

Flexible Automatisierung in Abhängigkeit von Mitarbeiterkompetenzen und -beanspruchung

Ralph RIEDEL¹, Franziska SCHMALFUSS², Michael BOJKO¹, Sebastian MACH²

¹*Professur für Fabrikplanung und -Betrieb, Technische Universität Chemnitz,
D-09109 Chemnitz*

²*Professur für Allgemeine Psychologie und Arbeitspsychologie,
Technische Universität Chemnitz, D-09109 Chemnitz*

Kurzfassung: Industrie 4.0 und aktuelle Entwicklungen in dem Bereich der produzierenden Unternehmen erfordern hohe Anpassungsleistungen von Menschen und von Maschinen gleichermaßen. In Smart Factories werden Produktionsmitarbeiter zu Wissensarbeitern. Dazu bedarf es neben neuen, intelligenten, technischen Lösungen auch neuer Ansätze für Arbeitsorganisation, Trainings- und Qualifizierungskonzepte, die mit adaptierbaren technischen Systemen flexibel zusammenarbeiten.

Das durch die EU geförderte Projekt Factory2Fit entwickelt Lösungen für die Mensch-Technik-Interaktion in automatisierten Produktionssystemen, welche eine hohe Anpassungsfähigkeit an die Fähigkeiten, Kompetenzen und Präferenzen der individuellen Mitarbeiter bieten und damit gleichzeitig den Herausforderungen einer höchst kundenindividuellen Produktion gewachsen sind. Im vorliegenden Beitrag werden die grundlegenden Ziele und Ideen des Projektes vorgestellt sowie die Ansätze des Quantified-self im Arbeitskontext, die adaptive Automatisierung inklusive der verschiedenen Level der Automation sowie die spezifische Anwendung des partizipatorischen Designs näher beleuchtet. In den nächsten Arbeitsschritten innerhalb des Projektes gilt es nun, diese Konzepte um- und einzusetzen sowie zu validieren. Die interdisziplinäre Arbeitsweise sowie der enge Kontakt zwischen Wissenschafts-, Entwicklungs- und Anwendungspartnern sollten dazu beitragen, den Herausforderungen bei der Realisierung erfolgreich zu begegnen und zukunftssträchtige Smart-Factory-Lösungen zu implementieren.

Schlüsselwörter: Smart Factory, Quantified-self, Wearable Device, Level der Automatisierung, adaptive Automatisierung, partizipatorisches Design

1. Einleitung

Produzierende Unternehmen stehen gegenwärtig großen Veränderungen gegenüber. Erstens besteht ein gesteigerter Bedarf nach kundenindividuellen Produkten. Zweitens existiert der Trend, dass Produkte zunehmend smart bzw. intelligent werden. Drittens öffnen die mit den Möglichkeiten modernster Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) einhergehenden Veränderungen, auch unter dem Begriff „Industrie 4.0“ bekannt, den Markt für neue Mitspieler. Viertens schwimmen die Rollen von Lieferanten, Produzenten und Kunden in Zulieferketten zunehmend. Diese dynamische Umwelt verlangt nach der Anpassungsfähigkeit von Mitarbeitern, Produktionsmitteln und Prozessen gleichermaßen.

Die bereits erwähnten IKT basierten Lösungen (intelligente und miniaturisierte Sensorik, Auswerte- und Lernalgorithmen, allumfassende Vernetzung, Cloud-Lösungen) erlauben ein verändertes Paradigma, welches den Produktionsmitarbeiter als Wissensarbeiter in einer Smart Factory („intelligente“ Fabrik mit Selbstorganisationsfunktionen bei Produktion und Geschäftsprozessen) betrachtet. Allerdings wird ein solcher Paradigmenwechsel nicht machbar sein, indem lediglich neue Technologien in der Fabrik eingeführt werden. Es ist ebenfalls notwendig, dass sich Arbeitsprozesse verändern und dass Qualifizierungs-/ Trainingskonzepte eine kontinuierliche Entwicklung von Fähigkeiten unterstützen. In dem Maße, wie sich Produktionsarbeit hin zur Wissensarbeit verändert, müssen kognitive Fähigkeiten bei der Gestaltung von Arbeitsinhalten und Arbeitsbedingungen berücksichtigt werden.

Es wird erwartet, dass sich im Rahmen von Industrie 4.0 die Anforderungen an Mitarbeiter signifikant verändern werden; zukünftig wird es vor allem auf die Fähigkeit mit Komplexität umzugehen, abstrahieren zu können und Probleme lösen zu können ankommen (Kagermann, Helbig et al. 2013). Von Mitarbeitern wird ebenfalls erwartet werden, dass sie Eigeninitiative zeigen, was wiederum ausgeprägte Kommunikationsfähigkeiten sowie Selbstkompetenzen erfordert. Gleichermaßen bietet dies aber auch Chancen zur qualitativen Bereicherung von Arbeitsinhalten, zu interessanten Arbeitsbedingungen, höherer Autonomie sowie die Möglichkeit zur Selbstverwirklichung (Kagermann, Wahlster et al. 2013).

Besondere Beachtung verdienen Situationen, in denen zukünftige Wissensarbeiter automatisierte Produktionseinrichtungen steuern. Hier ist insbesondere eine Adaption erforderlich, um kontext- bzw. situationsbezogen eine perfekte Passfähigkeit zwischen Mitarbeiter und Technik zu erreichen.

Das durch die EU geförderte Projekt Factory2Fit entwickelt Lösungen für die Mensch-Technik-Interaktion in automatisierten Produktionssystemen, welche eine hohe Anpassungsfähigkeit an die Fähigkeiten, Kompetenzen und Präferenzen der individuellen Mitarbeiter bietet und damit gleichzeitig den Herausforderungen einer höchst kundenindividuellen Produktion gewachsen ist. Die Grundidee des Projektes ist in Abbildung 1 visualisiert.

Mit dem Projekt werden folgende allgemeine Ziele verfolgt:

- ein verbessertes Verständnis von Mitarbeiterfähigkeiten und –erfahrungen
- ein flexiblerer Einsatz von Mitarbeitern in der Produktion
- die Reduzierung von monotonen Routinetätigkeiten, basierend auf einer flexibleren Arbeitsorganisation
- kürzere Anlaufzeiten für neue Produkte
- eine kontextbasierte Entscheidungsunterstützung sowie personalisierte Arbeitsanweisungen
- Lösungen für die Wissensteilung und gemeinsame Problemlösung, um auch den demographischen Wandel zu unterstützen
- Lösungen für das autonome, kontextsensitive Lernen

Ziele des Projektes sind die Entwicklung und pilothafte Umsetzung von adaptiven Lösungen für die Mensch-Automatisierungs-Interaktion, die die Arbeitsabläufe verbessern und die Verständigung zwischen den Arbeitern unterstützen. Des Weiteren sollen den Arbeitern Möglichkeiten gegeben werden, ihre Kompetenzen weiterzuentwickeln und ihr Wissen untereinander zu teilen. Zusätzlich strebt das Projekt an, die partizipatorische Gestaltung der Arbeit und Weiterbildung anzuregen.

