

# Über die Entwicklung eines prozedural-interaktiven Assistenzsystems für leistungsgeminderte und -gewandelte Mitarbeiter<sup>1</sup> in der manuellen Montage

L. Bächler\*, A. Bächler\*\*, M. Kölz \*\*\*,  
T. Hörz\*\*\*\*, T. Heidenreich\*\*\*\*\*

\*Hochschule Esslingen, Fakultät Soziale Arbeit, Gesundheit und Pflege, Flandernstr. 101, 73732 Esslingen,  
(Tel.: 0711/ 397 4557; e-mail: liane.baechler@hs-esslingen.de)

\*\*Hochschule Esslingen, Fakultät Maschinenbau, Kanalstr. 33, 73728 Esslingen,  
(e-mail: andreas.baechler@hs-esslingen.de)

\*\*\*Hochschule Esslingen, Fakultät Maschinenbau, Kanalstr. 33, 73728 Esslingen,  
(e-mail: manuel.koelz@hs-esslingen.de)

\*\*\*\*Hochschule Esslingen, Fakultät Maschinenbau, Kanalstr. 33, 73728 Esslingen,  
(e-mail: thomas.hoerz@hs-esslingen.de)

\*\*\*\*\*Hochschule Esslingen, Fakultät Soziale Arbeit, Gesundheit und Pflege, Flandernstr. 101, 73732 Esslingen,  
(e-mail: thomas.heidenreich@hs-esslingen.de)

---

**Zusammenfassung:** Durch die Globalisierung und den fortschreitenden demografischen Wandel kommt es zu erheblichen Veränderungen in der heutigen industriellen Produktion, innerhalb der Bundesrepublik Deutschland. Als Folge der zu beobachtenden Entwicklung steigt, durch die stärkere Produktindividualisierung, der Anteil kleiner Losgrößen stark an. Eine automatisierte Montage ist aufgrund der hohen Flexibilitätserfordernissen oftmals wirtschaftlich nicht mehr rentabel, wodurch die manuelle Montage wieder mehr an Bedeutung gewinnt.

Im Folgenden geht es um die Entwicklung und den Einsatz eines geeigneten Montage- und Kommissionierassistenzsystems für leistungsgeminderte und -gewandelte Mitarbeiter im industriellen Umfeld. Die Entwicklung dieser neuartigen Montage- und Kommissioniereinrichtung soll die globalen und gesellschaftlich gewandelten Bedingungen angemessen berücksichtigen, den aktuellen Entwicklungen bzw. deren Folgen adäquat begegnen und beeinträchtigten Mitarbeitern eine bestmögliche Unterstützung in ihrer Arbeitstätigkeit bieten.

Zur Ermittlung des Nutzerkreises und der möglichen Bedingungen, die für einen erfolgreichen Einsatz des Assistenzsystems für die ermittelte Nutzergruppe gegeben sein müssen, wurde eine Datenerhebung in einer Werkstätte für Menschen mit Behinderung durchgeführt.

---

## 1. EINLEITUNG

### 1.1 Theoretischer Hintergrund und Motivation

In der industriellen Fertigung besteht die Aufgabe der Montage darin, aus unterschiedlichen Teilen ein Produkt von hoher Komplexität mit vorgegebenen Funktionen in einer bestimmten Zeit zusammenzubauen (Warnecke, 1975 zit. nach Lotter, 2012a). Hierbei geht es um den planmäßigen Zusammenbau von Modulen zu Produkten, wie auch die VDI-Richtlinie 2860 (VDI-Richtlinie, 1990) verdeutlicht. Darin ist unter Montieren die Gesamtheit aller Vorgänge, die dem Zusammenbau von geometrisch bestimmten Körpern dienen, zu verstehen (ebd.). Laut der DIN 8593 (1996) bestehen Montageprozesse hauptsächlich aus Vorgängen des Fügens und aus Funktionen der Werkstückhandhabung (VDI-Richtlinie 2860, 1990). Die Montagefunktionen umfassen außerdem zusätzliche Tätigkeiten wie das Justieren, das Kontrollieren und das Tätigen von Sonderoperationen, wie z.B. Markier-, Kühl- und

Reinigungstätigkeiten (ebd.). Aus Warneckes (1975) Definition leitet Lotter (2012a) ab, dass erst seit Beginn der industriellen Produktion von der Montage im Sinne eines separaten Produktionsabschnittes gesprochen werden kann.

Kontemporär geht der Trend in der Produktion immer mehr von der Massenfertigung mit langer Produktlebensdauer hin zur Fertigung von Produkten mit hoher Variantenvielfalt und kurzer Lebensdauer, wodurch der Anteil an Kleinserien mit geringen Stückzahlen stark ansteigt. Ebenso haben veränderte Bedingungen wie beispielsweise die Globalisierung und der demografische Wandel einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der heutigen industriellen Produktion und der Montagetechnik innerhalb der Bundesrepublik Deutschland (ebd.).

Nach Lotter (2012a) zeigen diese Entwicklungsfolgen, dass eine automatisierte Montage aufgrund der hohen Flexibilitätserfordernissen oftmals wirtschaftlich nicht mehr rentabel ist und die manuelle Montage auch in Deutschland, wieder mehr an Bedeutung gewinnt. Manuelle Prozesse erfordern

---

<sup>1</sup> Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

allerdings, aufgrund der hohen Produktintervalle und -varianz, auch eine hohe Qualifikation der Mitarbeiter.

Zukünftige Montageeinrichtungen, die globale und gesellschaftlich veränderte Bedingungen beachten, sollten wichtige Leitlinien (Lotter, 2012a, S. 4) wie beispielsweise einen höheren Flexibilitätsgrad berücksichtigen. Montageflexibilität kann als die Anpassbarkeit eines Systems an Veränderungen bezüglich der Art und Menge der zu produzierenden Objekte, der Produktionsanforderungen und der Produktionsbedingungen definiert werden (Schmidt, 1992). Ebenso sollten neu entwickelte Montageeinrichtungen das Erfüllen der Planstückzahl erreichen, wobei sich dieser Grundsatz für den Erstanlauf sowie auf die Umstellung auf eine neue Variante oder ein neues Produkt bezieht. Des Weiteren muss der Anteil wiederverwendbarer Komponenten einer Montageanlage auch für eine nachfolgende Nutzung erhöht werden, was den Einsatz produktneutraler Grundsysteme und standardisierter Funktionsbaugruppen erfordert (Lotter, 2012a, S. 4).

Um den geschilderten Grundsätzen, den aktuellen Entwicklungen und deren Folgen angemessen begegnen zu können, wird an der Hochschule Esslingen (Fakultät Maschinenbau und Fakultät Soziale Arbeit, Gesundheit und Pflege) in einer Kooperation mit den Projektpartnern Audi AG, Bessey Tool GmbH & Co KG, Robert Bosch AG, GWW (Gemeinnützige Werk- und Wohnstätten), KORION Simulation & Assistive Technology GmbH, Schnaithmann Maschinenbau GmbH und der Universität Stuttgart (Institute for Visualization and Interactive Systems und Institut für Philosophie) nach einer Lösung für die bestehenden Probleme geforscht. Insbesondere wird nach neuen Möglichkeiten zur technischen Unterstützung mit assistierenden Montagesystemen für leistungsgeminderte und -gewandelte, aber auch für Mitarbeiter ohne Einschränkungen, gesucht. Diese Lösung soll auch Problemen wie z.B. einer fehlenden Flexibilität, einer hohen Komplexität, einem hohen Investitionsaufwand und einer Überforderung der Mitarbeiter durch Leistungs- und Kostendruck bei bisher üblichen Montageanlagen begegnen.

Insbesondere durch die Betrachtung kognitiver Aspekte im Arbeitsleben von leistungsgeminderten und -gewandelter Mitarbeitern, kommt dem Assistenzsystem, durch seine kognitionsunterstützende Funktion, eine größere Bedeutung zu. Kognition steht im Mittelpunkt unterschiedlichster wissenschaftlicher Forschungsrichtungen, wie zum Beispiel der kognitiven Psychologie, der kognitiven Wissenschaften, der kognitiven Wirtschaftswissenschaften und der kognitiven Methodenforschung (siehe beispielsweise (Rasmussen, Petjersen & Goodstein, 1994; Hollnagel & Cacciabue, 1999).

