



Foto: ESB Business School, Logistik-Lernfabrik, Reutlingen University.

Philipp Hold, Fabian Ranz, Vera Hummel, Wilfried Sihh

Durchblick im Variantenschwung

Visuelle Assistenzsysteme als Flexibilitätshebel auf dem Shop Floor

Die steigende Personalisierbarkeit von Produkten führt zu einem wachsenden Variantenspektrum in der Fertigung. Nicht zuletzt aufgrund der damit einhergehenden Produktionskomplexität und den hohen Wandlungsanforderungen an die Montage werden viele komplexe Stückgüter weiterhin überwiegend manuell montiert. Visuelle Assistenzsysteme geben den Mitarbeitern die nötige Handlungsunterstützung, wenn kein Produkt dem anderen gleicht und damit das Fehlerpotenzial steigt.

1. Einleitung

Die aktuell häufig im Rahmen des deutschen Zukunftsprojekts Industrie 4.0 propagierte Vision der Produktion einer „Losgröße 1 zu Bedingungen der Großserie“ fordert auch von Montagesystemen in Bezug auf eine ökonomische wie auch humanorientierte Gestaltung Antworten zu deren Erreichung ein. Produzierende Unternehmen in Europa versuchen, sich in dieser Hinsicht die zahlreichen, vor allem wirtschaftlichen Vorteile der Fließfertigung auch in der variantengemischten Montage zu Nutze zu machen. An die Mitarbeiter, die in derartigen Systemen die manuelle Montage verrichten, werden hohe Anforderungen gestellt – im Rahmen des engen Vorgabetakts müssen sich häufig ändernde Montageaufgaben sowie -inhalte auf Anhieb sicher beherrscht werden. Sogenannte Wer-

ker-Assistenzsysteme bieten die nötige Unterstützung.

Unternehmen, die sich zur Einführung eines elektronischen Helfers zur Unterstützung der Mitarbeiter auf dem Shop-Floor entschlossen haben, müssen vielfältige Entscheidungen über die Konfiguration der Systemausführung treffen, welche die spätere Komplexität, aber auch die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems maßgeblich beeinflussen.

Fraunhofer Austria/TU Wien und die ESB Business School der Hochschule Reutlingen haben gemeinsam eine industrieprobte Vorgehensweise entwickelt, welche auf Basis eines konkreten Einführungsvorhabens und eines strukturierten Anforderungskomplexes ein passendes visuelles Assistenzsystem für ein Montagesystem identifiziert, merkmalsorientiert bewertet und

über eine Implementierung leistungs- und kostenorientiert entscheidet.

2. Elektronische, visuelle Assistenzsysteme

Der Funktionsumfang visueller Assistenzsysteme geht weit über die reine Anweisung von Arbeitsschritten hinaus und bietet durch die Vernetzung mit der Montagesystemperipherie eine echtzeitfähige, takt synchrone und damit situative Unterstützung für den Mitarbeiter.

Das bedeutet: Die Montageanweisungen sind automatisch synchronisiert mit dem Arbeitsfortschritt des Mitarbeiters, ohne dass eine manuelle Rückmeldung an das System erfolgen muss.

Die Verwendung der richtigen Werkstückkomponenten und der Einsatz der richtigen Montagewerkzeuge, Hilfs-

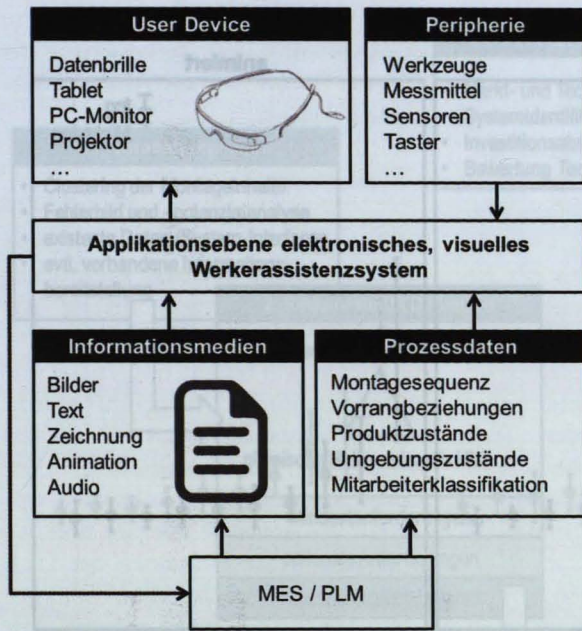


ABBILDUNG 1: SCHEMATISCHE SYSTEMSKIZZE EINES VISUELLEN WERKERFÜHRUNGS- BZW. ASSISTENZSYSTEMS

und Betriebsmittel werden sensor- und kameragestützt live überwacht. Über logische Relationen dieser Signale mit entsprechenden Prozessdaten werden montagebedingte Fehler durch die Software des Assistenzsystems identifiziert - und Entscheidungsunterstützung zur Korrektur dieser Fehler dem Mitarbeiter zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und in der richtigen Qualität zur Verfügung gestellt.