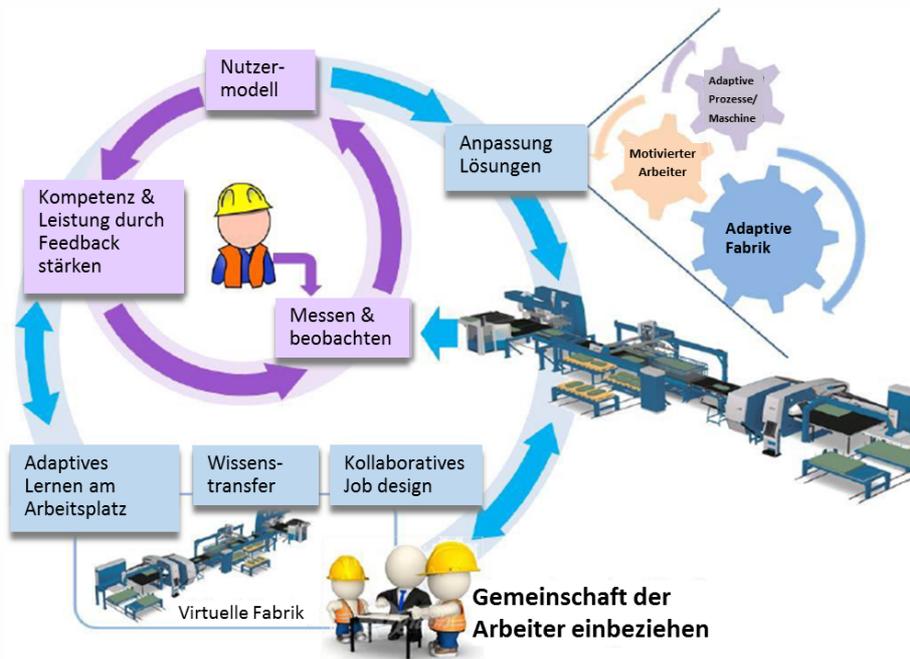


Abbildung 1: Grundidee vom Projekt „Factory2Fit“ – Der Arbeiter steht im Mittelpunkt (angelehnt an Kaasinen et al., 2017)

Mit der Umsetzung und Einführung neuer Technologien und Interaktionskonzepte soll die Anpassungsfähigkeit der Fabrikssysteme um mindestens 50% gesteigert werden, sodass sie dem Wissen, der Fähigkeiten und Präferenzen der Arbeiter entsprechen.

Zudem strebt das Projektteam eine Erhöhung der Arbeitszufriedenheit an, die zusammen mit der verbesserten Passung von Aufgaben und Arbeiter zu einer erhöhten Produktivität von 5-15% und erhöhten Qualität in der Produktion von 10-30% führen soll. Neben den positiven Effekten für den einzelnen Mitarbeiter und das Unternehmen werden zudem positive Reaktionen in der Gesellschaft erwartet. Durch breitgefächerte Informationsverbreitungsmaßnahmen soll das generelle Interesse an Fabrikarbeitsplätzen gesteigert werden. Insgesamt wird eine weite Akzeptanz der neuen Entwicklungen in zukunftsweisenden Fertigungsanlagen erwartet, die durch aktive Verwertungsaktivitäten unterstützt wird.

Das Factory2Fit-Projekt ist Teil der europäischen Horizon2020 Forschungsprogramme. Es wird durch die Europäische Kommission unter der Vertragsnummer 723277 in einer Höhe von 4,3 Millionen Euro gefördert. Das Projekt startete am 1. Oktober 2016 und läuft drei Jahre. Koordinator ist das VTT Technische Forschungszentrum in Finnland. Andere Projektpartner sind große Konzerne, wie Continental, United Technologies und Prima Power. Die beteiligten kleinen und mittleren Unternehmen sind Visual Components, Amorph Systems und CARR Communication. Zudem sind die Forschungspartner Technische Universität Chemnitz und CERTH Teil des Projektes.

2. Lösungsansätze zur adaptiven Automatisierung

Die adaptiven Lösungsansätze, welche in Factory2Fit entwickelt werden, unterstützen eine reibungslose Mensch-Maschine-Kooperation. Die Kernidee von Factory2Fit ist, dass jeder Arbeiter der Experte in Bezug auf seine Arbeit ist und bei

der Gestaltung des Arbeitsumfeldes ein aktiver Teil sein sollte. Die geplante, adaptive Automatisierungslösung soll auf einem dynamischen Nutzer-Modell basieren, welches physikalische, sensorische und kognitive Fähigkeiten beinhaltet. Der Arbeiter erhält über seine Leistungen und Fähigkeiten Rückmeldungen, welche den stetigen Lernprozess und Kompetenzgewinn unterstützen sollen. Virtuelle Fabrikmodelle werden dabei als Plattform genutzt, um gemeinsam Arbeitsabläufe zu erstellen sowie Wissen zu vermitteln und zu teilen. Bei der organisationalen Entwicklung beteiligen sich alle relevanten Interessengruppen. Die kontextbezogene Anleitung und Wissensvermittlung wird durch Augmented-Reality-Werkzeuge unterstützt. Die adaptiven Lösungsansätze werden in einer realen Fertigungsumgebung bei Continental, UTRC-I und Prima Power in drei industriellen Praxisprojekten umgesetzt.

Für die Umsetzung der Projektziele werden verschiedene Ansätze verfolgt. Zum einen beinhaltet der Factory2Fit Forschungsplan die Erfassung physiologischer, kognitiver oder auch sensorischer Fähigkeiten der Mitarbeiter, um diese bei der Ausgestaltung des Automatisierungsgrades und der Aufgabenverteilung zu nutzen. Um dies zu erreichen, werden Ansätze wie das „Quantified-self“ herangezogen und auf den Fabrikkontext übertragen. Zum anderen werden die verschiedenen Level der Automatisierung intensiv beleuchtet, um Ansatzpunkte und Gestaltungsoptionen zu generieren. Parallel dazu werden neue Umsetzungsmöglichkeiten für Prinzipien des partizipatorischen Designs im Industrie 4.0-Kontext erarbeitet. Diese verschiedenen Ansätze werden in den folgenden Abschnitten näher betrachtet.