Mit der Forschung an einer Kognitionshilfe für leistungsgeminderte und -gewandelte Mitarbeiter im Anwendungsfall einer Produktionsumgebung ist die Thematik in aktuelle Diskurse integriert.

Um einer Stigmatisierung und unangemessenen Konnotation entgegenzuwirken werden im vorliegenden Manuskript die Personen mit Beeinträchtigung der funktionalen Gesundheit als „leistungsgeminderte Mitarbeiter“ bezeichnet. Dieser Begriff bezieht sich auf eine Einschränkung der Leistungsfähigkeit, womit das maximale Leistungsniveau einer Person bzgl. einer Aufgabe oder Handlung unter Test-, Standard oder hy-

pothetischen Bedingungen gemeint ist (Schuntermann, 2007). Ebenso unterliegt die Bezeichnung „Leistungsminderung“ dem allgemeinen Oberbegriff „Behinderung“. Dieser ist in der internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF, engl. International Classification of Functioning, Disability and Health) als ein Oberbegriff, zu dem jede Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit eines Menschen (funktionale Einschränkung), jede Schädigung oder Begrenzung, jede Aktivitätsbeeinträchtigung und jede Beeinträchtigung der Partizipation (geistig, psychisch, körperlich) definiert (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information & WHO-Kooperationszentrum für das System Internationaler Klassifikationen, 2005).

Des Weiteren soll mit der Forschung an geeigneten Assistenzsystemen auch den steigenden Anforderungen in der manuellen Montage, im Hinblick auf den demografischen Wandel, begegnet werden. Aktuelle Zahlen verdeutlichen, dass sich das Durchschnittsalter von arbeitstätigen Personen und damit der Anteil der Mitarbeiter, die einem Leistungswandel unterliegen, erhöhen. Das Statistische Bundesamt prognostiziert einen neun-prozentigen Rückgang des Bevölkerungsstandes in Deutschland von 2000 bis 2050. Zusätzlich sinkt der Anteil der für die Produktion wichtigen Gruppe der 20- bis 60-jährigen von 45,5 auf 35,4 Millionen und der Anteil der über 60-jährigen steigt von 19,4 auf 27,5 Millionen Menschen an (Statistisches Bundesamt, 2009).

## 2. EMPIRISCHE VORARBEITEN

### 2.1 Wissenschaftliche Ausgangssituation

Um die Anforderungen an zukünftige Assistenzsysteme in der Industrie zu erfassen, hat die Fakultät Maschinenbau der Hochschule Esslingen unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Thomas Hörz bereits 2008 eine erste Marktstudie mit 130 Industrieunternehmen durchgeführt. Hierbei stellte sich heraus, dass der Anteil an leistungsgewandelten Arbeitnehmern in den befragten Unternehmen einen markanten Anteil von bis zu 20 % der Gesamtbelegschaft einnimmt (Hörz, Korn & Kölz, 2013). Unter leistungsgewandelten Mitarbeitern sind ehemals vollleistende Beschäftigte mit Einsatzeinschränkungen zu verstehen, welche zeitweise oder auf Dauer für bestimmte Anforderungen und Belastungen des bisherigen Arbeitsplatzes nicht mehr geeignet sind, jedoch am passenden Arbeitsplatz die volle Leistung erbringen können. Hierbei geht es besonders um die Mitarbeiter mit erworbenen Behinderungen als Folge einer Krankheit, eines Unfalls oder von Alterserscheinungen (Adenauer, 2004; Richter & Heil, 2009). Zudem ist davon auszugehen, dass der Anteil an leistungsgeminderten Mitarbeitern aufgrund des demografischen Wandels in naher Zukunft steigen wird (Statistisches Bundesamt, 2009). Durch den Mangel an Nachwuchskräften ist es nicht nur aus sozialen, sondern auch aus wirtschaftlichen Aspekten erforderlich Menschen in vorangeschrittenem Alter (ab 50 Jahren) im industriellen Umfeld zu beschäftigen (Lotter, 2012b). Ein weiteres Ergebnis der Umfrage ist der hohe Bedarf nach einem Assistenzsystem, welches den Montageablauf im Arbeitsprozess direkt überprüft. Die Ergebnisse

zeigen, dass sich ca. 40 % der befragten Unternehmen eine geeignete Lösung wünschen, um auf Probleme des demografischen Wandels reagieren zu können (Hörz, Korn & Kölz, 2013), weshalb ein Einsatz des Systems für Mitarbeiter ohne Leistungseinschränkungen im industriellen Umfeld ebenso sinnvoll einsetzbar ist.

Die Entwicklung und der Einsatz eines Assistenzsystems könnte somit eine Maßnahme darstellen, welche eine Erhöhung der Partizipation sowie einer verbesserten Inklusion von beeinträchtigten Mitarbeitern verfolgt. Dadurch wiederum könnten konkrete und messbare Ziele erreicht und die langfristigen Zielsetzungen von beispielsweise Behindertenfürsprechern unterstützt werden (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information & WHO-Kooperationszentrum für das System Internationaler Klassifikationen, 2005). Die Arbeitsassistentin ist somit eine wichtige Hilfe für leistungsgeminderte und -gewandelte Menschen und ist in § 33 Abs. 8 Nr. 3 und § 102 Abs. 4 des Sozialgesetzbuchs IX (2004) gesetzlich geregelt.

Ein erstes Forschungsprojekt auf dem Gebiet der Assistenzsysteme wurde im Jahr 2011 unter dem Titel „Assistenzsystem für leistungseingeschränkte Mitarbeiter in der manuellen Montage“ (ASLM) initiiert. Es entstand im Rahmen der Förderung „Innovative Projekte/ Kooperationsprojekte“ an den Hochschulen in Baden-Württemberg und wurde durch das Ministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Die Ziele dieses Forschungsprojektes waren ein technisches System zur Assistenz von leistungsgeminderten Menschen an manuellen Montagearbeitsplätzen zu entwickeln, Prototypen davon zu bauen und diese dann mit den Anwendern in der Praxis zu erproben. Der Leistungsumfang zum Zeitpunkt des Projektabschlusses Anfang 2013 zeigt einen neuartigen Montagearbeitsplatz, der mittels Bewegungserkennung die anwendungsorientierte Informationsbereitstellung von Text, Bild und Video direkt im Arbeitsbereich, also in-situ, ermöglicht. Des Weiteren ist neben der anleitenden Funktion eine Qualitätskontrolle über die Erfassung von Arbeitsabläufen, Bewegungsvorgängen sowie der Bauteilpositionierung und -orientierung möglich. Ein wichtiges Ergebnis aus anwendungsorientierter Sicht stellt insbesondere die Implementierung einer stabilen und weitgehend autonomen Raumüberwachung dar. Durch diese Lösung konnte ein teures und aufwändiges System auf Basis von Lichtgittern deutlich vereinfacht, verbessert und kostengünstiger umgesetzt werden.

Im Rahmen von durchgeführten Studien wurde nachgewiesen, dass durch den Einsatz des Assistenzsystems das Leistungsniveau von leistungsgeminderten Mitarbeitern angehoben sowie die Montagedauer gesenkt wird (Hörz, Korn & Kölz, 2013).

Die Thematik von Kognitiven Systemen und Assistenzsystemen in der Produktion ist bzw. war bereits Mittelpunkt in zahlreichen Forschungsprojekten. Das Assistenzsystem CAMP (Computer Assisted Manual Production) wurde bereits 2002 von der heutigen Fa. KUKA in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung und der Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe entwickelt. Das modellbasierte System registriert

dabei über Bilderkennung Bewegungen, berechnet Positionsdaten und vergleicht diese mit Vorgabewerten, gleichzeitig können auch Parameter wie Stromstärke, Druck, Kühlmittelzufuhr usw. überwacht und abgeglichen werden. Das Ziel des Systems ist es Fehler schon während ihres Entstehens zu entdecken, um dadurch Ausschuss und kostenintensive Fehlerkorrekturen zu vermeiden.