Ebenso können beispielsweise Fehler in der Materialbereitstellung sowie auch in der Qualität der zur Montage bereitgestellten Bauteile identifiziert, Montager Reihenfolgen situativ durch das System geändert und entsprechend angepasste Informationen dem Mitarbeiter zur Verfügung gestellt werden.

2.1 Informationsbereitstellung

Um fehlerfrei und in der Vorgabezeit wechselnde Produktvarianten zu montieren, ist es erforderlich, dass Mitarbeiter

- ein zugeführtes Werkstück unmittelbar identifizieren können,
- die variantenspezifisch durchzuführenden Arbeitsvorgänge kennen,
- die korrekten Teile und Komponenten zur Durchführung der Arbeitsvorgänge auswählen und
- die richtige Arbeitsmethode und die richtigen Werkzeuge zur Anwendung bringen.

Diese Informationen, die in der klassischen Montage trivial erscheinen,

erschließen sich häufig in einer variantengemischten Montage nicht intuitiv, wodurch für die operativen Mitarbeiter ein Informationsbedarf entsteht. Die betriebliche Praxis zeigt, dass herkömmliche, papiergebundene Informationen und Anweisungen, von den Mitarbeitern kaum beachtet werden und auch von Seiten der Arbeitsvorbereitung selten aktuell gehalten werden. Unabhängig von den enthaltenen Informationen besitzen solche lediglich für die betrachtete Produktvariante Gültigkeit und sind damit per se nachteilig für die Bereitstellung von Informati-

onen in Arbeitssystemen, welche durch variante Produkte und sich dynamisch ändernde Arbeitstätigkeiten charakterisiert sind.

2.2 User Devices

Vereinfacht wurde die Entwicklung visueller Werker-Assistenzsysteme durch die steigende Verfügbarkeit von mobilen elektronischen Endgeräten wie Tablet-Computern, Datenbrillen, Smart Watches oder mobilen Projektoren, welche eine dezentrale Verfügbarmachung digitaler Informationen direkt im Arbeitssystem ermöglichen - verbunden mit der steigenden Verbreitung vernetzbarer Betriebsmittel. Sie bilden die physische Mensch-Maschine-Schnittstelle und sind daher aus ergonomischer Sicht von hoher Relevanz.

Die weiteste Verbreitung bei Montageassistenzsystemen finden momentan Tablet-Computer und herkömmliche Monitore. Sie eignen sich insbesondere, wenn ein

- hoher Informationsbedarf für einen einzelnen Arbeitsschritt,
- eine große Darstellung i.S. des Bildschirms und
- ein vollständig freies Sichtfeld des Mitarbeiters gefordert werden [KRI14].

Steigende Verbreitung zeigen aber auch am Körper tragbare Geräte wie Head-Mounted Displays (HMD), auch Datenbrillen genannt. Ihre wesentlichen Vorteile liegt darin, dass

- ihr Display sich zu jeder Zeit in unmittelbarer Nähe zum oder sogar im Sichtfeld des Mitarbeiters befindet und sich dieser nicht zu einem ortsfest installierten Monitor wenden muss, um Informationen zu erfassen,
- beide Hände zu jeder Zeit „frei“ bleiben [KRI14] und
- sie modellabhängig Zusatzfunktionen wie Bildaufnahme, Tonausgabe, Gestenerkennung oder das Lesen von 1D- und 2D-Barcodes beherrschen.

Vergleichende Studien der deutschen Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) verweisen jedoch auf steifere Bewegungsabläufe, erhöhte Anspannung der Nackenmuskulatur, höhere Kopfschmerzneigung und schnellere visuelle Ermüdung bei Datenbrillenträgern – ohne Geschwindigkeitsvorteile im Arbeitsablauf gegenüber der Bildschirm-Darstellung realisieren zu können [WIL13].

Lediglich für einzelne Vorgänge entlang eines typischen Montageprozesses geeignet ist die Projektion von Informationen direkt auf das Werkstück