2.1 Der Mitarbeiter im Fokus

Mitarbeiter zeichnen sich durch verschiedene Kompetenzen aus. Unter Kompetenzen werden "Wissen, Fähigkeiten, Motivation, Interesse, Fertigkeiten, Verhaltensweisen und [andere Merkmale zusammengefasst], die eine Person für eine erfolgreiche Bewältigung ihrer Aufgaben benötigt." (S. 55, Sonntag & Schmidt-Rathjens 2005). Kompetenzen bilden ein Konglomerat aus Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnissen. *Fertigkeiten* sind erlernte Kompetenzen. Durch Übung entstehen automatisierte (Teil-)Tätigkeiten, die Menschen nicht bewusst kontrollieren müssen (Erpenbeck & Rosenstiel 2003, Kirchhöfer 2004). Diese können sowohl motorischer (z.B. richtiges Einsetzen von Werkzeugen in Maschinen) als auch kognitiver Natur (z.B. Rechentechniken) sein. *Fähigkeiten* umschreiben "alle angeborenen und erworbenen psychischen Bedingungen [...], die zur Erlangung einer Leistung notwendig sind" (S. 61, Kirchhöfer 2004). *Kenntnisse* stellen das erworbene Wissen dar, das sich in deklarativem (wissen, dass) Wissen sowie prozeduralem Wissen (wissen, wie) unterteilen lässt (Andersen 2013a, Anderson 2013b). Den Kompetenzerwerb zu erleichtern, indem neue Wissenstransfermöglichkeiten durch die Verwendung neuer technologischer Entwicklungen (z.B. Augmented Reality-Technologien) und durch die Förderung der Informations- und Wissensweitergabe durch neue Medien geschaffen werden, sollten eine zentrale Rolle bei der Gestaltung neuer intelligenter Fabriken spielen (vgl. ifaa 2016).

Industrie 4.0 bietet aber nicht nur neue Wege zur Kompetenzerweiterung, sondern sollte auch ein weiteres Problemfeld adressieren. Im Zuge des demografischen Wandels steigt der Altersdurchschnitt der bearbeitenden Bevölkerung (Statistisches Bundesamt 2016). Neben den Kompetenzen kann der erfahrene, ältere Arbeiter aber auch unter sensorischen, motorischen und/oder kognitiven Einschränkungen leiden (Falkenstein 2011). Factory2Fit könnte mit der adaptiven Arbeitsgestaltung auch auf solche Einschränkungen reagieren.

Neben den Kompetenzen der Mitarbeiter bilden die Arbeitszufriedenheit und das Wohlbefinden der Arbeiter zentrale Elemente, die in den Smart Factories der Zukunft an Bedeutung gewinnen sollten und von Factory2Fit in den Betrachtungsmittelpunkt gerückt werden. Ziel im Projekt ist es unter anderem Arbeitszufriedenheit und Wohlbefinden zu erhöhen, indem die Arbeit mehr auf den einzelnen Mitarbeiter zugeschnitten und adaptiert wird. Um dies zu ermöglichen, bedarf es verschiedener Informationen über den Mitarbeiter. Damit wird die Idee der „Quantified-self“ Bewegung, die durch den Einsatz von tragbaren technischen Geräten Daten über die eigene Person aufzeichnet, um mehr über sich selbst zu erfahren, auch für den Arbeitskontext relevant.

2.2 Quantified-Self-Ansatz im Arbeitskontext

Sicher bedingt durch das Aufkommen der Quantified-self-Bewegung gewannen „Wearable Devices“ in den letzten Jahren auf der ganzen Welt an Bedeutung (Bradley 2013). Der Begriff „Wearable Device“ beschreibt tragbare, elektronische Geräte zur Erfassung verschiedenster Daten mittels Sensortechnik (Mann 1998). Bisher werden sie vor allem im Gesundheitsbereich eingesetzt und werden meist für das Fitness-Tracking genutzt (Li et al. 2017; Asimakopoulos et al. 2017). Menschen setzen diese Geräte ein, um sich über ihre sportlichen Aktivitäten, ihre Schlafquantität und -qualität, die Schrittzahl, die verbrannten Kalorien, die Herzfrequenz oder auch geistige Aktivität zu informieren. Bei letzterem wird zum Beispiel das Lesen quantifiziert (Kunze et al. 2013; De Zambotti et al. 2015). Hauptziel ist es dabei, die diversen Aktivitäten zu quantifizieren und zu visualisieren, um ein vorteilhaftes Verhalten (Krijnen et al. 2013) und ggf. die Gesundheit zu fördern (Li et al. 2017).

Auch für den Arbeitskontext tragen die Wearable Devices immenses Potenzial. Es hat sich gezeigt, dass tragbare Geräte das Bewusstsein für die persönliche Gesundheit erhöhen und sogar drohende gesundheitliche Probleme nur mit den integrierten Sensoren der tragbaren Geräte vorhergesagt werden können. Dabei könnte die durch die Krankheit verursachte Abwesenheitszeit aufgrund einer früheren Intervention oder früheren Rückkehr von gesundheitsbezogener Abwesenheit reduziert werden (Patel et al. 2012).

Neben den Vorteilen für die Gesundheit, die Wearable Devices mit sich bringen können, tragen sie auch das Potenzial geistige Aktivität oder Stress zu identifizieren oder gar zu quantifizieren. Arbeitsabläufe, Arbeitsbelastungen bzw. Automatisierungsgrade könnten an die bisherige Belastung des Arbeiters angepasst und somit die Mensch-Automatisierungs-Interaktion verbessert werden. In Studien wurde bereits gezeigt, dass Herz-Kreislaufparameter von erhöhter mentaler Beanspruchung beeinflusst werden. Im Speziellen wurden Wearable Devices auch schon erfolgreich eingesetzt, um die Unterschiede in der Herzrate bei unterschiedlicher geistiger Beanspruchung von sitzenden Tätigkeiten zu detektieren (Chudy 2017; Lo et al. 2017) oder im kombinierten Einsatz mit Smartphones gar Stress zu identifizieren (z.B., Muaremi et al. 2013). Zudem wurden sie genutzt, um die physiologischen Aktivitäten und deren Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System zu beobachten (z.B., Hwang & Lee 2017).