Zäh et al. (2007) behandeln in dem Projekt ACIPE (Adaptive Cognitive Interaction in Production Environments) die Einbindung von kognitiven Systemen in die von Menschen bestimmten manuellen Montageumgebungen.

Der Einsatz von Assistenzsystemen auf Basis von „Augmented Reality“ für die Zielgruppe der leistungsgeminderten Menschen wird in dem Projekt AsProMed (Assistenzsysteme für die Produktion und Medizinnahe Anwendungen) näher behandelt. Dabei steht die leichte Verständlichkeit von Daten und Abläufen, die einfache Bedienbarkeit und die zuverlässige Absicherung der Arbeit im Vordergrund (Leutert, 2014).

## 2.2 Wissenschaftliche Anforderungen des aktuellen Forschungsprojekts

In dem darauf aufbauenden aktuellen Forschungsprojekt „System zur Effizienzsteigerung und Assistenz bei Produktionsprozessen in Unternehmen auf Basis von Bewegungserkennung und Projektion“ (motionEAP) geht es um die Weiterentwicklung des anwender- und prozessorientierten Assistenzsystems, die Adaption auf einen industriellen Montageprozess und eine anschließende Evaluation in realer Produktionsumgebung. Diese Entwicklung soll als nutzerorientierter Prozess (user-centered design) mit Austausch und Abgleich der Anforderungen von Industrieunternehmen und leistungsgewandelten bzw. -geminderten Anwendern geschehen. Ebenso werden mit dem Forschungsprojekt weitere Ziele, wie eine Reduzierung des Aufwands und der Komplexität für die Einarbeitung von Mitarbeitenden mit unterschiedlichen Leistungsniveaus und der Erhalt der Arbeitsfähigkeit und Motivation von älteren und leistungsgeminderten Mitarbeitern verfolgt. Die bereits gewonnenen Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt sollen außerdem ausgebaut und vertieft sowie der Erfolg und der Nutzen des Systems anhand von Langzeitstudien belegt werden. Erste Evaluationsergebnisse dazu werden Ende 2014 erwartet.

## 3. TECHNISCHE FORSCHUNGSUMSETZUNG

Die technische Umsetzung beschreibt die Ziele des Assistenzsystems und erläutert den genauen Systemaufbau sowie die Anleitung durch das Assistenzsystem.

### 3.1 Ziele des Assistenzsystems

Der Einsatz des Assistenzsystems soll Funktionsbeeinträchtigungen von Mitarbeitern kompensieren, sodass diese einerseits ausgeglichen bzw. andererseits die bestehenden Fähigkeiten gefördert werden und somit zum bestmöglichen Einsatz kommen können. Weitere Ziele werden im Folgenden formuliert und in Abbildung 1 vereinfacht dargestellt.



Abb. 1: Ziele des Assistenzsystems

Durch ein Assistenzsystem soll der Aufwand und die Komplexität für die Einarbeitung von Mitarbeitern mit unterschiedlichen Leistungsniveaus und fachlichem Hintergrund in einem Montageprozess reduziert werden. Ebenso soll die Arbeitsfähigkeit und Motivation von älteren und leistungsgeminderten Mitarbeitern verbessert bzw. erhalten und die Anzahl von Fertigungsfehlern reduziert werden. Des Weiteren soll durch die aktive Einbeziehung ergonomischer Aspekte und motivierender Elemente ein gesundes Arbeitsverhalten und die Vorbeugung verschleißbedingter Erkrankungen unterstützt werden. Eine weitere Bestrebung des Einsatzes von Assistenzsystemen ist die Unterstützung und Ermöglichung der Inklusion von leistungsgeminderten Personen, aufgrund sozialer sowie wirtschaftlicher Gesichtspunkte. Ebenso soll durch die manuellen Verrichtungen an dem Montageassistenzsystem die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Behindertenwerkstätten verbessert werden (Lotter, 2012b).

Assistenzsysteme beinhalten auf eine konkrete Aufgabe zugeschnittene Funktionen und Bedienungsabläufe und verdeutlichen dem Anwender verständliche Informationen zur Umsetzung einer konkreten Aufgabe (Bsp.: manuelle Montage) (Kuhn, Hellingrath & Hinrichs, 2008).

Durch solch ein Assistenzsystem können Mitarbeiter kontextsensitiv und kognitionsunterstützend, direkt im Arbeitsprozess, Assistenz erhalten. Ebenso soll es dadurch zu einer Verbesserung des Arbeitsprozesses und der Arbeitszufriedenheit kommen. Des Weiteren soll der Einsatz des Assistenzsystems nicht zu einem Komplexitätsverlust der Arbeit führen, da es dadurch zu einer Unterforderung des Mitarbeiters kommen kann. Erhält der Mitarbeiter eine überhöhte Anleitung durch das System, könnte es zu einer verminderten Denkfähigkeit, zu einer Monotonie beim Arbeitsprozess und somit zu einem Fähigkeitsverlust kommen (*deskilling*, Manzey, 2012). Ebenso zielt der Einsatz des Assistenzsystems darauf ab, den Mitarbeiter nicht zu überfordern. Das Assistenzsystem hat nicht die Intention, dem Mitarbeiter Entscheidungen abzunehmen, sondern vielmehr diesen durch geeignete Hilfestellungen in dem Entscheidungsprozess zu unterstützen.

### 3.2 Systemaufbau und Anleitung durch das Assistenzsystem

Das System beinhaltet auf die Montageaufgabe zugeschnittene Funktionen, Bedienungsabläufe und notwendige Informationen. Die einzelnen Informationen werden textuell, grafisch, animiert oder per Video in Farbe direkt am Entnahme- und Verbauport bereitgestellt.

Abbildung 2 stellt den Aufbau eines Assistenzsystems dar, durch welches Mitarbeiter zielorientierte Arbeitsanweisungen erhalten und somit dazu befähigt werden selbständig auch komplizierte Produkte zu montieren.



Abb. 2: Arbeitsplatzmodell

Mit Hilfe eines Touchdisplays kann durch Montagefachpersonal, mittels einmaliger Durchführung des Montageprozesses, der Einrichtevorgang (in einem Teach-Modus) ausgeführt werden. Nachdem der Einrichtevorgang erfolgreich abgeschlossen ist, wird der Montagemodus gestartet, in welchem Anwender unterschiedlicher Leistungsniveaus Montage Tätigkeiten ausführen können.

Diese Variabilität wird durch eine adaptive Werkerführung gewährleistet, was in diesem Zusammenhang eine automatische Anpassung der Anleitung bzw. ihrer informatorischen Reichhaltigkeit (Art und Umfang der vermittelten Informationen, wie z.B. Text, Kontur, Bild, Video) an die Bedürfnisse des jeweiligen Nutzers bedeutet. Die Anleitungen mit ihrer informatorischen Reichhaltigkeit lassen sich dabei in vier Stufen einteilen: Anfänger, Fortgeschrittener, Profi und Experte. Um das jeweilige Niveau für den Nutzer festzulegen ist bei der Anmeldung des Nutzers an dem System eine feste Leistungsstufe hinterlegt, zudem werden aber auch während dem Montageprozess die Variablen Montagezeit und Montagefehler als Parameter gemessen und an das System zurückgemeldet.

Durch einen über dem Arbeitsplatz angebrachten Projektor werden die notwendigen Entnahme-, Prozess- und Verbaupositionen in-situ dargestellt. In einem ersten Schritt wird der Greifbehälter, aus welchem eines oder mehrere Bauteile zu entnehmen sind, farblich angeleuchtet. Nach der Entnahme des korrekten Bauteils wird im nachfolgenden Schritt die Verbauposition und -orientierung durch die grafische Abbildung des Bauteils auf der Montagevorrichtung dargestellt. Nach der korrekten Positionierung und Montage des Bauteils

beginnt das System wieder mit der entsprechenden Entnahmeanweisung des nachfolgenden Bauteils. Schritt für Schritt erhalten die Werker also genaue Anweisungen welches Teil sie entnehmen müssen und wie dieses zu positionieren ist, bis dass ein Produkt fertig ist. Wird versucht ein Teil aus einem falschen Ladungsträger zu entnehmen, so wird dieser z.B. rot angeleuchtet, sodass der Mitarbeiter erkennt, dass er „falsch“ gegriffen hat. Positioniert der Mitarbeiter ein Teil falsch, wird ihm auch dies auf der Montagevorrichtung angezeigt und kein nächster Arbeitsschritt vorgegeben, bis dass das Bauteil die korrekte Position und Orientierung erreicht hat. Das System erkennt, mithilfe eines angebrachten Infrarot-Tiefensensors Fehler und gibt nur bei vorher korrekt ausgeführter Tätigkeit weitere Anweisungsschritte. Zusätzlich zu den rein manuellen Montagevorrichtungen können auch Prozessschritte des Schraubens, des An- und Einpressens, des Fettens usw. in den Montageablauf eingebunden und überwacht werden. Das Assistenzsystem ist höhenverstellbar und kann ergonomisch zu einem barrierefreien Sitz- oder Steharbeitsplatz umfunktioniert und den individuellen Bedürfnissen der Mitarbeiter angepasst werden.

