

Datenbrillen in der Wartung: Evaluation verschiedener Eingabemodalitäten bei Servicetechnikern

Veronika Huck-Fries¹, Florian Wiegand¹, Kai Klinker¹, Manuel Wiesche¹ und Helmut Krcmar¹

Abstract: Die Digitalisierung der Instandhaltungsbranche ist durch einen zunehmenden Grad der Mobilisierung von Technologien gekennzeichnet. Datenbrillen versprechen durch die Möglichkeit der freihändigen Bedienung elementare Vorteile in Bezug auf die Geschwindigkeit, Fehlerfreiheit und Benutzerfreundlichkeit. Insbesondere im Kontext der Wartung bieten Datenbrillen die Möglichkeit, Mitarbeiter mit Schritt-für-Schritt Anleitungen zu unterstützen, ohne dass diese ihre Arbeit unterbrechen müssen. Bisher gestaltete sich jedoch die Interaktion mit der Technologie als wesentlicher limitierender Faktor. Weiterhin fehlen empirische Nachweise, welche Bedienmodalität mit der Datenbrille sich für die Arbeitsweise von Servicetechnikern eignet. Innerhalb der vorliegenden Studie wurde ein Experiment mit 130 Probanden durchgeführt, die eine repräsentative Verteilerwartung mithilfe von Buttons, Sprach- und Gestensteuerung durchführten. Anschließend wurden Beanspruchung, Benutzerfreundlichkeit und Zeit evaluiert. Die Resultate zeigten, dass Sprache die Eingabemethode mit der niedrigsten Beanspruchung und höchsten Benutzerfreundlichkeit ist. Die Ergebnisse dienen sowohl für Forschung als auch Praxis als Grundlage für Bewertung und Potenzialeinschätzung von Datenbrillen Anwendungen in der Wartung.

Keywords: Datenbrillen, Wartung, Eingabemodalitäten, Mensch-Maschine-Interaktion

1 Einleitung

Nahezu 60% aller Unternehmen in der Instandhaltungsbranche planen die Einführung von mobilen Endgeräten in den nächsten fünf Jahren [Gü15]. Als nachhaltigste Treiber der Digitalisierung zählen die Effizienzsteigerung, Innovationsfähigkeit und Qualitätssteigerung [TN15]. Um diese Ziele zu erreichen, werden in der Instandhaltung technologische Trends wie die direkte Kommunikation zwischen Maschinen und Serviceportale eingesetzt. Ein spezifischer Fokus liegt darüber hinaus im Einsatz von Augmented Reality-Technologien. Datenbrillen sind eine Form der Darstellung von Augmented Reality und ermöglichen mitunter Fernwartungen, digitale Dokumentation, Assistenz- und Trainingssysteme. Bedingt durch die freihändige Bedienung können Instandhaltungsprozesse schneller, fehlerfreier und nutzerfreundlicher durchgeführt werden [Ne98, Cr11].

Obwohl dadurch in der Instandhaltung zahlreiche Anwendungsszenarien bestehen,

¹ Technische Universität München, Institut für Informatik, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Boltzmannstraße 3, 85748 Garching, {veronika.fries|wiegand|kai.klinker|wiesche|krcmar}@in.tum.de

konnte sich die Datenbrille für Servicetechniker bislang noch nicht durchsetzen [Vo17]. Als einer der Hauptbarrieren für die fehlende Akzeptanz wird die Benutzerinteraktion beschrieben [Az01, St16]. Diese gestaltet sich insbesondere in der Instandhaltung als zentrale Komponente. Da Techniker häufig mit Werkzeugen arbeiten, ist eine zusätzliche Bedienung per Hand erschwert. Ein Ausziehen der Arbeitshandschuhe zum Bedienen der Brille hat eine Arbeitsunterbrechung zur Folge. Dies würde den ohnehin hohen Zeitdruck, der als häufigste Ursache für folgenschwere Fehler in der Instandhaltung gilt [Ho03], noch vergrößern. Es ist daher darauf zu achten, den Benutzer durch den Einsatz einer Technologie in seiner Tätigkeit adäquat zu unterstützen oder diese zu vereinfachen [Ka10].

