

Intuitive Bedienung laserbasierter Montageassistenten

Rainer Müller,
Ralf Müller-Polyzou,
Leenhard Hörauf,
Attique Bashir,
Martin Karkowski,
Denise Vesper und
Steffen Gärtner, Saarbrücken *)

Unternehmen erwarten durch den Einsatz intuitiver Bedienkonzepte ökonomische, technische und nutzerorientierte Vorteile. Das Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik (ZeMA) und die LAP GmbH Laser Applikationen haben eine Studie zur Auswahl neuer Bedienkonzepte durchgeführt. In der Studie wurden die Effektivität, Effizienz und Nutzerfreundlichkeit der Bedienung laserbasierter Montageassistentensysteme analysiert. Eine Smartwatch, ein Armband mit Gestensteuerung und eine Sprachsteuerung wurden mit einer Infrarot (IR)-Fernbedienung verglichen. **)

Einleitung

Intuitive Bedien- und Steuerelemente entwickeln sich – getrieben durch die hohe Nachfrage in Consumer-Märkten – rasant [1]. Die zunehmende Verbreitung von Natural User Interfaces, basierend auf Gesten, Haptik oder Sprache, stellt Systemanbieter im Produktionsumfeld vor die Herausforderung, ihre bisherigen Bedienkonzepte zu hinterfragen und industrietaugliche Alternativen zu identifizieren. Diese sollen in ihre Systeme integriert und nachhaltig im Markt etabliert werden. Die Hoffnung liegt dabei vielfach auf der Steigerung der Nutzerfreundlichkeit, basierend auf intuitivem und oft im privaten Umfeld gelerntem Bedienverhalten [2, 3]. Innovative Bedienkonzepte können so auch zu einer kooperativen Einbeziehung in die Steuerung einer Anlage führen [4].

Auch Anbieter laserbasierter Assistenzsysteme sehen sich der Herausforderung gegenüber, moderne Bedienkonzepte zu entwickeln und einzuführen. Daher wurden in dem Projekt „Intuitive Systembedienung von Projektionslasern (InSysPro)“ in Zusammenarbeit mit der Firma LAP einsatzfähige Alternativen zu bestehenden Bedienkonzepten untersucht.

Zielsetzung des Projekts war eine systematische Untersuchung und Bewertung intuitiver Bedienkonzepte in Hin-

blick auf die industrielle Anwendbarkeit und Nutzerfreundlichkeit [5]. Im Rahmen einer vergleichenden Analyse wurden kommerziell verfügbare Bedienkonzepte auf ihre Industrietauglichkeit hin analysiert und in einem Modell anhand definierter Kriterien bewertet. Drei Bedienkonzepte wurden, basierend auf einer prototypischen Implementierung, in ein Laser-Assistenzsystem integriert und unter Durchführung strukturierter Anwendertests analysiert. Dabei wurde ein direkter Vergleich zum standardmäßig eingesetzten IR-Fernbedienungskonzept durchgeführt. Der vorliegende Beitrag stellt die Zielsetzung, methodische Vorgehensweise sowie die Ergebnisse der empirischen Studie im Rahmen des Projekts dar.

Stand der Technik

Laserprojektionssysteme bestehen aus einem oder mehreren Laserprojektoren, Laser-Reflektortargets, Strom- und Datenverbindungen sowie aus einem Systemrechner mit einer zentralen Laserprojektionssoftware. Ein in der Arbeitsvorbereitung definierter digitaler Arbeitsplan wird in Form sequentieller Arbeitsschritte durch einen Laser direkt auf dem Montageobjekt dargestellt [6]. Eine Hauptfunktion der Bedienung des Systems ist das Vor- und Zurückschalten der einzelnen Laserprojektionen. Weitere wichtige Funktionen sind das Kalibrieren sowie das Laden neuer Arbeitspläne.

Die Bedienung der auf dem Systemrechner installierten Projektionssoftware über die Oberfläche (kurz GUI von Eng-

lisch Graphical User Interface) unterstützt den vollen Funktionsumfang des Systems, erfordert aber gerade bei großen Objekten lange Laufwege und damit eine Unterbrechung des Arbeitsprozesses. Die Bedienung durch einen mobilen Tabletcomputer reduziert zwar die Laufwege, der Arbeitsprozess wird jedoch weiterhin unterbrochen. In einigen Fertigungsprozessen sind Tabletcomputer zudem aufgrund der eingesetzten Fertigungsmittel und der vorherrschenden Umgebungsbedingungen nicht anwendbar.