Einer der ersten Herausforderungen dabei ist die Erfassung der physiologischen Parameter und damit die indirekte Erfassung von mentaler wie körperlicher Belastung der Mitarbeiter im Arbeitskontext. Wearable Devices bilden eine neue, komfortable Lösung.

Gleichzeitig bieten sie weitere Möglichkeiten, wie die Lokalisierung des Arbeiters innerhalb der Fabrik, die Erfassung der zurückgelegten Wege oder die Informationsweitergabe. Die Lokalisierungsfunktion könnte beispielsweise dazu dienen, den Arbeiter vor Gefahrenzonen zu warnen. Daten über die Schrittzahl von Mitarbeitern könnten Optimierungspotenziale bei der Wegeplanung aufzeigen und mittels Smartwatch könnten dem Mitarbeiter zudem schnell und einfach Informationen bezüglich des Maschinenstatus oder aktueller Probleme bereitgestellt werden (vgl. Unger et al. 2015).

Insgesamt zielt der arbeitsbezogene „Quantified-self“-Ansatz, der in Factory2Fit verfolgt wird, auf eine erhöhte Arbeitnehmerzufriedenheit durch die Verringerung von Stressoren und die Unterstützung der persönlichen Entwicklung, des Gesundheitsverhaltens sowie der Kenntnis des gesamten relevanten Arbeitsinhalts ab.

Bei der Anwendung dieses Ansatzes ist es notwendig, das Wohlbefinden des Arbeitnehmers in den Fokus zu stellen und dabei aber weder Datenschutz noch die Gleichbehandlung der Arbeitnehmer zu vernachlässigen. Zudem sollten potenzielle, negative Konsequenzen bei der Gestaltung der neuen Lösungen bedacht werden, wie die potenzielle Enttäuschung oder auch gesundheitsschädigende Übermotivation bei den Arbeitnehmern. Bei der Datenerfassung und -verarbeitung ist zu beachten, dass der Arbeiter die Entscheidungsgewalt besitzt (z.B., Art. 9 DSGVO). Er darf entscheiden, welche besonderen, personenbezogenen Daten gesammelt werden dürfen und wie sie verwendet werden. Zudem sollte gewährleistet werden, dass es für den Arbeitnehmer keine Nachteile mit sich bringt, wenn dieser sich gegen die Datenerfassung oder -weitergabe entscheidet.

2.3 Systemadaption und Automatisierungslevel

Ein Ziel des Factory2Fit Projektes besteht darin, das Konzept einer Smart Factory zu realisieren, indem Möglichkeiten zur Adaption implementiert werden, die wiederum optimale Prozesse, eine hohe Flexibilität sowie niedrige Kosten ermöglichen. Die Möglichkeiten zur Adaption werden in enger Zusammenarbeit verschiedener Experten aus den Ingenieurwissenschaften, der Informatik und der Psychologie entwickelt. Eine Adaptionssystematik (Feig et al. 2012) wird benutzt, um Mensch-Maschine-Systeme flexibel und besser den Bedürfnissen einer gegebenen Situation anpassen zu können.

Als mögliche Adaptionen werden betrachtet:

- die Aufteilung von Prozessfunktionen zwischen Mensch und Maschine (adaptive Automation, Scerbo 2006) – Hierzu werden Automatisierungslevel definiert, die sich an diversen bereits vorhandenen Systematiken anlehnen. Eine übliche, grundsätzliche und daher auch hier angewandte Unterteilung der Automatisierungslevel ist die in Mechanisierungslevel (physisch) und Steuerungslevel (kognitiv). Das Projekt Factory2Fit fokussiert sich primär auf die Steuerungslevel.
- die Aufgabendisposition, d.h. die terminliche Einplanung, die Dauer sowie Priorisierung von Arbeitsaufgaben
- die Modifizierung von Arbeitsinhalten
- die Modifizierung von Interaktionsprozessen

Für die Adaption wird der Nutzungskontext, d.h. Merkmale der Situation, der Aufgabe und des Nutzers, herangezogen. Aufgrund von zu definierenden Regeln

wird eine bestimmte Systemkonfiguration (bspw. Automatisierungslevel) festgelegt und realisiert. Dabei verfolgte Zielgrößen sind aus Prozesssicht die Effektivität und Effizienz sowie aus Nutzersicht die Zufriedenheit. Über Bewertungs- und Lernprozesse werden die vorgenommene Adaption bzw. deren zugrundeliegenden Regeln beurteilt und bei Bedarf angepasst; siehe dazu auch Abbildung 2.

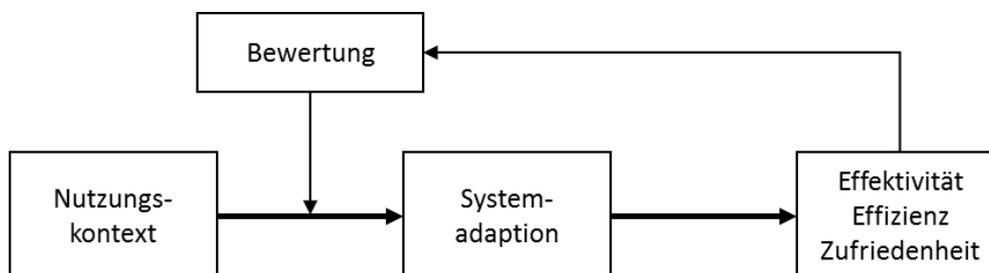


Abbildung 2: Prinzip der Systemadaption

Im Projekt Factory2Fit steht die Adaption der Automatisierung an den Mitarbeiter und dessen Verfügbarkeit, Kompetenzen, Fähigkeiten, Präferenzen aber auch seiner Beanspruchung im Mittelpunkt. Dies impliziert, dass (in) der Smart Factory diverse Informationen zur Verfügung stehen, dass diese integriert und verarbeitet werden können, um eine solche Adaption zu realisieren. Verschiedene Informationsquellen wie zum Beispiel Schichtpläne und Kompetenzmatrizen aus der Verwaltung, aktuelle Arbeitslast aus der Auftragsverwaltung, Informationen bezüglich Präferenzen aus neuen Eingabemedien oder auch Informationen bezüglich Beanspruchung aus subjektiven und physiologischen Daten, gesammelt via Wearable Devices, müssen in einem System zusammenfließen und bilden ein Modell des Arbeiters ab. Auf Grundlage einer breiten Informationsbasis, die Informationen aus der Umgebung, der Aufgabe und das Arbeitermodell beinhaltet, entscheiden neu entwickelte Algorithmen dann über eine notwendige Systemadaption bzw. das jeweils passende Automatisierungslevel.

