

Assistenzsysteme zur Lernunterstützung in der Industrie 4.0

Roman Senderek¹ und Katrin Geisler²

Abstract: Eine der wesentlichen Herausforderungen der vierten industriellen Revolution wird es sein, den Wandel zu der zunehmend digitalisierten Arbeitswelt zu bewältigen. Einerseits gilt es, das Potenzial neuer Technologien innerhalb soziotechnischer Systeme produktiv einzusetzen, andererseits werden neue Ansätze der Kompetenzentwicklung benötigt, die das Lernen besser in den Arbeitsprozess integrieren. Der Erhalt und Ausbau der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit erfordert beim Übergang zur Industrie 4.0 deshalb lernförderlich gestaltete Arbeits- und Produktionssysteme, die mittels technologischer Unterstützung individuell und schnell helfen, notwendige Kompetenzen aufzubauen. In dem folgenden Beitrag wird erläutert, wie Assistenzsysteme zum Lernen für die Arbeit beitragen können. Dabei wird auf die Anforderungen an die Gestaltung von Assistenzsystemen, und die Potenziale bzw. Hemmnisse bei der Umsetzung eingegangen. Des Weiteren werden exemplarische Lösungsansätze für den technischen Service und die Produktion vorgestellt. In einer abschließenden Zusammenfassung wird ein Ausblick gegeben wie der Einsatz von Assistenzsystemen im industriellen Kontext gelingen kann.

Keywords: Assistenzsysteme, Lernen in der Industrie 4.0, digitalisierte Arbeitswelt

1 Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung sowie der demografische Wandel stellen Unternehmen und ihre Mitarbeiter vor enorme Herausforderungen. Zu erwarten sind Veränderungen in Bezug auf die Qualität der Arbeit, die Qualifikationserfordernisse, die Formen der Arbeitsorganisation sowie die Zusammenarbeit von Mensch und Technik (BOTTHOF 2015, S. 4). Einerseits ist davon auszugehen, dass einfache, repetitive Tätigkeiten verstärkt automatisiert, andererseits der Anteil an komplexeren indirekten Tätigkeiten an den Schnittstellen zwischen Mensch und Technik steigen werden (FREY U. OSBORNE 2013, S. 1; HIRSCH-KREINSEN 2014, S. 18). Das Aufgabenspektrum der Beschäftigten wird zukünftig vornehmlich Tätigkeiten der Überwachung hochautomatisierter Prozesse und des regulierenden Eingreifens beinhalten. Hierbei ergibt sich jedoch ein Dilemma, dass von Bainbridge als „Ironies of Automation“ bezeichnet wurde (BAINBRIDGE 1983, S. 775f.). Je stärker die Automatisierung ausgeprägt ist, umso weniger ist der Mensch in der Lage, die für ihn als „black box“ wahrgenommenen Prozessabläufe zu verstehen, zu analysieren und Entscheidungen bezüglich der notwendigen

¹ FIR e. V. an der RWTH Aachen, Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen,
Roman.Senderek@fir.rwth-aachen.de

² FIR e. V. an der RWTH Aachen, Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen, Katrin.Geisler@fir.rwth-aachen.de

Maßnahmen abzuleiten (HIRSCH-KREINSEN 2014, S. 20ff.). Verschärfend kommt hinzu, dass sich die aktuellen Veränderungen in der deutschen Bevölkerungsstruktur zunehmend auf die Zusammensetzung der Belegschaften und die Verfügbarkeit von Fachkräften auswirken werden (SENDEREK ET AL. 2015, S. 282ff.). Unternehmen sind daher gefordert, Konzepte zu erarbeiten, die es ermöglichen, die interne Qualifizierung auszubauen sowie die Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft der Beschäftigten länger aufrechtzuerhalten (BMW 2013). Daher gehen Politik, Wissenschaft und Praxis übereinstimmend davon aus, dass dem Lernen für die Bewältigung der mit der Industrie 4.0 einhergehenden Herausforderungen eine steigende Bedeutung zukommt (DEUSE ET AL. 2015, S. 45; KÄRCHER 2015, S. 20). Vor diesem Hintergrund soll in diesem Beitrag gezeigt werden, dass neue digitale Lerntechnologien hierbei einen wichtigen Beitrag leisten können. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass allein die Implementierung neuer Technologien noch kein lern- und kompetenzförderliches Arbeitssystem schafft. Ohne didaktische und methodische Lernkonzepte werden auch die Potentiale der neuesten technologischen Entwicklungen ungenutzt bleiben (STICH ET AL. 2015, S. 117).