Als Stand der Technik in der Bedienung von laserbasierten Assistenzsystemen hat sich der Einsatz von klassischen IR-Fernbedienungen etabliert. Diese

***) Danksagung

Das Projekt InSysPro wurde im Rahmen des ZIM Projektes EP140967 der LAP GmbH Laser Applikationen in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gGmbH (ZeMA) realisiert. Der Leistungsempfänger und Fremdleistungserbringer bedanken sich beim BMWi für die geleistete Unterstützung.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

*) Hinweis

Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen von den Mitgliedern des ZWF-Advisory Board wissenschaftlich begutachteten Fachaufsatz (Peer-Review).

gelten als kostengünstig und robust im industriellen Einsatz. Einige Anwender empfinden diese jedoch als hinderlich im laufenden Fertigungsbetrieb, da auch bei der Bedienung mit einer IR-Fernbedienung der Arbeitsprozess kurzfristig unterbrochen wird. Zudem muss die Fernbedienung gerade bei Tätigkeiten an großen Objekten in örtlicher Nähe des Anwenders beziehungsweise direkt an der Person gehalten werden. Die zusätzliche Orientierung der Fernbedienung in Richtung eines Laserprojektors bedingt zudem unergonomische Bewegungen.

Auswahl der Bedienelemente

Das betrachtete Laserprojektionssystem ist neben einem PC oder einem Tablet standardmäßig mit einer IR-Fernbedienung ausgestattet. Für raue Arbeitsumgebungen mit Schmutz und Feuchtigkeit gibt es zudem eine Heavy-Duty-IR-Fernbedienung. In dem Projekt InSysPro wurde die IR-Fernbedienung in der Standardversion eingesetzt.

Die getesteten Bedienkonzepte mussten wichtige Funktionen, wie beispielsweise die Weiterschaltung von Projektionsschritten, unterstützen. Für die Auswahl der Bedienelemente wurden technische, kommerzielle und nutzerorientierte Kriterien für die Industrietauglichkeit unterschiedlicher produktionstechnischer Anwendungen erarbeitet (Tabelle 1).

Tabelle 1. Kriterien zur Auswahl von Bedienelementen

Technische Kriterien	Kommerzielle Kriterien	Nutzerorientierte Kriterien
Industrieller Schutzgrad	Kommerzielle Verfügbarkeit	Hilfestellung während der Bedienung (Intuitivität)
Akkuleistung und Reichweite der drahtlosen Verbindung	Preis	Beeinträchtigung des Bedieners bei der Arbeit
Anbindung an die Produktionsumgebung	Professioneller Service	Anzahl der unterstützten Steuerbefehle
Verfügbarkeit einer API/ SDK		Möglichkeit der Rückmeldung

Anschließend wurden diese Kriterien gewichtet und in einem Modell abgebildet. Dieses Modell diente der Bewertung und Priorisierung verschiedener marktgängiger Bedienkonzepte. Durch die modellbasierte Priorisierung wurden die drei am höchsten priorisierten Bedienkonzepte für die prototypische Implementierung in der Testumgebung ausgewählt. Diese Bedienkonzepte werden im Folgenden näher erläutert:

- *Eine Smartwatch für den direkten und dauerhaften Einsatz am Handgelenk*
Die Smartwatch bietet haptische und optische Rückmeldungsmöglichkeiten und wird drahtlos über WLAN in das Gesamtsystem eingebunden.
- *Eine Gestenerkennung mittels Armband, welches am Unterarm des Anwenders angebracht wird*

Elektroden im Armband detektieren die Bewegungen einzelner Muskeln und werten diese als Gesten aus. Die Verbindung zum System erfolgt drahtlos über Bluetooth. Das Armband gibt direkte Rückmeldungen in Form von Vibrationsmustern.

- *Eine Sprachsteuerung mittels Kopfhörer und Mikrofon*

Die zugrunde liegende Sprachanalyse-Software zur Auswertung der Sprachbefehle ist auf dem zentralen Systemrechner installiert. Der Kopfhörer mit Mikrofon ist drahtlos über Bluetooth verbunden. Das System erlaubt Rückmeldungsmöglichkeiten an den Bediener in Form von Sprachausgaben.

Die ausgewählten Bedienkonzepte sowie die Testumgebung für die Studiendurchführung sind in Bild 1 zu sehen.