Abbildung 3 veranschaulicht die beschriebene Systemstruktur.

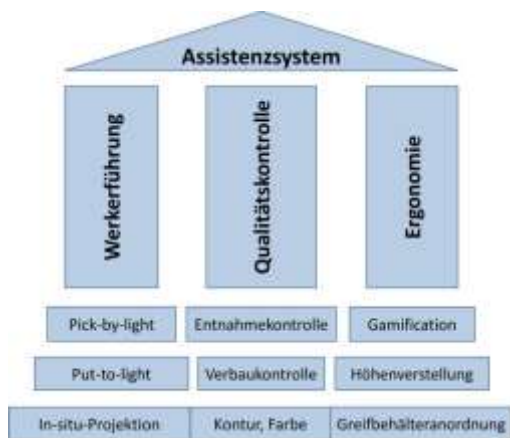


Abb. 3: Schematische Systemstruktur des Assistenzsystems

#### 4. LERNEN UND QUALIFIZIEREN AM MONTAGEASSISTENZSYSTEM

Wie bereits in Kapitel 1 beschrieben wurde, erfordern manuelle Prozesse oftmals aufgrund der hohen Produktintervalle auch eine hohe Mitarbeiterqualifikation. Durch das neuartige Montageassistenzsystem soll diese Herausforderung verringert und das Einlernen von neuen Montagetaetigkeiten unterstützt werden.

Die bisher bestehenden Auffassungen von Qualifikation reichen von einem Begriff mit einem engen Bezug auf fachliche Leistungen bis hin zu einem weiten Verständnis, welches das komplexe Arbeitsvermögen von Personen im Sinne aller arbeitsbezogenen Fähigkeiten, Fertigkeiten, Kenntnisse und Einstellungen umfasst. Anstelle des Qualifikationsbegriffs kann der hierfür geeignetere Begriff der Kompetenz bzw. Handlungskompetenz verwendet werden. Neben dem Können im fachlichen Bereich werden hier vor allem auch sozial-

kommunikative, methodische oder persönlichkeitsbezogene Befähigungen hervorgehoben (Bullinger & Witzgall, 2002).

Die jeweiligen Lernanforderungen in der Montage variieren in Abhängigkeit von der Art des Montagesystems. Das Aufgabenlernen an dem Montageassistenzsystem geschieht spielsweise prozessbegleitend und dadurch praxisgebunden. Somit stellt diese Art des Aufgabenlernens die natürlichste Lernform der Arbeitstätigkeit dar (Hacker, 2005). Durch die genaue Werkeranleitung (*Schritt für Schritt*) entwickelt sich das Können im Wesentlichen durch praktisches Üben (vgl. hierzu 3.2). Durch die während der Aufgabenausführung schon bestehende visuelle und geplante akustische Rückmeldung des Assistenzsystems entsteht dabei Wissen nebenbei und selektiv.

Durch einen solchen Lernprozess entfallen spezielle Unterweisungen, aufwendige Erklärungsprozesse durch Fachpersonal oder auch demotivierende Selbsterklärungsprozesse vom Lernenden selbst.

Das Lernen und Qualifizieren des Mitarbeiters am Montageassistenzsystem geschieht praxisbegleitend, da „die Wirkung vieler Schulungen verpufft, weil damit kein Transfer zur Arbeitspraxis verbunden ist und die präsentierten Kenntnisse nicht handlungsrelevant aufbereitet sind“ (Buck & Witzgall, 2012, S. 398). Durch das (akustik- und) bildgestützte Lernen am Arbeitsplatz wird das praktisch-motorische Lernen auch unter beeinträchtigenden Bedingungen sehr wirkungsvoll (Hacker & Skell, 1993). Ebenso entfällt die herkömmliche Methode, dass neue Werker durch eingearbeitete Mitarbeiter nach der Methode des „Vormachens-Nachmachens“ angelernt werden. Diese Methode ist stark von den subjektiven Einflüssen des Anleiters abhängig. Durch das Assistenzsystem ergibt sich ein Standard, der für jeden einzulernenden Montagemitarbeiter gleich ist.

Durch die Adaptivität des Assistenzsystems kommt es zu einem individualisierten Qualifikationstempo. Ebenso werden dank des Systems durch eine oftmals langjährige Lernabstimmung aufgebaute Negativhaltungen und Defizite, wie z.B. Abwehr und mangelndes Selbstvertrauen des Mitarbeiters abgebaut, da dieser nicht in ursprüngliche organisierte fachlich-theoretische Lernformen hineinfinden muss. Es kommt zu einer Erhöhung der Lernbereitschaft und Motivationssteigerung bezüglich neuen Lern- und Qualifikationsprozessen.

Der größte Vorteil des aufgabenbezogenen Lernens ist, dass das Lernen im normalen Arbeitsprozess möglich ist und durch (akustische und) visuelle Informationen ausdrucksstark unterstützt werden kann.

Durch das Lernen und Qualifizieren am Assistenzsystem können Einlernphasen ohne Zeit- und Leistungsdruck durchgeführt, eine stressfreie Eingewöhnung an das System und Montagetaetigkeiten ermöglicht und Betreuungspersonal dementsprechend entlastet werden. Durch das Montageassistenzsystem kommt es also zu einer neuen Form der Qualifikationsentwicklung, was besonders für leistungsgeminderte- und gewandelte Mitarbeiter von großer Bedeutung ist.



## 5. VORSTUDIE ZUR INDIKATION DES EINSATZES DES ASSISTENZSYSTEMS

Das Assistenzsystem erfährt voraussichtlich im Frühjahr 2014 einen erstmaligen industriellen Einsatz. Hierbei handelt es sich um den Einsatz des Systems in einer Einrichtung der gemeinnützigen Werk- und Wohnstätten GmbH (GWW) im Raum Stuttgart. In einer dieser Werkstätten sollen durch Anleitung des Assistenzsystems Schraubzwingen der Firma Bessey Tool GmbH & Co KG, bestehend aus sieben Einzelteilen, von leistungsgeminderten Mitarbeitern montiert werden.

Im Vorfeld des Einsatzes des Assistenzsystems wurde das pädagogische Fachpersonal mit einem Fragebogen zur Leistungsbeschreibung der leistungsgeminderten Mitarbeiter befragt. Ziel der Erhebung ist es, eine erste Einschätzung des pädagogischen Fachpersonals bezüglich der notwendigen Fähigkeiten der Mitarbeiter zu erhalten, die für eine Anwendung am Montageassistenzsystem benötigt werden.

### 5.1 Erfassung der Fachpersonaleinschätzung

Eine erste Erhebung fand im Dezember 2013 statt und umfasst eine Stichprobe von 30 Teilnehmern im Alter von 18 bis 54 Jahren (vgl. Tab. 1). Für die Stichprobe wurden beliebige dort tätige leistungsgeminderte Mitarbeiter ausgesucht, die potentiell an einem Assistenzsystem arbeiten könnten und die ein eher niedriges Leistungsniveau aufweisen. Die Auswahl der leistungsgeminderten Studienteilnehmer entspricht daher nicht dem Durchschnitt der in der Werkstatt für Menschen mit Behinderung tätigen Mitarbeiter und ist somit nicht repräsentativ.