2 Assistenzsysteme

Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Arbeitssysteme und einem erweiterten Aufgaben- und Verantwortungsspektrums der Beschäftigten, „kommt der konsequenten Umsetzung von praxisgerechten Unterstützungskonzepten eine Schlüsselrolle zu“ (GORECKY ET AL. 2014, S. 535). Intelligente industrielle Assistenzsysteme können hierbei einen wesentlichen Beitrag leisten. Bereits heute sind einige unterstützende Technologien in der Arbeitswelt zu allgegenwärtigen Werkzeugen und Hilfsmitteln geworden, die einerseits die Beschäftigten bei der Bewältigung komplexer Aufgaben sowie in der Mensch-Technik-Interaktion unterstützen. Sie können die Kompetenzentwicklung sowie das arbeitsintegrierte Lernen fördern, indem sie digitale Lerntechnologien direkt an den Arbeitsplatz bringen (PLATTFORM INDUSTRIE 4.0 (HRSG.) 2014, S. 14). Die Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten von Assistenzsystemen ist sehr groß. Ein Spektrum zwischen einfachen Softwareanwendungen, die dem Nutzer kontextbasiert notwendige Informationen anbietet, bis hin zu einem Zusammenspiel verschiedener hochkomplexer technischer Komponenten, z.B. Sensoren, Aktoren oder Informations- und Kommunikationstechnologien, die es dem Lernenden in Simulationen, virtuellen Welten oder immersiven Lernumgebungen ermöglicht, Prozesse der Wirklichkeit realitätsnah abzubilden und erfahrbar zu machen (BURDEA U. COIFFET 2003, S. 1ff), sind hierbei möglich.

2.1 Anforderungen an die Gestaltung von Assistenzsystemen

An die Funktionalitäten von Assistenzsystemen werden je nach Kontext verschiedene

Anforderungen gestellt. Aus Perspektive des Nutzers spielen neben der benutzerfreundlichen Bedienbarkeit die Interaktionsfähigkeit und -bereitschaft sowie eine optimale Informationsdarstellung, die die individuellen kognitiven Verarbeitungsfähigkeiten und Lerngewohnheiten der Nutzer berücksichtigt, eine wesentliche Rolle. Ziel ist dabei, dass der Anwender die für ihn relevanten Informationen in vertretbarem Aufwand erhält und in geeigneter Form präsentiert bekommt, (VDI/VDE-GESELLSCHAFT MESS- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK 2013) sowie dass die Nutzung und der Erhalt von Erfahrungswissen der Beschäftigten unterstützt werden (ARBEITSGRUPPE "FORSCHUNG UND INNOVATION" (HRSG.) 2015, S. 27f.). Des Weiteren entscheiden technische Spezifikationen (wie Auflösung), und Ergonomie (wie Tragekomfort), darüber, ob die Verwendung eines Assistenzsystems von den Mitarbeitern akzeptiert und genutzt wird.

Aus technischer Perspektive wird es notwendig sein, sowohl die zu verwendende Hardware im Hinblick auf die Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalles zu konfigurieren und das dahinterliegende Datenmodell mit den notwendigen Informationsquellen zu verknüpfen. Darüber hinaus ergeben sich derzeit noch einige technischen Limitationen, denn unterschiedlichste Datenquellen müssen zu einer kohärenten echtzeitbasierten Darstellung zusammengeführt werden, mit entsprechenden Algorithmen für die Auswertung versehen und im besten Falle eine kontextsensitive Filterung der Inhalte ermöglicht werden (CAMMERT ET AL. 2006; GRAUER ET AL. 2010).

Aus Sicht der Organisation gilt es zu definieren inwiefern sich neue Produktionsprozesse durch die Unterstützung visueller Assistenzsysteme ergeben (METZGER ET AL. 2014). Aber auch die Zusammenarbeit in Wertschöpfungsnetzwerke wird sich verändern und es gilt zu klären, inwieweit sich dies auf interorganisationale Kollaboration und Kooperation auswirkt (DAIS 2014).