Moderne Datenbrillen bieten verschiedene Lösungen zur Interaktion an, wie die Tasten-, Sprach- oder Gestensteuerung. Leider eignen sich nicht alle Eingabemethoden gleichermaßen für den Einsatz im Wartungsprozess. So darf sich beispielsweise bei der Spracheingabe im Umfeld keine Lärmquelle befinden. Bei der Gestensteuerung sind gewollte von ungewollten Bewegungen zu unterscheiden und die Steuerung soll den Nutzer in hoch beanspruchenden Situationen nicht überfordern [Ka10]. Darüber hinaus besitzen viele Datenbrillen noch nicht die Rechenkapazität, um diese Technologie überhaupt nutzen zu können. Die Literatur liefert bisher noch keine ausreichende Antwort auf die Frage, welche Eingabemethode sich im Kontext der Wartung am besten für Servicetechniker eignen.

Bisher gibt es lediglich wenig Literatur im Bereich der Informationssysteme, die sich mit dem Problem der Interaktion zwischen Mensch und Datenbrille beschäftigt. Der Fokus der aktuellen Forschung liegt in der Erprobung neuer Interaktionsformen, wie die Steuerung mittels Augenbewegungen [Ko15a]. Zu den auf heutigen Datenbrillen verfügbaren Eingabemethoden Buttons, Sprache und Geste gibt es noch keine empirischen Nachweise über die Benutzerfreundlichkeit oder Beanspruchung des Nutzers durch die Technologie. Ziel dieser Arbeit ist es, diese Forschungslücke zu schließen und einen empirischen Nachweis auf die Forschungsfrage zu liefern, inwiefern sich die Eingabemethode auf Benutzerfreundlichkeit, Beanspruchung und Geschwindigkeit auswirkt. Dazu wird anhand des Wartungsprozesses der Verteilerprüfung ein Experiment zum Vergleich von Buttons, Sprache und Gesten durchgeführt. Das Ziel dieser Forschung ist eine fundierte Analyse der momentan auf Datenbrillen verfügbaren Eingabemethoden. Das Paper soll als Orientierung für Entwicklungen in der Praxis der Instandhaltungsbranche dienen.

Das Paper ist wie folgt strukturiert: Zunächst werden die theoretischen Grundlagen des Instandhaltungsprozesses und Datenbrillen beschrieben. Anschließend wird die Methodik des Experiments dargelegt, gefolgt von einer Erläuterung des Softwareartefaktes. Abschließend wird das Ergebnis vorgestellt und im Diskussionsteil in Bezug zu bestehender Theorie und Praxis gesetzt.

2 Grundlagen

2.1 Datenbrillen im Instandhaltungsprozess

Instandhaltungsprozesse werden in die vier Maßnahmen Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung strukturiert nach [DI12]. Typischerweise gestalten sich die Arbeitsschritte in Instandhaltungsprozessen als fehleranfällig, langwierig und beinhalten vertrauliche Informationen. Dokumente liegen oft nur in gedruckter Version vor [PI16]. Außerdem fehlt dem Auftraggeber die Transparenz der bereits durchgeführten Arbeitsschritte, da die papierbasierte Dokumentation erst noch in IT-Systemen nachgetragen werden muss. Durch die Einführung von sogenannter „Predictive Maintenance“ oder auch vorausschauende Wartung haben sich Unternehmen zunehmend mit der Digitalisierung beschäftigt [Bi15]. Die digital vorliegenden Daten können nun auch mit neuen Technologien wie Smart Glasses oder anderen mobilen Endgeräten visualisiert und mit zusätzlichen Informationen angereichert werden.

Mobile Endgeräte sind bereits häufig an die interne Unternehmensinfrastruktur angeschlossen. Jeder dritte Arbeitnehmer arbeitet mit Smartphones, Tablets oder Laptops abseits des Arbeitsplatzes [Fr16]. Vor allem im Bereich der Instandhaltung hat die Mobilität großes Potenzial, da Techniker meistens nicht ihren Desktop-PC mit zum Einsatzort nehmen können. In der Zukunft werden neuere Technologien wie Datenbrillen daher eine noch größere Bedeutung für den Arbeitsalltag von Servicetechnikern haben. Global Market Insights schätzt für die nächsten sieben Jahre ein jährliches Umsatzwachstum von über 80%. In 2015 wurden in Deutschland bereits 47 Millionen Euro mit Produkten rund um Augmented Reality umgesetzt. Dabei hat der industrielle Einsatz mit über 25% den größten Anteil [GM16].

Datenbrillen bestehen aus einem kleinen Rechner, der mithilfe eines Brillengestells oder einer anderen Apparatur am Kopf getragen wird. Über ein Display können dem Nutzer je nach Modell Informationen auf einem oder beiden Augen angezeigt werden [Be17]. Man spricht auch von der Erweiterung der menschlichen Realitätswahrnehmung durch eine Überlagerung mit visuellen, auditiven und haptischen Informationen [Ro14].

