261>.
- Müller A (2018) Experten-Roundtable: VR und AR im Maschinenbau. Accessed Dec 9, 2021. <https://www.autocad-magazin.de/experten-roundtable-vr-und-ar-im-maschinenbau/>.
- Peddie J (2017) Augmented Reality – Where We Will All Live. Cham: Springer, 39-33, 59-80.
- Schreiber S (2020) Die Akzeptanz von Augmented-Reality-Anwendungen im Handel. Wiesbaden: Springer Gabler.
- VDI-Fachbereich Produktentwicklung und Mechatronik (1982) VDI 2222 Blatt 2: Konstruktionsmethodik; Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen. Düsseldorf: Beuth.
- Wiendahl H, Denner T (2020) Arbeitsplanung. In: Bauernhansl T (Hrsg) Fabrikbetriebslehre 1 - Management in der Produktion. Berlin: Springer Vieweg, 166-191.



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