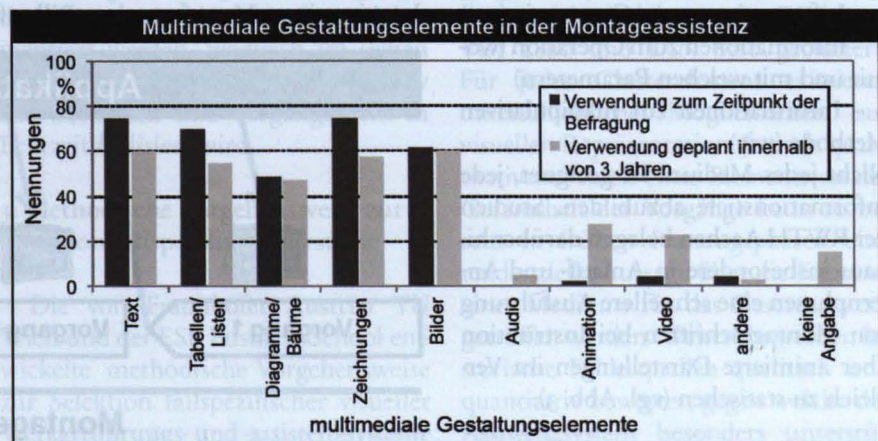


ABBILDUNG 2: MEDIENEINSATZ IN DER MONTAGE [WIE14]

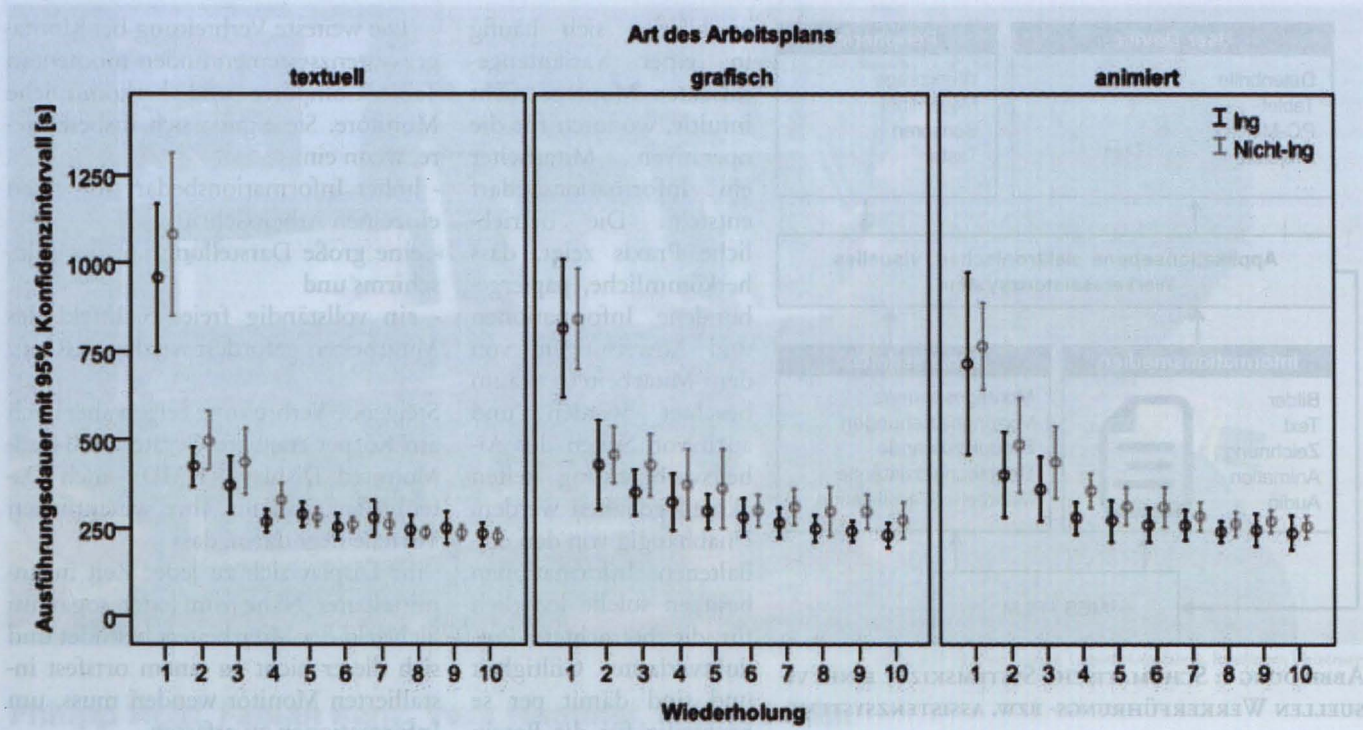


ABBILDUNG 3: AUSFÜHRUNGSDAUER VON UNTERSCHIEDLICH INSTRUIERTEN MONTAGEVORGÄNGEN [JES10]

durch leistungsstarke Beamer. Hierüber lassen sich unter anderem Positionier- oder Schraubstellen sequenziell sprichwörtlich „anleuchten“, allerdings erfordert dies eine jederzeit freie Sichtverbindung zwischen Projektor und Werkstück. Zusatzinformationen lassen sich hierbei außerdem kaum einbinden.