Testumgebung und Systemaufbau

Die definierte Testumgebung zur Durchführung der Studie bestand aus einem ergonomisch gestalteten Montagearbeitsplatz (vgl. Bild 1). Dieser Arbeitsplatz beinhaltet einen Laserprojektor des Typs CAD-PRO. Zusätzlich wurden die zu untersuchenden Bedienelemente eingebunden. Die Integration der ausgewählten Bedienkonzepte in die zentrale Projektionssoftware erfolgte über ein TCP/IP-Interface. Ein neu entwickelter Connector vereinfacht dabei die flexible softwaretechnische Anbindung der Bedienelemente an die Projektionssoftware.



Smartwatch



Montagearbeitsplatz mit Laserprojektor



Sprachsteuerung



Gestensteuerung



IR-Fernbedienung

Bild 1. Testumgebung für die Studiendurchführung und die eingesetzten Bedienkonzepte

Dazu verwendet der Connector ein standardisiertes Remote Procedure Call (RPC)-Framework.

Implementierung der Smartwatch

Auf der Smartwatch wurde die Ansteuerung des Projektionssystems durch eine Webapplikation umgesetzt. Dies bietet den Vorteil, dass die Applikation grundsätzlich unabhängig vom Gerätebetriebssystem (Android, Windows, IOS und so weiter) ist. Als Steuerungsmöglichkeit ist die Wischbewegung (Swipe) implementiert. Mit einer Wischbewegung nach links wird die Projektion weitergeschaltet, während ein Wischen nach rechts die Laserprojektion zurückschaltet. Bei der Befehlseingabe erhält der Bediener ein haptisches Feedback in Form einer Vibration der Smartwatch.

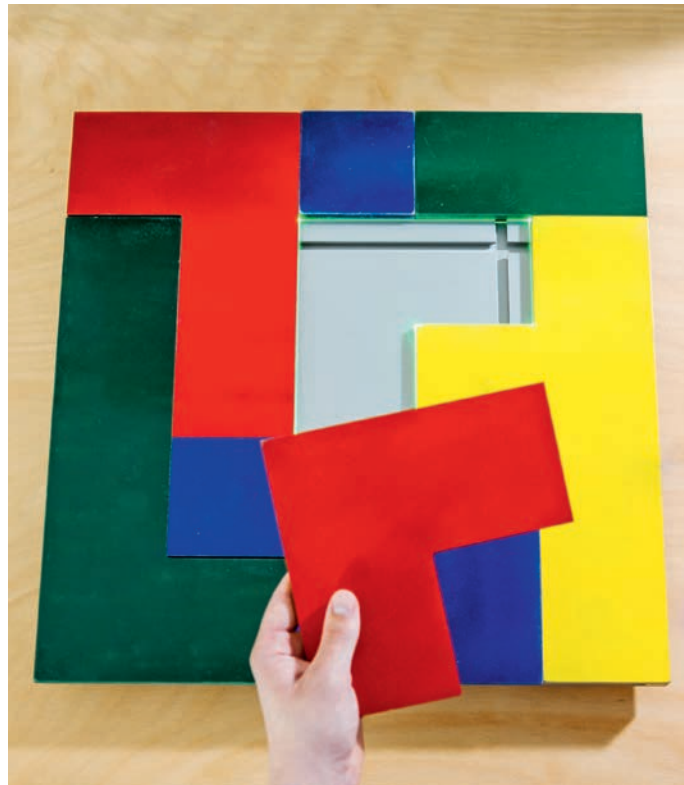
Implementierung des Gestenarmbandes

Die Gestensteuerung wurde mit der vom Hersteller bereitgestellten Treiber-Bibliothek eingebunden. Damit eine Bedienung des Projektionssystems nicht unbeabsichtigt erfolgen konnte, wurde eine konfigurierbare Aktivierungsgeste sowie eine erforderliche Armposition zur Eingabe integriert. Zusätzlich können die Gesten zur Interaktion mit dem Projektionssystem angepasst werden, sodass das Gestenarmband auf den Anwender und die Arbeitsumgebung abgestimmt werden kann. Haptische Rückmeldungen in Form von Vibrationen informieren den Anwender über den Status der Interaktion.