Für die Definition von Automatisierungslevels wurde zunächst in eine physische und in eine Steuerungsdimension unterschieden (Frohm 2008). Automatisierung wird dabei verstanden als die Aufteilung von physischen und kognitiven Aufgaben zwischen Mensch und Technik in einem Kontinuum von rein manueller Tätigkeit bis hin zur kompletten Automatisierung.

Die physische Dimension (Mechanisierung) orientiert sich dabei an der Energiequelle (Kern & Schumann 1985; Parasuraman et al. 2000):

- Level 0: komplett manuelle Arbeit, keine Werkzeuge, ausschließlich Muskelkraft
- Level 1: Nutzung statischer Handwerkzeuge (Schraubendreher)
- Level 2: Nutzung flexibler Handwerkzeuge (einstellbare Spanner)
- Level 3: Nutzung angetriebener Handwerkzeuge (Akkuschrauber)
- Level 4: Nutzung von statischen, angetriebenen Arbeitsstationen, die für einen bestimmten Zweck gestaltet wurden (Drehmaschine)
- Level 5: Nutzung flexibler Arbeitsstationen, die für verschiedene Aufgaben re-konfiguriert werden können (CNC-Bearbeitungszentrum)
- Level 6: Nutzung autonomer Produktionssysteme

Für die Betrachtung der Steuerungs- bzw. kognitiven Dimension wurden vier Teilaufgaben unterschieden (Lee 2006): Informationssammlung, Informationsaufbereitung, Entscheidung treffen und Implementierung. Für jede Teilaufgabe können dann verschiedene Ausprägungsarten definiert werden (Parasuraman et al. 2000):

- Level 1: es gibt keinerlei technische Unterstützung
- Level 2: die Technologie bietet eine komplette Liste mit möglichen Alternativen an
- Level 3: die Auswahl von Alternativen wird auf eine bestimmte Anzahl reduziert, vorselektiert
- Level 4: eine Vorzugsalternative wird vorgeschlagen
- Level 5: die Vorzugsalternative wird ausgeführt, sofern sie vom Menschen bestätigt wird
- Level 6: der Mensch hat eine gewisse Einspruchszeit bevor die Vorzugsalternative automatisch ausgeführt wird
- Level 7: die Vorzugsalternative wird automatisch ausgeführt, der Mensch wird informiert
- Level 8: die Vorzugsalternative wird automatisch ausgeführt, der Mensch wird nur auf Nachfrage informiert
- Level 9: die Vorzugsalternative wird automatisch ausgeführt, die Technologie entscheidet selbst, ob der Mensch informiert werden muss
- Level 10: der Mensch hat keinerlei Eingriffsmöglichkeiten und wird auch nicht informiert

Mit diesem Ansatz (siehe zur Übersicht auch Abbildung 3) ist es möglich, für sämtliche Tätigkeiten verschiedene Automatisierungslevels zu bestimmen. Die konkreten Ausprägungen für die physische und kognitive Dimension müssen dabei natürlich noch spezifiziert und mit der jeweiligen Technologie konkretisiert werden.

Automation						
Physisch/ Energiequelle			Steuerung			
ausschließlich Mensch	Mensch - Maschine	ausschließlich Maschine	Informations-sammlung	Informations-aufbereitung	Entscheidung	Implemen-tierung

Abbildung 3: Systematik zur Bestimmung von Automatisierungslevels

2.4 Partizipatives Design

Der Einsatz neuer Technologien, wie er im Rahmen des Quantified-self Ansatzes und der adaptiven Automatisierung innerhalb von Factory2Fit geplant ist, ist auch mit Veränderungen im Arbeitsprozess und in der Arbeitsorganisation verbunden. Um vorhandenes Prozesswissen in die Gestaltung einfließen zu lassen und die Identifikation der Mitarbeiter mit der späteren Lösung zu stärken, wird im Projekt ein partizipativer Gestaltungsansatz verfolgt. Um die Potenziale moderner IKT im Rahmen von Industrie 4.0 vollständig nutzen zu können, ist es entscheidend, die Arbeitsorganisation und Geschäftsprozesse so auszurichten, dass Mitarbeiter ein hohes Maß an individueller Verantwortung und Autonomie bekommen, sodass

Entscheidungen dezentral getroffen werden können, eine höhere Identifikation mit dem Arbeitsprozess entsteht und Arbeitsbelastungen individuell geregelt werden können (Kagermann et al. 2013).

Dies ist in der Praxis mit teilweise fundamentalen Veränderungen gegenüber dem Status quo verbunden; daher sind Methoden erforderlich, die den Wandel an Arbeitsplätzen und in Arbeitsprozessen nachhaltig unterstützen. Im Rahmen des Projektes wird ein Ansatz für partizipatives Design entwickelt, der alle relevanten Stakeholder für die genannten Veränderungsprozesse einbezieht. Der Ansatz berücksichtigt sowohl horizontale als auch vertikale Kollaborationsprozesse (horizontal: zwischen verschiedenen Organisationseinheiten; vertikal: zwischen verschiedenen Hierarchiestufen) und zielt auf soziale Lernprozesse ab.

Partizipatives Design gehört zu den Open Innovation Ansätzen und beschreibt die Einbeziehung verschiedener Stakeholder in den Entwurfsprozess um deren Bedürfnisse mit den Entwicklungsergebnissen besser befriedigen zu können (Colin & Chavez 2015). Das grundsätzliche Konzept ist in der nachfolgenden Abbildung 4 dargestellt (Mackrill et al. 2017, modifiziert und ergänzt).