Der Fragebogen erhebt das Alter, das Geschlecht und die Art der Beeinträchtigung des einzuschätzenden Mitarbeiters. Es folgt ein Fragebogenbegleittext, der dem Fachpersonal in vereinfachter Sprache das Assistenzsystem verständlich beschreibt und dieses durch eine bildliche Darstellung veranschaulicht.

Der Fragebogen besteht aus neun Fragen und bezieht sich auf den wahrgenommenen persönlichen Nutzen, die motorische und kognitive Leistungen der Mitarbeiter, die Fähigkeit, Farben und akustische Reize zu unterscheiden sowie diese richtig zuzuordnen und die Fähigkeit eine Reihenfolge von Montageschritten einzuhalten bzw. einfache Anweisungen zu befolgen. Zuletzt erhebt der Fragebogen einen möglichen Unterstützungsbedarf oder Bedingungen, die nach Einschätzungen des Fachpersonals gegeben sein müssen, damit der Mitarbeiter gerne und effizient am Montageassistenzsystem arbeitet.

Für die meisten Fragen wurde ein dichotomes Antwortformat (*Ja/Nein*) gewählt (vgl. Tab. 3). Zusätzlich bestand die Möglichkeit zu einer individualisierten Begründung der Antwort. Zu einer genaueren Einschätzung der kognitiven und motorischen Fähigkeiten der Mitarbeiter wurde eine Likert-Skala mit fünf vorgegebenen Antwortmöglichkeiten vorgegeben (von links nach rechts: *keine Einschränkung/ leichte Ein-*

*schränkung/ mittlere Einschränkung/ starke Einschränkung/ sehr starke Einschränkung*) (vgl. Tab. 5).

### 5.2 Beschreibung der Stichprobe

Für die Vorstudie konnten 21 männliche (70,0 %) und neun weibliche (30,0 %) leistungsgeminderte Mitarbeiter der gemeinnützigen Werk- und Wohnstätten GmbH im Raum Stuttgart rekrutiert werden (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Geschlecht und Alter (in Kategorien) der Stichprobe (N= 30)

Alter in Jahren	♂ (N= 21; 70,0 %)	♀ (N= 9; 30,0 %)	Σ (N= 30; 100,0 %)
< 20	2 (9,5 %)	0 (0,0 %)	2 (6,7 %)
20-29	11 (52,4 %)	6 (66,7 %)	17 (56,7 %)
30-39	2 (9,5 %)	2 (22,2 %)	4 (13,3 %)
40-49	3 (14,3 %)	1 (11,1 %)	4 (13,3 %)
50-59	3 (14,3 %)	0 (0,0 %)	3 (10,0 %)
MW; SD	31,1; 12,0	28,2; 9,5	30,3; 11,2

(Prozentangaben beziehen sich auf Spalten)

Das Durchschnittsalter der Fragebogenteilnehmer liegt bei 30,3 Jahren (SD= 11,2; männlich: MW= 31,1, SD= 12,0; weiblich: MW= 28,2, SD= 9,5).

Tab. 2: Beeinträchtigungsart der Stichprobe (N= 30)

Beeinträchtigungsart	♂	♀	Σ
Psychisch behindert	12 (57,1 %)	2 (22,2 %)	14 (46,7 %)
Geistig behindert	7 (33,3 %)	7 (77,8 %)	14 (46,7 %)
Körperbehindert	2 (9,5 %)	0 (0,0 %)	2 (6,7 %)

(Prozentangaben beziehen sich auf Spalten)

Die an der Fragebogenerhebung indirekt teilnehmenden Mitarbeiter weisen drei unterschiedliche Beeinträchtigungsarten auf, die in Tabelle 2 veranschaulicht sind. Von den insgesamt 30 leistungsgeminderten Mitarbeitern sind 14 Mitarbeiter (46,7 %; 2 weiblichen und 12 männlichen Geschlechts) psychisch behindert, 14 Mitarbeiter (46,7 %; jeweils sieben weiblichen und männlichen Geschlechts) geistig behindert und zwei Mitarbeiter (6,7 %, nur männlichen Geschlechts) körperbehindert.

### 5.3 Ergebnisse

Tab. 3: Auswertung der „JA/ NEIN“ Fragen (N= 30)

Frage	JA	NEIN	Keine Angaben
Glauben Sie, die/der Mitarbeitende könnte bei der Arbeit von einem Assistenzsystem profitieren?	19 (63,3 %)	11 (36,7 %)	0 (0,0 %)
Trauen Sie es der/dem Mitarbeitenden kognitiv zu, an einem Assistenzsystem zu arbeiten?	29 (96,7 %)	1 (3,3 %)	0 (0,0 %)
Trauen Sie es der/dem Mitarbeitenden motorisch zu, an einem Assistenzsystem zu arbeiten?	28 (93,3 %)	2 (6,7 %)	0 (0,0 %)

Ist die/der Mitarbeitende in der Lage zwei Farben voneinander zu unterscheiden und kann diese richtig zuordnen?	30 (100,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Ist die/der Mitarbeitende in der Lage zwei akustische Signale voneinander zu unterscheiden und kann diese richtig zuordnen?	29 (96,7 %)	1 (3,3 %)	0 (0,0 %)
Ist die/der Mitarbeitende in der Lage eine Reihenfolge von Montageschritten einzuhalten und einfache Anweisungen, welche das System vorgibt, zu befolgen?	28 (93,3 %)	1 (3,3 %)	1 (3,3 %)

(Prozentangaben beziehen sich auf Zeile)

Nach Einschätzungen des Fachpersonals können insgesamt 19 Mitarbeiter (63,3 %; 14 männlichen und fünf weiblichen Geschlechts) bei ihren Tätigkeiten von einem Assistenzsystem profitieren und nach deren Empfinden nur 11 Mitarbeiter (36,7 %; sieben männlichen und vier weiblichen Geschlechts) nicht von dem Assistenzsystem profitieren (vgl. Tab. 3). Als Begründung wurden vom pädagogischen Fachpersonal Antworten wie beispielsweise „weil er es nicht braucht“, „ist in der Lage sich Dinge selbst, durch lesen, anzueignen“ oder „ist bei seiner Tätigkeit nicht auf ein Assistenzsystem angewiesen“ angegeben.

Für die Gruppe der leistungsgeminderten Mitarbeiter mit einer psychischen Behinderung zeigen die Ergebnisse, dass laut der Fachpersonaleinschätzung fünf Mitarbeiter (35,7 %) von einem Assistenzsystem profitieren können und neun Mitarbeiter (64,3 %) nicht von einem solchen System profitieren können. Auffällig ist, dass der Großteil der leistungsgeminderten Mitarbeiter, welche laut Fachpersonaleinschätzung nicht von einem Assistenzsystem profitieren könnten (N= 11) (vgl. Tab. 3) an einer psychischen Erkrankung leiden (N= 9) (vgl. Tab. 4). Für den direkten Vergleich von Menschen mit einer psychischen vs. einer geistigen Behinderung ist dieser Unterschied im Hinblick auf den erwarteten Nutzen durch das Assistenzsystem hoch signifikant (Chi-Quadrat (df= 1) = 7,34, p< .01; Phi = - .512, p< .01).

Tab. 4: Kreuztabelle Beeinträchtigungsart und erwarteter Profit durch das Assistenzsystem (N= 30)

Beeinträchtigungsart	Profit durch das Assistenzsystem		Σ
	JA	NEIN	
Psychisch behindert	5 (35,7 %)	9 (64,3 %)	14 (46,7 %)
Geistig behindert	12 (85,7 %)	2 (14,3 %)	14 (46,7 %)
Körperbehindert	2 (100,0 %)	0 (0,0 %)	2 (6,6 %)
Σ	19 (63,3 %)	11 (36,7 %)	30 (100,0 %)

Für die Mitarbeiter hingegen, welche eine geistige Behinderung aufweisen geht das Fachpersonal bei fast allen davon aus, dass diese von einem Einsatz des Assistenzsystems profitieren können (N= 12). Für die Mitarbeiter mit einer Körperbehinderung nehmen die pädagogischen Mitarbeiter an, dass alle einen Profit für ihre Tätigkeiten durch das Montageassistenzsystem erfahren.

