

Entwicklung eines Laboraufbaus zur Erprobung eines digitalen Assistenzsystems für den Einsatz in der mobilen Instandhaltung

Eric MEWES¹, Stefan WAßMANN², Simon ADLER³, Annemarie MINOW⁴,
Sonja SCHMICKER¹

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
Sandtorstr. 22, D-39106 Magdeburg,

⁴ Medizinische Fakultät, Bereich Arbeitsmedizin,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Leipziger Straße 44, D-39120 Magdeburg

Kurzfassung: Im Projekt ArdiAS wird ein digitales Assistenzsystem mit dem Ziel entwickelt, Tätigkeiten im mobilen Service zu unterstützen. Um den Nutzen des Assistenzsystems im Kontext der Inspektion zu evaluieren, sollen das aktuell eingesetzte Inspektionsprotokoll und das digitale Assistenzsystem verglichen werden. Aufgrund sicherheitstechnischer Rahmenbedingungen wurde hierzu ein Laborversuch konzipiert. Dieser sollte die Inspektionstätigkeiten in Windenergieanlagen im Kontext der Nutzung des Assistenzsystems abbilden. Der folgende Beitrag beschreibt den Entstehungsprozess des Versuchs von der Analyse des Arbeitssystems bis zum fertigen Aufbau.

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 ein digitales Assistenzsystem 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 Services erbringen. Das Geschäftsfeld eines dieser Anwendungspartner umfasst unter anderem die Inspektion von Windenergieanlagen (WEA).

In (Mewes, Schmicker, Waßmann, Mecke, & Böckelmann, 2018) wurde bereits die Inspektion dieser WEA beschrieben. Hierbei führen die Mitarbeiter verschiedene Prüfvorgänge an Maschinen, Anlagen und statischen Konstruktionen aus. Die Ergebnisse werden in einem standardisierten Prüfprotokoll zusammengefasst. Ausgemachte Mängel protokollieren die Inspektoren zusätzlich mit einer Digitalkamera.

Die Arbeit erfolgt unter speziellen Bedingungen, welche unterschiedliche Anforderungen an den Mitarbeiter stellen. So sind z. B. aufgrund hoher Absturzgefahr strenge Sicherheitsvorschriften zu beachten. Weiterhin erfolgt ein häufiger Wechsel des Arbeitsortes, was mit einer hohen Variabilität von Gefahrenstellen einhergeht. Hierbei kann es vorkommen, dass sich Anlagen aufgrund gleicher Bauart stark ähneln, jedoch an einigen Stellen Unterschiede aufweisen, was besonders bei Gefahrenstellen von Bedeutung ist. 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 Maschineneigenschaften der Wartbarkeit bevorzugt. Aus diesem Grund sind Servicearbeitsplätze nur selten ergonomisch optimiert. Im Maschinenhaus ist der eingeschränkte Bewegungsraum in WEA besonders auffällig.

Die ersten Erprobungen des Assistenzsystems werden aus sicherheitstechnischen Gründen unter Laborbedingungen durchgeführt. Zusätzlich erlaubt ein Laborexperiment gegenüber einer Feldstudie eine höhere Zahl von Probanden, da auch ungeschulte Personen teilnehmen können.

2. Beschreibung und Kategorisierung der Arbeitsplätze

Um eine umfassende Abbildung der realen Arbeitsstellen in der WEA im Labor zu simulieren, wurden zunächst die vorhandenen Daten analysiert. Zur Abgrenzung der einzelnen Arbeitsschritte diente ein standardisiertes Prüfprotokoll zur Inspektion der WEA. Die einzelnen Prüfschritte wurden anhand selbstverfasster Beschreibungen der Mitarbeiter und mit Hilfe des vorhandenen Videomaterials analysiert. Anschließend erfolgte eine Kategorisierung der Schritte im Hinblick auf einzelne Tätigkeiten im Prüfvorgang.

