

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0: Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

Niehaus, Jonathan

Veröffentlichungsversion / Published Version

Forschungsbericht / research report

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Niehaus, J. (2017). *Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0: Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle*. (FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit, 4). Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-68012-7>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



FGW-Studie

Digitalisierung von Arbeit 04



Jonathan Niehaus

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

Herausgeber



FGW – Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V.
Kronenstraße 62
40217 Düsseldorf

Telefon: 0211 99450080
E-Mail: info@fgw-nrw.de
www.fgw-nrw.de

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied

Prof. Dr. Dirk Messner

Themenbereich

Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0

Themenverantwortliches Vorstandsmitglied

Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen

Förderung

Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

ISSN

2510-4101

Erscheinungsdatum

Düsseldorf, September 2017

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

Auf einen Blick

- Mobile digitale Assistenzsysteme wie Datenbrillen, Smartwatches und Tablets, die arbeitsbezogene Informationen und Handlungsanweisungen audiovisuell darstellen, diffundieren in eine Vielzahl unterschiedlicher industrieller Bereiche. Zu den zentralen Anwendungsgebieten zählen die Montage, die Kommissionierung und die Instandhaltung.
- Die am Markt erhältlichen Systeme sind technologisch betrachtet variantenreich und dienen unterschiedlichen Einsatzzwecken. Hierbei können tätigkeitsbezogene (z. B. Unterstützung arbeitsplatznahen Lernens, Kontrolle menschlichen Arbeitshandelns) sowie organisationsbezogene Motive (z. B. Datenverfolgung, Beschleunigung von Prozessen, flexibler und inklusiver Arbeitskrafteinsatz) unterschieden werden.
- Mit den Einsatzzwecken variieren die Gestaltungsoptionen, die hinsichtlich der Kategorien Autonomie und Kontrolle unterschieden werden können. Empirisch beobachtbar sind sowohl Assistenzsysteme, die für restriktive Arbeitsanweisungen und permanente Feinkontrollen stehen, als auch solche, die zur Erweiterung der Entscheidungs- und Handlungsspielräume der Beschäftigten beitragen. Die Folgen für Industriearbeit hängen von der gewählten Kontrollstrategie und der konkreten betrieblichen Ausgestaltung ab.

Abstracts

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0 – Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

Der Beitrag rückt die mit der zunehmenden Verbreitung digitaler Assistenzsysteme – wie Smart Glasses, digitale Uhren oder Tablets – einhergehenden Folgen für Industriearbeit unter dem Aspekt der Arbeitskontrolle in den Fokus. Unter Assistenzsystemen werden mobile Geräte verstanden, die Arbeitsanweisungen, Lerninhalte und Informationen audiovisuell aufbereiten. Zu den typischen Anwendungsgebieten zählen Kommissionierung, Montage sowie Instandhaltung. Neben einer überblickshaften Darstellung von Assistenzsystemen und ihren Einsatzgebieten richtet sich der Blick insbesondere auf die Frage nach den betrieblichen Einsatzgründen, die zwischen Disziplinierung der Beschäftigten auf der einen und Erweiterung der Entscheidungs- und Handlungsspielräume der Beschäftigten auf der anderen Seite variieren können. Anhand von zwei Unternehmensfällen werden diese Gestaltungsoptionen exemplarisch verdeutlicht. Abschließend werden Herausforderungen bei der betrieblichen Einführung und arbeitspolitische Implikationen abgeleitet.

Mobile Assisting Systems in Industry 4.0 – Configuration options between autonomy and control

This paper focusses on digital assistance systems, like smart glasses, digital watches or tablets, regarding their effects on labour. Assistance systems are understood to be mobile devices that deliver work instructions, educational content and information audio-visually. Typical application areas rank among commissioning, assembly and maintenance. Besides the presentation of assistance systems and their application areas, the focus is pointed especially at the question concerning the operational application reasons. These can vary from disciplinary measures against employees on the one side to the extension of employees' scope for action and decision on the other side. On the basis of two business cases the configuration options are illustrated exemplary. Finally, challenges for the operational introduction and implications regarding labour-policy are derived.

Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen.....	iv
Verzeichnis der Tabellen	iv
1 Einleitung.....	1
2 Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0: Stand der Technik und Forschung.....	4
2.1 Techniken und Anwendungsfelder	5
2.2 Verbreitung und betriebliche Umsetzungsvorhaben.....	10
2.3 Forschungsaktivitäten zu Assistenzsystemen	13
3 Die arbeitssoziologische Kontrolldebatte.....	16
3.1 Varianten der Arbeits- und Leistungskontrolle	16
3.2 Zur Rolle der Technik für das Kontrollproblem	21
4 Gestaltungsoptionen von Assistenzsystemen	25
4.1 Taylors Agenten	26
4.2 Autonomie	28
5 Herausforderungen und arbeitspolitische Implikationen	33
5.1 Betriebliche Entwicklungspfade.....	33
5.2 Partizipation und Mitbestimmung	35
5.3 Ausblick	36
Literatur	39
Anhang.....	49

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: „Das flexibelste aller Produktionsmittel“	5
Abbildung 2: Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0	7
Abbildung 3: Enterprise and Industrial Wearable Shipments and Revenues, World Markets 2013-2020	11

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Morphologischer Kasten	9
Tabelle 2: Übersicht aktueller bzw. abgeschlossener Forschungsprojekte zu mobilen Assistenzsystemen	49

1 Einleitung¹

Digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien sowie neuen Robotikanwendungen wird gegenwärtig eine besondere Aufmerksamkeit zuteil. Sie gelten als Schlüsseltechnologien, die durch die großen Entwicklungssprünge in den vergangenen Jahren ein Leistungsniveau erreicht haben, mit denen weitreichende Rationalisierungs- und Nachfrageeffekte möglich erscheinen. „Es gibt keinen einzigen Sektor (mehr), an dem dieses Thema vorbeigeht“ (Warning/Weber 2017, S. 3), konstatiert eine kürzlich erschienene Studie zu den Umsetzungsbemühungen von Unternehmen, ihre Wertschöpfungsprozesse zu digitalisieren und den damit einhergehenden Visionen von smarten Internetfabriken Leben einzuhauchen.

Mobile Assistenzsysteme haben in dieser Debatte, die unter dem prominenten Label der Industrie 4.0 aus Wirtschaft und Wissenschaft nicht mehr wegzudenken ist, einen festen Platz eingenommen (vgl. acatech 2016). Es handelt sich bei ihnen um mobile oder körpernah tragbare Endgeräte (Wearables), die den Beschäftigten in industrieller Anwendung arbeitsbezogene Informationen bereitstellen, Entscheidungsunterstützung bieten oder auch Arbeitsanweisungen erteilen. Dabei zeichnet sich eine große Vielfalt an Geräten und Techniken ab. Zu den bekanntesten zählen Smartwatches, Datenbrillen, Head Mounted Displays (HMD) und Headsets, Handscanner oder Armbänder auf Basis von RFID (Radio-Frequency Identification), Tablets oder Smartphones. Die Daten, die aus betriebsinternen Datenbanken oder externen Quellen wie Maschinen stammen, werden dabei optisch, haptisch oder akustisch echtzeitnahe aufbereitet und angezeigt. Assistenzsysteme profitieren dabei in ganz erheblichem Maße von den Entwicklungssprüngen bei Hard- und Software sowie von einer zunehmenden Verbreitung im Privaten, weswegen viele Marktbeobachter_innen von einer zeitnahen Diffusion in der Industrie ausgehen.

Zu den typischen Anwendungsszenarien von Assistenzsystemen zählen die *Produktion*, bei der beispielsweise schrittweise die Montage eines Bauteils erklärt wird, *Instandhaltungsmaßnahmen*, indem sich etwa Baupläne aus Datenbanken aufrufen lassen, oder die *Logistik*, bei der Standorte der zu kommissionierenden Gegenstände über die Assistenzsysteme angezeigt bzw. vorgesagt werden können. In betrieblicher Hinsicht verbindet sich mit ihrem Einsatz eine Reihe von Rationalisierungshoffnungen. Diese richten sich vor allem auf eine Beschleunigung und Verdichtung von Arbeitsprozessen durch die permanente Informationsversorgung der Beschäftigten und den ortsunabhängigen Zugriff auf betriebliche Datenbanken. Die Assistenzsysteme sollen auch helfen, die Ergonomie und Sicherheit zu steigern, indem sie beispielsweise vor Gefahren warnen oder das arbeitsplatznahe Lernen erleichtern, indem den Beschäftigten Hintergrundinformationen zur selbstständigen Entscheidungswahl bereitgestellt werden.

¹ Besonderer Dank gilt Dr. Jörg Abel, Dr. Peter Ittermann und Alfredo Virgillito vom Forschungsgebiet Industrie- und Arbeitsforschung der TU Dortmund für ihre kritisch-konstruktiven Anmerkungen. Enis Sabotic sei für formale Überarbeitungen und gewissenhafte Recherchen gedankt. Anemari Karacic vom FGW gilt ein besonderer Dank für die administrative Begleitung dieser Expertise. Darüber hinaus möchte ich mich bei meinen Interviewpartner_innen für ihre Bereitschaft zur Teilnahme bedanken.

Eine zentrale Befürchtung indes ist, dass sie für die Umsetzung eines weitreichenden digitalen Kontrollapparates genutzt werden (vgl. Hofmann/Kurz 2016). Dieser erscheint mit dem Einsatz von Assistenzsystemen in zweierlei Hinsicht realisierbar: erstens, indem die Systeme den Beschäftigten detaillierte Vorgaben über ihre Arbeitsinhalte sowie ihre -geschwindigkeit machen und Abweichungen beispielsweise durch Fehlermeldungen sanktionieren. Zweitens, indem sie die geleistete Arbeit selbst sowie dabei anfallende Standort- oder Bewegungsdaten dokumentieren, die dann zu Leistungskontrollen genutzt und weiterverarbeitet werden. In der Konsequenz entstünde durch Assistenzsysteme eine permanente Drohkulisse der Überwachung und Kontrolle, die die Beschäftigten diszipliniere. Zugespitzt formuliert verbinden sich mit Assistenzsystemen Dystopien über eine Perfektionierung tayloristischer Arbeitskontrolle und einer Degradierung menschlicher Arbeit.

Fragestellung

Die vorliegende Expertise geht deshalb der Frage nach, wie Assistenzsysteme im Sinne ihrer Kontrollfunktion betrieblicherseits ausgelegt werden können. Es deuten sich nämlich sowohl in technischer Hinsicht als auch im Hinblick auf ihren betriebsspezifischen Anwendungskontext unterschiedliche Varianten an, die für eine Disziplinierung der Beschäftigten oder eine Erweiterung ihrer Entscheidungs- und Handlungsspielräume sprechen, indem ihnen durch das Assistenzsystem restriktive Arbeitsanweisungen zugeteilt bzw. Wahlmöglichkeiten aufgezeigt werden.

Den konzeptionellen Ausgangspunkt markiert die arbeits- und industriesoziologische Kontrolldebatte (vgl. Marrs 2010), die ausgehend vom betrieblichen Nutzungsinteresse von Arbeitskraft unterschiedliche Formen und Mechanismen ihrer Kontrolle unterscheidet. Dabei lassen sich in einer generellen Zuspitzung Arbeitssysteme unterscheiden, in denen Arbeitskraft auf Basis von Vertrauen motivierend stimuliert oder durch Überwachung erzwungen wird. (Produktions-) Technik spielt hierbei eine besondere Rolle, denn sie kann nicht nur zu Leistungs- und Verhaltenskontrollen verwendet werden, sondern auch in erheblichem Maße das Arbeitsvermögen und die Handlungssouveränität der Beschäftigten beeinflussen, indem sie Takt und Tätigkeit vorgibt („Fließbandarbeit“) oder Handlungs- und Dispositionsspielräume definiert.

Vorgehen

In Abschnitt 2 werden zunächst die verschiedenen Techniken und Anwendungsgebiete mobiler digitaler Assistenzsysteme vorgestellt. Hierzu wird ein morphologischer Kasten für eine Abgrenzung der vielfältigen Varianten vorgeschlagen. Des Weiteren werden aktuelle Forschungsaktivitäten und die Verbreitungslage in der Unternehmenspraxis aufgearbeitet. Im darauf folgenden Abschnitt 3 wird der Forschungsstand der arbeitssoziologischen Kontrolldebatte knapp skizziert und auf den Stellenwert von Technik eingegangen. Anhand von exemplarischen Fallstudien werden daran anschließend die beiden zentralen Gestaltungsperspektiven bei Assistenzsystemen ausgelotet (Abschnitt 4). Diese reichen von Systemen, die auf eine enge Kontrolle von Arbeitsgeschwindigkeit und Tätigkeitsinhalt ausgerichtet sind, bis zu solchen, die die Autonomie der Beschäftigten fördern und sie bei der Entscheidungswahl unterstützen. Dabei werden auch die

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

mit den jeweiligen Gestaltungstypen verbundenen Arbeitsfolgen aufgegriffen. Abschließend werden Herausforderungen bei der betrieblichen Anwendung von Assistenzsystemen benannt, arbeitspolitische Implikationen aufgegriffen und Gestaltungsmöglichkeiten skizziert (Abschnitt 5).

2 Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0: Stand der Technik und Forschung

Im Mainstream der aktuellen Debatte um Industrie 4.0 wird prognostiziert, dass mobile Computer und neue Informations- und Telekommunikationstechnik, soziale Medien, ‚kollegiale‘ Roboter und autonome Flurförderzeuge verstärkt Einzug in Fabrik- und Lagerhallen sowie Büros finden werden (vgl. acatech 2016). Diese Einschätzung fußt auf der Annahme, dass sich die Techniken zu cyberphysischen Produktionssystemen im Sinne von „Informationsfabriken“ (Stark et al. 2015, S. 134) vernetzen lassen, um damit zahlreiche Effizienz- und Rationalisierungspotentiale ausschöpfen zu können.

Für die Beschäftigten ergebe sich dadurch zum einen, dass sie intensiver und häufiger als bisher über digitale Medien und Netzwerke miteinander kommunizieren werden. Zum anderen zeichne sich ein neues Niveau bei der Interaktion und Kollaboration zwischen Menschen und Maschinen ab, das unter dem Begriff der Hybridisierung (vgl. Rammert/Schulz-Schaeffer 2002) diskutiert wird. Es eröffnen sich überdies neue Perspektiven einer orts- und zeitunabhängigen Überwachung sowie Bedienung von Produktionstechnik.