Mittels des Einsatzes von Datenbrillen lässt sich der Wartungsprozess hinsichtlich verschiedener Aspekte optimieren. Die Einsatzmöglichkeiten können dabei in Fernwartung, Schritt-für-Schritt Anleitungen und Schulungen unterteilt werden. So kann beispielsweise die Anzeige der nächsten Schritte den Mitarbeiter durch den Wartungsprozess führen. Bei einer Zunahme von Heterogenität und Komplexität der Aufgaben vermeidet dies Fehler und spart Zeit [Fr04]. Auch Informationen zu Bauteilen können direkt vor Ort angezeigt werden. Zeitliche Vorteile und eine geringere Beanspruchung sind hauptsächlich mit der geringeren Anzahl an Kontextwechseln und der freihändigen Benutzung begründet [Ne98]. Mit Datenbrillen kann die Durchführung der Wartung digital dokumentiert werden.

2.2 Bedienmodalitäten von Datenbrillen

Trotz des Potenzials und des wachsenden Marktvolumens von Datenbrillen ist die Interaktion zwischen Mensch und Technologie aktuell der wesentliche limitierende Faktor, der den Einsatz in der Praxis blockiert [Az01]. Das Problem der Datenbrillen hierbei ist, dass die Eingabemöglichkeiten durch den Formfaktor sehr begrenzt sind. In der Regel steht keine vollständige physische Tastatur zur Verfügung, weshalb Techniken wie die Gesten- oder Sprachsteuerung eingesetzt werden müssen [Al11]. Doch auch diese haben ihre Schwierigkeiten im Praxiseinsatz. So können bei der Sprachsteuerung Umgebungsgeräusche die Qualität der Ergebnisse beeinträchtigen. Auch ist es bisher schwierig, selten benutzte Wörter verlässlich zu erkennen. Dahingegen können bei der Gestensteuerung Bewegungen während der Arbeit ungewollt eine Interaktion auslösen. Außerdem finden es einige Benutzer merkwürdig, wenn sie die Datenbrille mit Gesten in der Öffentlichkeit bedienen [Ko15b]. Die Forschung konzentriert sich auf die Entdeckung alternativer Eingabemethoden wie die Projektion von virtuellen Tastaturen auf die Handflächen oder die Blickregistrierung [Wa15, Ko15a]. Ungeachtet der Probleme stellt sich die Frage, welche Eingabemethode auf Datenbrillen sich aus Sicht des Benutzers am besten eignet. Dieser muss letztlich mit ihr täglich arbeiten und sollte daher maßgebend für die Bewertung sein. Aus diesem Grund werden im Folgenden die drei Steuerungsmöglichkeiten Buttons, Sprache und Geste in Bezug auf Benutzerfreundlichkeit, Beanspruchung und Geschwindigkeit verglichen. Durch die multidimensionale Messung können auf Basis der Studie empirische Nachweise hinsichtlich der Interaktion zwischen Nutzer und Datenbrille getroffen werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die drei Eingabemodalitäten.

Eingabemodalität	Charakteristika
Buttons	Direkte Interaktion mittels Knöpfe seitlich an der Datenbrille
Sprache	Indirekte Interaktion mittels Sprache & vordefinierter Begriffe
Geste	Indirekte Interaktion mittels definierter Gesten

Tab. 1: Übersicht über Eingabemodalitäten der Datenbrille im Experiment

Zwar wurde in der Literatur bereits festgehalten, dass die Interaktion zwischen Mensch und Datenbrille dazu führt, dass Datenbrillen in der Praxis limitiert eingesetzt werden [Az01]. Bisher beschäftigte sich lediglich eine Studie mit der Eingewöhnungszeit und Geschwindigkeit der möglichen Eingabemethoden auf Datenbrillen [St16], jedoch weist die Studie bedingte Repräsentativität auf. Weitere wichtige Messgrößen sind die Benutzerfreundlichkeit und Beanspruchung, die einen signifikanten Einfluss auf die Arbeitslast der Mitarbeiter haben [Ay11]. Am häufigsten untersucht ist hierbei der Geschwindigkeitsvorteil von Datenbrillen gegenüber auf Papier basierter Wartung [Ne98, Ba99, Ma13], allerdings nicht bezogen auf die Eingabemethode der Datenbrille. Auf Basis der dargestellten empirischen Befunde und der daraus resultierenden Forschungslücke soll im Folgenden ein empirischer Nachweis hinsichtlich des Effekts verschiedener Eingabemodalitäten auf Benutzerfreundlichkeit, Beanspruchung und Geschwindigkeit geliefert werden.