Implementierung des Voice Clients

Zur Umsetzung der Sprachsteuerung wurde das Microsoft Speech Platform 11 Framework eingesetzt. Die Plattform unterstützt eine Offline-Spracherkennung. Zudem können bis zu 56 weitere Sprachen durch die Installation der entsprechenden Sprachpakete implementiert werden [7]. Ferner fanden keine adaptiven Anpassungen des Sprachmodells während der Laufzeit statt, sodass dieses System nutzerunabhängig und ohne Trainingsdaten mit gleichbleibenden Resultaten betrieben werden kann. Die Unterstützung von Einstellungen wie einer Aktivierungslautstärke und eines Mikrofon-Telefonlevel, eines akustischen Feed-

Bild 2. Das Legepuzzle repräsentiert eine zweidimensionale, reproduzierbare Montageaufgabe mit geringem Schwierigkeitsgrad



backs sowie der in dem Voice Client anpassbaren Sprachbefehlen zur Interaktion mit dem Projektionssystem erlaubt es, die Sprachsteuerung speziell auf die industrielle Arbeitsumgebung und den Anwender anzupassen.

Aufgabenstellung für die Studienteilnehmer

Während der Studie erhielten die Teilnehmer die Aufgabe, ein siebenteiliges quadratisches Legepuzzle mit den Außenabmessungen 50 x 50 cm zusammenzusetzen (vgl. Bild 2). Die Puzzleteile mit vier klar unterscheidbaren Farben sind großteilig und geradkantig. Das Legepuzzle repräsentierte eine zweidimensionale, reproduzierbare Montageaufgabe mit geringem Schwierigkeitsgrad und wurde als Arbeitsanweisung im Laserprojektionssystem hinterlegt. Es wurde bewusst ein geringer und gleichbleibender Schwierigkeitsgrad gewählt, um auf die Analyse der Systembedienung zu fokussieren. Zusätzlich wurden dem Anwender lediglich Befehle zur Anpassung des Montagefortschritts („Vor“, „Zurück“) freigeschaltet.

Durchführung der Studie

Zu Beginn der Studie wurden den Teilnehmern die implementierten Bedien- und Steuerelemente vorgestellt und deren

Benutzung eingehend erläutert. Anschließend füllten die Teilnehmer den strukturierten Erwartungsfragebogen aus.

Während der Durchführung der Aufgabe beobachtete ein Testleiter mit dem strukturierten Beobachterfragebogen die Teilnehmer. Neben der benötigten Zeit für die Aufgabenerfüllung wurden die Anzahl von Nutzerfehlern, das Verhalten der Person und auch die Kommentare, welche die Teilnehmer bei der Verwendung der Bedienkonzepte äußerten, erfasst.

Nach der Durchführung der Aufgabe füllten die Teilnehmer den Bedienkonzeptfragebogen aus. Dieser erfasste die Usability (Nutzerfreundlichkeit), User Experience (Nutzererlebnis), die Effizienz, Effektivität und auch die Optik des jeweiligen Bedienkonzepts.

Zum Ende der Testung wurden die Teilnehmer darüber hinaus gebeten, einen strukturierten Abschlussfragebogen auszufüllen.

Aufbau der Fragebögen zur Bewertung

Für die empirische Erfassung der Effizienz und Effektivität der Aufgabenbearbeitung sowie der Benutzerfreundlichkeit der eingesetzten Bedienkonzepte wurden folgende strukturierte Fragebögen entwickelt.

Ein *Erwartungsfragebogen* erfasste zunächst die bisherigen Erfahrungen, welche die Teilnehmer mit der IR-Fernbedienung in der Praxis gemacht hatten. Beurteilt wurde insbesondere der Zufriedenheitsgrad der Teilnehmer. Weiterhin gaben die Teilnehmer für die drei neuen Bedienkonzepte an, ob ihnen diese bekannt waren, ob sie bereits praktische Erfahrungen mit diesen gesammelt hatten und was ihrer Meinung nach positive oder negative Eigenschaften der Bedienkonzepte sein könnten. Abschließend wurden die Teilnehmer vor der Durchführung der Aufgabe um eine Vorabentscheidung für eines der drei neuen Bedienkonzepte gebeten.

Ein *Beobachterfragebogen* diente der Erfassung objektiver Maße, wie beispielsweise der Zeit, die für die Aufgabe benötigt wurde, die Zahl genutzter Befehle oder auch die Anzahl kritischer Äußerungen während der Nutzung [8]. Der Beobachter beurteilte außerdem das Auftreten der Teilnehmer während der Aufgabe in Hinblick auf Souveränität, Umgang und Strukturiertheit des Vorgehens.