2.3 Darstellungsmedien

Aus dem Spektrum existierender Darstellungsmedien (s. Abb. 2) müssen die für den jeweiligen Montageschritt adäquaten in Abhängigkeit der gewünschten Informationstiefe ausgewählt werden. In dieser Hinsicht lassen sich in Anlehnung an [WIEL4] vier Tiefenklassen unterteilen:

- Informationen zur Prozess (was)
- Informationen zur Geometrie (wo)
- Informationen zum Operation (womit und mit welchen Parametern)
- Informationen zur manipulativen Methode (wie)

Nicht jedes Medium ist geeignet, jede Informationstiefe abzubilden. Studien der RWTH Aachen belegen darüber hinaus insbesondere in Anlauf- und Anlernphasen eine schnellere Ausführung von Montageschritten bei Instruktion über animierte Darstellungen im Vergleich zu statischen (vgl. Abb. 3).

Bei animierten Arbeitsinstruktionen sind im Wesentlichen zwei Formate zu unterscheiden: Videos wie der Utility Film werden im direkten Arbeitsumfeld gefilmt und erfordern damit besonders wenig Abstraktionsfähigkeit vom Mitarbeiter, da das Arbeitsumfeld und die tatsächliche Handhabung eines jeden Montageschritts mitaufgenommen werden. Alle Informationstiefenklassen werden hier mit einem einzigen Medium bedient. Sie erfordern bei ihrer Erstellung jedoch einen hohen Aufwand und müssen bei Produkt-, Anlagen- oder Prozessänderung jedes Mal neu produziert werden.

3D-Animationen, die direkt aus den CAD-Konstruktionsdaten des zu montierenden Produkts abgeleitet werden können, sind hingegen aufwandsarm erstellbar und entsprechen bei Vorhandensein einer Manufacturing Bill of

Material (MBOM) direkt dem tatsächlichen Montageprozess. Konstruktive und prozessuale Änderungen lassen sich aufgrund der Datendurchgängigkeit mit dem PLM-System schnell durchführen. Auch im ERP-System hinterlegte, variantenspezifische Vorgangfolgen können zur Sequenzierung der Informationen des Assistenzsystems verwendet werden. Untersuchungen von Fraunhofer Austria/TU Wien und der ESB Business School im Rahmen von Industrieprojekten zeigen allerdings, dass in typischen Montageprozessen nur rund die Hälfte aller Einzelschritte tatsächliche Fügevorgänge, die konstruktionsrelevant und damit in den CAD-Daten abgebildet, sind. Reinigungs-, Prüf-, Schmier- oder Handhabungsvorgänge müssen in diese Animationen in aller Regel separat