Um solche dynamischen Wertschöpfungsprozesse sowie die dabei entstehenden Datenmengen steuern und bewältigen zu können, werde technische Unterstützung notwendig. Diese soll insbesondere von mobilen Assistenzsystemen geleistet werden, um kontextrelevante Informationen (z. B. Lagerbestände, Maschinenbelegungen, Montageanleitungen) oder Kommunikationsmöglichkeiten bereitzustellen, die den Beschäftigten bei der Kooperation, der Entscheidungsfindung oder der Arbeitsausführung behilflich sind. Einschätzungen von Verbänden zufolge gilt dies gleichermaßen für direkt wertschöpfende wie auch für indirekte Arbeitsbereiche und Beschäftigtengruppen unterschiedlicher Qualifikationsniveaus:

„Intelligente Assistenzsysteme werden überall Einzug halten und zukünftig sowohl den ‚Werker am Band‘ als auch den ‚Wissensarbeiter‘ (zum Beispiel im Investmentbanking oder bei Versicherungen) in seinen Tätigkeiten vielfältig unterstützen.“ (acatech 2016, S. 45)

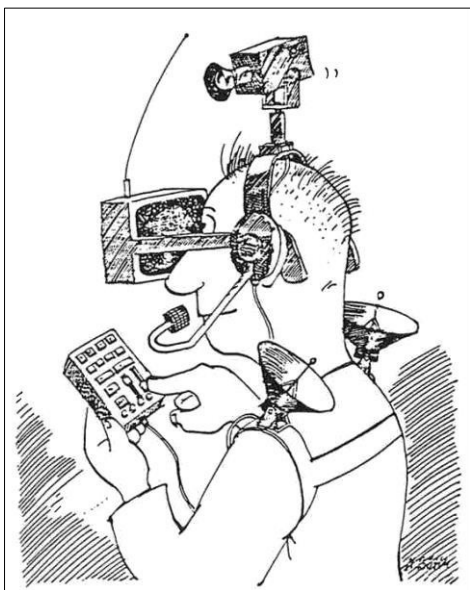
Im Folgenden sollen die Bandbreite betrieblicher Einsatzstrategien und Funktionsweisen von Assistenzsystemen sowie Anhaltspunkte für ihren Verbreitungsgrad dargestellt werden. Überblickshaft sollen darüber hinaus die in Forschungsprojekten angegangenen technischen sowie arbeitsrelevanten Fragestellungen vorgestellt werden (vgl. Tabelle 2, Anhang).

Infobox: Mobile Assistenzsysteme

Mit digitalen Assistenzsystemen sind im Folgenden mobile oder körpernah tragbare Endgeräte (Wearables) in industrieller Anwendung gemeint, die den Beschäftigten arbeitsbezogene Informationen echtzeitnah aufbereiten, Entscheidungsunterstützung bieten oder auch Arbeitsanweisungen erteilen. Dabei zeichnet sich eine große Vielfalt der verwendeten Geräte und Techniken ab. Hierzu zählen Smartwatches, Datenbrillen, Head Mounted Displays (HMD) und Headsets, RFID-Armbänder und -Handscanner, Tablets oder Smartphones. Die Daten, die aus betriebsinternen Datenbanken oder externen Quellen stammen, werden optisch, haptisch oder akustisch aufbereitet und angezeigt.

2.1 Techniken und Anwendungsfelder

Abbildung 1: „Das flexibelste aller Produktionsmittel“



Quelle: Schmid 1987, S. 349

Die Idee eines unterstützenden Technologieeinsatzes in industriellen Arbeitssystemen ist keineswegs neu – das gilt selbst für mobile Anwendungen (vgl. Abbildung 1).² Ihr Prinzip findet sich vor allem in stationären, softwaregestützten Expertensystemen wieder, wie sie etwa in Leitwarten zur Steuerung chemischer Prozesse oder im Rahmen von logistischen Tätigkeiten bei der

² Gleiches gilt für Bemühungen, virtuelle Bilddarstellungen mit Hilfe von mobilen Geräten anzuzeigen, deren erste Prototypen bereits in den 1960er Jahren für militärische Zwecke entwickelt wurden (vgl. Sutherland 1968, Abbildung 2).

Planung von Ladungsmengen und Transportrouten und weiterem mehr seit geraumer Zeit zur Anwendung kommen. Folgt man Blutner et al., sind Assistenzsysteme

„[...] rechnerbasierte Systeme, die dem Menschen bei der Entscheidungsfindung und -durchführung unterstützen. [...] [Sie] umfassen Aufgaben der Entscheidungsvorbereitung und/oder der Alternativenauswahl, können aber auch Funktionen zur Entscheidungsausführung und -überwachung bereitstellen.“ (Blutner et al. 2007, S. 6-7)

In der Automatisierungsforschung werden technische Systeme danach unterschieden, in welchem Umfang sie dem Menschen Handlungs- und Eingreifmöglichkeiten überlassen. Diese „Levels of Automation“ (Cummings/Bruni 2009, S. 438-439), bei der die Aufgabenteilung zwischen Mensch und Computer nach einer zehnstufigen Skala variiert, verknüpfen Blutner et al. mit den verschiedenen Phasen der oben beschriebenen Entscheidungsunterstützung zu einer Heuristik (vgl. Blutner et al. 2007, S. 9, Abbildung 1). Mit dieser können Assistenzsysteme hinsichtlich ihrer *Unterstützungsleistung* und deren *Automatisierungsniveau* unterschieden werden. Demnach sind Assistenzsysteme denkbar, die etwa die Entscheidungsvorbereitung und Alternativenauswahl automatisieren und die Entscheidungsausführung zwar dem Menschen überlassen, aber diese wiederum überwachen. Es deuten sich also vielfältige Kombinationen aus unterschiedlichen Automatisierungsstufen an, die von stark automatisierten und vorgegebenen Prozessschritten über zwischen Mensch und Maschine verteilten Aufgaben bis hin zu weitgehend manuellen Arbeitsvollzügen mit partieller Unterstützung reichen.

Die technologischen Entwicklungen der vergangenen Jahrzehnte im Bereich der Computer- und Prozesstechnik, bei Sensorik und Aktorik sowie bei drahtlosen Funkverbindungen haben ein Niveau erreicht, mit denen Assistenzfunktionen auf einem bislang unerreichtem Rechenniveau und in Form mobiler Endgeräte realisiert werden können. Verschiedentlich wird diese Entwicklung als ‚technology push‘ bezeichnet, der einen neuen ‚Vektor‘ mit Schlüsseltechnologien aufspanne und sich durch einen immensen Leistungszuwachs der Hardware in immer kleiner werdenden Geräten und zu sinkenden Herstellungskosten charakterisieren lässt (vgl. Brynjolfsson/McAfee 2014). Spürbar wird diese Entwicklung vor allem bei der Konsumelektronik wie Tablets, Smartphones oder Smartwatches (vgl. PwC 2015). Bemerkenswert erscheint dabei, dass sich diese hohe Verbreitung und die von großen Technologiekonzernen forcierte Weiterentwicklung vorwiegend auf *Business-to-Consumer-Märkte* bezieht und erst mit zeitlicher Verzögerung allmählich auch im Bereich industrieller Anwendungen (*Business-to-Business-Märkte*) Platz greift. Dieser Umstand lässt sich zum einen mit der fehlenden Industrietauglichkeit vieler Konsumgeräte erklären, die hinsichtlich Robustheit, Bedienhilfen, Akkukapazitäten oder erforderlichen (ergonomischen) Zertifizierungen zahlreiche Unzulänglichkeiten aufweisen. Zum anderen haben die Entwicklungssprünge bei Grafikberechnungen, die vor allem dem Engagement der Spieleindustrie zuzuschreiben sind, auch neue Möglichkeiten bei der Bilddarstellung und Datenverarbeitung in industriellen Wertschöpfungsprozessen geschaffen (vgl. Ziegler 2017).

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind im industriellen Umfeld digitale Endgeräte vorzufinden, die eine ausgesprochene Vielfalt und z. T. Unübersichtlichkeit aufweisen. Zu den einschlägigen Geräten zählen Smartwatches, Datenbrillen, Head Mounted Displays (HMD) bzw. Headsets, RFID-Armbänder oder Handscanner und Tablets (zusammenfassend vgl. Kassermann/Willeke 2016, S. 11-32). Dabei kommt auch multimodale Sensorik zum Einsatz, mit deren Hilfe vielfältige Umwelteinflüsse aufgenommen und analysiert werden können. Neben den Assistenzsystemen (*Hardware*) selbst ist eine „Rückkopplungseinheit“ (Kassermann/Willeke 2016, S. 5) notwendig, die beispielsweise eine Maschine, ein logistisches Transportfahrzeug oder eine betriebliche Datenbank (z. B. Enterprise Resource Planning System, kurz ERP, oder Manufacturing Execution System, kurz MES) sein kann, mit der Informationen ausgetauscht werden. Oftmals werden sogenannte Middlewares erforderlich, die als Plattformen zum Datenaustausch und zur Integration benutzt werden. Die Informationsaufbereitung basiert auf *Softwaresystemen* und reicht von optischen und akustischen bis hin zu haptischen (z. B. Vibrationen) Darstellungsformen. Eine technisch sehr fortgeschrittene Variante sind audiovisuelle Darstellungsformen in Form von Augmented (AR) und Mixed Reality, die mittels Datenbrillen realisiert werden, sich aber vielfach noch in der Entwicklung befinden. Zur Kommunikation zwischen Hardware und Software werden funk- bzw. internetgestützte Datenverbindungen wie RFID³, NFC oder Bluetooth eingesetzt; verschiedentlich kommen auch GPS-gestützte Ortungssysteme zur Anwendung, um Beschäftigten standortbezogene Informationen zuzustellen oder positionsabhängig Arbeitsaufträge zuzuweisen.

Abbildung 2: Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0



Copyright: DFKI GmbH/Fabian Quindt 2014, S. 4

Zu den zentralen industriellen *Anwendungsfeldern* zählen Logistik (Kommissionierung, Verpackung und Versand, innerbetrieblicher Transport), Montage und Instandhaltung (Reparatur,

³ Ashton, auf den der Begriff des *internet of things* zurückgeht, betrachtet RFID-Sensorik als Schlüsseltechnologie, um technische Artefakte gewissermaßen zum Sprechen zu bringen: „RFID and sensor technology enable computers to observe, identify and understand the world – without the limitations of human-entered data.“ (Ashton 2009, S. 1)

Wartung und Support). Die Funktionsvielfalt kann dabei über die reine Entscheidungsunterstützung, etwa bei der Auswahl der Reihenfolge von Arbeitsschritten, der Lokalisierung von benötigten Teilen oder dem Anzeigen relevanter Parameter, hinausgehen und zusätzliche Dokumentationshilfen (vgl. Spath et al. 2013), Kommunikationsverfahren (z. B. über integrierte Chatfunktionen) oder auch Lernmöglichkeiten (vgl. APPsist 2017) umfassen. Als dementsprechend vielfältig können die Einsatzszenarien von Assistenzsystemen bezeichnet werden, bei denen im Wesentlichen zwischen *tätigkeitsbezogenen* und *organisationsbezogenen* Strategien unterschieden werden kann.

Aus einer *tätigkeitsbezogenen Sichtweise* kann der Einsatz von Assistenzsystemen mit der Absicht verbunden sein, die Ergonomie und Sicherheit zu fördern, um freihändiges und unterbrechungsfreies Arbeiten zu ermöglichen sowie Warnungen bei Gefährdungssituationen zu senden (vgl. Hoffmann/Lawo 2014). Beschäftigtenbezogene Entscheidungsunterstützung soll die Produktivität steigern sowie Komplexität und Fehleranfälligkeit reduzieren oder, mit Lernhilfen versehen, zu kurzen Qualifizierungseinheiten motivieren (vgl. Kreimeier et al. 2015). In der Summe zeichnen sich also Szenarien ab, die neben einer Rationalisierung von Arbeit auch Möglichkeiten aufzeigen, lernförderliche Tätigkeiten zu schaffen und durch individuelle Assistenz Entlastungen bzw. Erleichterungen einzurichten, die für alter(n)sgerechte sowie inklusionsförderliche Arbeitsumfelder genutzt werden können. So sind Assistenzsysteme denkbar, die den Dispositionen kognitiv beeinträchtigter Menschen Rechnung tragen, indem sie etwa Anweisungen wiederholen oder in leichter Sprache aufbereiten.

Organisationsbezogene Strategien verweisen vor allem auf die Standardisierung und Verkürzung von Anlernphasen und die Flexibilisierung von Arbeitsort und -zeit durch die räumliche Entkopplung mit Hilfe von Virtualisierungs- und Steuerungsfunktionen. Durch eine enge und eindeutige Assistenz sollen geringqualifizierte bzw. fachfremde Beschäftigte innerhalb kürzester Zeit auch bei anspruchsvolleren Tätigkeiten eingesetzt werden können (vgl. Plattform Industrie 4.0 2016). Damit, so das Argument, bieten sich betrieblicherseits neue Möglichkeiten des flexiblen Arbeitskräfteeinsatzes, beispielsweise in Form von Jobrotationen oder bei schwankender Auftragslage. Zudem können Güter und Gewerke datentechnisch lückenloser verfolgt werden, indem sie bei jeder Handhabung bzw. Bearbeitung mit dem Assistenzsystem gescannt und verbucht werden (vgl. Hofmann 2016). Auch für die Auftragsplanung bieten sich Optimierungspotentiale, indem die Informationen auf den Assistenzsystemen schneller bereitgestellt werden und Abstimmungsprozesse zeitnah erfolgen können (vgl. ProSense 2015). Zugespitzt formuliert liegt die grundlegende Intention darin, auf Basis formalisierter Wissensbestände sowie im Betrieb anfallender Daten und deren systematischer Auswertung (Stichwort: Big Data) zu effektiveren und effizienteren Wertschöpfungs- und Kommunikationsprozessen beizutragen, indem diese als mehr oder weniger vorstrukturierte Informationen, Handlungsempfehlungen oder Anweisungen an die Beschäftigten weitergereicht werden.

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

In Anbetracht der geschilderten Varianz an Anwendungsmöglichkeiten und Einsatzstrategien und der großen technischen Vielfalt wird an dieser Stelle ein morphologischer Kasten vorgeschlagen, mit dem Assistenzsysteme in Hinblick auf ihren betrieblichen Einsatz und Funktionsumfang beschrieben werden können (vgl. Tabelle 1). Von zentraler Bedeutung ist dabei die Frage, welche Unterstützungsleistung das Assistenzsystem leistet und auf welchen Arbeitsschritt sich die Kontrollfunktion richtet. Ziel ist es, für jeden Betriebsfall eine spezifische Konfiguration aus technischen, organisatorischen sowie arbeits- und kontrollbezogenen Attributen zu erhalten. Dazu wird bei jedem Betriebsfall pro Merkmal eine entsprechende Ausprägung markiert. Die verwendeten Merkmale und Ausprägungen sind der einschlägigen Debatte um Assistenzsysteme entnommen sowie aus Experteninterviews abgeleitet.