Tabelle 1: Prüfkategorien und Erklärungen

Prüfkategorie	Beschreibung	Anzahl
Betrachtende Prüfung	Betrachtung einzelner Maschinen und statischer Bauteile hinsichtlich verschiedener Verschleißmerkmale Zusätzliche Dokumentation auftretender Mängel via Digitalkamera	24
Mechanische Prüfung	Überprüfung der Funktionsweise einzelner Maschinen und Werkzeuge innerhalb der Anlage durch Verwendung von Testabläufen. Beispielsweise wird der vorgeschriebene Lauf eines Lastkrans durch Verfahren getestet.	3
Akustische Prüfung	Test des Klangverhaltens von Maschinen und Materialien	2
Datenerfassung	Übertragung von Maschinendaten und anderen Messwerten in das Prüfprotokoll	2
Fotografie	Fotografische Protokollierung betroffener Bauteile und Maschinen zusätzlich zur betrachtenden Prüfung, auch ohne Störungsdiagnose	6
Sonstige	Notwendige Arbeitsschritte, welche nicht im Prüfprotokoll auftreten	6

Als Ergebnis entstanden die Kategorien: betrachtende Prüfung, mechanische Prüfung, akustische Prüfung, Datenerfassung, Fotografie und Sonstige. Diese werden in Tabelle 1 spezifiziert und mit der Anzahl ihres Auftretens im Prüfprozess unterlegt.

Dort ist zu erkennen, dass der gesamte Prüfvorgang zum Großteil aus betrachtenden Prüfschritten besteht. Für die Konzeption des Versuchs war das Auftreten des jeweiligen Fehlerzustands jedoch von zweitrangiger Bedeutung. Höher wurde die Abbildung aller Formen der zukünftigen Nutzung des Assistenzsystems in der WEA bewertet.

3. Beschreibung des Laborversuchs

Für das Laborexperiment sollte mit möglichst geringem Aufwand eine Umgebung geschaffen werden, an der die Funktionsweise des Assistenzsystems für den Einsatz in einer WEA erprobt werden kann. Ziel des Versuchs ist ein Vergleich der Nutzung eines handschriftlichen Protokolls mit der des digitalen Assistenzsystems. Im Folgenden werden der Aufbau des Labors, die Funktionsweise des Assistenzsystems und die organisatorische Versuchsplanung exemplarisch beschrieben.

3.1 Aufbau des Labors

Grundlage für das Labor boten die in Abschnitt 2 beschriebenen Analysedaten. Ziel des Laboraufbaus war eine zweckmäßige Abbildung der darin beschriebenen Arbeitsstellen. Im Gegensatz zur Inspektion der WEA, konnte bei den Probanden für den Versuch jedoch keinerlei Fachwissen oder Erfahrung vorausgesetzt werden. Im Versuchsaufbau galt es daher Inspektionsaufgaben zu konstruieren, welche sich ohne die Voraussetzung von Fachwissen erledigen lassen.

Aufgrund der hohen Flexibilität wurden die Versuche analog zur Methode des „Cardboard Engineering“ konzipiert. Hierbei galt es, durch Kombination vorhandener Gegenstände, Kartons und Geräte verschiedene Inspektionsaufgaben zu konzipieren. Im aktuellen Versuchsaufbau sind alle in Tabelle 1 dargestellten Prüfkategorien abgebildet. Ein besonderes Augenmerk lag auf der Integration von Zwangspositionen. Diese sollten den in (Mewes, Schmicker, Waßmann, Mecke, & Böckelmann, 2018) festgestellten ähneln. Zusätzlich wurde den Probanden ein Klettergeschirr angelegt, welches diese analog zur realen Arbeitsstelle in ihrer Bewegung einschränkt und mit zusätzlichem Gewicht belastet. Ein Vergleich der realen Arbeitssituation in der WEA mit der Haltung im Versuchsfeld ist in Abbildung 1 dargestellt.