2.2 Potenziale und Hemmnisse bei der Gestaltung von Assistenzsystemen

Das Potenzial visueller Assistenzsysteme liegt insbesondere darin, verfügbare Informationen zusammenzuführen, zu filtern und bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen. Von besonderem Interesse sind hierbei diejenigen, die mobil, lokations- und echtzeitbasiert sind sowie die Fähigkeit besitzen, sich kontextsensitiv dem jeweiligen Umfeld und Nutzer anzupassen. Erste Forschungsergebnisse haben ergeben, dass ungelernete wie auch erfahrene Arbeitskräfte neue Aufgaben mit visueller Unterstützung um 30-40 % schneller erledigen konnten (GRASS 2014; HARTBRICH 2014). So können Assistenzsysteme für eine arbeitsorientierte oder sogar arbeitsintegrierte Kompetenzentwicklung einen wesentlichen Beitrag leisten (BITKOM U. FRAUNHOFER IAO 2014; HARTBRICH 2014). Es wird dabei entscheidend für die erfolgreiche Implementierung von visuellen Assistenzsystemen sein, dass der Nutzer nicht nur Instruktionen erhält, sondern durch die Anwendung ebenfalls neues Wissen generieren kann. So können auch bildungsferne und lernungewohnte Beschäftigte erreicht und an die Bewältigung komplexerer Tätig-

keiten herangeführt sowie Lernbarrieren überwunden werden.

Für einen effizienten Einsatz intelligenter Assistenzsysteme sind Faktoren, wie die Gestaltung und die Auswahl eines geeigneten Assistenzsystems, dass auf die jeweilige Arbeitsaufgabe abgestimmt ist, sowie die Akzeptanz der Nutzer und eine zielgerichtete

Zusammenarbeit von Mensch und Technik von wesentlicher Bedeutung. Hierbei besteht jedoch noch Handlungsbedarf auf mehreren Ebenen. Aus kognitiv ergonomischer Sicht stellt beispielsweise die leistungsoptimale Informationsdarstellung auf mobilen Geräten nach wie vor eine Herausforderung dar. Display basierte Systeme führen derzeit zwar in der Regel zu einer besseren und schnelleren Aufgabenbewältigung als Head-Mounted-Displays (HMD) (WILLE U. ADOLPH 2014), sie sind jedoch für bestimmte Tätigkeiten, wie etwa freihändiges Arbeiten, nicht geeignet. Die industrielle Anwendung von HMDs wird wiederum bspw. durch geringe Akkulaufzeit und Rutschsicherheit oder ein eingeschränktes Sichtfeld limitiert, was die Durchführung der eigentlichen Tätigkeit behindern kann (ENGELIEN 2014; FASSE 2014). In diesem Kontext müssen ebenfalls Fragen des Gesundheits- und Arbeitsschutzes diskutiert werden, da das Gewicht des Gerätes durch langzeitiges Tragen eines HMD auf dem Kopf oder die Verwendung von monokularen Geräten langfristige gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorrufen könnten (BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN 2011).

Auch auf der rechtlichen und ethischen Ebene gibt es Aspekte, die beim Einsatz von Assistenzsystemen ebenfalls berücksichtigt bzw. kritisch betrachtet werden müssen, da intelligente Assistenzsysteme nicht nur eine Unterstützung der Selbstständigkeit und Partizipation der Menschen im Arbeitsprozess ermöglichen. Damit der Mitarbeiter die für ihn relevanten Informationen in verständlicher Form und erforderlichem Detaillierungsgrad erhält, müssen personalisierte Nutzer- und Kompetenzprofile angelegt und permanent aktualisiert werden. Da somit die persönlichen Lernfortschritte gespeichert werden, könnten einerseits die individuellen Kompetenzen und Fähigkeiten jedes Einzelnen transparent gemacht, andererseits der Einsatz von Assistenzsystemen auch zur Überwachung und Lokalisierung zu jeder Zeit an jedem Ort genutzt werden, was die Angst vor einem „gläsernen Mitarbeiter“ seitens der Beschäftigten und Arbeitnehmerinteressenvertretungen schürt (HIRSCH-KREINSEN 2014, S. 92). Daher sind digitale Verschlüsselungsmaßnahmen personenbezogener Daten für einen adäquaten Datenschutz unerlässlich (DIE BUNDESBEAUFTRAGTE FÜR DEN DATENSCHUTZ UND DIE INFORMATIONSFREIHEIT (HRSG.) 2015).

Neben technischer und rechtlicher Umsetzungsprobleme beeinflussen insbesondere Nutzer-Faktoren wie Alter, Mediennutzungsverhalten, Vorerfahrung und Persönlichkeit die Bereitschaft, mit Assistenz-Technologie umgehen zu können und zu wollen (ZIEFLE ET AL. 2005; ARNING U. ZIEFLE 2007). Akzeptanzprobleme in Bezug auf neuartige Technologien aufgrund bestehender innerer Blockaden der Mitarbeiter aber auch Hemmnisse seitens der Unternehmensführung (KNOP 2014; LUMMA 2014) sind häufig unterschätzte Herausforderungen (HACKER U. SKELL 1993, S. 59).