Die *Bedienkonzeptfragebögen* zu den einzelnen Bedienkonzepten waren identisch aufgebaut. Die Teilnehmer beantworteten zunächst Fragen zum Anwendungsszenario, um anschließend das Bedienkonzept zu beurteilen. Die Fragen zum Anwendungsszenario erfassten, ob das Aufgabenziel erfüllt werden konnte und ob das Bedienkonzept als optisch, haptisch oder intuitiv ansprechend empfunden wurde. Bevor die Teilnehmer die Nutzerfreundlichkeit beurteilten, beantworteten sie noch adaptierte Fragen des After Scenario Questionnaires (ASQ) zur Beurteilung der Effektivität und Effizienz [9]. Anschließend bewerteten die Teilnehmer die Nutzerfreundlichkeit des jeweiligen Bedienkonzepts. Hierfür wurden Fragen der System Usability Scale (SUS) auf einer Skala von 0 bis 4 beantwortet [10]. Zusätzlich wurden im Hinblick auf das Nutzererlebnis die Skalen Benutzbarkeit, Nützlichkeit, positive und negative Emotionen des meCUE-Fragebogens adaptiert eingesetzt [11]. Zum Abschluss beurteilten die Teilnehmer das jeweilige Bedienkonzept auf einer Skala von -5 bis +5, welche ebenfalls dem meCUE entnommen wurde.

Nachdem die Teilnehmer alle vier Bedienkonzepte angewendet hatten, nannten sie in einem *Abschlussfragebogen* ihre Entscheidung für eines der Bedienkonzepte. Weiterhin wurden Gründe für die

Tabelle 2. Erwartete potenzielle Vorzüge und Nachteile der einzelnen Konzepte

	Smartwatch	Gestensteuerung	Sprachsteuerung
Vorzüge	Bekannt, vgl. Uhr	Handfreies Arbeiten	
	Kein zusätzliches Gerät		Einfache und intuitive Bedienung
Nachteile	Ablenkung durch zusätzliche Apps	Druckstellen	Tragekomfort
	Akku		Beeinflussung durch Umgebungsgeräusche
	Kleines Display	Missinterpretation	Probleme bei Dialekten

Entscheidung, mögliche Verbesserungen für das gewählte Bedienkonzept und die allgemeine Zahlungsbereitschaft erfasst.

Ergebnisse der Studie

Insgesamt nahmen 30 Teilnehmer aus vier Unternehmen an der Studie teil. 25 Teilnehmer füllten die Fragebögen vollständig aus und gingen damit in die Analyse ein. Das Durchschnittsalter der Teilnehmer betrug 34 Jahre, unter den Teilnehmern waren 7 Frauen. Die erhobenen Daten wurden in der Statistiksoftware SPSS ausgewertet.

Die Teilnehmer gaben an, dass sie in mittlerem Maße mit der IR-Fernbedienung zufrieden waren. 16 Teilnehmer haben zudem Veränderungen an der IR-Fernbedienung angeregt. Als Verbesserungsvorschläge gegenüber der bisherigen IR-Fernbedienung wurden u. a. mehr Funktionen und auch ein handfreies Arbeiten genannt.

Bei der Betrachtung der neuen Bedienkonzepte zeigte sich, dass die Smartwatch bereits 80 Prozent der Teilnehmer bekannt ist und somit das bekannteste Bedienkonzept darstellt. 56 Prozent der Teilnehmer gaben an, bereits Erfahrungen mit der Sprachsteuerung gemacht zu haben. Vor der eigentlichen Testung entschieden sich 45 Prozent der Teilnehmer für die Sprachsteuerung, 35 Prozent für die Smartwatch und lediglich 20 Prozent für die Gestensteuerung. Als Erwartung für potenzielle Vor- und Nachteile der drei Bedienkonzepte wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Eigenschaften genannt.

Während der Aufgabe wurde beobachtet, dass die Teilnehmer beim Einsatz der Gestensteuerung durchschnittlich 83 Sekunden und damit am längsten zur Auf-