3 Methodik

3.1 Design und Versuchsmaterial

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um ein einfaktorielles Between-Subjects-Design. Die Probanden wurden randomisiert einer der drei Bedingungen zugeteilt. So testeten die Teilnehmer je nach Gruppenzugehörigkeit das Softwareartefakt mit den Buttons der Datenbrillen, Sprache oder Geste. Neben der Benutzerfreundlichkeit und Beanspruchung wurde auch die Durchlaufzeit anhand von Protokolldateien gemessen.

Benutzerfreundlichkeit beschreibt laut ISO-Standard das Ausmaß der drei Kriterien Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit [IS98]. Eine hohe Benutzerfreundlichkeit ist demnach eine Bedingung für den Einsatz in der Praxis. Diese wird in diesem Experiment mit Hilfe des System Usability Scale (SUS) gemessen [Br96]. Der valide und hoch reliable Fragebogen ist ein weitverbreitetes Instrument zum Erheben von Bedienfreundlichkeit aus Sicht des Nutzers [Br13]. Für das Experiment wurde eine deutschsprachige Übersetzung benutzt [Ru15].

Auch die Beanspruchung ist ein wichtiger Indikator für die Benutzerfreundlichkeit [Wh94]. Der NASA Task Load Index (NASA-TLX) ist ein Werkzeug, um diese zu messen. Dafür werden die sechs Dimensionen geistige Anforderungen, körperliche Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Leistung, Anstrengung und Frustration gemessen. Der Experimentteilnehmer kreuzt dazu seine gefühlte Beanspruchung auf einer 20 stufigen Likertskala an [Ha88]. Aufgrund von Limitationen der genutzten Umfrageplattform wurden statt 20 Stufen nur eine Likertskala von 1-10 eingesetzt. Die Fragen zu den sechs Dimensionen sind auf Deutsch [Pf90].

3.2 Probanden

An der Studie haben insgesamt 131 Probanden teilgenommen. Hierbei handelt es sich um Studierende einer Universität in Deutschland, welchen für die Mitwirkung an dem Experiment ein Notenbonus gewährt wurde. Für Brillenträger war es erforderlich, Kontaktlinsen zu tragen.

4 Testartefakt und Versuchsablauf

4.1 Demoanwendung

Nach einer kurzen Einführung in das Experiment sowie die Handhabung der Datenbrille hatten die Teilnehmer Zeit, sich anhand einer Demoanwendung mit der jeweiligen Eingabemethode vertraut zu machen. Abb. 1 zeigt einen Screenshot dieser Anwendung. Es werden nacheinander die Begriffe Links, Oben, Rechts, Unten und Weiter angezeigt.

Die Benutzer müssen mit ihrer Eingabemethode in die angezeigte Richtung navigieren. Im Falle von rechts oder unten muss der „Vor“-Knopf gedrückt werden. Bei der Gestensteuerung der Kopf dafür nach rechts bewegt werden. Teilnehmer mit Spracheingabe können einfach den Begriff sprechen. Bei falscher Eingabe erfolgt eine Fehlermeldung. Diese ist auch in Abb. 1 zu sehen.

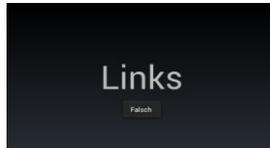


Abb. 1: Demoanwendung

4.2 Testartefakt

Nachdem der Teilnehmer mit seiner Eingabemethode vertraut ist und es keine weiteren Fragen zum Versuchsablauf mehr gibt, wird das eigentliche Softwareartefakt ausprobiert. In dem Experiment wird die Wartung eines Stromverteilerkastens simuliert. Dieser sicherheitskritische Prozess ist branchenübergreifend für alle Unternehmen verpflichtend und daher ein repräsentatives Beispiel [DG97]. Abb. 2 zeigt die Benutzeroberfläche der Sprachsteuerungsanwendung. Der Proband bekommt dafür eine Datenbrille, die ihn durch die Wartung führt. Zunächst muss ein Verteiler mit der Bezeichnung „111.06-IT.04.32“ ausgewählt werden. Anschließend öffnet sich ein Fenster und ein Blatt mit der Aufschrift „1“ muss fotografiert werden. Der Benutzer bekommt das geschossene Foto angezeigt und soll daraufhin noch ein weiteres von einem zweiten Blatt vor ihm machen. Ist dies auch getan, muss das Vorhandensein von vier unterschiedlichen Netzen gemäß den Experimentanweisungen angegeben werden. Je nachdem zu welcher Gruppe der Proband gehört muss er die Datenbrille mit Sprache, Gesten oder Buttons bedienen.