Betrachtet man also den Zusammenhang zwischen den Behinderungsarten der leistungsgeminderten Menschen in der Werkstatt für Menschen mit Behinderung und den „Profiteinschätzungen“ durch ein Assistenzsystem von Seiten des pädagogischen Fachpersonals fällt auf, dass nach Einschätzung der Fachkräfte lediglich ein Großteil der Gruppe der Menschen mit einer psychischen Behinderung nicht durch einen Einsatz des Assistenzsystems profitieren könnte (vgl. Tab. 4).

Von den motorischen und kognitiven Leistungen her, traut das pädagogische Fachpersonal es nahezu allen Mitarbeitern zu am Assistenzsystem zu arbeiten (vgl. Tab. 3).

Tab. 5: Kognitive und motorische Einschränkungen der Mitarbeiter nach Fachpersonaleinschätzung (N=30)

	Keine (= 1)	Leichte (= 2)	Mittlere (= 3)	Starke (= 4)	Sehr starke (= 5)	MW SD
<b>Kog</b>	5 (16,7 %)	9 (30,0 %)	9 (30,0 %)	7 (23,3 %)	0 (0,0 %)	2,6; 1,0
<b>Mot</b>	13 (43,3 %)	8 (26,7 %)	8 (26,7 %)	1 (3,3 %)	0 (0,0 %)	1,9; 0,9

(Prozentangaben beziehen sich auf Zeile; Abkürzungen: Kog= Kognition; Mot= Motorik)

Das Fachpersonal traut es nahezu allen ihren Mitarbeitern kognitiv (N= 29; 96,7 %) und auch motorisch (N= 28; 93,3 %) zu, an einem Assistenzsystem zu arbeiten. Bei einer genaueren Betrachtung der kognitiven und motorischen Fertigkeiten fällt auf, dass sich die Verteilung der Stichprobe im Bereich der motorischen Einschränkungen ungleich, eher in Richtung einer geringen Einschränkung, im Sinne eines Bottom Effect, verteilt.

Der Mittelwert für die kognitiven Einschränkungen liegt mit 2,6 (SD= 1,0) im Bereich einer leichten bis mittleren Einschränkung. Im Gegensatz dazu liegt der Mittelwert der motorischen Einschränkung mit 1,9 (SD= 0,9) im Bereich einer leichten Einschränkung. In der vorliegenden Stichprobe sind die kognitiven Einschränkungen also stärker vertreten als die motorischen Einschränkungen der leistungsgeminderten Mitarbeiter (vgl. Tab. 5).

Sämtliche Mitarbeiter sind nach Aussage des pädagogischen Fachpersonals in der Lage, zwei Farben voneinander zu unterscheiden und diese richtig zuzuordnen. Laut Einschätzung des Fachpersonals, sind fast alle Mitarbeiter (N= 29) der Stichprobe in der Lage, zwei akustische Signale voneinander zu unterscheiden und diese richtig zuzuordnen. Auch das Einhalten einer Reihenfolge von Montageschritten und das Befolgen einfacher Anweisungen, welche das System vorgibt, stellt nach Angaben des Betreuungspersonals für 28 Mitarbeiter (93,3 %) keinerlei Schwierigkeiten dar. Bei nur einem Mitarbeiter (3,3 %) wurde diese Frage verneint und über einen Mitarbeiter (3,3 %) wurde bezüglich dieser Fähigkeiten keine Angabe getroffen (vgl. Tab. 3).

Die letzte Frage zielt auf einen möglichen Unterstützungsbedarf oder Bedingungen, die gegeben sein müssen, damit die Mitarbeiter gerne und effektiv am Montageassistenzsystem arbeiten. Insgesamt werden 16 Aussagen über einen notwendigen Unterstützungsbedarf genannt. Die häufigsten sind

hierbei: Eine (gelegentliche) Unterstützung der Fachkraft muss gegeben sein, um beispielsweise bei Krisen individuell intervenieren zu können (N= 9). Ebenso wird unter anderem die Wichtigkeit von einer reizarmen Umgebung (N= 5), anspruchsvollen und wechselnden Aufgaben durch das Assistenzsystem (N= 3), klar vorgegebenen Strukturen, Erfolgsmeldungen und regelmäßigen Pausen genannt, die bei einem erfolgreichen Einsatz des Assistenzsystems beachtet werden sollten.

#### 5.4 Diskussion

Die Ergebnisse zur Erfassung der Fachpersonaleinschätzung zeigen, dass nach Einschätzung des pädagogischen Fachpersonals 63,3 % der mit dem vorliegenden Fragebogen beurteilten leistungsgeminderten Mitarbeiter (N= 19) der gemeinnützigen Werk- und Wohnstätten GmbH bei ihrer Arbeit von dem Montageassistenzsystem profitieren könnten. Besondere Aufmerksamkeit muss allerdings der Gruppe der Menschen mit einer psychischen Behinderung entgegengebracht werden, da laut Fachpersonaleinschätzung 64,3 % (N= 9) dieser Gruppe weniger von einem Assistenzsystem profitieren könnte. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass Menschen mit einer psychischen Behinderung in der Regel keine motorischen oder kognitiven Einschränkungen per se aufweisen. Individuelle Problemlagen beziehen sich eher auf Dimensionen wie Ermüdbarkeit, mangelnde Frustrationstoleranz und affektive Labilität. Ebenso könnte eine nicht tragbare Beanspruchung durch neue Technologien, wie z.B. das Assistenzsystem, die Mitarbeiter mit einer psychischen Behinderung überfordern, sodass es zu einem nur geringen Nutzen durch das Assistenzsystem für diese Mitarbeitergruppe kommen würde.

Zu beachten ist, dass die kognitiven Einschränkungen stärker als die motorischen Einschränkungen ausgeprägt sind, sodass das Assistenzsystem versuchen sollte vermehrt die kognitiven Einschränkungen der leistungsgeminderten Mitarbeiter zu kompensieren.

Die vorliegenden Ergebnisse der Fachpersonaleinschätzung zeigen, dass ein Großteil der leistungsgeminderten Mitarbeiter von einem Einsatz des Montageassistenzsystems profitieren könnte und somit ein Assistenzsystem eine hilfreiche Unterstützung für leistungsgeminderte Mitarbeiter bei manuellen Montageprozessen darstellen könnte. Ebenso sind die meisten Mitarbeiter nach Einschätzung des Fachpersonals kognitiv sowie motorisch in der Lage an einem solchen System zu arbeiten und nicht durch starke kognitive oder motorische Einschränkungen daran gehindert. Welchen Einfluss und Auswirkungen die kognitiven und motorischen Einschränkungen der leistungsgeminderten Mitarbeiter haben, zeigt sich allerdings erst beim Einsatz des Assistenzsystems. Erste Evaluationsergebnisse hierzu werden im Sommer 2014 erwartet.

Die Ergebnisse liefern ebenso erste Hinweise für eine mögliche differentielle Indikation zum Einsatz des Assistenzsystems. So ist davon auszugehen, dass Menschen mit einer psychischen Behinderung Assistenzbedarfe aufweisen, die andere Dimensionen als die hier im Zentrum stehenden kognitiven

und motorischen Fertigkeiten betreffen und laut Einschätzung des Fachpersonals weniger von dem Einsatz des Assistenzsystems profitieren. Ob diese Einschätzungstendenzen des pädagogischen Fachpersonals bestätigt werden können, zeigen die geplanten Evaluationsstudien.

Für einen erfolgreichen Einsatz des Assistenzsystems sind die genannten Bedingungen wie z.B. die Möglichkeit einer (gelegentlichen) Unterstützung der Fachkraft, eine ablenkungsarme und ruhige Umgebung, klar vorgegebene Strukturen, Erfolgsmeldungen und regelmäßige Pausen von hoher Bedeutung und werden in Zusammenarbeit mit der gemeinnützigen Werk- und Wohnstätten GmbH und dem Entwicklungsteam des Assistenzsystems beim Einsatz des Systems beachtet und entsprechend umgesetzt. Ebenso sind vertiefende Informationen, Schulungen und Demonstrationen für die Mitarbeiter, bzgl. der Akzeptanz des Systems, notwendig.

