

Laborexperiment zum Vergleich digitaler Endgeräte als Assistenzsystemhardware für die Anwendung in der mobilen Instandhaltung

Eric MEWES¹, Stefan WAßMANN², Simon ADLER³, Sonja SCHMICKER^{1,2}

¹ *METOP GmbH, An-Institut der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Sandtorstraße 23, D-39106 Magdeburg*

² *Institut für Arbeitswissenschaft
Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg*

³ *Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Sandtorstraße 22, D-39106 Magdeburg*

Kurzfassung: Im Projekt ArdiAS wird ein digitales Assistenzsystem mit dem Ziel entwickelt, Tätigkeiten im mobilen Service zu unterstützen. Um eine nutzergerechte Verwendung der Systeme sicherzustellen, wurden ein Tablet, ein Smartphone und ein Smartphone in einer Armhalterung als Beispielgeräte hinsichtlich unterschiedlicher Interaktionsparameter verglichen. Aufgrund arbeitssicherheitsrelevanter Faktoren und des Ausschlusses von Störvariablen fiel die Entscheidung auf eine laborexperimentelle Untersuchung, welche Inspektionstätigkeiten im Kontext der Nutzung des Assistenzsystems abbildet. Der folgende Beitrag beschreibt diese und stellt ihre Ergebnisse vergleichend gegenüber.

Schlüsselwörter: mobiler Service, digitale Assistenzsysteme, Laboruntersuchung, Nutzerstudie, Instandhaltung

1. Hintergrund der Untersuchung

Tätigkeiten im mobilen Service stellen besondere Anforderungen an die ausführenden Arbeitspersonen. Hohe fachliche Expertise, wechselnde Arbeitsumgebungen sowie der Verzicht auf den Büroarbeitsplatz sind nur einige davon (Vogl & Nies 2013). Im BMBF-geförderten Projekt „Gesundes mobiles Arbeiten mit digitalisierten Assistenzsystemen im technischen Service“ (ArdiAS; FKZ: 02L15A031) wird das digitale Assistenzsystem „Pocket-Assist“ entwickelt, welches Mitarbeiter im technischen Service bei diesen Tätigkeiten unterstützen soll. Begleitet wird das Vorhaben von mittelständischen Unternehmen, die industrielle Dienstleistungen im Kontext des mobilen Service erbringen. Das Geschäftsfeld eines dieser Anwendungspartner umfasst unter anderem die Inspektion von Windenergieanlagen (WEA).

Die Inspektion von Windenergieanlagen wurde in Mewes et al. (2018) genauer beschrieben und wird deshalb nur kurz skizziert. Die Arbeitspersonen führen hier in einem festen Regelwerk verschiedene Prüfvorgänge an Maschinen, Anlagen und statischen Konstruktionen aus. Sämtliche Prüfschritte und die dabei ausgemachten Mängel werden in einem standardisierten Prüfprotokoll zusammengefasst und zusätzlich mit einer Digitalkamera dokumentiert. Aus arbeitsschutzrelevanten Aspekten werden diese Tätigkeiten in einem arbeitsteiligen Prozess in der Regel von zwei Personen durchgeführt.

Die Arbeitstätigkeit erfolgt unter speziellen Bedingungen, welche unterschiedliche Anforderungen an die Mitarbeiter stellen. So sind beispielsweise aufgrund hoher Absturzgefahr strenge Sicherheitsvorschriften zu beachten. Weiterhin erfolgt ein häufiger Wechsel des Arbeitsortes, was mit einer hohen Variabilität von Gefahrenstellen einhergeht. Auffällig ist auch die räumliche Enge aufgrund der baulichen Gegebenheiten. Da die Wartung einer Maschine im Vergleich zur eigentlichen Funktionsausführung sehr selten stattfindet, werden andere konstruktive Eigenschaften gegenüber der Wartbarkeit bevorzugt. Aus diesem Grund sind Servicearbeitsplätze nur selten ergonomisch optimiert. Im Maschinenhaus der WEA ist der eingeschränkte Bewegungsraum besonders auffällig. Weiterhin finden die Inspektionen an häufig in ländlichen Räumen statt, in denen aktuell nicht mit einer stabilen Internetverbindung geplant werden kann.

