

Mobile digitale Assistenzsysteme in der Weberei – Anforderungen an die kognitiv ergonomische Gestaltung

Katharina EBERT¹, Maik BODE¹, Tina HAASE², Alinde KELLER²

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, Otto-von-Guericke Universität
Universitätsplatz 1, D-39106 Magdeburg*

² *Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
Sandtorstraße 22, D-39106 Magdeburg*

Kurzfassung: WeberInnen benötigen jederzeit Überblick über alle Maschinen und deren Zustände, um ihren Arbeitsablauf effizient zu planen. Zur Unterstützung wird ein mobiles digitales Assistenzsystem entwickelt. Die Gestaltung des Prototyps orientiert sich an den kognitiv ergonomischen Kriterien der DIN 2941 125. Mittels einer Open Source Anwendung (*Grafana*) wird ein Interface erstellt. Der vorliegende Beitrag beschreibt den Einsatz dieser Software für die Entwicklung von Benutzungsoberflächen eines mobilen digitalen Assistenzsystems. In einem nächsten Schritt wird die Gebrauchstauglichkeit des Prototyps in Feldexperimenten evaluiert.

Schlüsselwörter: mobiles digitales Assistenzsystem, kognitive Ergonomie, Prototyp, Datenvisualisierung, Weberei

1. Einleitung

WeberInnen kontrollieren zeitgleich 12 - 15 Maschinen und legen täglich Wege von ca. 13 km zurück. Treten an mehreren Maschinen parallel Störungen auf, stehen diese bis zur Fehlerbehebung still. Fehlende Informationen verhindern dabei oft eine optimal priorisierte Störungsbehebung. Um effiziente Arbeitsweisen zu fördern und Stillstandzeiten zu reduzieren, ist ein Live-Überblick über alle relevanten Daten nötig (z. B. Störungsart, betroffene Maschine). Aufgrund räumlicher Bedingungen ist dieser in den Websälen oft nicht gegeben.

Hier soll ein digitales Assistenzsystem (dAS) in mobiler Form die genannten Informationen präsentieren und somit die WeberInnen direkt im Arbeitsprozess unterstützen. Die Interaktion mit einem dAS geht mit kognitiven Belastungen einher. Für eine beanspruchungsoptimierte Gestaltung stehen bereits im Planungs- und Gestaltungsprozess kognitiv ergonomische Prinzipien im Fokus. Die so gewährleistete prospektive Ergonomie (vgl. Schlick et al. 2018) kann zudem die Anlernzeit in das neue System verkürzen.

Ein Ziel des Verbundvorhaben VirtualTextileLearning ist es, ein solches dAS für eine Weberei zu gestalten. Das Vorgehen dabei ist partizipativ und folgt grundsätzlich einem organisationspädagogischen Ansatz (vgl. Keller et al. 2021; Weber et al. 2013). Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass während des gesamten Prozesses die Interessen der verschiedenen Stakeholder fortlaufend *auf Augenhöhe* ausgehandelt werden. Strategische Unternehmensziele, Bedarfe der WeberInnen und Forschungsziele werden so in Einklang gebracht. Methodisch und inhaltlich baut das Vorgehen auf der Arbeit von Haase et al. (2021) auf. Die Entwicklung und Evaluation des dAS erfolgt in Zusammenarbeit mit der Getzner Textil Weberei GmbH (Anwendungspartner im Verbundvorhaben).

2. Theoretischer Hintergrund

Bei der Entwicklung des dAS steht eine kognitiv ergonomische Gestaltung im Fokus. Kognitive Ergonomie beschreibt die mentalen Prozesse und deren Interaktion mit anderen Systemelementen am Arbeitsplatz (Christy & Duraisamy 2020). Ihre Ziele bei der Bearbeitung von Aufgaben sind: reduzierte Lernzeiten und Fehlerraten sowie maximierte Zufriedenheit mit der Nutzung des Systems (Canas 2008). Aufbauend auf den Kriterien eines gebrauchstauglichen dAS (DIN 2017b), leiten sich komplexe Heuristiken ab (vgl. Myka et al. 2019 für eine Übersicht). Da sich bisherige Studien zu dAS v. a. auf die Einflussfaktoren von Touchscreens (Displaygröße, Gestensteuerung) beschränken, fehlen einheitliche Richtlinien zur Interfacegestaltung (Punchoojit & Hongwarittorn 2017).