Abb. 2: Testartefakt

5 Ergebnisse

Aus den 131 Studienteilnehmern sind nach Bereinigen der falsch angekreuzten Kontrollfragen 118 Teilnehmer übriggeblieben, die sich wie folgt in die drei Gruppen aufteilen: Buttons (38), Sprache (42) und Geste (38). Für die statistischen Tests wurde ein Konfidenzniveau von 95% gewählt. In den Graphen ist zusätzlich die Standardabweichung zu sehen.

5.1 Benutzerfreundlichkeit

Für die Benutzerfreundlichkeit wurde eine Gesamtpunktzahl für jede Beobachtung berechnet und auf einen Wertebereich von 0 – 100 skaliert [Br96]. Eine hohe Punktzahl steht für ein benutzerfreundliches Produkt. Abb. 3 zeigt die Ergebnisse des SUS – Fragebogens mit dem zugehörigen Konfidenzintervall. Die gestrichelte Linie zeigt den durchschnittlichen Praxiswert mit 68 Punkten [Sa12].

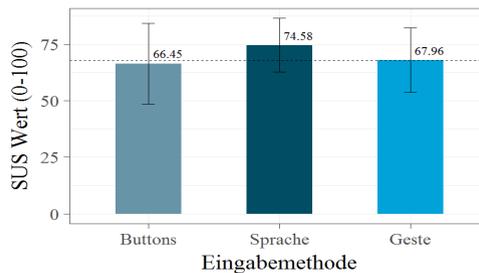


Abb. 3: Mittelwerte der SUS - Gesamtpunktzahl

Eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) wurde durchgeführt, um mögliche Effekte der Eingabemethode auf die Benutzerfreundlichkeit zu untersuchen. Die Eingabemethode hat einen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit ($F(2,115) = 3.45$, $p = .035$, $\eta_p^2 = .06$). Gemäß dem Tukey-HSD schneidet die Spracheingabe signifikant besser ab als die Steuerung mit Knöpfen (+8.14, $p = .041$). Die anderen Gruppen zeigen keine signifikanten Unterschiede.

5.2 Beanspruchung

Für die Untersuchung der Beanspruchung wurde für jede Beobachtung ein Mittelwert der einzelnen Dimensionen des NASA-TLX gebildet. Dieser liegt durch unsere Einschränkungen in Kapitel 3.1 zwischen 1 und 10, wobei ein niedriger Wert eine geringe Beanspruchung darstellt. Abb. 4 zeigt die Ergebnisse des Experiments mit den dazugehörigen 95% Konfidenzintervallen.

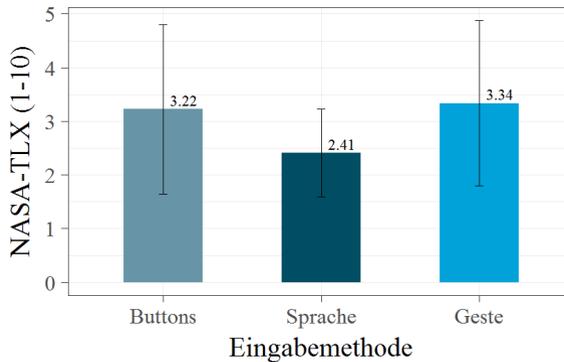


Abb. 4: Nasa-TLX Mittelwerte

Eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) wurde durchgeführt, um mögliche Effekte der Eingabemethode auf die Beanspruchung zu untersuchen. Die Eingabemethode hat einen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Beanspruchung der Probanden ($F(2,115) = 5.79, p = .004, \eta_p^2 = .09$). Gemäß dem Tukey Post-Hoc Test schnitt die Spracheingabe sowohl gegenüber der Steuerung mit Knöpfen ($-0.81, p = .021$) als auch der Gestensteuerung ($-0.93, p = .007$) signifikant besser ab. Zwischen Knöpfen und Gesten gab es keinen signifikanten Unterschied.

5.3 Durchlaufzeit

Um nur vollständige und korrekte Messungen zu berücksichtigen, sind offensichtlich falsche Messwerte aus dem Datensatz entfernt worden [Gr01]. Darunter fallen zum einen zu früh gestartete Anwendungen und zum anderen Protokollfehler der Anwendung. Die Ergebnisse sind nach den drei Aufgabentypen aufgeschlüsselt in Abb. 5 zu sehen. Gestensteuerung hat dabei insgesamt eine Durchlaufzeit von 98,07s, Sprachsteuerung 85,12s und die Knopfsteuerung 76,92s.

Eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) wurde ausgeführt, um mögliche Effekte der Eingabemethode auf die Gesamtdurchlaufzeit zu untersuchen. Es zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Eingabemethode auf die Durchlaufzeit ($F(2,120) = 4.96, p = .009, \eta_p^2 = .08$). Ein Tukey Post-Hoc Test hat weiterhin ergeben, dass die Knopfsteuerung signifikant schneller war als die Gestensteuerung ($-21.15s, p = .006$). Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede bei den restlichen Gruppen.

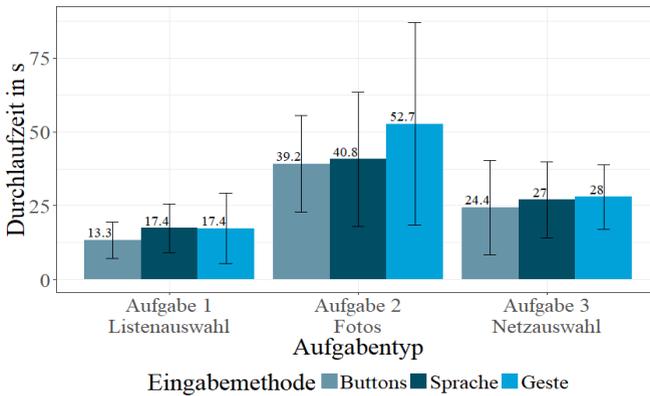


Abb. 5: Durchlaufzeiten nach Aufgabentyp

6 Diskussion

Diese Arbeit gibt Aufschluss über mögliche Interaktionsformen bei Datenbrillen für Wartungstechniker. Neben der Instandhaltungsbranche könnten auch andere Bereiche, beispielsweise das Gesundheits- und Krankenhauswesen, stark von freihändig bedienbaren Informationssystemen profitieren. Bisher war allerdings unklar, welche momentan verfügbare Eingabemethode sich für den täglichen Einsatz am besten eignet.

Die Ergebnisse zeigen, dass Sprachsteuerung eine höhere Benutzerfreundlichkeit aufweist und gleichzeitig weniger beanspruchend ist als Gesten- und Knopfsteuerung. Ein Grund hierfür könnte sein, dass zur Nutzung einer Sprachsteuerung kein neues Nutzerinterface erlernt werden muss. Sprachassistenten wie Siri oder Alexa erhalten Einzug in den Alltag und die Benutzer sind oft schon mit der Eingabemethode vertraut [St15]. Dahingegen müssen die anderen Steuerungsmöglichkeiten erst neu gelernt werden. Knöpfe befinden sich an ungewohnten Positionen und sind nur schwer voneinander zu unterscheiden. Bei Gesten kommt zusätzlich der physische Aufwand hinzu [Ne98]. Aus dieser Perspektive eignet sich die Sprachsteuerung am besten für die alltägliche Benutzung im Wartungsbereich. Vergleicht man nur die Geschwindigkeit, so hat sich gezeigt, dass die Eingabe mit Knöpfen deutlich schneller ist als mit Gesten. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Genauigkeit sehr hoch ist und somit kein wiederholtes Drücken des Buttons nötig ist. Dahingegen können missverständliche Gesten oder Sprachbefehlen zu einer falschen Systemaktion führen [St16].

Für die Praxis ergeben sich daher folgende Implikationen: Aus Sicht der Benutzerfreundlichkeit ist bei Datenbrillen im Wartungsbereich die Sprachsteuerung zu empfehlen. Da im Praxisgebrauch allerdings Störfaktoren wie Umgebungsgeräusche auftreten können, sollte eine zusätzliche Eingabemethode zur Verfügung stehen [Sc12]. Gemäß den Ergebnissen des Experiments bietet sich hier die Tastensteuerung aufgrund

ihrer hohen Genauigkeit und Schnelligkeit an. Weiterhin gibt es Situationen, beispielsweise bei der Wartung einer Maschine im öffentlichen Raum, in denen die Sprachsteuerung aufgrund sozialer Normen unangebracht ist. Hier könnte einfach auf die zusätzliche Eingabemethode zurückgegriffen werden. Eine Steuerung per Geste erscheint nicht sinnvoll, da sie sowohl in der Benutzerfreundlichkeit, Beanspruchung und Geschwindigkeit schlechter abgeschnitten hat und mit zusätzlichen Problemen der sozialen Akzeptanz zu kämpfen hat [Mo10].