Um diese (und andere) Servicetätigkeiten zu unterstützen, wurde das digitale Assistenzsystem „Pocket-Assist“ entwickelt. Dieses ermöglicht verschiedensten mobilen Smart Devices den Zugriff über ein von einem Einplatinencomputer (Raspberry Pi) aufgebautem Wireless-LAN (Mewes et al. 2019a). Um eine nutzergerechte Verwendung des Systems sicherzustellen, wurden verschiedene Endgeräte und Interaktionsvarianten hinsichtlich Effizienz und Menschgerechtheit untersucht. Ausgewählt wurden hierzu ein Tablet (Samsung Galaxy Tab S4), ein Smartphone (Huawei P20 lite) und ein Smartphone (gleicher Typ) in einer Armhalterung. Das Entfernen des Smartphones aus der Halterung sowie das Ablegen der Systeme waren während der Versuche nicht gestattet.

2. Versuchsaufbau und Ablauf

Die Erprobungen der Assistenzsystemvarianten wurden aus arbeitssicherheitsrelevanten Faktoren und des Ausschlusses von Störvariablen unter Laborbedingungen durchgeführt. Der Aufbau des Versuchsfeldes basiert auf Mewes et al. (2019a) und wurde im Anschluss an Mewes et al. (2019b) leicht adaptiert. Für den Vergleich der Interaktionsvarianten wurden hierbei zusätzliche Zwangspositionen provoziert. Dazu wurden verschiedene Stationen in ihrer Position adaptiert, das Versuchsfeld zusätzlich verengt und die Station „Elektroleitung“ hinzugefügt, in der in Überkopfarbeit die Formschlüssigkeit einer elektronischen Verbindung überprüft werden sollte. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus und eine Fotografie der Station „Elektroleitung“.

Vor der Durchführung der Versuche wurden die Probanden zunächst über deren Hintergrund und Zielstellung aufgeklärt. Im Anschluss erfolgte eine kurze Einweisung in die einzelnen Arbeitsstationen. Alle hierbei gegebenen Informationen waren während des Versuchs auch im Assistenzsystem nachzulesen. Anschließend wurden die Probanden mit einem mobilen 3-Kanal-EKG-Gerät und mit einem Motion-Capturing-Anzug (Xsens – MVN-Analyse) ausgestattet. Zusätzlich wurde den Probanden ein Klettergeschirr angelegt, das im Rahmen der Servicetätigkeit getragen werden muss. Abbildung 1 zeigt die Ausrüstung der Probanden vor der Versuchsdurchführung. Nach der Kalibrierung des Motion Capturing Systems und der zur Ermittlung der Herzfrequenzvariabilität nötigen Ruhephase von fünf Minuten begannen die Probanden mit der Bearbeitung ihrer Aufgaben im Versuchsfeld.

In der Studie wurden drei Durchgänge pro Versuchsperson mit jeweils einer der Hardwarevarianten durchgeführt. Die Fehlerzustände im Versuchsfeld wurden dabei analog zu Mewes et al. (2019a) variiert. Zusätzlich wurde die Reihenfolge der genutzten Endgeräte randomisiert.