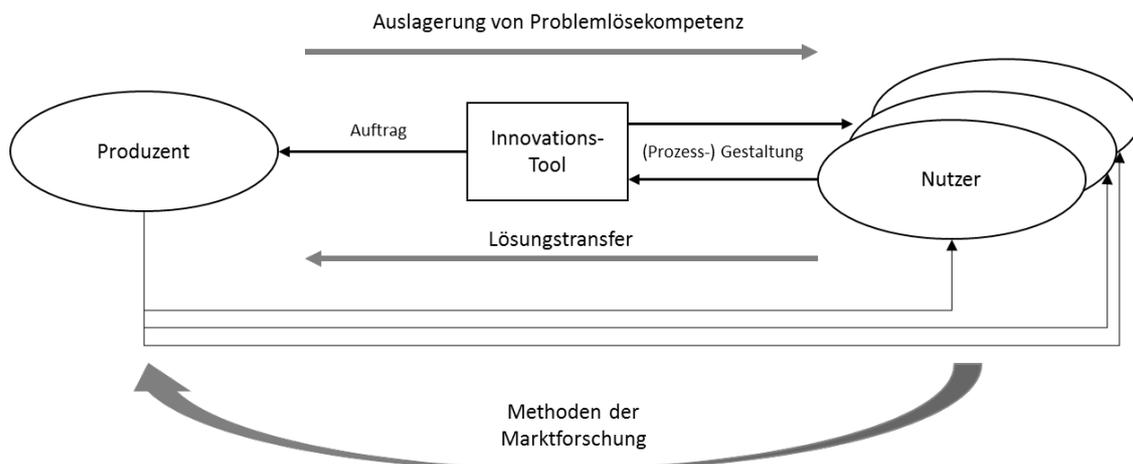


Abbildung 4: Prinzipielles Konzept des Partizipativen Designs

Der Ansatz des partizipativen Designs ermöglicht es verschiedene Interessengruppen in den Innovationsprozess zu integrieren. Insbesondere Mitarbeiter tragen mit ihrem Wissen und ihren Erfahrungen dazu bei, dass Ideen für Verbesserungen im Arbeitsprozess ein hohes Maß an Effektivität, Qualität und Praktikabilität aufweisen, was wiederum die Effizienz des Innovations- bzw. Verbesserungsprozesses positiv beeinflusst. Zusätzlich werden durch die Partizipation Vertrauen, Loyalität und Engagement gestärkt, sodass die gemeinsam erarbeiteten Lösungen ein höheres Maß an Unterstützung beim Einführungsprozess erfahren.

Prozesse des partizipativen Designs hängen in hohem Maße von den Beteiligten ab. Daher ist es erforderlich in einem ersten Schritt diese näher zu spezifizieren. Dazu wurde eine Systematik entwickelt, welche auf der bei den Teilnehmern vorhandenen Wissensbasis beruht:

- Zugehörigkeit zum Unternehmen: intern vs. extern
- (allgemeine) Wissensverteilung in der Gruppe: homogen vs. heterogen
- (spezifisches) Wissen im Hinblick auf den Kontext bzw. den Objektbereich des Designs: kein inhaltlicher Bezug vs. gemischt vs. Experten

Weiterhin sind für die partizipativen Design Prozesse die Anwendungsfelder relevant. Die verschiedenen vorhandenen partizipativen Design Ansätze verfolgen verschiedene Ziele bzw. Ergebnisse, basierend auf dem Grad ihrer methodischen Komplexität:

- Anwendungsfeld 1: Wissensakquisition – diese spielt eine Rolle während der Ideenfindungs- und Konzeptionsphase im Innovationsprozess um den Teilnehmern neue Technologien nahezubringen und Verständnis für diese zu wecken
- Anwendungsfeld 2: Verbesserung und Adaption – hierbei geht es darum, vorhandene Systeme zu verändern, indem neue Technologien bzw. Konzepte eingeführt und ggf. angepasst werden; dies ist in der Entwicklungs- und Bewertungsphase des Innovationsprozesses zu verorten. Es wird vorausgesetzt, dass Wissen um die Technologie bzw. um Lösungsmöglichkeiten bzw. –konzepte bereits vorhanden ist, daher können die Anwendungsfelder 1 und 2 auch kombiniert werden.
- Anwendungsfeld 3: Realisierung – dieses Feld weist die höchste methodische Komplexität auf, da hier alle Stufen des Innovationsprozesses abgedeckt werden. Hierbei sind komplett neue Technologien und deren (marktreife) Anwendung im Fokus.

Für partizipatives Design sind eine Vielzahl nutzbarer Methoden verfügbar. Die folgende Abbildung 5 stellt einen Ausschnitt, systematisiert nach dem Grad der Stakeholderbeteiligung und der Verortung im Entwicklungsprozess dar (vereinfacht nach Muller & Kuhn 1993).

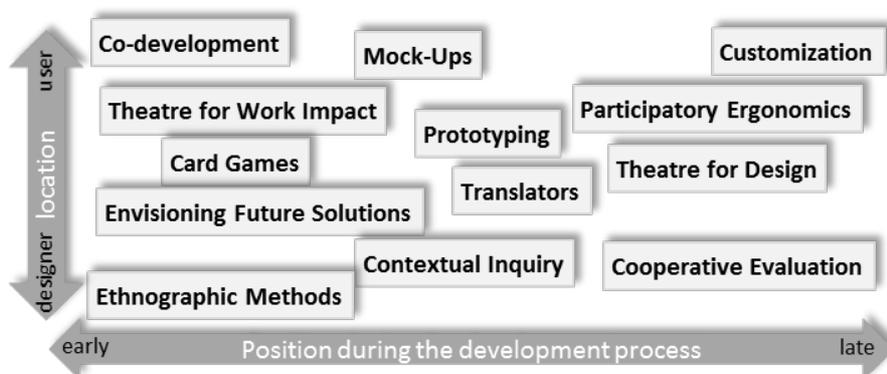


Abbildung 5: Methoden für partizipatives Design

Um die jeweils für eine Design-Situation geeignete Methode bzw. einen geeigneten Methodenmix auszuwählen, muss die Situation inkl. der Designaufgabe analysiert werden – dazu dienen die oben genannten Ansätze zur Systematisierung. Der aktuelle Arbeitsstand besteht aus einem dreidimensionalen Modell, in dem die Gruppenzusammensetzung, das vorhandene Wissen sowie die Position im Innovationsprozess (und damit verbundene Ziele) abgebildet werden. Es lassen sich daraus u.a. Anforderungen an die notwendige Kreativität ableiten (Tawalbeh et al. 2017).

Eine besondere Rolle im Rahmen des partizipativen Designs wird die virtuelle Fabriksimulation spielen. Diese befähigt die Mitarbeiter den kompletten Produktionsprozess, ihre jeweilige Rolle darin sowie ihren Beitrag zum Gesamtergebnis und damit letztendlich zur Kundenzufriedenheit zu verstehen. Dieses Verständnis wirkt

sich positiv auf Motivation und Arbeitszufriedenheit aus. Das virtuelle Fabrikmodell dient gleichermaßen als Plattform für die Kommunikation in Gruppen sowie über horizontale und vertikale Strukturen hinweg. Im Rahmen des Factory2Fit Projektes werden auch neue, innovative Ansätze zur Nutzung von virtuellen Modellen im Rahmen von partizipativen Design Prozessen untersucht. Grundlage dafür ist die 3D Fabriksimulationssoftware Visual Components (für ein Beispiel siehe die folgende Abbildung 6).