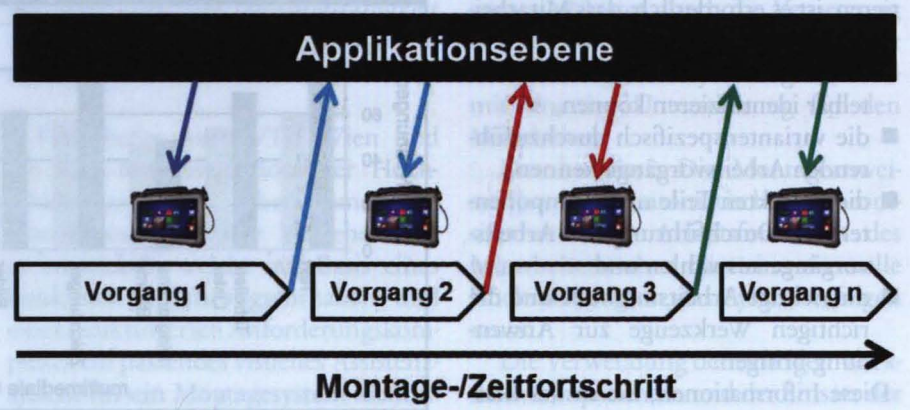


ABBILDUNG 4: IDEALER WORKFLOW

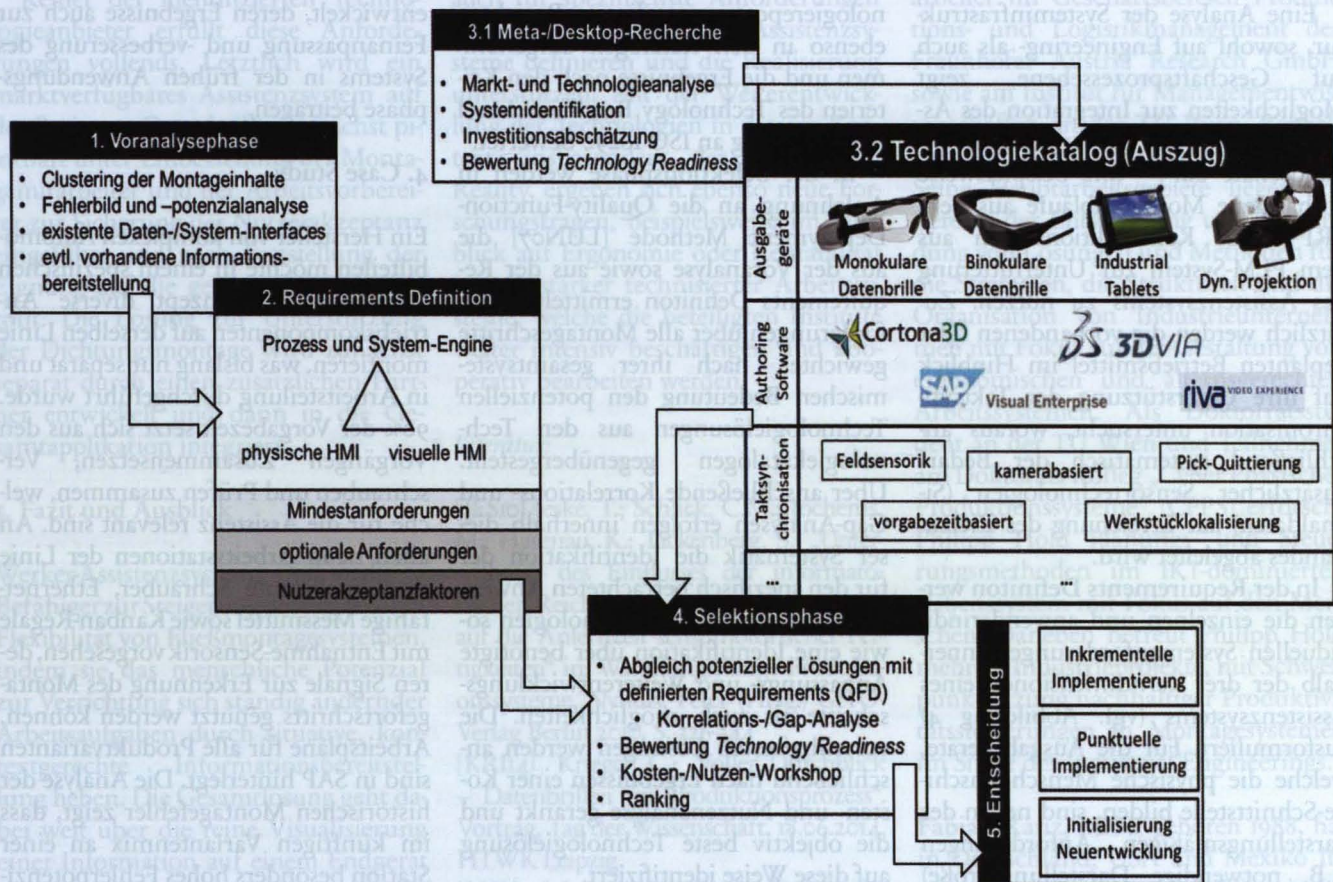


ABBILDUNG 5: METHODISCHE VORGEHENSWEISE ZUR SELEKTION FALLSPEZIFISCHER PASSENDER SYSTEME

über die Verwendung von Texten, Symbolen, Bildern visualisiert werden.

Zur Sicherung der Nutzerakzeptanz und gleichzeitig der Systemziele, wie unterem anderem der Vorgabezeiteinhaltung und Fehlervermeidung, ist auf schnelle Erfassbarkeit und intuitive Verständlichkeit der Informationen zu achten.

2.4 Workflow

Hoher Mengendurchsatz bei kurzen Taktzeiten in der Fließmontage fordern vom Werker-Assistenzsystem eine Unterstützung des Mitarbeiters ohne den Verlust von Prozesszeit. Aufgrund dessen ist eine manuelle Interaktion der Mitarbeiter mit dem System idealerweise zu vermeiden.

Entsprechend der Zergliederung des Gesamtmontageprozesses in einzelne Vorgänge sind die Informationen und Instruktionen in einzelne Sequenzen zerlegt, die synchron zum Montagefortschritt aufgerufen und visualisiert werden.

Ein idealer Workflow, im Gegensatz zu bislang verbreiteten Lösungen, meldet durchgeführte Vorgänge automatisiert an die Applikationsebene zurück.

Eindeutig zuordenbare binäre Signale von Werkzeugen, Mess- und Betriebsmitteln, eine kameragestützte Montagefortschrittserkennung, Materialentnahme-Quittierungen eines Pick-Systems oder die Erkennung der räumlichen Position eines Werkstücks können hierzu beispielhaft verwendet werden.

Bei Einsatz eines ERP- bzw. MES-Systems im Anwenderunternehmen können diese automatisierten Rückmeldungen aus der Feldebene der Montage nicht nur zur Taktsynchronisation des Assistenzsystems verwendet werden, sondern gleichzeitig als Bewegungsdaten zum einzelnen Auftrag dokumentiert werden, wodurch im selben Schritt eine durchgängige Traceability auf Werkstück- und Vorgangsebene in Echtzeit realisiert wird.