Unsere Arbeit weist mehrere Limitationen auf. Zunächst beziehen sich diese auf die Selektion einer studentischen Stichprobe, welche hinsichtlich der Repräsentativität der Ergebnisse Einschränkungen bietet. In weiterführenden Studien sollte daher eine Evaluation mit Servicetechnikern realisiert werden. Eine weitere mögliche Einschränkung unserer Arbeit ist die Vorgabe eines fiktiven Anwendungsfalls aus der Wartung. Im Rahmen einer realen Feldevaluation könnte in anschließenden Studien eine höhere Generalisierbarkeit erreicht werden. Darüber hinaus lässt sich die Benutzung von nur einer Datenbrille als Limitation nennen. Die Durchführung unseres Experiments mit anderen Datenbrillen, beispielsweise binokularen Geräten, könnte daher zu abweichenden Ergebnissen führen. Letztlich deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Benutzer die Sprachsteuerung intuitiver beurteilen. Interessant für weitere Forschung wäre hierbei eine qualitative Untersuchung der zugrundeliegenden Motive, um künftig anspruchsvollere Bedienkonzepte zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

- [Al11] Alem, L.; Huang, W. Hrsg.: Recent trends of mobile collaborative augmented reality systems. Springer, New York, NY, 2011.
- [Ay11] Ayyagari, R.; Grover, V.; Purvis, R.: Technostress. Technological Antecedents and Implications. In MIS Q, 2011, 35; S. 831–858.
- [Az01] Azuma, R. et al.: Recent advances in augmented reality. In IEEE computer graphics and applications, 2001, 21; S. 34–47.
- [Ba99] Baird, K. M.; Barfield, W.: Evaluating the effectiveness of augmented reality displays for a manual assembly task. In Virtual Reality, 1999, 4; S. 250–259.
- [Be17] Bendel, O.: Datenbrille. Beitrag für das Gabler Wirtschaftslexikon. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/datenbrille.html>, 20.03.2017.
- [Bi15] Bitkom: Industrie 4.0. <https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2015/04-April/BITKOM-PK-Industrie-40-13-04-2015-final.pdf>, 07.04.2017.
- [Br13] Brooke, J.: SUS. A Retrospective. In J. Usability Studies, 2013, 8; S. 29–40.
- [Br15] Brusie, T. et al.: Usability evaluation of two smart glass systems: 2015 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS). 2015, Charlottesville, VA. IEEE, Piscataway, NJ, 2015; S. 336–341.
- [Br96] Brooke, J.: SUS-A quick and dirty usability scale. In Usability evaluation in industry,

1996, 189; S. 189–194.

- [Cr11] Crescenzo, F. de et al.: Augmented reality for aircraft maintenance training and operations support. In *IEEE computer graphics and applications*, 2011, 31; S. 96–101.
- [DG97] DGUV: Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel. DGUV Vorschrift 3. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/vorschrift3.pdf>, 18.04.2017.
- [DI12] DIN: DIN 31051 Fundamentals of maintenance, 2012.
- [Fr04] Friedrich, W. Hrsg.: ARVIKA. Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service. Publicis Corp. Publ, Erlangen, 2004.
- [Fr16] Früh, F.: Mobilgeräte ergänzen den klassischen Computer-Arbeitsplatz. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Mobilgeraete-ergaenzen-den-klassischen-Computer-Arbeitsplatz.html>, 08.03.2016.
- [GM16] GMI Insights: Augmented Reality Market Size. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/augmented-reality-ar-market>, 16.03.2017.
- [Gr01] Grzymala-Busse, J. W.; Hu, M.: A Comparison of Several Approaches to Missing Attribute Values in Data Mining. In (Ziarko, W.; Yao, Y. Hrsg.): *Rough Sets and Current Trends in Computing*. Second International Conference, RSCTC 2000 Banff, Canada, 2000 Revised Papers. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001; S. 378–385.
- [Gü15] Güntner, G.; Beinisch, M.; Dankl, A.; Isopp, J.: Roadmap der Instandhaltung 4.0. <https://instandhaltung40.salzburgresearch.at/wp-content/uploads/IH40-Roadmap-final.pdf>, 19.04.2017.
- [Ha88] Hart, S. G.; Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In (Meshkati, N.; Hancock, P. A. Hrsg.): *Human Mental Workload*. Elsevier textbooks, 1988; S. 139–183.
- [Ho03] Hobbs, A.; Williamson, A.: Associations between Errors and Contributing Factors in Aircraft Maintenance. In *Human Factors*, 2003, 45; S. 186–201.
- [IS98] ISO, I. S.: 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). In *The international organization for standardization*, 1998, 45.
- [Ka10] Karr-Wisniewski, P.; Lu, Y.: When more is too much. Operationalizing technology overload and exploring its impact on knowledge worker productivity. In *Computers in Human Behavior*, 2010, 26; S. 1061–1072.
- [Ko15a] Kocejko, T. et al.: Eye tracking within near-to-eye display: 2015 8th International Conference on Human System Interactions (HSI). 2015, Warsaw, Poland. IEEE, Piscataway, NJ, 2015; S. 166–172.
- [Ko15b] Koelle, M.; Kranz, M.; Möller, A.: Don't look at me that way! In (Boring, S. et al. Hrsg.): *Proceedings of the 17th ACM International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct*. Copenhagen, Denmark, 2015. ACM, New York, NY, 2015; S. 362–372.
- [Ma13] Marner, M. R.; Irlitti, A.; Thomas, B. H.: Improving procedural task performance with Augmented Reality annotations: 2013 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). 2013, Adelaide, SA. IEEE, Piscataway, NJ, 2013; S.