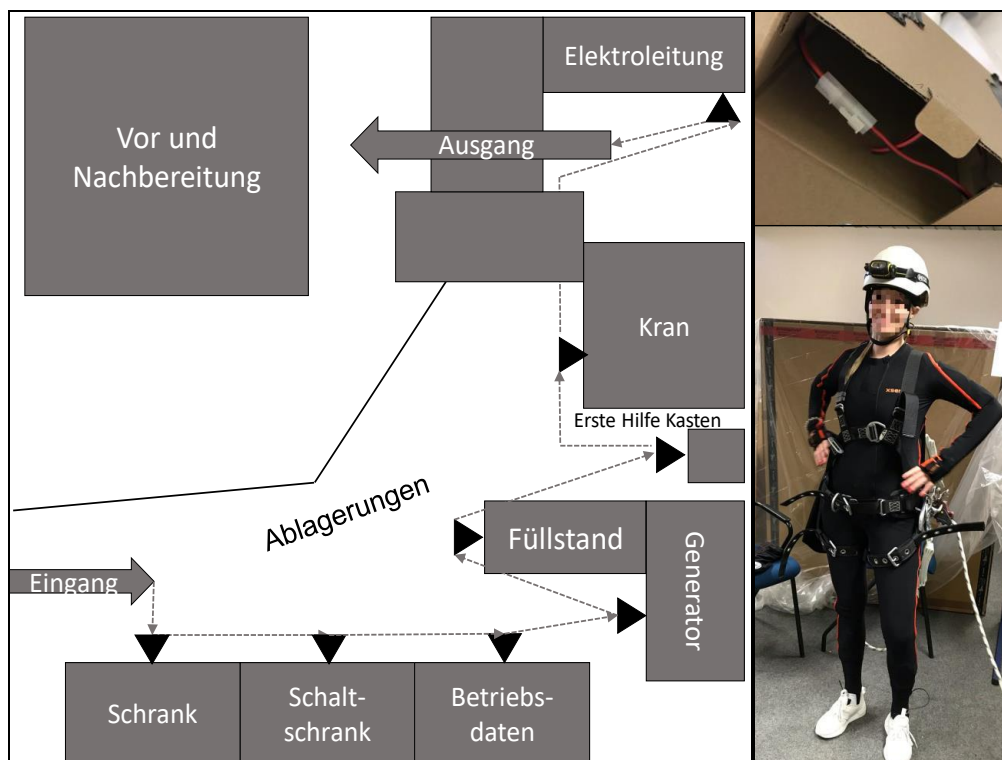


Abbildung 1: Versuchsaufbau (links); Station Elektroleitung (rechts oben); Ausstattung der Probanden (rechts unten)

3. Ergebnisse des Laborversuchs

Die 18 Probanden waren zwischen 19 und 28 Jahre alt (Durchschnitt: 23 Jahre). Obwohl die Geschlechteranteile gleichverteilt waren, bewegten sich die Körpergrößen nicht im Standardbereich für Männer und Frauen (deutlich höherer Bereich von 166 bis 198 cm mit einer Durchschnittsgröße von 180,3 cm). Damit konnten zwar das 95. Perzentil männlich, jedoch nicht das 5. Perzentil weiblich nach Neuhauser et al. (2013) abgebildet werden.

Am Ende aller Versuchsdurchläufe wurden die Probanden gebeten, ihre favorisierte digitale Assistenz bei der Durchführung des Versuchs auszuwählen. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der präferierten Varianten zur Abarbeitung der Prüfaufgaben.

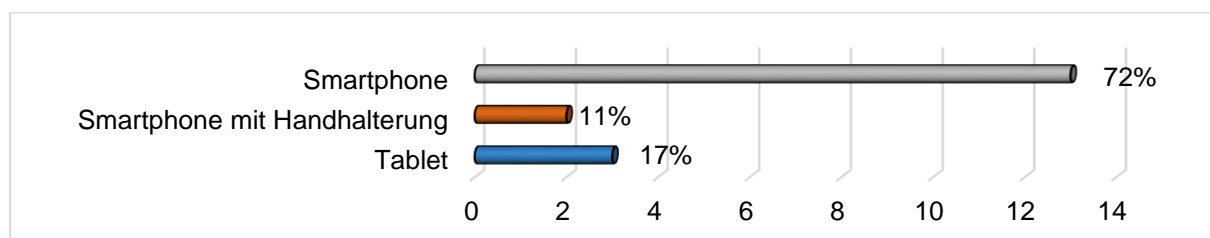


Abbildung 2: relative und absolute Häufigkeiten der präferierten Interaktionsvariante der Probanden

Nach Abschluss jedes Einzeldurchlaufs wurden die Probanden in einem Kurzinterview nach Kritikpunkten an der jeweiligen digitalen Assistenz befragt. Im Nachgang wurden diese in fünf Kategorien unterteilt:

- **Button-Anordnung:** Probanden kritisierten die Anordnung von bestimmten Eingabeelementen. Darunter fielen das Kameraauslösefeld und die unterschiedliche Art des Zahlenlayouts zwischen Smartphone und Tablet.
- **Größe/Gewicht/Handhabung:** Probanden kritisierten die Unhandlichkeit des Geräts, insbesondere aufgrund des zu hohen Gewichts und der Größe.
- **Stabilität:** Probanden kritisierten die fehlende Möglichkeit das Gerät stabil in der Hand oder der zur Verfügung gestellten Halterung zu führen. Bei der Verwendung des Smartphones mit Armhalterung wurde insbesondere die Notwendigkeit der einhändigen Bedienung kritisiert.
- **Räumliche Zugänglichkeit:** Probanden kritisierten die Handhabung des Geräts an engen oder schwer zugänglichen Stellen, insbesondere beim Fotografieren.
- **Fotoqualität:** Probanden kritisierten die Qualität der auf dem Gerät dargestellten Fotografien beziehungsweise des Kamerafokus.

Das in Abbildung 3 dargestellte Balkendiagramm zeigt die absoluten Häufigkeiten der genannten Kritikpunkte pro Gerät.

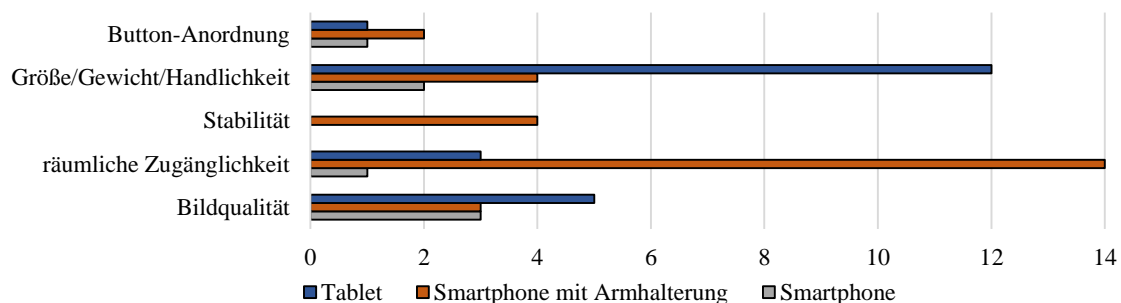


Abbildung 3: Verteilung der geäußerten Kritikpunkte auf die verschiedenen Interaktionsvarianten

Als am häufigsten genannte Kritikpunkte stellten sich die „räumliche Zugänglichkeit“ (besonders Smartphone in Armhalterung) und „Größe/Handlichkeit sowie das Gewicht“ (besonders Tablet) heraus. Auch die „Fotoqualität“ wurde häufig negativ bewertet, trat allerdings bei allen Geräten in ähnlicher Häufigkeit auf. Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich die Komprimierung der Bilddateien für die Arbeit im Raspberry Pi.

Die Einschätzung der Probanden zur Arbeitsbeanspruchung wurde über NASA-TLX nach jedem Durchgang erfasst. Abbildung 4 zeigt die Ausprägung der ermittelten Belastungen inklusive der ermittelten Standardabweichung. Insgesamt fallen die Mittelwerte aller Beanspruchungsparameter sehr gering aus. Die Standardabweichung zeigt jedoch, dass einzelne Probanden ein deutlich unterschiedliches Beanspruchungsempfinden im Versuch aufwiesen. Im Vergleich weist keiner der erhobenen Parameter einen signifikanten Unterschied zu den anderen auf.