Aus dieser Forschungslücke ergibt sich die Leitfrage: Wie sind Prinzipien der kognitiven Ergonomie für das zu entwickelnde dAS – unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in der Weberei – umzusetzen? Die Entwicklung des dAS orientiert sich daher an den anwendungsunabhängigen ergonomischen Kriterien der DIN-Normen 9241 125 sowie Erkenntnissen von Holz et al. (2021), Liang (2018) und Kerr et al. (2011). Die formative Evaluation der Gestaltungslösung basiert auf den Heuristiken nach Nielsen und Molich (1990).

3. Erstellung eines Prototyps

Die Assistenzbedarfe der WeberInnen als Zielgruppe des dAS wurden in partizipativen Workshops sowie einer Arbeitsplatzbegehung erhoben und in Haase et al. (2021) beschrieben. Im nächsten Schritt wird eine Gestaltlösung zur Erfüllung der Nutzungsanforderungen erarbeitet (DIN 2011). Diese umfasst sowohl die Auswahl geeigneter Endgeräte als auch die Gestaltung zugehöriger Benutzungsoberflächen.

3.1 Hardwareauswahl

Für die Hardwareauswahl werden die Bedarfe der Zielgruppe, Arbeitsbedingungen, technische sowie arbeitswissenschaftliche Anforderungen kombiniert berücksichtigt. Der Aushandlungsprozess ergibt, dass folgende Assistenzinhalte angezeigt werden sollen:

Live-Überblick über Maschinen sowie anstehende Fehlermeldungen. Zur Darstellung direkt im Arbeitsprozess eignen sich eigenhändig bedienbare Devices (z. B. Smartwatch und Datenbrille). Auf den kleinen Displays kann nur eine begrenzte Anzahl an Informationen präsentiert werden.

Maschinendaten einsehen und Schichtbuch führen. Hier eignen sich Smartphones und Tablets, wobei Letztere durch Größe und Gewicht den Bewegungsraum der Zielgruppe einschränken. Somit sind diese nicht geeignet, dauerhaft am Körper getragen zu werden.

Keines der Endgeräte erfüllt die geforderten Kriterien. Daher erscheint eine Kombination von mindestens zwei Geräten sinnvoll. Um die Eignung mit dem Projektpartner zu evaluieren, werden Interfaces für alle Devices erstellt.

3.2 Gestaltung der Benutzungsoberflächen

Erste Prototypen werden mit der Open-Source-Software *Grafana* ausgearbeitet. Sie ist für sämtliche Betriebssysteme und mobile Webbrowser geeignet (Cattani et al. 2017). Somit wird eine zeitintensive Programmierung plattformabhängiger Apps umgangen. Daten werden in Dashboards mit interaktiven *Panels* integriert und visualisiert. Durch die Verknüpfung einzelner Dashboards wird ein klickbarer Prototyp des dAS erstellt. Dass *Grafana* für die Erstellung kognitiv ergonomischer Interfaces geeignet ist, wurde bereits gezeigt (vgl. Avolio et al. 2017; Barsocchi et al. 2019; Cattani et al. 2017). Allerdings beschränken sich vorhandene Untersuchungen auf stationäre Anwendungen (Desktop-Monitor). Aus diesem Grund untersucht der vorliegende Beitrag, wie ein Prototyp eines mobilen dAS anhand kognitiv ergonomischer Gestaltungskriterien in *Grafana* erstellt werden kann.

Im Folgenden wird die regelgeleitete Gestaltung der Prototypen am Beispiel der Ansicht der aktuellen Maschinendaten auf einem iPad Pro 12,9" vorgestellt (Abb. 1). Der DIN 9241 125 (DIN 2017a) zufolge sollen Informationen erkennbar, ablenkungsfrei, unterscheidbar, interpretierbar, prägnant sowie konsistent dargestellt werden. Der Entwicklungsprozess wurde parallel durch Usability-Experten des Lehrstuhls für Arbeitswissenschaft und Arbeitsgestaltung der Universität Magdeburg und des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung formativ evaluiert. Genutzt wurden die Heuristiken nach Nielsen und Molich (1990).