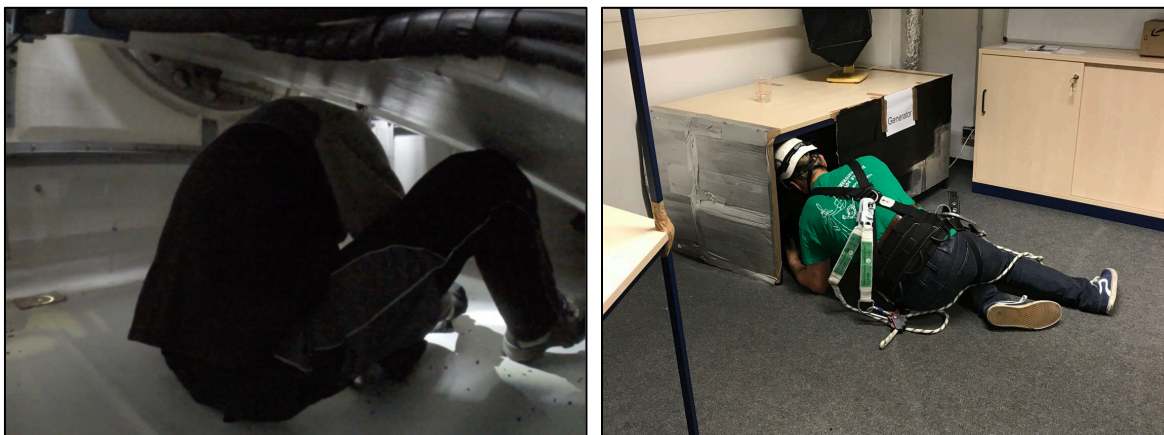


Abbildung 1: *Eingenommene Zwangspositionen in der Windenergieanlage (links) und im Feldversuch (rechts)*

3.2 Funktionsweise des Assistenzsystems

Für den Versuch wurde das im Projekt zu entwickelnde Assistenzsystem verwendet. Dieses ist aktuell für die Anwendung auf Browseroberflächen konzipiert und dadurch mit verschiedenartigen digitalen Geräten kompatibel. Die Inspektionslisten können in einem Autorenmodus erstellt werden, welcher keine Programmier- oder Datenverarbeitungskenntnisse voraussetzt. Für den Versuch wurden die erstellten Listen auf einem Arduino gespeichert. Diese könnten via WLAN über Lenovo Yoga Pad 3 Pro abgerufen werden. Sämtliche im System vorhandenen Versuchsdaten werden auf dem Arduino abgelegt.

In Abbildung 2 ist die im Versuch verwendete Checklistenfunktion des Assistenzsystems dargestellt. Hier werden die in einzelne Inspektionsstationen (1) gegliederten Prüfpunkte (2) dargestellt. Über das Icon auf der linken Seite (3) lassen sich wahlweise zusätzliche Informationen, Dokumente, Fotos und Kommentare anzeigen und ausblenden. Je nach Freigabe können diese sowohl im Autorenmodus, als auch im Nutzungsmodus geändert werden. Die Farbe der jeweiligen Schrift weist darauf hin, ob sich unter dem Reiter zusätzliche Informationen befinden. Nach Erledigung der Aufgabe ist diese unter (4) zu quittieren. Dem Anlagenzustand bei (5) ist ein farblicher Smiley zuzuordnen. Hierbei steht grün für „in Ordnung“, rot für „fehlerbehaftet“ und gelb für einen nicht eindeutig feststellbaren Anlagenzustand. Für eine zusätzliche Übersicht können erledigte Aufgaben mit dem Augenicon (6) minimiert werden. Fehlen in einem Arbeitsschritt notwendige Informationen, werden diese durch einen roten Rahmen hervorgehoben.