Für die *XERVON Instandhaltung GmbH*, einen technischen Dienstleister und Konsortialpartner des BMBF geförderten Verbundprojektes ELIAS (Engineering und Mainstreaming lernförderlicher industrieller Arbeitssysteme für die Industrie 4.0) sind die soeben aufgeführten Aspekte von wesentlicher Bedeutung, da die Beschäftigten bisher ihre Tätigkeiten mit keiner oder geringer digitaler Unterstützung ausführen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Strukturen innerhalb des Unternehmens mit seinen vielen verschiedenen Standorten sehr heterogen gewachsen sind, Prozesse und Tätigkeiten daher nicht standardisiert ausgeführt werden und die Anforderungen insbesondere an das mittlere Management in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen sind. Der Digitalisierungsgrad innerhalb des Unternehmens ist jedoch nach wie vor relativ gering, was den Einsatz von Assistenzsystemen wegen hoher Investitionskosten nicht in jedem Szenario wirtschaftlich sinnvoll macht. Zudem relevant für das Unternehmen ist, dass Assistenzsysteme auch eine Robustheit gegenüber Hitze, Staub und Schmutz aufweisen müssen. Derzeit sind jedoch geeignete einsatzfähige Geräte, die all diesen Anforderungen gerecht werden, noch nicht vorhanden (BMBF 2014).

Im Gegensatz dazu sind für Assistenzsysteme in der Produktion der *HELLA KGaA Hueck & Co.*, einem weiteren Konsortialpartner des Verbundprojektes ELIAS, andere Anforderungen und Spezifikationen von Bedeutung. Das Arbeitssystem des Automobilzulieferers ist durch einen hohen Automatisierungsgrad mit hoher Produktkomplexität gekennzeichnet. Assistenzsysteme, die die Beschäftigten durch eine echtzeitbasierte Auswertung der aktuellen Produktion und vor allem auch Hinweise zu möglichen Ansätzen bei der Fehlerbehebung von Mikrostörungen unterstützen könnten einen wesentlichen Beitrag zu einer effektiveren und effizienteren Produktion leisten. Jedoch wirkt sich die nicht durchgängige Datenerfassung in der Produktion hemmend auf den Einsatz solcher Produktionsassistenten- oder Fehlererkennungssystemen aus. Die Auswahl und Implementierung geeigneter Assistenzsysteme wird zudem dadurch erschwert, dass im Unternehmen Anlagen unterschiedlicher Hersteller eingesetzt werden, für die passende Schnittstellen fehlen oder vorhandene inkompatibel sind. Weiterhin wirkt sich die sukzessive steigende Systemkomplexität negativ auf das Systemverständnis der Beschäftigten aus. Aber auch rechtliche Aspekte bspw. in Bezug auf die Verwendung von Foto- und Videomaterial müssen berücksichtigt werden.

3 Einsatz von Assistenzsystemen anhand von Beispielen

3.1 Implementierung

Eine Personalentwicklung, die eine kontinuierliche Vermittlung fachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie sozialer Kompetenzen und Methoden gewährleistet (JUNG ERCEG 2005) und sich konsequent an den strategischen Zielen des Unternehmens orientiert (SAUTER U. SAUTER 2014) gewinnt angesichts des industriellen Wandels immer mehr an Bedeutung. Zentrales Werkzeug für die Bestimmung des status

quo sowie möglicher Entwicklungspotentiale sind Kompetenzmatrizen, die allerdings häufig im Unternehmensalltag nicht konsequent gepflegt werden. Mit einer Kompetenzmatrix kann der Qualifikationsbedarf ermittelt und die Kompetenzentwicklung geplant, gestaltet, kontrolliert sowie permanent optimiert werden (HEYSE ET AL. 2004).