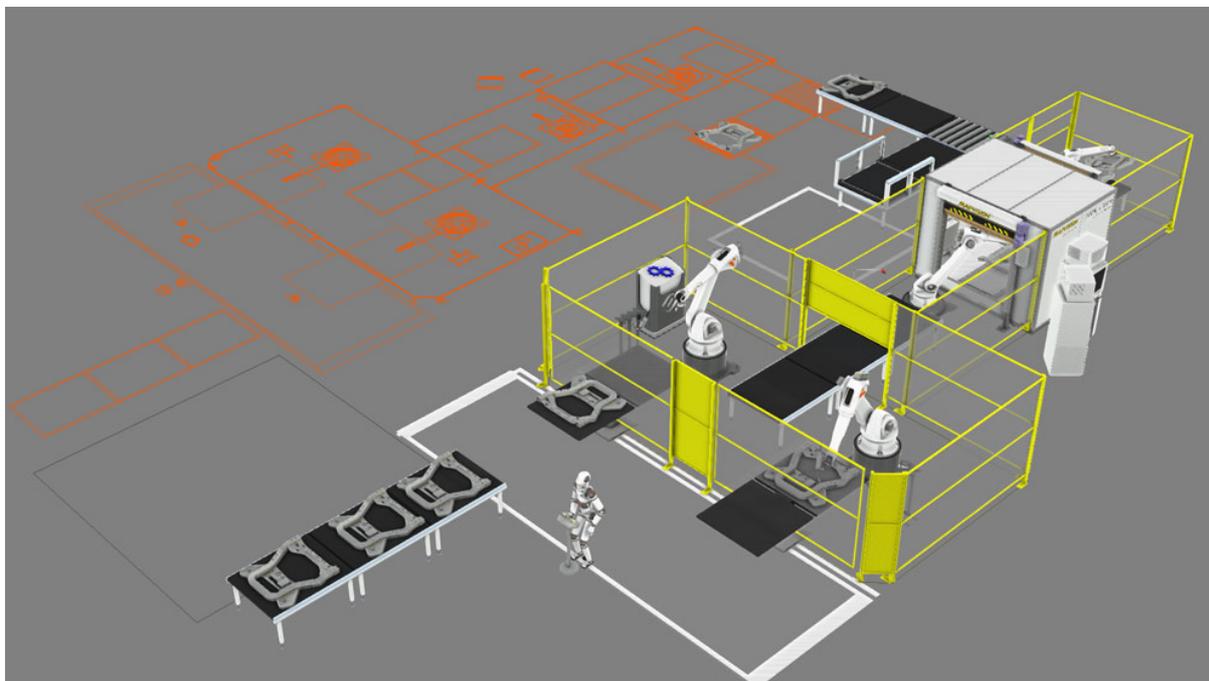


Abbildung 6: Screenshot aus Visual Components (VC 2017)

3. Fazit und Ausblick

Neue Entwicklungen in der Produktionstechnik und bei Informations- und Kommunikationstechnologien bieten Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit von Produktionsunternehmen, sind aber auch mit neuen Herausforderungen verbunden. So muss nicht nur das Zusammenspiel technischer Komponenten und/oder deren flexibler und wirtschaftlicher Betrieb gemeistert werden; vielmehr muss es gelingen den Menschen in optimaler Weise in zukünftige Produktions- bzw. Arbeitssysteme zu integrieren, da mit technischen Innovationen auch Veränderungen bei Arbeitsinhalten, Anforderungen usw. verbunden sind. Mittels Prozess- und sozialer (organisatorischer) Innovationen können weitere Potentiale erschlossen werden. Der Mensch oder vielmehr das Zusammenspiel von Mensch und Technik steht dabei im Mittelpunkt.

Das Projekt Factory2Fit hat sich dieser Betrachtungsweise verschrieben und entwickelt innovative Ansätze zur Adaption von technischen Systemen, von Arbeitsinhalten und Arbeitsorganisation sowie der Informationsbereitstellung an die Mitarbeiter. Damit werden nicht nur die Zufriedenheit und Motivation der Mitarbeiter gesteigert, sondern es wird auch die Grundlage für eine flexible Produktion kundenindividueller Produkte in kleiner Losgröße unter Effizienzgesichtspunkten gelegt. Dabei greift der Projektansatz eine seit langem in der Arbeitswissenschaft

verfolgte Zielstellung, die Anpassung der Arbeit an den Menschen, auf. Eine Besonderheit ist, dass dabei auch Entwicklungsprozesse des Menschen, d.h. die Veränderung der Kompetenzen, berücksichtigt werden. Moderne Technologien wie Wearables, Algorithmen zur Adaption oder zur Abbildung von Lernprozessen sowie Virtual Reality und Simulation dienen dabei als Befähiger.

Im Projekt selbst wurden bislang Anforderungen allgemeiner Art sowie für spezielle Anwendungsfälle definiert und innovative Konzepte entwickelt, von denen einige im Rahmen dieses Artikels vorgestellt wurden. In den nächsten Arbeitsschritten gilt es nun, diese Konzepte um- und einzusetzen sowie zu validieren. Dies ist mit verschiedenen Herausforderungen verbunden, wie der Interoperabilität der verschiedenen entwickelten Komponenten oder der Integration der Lösungen in ein reales Produktionsumfeld. Aufgrund der interdisziplinären Arbeitsweise sowie des engen Kontakts zwischen Wissenschafts-, Entwicklungs- und Anwendungspartnern sollten diese Herausforderungen aber beherrschbar sein.