## 6. TECHNISCHE FORSCHUNGSASPEKTE

Die wissenschaftliche Umsetzung auf technischer Seite unterteilt sich über die Projektlaufzeit hinweg (bis 31.12.2015) in folgende Forschungsschwerpunkte.

### 6.1 Training und Fortbildung

Der erste Forschungsschwerpunkt stellt das Assistenzsystem in einer Trainingsumgebung dar. Hierbei soll das System außerhalb seines industriellen Einsatzortes eingesetzt werden, um zukünftige Arbeitsabläufe durch verschiedene Trainings-szenarien zu simulieren. Auftretende Fehler werden mit entsprechenden Korrekturen und Hinweisen versehen, um dadurch in der zukünftigen Serienanwendung ein Prozesssicheres System vorzuweisen. Zudem sollen erste Hinweise zur Verbesserung der Bewegungsabläufe und zu ergonomischen Aspekten gegeben werden. Die Anwendungsfälle und Einsatzgebiete des Systems sind sehr vielschichtig, deshalb stellt die Skalierbarkeit und Flexibilität des Assistenzsystems eine elementare Funktion dar. Des Weiteren soll die Trainingsumgebung eine Unterstützung beim Einlernen von neuen Montagetätigkeiten geben, um Einlernphasen ohne Zeit- und Leistungsdruck sowie eine stressfreie Eingewöhnung an System und Montagetätigkeit zu ermöglichen und dadurch Betreuungspersonal entlasten.

### 6.2 Montagetisch

Dieser Anwendungsschwerpunkt beinhaltet die konstruktive und prozesstechnische Integration des Assistenzsystems an einen Montagetisch mit industrieller Anwendung. In einem real ablaufenden Produktionsprozess soll eine Montageanleitung in den Arbeitsbereich (in-situ) projiziert werden, auftretende Fehler erkannt und Hinweise zur Korrektur gegeben werden. Der konstruktive Aufbau des Arbeitsplatzes und die softwareseitige Gestaltung des Systems müssen aufgrund der Abbildbarkeit einer hohen Variantenanzahl flexibel gestaltet sein (siehe auch Kap. 2.2).



### 6.3 Kommissionierung

Im vorletzten Schwerpunkt wird das Anwendungsszenario „Montagetisch“ auf die Kommissionierung erweitert und das Assistenzsystem zur Anleitung und Kontrolle bei der Vor Kommissionierung verwendet. Dabei soll das bisher stark verbreitete „Pick-by-Light“, welches durch Lichtsignale den Entnahmeort im Lager anzeigt und das „Put-to-Light“, das entsprechend den Ablageort kennzeichnet, durch das zusätzlich kontrollierende Assistenzsystem ersetzt werden. Durch die Kombination von Bewegungserkennung und Projektion wird nicht nur eine Anleitung zur Kommissionierung, sondern auch eine Kontrolle der korrekten Entnahme und Platzierung von Teilen und Behältnissen gegeben. Daher werden nicht nur die entsprechenden Entnahme- und Ablagepositionen, sondern zusätzlich noch die korrekte Entnahmemenge überwacht.

### 6.4 Montagezelle

Im vierten Anwendungsschwerpunkt werden mindestens drei Montagetische zu einer Montagezelle zusammengefügt. Die Schwerpunkte liegen in der Kombination von mehreren Tiefenkameras und der Erstellung eines virtuellen 3D-Raumes. Aus Industriesicht werden in einer solchen Montagelinie in U-Form komplexe und umfangreiche Montageinhalte und -abläufe abgebildet. Eine Montagezelle bietet zwar eine hohe Produktflexibilität, verlangt aber bisher von den Mitarbeitern einen hohen Trainings- bzw. Einlernaufwand und verursacht relativ hohe Fehlerquoten. Der Einlernaufwand und die Fehlerrate soll für neue Mitarbeiter durch die anleitende und überprüfende Funktion des Assistenzsystems stark reduziert werden.

## 7. PÄDAGOGISCH-PSYCHOLOGISCHE FORSCHUNGSASPEKTE

Im Rahmen des Forschungsprojekts werden an der Hochschule Esslingen neben der technischen Entwicklung, durch die Fakultät Maschinenbau, auch pädagogische und psychologische (insbesondere diagnostische sowie arbeits- und organisationsbezogene) Aspekte, von der Fakultät Soziale Arbeit, Gesundheit und Pflege unter der Leitung von Prof. Dr. phil. Dipl.-Psych. Thomas Heidenreich systematisch untersucht und integriert.

### 7.1 Inklusion

Aus pädagogisch-psychologischer Sichtweise betrachtet, steht in diesem Forschungsprojekt die Inklusion und auch Unterstützung von leistungsgeminderten und -gewandelten Mitarbeitern durch Assistenzsysteme im Vordergrund, sodass diese Personengruppen eine produktive Teilhabe an anspruchsvolleren Arbeitsprozessen und das Recht auf eine menschenwürdige Arbeit (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2011, Artikel 27) und die damit verbundene gesellschaftliche Anerkennung erleben.

Durch die Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention im Jahr 2009 wurde Inklusion

zum Leitgedanken und zum zentralen Handlungsprinzip. Artikel 4 der Behindertenrechtskonvention schildert beispielsweise, dass unter anderem Geräte und neue unterstützende Technologien einen entscheidenden Beitrag zur Ausgestaltung einer inklusiven Gesellschaft leisten sollen. In Bezug auf den Arbeitsplatz bedeutet dies, dass angemessene Vorkehrungen für Menschen mit Behinderungen getroffen werden müssen, welche ihre Einschränkungen und Bedürfnisse berücksichtigen (Artikel 27) (ebd.).

Durch die Forschung und Entwicklung von geeigneten Montageassistenzsystemen wird diese Entwicklung aufgegriffen und versucht leistungsgeminderte und -gewandelte Personen in die industrielle Arbeitswelt zu inkludieren.

### 7.2 Optimierung psychischer Belastung

Das Assistenzsystem stellt eine bessere Passung zwischen psychischen Belastungen und individuellen Voraussetzungen und somit eine erwünschte Beanspruchung des Individuums her. Durch die Adaptivität kann auf das richtige Förderungsmaß für das jeweilige Individuum geachtet werden. Aufgrund des Einsatzes des Assistenzsystems kommt es zu einer Reduzierung psychischer Belastungen, sodass das Individuum weder unter- noch überfordert wird und es somit nicht zu beeinträchtigenden Beanspruchungen oder Fehlbelastungen kommen kann. Das Assistenzsystem und die daraus folgenden Arbeitsbedingungen sind an die Anwendenden - und nicht umgekehrt - anzupassen. Die Fähigkeiten, Fertigkeiten, Erwartungen und Erfahrungen der Anwendenden werden somit durch das System berücksichtigt (Joiko, Schmauder & Wolf, 2006). Zudem soll das System eine Verbesserung des Arbeitsprozesses, der Arbeitsplatzergonomie und der Arbeitszufriedenheit erzielen. Durch die Unterstützung anhand eines kontextsensitiven Assistenzsystems können leistungsgewandelte und -geminderte Personen im Arbeitsprozess unterstützt werden und am gesellschaftlichen Leben teilnehmen (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2011).

## 8. FAZIT UND ZUKÜNFTIGER FORSCHUNGSBEDARF

Das Montageassistenzsystem soll die Aktivität, beispielsweise im Bereich von Montageprozessen, im Arbeitsleben von leistungsgeminderten und -gewandelten Personen unterstützen. Bis Mitte 2014 ist ein Einsatz in Werkstätten für Menschen mit Behinderungen, aber auch ein Einsatz in der Industrie (z.B. bei Audi) denkbar und vorgesehen. Die technische Entwicklung, besonders in diesem Bereich, stellt eine Suche nach Antworten auf die sich rasant verändernde Welt der Technologie und der demographischen Entwicklung dar. Es geht darum, Arbeitsplätze für die steigende Zahl von leistungsgeminderten und -gewandelten Menschen zu erhalten, zu verbessern oder neu zu schaffen. Dabei darf das Assistenzsystem den Mitarbeiter nicht unter-, aber auch nicht überfordern. Bei einer Fehlbelastung, z.B. durch Unterforderung, könnte es zu einem Fähigkeitsverlust und bei einer Überforderung (ebenfalls Fehlbelastung) zu einer psychischen Ermüdung und/ oder Sättigung kommen. Der Gebrauch des Assistenzsystems sollte die vorliegenden Fähigkeiten des Mitarbeiters fördern und erhalten aber nicht zu einem weiteren Verlust derselben führen.