So werden bspw. bei der HELLA KGaA Hueck & Co. für die technischen Fachkräfte Kompetenzmatrizen erstellt, die sich maßgeblich auf technischen Fähigkeiten beziehen. Hierfür wurde innerhalb des betrachteten Werkes zunächst die installierte Basis an Anlagen betrachtet und die Mitarbeiter mit ihren Fähigkeiten im Hinblick auf die notwendigen Fähigkeiten beurteilt. Die Kompetenzanalyse dient anschließend der Bestimmung der Entwicklungsziele für die jeweiligen Mitarbeiter. Bei der XERVON Instandhaltung GmbH werden tätigkeitsrelevante Kompetenzen auf der Basis des Kompetenzatlasses, der von Heyse und Erpenbeck entwickelt wurde (HEYSE ET AL. 2004), identifiziert und ein Sollprofil die Tätigkeiten festgelegt. In beiden Fällen wird dabei das Ziel verfolgt, individuelle Stärken und Schwächen der Mitarbeiter aber auch der Organisation zu erkennen, hochqualifiziertes Personal bedarfsgerecht zu entwickeln sowie die Selbstorganisationsfähigkeit und Partizipation der Mitarbeiter zu stärken. Dies ermöglicht einerseits eine bessere und schnellere Aufgabenbewältigung durch die Mitarbeiter, erleichtert aber andererseits auch eine effizientere Personaleinsatzplanung der Mitarbeiter.

3.2 Technischer Service

Im Rahmen des Forschungsprojektes ELIAS wurden verschiedene Demonstratoren entwickelt, anhand derer ausgewählte Lernmethoden und -technologien untersucht werden. Eine exemplarische Lernlösung, die als Demonstrator auf der Hannover Messe Industrie 2015 vorgestellt wurde, ist ein HMD für den mobilen Einsatz im technischen Service. Der Vorteil besteht darin, dass HMDs während der Ausführung verschiedenster Tätigkeiten nutzbar und benötigte Informationen jederzeit in Sichtweite sind, während beide Hände für die Ausführung der Arbeitsaufgabe frei bleiben. Somit können die Nutzer während des Arbeitsprozesses auch an unterschiedlichsten Einsatzorten weiterführende Informationen zu ihren Aufgaben erhalten (MÜHLBRADT ET AL. 2015). Über eine integrierte Kamera kann ein Experte mittels interaktiver echtzeitbasierter Kommunikation hinzugezogen werden und dem Servicetechniker optimierte Problemlösungsvorschläge geben. Dabei kann es sich um Experten eines zentralen Standorts oder weitere Servicetechniker handeln, die sich im Einsatz untereinander gegenseitig beraten können (GARTNER 2013; SCHUH U. FABRY 2014).

Dadurch ergeben sich große Potenziale für eine effizientere Gestaltung der Prozessabläufe und -organisation (METZGER ET AL. 2014). So können Teilprozesse parallelisiert werden, wie bspw. die Dokumentation von ausgeführten Leistungen, die gleichzeitig während der eigentlichen Ausführung der Tätigkeit erfolgen kann (MEHLER-BICHER ET AL. 2011). Des Weiteren wird die kontextsensitive bedarfsgerechte Informationsausgabe zu einer Verringerung der Recherchezeiten der Servicemitarbeiter führen. Dar-

über hinaus können Teilprozesse entfallen wie bspw. vor Ort Abnahmen zur Qualitätssicherung.

Im konkreten Fall der XERVON Instandhaltung GmbH kann ein HMD nur in Pilotversuchen getestet werden, da, wie in Kapitel 2.2 dieses Beitrags bereits beschrieben wurde, derzeit verfügbare HMD noch nicht über alle notwendigen technischen Anforderungen verfügen. Daher konzentrieren sich die Maßnahmen auf die technologiegestützte Aufarbeitung der vorhandenen Intranetinhalte und Prozesshandbücher sowie den Aufbau einer Best-Practice Community, innerhalb derer Erfahrungen virtuell sowie in regelmäßigen Präsenztreffen ausgetauscht werden können. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Lösungsverhalten sowie die Problemlösekompetenz im Einsatz zu stärken.

3.3 Produktion

Ein weiterer Demonstrator des Verbundprojekts ELIAS, der bei der HMI 2015 vorgestellt wurde ist die digitale Arbeitsunterweisung zur visuellen Montageassistenz in der Produktion. Mittels kurzer ergonomisch optimierter Utility Filmsequenzen wird der Nutzer bei seinen Tätigkeiten angeleitet. Im Unterschied zu einem herkömmlichen Video mit linearem Handlungsverlauf verfügt der Demonstrator über eine Clipstruktur mit Verzweigungen, so dass der Nutzer die Möglichkeit hat, seinen Lerngewohnheiten angepasste unterschiedliche Arten der Assistenz zu erproben. Dadurch wird einerseits das selbständige Erlernen manueller Tätigkeiten gefördert, aber andererseits auch ein Verständnis für komplexe Tätigkeitsabläufe geschaffen. Geeignet ist dieses Szenario insbesondere für repetitive Tätigkeiten, aber auch zum Transfer von Wissen über Sprach- und Kulturgrenzen hinaus. Weltweit agierende Unternehmen können so beispielweise ein standortunabhängiges Anlernen von Montageprozessen erleichtern. Mit unternehmensweit abgestimmten und kontextangepassten Utility-Filmen könnten konkrete Anwendungsfälle trainiert oder komplexes Wissen, welches bisher informell durch Erfahrungen erworben wird, visualisiert werden. Es gilt noch zu klären, wie dieser exemplarische Demonstrator bei den produzierenden Projektpartnern getestet werden kann.