Tabelle 1: Morphologischer Kasten

Merkmal	Ausprägung			
Gerät	Tablet	Datenbrille	Smartwatch	Sonstige
Zielgruppe	Beschäftigte ohne Personalverantwortung		Teamleiter / Meister	Leitende Angestellte
Anwendungsgebiet	Instandhaltung	Montage	Logistik	Sonstige
Qualifikationsanforderungen	Keine	Einweisung (formell/ informell)		Zertifizierte Fortbildung Umschulung
Systemanbindung	Keine	Lokal	Datenbanken (z. B. ERP, WWS)	
Datenaufbereitung	Audiovisuell	Audio	Grafisch	Haptisch
Unterstützungsleistung	Information	Beratung	Anweisung	Eingriff Dokumentation
Interaktion	Monologisch	Dialogisch	Mit Externen (z. B. über Chatfunktionen)	
Adaptabilität	Ja (z. B. Sprache, Ansagegeschwindigkeit)			Nein
Nutzung	Einmalig (Anlernen)		Kontinuierlich	Selektiv Periodisch
Kontrollfunktion	Keine	Ergebnis	Ausführung / Prozess	
Leistungsdokumentation	Ja (z. B. Stückzahlen, Geschwindigkeit)			Nein
Lernunterstützung	Keine	Weiterführende Informationen		Wissensabfrage (Test)

Quelle: Eigene Darstellung

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die voranstehende Morphologie mit der von Blutner et al. vorgeschlagenen Heuristik zu kombinieren (vgl. Blutner et al. 2007), um die Unterstützungsleistung und deren Automatisierungsgrad mit den Assistenzsystemen in Beziehung zu setzen. Dabei zeigt sich, dass die Systeme bereits technisch bedingte Einschränkungen im Hinblick auf

das Automatisierungsniveau der Entscheidungsunterstützung und die Kontrollfunktion aufweisen können. Datenbrillen, denen entsprechende Eingabe- und Dialogmöglichkeiten fehlen, können beispielsweise nicht dazu genutzt werden, die Beschäftigten zwischen Optionen wählen und sich die dazugehörigen Hintergrundinformationen anzeigen lassen zu können. Es handelt sich dann um starre Assistenzsysteme, die einen *one best way* vorgeben und dessen Durchführung allenfalls indirekt, z. B. über Datenbanken, kontrollieren können. Anders ausgedrückt variieren mit den technischen Gegebenheiten der Geräte auch ihre Möglichkeiten, Arbeit bzw. Beschäftigte kontrollieren zu können. Es kommt überdies auf die arbeitsorganisatorische Einbettung der Geräte an, welche Verbindlichkeit die Optionen bzw. Anweisungen besitzen und mit welchen Konsequenzen ein Abweichen verbunden ist (vgl. Abschnitt 3).

2.2 Verbreitung und betriebliche Umsetzungsvorhaben

In der Debatte um Assistenzsysteme ist verschiedentlich von technisch beeindruckenden Umsetzungsvorhaben zu lesen, die etwa „Fahrstuhlreparaturen mit der Datenbrille“ (FAZ 2016, S. 25) versprechen, aber Branchen- und Verbandsexperten zufolge vielfach noch weit von der Praxis tauglichkeit entfernt sind. Dies trifft vor allem auf Augmented-Reality-Anwendungen zu, bei denen reale Ansichten mittels Datenbrillen oder Tablets von virtuellen Bild Darstellungen überlagert werden und die sich mehrheitlich noch im Forschungs- bzw. Pilotstadium befinden (vgl. Abschnitt 2.3). Anderen Geräten wie RFID-Armbändern, die bei der korrekten Entnahme von Kleinteilen etwa vibrieren, oder Headsets zur Kommissionierung im Sinne von Pick-by-Voice wird hingegen attestiert, dass sie über eine ausgereifte Technik verfügen und sich zunehmend im Einsatz befinden. Diese Einschätzungen basieren auf Expertenmeinungen. Nach Durchsicht der vorliegenden Literatur ist aber eine weitgehend unklare Datenlage über die Verbreitung von Assistenzsystemen in der betrieblichen Praxis zu konstatieren.⁴

Erste Hinweise zur Verbreitung mobiler Endgeräte finden sich in größer angelegten Studien, die den Umsetzungsstand von Industrie 4.0 und Digitalisierungsmaßnahmen rekapitulieren. Dem Monitoring-Report Wirtschaft Digital des BMWi zufolge nutzen bereits 31 % aller Beschäftigten in der gewerblichen Wirtschaft mobile digitale Endgeräte wie Smartphones, Tablets und Notebooks, im verarbeitenden Gewerbe sind es 24 % (vgl. BMWi 2016, S. 59). Eine repräsentative Umfrage des ZEW verweist auf Ergebnisse, denen zufolge sich der Anteil der Beschäftigten, die mobile Geräte einsetzen, im Zeitraum von 2010 bis 2014 auf 23 % verdoppelt hat (vgl. ZEW 2015). Freilich lassen diese Zahlen keine Rückschlüsse darauf zu, ob die Geräte als Assistenzsysteme, wie sie hier verstanden werden, gebraucht werden. Sie verweisen zumindest auf eine zunehmende Verbreitung und ein wachsendes Interesse der Unternehmen an mobilen Endgeräten. Konkretere Anhaltspunkte finden sich demgegenüber bei Kinkel/Jäger, die sich auf Daten aus der Erhebung *Modernisierung der Produktion 2015* des Fraunhofer ISI stützen, wonach rund

⁴ Auch auf der Landkarte der Plattform Industrie 4.0 (plattform-i40.de) sind unter den Suchwörtern ‚Assistenzsystem‘ und ‚Wearable‘ lediglich ein halbes Dutzend Unternehmensfälle bzw. Forschungsprojekte gelistet (Stand: Juli 2017).

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

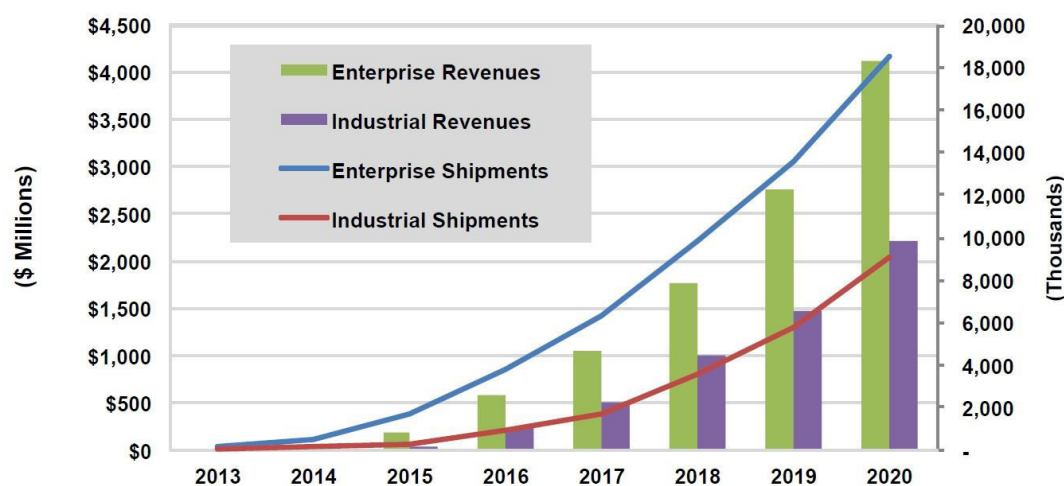
Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

20 % der Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes „mobile Geräte zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen“ (vgl. Kinkel/Jäger 2017, S. 15-16) nutzen und 8 % eine Einführung bis 2018 planen. Dabei finden die Geräte vor allem in großen und mittelgroßen Unternehmen Einsatz. Einer Umfrage des Branchenverbandes BITKOM (Holz 2015) zufolge nutzen 11 % der befragten Unternehmen IT-gestützte Assistenzsysteme wie Datenbrillen, 20 % planen in absehbarer Zeit eine Einführung. Demnach wären Assistenzsysteme bereits in jedem neunten Betrieb des verarbeitenden Gewerbes im Einsatz (vgl. Holz 2015). Aus der Studie geht indes nicht hervor, ob damit ausschließlich mobile Assistenzsysteme gemeint sind.

Die vorliegenden, mehrheitlich privaten Marktstudien legen überdies einen kontinuierlich expandierenden Markt für Wearables und Assistenzsysteme in den kommenden Jahren nahe. Dieser positive Nachfrageeffekt beziehe sich sowohl auf den Bereich der Konsumelektronik als auch in zunehmendem Maße auf industrielle Anwendungen, die den Analysten zufolge vielfältige Anwendungsgebiete und Rationalisierungseffekte versprechen (vgl. PwC 2015; Deutsche Bank Research 2015; Citi Group 2016; Goldman Sachs 2016; Christensen et al. 2016). Abbildung 3 greift exemplarisch eine Prognose der Marktanalysten Tractia auf, sehr ähnliche Verläufe lassen sich in allen anderen der genannten Studien finden.

Abbildung 3: Enterprise and Industrial Wearable Shipments and Revenues, World Markets 2013-2020

Chart 1.1 Enterprise and Industrial Wearable Shipments and Revenues, World Markets: 2013-2020



Quelle: Tractia 2015, S. 5

Perspektivisch könnte den Studien zufolge auch die zunehmende Verbreitung der mobilen Geräte im privaten Umfeld zu einer veränderten Erwartungshaltung der Beschäftigten im betrieblichen Umfeld beitragen. Unter Schlagworten wie *bring your own device* (BYOD) werden beispielsweise Unternehmensregelungen verstanden, die es den Beschäftigten erlauben, private Geräte im beruflichen Kontext zu verwenden. In der betriebspraktischen Literatur wird hingegen

betont, dass sich dabei eine Vielzahl an arbeits-, datenschutz- und versicherungsrechtlichen Fragen stellen, die auf eine unübersichtliche Regelungspraxis und deshalb auch eine unklare, vielfach überschätzte Verbreitungssituation hindeuten (vgl. Goricnik/Riesenecker-Caba 2014).

Blickt man auf die Situation bei den Entwicklerunternehmen, ergibt sich folgendes Bild. Die Hardwareentwicklung scheint vor allem in den Händen großer US-amerikanischer und japanischer Technologiekonzerne wie Google, Recon Instruments (Intel), Vuzix sowie Sony und Seiko Epson zu liegen, die marktführende Positionen besetzen (vgl. Ziegler 2017). Bei der Softwareentwicklung hingegen lassen sich eigenen Recherchen zufolge rund ein halbes Dutzend deutscher Unternehmen ausmachen, die die am Markt erhältliche Hardware zum Teil eigens anpassen und um betriebsspezifische, kundenindividuelle Anwendungslösungen ergänzen.⁵ Denn die zentrale technische Herausforderung besteht bei betrieblichen Einführungsprozessen darin, die Wearables in die im Betrieb vorhandene Infrastruktur zu integrieren und Schnittstellenkonflikte bei zum Teil proprietären Datenformaten zu beseitigen. Parallel müssen die Arbeitsprozesse analysiert und die Systeme diesen strukturellen Anforderungen angepasst werden. Dabei kann in den wenigsten Fällen auf Standardsoftware zurückgegriffen werden. Zusammengenommen deuten sich damit perspektivisch vielversprechende Markt- und Geschäftspotentiale für deutsche Softwaredienstleister in diesem Segment an.

Die steigende Nachfrage nach individuellen Softwaredienstleistungen verweist auf die Herausforderungen bei der Implementierung, mit denen die Betriebe konfrontiert sind. Bei der Einführung ergeben sich vier unterschiedlich aufwendige Arbeitsschritte, wie Bannat am Beispiel eines Pick-by-Light-Assistenzsystems bei Montagearbeitsplätzen verdeutlicht, bei dem die einzelnen Werkstücke entsprechend ihrer Montagereihenfolge mit farbigem Licht hervorgehoben werden (vgl. Bannat 2014). Zunächst müssen die Arbeitsschritte in Plänen abgebildet und entsprechend programmiert werden. Anschließend sind technische Verfahren zur Erkennung der Werkeraktionen notwendig, um den momentanen Arbeitsvollzug zu bestimmen, und drittens müssen die Anweisungen selbst visualisiert werden. Für den kontinuierlichen Einsatz bedarf es viertens einer „Verschaltung“ (Bannat 2014, S. 185) und Integration dieser drei Funktionen zu einem Gesamtsystem.

Aus technischer Sicht wird von Entwickler_innen vor allem das Aufsetzen der angesprochenen Middleware bzw. das Einrichten von Datenschnittstellen als besonders zeit- und kostenintensiv beschrieben. Aber auch in organisatorischer und personeller Hinsicht ergeben sich zahlreiche offene Fragen. Angesprochen werden damit vor allem die sozialen Kontextbedingungen, die bei der Einführung der digitalen Geräte systematisch in Rechnung gestellt werden müssen (vgl. Abschnitt 5). Technologieverständnis, Spezifika von Produkten, ökonomische und personelle Res-

⁵ Hierzu können die Essert GmbH, die iTiZZiMO AG, die oculavis GmbH, die picavi GmbH, die topsystem Systemhaus GmbH und die Ubimax GmbH gezählt werden (Nennung in alphabetischer Reihenfolge und ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

sources und die Akzeptanz der Beschäftigten sind wichtige Einflussgrößen für die Realisierungschancen und den konkreten Stellenwert der Assistenzsysteme. Diese Herausforderungen betreffen klein- und mittelständische Unternehmen in besonderem Maße, die mit der unübersichtlichen Marktlage, den teilweise erforderlichen Schulungsmaßnahmen sowie den notwendig werdenden Prozessanpassungen überfordert sein können (vgl. Willeke/Kasselmann 2016).

2.3 Forschungsaktivitäten zu Assistenzsystemen

Mit der industrie- und forschungspolitischen Schwerpunktsetzung auf Industrie 4.0 im engeren und Digitalisierung im weiteren Sinne sind in den vergangenen Jahren zahlreiche bundes- und landesweit geförderte Initiativen, Modellfabriken und Rahmenprogramme zur Erforschung, Erprobung und Diffusion digitaler Technologien und der mit ihnen verwandten Fragestellungen initiiert worden (vgl. BMBF 2014; BMWi 2014). Charakteristisch für diese Forschungsprogramme und Maßnahmen war die anfängliche Dominanz technischer Fragestellungen, die in der Folgezeit aber zusehends um arbeitsrelevante Themen wie Mensch-Maschine-Interaktion, Arbeitsgestaltung, Qualifizierung und Kompetenzentwicklung sowie Partizipation erweitert wurden.

Das Thema mobile Assistenzsysteme hat sich, zu Anfang noch eher randständig behandelt, als fester Bestandteil der Forschungslandschaft um Industrie 4.0 etabliert. Dies dokumentieren die zahlreichen Konferenzen und mittlerweile vielfältigen Forschungsprojekte (vgl. Tabelle 2, Anhang), die diese Thematik adressieren. So lassen sich Forschungsvorhaben in unterschiedlichen Rahmenprogrammen und Maßnahmen des BMBF und BMWi ausmachen, die typischerweise den Charakter von Verbundprojekten aufweisen und dabei in enger Kooperation aus Wissenschaft, Entwicklung und Anwendungs- sowie Sozialpartnern agieren.

In inhaltlicher Hinsicht lässt sich ein grundlegender Schwerpunkt auf der technischen Realisation und datengestützten Integration der Assistenzsysteme erkennen. Ebenso beschäftigen sich zahlreiche Projekte auch mit arbeitsrelevanten Fragen. Dabei lassen sich drei zentrale Themen identifizieren.