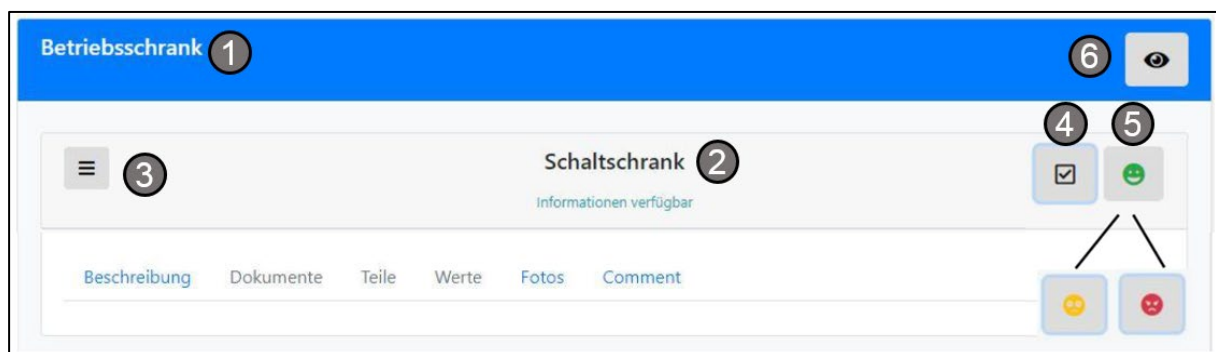


Abbildung 2: Aufbau der Darstellungsoberfläche des Assistenzsystems im Versuch

3.3 Versuchsplanung

Ziel des Versuchs ist der Vergleich des digitalen Assistenzsystems mit einer Inspektionsliste. Beide Varianten halten die gleichen Informationen vor. Als Vergleichsparameter wurden die benötigte Zeit, die Häufigkeit auftretender Fehler, sowie die individuelle Arbeitsmittelpräferenz der Probanden nach Versuchsende festgelegt. Zudem wird die Herzratenvariabilität als Maß für die physische Beanspruchung des Probanden erfasst (Böckelmann & Sammito 2016). Neben dem Vergleich der beiden Protokollvarianten sollen auch Verbesserungspotenziale des Assistenzsystems gefunden und der Versuchsaufbau im Hinblick auf mögliche Folgeuntersuchungen erprobt werden. Weiterhin galt es auch Fehler und Verbesserungspotenziale des Assistenzsystems aufzudecken und den Versuchsaufbau im Hinblick auf zukünftige Untersuchungen zu erproben.

Vor der Durchführung der Versuche werden die Probanden zunächst über deren Hintergrund und Zielstellung aufgeklärt. Im Anschluss erfolgt eine kurze Einweisung in die einzelnen Arbeitsstationen. Alle hierbei gegebenen Informationen sind während des Versuchs auch im Assistenzsystem oder im Anhang des physischen Prüfprotokolls nachzulesen. Anschließend wird der Proband mit einem mobilen 3-Kanal-EKG-Gerätes Modell MT-101 (Schiller AG, Schweiz) ausgestattet. Nach einer zur Ermittlung der Herzfrequenzvariabilität nötigen Ruhephase von 5 Minuten beginnen die Probanden mit der Bearbeitung ihrer Aufgaben im Versuchsfeld.

Im Versuch absolvieren die Probanden drei verschiedene Durchgänge. In jedem dieser Durchgänge befinden sich die einzelnen Stationen in unterschiedlichen Fehlerzuständen (siehe Tabelle 2). Dieses Vorgehen soll aufeinanderfolgende Inspektionen verschiedener WEA des gleichen Typs darstellen, wie sie häufig auch in der Realität stattfinden. An den jeweiligen Stationen sind je nach Art ein oder zwei Fehlerzustände möglich. Die Reihenfolge der jeweiligen Versuchsaufbauten wird für die Durchführung der Untersuchungen randomisiert, um Zusammenhänge zwischen Fehlerbildern und Untersuchungsvariablen zu vermeiden. In jedem Versuch werden die Inspektionsliste einmal und das Assistenzsystem zweimal verwendet. Dies begründet sich im Fokus auf das digitale Assistenzsystem. Auch die Reihenfolge des Einsatzes der Protokollierungsvarianten ist randomisiert. Um alle Kombinationen gleichmäßig zu betrachten, die Validität der Ergebnisse sicher zu stellen und trotzdem zeitnah Ergebnisse vorzuweisen, sind für die Studie 18 Versuchsdurchläufe geplant.