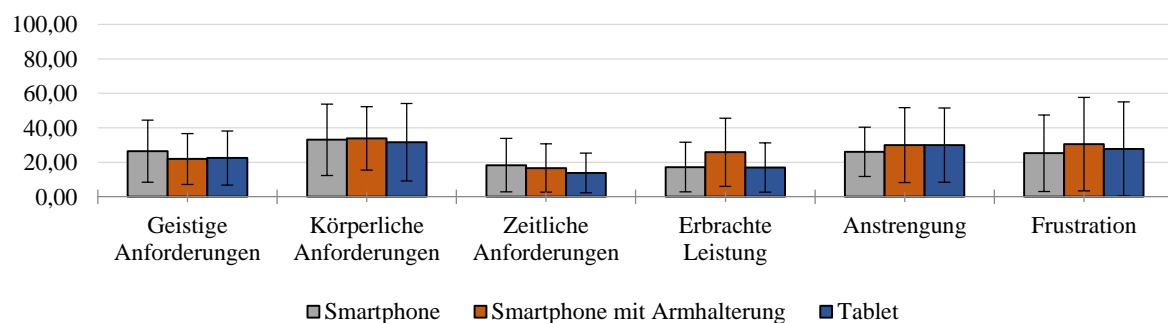


Abbildung 4: Darstellung Ausprägung der Belastungsausprägung nach NASA-TLX-Fragebogen

Innerhalb der Endgerätetests wurde für jeden der Rundgänge die Durchführungszeit vom Eintreten in das Versuchsfeld bis zum Verlassen erfasst. In Abbildung 5 sind die Durchschnittszeiten der Probanden für die Versuchsdurchgänge pro Gerät dargestellt. Mit durchschnittlich 6:29 Minuten pro Durchgang ist das Smartphone die effizienteste Interaktionsvariante. Das Tablet ordnet sich mit 6:39 Minuten pro Durchgang im Mittelfeld der Untersuchung ein, das Smartphone mit Armhalterung erwies sich mit durchschnittlich 7:17 Minuten als zeitintensivste Variante.

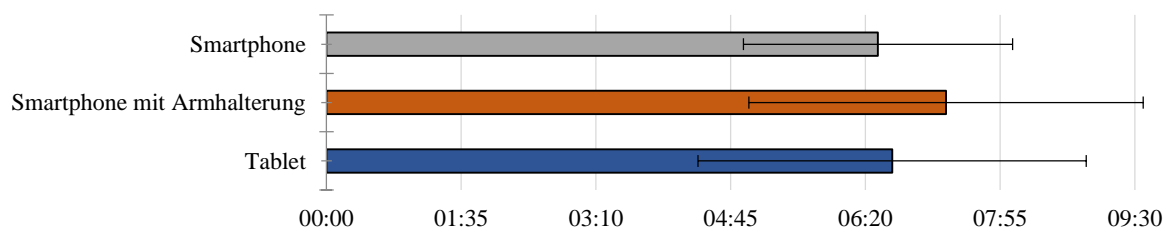


Abbildung 5: durchschnittliche Bearbeitungszeiten und die Standardabweichungen der Geräte pro Durchlauf im Laborversuch

Während der Untersuchung traten verschiedene Fehler auf, deren Anzahl je Assistenz in Abbildung 6 dargestellt sind. Diese lassen sich grob in Fehler hinsichtlich der Feststellung des Zustands der Versuchsstationen und in Fehler hinsichtlich der Bedienung der Applikation aufteilen. Während sich die Fehler hinsichtlich des Umgangs mit der Software auf alle Assistenzvarianten annähernd gleich aufteilen (Tablet:17, Smartphone:16, Smartphone mit Halterung: 16) traten Fehler hinsichtlich der Feststellung des Zustands bei Tablets etwas häufiger auf als bei den anderen beiden Assistenzsystemvarianten.

(Tablet:18, Smartphone:13, Smartphone mit Armhalterung: 13). Die Ursache für diese Fehlerverteilung ist nicht eindeutig. Allerdings ist eine unterschiedliche Kompatibilität der Endgeräte und der Software des Assistenzsystems denkbar.