- Erstens stellt sich die Frage, wie Beschäftigten mit Hilfe von Assistenzsystemen zu einer größeren und informierten Selbstständigkeit im Arbeitsprozess verholfen werden kann. Hierbei spielen die maschinen- bzw. datenbankverknüpfte Informationsbereitstellung und die nutzerorientierte Visualisierung eine zentrale Rolle (z. B. ProSense; SmARPro; AIM; CyProAssist).
- Ein zweiter Fokus liegt auf den Voraussetzungen und Gestaltungskriterien zur Integration von Qualifizierungseinheiten, die zum arbeitsplatznahen Lernen und Kompetenzmanagement genutzt werden sollen (z. B. ELIAS, ABEKO, AppSist, PLUTO). Im Zentrum stehen hierbei Maßnahmen und Methoden zur Formalisierung des Erfahrungswissens der Beschäftigten, insbesondere bei Instandhaltungsmaßnahmen. In einem weiteren

Schritt sollen Arbeitsschritte nachvollziehbar verschriftlicht und somit (entsprechend individueller Dispositionen) nachahmbar gemacht werden (z. B. AR-Maintenance, S-CPS, WEKIT).

- Zum dritten werden arbeitsmedizinische und ergonomische Themen aufgegriffen, um die Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit mit Assistenzsystemen zu reduzieren (z. B. Glass@Service), sowie Strategien zur beteiligungsorientierten Gestaltung verfolgt, um die Akzeptanz der Beschäftigten zu sichern bzw. herzustellen (z. B. MyCPS).

Organisationbezogene Fragestellungen adressieren vor allem die Gestaltung von Einführungsprozessen mit Hilfe von Reifegradmodellen, insbesondere auf die Anforderungen von klein- und mittelständischen Unternehmen ausgerichtet (z. B. 4.0-ready, MyCPS), und Systematiken zur bedarfsgerechten Auswahl von Assistenzsystemen (z. B. AcrossAR). In Hinblick auf die Anwendungsfelder lässt sich ein starker Trend zu Instandhaltung, Produktion(-splanung) sowie logistischen Tätigkeiten erkennen; die Branchenverteilung ist indes sehr heterogen.

Neben den genannten öffentlich geförderten Programmen lassen sich zahlreiche fest etablierte Forschungsschwerpunkte an (universitären) Einrichtungen identifizieren. Hierzu zählen vor allem die Institute IAO, IML, IFF, IGD, IOSB, IEM, IWU und IPT der Fraunhofer-Gesellschaft. Diese verfolgen in thematischer, aber auch in anwendungsorientierter Hinsicht unterschiedliche Techniken und Szenarien bei Assistenzsystemen. Darüber hinaus sind einige nationale und transnationale Netzwerkiniciativen zu nennen, die die Entwicklung und Diffusion insbesondere von VR- und AR-Anwendungen bei Wearables unterstützen. Bei AVARE (TU Chemnitz/BMWi), AR Netzwerk – Sensor 4.0 (BMW), euroVR (ITIA-CNR, Mailand/EU) oder AREA (USA) handelt es sich um offene und lockere Verbände aus unterschiedlichen Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft sowie Verbänden, die Good-Practice-Fälle austauschen und Kooperationsbeziehungen initiieren.

Zwischenfazit

Die technischen Varianten von Assistenzsystemen in industrieller Anwendung sind vielfältig. Belastbare quantitative Daten zur Verbreitungssituation liegen nach jetzigem Kenntnisstand nicht vor. Beinahe unisono verweisen aber zahlreiche Marktstudien auf einen zukünftig steigenden Absatz und Verbreitungsgrad. Erste differenzierende Prognosen zu den unterschiedlichen Geräten und betrieblichen Anwendungsgebieten legen nahe, dass sich als Anwendungsdomänen kurz- bis mittelfristig die Logistik, insbesondere im Bereich der Kommissionierung, die Montage von Kleinserien (vgl. Bannat 2014) sowie Instandhaltung und Service herausbilden werden (vgl. Kasselmann/Willeke 2016, S. 7). Im Hinblick auf die Geräte sollen sich vor allem optische Assistenzsysteme wie Datenbrillen durchsetzen, was den Autoren zufolge, die sich dabei auf Unternehmens- sowie Expertenbefragungen stützen, für sämtliche Anwendungsbereiche gelte (vgl. Kasselmann/Willeke 2016, S. 7). Kritisch eingewandt wird hingegen, dass dies zunächst nur auf Anwendungsszenarios mit „technisch trivialeren Nicht-AR-Datenbrillen mit einfachem Head-up-Display“ (Janssen 2017, S. 69) zutrifft, da bislang noch große Hürden bei der Umsetzung aufwändiger Grafikdarstellungen bestehen.

Der Anwendungsschwerpunkt Logistik lässt sich mit der bereits sehr stark vorangetriebenen innerbetrieblichen Vernetzung mittels RFID-Sensoren und Warenwirtschaftssystemen begründen. Zudem lassen sich die zu großen Teilen repetitiven und regelorientierten Prozesse relativ gut und schnell mit Hilfe der Assistenzsysteme abbilden. Konsequenterweise kommen vor allem Assistenzsysteme zum Einsatz, die als Pick-by-Voice oder Pick-by-Vision bezeichnet werden und auf konkrete Arbeitsanweisungen ausgerichtet sind (vgl. Abschnitt 4.2; Brandt et al. 2016, S. 30). Einem befragten Entwickler zufolge lässt sich ihr Einsatz anhand von Kennzahlen (z. B. höhere Umschlagsgeschwindigkeit, geringere Fehlerquoten, Verbesserung der Dokumentationsqualität) quantifizieren und amortisiert sich bereits innerhalb kurzer Zeit.

Die Forschungsaktivitäten zu Assistenzsystemen sind in ihrer Anzahl und Themenvielfalt ausgesprochen umfangreich. Hier lassen sich mehrheitlich auf die Bereitstellung von prozessrelevanten Informationen und Lerninhalten ausgerichtete Projekte ausmachen, die die Beschäftigten bei der Entscheidungsfindung unterstützen sollen. Einen weiteren Schwerpunkt markieren Versuche zur Formalisierung von anspruchsvollen Arbeitsprozessen wie der Instandhaltung und den hierbei relevanten, schwer explizierbaren Wissensbestandteilen. In technischer Hinsicht werden vorrangig AR-Datenbrillen und Tabletlösungen bearbeitet.

3 Die arbeitssoziologische Kontrolldebatte

Lohnarbeitsverhältnissen haften verschiedene Strukturprobleme an (vgl. Hirsch-Kreinsen 2008). Ein zentrales Problem zeigt sich im betrieblichen Interesse, Arbeit kontrollieren zu wollen. Diese Absicht begründet sich im Wesentlichen aus der Unbestimmtheit des Arbeitsvertrages und dem Umstand, dass Arbeitskraft subjektgebunden ist und deshalb immer erst in konkrete und für den Betrieb verwertbare Arbeit *transformiert* werden muss (vgl. Marrs 2010). Anders ausgedrückt, die Beschäftigten können sich auch widerspenstig zeigen und opportune Interessen am Arbeitsplatz verfolgen. Zwar kann sich der bzw. die Arbeitgeber_in hierzu auf sein Weisungsrecht⁶ berufen, aber Arbeit ohne die Kooperations- und Leistungsbereitschaft bzw. den Willen der Beschäftigten (vgl. Berger/Offe 1982) schlechterdings anordnen.

Für das Management ergibt sich daraus die grundsätzliche Problematik, Strukturen, Mechanismen und letztlich auch Wertschöpfungsprozesse organisieren zu müssen, um Beschäftigte zur Arbeit zu motivieren und zu vermeiden, dass sie ihr Leistungspotential und ihr Arbeitsvermögen, wie fachliche Kompetenzen oder Kreativität, systematisch zurückhalten (vgl. Deutschmann 2002)⁷. Hierzu greifen sie auf unterschiedliche Methoden, Strategien und auch Technikeinsatz zurück, die in der Lesart der Arbeits- und Industriesoziologie Ausdruck einer kapitalistischen Verwertungslogik von menschlicher Arbeitskraft sind und Interessenkonflikte begründen. Kontrolle, Vertrauen und betriebliche Technik sind demnach gleichermaßen *funktional*, um das Transformations- und Opportunismusproblem zu bearbeiten und Beschäftigte zu disziplinieren.

3.1 Varianten der Arbeits- und Leistungskontrolle

Verdichtet man die arbeits- und industriesoziologische Debatte, lassen sich zwei zentrale Varianten der Arbeitskontrolle unterscheiden. Die eine Variante zielt im Wesentlichen darauf ab, Arbeitskraft durch Regeln und Überwachung zu erzwingen, die andere darauf, Arbeitskraft über indirekte Vorgaben und Zielgrößen zu steuern. Ein wesentliches Abgrenzungsmerkmal zwischen beiden Strategien ist die Offenheit bzw. Begrenztheit der den Beschäftigten zugestandenen Handlungskorridore und den damit erweiterten bzw. eingeschränkten Möglichkeiten zur selbstständigen Festlegung von Arbeitsaufgaben und deren Umsetzung. Im Folgenden werden diese beiden Varianten und die in ihnen eingebetteten Arbeitssysteme kurz charakterisiert. Dabei ist der Anspruch weniger der einer ideen- bzw. theoriegeschichtlichen Analyse (vgl. dazu Marrs

⁶ Das Weisungsrecht ergibt sich aus §106 GewO: „Der Arbeitgeber kann Inhalt, Ort und Zeit der Arbeitsleistung nach billigem Ermessen näher bestimmen, soweit diese Arbeitsbedingungen nicht durch den Arbeitsvertrag, Bestimmungen einer Betriebsvereinbarung, eines anwendbaren Tarifvertrages oder gesetzliche Vorschriften festgelegt sind. Dies gilt auch hinsichtlich der Ordnung und des Verhaltens der Arbeitnehmer im Betrieb. [...]“

⁷ Arbeitsverhältnisse sind Abhängigkeitsverhältnisse und somit asymmetrisch. Gemeint ist, dass dem Arbeitgeber im Sinne einer sogenannten ‚Primärmacht‘ durch seine Wahlmöglichkeiten am Arbeitsmarkt und die Mobilität seines Kapitals eine machtvollere Ausgangssituation und größere Handlungsfähigkeit zuzuschreiben sind.

2010, 2013; Moldaschl 2010; Wood 1986) als vielmehr der einer paradigmatischen Gegenüberstellung der zentralen Charakteristika und Kontrollintentionen.

Kontrolle durch Hierarchie

Unter der Überschrift hierarchischer Kontrollformen lassen sich Arbeitssysteme fassen, die sich durch eine klare Aufgabenzuordnung und -verteilung sowie enge Handlungsspielräume charakterisieren. Sie basieren auf „Misstrauensbeziehungen“ (Marrs 2013, S. 309) und der Vorstellung, Arbeitnehmer_innen hielten systematisch ihre Leistungen zurück (vgl. Bendix 1960), weshalb durch Sanktionen und v. a. taktgebundene, hochgradig fragmentierte Arbeitsschritte ein (intentionales) Abweichen von Vorgaben verhindert werden sollen. Ein zentrales Anreizinstrument stellen leistungsrelevante Entgeltbestandteile (Boni, Prämien) dar, um die Arbeitsleistung der Beschäftigten zu kontrollieren.

Stellvertretend für diesen Kontrolltyp stehen tayloristische Arbeitssysteme, die auf dem Managementdogma von Taylor fußen (vgl. Taylor (1995 [1913])); kritisch dazu: vgl. Schmidt 2013). Dieses umfasst verschiedene Methoden der Arbeits- und Organisationsgestaltung sowie Personalführung und -auswahl, die auf eine weitreichende Arbeitsteilung bis hin zu Einzelarbeitsplätzen, deren zentralisierte Steuerung (in sogenannten Arbeitsbüros), sowie auf eine schematische Trennung von ausführenden und planenden Tätigkeiten abzielen (vgl. Taylor (1995 [1913])).⁸ Diese werden von Zeit- und Bewegungsstudien flankiert, um im Sinne von Referenzwerten Normalleistung bestimmen und kontrollieren zu können (vgl. Taylor 1995 [1913]), und markieren den Anfangspunkt einer von Moldaschl als „Verwissenschaftlichung“ (Moldaschl 2010, S. 266) bezeichneten Entwicklungslinie betrieblicher Optimierungsstrategien. Zusammengefasst besteht der zentrale Kontrollimpetus darin, die Handlungsautonomie und die „Dispositionschancen“ (Böhle 2010, S. 454) der Beschäftigten hierarchisch zuzuschneiden und mittels bürokratischer Regeln die zentralisierten Handlungsvorgaben zu überwachen. Das Kontrollmoment liegt hierbei auf einer vorgegebenen Definition der zu erledigenden Arbeit und einer daran orientierten engen Kontrolle der Arbeitsleistung.

⁸ Bei der Optimierung der Prüfstation einer Fabrik zur Herstellung von Kugellagern beschreibt Taylor sein Vorgehen wie folgt: Die Prüfung der Kugeln wurde dort von Frauen durchgeführt, die, um die z. T. sehr feinen Fehler zu finden, große Aufmerksamkeit und taktiles Feingefühl aufbringen mussten. Neben Personalkürzungen zugunsten der verlässlichen und leistungsfähigen Arbeiterinnen wurden Zeitstudien und systematische Nachkontrollen durch Meister veranlasst, die die Qualität im Rahmen von Reporten festhielten und auf deren Basis leistungsbezogene Entgelte gezahlt wurden. Anschließend wurden Pausen eingeführt, um Ablenkungen und Stillzeiten in der Arbeit zu reduzieren (vgl. Taylor 1995 [1913], S. 90-103). Taylor beschreibt weiter, wie durch freundliches Zureden auf die Frauen zusätzlich leistungssteigernd eingewirkt werden konnte, und gesteht ein, dass sie „in einer Beziehung ‚brutal‘ behandelt wurden. Sie wurden nämlich so weit auseinander gesetzt, dass sie sich während der Arbeit nicht gut unterhalten konnten.“ (vgl. Taylor 1995 [1913], S. 97). Dieser Maßnahmenkatalog erwies sich Taylors Einschätzung nach als erfolgreich und ließ sich an einer größeren Menge kontrollierter Kugeln unter gleichbleibender bzw. steigender Qualität bei weniger, aber besser bezahltem Personal festmachen.

Der angelsächsischen Labour Process Debate (vgl. Lappe 1986; kritisch Littler 1987) ist es zuzuschreiben, dass sie Erklärungsansätze herausgearbeitet hat, nach denen Arbeitsleistung eben auch über die langfristige Kooperations- und Leistungsbereitschaft der Beschäftigten aktiviert werden kann (vgl. Marrs 2010; Flecker/Volst 1988). Dies lasse sich bei Beschäftigten zeigen, denen erweiterte Handlungsspielräume zugebilligt und Aufstiegs- sowie Beschäftigungsperspektiven in Aussicht gestellt werden – im Gegenzug werden von ihnen innovative und kontinuierliche bzw. verlässliche Arbeitsleistungen erwartet („psychologischer Vertrag“). Diese Form der vertrauensbasierten, internalisierten Kontrolle galt lange Zeit vor allem Angestelltentätigkeiten oder Professionen (z. B. Ingenieuren) vorbehalten, die sich, anders als die oben beschriebenen tayloristischen Methoden, in indirekten Funktionsbereichen industrieller Wertschöpfung verorten lassen. In dieser Perspektive erscheint betriebliche Kontrolle als qualifikationsabhängige Variable, wonach hochqualifizierten Beschäftigten „verantwortliche Autonomie“ (Marrs 2013) zugestanden und Geringqualifizierten ‚einfache Kontrolle‘ (vgl. Edwards 1981) auferlegt wird. Eine solche Polarisierung von Kontrollformen erwies sich empirisch betrachtet hingegen als allzu eng (vgl. am Beispiel der Kleinserienfertigung im Maschinenbau Manske 1991), ähnlich dem Kurzschluss von tayloristischer Arbeit mit Dequalifikation, Entfremdung sowie Abzug subjektiven Beschäftigtenwissens (vgl. Schmidt 2013).