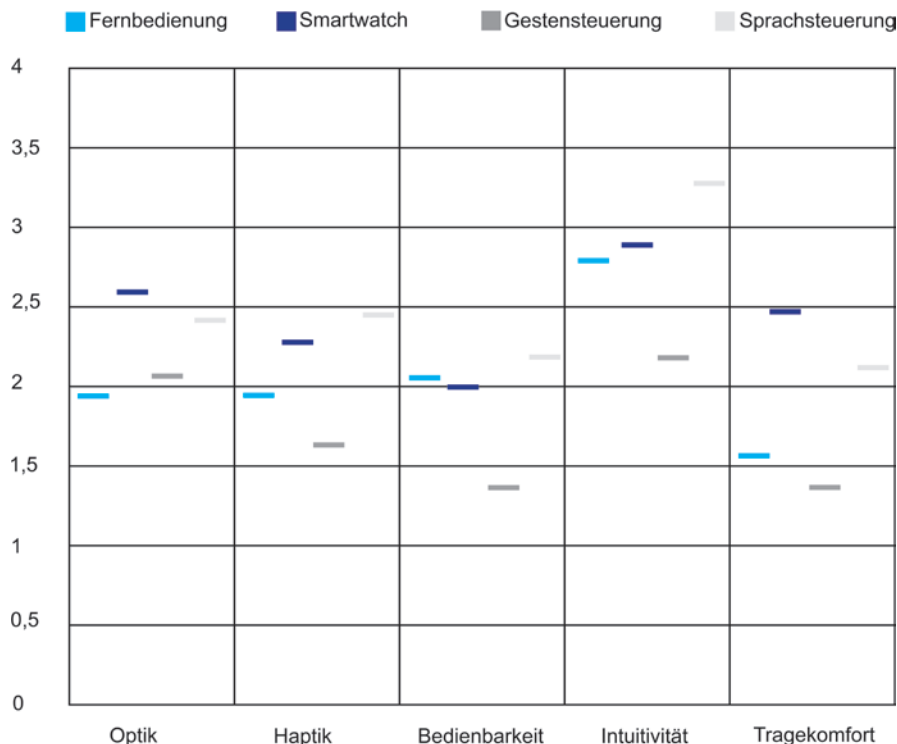
gabenerfüllung benötigten. Im Vergleich hierzu dauerte das Szenario mit der Smartwatch durchschnittlich 61 Sekunden, mit der Fernbedienung 55 Sekunden und mit der Sprachsteuerung 60 Sekunden. Bei der Bedienung mit der Gestensteuerung wurden im Mittel mit 4,41 die meisten Eingabefehler durch den Teilnehmer gemacht. Dies spiegelte sich auch in Frustrationsäußerungen und kritischen Äußerungen wider. Die Teilnehmer wirkten dadurch teilweise überfordert. Dahingegen wurden bei der Nutzung der Sprachsteuerung die meisten positiven Aussagen (im Mittel 0,75) getätigt. Im Umgang mit der Smartwatch und der Sprachsteuerung wirkten die Teilnehmer souverän und sicher.

Mit Ausnahme der Gestensteuerung gaben die Teilnehmer für alle Bedienkonzepte an, dass sie ihr Aufgabenziel erfüllen konnten. In Bezug auf die optische Wahrnehmung präferierten die Teilnehmer die Smartwatch. Die Haptik wurde für die Sprachsteuerung am besten bewertet. Bezüglich der Bedienbarkeit unterschieden sich die Fernbedienung, Smartwatch und Sprachsteuerung kaum, wohingegen die Gestensteuerung deutlich schlechter beurteilt wurde (Tabelle 3). Bezüglich der Intuitivität wird die Sprachsteuerung von den Teilnehmern bevorzugt. Der Tragekomfort wird bei der Smartwatch am höchsten eingeschätzt.

Zudem wurde die subjektiv empfundene Effektivität im Sinne der Zufriedenheit mit der Aufgabenerfüllung und die subjektive Effizienz als Zufriedenheit mit dem empfundenen Zeitaufwand erfragt. Die Effektivität der Sprachsteuerung wurde im Vergleich zur IR-Fernbedienung um 10 Prozent höher eingeschätzt, bei der Effizienz sogar um 12 Prozent höher. Die Gestensteuerung dagegen erzielt verglichen mit der IR-Fernbedienung eine empfundene Effektivität von -47 Prozent und eine Effizienz von -50 Prozent.

Der Usability-Gesamtscore, welcher in Anlehnung an den System Usability Scale (SUS) berechnet wird, bestätigt die Ergebnisse. Die Gestensteuerung weist mit 33,3 von 80 möglichen Punkten einen bedeutsam niedrigeren Wert auf als die drei anderen Bedienkonzepte. Die drei anderen Bedienkonzepte, Fernbedienung (51,5), Smartwatch (53,5) und die Sprachsteuerung (58,4), können insgesamt als gut im Sinne der Nutzerfreundlichkeit beurteilt werden.