Ein Anwendungsgebiet von Assistenzsystemen für die HELLA KGaA Hueck & Co. ist sind sogenannte „Produktions-Assistenz-Systemen“, die die Mitarbeiter in der Interaktion mit der jeweiligen Anlage auf dem Shop-Floor unterstützen. So können situationsabhängig relevante Maschinenzustandsdaten visualisiert und adäquate Maßnahmen und Problemlösungen vorgeschlagen werden. In der Praxis könnte das so aussehen, dass ein Mitarbeiter an einer Maschine oder Anlage mit seinem jeweiligen Qualifikationsprofil erfasst wird und während der Anwendung kontextsensitive Lernunterstützung erhält. Neue Lösungsansätze bei der Ausführung der Tätigkeiten werden dabei im weiteren Verlauf im Assistenzsystem dokumentiert und die Lernunterstützung kann dementsprechend nach entsprechender Freigabe angepasst werden.

4 Fazit

Für die Gestaltung der Arbeit von morgen wird eine zentrale Aufgabe sein, die Notwendigkeiten und Möglichkeiten der Kompetenzentwicklung durch Lernen am und im Prozess der Arbeit von Anfang an zu berücksichtigen und geeignete technologiegestützte Lernlösungen zu realisieren. In diesem Beitrag wurde beispielhaft erläutert, wie sich der Einsatz von Assistenzsysteme zukünftig auf das Arbeiten und Lernen auswirken könnte und dass deren Potenziale zur Bewältigung der Aufgaben in einer digitalisierten Arbeitswelt sowohl im Bereich der Produktions- als auch Dienstleistungsprozessen liegen.

Hierfür müssen jedoch in vielen Unternehmen zunächst die derzeitige Personalentwicklung und Qualifizierungsmaßnahmen kritisch hinterfragt werden, um eine effektivere Gestaltung des Kompetenzmanagement zu erreichen. So sind häufig die vorhandenen Kompetenzfeststellungen unzureichend oder werden nur selten aktualisiert.

Anhand des Beispiels des technischen Service konnte gezeigt werden, dass zwar viele Unterstützungsszenarien möglich sind, aber nicht jede Art von Anwendung den gewünschten praktischen Nutzen hat. Das große Potenzial des Einsatzes von HMDs liegt darin, kontextbezogenen Informationen zur realen Umgebung einzublenden, externe Experten hinzuziehen zu können und ein freihändiges Arbeiten zu ermöglichen, aber aufgrund technischer Defizite und unausgereifter didaktischer Konzepte ist ein unternehmensweiter Einsatz derzeit noch nicht realisierbar.

Für produzierende Unternehmen stellt sich die Frage nach Assistenzsystemen aus einer anderen Perspektive. Hierbei gilt es häufig bereits vorhandene Daten zusammenzuführen, auszuwerten und den Mitarbeitern auf dem Shop-Floor als Entscheidungshilfe zu Verfügung zu stellen. Dabei gilt es eine Reihe von Hindernissen zu überwinden und insbesondere eine kontextsensitive Gestaltung erfordert auch Lösungen, die von Mitarbeitern und Unternehmensführung gemeinsam entwickelt und angenommen werden. Damit Assistenzsysteme allerdings auch zum Lernen beitragen sind noch eine Reihe weiterer Faktoren zu berücksichtigen. Denn nur wenn bspw. durch entsprechende Feedback Loops das Assistenzsystem von den Mitarbeitern selbst aktualisiert werden kann, kann einerseits die Akzeptanz aber auch andererseits die Effizienz solcher Lösungen sichergestellt werden.

Literaturverzeichnis

ARBEITSGRUPPE "FORSCHUNG UND INNOVATION" (HRSG.). (2015). Industrie 4.0. Whitepaper FuE-Themen. Zugriff über Website: <http://www.plattform-i40.de/blog/industrie-40-whitepaper-fue-themen-stand-7-april-2015>.

ARNING, K. u. ZIEFLE, M. (2007). Understanding age differences in PDA acceptance and performance.