Kontrolle als Selbstaufgabe

Mit den ab den 1970er Jahren Platz greifenden gesellschaftlichen und industriellen Wandlungsprozessen (Stichworte: Technisierung, Tertiärisierung, Globalisierung), die in einer weitergehenden Perspektive als *Postfordismus* bezeichnet werden (vgl. Deutschmann 2002), etablierten sich Arbeits- und Kontrollstrukturen, die im Wesentlichen auf einem veränderten Rationalisierungsverständnis gründen. Das innovative Potenzial menschlicher Arbeit, so die ‚neue‘ These, lasse sich durch das „Zugeständnis von Handlungs- und Entscheidungsspielräumen“ (Minszen 2013, S. 465) weitaus effizienter als in bürokratischen Strukturen ausschöpfen. Die Rekonstruktion dieser Entwicklung ruht im Wesentlichen auf folgenden Argumenten: zum einen auf einem zunehmenden Bedarf der Unternehmen an produktionsbezogener Flexibilität und Elastizität, ausgelöst durch eine stärkere Nachfrage nach variantenreicheren sowie forschungs- und entwicklungsintensiveren Produkten; zum zweiten auf hiermit korrespondierenden tiefgreifenden Maßnahmen der Reorganisation (Stichworte: strategische und operative Dezentralisierung, Vermarktlichung) und Flexibilisierung sowie Deregulierung von Arbeit (zusammenfassend vgl. Hirsch-Kreinsen 2009); zum dritten auf den veränderten Ansprüchen nach Autonomie und Selbstbestimmung der Beschäftigten in und an Arbeit wie ganzheitlichere Aufgabenzuschneide und größere Verantwortung (vgl. Kleemann 2012), die mit einer Expansion wissensintensiver Arbeitszusammenhänge einhergehen, flankiert von verschiedenen gesellschafts- und arbeitspolitischen Strategien zur qualitativen Aufwertung von Arbeit (z. B. ‚Qualität des Lebens‘, Humanisierung der Arbeit).

In der Verdichtung begründen die genannten Entwicklungen eine „Pluralisierung von Rationalisierungsansätzen“ (Moldaschl 2010, S. 283), die auf eine strukturelle Hinwendung „von der Prozesskontrolle zur Ergebniskontrolle“ (Minssen 2013, S. 465; vgl. Brödner 2007) und zum Subjekt selbst hinauslaufen und mit denen auch veränderte Grundannahmen und Muster der Anerkennung einhergehen. In der arbeits- und organisationssoziologischen Debatte werden diese eng miteinander verschränkten Entwicklungen unter den Schlagwörtern der *Subjektivierung*, *Entgrenzung* und *Vermarktlichung* apostrophiert. Der zentrale Kontrollimpetus liegt hierbei auf einer indirekten bzw. partizipativen oder z. T. eigenständigen Definition der zu erledigenden Arbeit und einer daran orientierten selbstständig verwalteten Realisierung der Arbeitsleistung.

Dazu werden Beschäftigten indirekte Vorgaben wie Zielgrößen, Termine oder Budgets gemacht, mit dem Ziel, dass diese von ihnen eigenverantwortlich realisiert bzw. eingehalten werden. Das Transformationsproblem sowie organisationale Ziele und der damit verbundene Umgang mit Ressourcenknappheit werden damit nicht mehr zu einer rein managementbezogenen Herausforderung, sondern systematisch in den Verantwortungsbereich der jeweiligen Beschäftigten verlagert. Eine solche Ergebniskontrolle geht einerseits mit einer Ausweitung der arbeitnehmerischen (Selbst-)Verantwortung einher, andererseits begründet sie eine neue „Instrumentalisierung von Subjektivität“ (Birken et al. 2012, S. 161; vgl. Kratzer 2016). Während in tayloristischen Arbeitssystemen versucht wird, Markt, Betrieb und Subjektivität mit Hilfe strikter Reglements und Grenzziehungen voneinander zu trennen, lautet die Formel der ‚marktzentrierten Steuerung‘ (vgl. Boes/Bultemeier 2010), Markt und Subjekt als Rationalisierungsdynamik miteinander zu koppeln. Die Vorgaben werden nämlich extern abgeleitet, etwa von Konkurrent_innen oder Kundenanforderungen, oder ergeben sich daraus, dass Abteilungen in einen internen Wettbewerb gestellt werden, und schlagen als neue Referenzwerte auf der Ebene der Beschäftigten auf (am Beispiel pflegerischer und ärztlicher Arbeit vgl. Marrs 2008; Niehaus/Wilkesmann 2017). Hierzu müssen die Beschäftigten stärker als bisher kommunikative und koordinative Tätigkeiten übernehmen.

Ein prominenter Stellenwert kommt in diesem Kontext der Debatte um die *Informatisierung* von Arbeit zu. Hierunter wird der gesellschaftliche Entwicklungsprozess einer zunehmenden Diffusion von Informations- und Telekommunikationstechnologien verstanden, die die systematische Bearbeitung und Nutzung von Informationen und Daten ermöglicht (vgl. Schmiede 2015; kritisch Brödner 2014). Mit ihnen lasse sich, so das Argument, weitaus tiefgreifender als bislang innerbetriebliche Transparenz, Vergleichbarkeit und letztlich Herrschaft herstellen, indem die Auswertungspraxis selbst zunehmend automatisiert werde (vgl. Schmiede 2015; Dörr et al. 1983; Boes/Bultemeier 2010). Sinnbildlich für diese Entwicklung stehen moderne Controllinginstrumente, die echtzeitnahe Kalkulationen ausführen können und hierbei als „tägliche Erinnerung an den Markt“ (Sauer 2013, S. 481) dienen sowie zur Einhaltung von Budgets disziplinieren sollen. Boes und Bultemeier erkennen in dieser Entwicklung auch eine Hebelwirkung, um direkte persönliche Kontrolle ausüben zu können:

„Die Informatisierung ermöglicht also eine Individualisierung des Leistungszugriffs, indem sie den einzelnen Mitarbeiter aus den Kollektivstrukturen des Arbeitsprozesses herauslöst.“ (Boes/Bultemeier 2010, S. 7)

Auch in zeitlicher Hinsicht zeichnet sich ein Herrschaftswandel ab (vgl. Kratzer 2011). Die fordristische Zeitökonomie (Zeitmenge/Arbeitsaufwand) wird von einem an Marktbewertungen (Zeitpunkt/Ergebnis) orientierten Zeitschema überholt:

„Die Aufwandsorientierung bricht sich an der Ergebnisorientierung – das Ergebnis wird sozusagen gleichgültig gegenüber dem Aufwand – und die Mengenorientierung bricht sich an der Zeitpunktorientierung.“ (Kratzer 2011, S. 232)

Während direkte Kontrollformen v. a. als Demotivation, als physische Überanspruchung durch einseitige Belastungen und als entwicklungshemmend attribuiert werden, stehen indirekte Steuerungsformen für eine neue Qualität der Arbeitsbelastung (vgl. Neckel/Wagner 2014; Kratzer/Dunkel 2013). So können Selbstorganisation und Eigenverantwortung, steigende Kennzahlen oder reduzierte Personalschlüssel in Folge unerreichter Quoten den Leistungsdruck auf die Beschäftigten verstärken, ein permanenter Innovationsdruck entstehen, Abstimmungsprozesse langwierig und unbefriedigend sein oder Arbeitszeitmodelle zu einer konfliktbehafteten Entgrenzung von Produktions- mit Reproduktionssphäre (vgl. Kratzer 2016) beitragen. Im Hinblick auf den Leistungsdruck sprechen Boes und Bultemeier (2010) von einem ‚System permanenter Bewährung‘, mit dem die latente Unsicherheit beschrieben wird, den Arbeitsplatz mit marktgerechten Leistungsnachweisen rechtfertigen zu müssen. Neue Steuerungsformen, so das zentrale Argument, bergen eine „neue Normalität von Überlastung“ (Kratzer/Dunkel 2013, S. 54), weswegen sie vor allem auch im Zusammenhang mit psychischen Erkrankungen diskutiert werden.

Kontinuitäten und Diskontinuitäten

Betriebliche Kontrollstrategien unterliegen, wie oben skizziert, einem „Formwandel“ (Dörr et al. 1983, S. 186), der mit gesellschaftlichen, organisatorischen und technischen sowie individuellen und arbeitspolitischen Entwicklungen eng verwoben ist. Dennoch wird eine Dichotomisierung von tayloristischer Kontrolle auf dem Shopfloor einerseits und diskursiver Steuerung im Büro andererseits der betrieblichen Realität alles andere als gerecht; ebenso wenig kann von einer historischen Zäsur tayloristischer Kontrolle gesprochen werden. Vielmehr ist von einem Nebeneinander sowie von Hybridformen auf unterschiedlichen Niveaus in verschiedenen Produktions- und Organisationstypen auszugehen.

Es ist gerade der Verdienst empirischer Sozialforschung, auf diese „Vielgestaltigkeit“ (Marrs 2008, S. 22) betrieblicher Kontrollsysteme hingewiesen zu haben. So lassen sich in einem weiten Blick auf vorliegende empirische Befunde sowohl Arbeitssysteme ausmachen, die sich durch stark eingeschränkte Handlungsspielräume und repetitive Tätigkeiten in fragmentierten getakteten Arbeitsvollzügen an Massenfertigungsanlagen kennzeichnen (v. a. bei geringqualifizierter Einfacharbeit), als auch auf Klein- oder Serienfertigung ausgerichtete Arbeitszusammenhänge, die den Beschäftigten Dispositionsspielräume, Möglichkeiten des arbeitsplatznahen Lernens und Anlässe zur Ausübung beruflicher Fachlichkeit und partizipativer Problemlösestrategien bieten

(fachliche Gruppenarbeit). Letztlich zeigt sich aber auch innerhalb einzelner Beschäftigungssegmente wie der industriellen Einfacharbeit (vgl. Abel et al. 2014), dass hier keineswegs von einem einheitlichen Modus der Arbeitskontrolle gesprochen werden kann, sondern vielmehr von unterschiedlichen Typen und Entwicklungspfaden auszugehen ist.

3.2 Zur Rolle der Technik für das Kontrollproblem

Der betriebliche Einsatz von Technik und die damit verbundenen Folgen für Arbeit und Beschäftigte stellen für die Arbeits- und Industriosozologie ein traditionelles Themenfeld dar. Typisch für diese Forschungsbeiträge ist es, Technik und deren Entwicklungsverläufe als Ausdruck und Methode unternehmerischer Gewinnmaximierung und Machtkonzentration sowie die damit einhergehenden Arbeitsfolgen (Qualifikation, Handlungsspielräume, Erfahrungswissen, Belastung, Arbeitsorganisation etc.) und Politisierungsprozesse zu analysieren. Unternehmen setzen demnach Technik nicht nur aus technischem (Effizienz) oder ökonomischem (Rentabilität) Kalkül, sondern vor allem auch aus sozialen Motiven ein (vgl. Pfeiffer 2010). Zu letztgenannten zählt die Absicht, menschliche Arbeitskraft substituieren (Automatisierung), ihre Effizienz steigern (Rationalisierung) bzw. ihren *Eigensinn* (Disziplinierung) kontrollieren zu wollen.

Zu den prominentesten Beispielen, wie auf die Effizienz und das Verhalten durch Technik eingewirkt werden kann, ist das Fließband zu zählen. Edwards dokumentiert hieran in instruktiver Weise, wie mit dem Einsatz Arbeit vorgegeben und bewertet werden kann sowie letztlich eine Disziplinierung eintritt (vgl. Edwards 1981). Durch die Taktvorgaben des Fließbands werde das Arbeitstempo zu einem „technologischen Sachzwang“ (Edwards 1981, S. 131), der keine Interaktions- oder Abweichmöglichkeiten im Prozess zulasse und Handlungs- oder Bewegungsspielräume beschneide. In der Folge werde die bisherige Kontrolle der „einfachen und unmittelbaren *persönlichen* Konfrontation“ (Edwards 1981, S. 132; Hervorhebung im Original) durch die „technische“ Kontrolle ersetzt.

Ein weiterer Ansatzpunkt betrieblicher Kontrollstrategien besteht in der Informatisierung der Arbeitsplanung und -steuerung. Einen instruktiven Beitrag hierzu liefert Manske mit einer Untersuchung von PPS- und BDE-Systemen (Produktionssteuerung und Betriebsdatenerfassung) im von Facharbeit und Einzelerienfertigung geprägten Maschinenbau (vgl. Manske 1991). Die computergestützten Verfahren sind seinen Analysen zufolge der Versuch, den Produktionsprozess im Sinne einer ‚Rahmensteuerung‘ zentralistisch kontrollieren zu wollen. Diese habe sich aufgrund der häufigen Veränderungen in den Fertigungs- und Kundenanforderungen lange Zeit als kontraintuitiv erwiesen und deshalb nicht durchgesetzt. In Abgrenzung zum „punktuellen Rationalisierungs- und Kontrollansatz“ des Taylorismus setzt die neue Kontrollsystematik an der indirekten „zeitlich-sachlichen Koordination“ (Manske 1991, S. 15) der Teilprozesse an, mit dem Ziel einer Verdichtung des Gesamtprozesses. Dabei zeichnet sie sich durch folgende drei Methoden aus:

- Erstens, indem eine Sammlung und Vermittlung von Aufträgen in Form von Arbeitsvolumina stattfindet.
- Zweitens durch die Erfassung, Auswertung und Kontrolle von Arbeitsschritten über sogenannte Surrogatvorgabezeitbestimmungen. Diese ähneln einer „Selbstauskunft“ (Manske 1991, S. 15) der Beschäftigten, bei der die Arbeitszeiten für verschiedene Tätigkeiten oder Vorgänge mit dem BDE erfasst, ausgewertet (Bildung von Mittelwerten) und wieder in die Produktionssteuerung integriert werden.
- Drittens, indem die Daten für eine Erfassung von Störungen genutzt werden, um diese schnellstmöglich beseitigen zu können.

Die Folge ist eine Rationalisierung von Teilprozessen über eine Orientierung an (verbesserten) Durchschnittszeiten. Die Umstellung hat darüber hinaus weitreichende Auswirkungen auf die Arbeitszeitregelung. Während nämlich der tayloristische Akkordlohn auf der Möglichkeit basiert, permanent Mehrleistung zu verrichten, basiere das neu eingeführte Zeit- bzw. Prämienlohnsystem auf indirekten Arbeitsvolumina oder „Arbeitsbündeln“ (vgl. Manske 1991, S. 22), die solche Mehrleistungen eher behindern. Manske resümiert:

„Die Verwendung der Neuen Kontrollform bedeutet einen *Formwechsel im Kontrollzugriff*, der darin besteht, dass die Art und Weise des Arbeitshandelns – jedenfalls in einem relevanten Umfang – nicht mehr direkt vorbestimmt werden soll, die Unternehmensleitungen sich vielmehr mit einer Perfektion der Organisation um den Kern der Arbeit herum begnügen. (...) Der Einsatz einer direkten Kontrolle a la Taylor wird überflüssig, da dem Management die zentralistische Prozessbeherrschung mit der Neuen Kontrollform auf indirekte Weise weitaus besser gelingt.“ (Manske 1991, S. 27-28; Hervorhebungen im Original).