4. Literatur

- Anderson, J R (2013a) Language, Memory, and Thought. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Anderson, J R (2013b) The Architecture of Cognition. Cambridge, London: Harvard University Press.
- Asimakopoulos, S, Asimakopoulos, G, Spillers, F (2017) Motivation and user engagement in fitness tracking: Heuristics for mobile healthcare wearables. *Informatics*, 4(5), 1-16.
- Bradley, J M (2013) When IoE Gets Personal: The Quantified Self Movement! Retrieved from: <https://blogs.cisco.com/digital/when-ioe-gets-personal-the-quantified-self-movement>
- Colin, L M, Chavez, A R (2015) User's Typology for Designing. In: *Procedia Manufacturing* 3, 6005–6012
- Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) vom 24. Mai 2016, verfügbar unter: <https://dsgvo-gesetz.de>
- De Zambotti, M, Claudatos, S, Inkelis, S, Colrain, I M, Baker, F C (2015) Evaluation of a consumer fitness-tracking device to assess sleep in adults. *Chronobiology international*, 32(7), S. 1024-1028.
- Erpenbeck J, Rosenstiel L von (2007) Handbuch Kompetenzmessung, Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- Falkenstein, M (2011) Ältere Arbeitnehmer: Das Projekt Pfiff. In: Seyfried, B. (Ed) *Ältere Beschäftigte: zu jung, um alt zu sein. Konzepte–Forschungsergebnisse–Instrumente*, 73-81.
- Feigh, K M, Dorneich, M C, Hayes, C C (2012) Toward a characterization of adaptive systems a framework for researchers and system designers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(6), 1008-1024.
- Frohm, J (2009) Levels of Automation in Production Systems. Chalmers University of Technology, PhD Dissertation no. 2736, Department of Product and Production Development, Göteborg, Sweden
- Hwang, S, Lee, S (2017) Wristband-type wearable health devices to measure construction workers' physical demands. *Automation in Construction*.
- Institut für angewandte Arbeitswissenschaften (ifaa) (2016) Digitalisierung und Industrie 4.0 - So individuell wie der Bedarf – Produktivitätszuwachs durch Informationen. Abgerufen von: https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/user_upload/Downloads/Industrie_4_0_Ansicht.pdf (21.08.2017)
- Kaasinen, E, Schmalfuß, F, Öztürk, C, Aromaa, S, Boubekeuer, M, ... Walter, T (2017) Empowering industrial workers with engaging factory adaptation solutions. Eingereichtes Manuskript zur Veröffentlichung.
- Kagermann, H, Wahlster, W, Helbig, J (2013) Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt/M.
- Kagermann, H, Helbig, J, Hellinger, A, Wahlster, W (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion.
- Kern, H, Schumann, M (1985) Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion. München: Beck
- Kirchhöfer, D (2004) Lernkultur Kompetenzentwicklung: begriffliche Grundlagen; [Entgrenzung der Gesellschaft, Bildung, Arbeit, Lernen-Lehren, Institution, Region-lernende Region, Lernkultur]. Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung.

- Krijnen, D, Riphagen, M, van Hout, M, Gootjes, G (2013) Learning tomorrow: Visualising student and staff physical activity. EDULEARN13 Proceedings, 3209–3214.
- Kunze, K, Iwamura, M, Kise, K, Uchida, S, Omachi, S (2013). Activity recognition for the mind: Toward a cognitive "Quantified Self". *Computer*, 46(10), 105-108
- Lee, J D (2006) Human Factors and ergonomics in Automation Design. In: Salvendy, G (Ed): *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. Wiley.
- Li, C, Dunn, J, Salins, D, Zhou, G, Zhou, W, ... Synder, M P (2017) Digital Health: Tracking Physiomes and Activity Using Wearable Biosensors Reveals Useful Health-Related Information. *Plos Biology*, 15(1). DOI= DOI:10.1371/journal.pbio.2001402.
- Lo, J C, Sehic, E, Meijer, S A (2017) Measuring Mental Workload With Low-Cost and Wearable Sensors: Insights Into the Accuracy, Obtrusiveness, and Research Usability of Three Instruments. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, in press.
- Mackrill, J, Marshall, P Payne, S R Dimitrokali, E, Cain, R (2017) Using a bespoke situated digital kiosk to encourage user participation in healthcare environment design. *Applied Ergonomics* 59 (Pt A), S. 342–356
- Mann, S (1998) Humanistic computing: "WearComp" as a new framework and application for intelligent signal processing. *Proceedings of the {IEEE}*, 86, 2123-2151. doi:10.1109/5.726784
- Muaremi, A, Arnrich, B, Tröster, G (2013) Towards measuring stress with smartphones and wearable devices during workday and sleep. *BioNanoScience*, 3(2), 172-183.
- Muller, M J; Kuhn, S (1993) Participatory design. *Commun. ACM* 36 (6), 24–28
- Parasuraman, R; Sheridan, T B, Wickens, C D (2000) A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans* 30(3), 286-297
- Patel, S, Park, H, Bonato, P, Chan, L, Rodgers, M (2012) A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9(21), 1-17. DOI: doi.org/10.1186/1743-0003-9-21
- Scerbo, M W (2006). *Adaptive automation*. International encyclopedia of ergonomics and human factors (S. 1893-1896). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Sonntag, K, Schmidt- Rathjens, C (2005) Anforderungsanalyse und Kompetenzmodelle. In: Gonon, P, Huisinga, R, Klauser, F, & Nickolaus, R (Eds). (2005). *Kompetenz, Kognition und neue Konzepte der beruflichen Bildung*. Springer-Verlag, 55-66.
- Statistisches Bundesamt (2016) 13 Arbeitsmarkt In Statistisches Bundesamt: *Statistisches Jahrbuch* https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/Arbeitsmarkt.pdf?__blob=publicationFile (21.08.2017)
- Tawalbeh, M, Riedel, R, Horler, S, Müller, E (2017) Case Studies of Participatory Design – Comparison of Methodologies in Factory Planning. In: Lödding, H; Riedel, R; Thoben, K-D, Kiritsis, D; von Cieminski, G: *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Unger, H, Börner, F, Jentsch, D, Morlock, F, Block, C, Müller, E, Kreimeier, D (2013) Matching Information Demand and Device Interacting Capabilities in Industry 4.0 Environments. In: Oduoza, C F (Ed): *Proceedings of the 25th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM)*, 23.-26.06.2015, Wolverhampton, United Kingdom, pp. 332-338
- VC (2017) <http://www.visualcomponents.com/wp-content/uploads/2017/01/Arc-welding-and-testing-BiW-1.jpg> abgerufen am 18.08.2017



Funded by
the European Union

Das Projekt Factory2Fit wird im Rahmen von Horizon 2020, dem EU Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (H2020/2014-2020), mit dem Förderkennzeichen 723277 gefördert.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Fokus Mensch im Maschinen- und Fahrzeugbau 4.0

Herbstkonferenz der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Institut für Betriebswissenschaften und
Fabriksysteme / TU Chemnitz

ICM - Institut Chemnitzer Maschinen-
und Anlagenbau e.V.

28. und 29. September 2017

GfA Press

**Dokumentation der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
vom 28. und 29. September 2017, Chemnitz**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2017
ISBN 978-3-936804-23-2

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Konferenzband

Als Manuskript zusammengestellt. Dieser Konferenzband ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.)
erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**
Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet,
den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein
anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

USB-Print: Isabell Grundmann

Screendesign und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de