In Anlehnung an die mögliche Anordnung der Dialogbereiche erfolgt die Navigation zwischen den Menüpunkten mittels drei grauer *Panels* am oberen Rand (DIN 2017a). Darunter wird die aktuelle Ansicht angezeigt. Die Maschinendaten werden im mittleren Ein- und Ausgabebereich präsentiert (siehe Abb. 1). Diese Aufteilung ist ansichts- sowie hardwareübergreifend. *Panels* funktionsgleicher Daten werden ähnlich dargestellt und nebeneinander angeordnet. Zur Unterscheidung von Informationsgruppen werden die *Panels* ausklappbaren *Rows* zugeordnet. Das *Dashboard* ist insgesamt symmetrisch aufgebaut, wie in Liang (2018) empfohlen. Alle gezeigten Informationen sind für die Nutzergruppe der WeberInnen im aktuellen Arbeitsprozess relevant. Zusätzliche Daten werden für eine ablenkungsfreie Darstellung per Default ausgeblendet.

Einzelne Daten wie Prozessstatus, Effizienzgrad, erforderliche Aktionen und Farblegende werden als Zahlen bzw. Text präsentiert. Graphisch vermittelte Informationen werden gegenüber textbasierten besser verstanden und bevorzugt (Holz et al. 2021; Kim et al. 2019). Daher werden Daten an geeigneter Stelle visualisiert und redundant mit Text ergänzt. Eine redundante Darstellung von (farblichen) Visualisierungen ist bei der Interpretation von Informationen hilfreich, v. a. bei Farbsehschwäche (DIN 2017a). Alle Bezeichnungen entsprechen den im Unternehmen geläufigen Ausdrucksweisen und sind somit eindeutig von den Nutzenden interpretierbar. Restlängen (aktuell gewebtes Stück, Auftrag, Kette) und die Anzahl der Fehlermeldungen in der aktuellen Schicht werden mit einem Fortschrittsbalken visualisiert.

Prozesszustand, vorhandene Fehlermeldungen und erforderliche Aktionen werden farblich hervorgehoben: Rot, Gelb und Grün signalisieren die Maschinenzustände und orientieren sich an kulturellen Konventionen. Erforderliche Aktionen sind blau akzentuiert. Eine Farblegende erklärt die Bedeutung der Farben. *Panels*, die keine direkt für den Arbeitsprozess relevanten Informationen oder Aufforderungen (z. B. Effizienzgrad) anzeigen, sind ausgegraut. Maschinendrehzahl und Anzahl der Fehlermeldungen sind in einem dezenten Türkis gehalten. Somit wird gegenüber den

Effizienzgraden und den Restlängen differenziert, ohne einen bestimmten Aufforderungscharakter zu erzeugen. Für eine bessere Hervorhebung wurde einheitlich der Dunkelform gewählt (Kerr 2011). Die Anzahl der genutzten Farbtöne übersteigt somit nicht den Grenzwert von sechs Farben plus Schwarz und Weiß (DIN 2017a).