Tabelle 2: Prüfkategorien und Zustände im Versuch

Station	Versuchsaufbau		
	1	2	3
Logbucheintrag	Keine Fehler möglich		
Betriebsdaten auslesen	Keine Fehler möglich		
Schaltschrank Verschraubung	Fehlerzustand 1	In Ordnung	In Ordnung
Druck und Spannung ablesen	In Ordnung	Fehlerzustand 1	Fehlerzustand 1
Schrankboden	Fehlerzustand 2	In Ordnung	Fehlerzustand 1
Ablagerungen	Fehlerzustand 1	In Ordnung	In Ordnung
Erste Hilfe Kasten	Fehlerzustand 1	Fehlerzustand 2	In Ordnung
Kran	In Ordnung	Fehlerzustand 2	Fehlerzustand 1
Ventilator	Fehlerzustand 2	Fehlerzustand 1	In Ordnung
Füllstand	Fehlerzustand 1	In Ordnung	Fehlerzustand 2
Rotorwelle	In Ordnung	Fehlerzustand 1	In Ordnung

4. Fazit und Ausblick

Zum Zeitpunkt der Einsendung dieses Artikels befindet sich die Studie kurz vor ihrem Abschluss. Trotz noch unvollständiger Ergebnisse konnten bereits während der Ausarbeitung und den vorgelagerten Tests der Versuchsreihe verschiedene Fehler im Assistenzsystem erkannt und behoben werden.

Während der Versuche wurden kleinere Konsistenzfehler in der Anleitung eines Prüfpunktes entdeckt. So wurden die Probanden bei der akustischen Prüfung des Ventilators nicht angewiesen, dessen Klangverhalten zu beschreiben. Dies muss in der Auswertung beachtet und in Folgeuntersuchungen behoben werden. Weitere

Verbesserungspotenziale bieten sich in der Konstruktion der Versuchsumgebung. Hier kann der Bewegungsspielraum noch deutlich eingeschränkt werden, um so der WEA ähnlichere Versuchsbedingungen zu erreichen.

Im weiteren Verlauf des Projekts sind Folgestudien geplant, welche sich am vorhandenen Versuchsaufbau orientieren sollen. Ziel wird es sein, verschiedene Bedienerkonzepte für das Assistenzsystem zu testen. Dafür ist der Versuchsaufbau besonders im Hinblick auf die Notwendigkeit des Einnehmens verschiedener Zwangspositionen anzupassen.

5. Literatur

- Böckelmann I, Sammito S (2016) Herzfrequenzvariabilität: Handbuch der Arbeitsmedizin, 41. Ergänzungslieferung, Juni 2016: A III-3.2.2
- Mewes, Eric; Schmicker, Sonja; Waßmann, Stefan; Mecke, Rüdiger; Böckelmann, Irina; (2018) Entwicklung und Durchführung einer Anforderungsanalyse zur Identifikation von nutzerunterstützten Anwendungspotenzialen digitaler Assistenzsysteme in ARBEIT(S).WISSEN.SCHAF(F)T Grundlage
- Vogl G, Nieß G, (2013) Mobile Arbeit - Betriebs und Dienstvereinbarungen – Analyse und Handlungsempfehlungen Bund-Verlag GmbH, Frankfurt am Main für Management & Kompetenzentwicklung: Dokumentation des 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses, ISBN: 978-3-936804-24-9, Beitrag B.1.3

Danksagung: Besonderer Dank gilt Herrn Florian Bruns, Herrn Christian Petters und Herrn David Such für die Unterstützung bei der Konzeption und Umsetzung der Studie. Weiterer Dank gilt Herrn Sergej Schapkin, Frau Irina Böckelmann und Herrn 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 beim Autor.





Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de