Computers in Human Behavior. 23(6). S. 2904 - 2927.

BAINBRIDGE, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*. 19(6). S. 775-779.

BITKOM u. FRAUNHOFER IAO. (2014). *Industrie 4.0 Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. Berlin: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.

BMBF. (2014). Bekanntmachung von Richtlinien zur Förderung von Digitalen Medien in der beruflichen Bildung. Zugriff über Website: <http://www.bmbf.de/foerderungen/24983.php>.

BMW. (2013). *Mensch-Technik-Interaktion - Leitfaden für Hersteller und Anwender*. Hrsg.: BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE. (3). Berlin.

BOTTHOF, A. (2015). Zukunft der Arbeit im Kontext von Autonomik und Industrie 4.0. In: *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Hrsg.: BOTTHOF, A. u. HARTMANN, E.A., Berlin: Springer Vieweg. S. 4-6.

BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN. (2011). *Datenbrillen – Aktueller Stand von Forschung und Umsetzung sowie zukünftiger Entwicklungsrichtungen*. Workshop vom 20. Juni 2011 in Dortmund. Zugriff über Website: <http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd63.pdf?blob=publicationFile&v=5> Stand: 30.11.2014.

BURDEA, G.C. u. COIFFET, P. (2003). *Virtual Reality Technology*. New York: Wiley-Interscience.

CAMMERT, M.; HEINZ, C.; KRAMER, J.; RIEMENSCHNEIDER, T.; SCHWARZKOPF, M.; SEEGER, B. u. ZEISS, A. (2006). Stream processing in production-to-business software. *Conference Proceedings: Data Engineering, 2006. ICDE'06. Proceedings of the 22nd International Conference on. IEEE*.

DAIS, S. (2014). Industrie 4.0 – Anstoß, Vision, Vorgehen. In: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung – Technologien – Migration*. Hrsg.: BAUERNHANSL, T., TEN HOMPEL, M. u. VOGEL- HEUSER, B., Wiesbaden: Springer. S. 625-634.

DEUSE, J.; WEISNER, K.; HENGSTEBECK, A. u. BUSCH, F. (2015). Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In: *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Hrsg.: BOTTHOF, A. u. HARTMANN, E.A., Berlin: Springer Vieweg. S. 99-109.

DIE BUNDESBEAUFTRAGTE FÜR DEN DATENSCHUTZ UND DIE INFORMATIONSFREIHEIT (HRSG.). (2015). *Bundesdatenschutzgesetz. Text und Erläuterungen*. 17. Auflage, April 2015. Zugriff über Website.

ENGELIEN, M. (2014). Google Glass: Test der bekanntesten Datenbrille. Zugriff über Website: <http://www.computerbild.de/artikel/cb-Tests-Handy-Google-Glass-7329363.html> Stand: 10.06.2015.

FASSE, S. (2014). Datenbrillen: Erfolg durch Anwendungen in Unternehmen, VDI Nachrichten.

FREY, C.B. u. OSBORNE, M.A. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to