Die vorangegangenen Kontrollstrategien richteten sich auf das Arbeitstempo und die Aufgabenreihenfolge bzw. die Arbeitsplanung und -steuerung. Technik kann darüber hinaus auch als Drohung eingesetzt werden und somit das Verhalten der Beschäftigten beeinflussen, wie etwa am Beispiel von Kamera(-attrappen) zur Überwachung gezeigt werden kann. Damit wird auf das implizite *Drohpotential* und weitergehend die *technologische Potenz* etwa im Bereich der Leistungsdokumentation bzw. Auswertungskapazitäten hingewiesen. Dörr et al. beschreiben in den Anfängen der Informationstechnologie die technischerseits vorhandenen Möglichkeiten zu einer „Versachlichung und Verobjektivierung“ (Dörr et al. 1983, S. 181) der Herrschafts- und Kontrollbeziehungen, die im Hinblick auf die aktuelle Debatte geradezu anachronistisch wirken. Die zentralen Argumente lauten ihnen zufolge, dass durch den „Verdatungseffekt“ (Dörr et al. 1983, S. 172) und die unsichtbaren sowie intransparenten Verknüpfungsmöglichkeiten dieser Daten „Machtzusammenballungen“ (Dörr et al 1983, S. 173) entstünden, die die Machtressourcen und Partizipationsmöglichkeiten der Beschäftigten zum Erodieren bringen und sie beim Management konzentrieren würden. Zuboff ergänzt hierzu:

„Information systems can alter many of the classic contingencies of the superior-subordinate relationship, providing certain information about subordinates' behavior while eliminating the

necessity of face-to-face-engagement. They can transmit the presence of the omniscient observer and so induce compliance without the messy conflict-prone exertions of reciprocal relations.“ (Zuboff 1988, S. 323)

Zwei weitere Befunde der arbeitssoziologischen Technikforschung sind vor diesem Hintergrund besonders hervorzuheben. Erstens birgt Technikeinsatz immer auch Probleme sowie Unwägbarkeiten und besitzt deshalb eine „Doppelwirklichkeit“ (Weltz 1988), mit der auf Widersprüche in der Anwendung und den notwendig werdenden informellen⁹ situativen Anpassungs- und Kompensationsleistungen der Beschäftigten verwiesen wird, um Produktions- und Wertschöpfungsprozesse am Laufen zu halten. Ortmann zeigt dies instruktiv bei der Arbeit in einem Textillager, in der die Produkte mittels RFID-Scannern verbucht werden müssen. Die kleinen RFID-Sensoren seien aber alles andere als die ‚unsichtbaren Assistenten‘ einer digitalen Lagerhaltung, sondern produzieren Probleme und Anpassungen im Arbeitsablauf (vgl. Ortmann 2014; am Beispiel von IT Kleemann/Matuschek 2008). In der konkreten Anwendung zeigen sich damit letztlich immer auch neue „Unbestimmtheitslücken“, die den Beschäftigten Möglichkeiten verschaffen, die Technik zu ihren Gunsten einzusetzen, von Vorgaben abzuweichen oder falsche Informationen in die Systeme zu spielen, mit denen sie Macht über den Produktionsprozess zurückgewinnen können. Bei Seltz findet sich hierzu der Ausdruck des „Vorderwassers“ (Seltz 1986, FN 4), nach dem die Beschäftigten bereits geleistete Arbeit verheimlichen, um ihre Dispositionsspielräume zu vergrößern, indem sie die abgearbeiteten Aufträge erst nachträglich melden.

Zweitens sind Techniken und die mit ihnen realisierten Kontrollsysteme folglich immer auch auf den *Konsens* der Beschäftigten selbst angewiesen (vgl. Flecker/Volst 1988; Krzywdzinski 2017). So arbeitet Minssen bei der Technisierung von Arbeitsplätzen in der Instandhaltungsarbeit mittels EDV-Systemen heraus, dass die nunmehr zentral gesteuerte Arbeitsplanung zu einer veränderten Kontrollstruktur führt, die zum einen der „Charakteristik des Arbeitsprozesses“ (Minssen 1990, S. 373) entsprechen und zum zweiten mit der betrieblichen Leistungs politik ein „fein austariertes System“ (Minssen 1990, S. 377) bilden müsse. So ist mit der Informatisierung ein Machtverlust auf der operativen Ebene der Instandhaltungsfachkräfte verbunden, der aber von den Beschäftigten akzeptiert werden müsse und dementsprechende Gegenleistungen und Kompensationen (vgl. Seltz 1986) seitens des Managements erfordere. Andernfalls können Einführungsprozesse scheitern, aufwändige Doppelstrukturen entstehen und letztlich die technischerseits vorhandenen Effizienzversprechungen nicht ausgeschöpft werden.

Digitale Kontrolltechnik

Bei mobilen Assistenzsystemen scheinen die vielfältigen Kontrollpotentiale in besonderer Weise zusammenzulaufen. Sie reichen dabei von Anweisungen über die konkreten Aufgabeninhalte oder deren Reihenfolge über Vorgaben der abzuarbeitenden Geschwindigkeit bis hin zu im Hintergrund zusammenlaufenden Leistungsdaten, die für avancierte Berechnungen und Vergleiche

⁹ Freilich sind auch dauerhafte, formale Anpassungen denkbar, die sich in veränderten arbeitsorganisatorischen Zuschnitten und Anpassungen an die technische Infrastruktur selbst äußern.

sowie die Steuerung und Optimierung von Arbeitsprozessen genutzt werden können (vgl. Kuhlmann/Schumann 2015).

Es verwundert deshalb nicht, dass sich um die Kontrollwirkung mobiler Assistenzsysteme im Besonderen und digitaler Industrietechnik, wie sie unter Industrie 4.0 subsumiert wird, im Allgemeinen ein ähnlich „ungewisser Horizont“ (Malsch 1987, S. 77) wie beim Aufkommen der Informationstechnik in den 1980er Jahren aufzutun scheint (vgl. Raffetseder et al. 2017). Die Debatte ist dabei in einen größeren gesellschaftlichen Diskurs zur informationellen Selbstbestimmung eingebettet (vgl. Zuboff 2015). Die darin zum Ausdruck kommenden Interessenkonflikte beziehen sich vor allem auf die Legitimität sicherheitsstaatlicher (Stichwort: Vorratsdatenspeicherung), verwaltungsbezogener (Stichwort: elektronische Patientenakte) sowie privatwirtschaftlich motivierter (Stichwort: gläserner Kunde) Speicherung und systematischer Verwertung persönlicher Daten. Die zentrale Befürchtung richtet sich dabei auf eine weitreichende Erosion (verfassungs-)rechtlicher Normen und Schutzzonen, die eine unkalkulierbare Beeinflussung von Konsumgewohnheiten, privaten Verhaltensweisen sowie Einschränkungen der freien Meinungsäußerung zur Folge haben könnten.

Hofmann und Kurz leiten aus gewerkschaftlicher Perspektive ein entsprechendes Negativszenario ab, das auf die Gefahren möglich werdender Leistungs- und Verhaltenskontrolle am Arbeitsplatz verweist:

„Computer und intelligente Softwaresysteme übernehmen bei der Arbeitsausführung das Kommando. Hard- und Software erledigen eigenständig Planungs- und Optimierungsaufgaben. Die Beschäftigten werden zu Vollzugsorganen vorgegebener digitaler Handlungs- und Kontrollzwänge. [...] Dies kann zugleich zu neuen Formen einer restriktiven Leistungspolitik führen, die eine Intensivierung der Leistungsausbeutung durch die enger getaktete und beschleunigte Zuweisung einzelner Leistungspakete steuert.“ (Hofmann/Kurz 2016, S. 78)

Auch wenn rückblickend solche technikgetriebenen Dystopien in Ausmaß und Reichweite in der betrieblichen Praxis vielfach relativiert wurden, was freilich auch mit einer Überschätzung der technologischen Möglichkeiten zusammenhängt (vgl. Malsch 1987). Der Blick auf das Verhältnis von Technik und Kontrolle scheint gegenwärtig in vielerlei Hinsicht wieder stärker in den Fokus der Diskussion um die Zukunft von Industriearbeit zu rücken (vgl. Matuschek 2016; Hirsch-Kreinsen 2016).

4 Gestaltungsoptionen von Assistenzsystemen

In der insgesamt noch jungen und in weiten Teilen auch unübersichtlichen Debatte zu den Folgen für Industriearbeit im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0 werden vielfach unterschiedliche Themenfelder zu Szenarien und Entwicklungsperspektiven verdichtet (vgl. zusammenfassend Ittermann/Niehaus 2017). Einen prominenten Stellenwert besitzt dabei das Themenfeld über die zukünftige Rollen- und Verantwortungsverteilung zwischen digitaler Technik und Beschäftigten, das in der Gegenüberstellung eines Automatisierungs- mit einem Werkzeug- oder Spezialisierungsszenario (vgl. Windelband 2014) eine instruktive Darstellung gefunden hat.¹⁰ Es geht dabei neben der Frage nach den bei Beschäftigten verbleibenden Aufgaben in digitalisierten und weitgehend automatisierten Arbeits- und Produktionssystemen auch um deren Kontrollmöglichkeiten über Technik sowie die Handlungsspielräume, in denen sie ihr Erfahrungswissen aufbauen bzw. einbringen können.

Im Automatisierungsszenario sind cyberphysische Produktionssysteme hochgradig autonom und eigenständig, sodass sie den Beschäftigten nur sehr wenige Handlungsmöglichkeiten und -alternativen zurücklassen. In der Folge zeichnen sich v. a. bei fachlich qualifizierten Beschäftigten Dequalifizierungsprozesse ab, die sich in einem sinkenden Problem- und Systemverständnis äußern (vgl. Weyer/Grote 2012). Demgegenüber unterstreicht das WerkzeugszENARIO die Handlungskompetenz der Fachkräfte, indem Technik auf Verständlichkeit und Bedienbarkeit hin konzipiert ist und bei der selbständigen Bewältigung von Störfällen unterstützt (vgl. Windelband 2014).

Freilich bleiben in dieser Dichotomisierung letztlich zahlreiche Fragen unbeantwortet. Die Zuspitzung verweist aber auf unterschiedliche betriebliche Kontrollkonzepte sowie damit verbundene Arbeitskräfteeinsatzstrategien bei Industrie 4.0-Systemen. Der folgende Abschnitt greift vor diesem Hintergrund zwei gegensätzliche betriebliche Gestaltungsoptionen von Assistenzsystemen auf, die in Hinblick auf die Auslegung der *Unterstützungs- und Kontrollfunktion* variieren und damit die Handlungssouveränität der Beschäftigten einschränken bzw. erweitern. Dabei wird auch auf mögliche Arbeitsfolgen eingegangen sowie auf die unterschiedlichen Varianten der Rollen- und Verantwortungsverteilung zwischen Mensch und Assistenzsystem. Die beiden illustrierenden empirischen Fälle können dem Arbeitstypus Einfacharbeit zugeordnet werden, der typischerweise von festgelegten Arbeitsanweisungen, begrenzten Handlungsspielräumen und ausgeprägten Kontrollen gekennzeichnet ist (vgl. Abel et al. 2014).

¹⁰ Es lässt sich eine Reihe weiterer Gegenüberstellungen entlang der Debatte ausmachen, die beispielsweise als human- vs. technikzentrierte Perspektive (vgl. z. B. Huchler 2016) oder Humanisierung vs. Dehumanisierung (vgl. Brandt et al. 2016) bezeichnet werden.

4.1 Taylors Agenten

Als *Taylors Agenten* soll im Folgenden eine Gestaltungsperspektive von Assistenzsystemen bezeichnet werden, die auf einer umfänglichen Automatisierung sämtlicher Unterstützungsleistungen (v. a. Entscheidungsfindung) basieren und dabei auf restriktive Anweisungen hinauslaufen. Assistenzsysteme, so die These, dienen der Realisierung tayloristischer Arbeits- und Organisationsprinzipien, die auf eine engmaschige Prozesskontrolle und direkte Intervention bei Fehlern sowie einer fremdbestimmten Arbeitsgeschwindigkeit abzielen.

In Bezug auf die Morphologie (vgl. Tabelle 1) weisen Assistenzsysteme dabei ein vor allem monologisches Interaktionsmuster mit den Beschäftigten auf, das keine Handlungsalternativen oder beratende Informationen, sondern konkrete Arbeitsanweisungen mitteilt und deren Umsetzung mit Hilfe von Sensoren oder Datenbeständen kontrolliert. Denkbar sind auch Abläufe, bei denen die vorgegebenen Anweisungen über Sprach- oder sonstige Eingaben bestätigt werden müssen.

Letztlich sollen eigenständige Entscheidungen oder intuitives Abweichen sanktioniert bzw. reduziert werden. Aus einem Forschungsprojekt zu einem RFID-gesteuerten Armband, das in der Kommissionierung von Kleinteilen eingesetzt wird, indem jeder Handgriff in einen Schraubkasten (Picking) von einem dort platzierten RFID-Transponder abgeglichen und mittels eines optischen und akustischen Signals kontrolliert wird, heißt es beispielsweise:

„[D]as Armband ist nach einer Fehlermeldung absolut kompromisslos: Erst nachdem der Handgriff korrigiert und das richtige Teil entnommen wurde, erlischt die Alarmmeldung.“ (Schulze 2016, S. 24)

Dergestalt eingesetzte Assistenzsysteme sind insbesondere in Arbeitszusammenhängen zu finden, in denen die Definition der zu leistenden Arbeit weitgehend konstant ist und keine beschäftigtenbezogenen Abweichungen vorgesehen sind sowie sich die Assistenzfunktion allein auf die Umsetzung expliziter Handlungsvollzüge richtet. Die Kommissionierung oder einfache Montage-tätigkeiten sind hierfür ein instruktives Beispiel, bei dem die „kontinuierliche Simultankontrolle“ (Minssen 1990, S. 372) den betrieblichen Ansprüchen nach datengestützter Verfolgung und Qualitätskontrollen Rechnung trägt. In qualifikatorischer Hinsicht werden diese Aufgabenbereiche vor allem von geringqualifizierten Beschäftigten übernommen und erfordern vielfach nur kurze Anlernzeiten.

Auch mit Blick auf die Arbeitszeit bedeuten *Taylors Agenten* eine avancierte Variante zur Bearbeitung der zeitlichen ‚Ungewissheitszonen‘. Denn mit dem Einsatz von Assistenzsystemen, die permanent neue Arbeitsanweisungen erteilen, bieten sich erweiterte Kontrollmöglichkeiten für eine Versachlichung der zeitlichen Arbeitsplanung. Darüber hinaus werden Formen denkbar, die klassisch fordistische Zeitökonomie mit vermarktlichten Rationalisierungslogiken zu koppeln, indem Zielgrößen mit engem Marktbezug den Beschäftigten angezeigt werden, aber die benötigte Zeitmenge weiterhin mit dem Arbeitsaufwand in Relation gesetzt wird.