3. Methodische Vorgehensweise zur Selektion fallspezifischer Systeme

Die von Fraunhofer Austria/ TU Wien und der ESB Business School entwickelte methodische Vorgehensweise zur Selektion fallspezifischer visueller Werkerführungs- und -assistenzsysteme baut auf fünf miteinander interagie-

renden Einzelphasen auf: Voranalyse, Requirements Definition, Meta- und Desktoprecherche, Selektionsphase und Entscheidungs- bzw. Implementierungsphase. Dabei sind in der Voranalysephasen zwei Planungsfälle zu differenzieren: Die Einführung eines visuellen Assistenzsystems im Rahmen der Umstellung von der variantengetrenten auf eine variantenreiche Montage und die Einführung eines gänzlich neuen Montagesystems.

In beiden Fällen werden im Rahmen der Voranalysephase die Montagevorgänge hinsichtlich ihrer Inhalte analysiert und in Anlehnung an DIN 8593, VDI 2860 und DIN 8580 geclustert. Für jedes Clusterelement existieren unterschiedliche Möglichkeiten zur visuellen Repräsentation. Je nach quantitativem Anteil eines Elements an der Gesamtheit der Vorgänge kann so bereits in frühen Planungsphasen eine tendenzielle Aussage über die Eignung eines Mediums für das Gesamtsystem getroffen werden. Weiterhin werden historische Fehlerquellen qualitativ und quantitativ bewertet, gegen welche das Assistenzsystem besonders unterstützen sollte.

Eine Analyse der Systeminfrastruktur, sowohl auf Engineering- als auch auf Geschäftsprozessebene, zeigt Möglichkeiten zur Integration des Assistenzsystems in die bestehende IT-Landschaft auf – um beispielsweise vorhandene Montageabläufe aus dem ERP-, oder Konstruktionsdaten aus dem PLM-System zur Unterfütterung des Assistenzsystems zu nutzen. Zusätzlich werden die vorhandenen oder geplanten Betriebsmittel im Hinblick auf ihre Unterstützung der Taktsynchronisation untersucht, woraus anschließend systematisch der Bedarf zusätzlicher Sensortechnologien (Signalarten) zur Erreichung des Zielzustandes abgeleitet wird.

In der **Requirements Definition** werden die einzelnen und anwenderindividuellen Systemanforderungen innerhalb der drei Kerndimensionen eines Assistenzsystems (vgl. Abbildung 4) ausformuliert. Für die Ausgabegeräte, welche die physische Mensch-Maschine-Schnittstelle bilden, sind neben der darstellungsmäßigen Anforderungen (z.B. notwendige Darstellungsgröße) auch die technischen Gegebenheiten des Arbeitssystems der Montage sowie ergonomische Anforderungen zu berücksichtigen. Bezüglich der visuellen Mensch-Maschine-Schnittstelle werden die Anforderungen zur Integrationsfähigkeit der gewünschten Medientypen, auch in Kombination, zur Gestaltung der Nutzeroberfläche für Mitarbeiter und Arbeitsvorbereiter definiert. Die ermittelten Anforderungen werden schließlich in Mindestanforderungen und optionale Anforderungen gegliedert und schließlich gewichtet.

Durch eine kontinuierliche **Metasuche** auch **Desktoprecherche** verfügen Fraunhofer Austria/ TU Wien wie auch ESB Business School Reutlingen über umfassende **Technologiekataloge**, in welchen die wesentlichen auf dem Markt erhältlichen Technologien für Werker-Assistenzsysteme dokumentiert und nach ihren Anwendungsfeldern, Komponenten und Funktionen systematisiert sind. Aus diesen Daten gehen die Möglichkeiten zur Interaktion mit bestehenden Informationssystemen hervor. Da viele aktuelle Lösungen, vor allem unter Berücksichtigung vernetzter Informations- und Kommunikationstechnologien, pilothafte Ergebnisse aktueller Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind, sind Tech-

nologiereporte aus diesen Projekten ebenso in den Katalogen aufgenommen und die Ergebnisse nach den Kriterien des Technology Readiness Level in Anlehnung an ISO 16290 bewertet.

In der Selektionsphase werden in Anlehnung an die Quality-Function-Deployment Methode [LUN07] die aus der Voranalyse sowie aus der Requirements Definition ermittelten Anforderungen über alle Montageschritte gewichtet, nach ihrer gesamtsystemischen Bedeutung den potenziellen Technologielösungen aus den Technologiekatalogen gegenübergestellt. Über anschließende Korrelations- und Gap-Analysen erfolgen innerhalb dieser Systematik die Identifikation der für den spezifisch betrachteten Anwendungsfall geeigneten Technologien sowie eine Identifikation über benötigte Anpassungs- und Weiterentwicklungsschritte als auch -möglichkeiten. Die vorteilhaftesten Lösungen werden anschließend nach Ergebnissen einer Kosten- und Nutzenanalyse gerankt und die objektiv beste Technologielösung auf diese Weise identifiziert.