Tabelle 3. Ergebnis der Bewertung nach den Kriterien optisches Empfinden, Haptik, Bedienbarkeit, Intuitivität und Tragekomfort



Zur Erfassung der User Experience evaluierten die Teilnehmer die Bedienkonzepte hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit, Nützlichkeit sowie positiver und negativer Emotionen. Sowohl für die Bedienbarkeit als auch für die Nützlichkeit wird die Sprachsteuerung im Mittel mit 3,07 beziehungsweise 2,65 von maximal 4 Punkten am besten bewertet. Die meisten positiven Emotionen ruft die Smartwatch mit 1,54 Punkten hervor, die meisten negativen Emotionen mit einem Mittelwert von 2,08 dagegen die Gestensteuerung.

In der Gesamtbewertung wird die Gestensteuerung mit einem Mittelwert von -1,24 am schlechtesten und die Sprachsteuerung mit einem Mittelwert von 2,52 am besten bewertet. Die Smartwatch erreicht 2,29 und die Fernbedienung 1,61 Punkte.

Stimmig zu den vorherigen Ergebnissen entschieden sich im Abschlussfragebogen 44 Prozent der Teilnehmer für die Sprachsteuerung, und je 24 Prozent entschieden sich für die existierende IR-Fernbedienung beziehungsweise die Smartwatch. Als Gründe für ihre Entscheidung für die Sprachsteuerung gaben die Teilnehmer beispielsweise an, dass diese zuverlässig sei und ein hand-freies Arbeiten ermögliche.

Insgesamt ergibt sich somit, dass die Sprachsteuerung von den Teilnehmern der Studie am höchsten bewertet wird, wohingegen die Gestensteuerung am schlechtesten beurteilt wird.

Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurden drei Bedienkonzepte (Smartwatch, Gesten- und Sprachsteuerung) analysiert und in einer empirischen Studie bewertet. Um die Effektivität, Effizienz und Nutzerfreundlichkeit der Bedienkonzepte in einem definierten Anwendungsfall objektiv zu beurteilen, wurden fünf strukturierte Fragebögen ausgearbeitet. Die Teilnehmer erfassten ihre Erwartungen und Erfahrungen zu Beginn der Studie, nach Einsatz der einzelnen Bedienelemente und zum Abschluss der Testung. Zusätzlich wurden objektive und subjektive Daten von einem geschulten Beobachter erfasst.

Die vergleichende Analyse legt dar, dass die Nutzer im gewählten Anwendungsfall die Technologie der Sprachsteuerung unter den Gesichtspunkten Haptik und Bedienbarkeit am besten bewerten und die Gestensteuerung am schlechtesten. Auch in der Gesamtbewer-

tung erzielt die Sprachsteuerung einen Mittelwert von 2,52 bei maximal 3 möglichen Punkten. Bei der Entscheidung für eines der Bedienkonzepte am Ende der Studie entschied sich eine deutliche Mehrheit für die Sprachsteuerung, gefolgt von der Smartwatch.

Als bisheriger Anwendungsfall diente ein Legepuzzle an einem Arbeitsplatz. Um eine bessere Aussage über die Funktionalität der Bedienkonzepte zu erhalten, werden im nächsten Schritt Machbarkeitsstudien bei Firmen im realen Produktionsumfeld durchgeführt.

Literatur

- Chandra, R.; Huffman, S.: How Google Home and the Google Assistant Helped You Get More Done in 2017. Hrsg. v. Google Blog. Online unter <https://blog.google/products/assistant/how-google-home-and-google-assistant-helped-you-get-more-done-in-2017/> [Zuletzt geprüft am 02.04.2018]
- Richter, C.; Reinhart, G.: Klassifikation von Bedientechnologien für den Maschinen- und Anlagenbau. ZWF 110 (2015) 5, S. 261–266. DOI: 10.3139/104.111321
- Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; ten Hompel, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 – Bd. 4: Allgemeine Grundlagen. 2. Aufl., Springer Vieweg (Springer Reference Technik), Berlin 2017. Online unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-53254-6>
- Müller, R.; Vette-Steinkamp, M.; Hörauf, L.; Speicher, C.; Bashir, A.: Intelligent and Flexible Worker Assistance Systems – Assembly Assistance Platform for Planning Assisted Assembly and Rework as Well as Execution of a Worker-Centered Assistance. In: Proceedings of the 13th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2018) – Volume 2: HUCAPP, S. 77–85
- Richter, C.; Reinhart, G.: Klassifikation von Bedientechnologien für den Maschinen- und Anlagenbau. ZWF 110 (2015) 5, S. 261–266. DOI: 10.3139/104.111321
- Müller, R.; Vette, M.; Hörauf, L.; Speicher, C.; Bashir, A.: Werkerassistenzsystem. Werkerführung verteilt Infos. Hrsg. v. handling online (2017). Online unter <https://www.handling.de/montagetechnik/werkerassistenzsystem--werkerfuehrung-verteilt-infos.htm> [Zuletzt geprüft am 11.01.2018]
- Microsoft Speech Platform – Runtime Languages (Version 11). Online unter <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=27224> [Zuletzt geprüft am 02.04.2018]
- Nielsen, J.: Usability Engineering. Academic Press, Boston 1993
- Lewis, J.R.: Psychometric Evaluation of an After-scenario Questionnaire for Computer Usability Studies: the ASQ. ACM SIGCHI Bulletin 23 (1991) 1, S. 78–81