Pick-by-Voice-Assistenzsystem in der Kommissionierung

Bei einem Großhändler von Lebensmitteln findet ein Pick-by-Voice-Assistenzsystem Anwendung, das den Beschäftigten im Lager die Stellplätze und Mengen der zu kommissionierenden Gegenstände vorsagt.

Es handelt sich dabei um ein Headset inklusive Mikrofon, das über eine am Gürtel angebrachte Funkeinheit mit dem zentralen Warenwirtschaftssystem des Großlagers verbunden ist. Die Anlernzeit (mit dem Assistenzsystem) für diese Tätigkeit beträgt wenige Tage, nach rund drei Monaten sollen die Beschäftigten die Normalleistung erreicht haben. Eine formale Ausbildung ist nicht erforderlich; viele der Beschäftigten verfügen aber über eine fachfremde Qualifikation.

Der Arbeitsablauf mit dem Assistenzsystem ist hochfrequent und besteht aus zwei Informationen: einer Zahlenkombination, die den Stellplatz der zu kommissionierenden Ware vorgibt, und einer weiteren Zahl, die die benötigte Menge angibt. Die Beschäftigten müssen diese Ansage bestätigen, indem sie die Anzahl der Gegenstände wiederholen und mit ‚OK‘ abschließen. Sie beladen so einen Rollcontainer, bis er die vom Warenwirtschaftssystem vorgeplante Füllmenge erreicht hat. Anschließend werden die gepackten Rollcontainer zum Warenausgang transportiert.

Das Pick-by-Voice-Assistenzsystem wurde vor rund zwei Jahren eingeführt und ersetzte die bisherige PDA-Lösung, bei der die Beschäftigten per Tastendruck bzw. mit einem Stift die kommissionierte Ware bestätigen mussten. Laut Auskunft eines Teamleiters ist mit dem neuen System die Fehlerhäufigkeit zurückgegangen und das Umschlagsvolumen ist angestiegen.

Die Arbeitsfolgen für die Beschäftigten äußern sich in zwei Aspekten. Zum einen ist der Arbeitstakt gestiegen, weil mit der Bestätigung eines Kommissionierauftrags unmittelbar der nächste erfolgt. Dem Betriebsrat zufolge können die Beschäftigten aber jederzeit die Ansage unterbrechen, beispielsweise für eine Pause. Die schnelle Abfolge bietet überdies die Möglichkeit, größere Mengen zu kommissionieren und damit einfacher als bisher die höheren Stufen des gestaffelten Leistungslohns zu erreichen. Zum zweiten hat die Arbeit mit den Assistenzsystemen die Beschäftigten stärker isoliert. Durch die permanenten Ansagen, auf die sie sich konzentrieren müssen, sind informelle Gesprächsrunden während der Arbeit stark zurückgegangen.

In der Gesamtbetrachtung treffen die Assistenzsysteme auf den Konsens aller Beteiligten. Durch das Tragen des Headsets haben die Beschäftigten beide Hände bei der Arbeit frei, weshalb sie eine ergonomische Verbesserung wahrnehmen. Außerdem können die Systeme individuell kalibriert werden, indem die Ansagegeschwindigkeit, die Sprache und die Bestäti-

gungswörter selbst gewählt werden. Positiv bewertet der Betriebsrat, dass keine Arbeitsplätze abgebaut worden sind und das Lohn-Leistungs-Verhältnis nicht angetastet wurde. Zudem bieten sich durch die freie Sprachwahl der Geräte neue Möglichkeiten, Beschäftigte zu integrieren. Auch der Einführungsprozess verlief seiner Ansicht nach kooperativ, weil das Gremium eingebunden war und Erfahrungswerte aus anderen Lägern genutzt wurden.

Für die Beschäftigten lassen sich die Arbeitsfolgen mit solchen Assistenzsystemen mit dem Schlagwort des *Downgradings* umreißen. So scheint es zunächst auf der Hand zu liegen, dass die Handlungsspielräume und Dispositionschancen der Beschäftigten im Arbeitsprozess systematisch eingeschränkt werden, um etwaige Kontrolllücken über das Arbeitshandeln aus Sicht des Managements zu minimieren. Eine solche Limitierung schränkt vor allem Anlässe und Gelegenheiten für den Ausbau subjektivierenden Erfahrungswissens ein, indem Abweichungen unmittelbar sanktioniert werden. Damit zeichnet sich in weiterer Instanz ein Abzug individuellen Produktionswissens ab, der Dequalifizierungstendenzen begründen kann. Bei ‚kompromisslosen‘ Arbeitsanweisungen besteht zudem die Gefahr, dass widersprüchliche Anforderungen und Arbeitssituationen entstehen, in denen die Beschäftigten überfordert sind, weil sie die notwendigen Handlungskompetenzen nicht aufbringen können, welche sie in offeneren Arbeitssystemen hätten aufbauen können. Mit der kontinuierlichen Benutzung der Assistenzsysteme kann sich außerdem ein Gefühl der ‚Dauerüberwachung‘ einstellen. Durch die permanenten Anweisungen wird die Aufmerksamkeit der Beschäftigten derart fokussiert, dass sie von anderen Belangen abgeschirmt werden. Diese Isolation innerhalb der Arbeit kann Entfremdungserfahrungen und letztlich auch betriebliche Desintegrationstendenzen begünstigen.

4.2 Autonomie

Im Gestaltungstyp *Autonomie* zielen Assistenzsysteme auf die Anreicherung des Arbeitsprozesses um situationsspezifische und relevante Informationen sowie auf eine selbstbestimmte Entlastung in Entscheidungssituationen. Im Kern geht es darum, die Handlungssouveränität der Beschäftigten bei der Planung und Ausführung ihrer Arbeit auszuweiten. In arbeitsorganisatorischer Hinsicht bieten sich damit Möglichkeiten sowohl der qualitativen (Jobenrichment) als auch quantitativen (Jobenlargement) Aufgabenerweiterung, indem die Unterstützungsleistung vor allem in der Beratung verortet ist.

Mit der Morphologie (vgl. Tabelle 1) lassen sich diese Assistenzsysteme in technischer Hinsicht vor allem als Tablets oder situativ einsetzbare Datenbrillen einordnen. Vor allem Tablets besitzen die notwendige Leistungsfähigkeit, um grafisch anspruchsvolle Software abzuspielen. Letztere gleicht nämlich Expertensystemen, die zahlreiche Parameter und auch Entscheidungsalternativen aufbereiten können und somit auf eine fortgeschrittene Vernetzung angewiesen sind. Dabei sind zudem modernere Varianten denkbar, bei denen mittels Eingaben auch Steuerungseingriffe direkt über das mobile Assistenzsystem möglich werden. Die Unterstützungsleistung

erreicht konsequenterweise nur ein mittleres Automatisierungsniveau. Den Beschäftigten bieten sich Möglichkeiten, um manuell einzugreifen oder zwischen den Optionen zu wählen. Das Interaktionsmuster zwischen Mensch und Assistenzsystem kann demnach als dialogisch charakterisiert werden.

Durch die Ergänzung um weitere Funktionen wie Kommunikationsmöglichkeiten, Dokumentations- und Notizhilfen (beispielsweise mit Hilfe von integrierten Kameras und berührungsempfindlichen Displays) oder Lernmodule ergeben sich über den konkreten Anwendungsfall hinaus Möglichkeiten der Mitarbeiterunterstützung. In dieser Perspektive erscheinen Assistenzsysteme als „Wandlungsbefähiger“ (Kreimeier et al. 2015, S. 177), die den Beschäftigten auch in dynamischen Arbeitsprozessen mit wechselnden Anforderungen Orientierung und Autonomie ermöglichen. So wird in der einschlägigen Verbandsliteratur von einem neuen Rollenprofil als „Augmented Operator“ gesprochen, das diese Attribute verbindet:

„AUGMENTED OPERATOR: Bezeichnung für den Beschäftigten in der Smart Factory, der die Produktionsprozesse dank einer (virtuell) erweiterten Sicht auf die reale Fabrik besser wahrnehmen und steuern kann und so als Träger von Entscheidungen und Optimierungsprozessen auftritt.“ (Forschungsunion/acatech 2013, S. 84)

Auf Autonomie ausgerichtete Assistenzsysteme, so das zentrale Argument, würden sich positiv auf die Bewertungskompetenz und Fachlichkeit der Beschäftigten auswirken (vgl. Bauernhansl 2017, S. 18; Plattform Industrie 4.0 2016, S. 20-21). Es liegt nahe, dass mit ihrem Einsatz vor allem in qualifizierten Beschäftigungsfeldern zu rechnen ist, in denen die Beschäftigten bereits über ein ausgeprägtes System- und Prozessverständnis sowie fachliche Schlüsselqualifikationen verfügen. Im Hinblick auf die Anwendungsbereiche spricht dies vor allem für Instandhaltungs- oder anspruchsvolle und ganzheitliche Montagetätigkeiten.

Smartwatch in der Lagerorganisation

Ein kleines Unternehmen im Bereich der Oberflächenveredelung setzt in der Intralogistik eine Smartwatch ein, mit der die abteilungsübergreifende Koordination der Beschäftigten verbessert werden soll.

Die Smartwatch wird von angelernten Beschäftigten im Bereich Lager getragen, die ihre Kolleg_innen aus der Produktion mit so genannten Gestellen versorgen, auf die Aluminiumteile für das Eloxalbad aufgehängt werden. Die Uhr verfügt lediglich über eine von einem externen Dienstleister entwickelte App, die die Bestellungen von Gestellen in chronologischer Reihenfolge anzeigt. Weitere Schnittstellen sind nicht vorgesehen. Die Tablets der Produktionsbeschäftigten, über die sie die Bestellung von ihrem Arbeitsplatz aus eingeben, sind hingegen mit dem lokalen ERP-System verbunden.

Jede Bestellung besteht aus drei Informationen: einem Buchstabencode für den Gestelltyp, der erforderlichen Menge sowie dem Arbeitsplatz, an dem die Gestelle benötigt werden.

Die Bestellung erscheint auf der Smartwatch per Klingelton oder Vibration; eine Lesebestätigung ist nicht vorgesehen. Der bzw. die Logistiker_in kann selbst entscheiden, welchen Auftrag er bzw. sie wann bearbeitet, sodass er bzw. sie die Auslieferungen an seine bzw. ihre Routen anpassen und doppelte Wege vermeiden kann. Sollte ein Gestell nicht innerhalb der üblichen Zeit beim Kollegen eintreffen, wird der bzw. die Logistiker_in für gewöhnlich per Telefon oder Zuruf direkt angesprochen. Die Beschäftigten in der Produktion sind ebenfalls weitgehend selbstständig in ihrer Arbeitsplanung, sodass die Zeiträume zwischen Bestellung und Eloxierprozess variieren können.

Die organisatorischen Folgen der Einführung machen sich vor allem in einer transparenteren Kommunikation zwischen den Beschäftigten bemerkbar. Bislang wurden die Bestellungen per Telefon oder per Zuruf abgegeben, was aufgrund der Informationsvielfalt zu Abstimmungsproblemen führte. Vielfach musste der bzw. die Logistiker_in doppelte Wege zwischen dem Lager und dem Arbeitsplatz gehen, an dem das Gestell benötigt wurde. Insgesamt konnte die Prozesskette aufgrund des neuen Modells störungsfreier gestaltet und die Genauigkeit der Dokumentation erhöht werden.

Für die Beschäftigten eröffnen sich in der Arbeit mit Smartwatch und Tablet neue Handlungs- und Dispositionsspielräume, die zwar begrenzt sind, aber dennoch eine (kognitive) Arbeitserleichterung bedeuten. Ein Abteilungsleiter erkennt zudem einen disziplinierenden Effekt im Arbeitsverhalten der Logistiker_innen, der sich einerseits aus der generellen Aufzeichnung der eingehenden Bestellungen ergebe, andererseits durch die soziale Kontrolle der Beschäftigten untereinander, die mit den genannten Bestellprotokollen über eine neue Argumentationsgrundlage verfügen.

Die Smartwatch stößt, nach anfänglicher Skepsis, bei den Beschäftigten auf ein positives Echo und breite Akzeptanz. Wie ein Abteilungsleiter berichtet, ging von den Beschäftigten die Initiative für eine Funktionserweiterung der Uhr aus. Die Zurückhaltung der Beschäftigten ist auch auf die Anlaufschwierigkeiten zurückzuführen, die durch Softwareupdates, Schnittstellen- und Verbindungsprobleme entstanden.

Die mit dieser Gestaltungsvariante denkbaren Arbeitsfolgen lassen sich unter einem *Upgrading* subsumieren. Mit der erhaltenen Unterstützung ergeben sich demnach Möglichkeiten zur Anreicherung und Reintegration von Tätigkeiten, die auf ein neues arbeitsorganisatorisches Potential der Dezentralisierung hinauslaufen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014). Dadurch entstünden Arbeitskontexte mit indirekten Kontroll- und Steuerungsmechanismen und in lockerer Vernetzung, die stärker als bisher auf die Selbstführungstechniken der Beschäftigten angewiesen seien. Diese Entwicklung gehe einher mit einem Zuwachs an (digital unterstützten) Wahrnehmungsfertigkeiten sowie von Bewertungs- und Entscheidungskompetenzen und fördere eine ‚lokale‘ Kontrollierbarkeit der Technik selbst (vgl. Grote 2017; Huchler 2016). In der Summe würde dies für eine

Rückgewinnung der „Definitionsmacht über den Arbeitsablauf“ (Schmidt 2013, S. 449) bei den Beschäftigten sprechen.

Dergestalt ausgerichtete Assistenzsysteme fördern überdies die Leistungsbereitschaft der Beschäftigten und bieten Möglichkeiten, um Selbstwirksamkeitserfahrungen zu machen, indem die Beschäftigten eigenständig Probleme lösen können. Mit der Integration von Lernmodulen (z. B. Abfragen, Tutorials, Feedbacks in Form von Punktesystemen) sollen neue arbeitsplatznahe Qualifizierungsmöglichkeiten angestoßen werden. Dabei bieten sich auch Gelegenheiten zum Aufbau subjektivierenden Erfahrungswissens, das ein experimentelles und sinnlich-explorierendes Vorgehen sowie empathischen Technikumgang beschreibt (vgl. Böhle 2017).

Mobile Kontrolleure

Der Einsatz von Assistenzsystemen folgt, wie gezeigt, unterschiedlichen, tätigkeits- bzw. organisationsbezogenen Motiven. Vor allem aber zählen ihre Überwachungsfunktion bzw. die mit ihnen möglich werdende stärkere Strukturierung und Anpassung menschlichen Arbeitshandelns an die zeitlichen und aufgabenbezogenen Anforderungen von Arbeitsprozessen dazu. Aus dieser Perspektive verspricht die neue digitale ‚Werkerführung‘ in beiden Gestaltungsperspektiven eine höhere Prozessstabilität durch mitlaufende Durchführungskontrollen, dichtere Arbeitsvollzüge und vielfältige Flexibilisierungspotentiale und damit letztlich ein größeres Kontroll- und Dispositionspotential über Arbeitskraft.