In der anschließenden **Entscheidungsphase** wird innerhalb eines Workshops basierend auf den Ergebnissen der Selektionsphase sowie unter Beteiligung aller Stakeholder eine Entscheidung getroffen, ob die identifizierte Technologielösung inkrementell ganzheitlich oder punktuell innerhalb des betrachteten Montage- bzw. Arbeitssystems zu implementieren ist, oder ob eine Weiter- bzw. Eigenentwicklung eines entsprechenden Werkerführungs- bzw. -assistenzsystems zu initialisieren ist. Für diesen letzten Fall unterhält die Fraunhofer Austria/ TU Wien Kontakte zu Entwicklungspartnern.

Nachdem eine Technologieauswahl getroffen worden ist, schließt sich die **Implementierung bzw. Umsetzungsphase** an. Innerhalb dieser Phase erfolgt ein stufenweises Vorgehen entlang der Umsetzung eines Pilotprojektes. Das Pilotprojekt dient zum einen dazu möglichst frühzeitig erste Erfolge durch den Einsatz visueller Werker-Assistenzsysteme aufzuzeigen und zu verdeutlichen sowie der Akzeptanzsicherung vor allem von Seiten des Bedienpersonals. Hierzu wurden von Fraunhofer Austria/TU Wien und der ESB Business School Reutlingen spezifische Versuchs- und Testreihen

entwickelt, deren Ergebnisse auch zur Feinanpassung und -verbesserung des Systems in der frühen Anwendungsphase beitragen.

4. Case Study

Ein Hersteller von komplexen Automobilteilen möchte in einem spezifischen One-Piece-Flow-Konzept diverse Antriebskomponenten auf derselben Linie montieren, was bislang nur separat und in Arbeitsteilung durchgeführt wurde. 90% der Vorgabezeit setzt sich aus den Vorgängen Zusammensetzen, Verschrauben und Prüfen zusammen, welche für die Assistenz relevant sind. An allen neun Arbeitsstationen der Linie sind intelligente Schrauber, Ethernetfähige Messmittel sowie Kanban-Regale mit Entnahme-Sensorik vorgesehen, deren Signale zur Erkennung des Montagefortschritts genutzt werden können. Arbeitspläne für alle Produktvarianten sind in SAP hinterlegt. Die Analyse der historischen Montagefehler zeigt, dass im künftigen Variantenmix an einer Station besonders hohes Fehlerpotenzial herrscht, da bei allen Varianten mehrere filigrane Dichtungen von oben auf den Werkstücken positioniert werden müssen. Da dies bereits in der Vergangenheit häufig versäumt wurde, soll dieser Vorgang besonders instruiert und überwacht werden. An allen Stationen bewegen sich die Mitarbeiter frei um das Werkstück herum und arbeiten von allen Seiten daran. Jeder Montageschritt soll mit benötigter Zeit und Prüfergebnis im SAP abgelegt werden.

Der Abgleich dieser und weiterer spezifischer Anforderungen mit dem Technologiekatalog führt zur Eingrenzung des Lösungsspektrums. Zur Absicherung der Dichtungsmontage wird eine Projektion der Platzierpositionen auf das Werkstück und eine zusätzliche kameragestützte Prüfung des Vorhandenseins der Dichtungen vorgesehen. Aufgrund der Mobilität der Mitarbeiter im Arbeitssystem sollen monokulare Datenbrillen zum Einsatz kommen, auf welchen Varianteninformationen textuell, Fügevorgänge über 3D-Animationen und Prüfvorgänge statisch über Bilder instruiert werden können. Fügevorgänge werden über Schraubersignale rückgemeldet, Prüfvorgänge über die Messwertgeber. Rein visuelle Prüfungen sollen vom Werker sprachgesteuert quittiert werden.

Keiner der identifizierten Technologieanbieter erfüllt diese Anforderungen vollends. Letztlich wird ein marktverfügbares Assistenzsystem auf der Basis von Datenbrillen zunächst pilothaft unter Einbeziehung der Montagemitarbeiter und der Arbeitsvorbereiter zur Sicherung der Nutzerakzeptanz eingeführt und nach Feststellung der Eignung auf die gesamte Linie ausgerollt. Die Lösung zur Unterstützung der Dichtungsmontage wird zunächst separat durch einen zusätzlichen Partner entwickelt und dann in die Gesamtapplikation integriert.