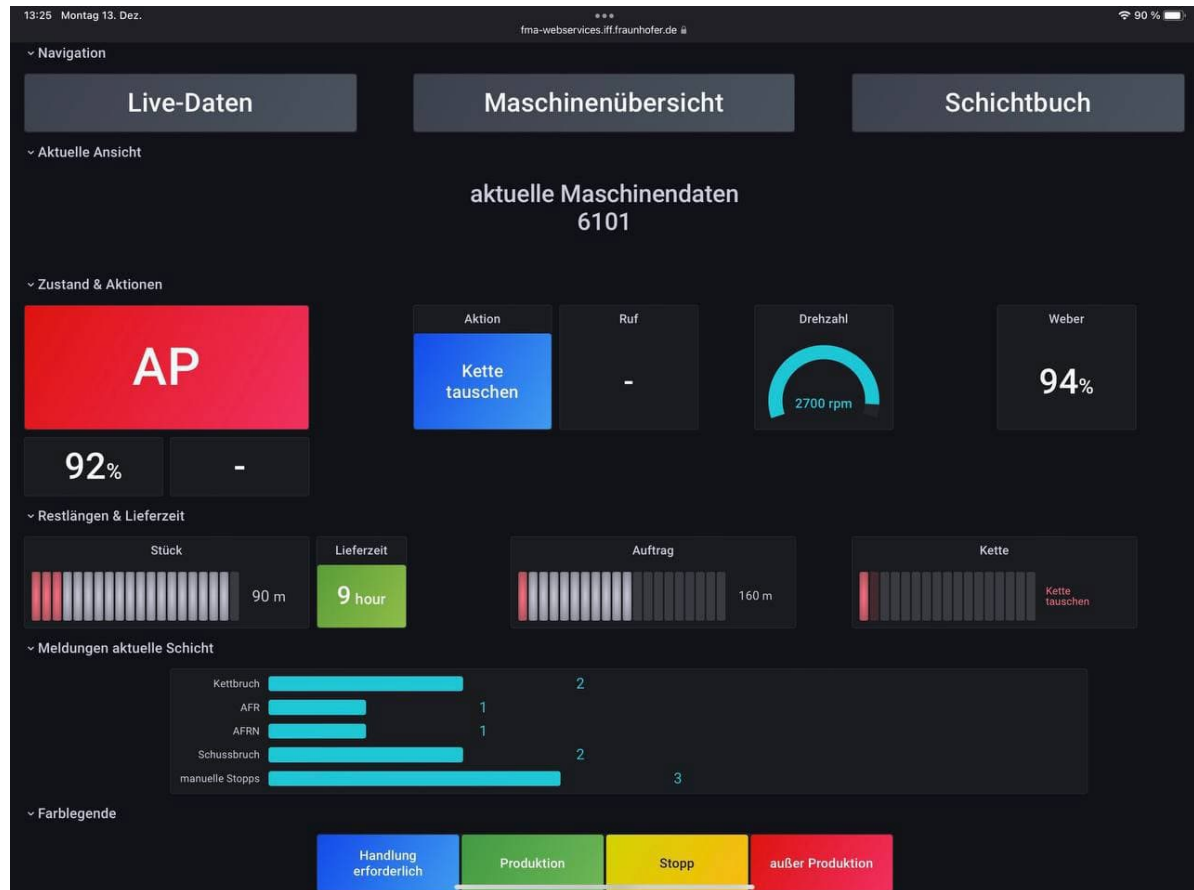


Abbildung 1: Grafana-Ansicht auf dem iPad Pro. Der obere Bereich dient der Navigation zwischen den Menüpunkten über graufarbige Panels und der Anzeige der aktuellen Ansicht. Prozessstatus, erforderliche Aktionen und die Farblegende werden als Text und Effizienzgrade als Zahl abgebildet. Erwartungskonforme Darstellung der Maschinendrehzahl. Restlängen: Fällt diese unter einen definierten Schwellenwert, werden die Ziffern durch eine Handlungsaufforderung ersetzt. Diese erscheint zusätzlich im Panel „Aktion“.

4. Ausblick, Herausforderungen und Potentiale

Der vorliegende Beitrag zeigt, dass ein Prototyp eines mobilen dAS in *Grafana* anhand kognitiv ergonomischer Gestaltungskriterien entwickelt werden kann. Ein Erkenntnisgewinn ist gegeben, da Studien bisher nur stationäre *Grafana*-basierte Visualisierungen evaluiert haben.

Mobile Apps für *Grafana* sind aktuell nur für Android erhältlich. Da der Projektpartner einheitlich iOS als Betriebssystem nutzt, stehen diese Apps nicht im Fokus der Untersuchung. Die Kompatibilität der Gestaltungslösung mit dem im Unternehmen vorhandenen IT-System stellt eines der Hauptauswahlkriterien von Hard- und Software dar. Nutzende müssen gegebenenfalls Abstriche in der Gebrauchstauglichkeit der dAS akzeptieren (Mewes et al. 2020).

Durch die webbasierte Software können Funktionen an neue Bedarfe dynamisch angepasst und erweitert werden. Die Entwicklung eines Prototyps sowie eines finalen Interfaces mit *Grafana* kann eine kostengünstige Alternative zur App-Entwicklung bieten und damit die Digitalisierung voranbringen.

Die Implementierung eines dAS in den Arbeitsprozess kann von den Nutzenden entweder als Erweiterung oder Beschränkung ihrer Handlungsspielräume angesehen werden. Eine partizipative Gestaltung mit den Nutzenden ist daher für eine gesteigerte Akzeptanz zwingend erforderlich (Mewes 2021). Im nächsten Schritt werden die Prototypen gemäß dem organisationspädagogischen Ansatz in einem Workshop vorgestellt und experimentell evaluiert.