10. Brooke, J.: SUS – A Quick and Dirty Usability scale. Usability Evaluation in Industry 189 (1996) 194, S. 4–7
11. Minge, M.; Riedel, L.: meCUE – Ein modularer Fragebogen zur Erfassung des Nutzungserlebens. In: Boll, S.; Maaß, S.; Malaka, R. (Hrsg.): Mensch und Computer: Interaktive Vielfalt. Oldenbourg Verlag, München 2013, S. 89–98

■ Die Autoren dieses Beitrages

Prof. Dr.-Ing. Rainer Müller, geb. 1963, war nach Studium und Promotion an der RWTH Aachen in verschiedenen Industrieunternehmen unter anderem als Geschäftsführer tätig. Seit 2012 ist er wissenschaftlicher Geschäftsführer am ZeMA. Er hat eine Professur an der Universität des Saarlandes sowie eine Apl.-Professur an der RWTH Aachen im Fachgebiet Montage und Montageautomatisierung.

Dipl.-Ing., Patentingenieur Ralf Müller-Polyzou, geb. 1974, studierte Elektrotechnik an der RWTH Aachen. Danach arbeitete er in unterschiedlichen Branchen in den Bereichen Consulting und technisches Marketing. Nach einer Fortbildung zum Patentingenieur an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena promoviert er nebenberuflich an der Leuphana Universität Lüneburg

zum Thema Montageassistenz. Er leitet heute das Produktmarketing bei der LAP GmbH Laser Applikationen.

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Leenhard Hörauf, geb. 1985, studierte Maschinenbau und parallel Wirtschaftsingenieurwesen an der RWTH Aachen. An gleicher Hochschule promoviert er zum Thema Planung cyber-physischer Montagesysteme. Seit 2015 leitet er die Gruppe Montagesystemtechnik und Anlagenplanung am ZeMA.

Attique Bashir, M.Sc., geb. 1990, studierte Mechatronik an der Universität des Saarlandes. Seit 2016 ist er am ZeMA als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig und beschäftigt sich mit der bedarfsgerechten und flexiblen Mitarbeiterassistenz in der Montage.

Martin Karkowski, M.Sc., geb. 1989, studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen. Seit 2016 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZeMA tätig und beschäftigt sich überwiegend mit modularen Steuerungssystemen und der Automatisierungstechnik.

Bibliography

DOI 10.3139/104.111922

ZWF 113 (2018) 6; page 363–368

© Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG

ISSN 0032–678X

Denise Vesper, geb. 1995, studiert Psychologie im Master-Studiengang an der Universität des Saarlandes. Während ihrer studentischen Tätigkeit am ZeMA befasst sie sich unter anderem mit den Themen Usability-Testungen und Mensch-Roboter-Kollaboration.

Steffen Gärtner, geb. 1990, hat sich in seiner Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Produkt- und Prozessinnovation der Leuphana Universität Lüneburg mit Montageassistenzsystemen beschäftigt. Er ist heute Produktmanager bei der LAP GmbH Laser Applikationen.

■ Summary

Intuitive Control of Laser Based Assembly Assistance. Companies expect economic, technical and user-oriented benefits by the application of intuitive human-machine control concepts. The center of mechatronic and automation technology (ZeMA) and LAP GmbH Laser Applikationen have jointly conducted a study for the evaluation of new control concepts. The study has analyzed the effectiveness, efficiency and usability of control concepts for laser based assembly assistance. A smartwatch, a gesture recognition wristlet and speech recognition have been compared with an infrared (IR) remote control.