39–48.

- [Mo10] Montero, C. S. et al.: Would you do that? In (Sá, M. de Hrsg.): Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services. ACM, New York, NY, 2010; S. 275.
- [Ne98] Neumann, U.; Majoros, A.: Cognitive, performance, and systems issues for augmented reality applications in manufacturing and maintenance: Proceedings / IEEE 1998 Virtual Reality Annual International Symposium, March 14 - 18, 1998, Atlanta, Georgia. IEEE Computer Society, Los Alamitos, Calif., 1998; S. 4–11.
- [Pf90] Pfendler, C.: Zur Messung der mentalen Beanspruchung mit dem NASA-Task Load Index. In Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 1990, 44; S. 158–163.
- [Pl16] Plutz, M.; Große Böckmann, M.; Siebenkotten, P.; Schmitt, R.: Smart Glasses in der Produktion. http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-3893364.pdf, 19.10.2016.
- [Ro14] Roesner, F.; Kohno, T.; Molnar, D.: Security and privacy for augmented reality systems. In Communications of the ACM, 2014, 57; S. 88–96.
- [Ru15] Ruegenhagen, E.; Rummel, B.: System Usability Scale – jetzt auch auf Deutsch. <https://experience.sap.com/skillup/system-usability-scale-jetzt-auch-auf-deutsch/>, 13.03.2017.
- [Sa12] Sauro, J.; Lewis, J. R.: Quantifying the user experience. Practical statistics for user research. Morgan Kaufmann, Waltham, Md., 2012.
- [Sc12] Schnelle-Walka, D.; Döweling, S.: Speech augmented multitouch interaction patterns. In (Avgeriou, P. Hrsg.): Proceedings of the 16th European Conference on Pattern Languages of Programs. ACM, New York, NY, 2012; S. 1–23.
- [St15] Sterling, G.: MindMeld Launches Voice Assistant 2.0, Says Voice Search Growing Dramatically. 40 percent of smartphone owners started using voice in just the past six months. <http://searchengineland.com/mindmeld-launches-voice-assistant-2-0-says-voice-search-growing-dramatically-238130>, 10.04.2017.
- [St16] Stocker, A. et al.: Datenbrillengestützte Checklisten in der Fahrzeugmontage. In Informatik-Spektrum, 2016, 51; S. 827–835.
- [TN15] TNS Infratest: Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL. Wirtschaftsindex DIGITAL: Mittelstand 2015. https://www.tns-infratest.com/wissensforum/studien/pdf/bmwi/TNS-Infratest-Monitoring_Report_2015_Mittelstand.pdf, 24.03.2017.
- [Vo17] Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten Hrsg.: Handbuch Industrie 4.0 Bd.2. Automatisierung. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017.
- [Wa15] Wang, C.-Y. et al.: PalmType. Using Palms as Keyboards for Smart Glasses. In (Boring, S. et al. Hrsg.): Proceedings of the 17th ACM International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct. Copenhagen, Denmark, 2015. ACM, New York, NY, 2015; S. 153–160.
- [Wh94] Whiteside, J.; Bennett, J.; Holtzblatt, K.: Usability Engineering: Our Experience and Evolution. In (Helander, M. Hrsg.): Handbook of human-computer interaction. North-Holland, Amsterdam, 1994; S. 791–817.