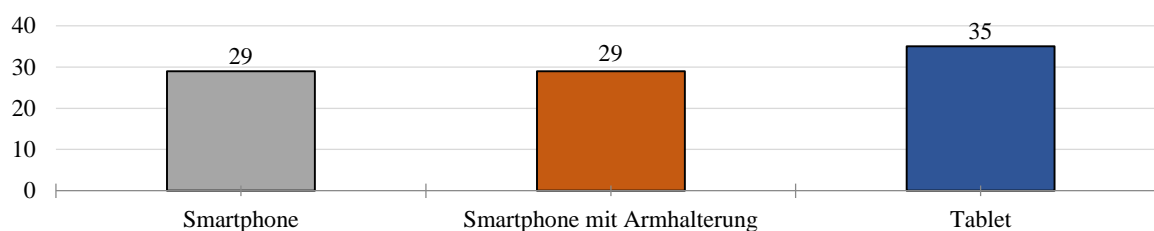


Abbildung 6: Anzahl aller aufgetretenen Fehler im Versuch nach Assistenz

4. Zusammenfassung

Im Vergleich der verschiedenen Endgeräte unter Laborbedingungen erwies sich das Smartphone als beste Digitale Assistenz vor dem Tablet und dem Smartphone in der Armhalterung. Besonders im Vergleich zwischen Smartphone und Tablet ist jedoch anzumerken, dass die größten Unterschiede hier hauptsächlich in subjektiven Kriterien wie individuellen Kritikpunkten und Vorzugsvarianten auftraten. Eine verallgemeinerbare Aussage für gleichartige Aufgaben ist anhand dieser Ergebnisse nicht möglich. Einzig das Smartphone in der Armhalterung erwies sich als unvorteilhaft für

die modellierten Inspektionsaufgaben. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass das Gerät über die Dauer des Versuchs nicht aus der Halterung entfernt werden durfte.

Zusätzlich zu den vorgestellten Untersuchungen wurden verschiedene Vitalparameter mit einem EKG und Bewegungsdaten mit einem Motion-Capturing-Anzug erfasst. Die EKG-Daten wiesen eine ungewöhnliche Häufung an Artefakten auf, weswegen sie sich für eine Auswertung nicht eigneten. Vermutet wird eine Beeinflussung der Dioden durch den sehr engen Motion-Capturing-Anzug in verschiedenen Zwangspositionen. Eine Eignung der Kombination der beiden Messinstrumente sollte in Zukunft vor der Anwendung überprüft werden. Die Ergebnisse der Körperhaltungsanalyse mit Motion Capturing werden nach Auswertung der Untersuchungsdaten an anderer Stelle veröffentlicht.

5. Literatur

- Mewes, E., Schmicker, S., Waßmann, S., Mecke, R. & Böckelmann, I. (2018). Entwicklung und Durchführung einer Anforderungsanalyse zur Identifikation von nutzergunterstützenden Anwendungspotenzialen digitaler Assistenzsysteme in mobilen Servicetätigkeiten. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.) ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(f)T: Grundlage für Management und Kompetenzentwicklung. Dortmund
- Mewes, Eric; Waßmann, Stefan; Adler, Simon; Minow, Annemarie; Schmicker, Sonja (2019a). Entwicklung eines Laboraufbaus zur Erprobung eines digitalen Assistenzsystems für den Einsatz in der mobilen Instandhaltung. Arbeit interdisziplinär - Dokumentation des 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses Arbeitssysteme. Dortmund
- Mewes, Eric; Waßmann, Stefan; Minow, Annemarie; Adler, Simon; Schmicker, Sonja (2019b). Laborversuch zur Validierung der Nutzerfreundlichkeit eines digitalen Assistenzsystems für den Einsatz in der mobilen Instandhaltung 14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 S. 320-329 <https://opendata.uni-halle.de/handle/1981185920/13829>
- Neuhauser, H., Schienkiewitz, A., Schaffrath Rosario, A., Dortschy, R., & Bärbel-Maria, K. (2013). Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS). Berlin: Robert Koch-Institut.
- Vogl G, Nieß G, (2013). Mobile Arbeit - Betriebs und Dienstvereinbarungen – Analyse und Handlungsempfehlungen Bund-Verlag GmbH, Frankfurt am Main für Management & Kompetenzentwicklung

Danksagung: Besonderer Dank gilt Frau Carolin Voigt, Frau Theresa Schiburges, Herrn Christian Peil und Herrn Lutz Berkemeier für die Unterstützung bei der Konzeption und Umsetzung der Studie. Weiterer Dank gilt Frau Annemarie Minow, Frau Anette Bergmüller, Prof. Irina Böckelmann und Prof. Rüdiger Mecke für Ihre konzeptionelle Unterstützung. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.





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