5. Literatur

- Avolio G, D'Ascanio M, Lehmann-Miotto G, Soloviev I (2017) A web-based solution to visualize operational monitoring data in the Trigger and Data Acquisition system of the ATLAS experiment at the LHC. *Journal of Physics: Conference Series*, 898, 032010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/898/3/032010>.
- Barsocchi P, Ferro E, La Rosa D, Mahroo A, Spoladore D (2019) E-Cabin: A Software Architecture for Passenger Comfort and Cruise Ship Management. *Sensors*, 19(22), 4978. <https://doi.org/10.3390/s19224978>.
- Canas J J (2008) Cognitive Ergonomics in Interface Development Evaluation. *Journal of Universal Computer Science*, 14(16), 2630–2649.
- Cattani M, Boano C A, Steffebauer D, Kaltenbacher S, Günther M, Römer K, Fuchs-Hanusch D, Horn M (2017) *Adige: an efficient smart water network based on long-range wireless technology*. Proceedings from CySWATER ,17, New York, NY, USA.
- Christy V, Duraisamy S (2020) Ergonomics and Employee psychological well beings. *International Journal of Management*, 11(3), 435–438.
- DIN (2011) *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (DIN EN ISO 9241-210)*.
- DIN (2017a) *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 125: Anleitung zur visuellen Informationsdarstellung (DIN EN ISO 9241-125)*.
- DIN (2017b) *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion-Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (DIN EN ISO 9241-11)*.
- Haase T, Keller A, Gerhardt M, Ruder T (2021) Digitale Assistenzsysteme in der Weberei – Wie individuelles Erfahrungswissen zum Unterstützer im Prozess der Arbeit wird. In GfA (Hrsg.), *Frühjahrskongress 2021, Bochum* (B.5.11). GfA.
- Holz A, Herold R, Friemert D, Hartmann U, Harth V, Terschüren C (2021) Datenbrillen am Arbeitsplatz. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 71(1), 24–28. <https://doi.org/10.1007/s40664-020-00394-7>.
- Kerr S J, Rice M D, Teo Y, Wan M, Cheong Y L, Ng J, Ng-Thamrin L, Thura-Myo T, Wren D (2011) *Wearable mobile augmented reality*. Proceedings from Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry - VRCAI ,11, New York, New York, USA.
- Keller A, Weber S M, Rentzsch M, Haase T (2021) Lern- und Assistenzsysteme partizipativ integrieren. Entwicklung einer Systematik zur Prozessgestaltung auf Basis organisationspädagogischer Ansätze. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 79(4), 455-469. <https://doi.org/10.1007/s41449-021-00279-2>.
- Kim S, Nussbaum M A, Gabbard J L (2019) Influences of augmented reality head-worn display type and user interface design on performance and usability in simulated warehouse order picking. *Appl Ergon*, 74, 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.026>.
- Liang Y (2018) Application of Gestalt psychology in product human-machine Interface design. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 392, 062054. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/392/6/062054>.
- Mewes E, Waßmann S, Adler S, Schmicker S (2020) Laborexperiment zum Vergleich digitaler Endgeräte als Assistenzsystemhardware für die Anwendung in der mobilen Instandhaltung. In GfA (Hrsg.) *Frühjahrskongress 2020, Dortmund* (B.19.5). GfA.

- Myka J, Indyka-Piasecka A, Telec Z, Trawiński B, Dac H C (2019) Comparative Analysis of Usability of Data Entry Design Patterns for Mobile Applications. In: N. T. Nguyen, F. L. Gaol, T.-P. Hong, & B. Trawiński (Hrsg.), *Intelligent Information and Database Systems: Lecture Notes in Computer Science* Springer International Publishing, 737–750. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14799-063>.
- Nielsen J, Molich R (1990) *Heuristic evaluation of user interfaces*. Proceedings from Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems Empowering people - CHI ,90, New York, New York, USA.
- Punchoojit L, Hongwarittorn N (2017) Usability Studies on Mobile User Interface Design Patterns: A Systematic Literature Review. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2017, 1–22. <https://doi.org/10.1155/2017/6787504>.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H (2018) *Arbeitswissenschaft*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56037-2>.
- Weber S, Göhlich M, Schröer A, Fahrenwald C, Macha H (2013) *Organisation und Partizipation. Beiträge der Kommission Organisationspädagogik*. VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00450-7_5.

Förderhinweise: Das Verbundvorhaben VirtualTextileLearning wird innerhalb des Projekts futureTEX vom Bundesministerium für Bildung und Forschung von 2014 bis 2022 gefördert (FKZ: 03ZZ0671A).



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