## DANKSAGUNG

Ein großer Nutzen des Assistenzsystems ist, dass es aktiv auf den Anwender reagiert und adaptiv seine Leistungen berücksichtigt. Hierbei kommt es zu einer Identifizierung von Montagefehlern und zu einer gezielten Hilfestellung (Warnung) des Systems zur Fortführung des Montageprozesses. Des Weiteren ist das System in der Lage, die Qualität des Produktes zu erkennen und auf Fehler, schon während des Montageprozesses, aufmerksam zu machen. Die Verantwortung des Arbeitsprozesses liegt allerdings immer beim Mitarbeiter selbst, wodurch es zu keiner Bevormundung oder Beherrschung durch das technische System kommt. Somit bietet das System lediglich eine Hilfestellung, wobei der Anwender für eine eigenverantwortliche Umsetzung der Anweisungsschritte zuständig ist. Aspekte einer Fremdbestimmung oder sogar Überwachung des Systems sind unbedenklich, da dieses lediglich als Entlastung und Unterstützung für den leistungsgeminderten und -gewandelten Mitarbeiter dient.

Eine weitere Chance zum Einsatz des Systems ist die nutzerorientierte und somit einfache, klare und intuitive Gestaltung und Handhabung des Assistenzsystems. Ebenso ist das prozessbegleitende und praxisgebundene Lernen und Qualifizieren der Mitarbeiter am Assistenzsystem eine herausragende Stärke des Systems.

Die bisherigen Ausgangsbefunde der Vorstudie zur Indikation des Einsatzes des Assistenzsystems deuten stark darauf hin, dass ein Großteil der leistungsgeminderten Mitarbeiter durch den Einsatz des Assistenzsystems profitieren wird. Ebenso konnte es durch die Datenerhebung zu einer Definition und Eingrenzung des Nutzerkreises kommen. Die aktuelle Datenlage weist daraufhin, dass laut Einschätzung des Fachpersonals, Mitarbeiter mit einer psychischen Behinderung weniger von einem Assistenzsystem profitieren können. Im Gegensatz dazu würden nach Fachpersonaleinschätzung nahezu alle Untersuchungsteilnehmer mit einer geistigen Behinderung und Körperbehinderung von einem Assistenzsystem bei ihrer Tätigkeit profitieren.

Auch die Forschungsbefunde von Hörz, Korn & Kölz (2013) zeigen, dass ein Einsatz des Assistenzsystems sozial und wirtschaftlich positive Aspekte mit sich bringen wird. Ihre Ergebnisse verdeutlichen, dass leistungsgeminderte und -gewandelte Mitarbeiter durch die Arbeit am Assistenzsystem eine deutliche Steigerung ihres Leistungsniveaus erleben und durch die genaue Anleitung in der Lage sind auch komplexe Produkte zu montieren. Genauere Ergebnisse, welche diese Beobachtungen, den Erfolg und den Nutzen von dem Montageassistenzsystem im industriellen Einsatz bestätigen, werden Ende 2014 veröffentlicht.

Die technischen und pädagogisch-psychologischen Forschungsaspekte verdeutlichen den noch ausstehenden Forschungsbedarf. Durch das Assistenzsystem ergeben sich Chancen und Nutzen aber auch Risiken, welche beschrieben wurden und beim Einsatz keineswegs unbeachtet bleiben dürfen.

Das Forschungsprojekt „System zur Effizienzsteigerung und Assistenz bei Produktionsprozessen in Unternehmen auf Basis von Bewegungserkennung und Projektion“ (motionEAP) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Ein besonderer Dank gilt ebenso dem engagierten pädagogischen Fachpersonal der GWW GmbH, welches die Datenerhebung mittels Fragebögen zur Mitarbeiterereinschätzung unterstützt bzw. durchgeführt hat.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## LITERATUR

- Adenauer, S. (2004). Die (Re-) Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in den Arbeitsprozess. Das Projekt FILM bei FORD Köln. *Angewandte Arbeitswissenschaft*, 181, 1-18.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2011). *Übereinkommen der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen*. Bonn.
- Buck, H. & Witzgall, E. (2012). Mitarbeiterqualifizierung in der Montage. In B. Lotter & H.-P. Wiendahl (Hrsg.), *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis* (2. Aufl.) (S. 397-417). Springer: Berlin.
- Bullinger, H.-J. & Witzgall, E. (2002). *Qualifikationsmanagement in der Produktion: Pläne und Werkzeuge für die Baustelle Lernende Organisation*. Stuttgart: IRB.
- Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information & WHO-Kooperationszentrum für das System Internationaler Klassifikationen (Hrsg.) (2005). *Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit*.
- DIN 8593 (1996). *Fertigungsverfahren Fügen*. Berlin: Beuth.
- Hacker, W. & Skell, W. (1993). *Lernen in der Arbeit*. Berlin: BiBB.
- Hacker, W. (2005). *Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit*. Bern: Huber.
- Hollnagel, E. & Cacciabue, P.C. (1999). An Introduction. *Cognition, Technology & Work*, no.1, pp. 1-6.
- Hörz, T., Korn, O. & Kölz, M. (2013). *Abschlussbericht Innovative Projekte/ Kooperationsprojekte, Assistenzsysteme für leistungseingeschränkte Mitarbeiter in der manuellen Montage*. Hochschule Esslingen/ Koordinierungsstelle Forschung der Hochschulen für Angewandte Wissenschaften, Baden-Württemberg.
- Joiko, K., Schmauder, M. & Wolff, G. (2006). *Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

- Kuhn, A., Hellingrath, B. & Hinrichs, H. (2008). Logistische Assistenzsysteme. In M. Ten Hompel (Hrsg.), *Software in der Logistik: Weltweit sichere Supply Chains: Anforderungen, Funktionalitäten und Anbieter in den Bereichen WMS, ERP, TMS und SCM* (S. 20-26). München: Huss.
- Leutert, F. et al. (2014). Roboterassistenz in der Behindertenwerkstatt. *wt Werkstatttechnik online*, 9, 567-572.
- Lotter, B. (2012a). Einführung. In B. Lotter & H.-P. Wiendahl (Hrsg.), *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis* (2. Aufl.) (S. 1-8). Springer: Berlin.
- Lotter, B. (2012b). Überlegungen zum Montagestandort Deutschland. In B. Lotter & H.-P. Wiendahl (Hrsg.), *Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis* (2. Aufl.) (S. 389-396). Springer: Berlin.
- Manzey, D. (2012). Systemgestaltung und Automatisierung. In P. Badke-Schaub, G. Hofinger & K. Lauche (Hrsg.), *Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen* (2. Aufl.) (S. 333-352). Heidelberg: Springer.
- Rasmussen, J., Petjersen, A. M. & Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive Systems Engineering*. New York: Wiley.
- Richter, A. & Heil, E. (2009). Gesundheit spart Steuern: (Neue) steuerliche Freiräume beim Gesundheitsmanagement. *Arbeit und Arbeitsrecht: Personal Profi.* 3, 136-139.
- Schmidt, M. (1992). *Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme*. Berlin: Springer.
- Schuntermann, M. F. (2007). *Einführung in die ICF: Grundkurs: Übungen: Offene Fragen* (2. Aufl.). Landsberg/Lech: ecomed MEDIZIN.
- Sozialgesetzbuch IX (2004). *Sozialgesetzbuch: Neuntes Buch: Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen*. Verfügbar unter <http://www.sozialgesetzbuch.de/gesetze/09/> [04.11.2013].
- Statistisches Bundesamt (2009). *Bevölkerung Deutschlands bis 2060: 12. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. Wiesbaden.
- VDI-Richtlinie 2860 (1990). *Montage- und Handhabungstechnik; Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen: Begriffe, Definitionen, Symbole*. Düsseldorf: VDI.
- Zäh, M.F. et al. (2007). Kognitive Assistenzsysteme in der manuellen Montage. *wt Werkstatttechnik online*, 9, 644-650.