5. Fazit und Ausblick

Werker-Assistenzsysteme sind wichtige Befähiger zur Steigerung der begrenzten Flexibilität von Fließmontagesystemen, indem sie das menschliche Potenzial zur Verrichtung sich ständig ändernder Arbeitsaufgaben durch situative, kontextgerechte Informationsbereitstellung heben. Die Gesamtlösung geht dabei weit über die reine Visualisierung einer Information auf einem Endgerät hinaus und stellt ein komplexes Subsystem der Montage dar, welches mit Einführungs- und Administrationsaufwand, Investitionen in Soft- und Hardware sowie Schulungsmaßnahmen verbunden ist. Aus diesem Grund sind vor einer Implementierung alle Variablen des Gesamtsystems zielorientiert auszugestalten, Varianten abzuwägen und zu bewerten, damit letztlich ein zukunftsfähiges, mitarbeiterorientiertes und gleichzeitig die Rentabilität der Montage unterstützendes Assistenzsystem den Weg in den Einsatz findet, welches einen hohen Integrationsgrad in die bestehende IT-Landschaft aufweist.

Durch ein ständiges Marktmonitoring und strukturierte Einführungsprozesse können Fraunhofer Austria/TU Wien und die ESB Business School

auch für spezifischste Anforderungen adäquate Lösungen für Assistenzsysteme definieren und die Realisierung unterstützen. Mit der Weiterentwicklung der Technologien in diesem Kontext, insbesondere der Augmented Reality, ergeben sich ebenso neue Forschungsfragen, beispielsweise im Hinblick auf Ergonomie oder Rentabilität immer stärker technisierter Arbeitssysteme, welche die beteiligten Institute weiter intensiv beschäftigen und kooperativ bearbeiten werden.

Literatur:

[JESro] Jeske, T.; Schlick, C.M.; Jochems, M.; Hasenau, K.; Tackenberg, S.: „Untersuchung des Einflusses der informatrischen Reichhaltigkeit von Arbeitsplänen auf die Anlernzeit sensumotorischer Fertigkeiten“ in: Wandlungsfähige Produktionssysteme, Nyhuis, Peter (Hrsg.) GITO-Verlag Berlin 2010, S. 326-344

[KRI14] Krieger, C.: „Voller Durchblick – Datenbrillen im Produktionsprozess“. Vortrag, Tag der Wissenschaft, 18.06.2014, HTWK Leipzig

[LUNo7] Lunau, S. (Hrsg.): „Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich Realisieren“. Springer-Verlag, Berlin u. a. 2007.

[WIE14] Wiesbeck, M.: „Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerführung“, zugelassene Dissertation an der Technischen Universität München, 07.02.2014

[WIL13] Wille, M.; Grauen, B.: „Head-Mounted Displays – Beanspruchung im Langzeiteinsatz“. Vortrag, 3. Experten-Workshop Datenbrillen, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 03.06.2013

Autoren:

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Philipp Hold, Jahrgang 1984, ist wissenschaftlicher Mit-

arbeiter im Geschäftsbereich Produktions- und Logistikmanagement der Fraunhofer Austria Research GmbH sowie am Institut für Managementwissenschaften an der TU Wien, Bereich Betriebstechnik und Systemplanung. Seine Hauptarbeitsgebiete liegen im Bereich der Entwicklung und Anwendung von Lösungen und Methoden für die Strategien, die Strukturen und die Organisation von Industrieunternehmen mit Fokus auf der Gestaltung von ergonomischen und altersgerechten Arbeitssystemen. Als Doktoratsstudent an der TU Wien und Teilnehmer am Doktorats-Kolleg „Cyber Physischer Produktionssysteme“ (CPPS) erforscht Philipp Hold Planungs- und Steuerungsmethoden im IKT-dominierten Arbeitssystem mit Fokus auf den Menschen. Daneben betreut Philipp Hold mehrere Industrieprojekte, mit Schwerpunktsetzung nachhaltiger Produktivitätssteigerungen in Montagesystemen im Sinne des Industrial Engineerings.

Fabian Ranz, M.Sc. geboren 1988, hat in Deutschland, USA und Mexiko International Business und Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Logistik studiert. Seit seinem Abschluss an der ESB Business School in Reutlingen 2014 ist er an selbiger Einrichtung als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektkoordinator unter der Führung von Prof. Dr.-Ing. Vera Hummel tätig. In dieser Funktion ist er für den Aufbau und Betrieb der Logistik-Lernfabrik an der ESB Business School in Reutlingen verantwortlich, übernimmt Teile der Hochschullehre im Bereich Industrial Engineering, forscht im Bereich der Gestaltung hybrider Montage- und Logistikprozesse und unterstützt Wirtschaftsunternehmen im Rahmen von Auftragsforschungs- bzw. Beratungsprojekten, aber auch in der Fort- und Weiterbildung.



**Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Philipp Hold**

wissenschaftlicher Mitarbeiter im Geschäftsbereich Produktions- und Logistikmanagement der Fraunhofer Austria Research GmbH



Fabian Ranz, M.Sc.

wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektkoordinator an der ESB Business School in Reutlingen