- computerisation? Zugriff über Website:
http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf Stand: 01.04.2015.
- GARTNER. (2013). Gartner Says Smartglasses Will Bring Innovation to Workplace Efficiency. Zugriff über Website: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2618415> Stand: 21.11.2014.
- GOECKY, D.; SCHMITT, M. u. LOSKYLL, M. (2014). Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien und Migration. Hrsg.: BAUERNHANS, T., HOMPEL, M.T. u. VOGEL-HEUSER, B., Wiesbaden: Springer S. 525-542.
- GRASS, K. (2014). Hilfskraft + Datenbrille = Facharbeiter Zugriff über Website:
<http://www.spiegel.de/karriere/berufsleben/datenbrillen-bei-der-arbeit-ersatz-fuer-facharbeiter-a-993221.html> Stand: 10.06.2015.
- GRAUER, M.; KARADGI, S.; METZ, D. u. SCHÄFER, W. (2010). An Approach for Real-Time Control of Enterprise Processes in Manufacturing using a Rule-Based System. Artikel vorgestellt auf: Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2010 - Enterprise Resource Planning und Transformation von ERP-Systemen.
- HACKER, W. u. SKELL, W. (1993). Lernen in der Arbeit., Berlin, Bonn: W. Bertelsmann Verlag.
- HARTBRICH, I. (2014). Das Handbuch auf der Nase - Wenn teure Maschinen kaputt sind, sollen Datenbrillen beim Reparieren helfen. DIE ZEIT. Zugriff über Website: Das Handbuch auf der Nase - Wenn teure Maschinen kaputt sind, sollen Datenbrillen beim Reparieren helfen. Online unter: <http://www.zeit.de/2014/36/datenbrille-service-reparatur>. Stand: 10.04.2015.
- HEYSE, V.; ERPENBECK, J. u. MAX, H. (Hrsg.). (2004). Kompetenzen erkennen, bilanzieren und entwickeln. Münster: Waxmann Verlag.
- HIRSCH-KREINSEN, H. (2014). Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt? WISO direkt. Analysen und Konzepte zur Wirtschafts- und Sozialpolitik, Dezember 2014. Zugriff über Website: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11081.pdf> Stand: 07.05.2015.
- JUNG ERCEG, P. (2005). Qualifikation für produktbegleitende Dienstleistungen. In: Management produktbegleitender Dienstleistungen. Hrsg.: LAY, G. u. NIPPA, M., 1. Aufl., Heidelberg: Physica-Verlag. S. 155-174.
- KÄRCHER, B. (2015). Alternative Wege in die Industrie 4.0 - Möglichkeiten und Grenzen. In: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Hrsg.: BOTTHOF, A. u. HARTMANN, E.A., Berlin: Springer Vieweg. S. 47-58.
- KNOP, C. (2014). Dem deutschen Mittelstand ist die Digitalisierung egal FAZ-online. Zugriff über Website: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/deutsche-betriebe-investieren-kaum-in-digitalen-ausbau-13146623.html>.
- LUMMA, N. (2014). Mittelstand, digitalisiere dich! Handelsblatt. Zugriff über Website: <http://www.handelsblatt.com/meinung/kolumnen/kurz-und-schmerzhaft/der-transformer-mittelstand-digitalisiere-dich/10707630.html>.

MEHLER-BICHER, A.; REIß, M. u. STEIGER, L. (2011). *Augmented Reality: Theorie und Praxis*. München: Oldenbourg Verlag.

METZGER, D.; NIEMÖLLER, C. u. THOMAS, O. (2014). The Impact of Augmented Reality on the Technical Customer Service Value Chain. *Conference Proceedings: 2. International Conference on Human-Computer Interaction*. Prague, Czech Republic.

MÜHLBRADT, T.; SENDEREK, R.; RODENHAUSER, T. u. SAUPP, L. (2015). *Lernlösungen für Arbeitssysteme zum Lernen für die Arbeit MTM-Schriften Industrial Engineering*. Ausgabe 2 in Druck.

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0 (HRSG.). (2014). *Industrie 4.0. Whitepaper FuE-Themen*. Zugriff über Website: http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung%20Stand%203.%20April%202014_0.pdf.

SAUTER, W. u. SAUTER, S. (2014). *Workplace Learning. Integrierte Kompetenzentwicklung mit kooperativen und kollaborativen Lernsystemen*. Berlin Heidelberg: Springer Gabler.

SCHUH, G. u. FABRY, C. (2014). Digitalisierung von Dienstleistungen - Potenziale und Herausforderungen. In: *Dienstleistung in der digitalen Gesellschaft. Beiträge zur Dienstleistungstagung des BMBF im Wissenschaftsjahr 2014*. Hrsg.: BOES, A. (S. 50-59). Frankfurt: Campus Verlag.

SENDEREK, R.; MÜHLBRADT, T. u. BUSCHMEYER, A. (2015). Demografiesensibles Kompetenzmanagement für die Industrie 4.0 In: *Exploring demographics - Transdisziplinäre Perspektiven der Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel*. Hrsg.: JESCHKE, S., RICHERT, A., HEES, F. u. JOOß, C., Wiebaden: Springer VS. S. 281-295.

STICH, V.; GUDERGAN, G. u. SENDEREK, R. (2015). Arbeiten und Lernen in der digitalisierten Welt. In: *Digitalisierung industrieller Arbeit*. Hrsg.: HIRSCH-KREINSEN, H., ITTERMANN, P. u. (HRSG.), J.N., Baden- Baden: edition Sigma - Nomos Verlagsgesellschaft. S. 109 - 130.

VDI/VDE-GESELLSCHAFT MESS- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. (2013). *Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation*. Zugriff über Website: www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/news_bilder/Pressemitteilungen/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf Stand: 30.11.2014.

WILLE, M. u. ADOLPH, L. (2014). Persönliches Gespräch am 28.11.2014. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

ZIEFLE, M.; OEHME, O. u. LUCZAK, H. (2005). Visuelle Information und Leistung bei Head-Mounted Displays mit erweiterter Realität. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*. 59(3). S. 331-344.