Die Typen *Taylor's Agenten*¹¹ und *Autonomie* können in einer weitergehenden Interpretation für die Realisierung eines Foucaultschen „information panopticon“ (Zuboff 1988, S. 322; ähnlich Dörre 2017, S. 10, FN 6) stehen, das die Doppelfunktion aus omnipräsenter Beobachtung und Kontrolle gleichermaßen perfektioniere. Sie folgen lediglich unterschiedlichen Strategien. Das hierbei in Anschlag gebrachte Argument ist, dass ihr Einsatz Anweisungen, Ermahnung, aufwendige Abstimmungsprozesse sowie in ganz genereller Weise Face-to-Face-Kontakte ersetze und versachliche (vgl. Zuboff 1988). Dass die so aufgebaute Drohkulisse und die tatsächlich betriebene Anwendungs- und Auswertungspraxis vielfach nicht deckungsgleich sind, entfalte demnach gerade ihre disziplinierende Wirkung auf Leistung und Verhalten.

In der Summe lassen sich die beiden Gestaltungsoptionen als zwei Pole eines breiten Spektrums¹² begreifen und erfordern zwangsläufig eine Differenzierung und empirische Validierung, die vor allem den unterschiedlichen Anwendungs- und Einsatzfeldern, den gegebenen arbeitsorganisatorischen Zuschnitten und betrieblichen (Interessen-)Konstellationen sowie den damit

¹¹ Schmidt mahnt kritisch an, dass ‚Taylorismus‘ vielfach eine „darstellungsverkürzende, abstrakte Chiffre“ (Schmidt 2013, S. 454) bleibe. Er führt dies zum einen auf die übereilte Generalisierung eines Organisationsstyps der Massenproduktion und zum anderen auf die, empirisch zumeist unreflektierte, Dequalifizierungsthese zurück (Schmidt 2013, S. 454).

¹² In der Gegenüberstellung werden die beiden Varianten auch als *performance-based* bzw. *knowledge-based* bezeichnet; eine Bezeichnung, die auf Christoph Igel vom DFKI Berlin zurückgeht (o. V.).

verbundenen spezifischen und z. T. widersprüchlichen Arbeitsfolgen Rechnung tragen muss. Damit wird auf die Optionenvielfalt bei betrieblichen Einführungs- und Gestaltungsprozessen sowie Vielgestaltigkeit technischer Systeme verwiesen, der mit Szenarien freilich nicht gerecht zu werden ist. Es stellen sich so aber neue Fragen nach der konkreten Umsetzung und den dabei auftretenden Barrieren (vgl. Abschnitt 5). Die Ausgestaltung der Assistenzsysteme im Hinblick auf die betrieblichen Kontrollbedarfe und -strategien stellt, wie die beiden empirischen Fälle veranschaulichen, darin eine zentrale Bezugsgröße dar.

5 Herausforderungen und arbeitspolitische Implikationen

Die Gestaltbarkeit von Technik im Allgemeinen und von mobilen Assistenzsystemen im Besonderen begründet in betrieblicher Hinsicht eine Reihe von Herausforderungen. Sie betreffen sowohl ihre technische Realisierung, ihren betrieblichen und sozialen Gebrauchswert und die Praxistauglichkeit als auch ihre arbeitsorganisatorische Einbettung und nicht zuletzt die institutionalisierten Gestaltungsrechte der Interessenvertreter_innen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2016). Dabei deuten sich Barrieren, Nebenfolgen oder Widersprüche an, die sich insbesondere ‚auf dem betrieblichen Hallenboden‘ bemerkbar machen.

5.1 Betriebliche Entwicklungspfade

Im Hinblick auf den konkreten Gebrauchswert der Assistenzsysteme ergeben sich drei zentrale Herausforderungen. Die erste betrifft in ganz genereller Weise den *Realitätsbezug der Unterstützungsleistung*. Während bei stark restriktiven Assistenzsystemen mit eindeutigen Anweisungen, soweit dies die Praxisbeispiele nahe legen, von einer hohen Nützlichkeit auszugehen ist, zeigt sich bei entscheidungsoffenen und informativen Assistenzsystemen die Problematik von der Abbildbarkeit sowie Transferierbarkeit von anspruchsvollen Arbeitsvollzügen, die das Erfahrungswissen der Beschäftigten widerspiegeln sollen.

Der grundlegende Widerspruch besteht demnach darin, Arbeitserfahrungen, die in Situationen gewonnen wurden, die sich durch eine große Variabilität und Spezifik kennzeichnen, in eine nachvollziehbare Reihenfolge und standardisierte Systematik überführen zu wollen (vgl. Haase et al. 2016; kritisch Huchler 2016). Diese Abstrahierung von Erfahrungs- in informatisiertes Planungswissen führe zwangsläufig zu einer „partiellen Reduktion des Wissens“ (Huchler 2016, S. 70), weil nicht formalisierbare Wissensanteile schlechterdings eingefangen werden können. Damit wird nicht nur die Nachvollziehbarkeit der vom Assistenzsystem angezeigten Entscheidungsalternativen bzw. Anweisungen eingeschränkt. Auch die Nützlichkeit fragmentierter Anwendungsschritte ist in Anbetracht individueller Kompetenzen und Informationsbedarfe (vgl. Weisner et al. 2016) kritisch zu hinterfragen. Mit der Komplexität der zu informatisierenden Arbeitsaufgabe steigt zudem das Risiko, entscheidende Hinweise auszusparen.

Überdies ist die Pflege der Datenbanken in erheblichem Maße auf die Bereitschaft und die Kompetenz der Beschäftigten selbst angewiesen, diese Objektivierung zu leisten. Für die Kontrollthematik ergibt sich dadurch paradoxerweise ein „neuartiges Drohpotential der Datenmanipulation und der Wissenszurückhaltung“ (Malsch 1987, S. 79) auf Seiten der Beschäftigten. In der Konsequenz, um der Argumentation von Malsch zu folgen, zeichne sich so ein ‚Doppeleffekt‘ des Auf- und Abbaus von Erfahrungswissen und Machtressourcen ab, der letztlich auch der in der damaligen Debatte prominent diskutierten Imperialismusthese und einer weitreichenden Neotaylorisierung von Arbeit durch Informatisierung widerspreche (vgl. Malsch 1987, S. 79; Klee- mann/Matuschek 2008).

Zum zweiten entscheidet über ihren Gebrauchswert und ihre Produktivität, wie viele Kosten und wieviel Arbeit die Assistenzsysteme selbst verursachen. Besonders instruktiv lässt sich dies bei der oben genannten Datenbankpflege zeigen, bei der sowohl personelle als auch zeitliche Ressourcen bereitgestellt werden müssen, um ihrer kurzen Halbwertszeit entgegenzuwirken. Aber auch im täglichen Gebrauch bedeuten bereits kleinere technische Probleme für die Beschäftigten Unterbrechungen und stellen einen „konkreten Leistungsanspruch“ (Ortmann 2014, S. 138), der vielfache Kompensationsleistungen erfordert. Das wirft Fragen nach der Beherrschbarkeit der Assistenzsysteme und der um sie herum installierten Technik durch die Beschäftigten auf. Im Zusammenhang mit Tabletlösungen lassen sich erste Hinweise finden, dass die Geräte aufgrund privater Erfahrungen zwar zügig angenommen werden und intuitiv bedienbar seien (vgl. Weber et al. 2016). Das gelte indes nicht für andere Geräte wie Datenbrillen (vgl. Kirchoff et al. 2016). Aus arbeitspsychologischen und techniksoziologischen Beiträgen liegt hierzu eine Reihe von Gestaltungskriterien vor, die auf die Bedeutung von Transparenz, Erwartungskonformität sowie Eingriffsmöglichkeiten hinweisen (vgl. Weyer/Grote 2012; Grote 2017), um die Bedienbarkeit zu gewährleisten und die notwendige „situation awareness“ (Endsley 2017, S. 6) im Arbeitsprozess aufrechterhalten zu können.

Drittens entscheidet über ihren Gebrauchswert, welche neuen Beanspruchungs- und Belastungsmomente sowie nichtintendierten Folgen bei der Anwendung entstehen (vgl. Kirchoff et al. 2016). Neben physischen, wie der ‚virtuellen Seekrankheit‘ beim kontinuierlichen Einsatz von AR- und VR-Datenbrillen, deuten sich auch vielfältige psychische Risiken an, wie Entfremdungstendenzen durch Isolation oder ein „*Information-Overload*“ (Wilkens/Herrmann 2016, S. 218; Hervorhebung im Original) bei tabletgestützten Expertensystemen. Aus Beanspruchungstests mit Datenbrillen leiten Theis et al. (2016) hierzu erste Empfehlungen ab, um einen sicheren und ergonomisch unbedenklichen Umgang mit Assistenzsystemen zu gewährleisten. Diese richten sich beispielsweise auf eine Gewichtsreduktion der Kopfhalterungen, die Steigerung des Bedienkomforts durch die Vermeidung von wechselnden Lichtverhältnissen sowie die Gewährleistung der Bewegungsfreiheit und kleinerer Pausenzeiten. Insgesamt betrachtet liegen zu diesen Themen bislang jedoch nur wenige Befunde vor.

Bei der organisationalen Einbindung der Assistenzsysteme stellen sich die Herausforderungen vor allem bei der Neuverteilung von Aufgaben, Rollen und Verantwortung im Sinne eines Funktionsgestaltungsprozesses und der Frage, ob diese mit den vorhandenen Qualifikationen und Kompetenzen der Beschäftigten kompatibel sind. So kann in qualifikatorischer Hinsicht freilich nicht von der Formel „Hilfskraft + Datenbrille = Facharbeiter“ (Grass 2014) ausgegangen werden, weil sich damit ein zu kurz greifendes Verständnis von Fachlichkeit und Arbeitsvermögen verbinde, wohl aber partielle Aufwertungstendenzen für Geringqualifizierte oder Inklusionschancen für leistungsgeminderte Beschäftigte möglich erscheinen. Die Implementierung bedeutet auch die Zuordnung von Mitteln und die Festlegung von Zuständigkeiten ihrer technischen Pflege. Beide empirischen Beispiele machen nämlich deutlich, dass die eingesetzten Assistenzsysteme in ganz erheblichem Maße von der Stabilität der IT-Infrastruktur abhängen und im Falle

eines Ausfalls Opportunitätskosten entstehen und Alternativlösungen bereitgestellt werden müssen.

In der Summe zeigen sich damit sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht betriebliche Umsetzungsbarrieren. Zwar stehen hierbei Wahlmöglichkeiten und Gestaltungsräume zur Verfügung, es werden dabei aber immer auch begrenzte Alternativen durch lokale Pfadabhängigkeiten, Ressourcendefizite, technische Limitierungen oder übergeordnete Branchen- bzw. Sicherheitsanforderungen deutlich. Vieles spricht deshalb dafür, dass die Diffusion und betriebliche Einbettung von Assistenzsystemen betriebsspezifisch erfolgt und damit einen, auch aus kontrolltheoretischer Perspektive betrachteten, *strukturkonservativen Entwicklungspfad* nimmt.

5.2 Partizipation und Mitbestimmung

Die gewerkschaftliche Position gegenüber Assistenzsystemen ist zwiespältig (vgl. z. B. IG BCE 2016). Einerseits lassen sich um Assistenzsysteme Dystopien über eine Zentralisierung von Fremdbestimmung, Isolierung und Dequalifizierungstendenzen für Facharbeit ausmachen. Andererseits verbinden sich mit ihnen Hoffnungen auf eine Erweiterung der Handlungssouveränität der Beschäftigten, lernförderliche Arbeitsumgebungen sowie kognitive Entlastungen. Ernsthaftige Befürchtungen, dass durch den Einsatz von Assistenzsystemen Arbeitsplätze automatisiert und abgebaut werden könnten, sind hingegen nicht auszumachen. Von Beginn an haben die Gewerkschaften im Industrie-4.0-Diskurs deshalb auf die betriebliche Gestaltbarkeit der Assistenzsysteme verwiesen, um an und mit diesen ihre arbeitspolitischen Vorstellungen von humanzentrierter Technik und ‚guter‘ digitaler Arbeit zu realisieren.

Einen Referenzpunkt in dieser Argumentation markiert die Forderung von der Sicherung bzw. Herstellung der Akzeptanz, die die Beschäftigten den neuen Techniken entgegenbringen. Dies sei erforderlich, damit die Assistenzsysteme ihre sozial- und arbeitspolitischen sowie ökonomischen und technologischen Potentiale ausschöpfen können (vgl. Hofmann/Kurz 2016). Hierzu wird auf die Notwendigkeit einer *beteiligungsorientierten Gestaltung* der Assistenzsysteme verwiesen, die in zwei Formen unterschieden werden kann und sich inhaltlich auf die Regulierung von Fragen der Sicherheit und Ergonomie, des Datenschutzes, zu Veränderungen des Arbeitsplatzes sowie bei Qualifizierungsmaßnahmen richtet (vgl. APPsist 2017, S. 84-92).

Die erste Variante bezeichnet Verfahren *direkter Beteiligung*. Dabei werden Beschäftigte in Form von Arbeits- und Projektgruppen bestehend aus sogenannten Key-Usern unmittelbar in verschiedene Phasen der Konzeption, Auswahl, Einführung oder Ausgestaltung eingebunden, um ihren individuellen Anforderungen sowie den betriebsspezifischen Erfordernissen frühzeitig nachzukommen. Damit soll einerseits die Gebrauchstauglichkeit der Geräte (*Usability*) gesteigert und andererseits der störungsfreie Betrieb ermöglicht werden. Ergonomie, Bedienkomfort, Schnittstellenkonflikte oder gänzlich unvorhergesehene Probleme können, so die dokumentierten Erfahrung (vgl. ebd.), mit der Expertise der Beschäftigten verbessert bzw. gelöst werden. In der arbeitswissenschaftlichen Forschung liegen hierzu zahlreiche Befunde und Methoden vor,

die die Bedeutung eines *User-Centered Design* unterstreichen (vgl. Wächter/Bullinger 2016). So verweisen Grauel et al. auf ein Fragebogeninstrumentarium namens Repertory-Grid-Technik, um nutzerspezifische Präferenzen bei der Verwendung systematisch abzufragen (vgl. Grauel et al. 2014).

Die zweite Variante bezeichnet *indirekte Beteiligungsformen*, die auf den formalisierten Mitbestimmungsrechten der Betriebsräte beruhen. So sind erzwingbare Mitbestimmungsrechte bei der Einführung technischer Geräte wie Assistenzsysteme (§ 87 Abs. 1 Nr. 6 BetrVG) zu Leistungs- und Verhaltenskontrollen und zur Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen gegeben. Die Datenschutzthematik bei Industrie 4.0 im Allgemeinen und Assistenzsystemen im Besonderen ist zu einem zentralen arbeitspolitischen Handlungsfeld avanciert und berührt dabei das Recht auf informationelle Selbstbestimmung (vgl. § 4 Abs. 1 BDSG). Denn die Assistenzsysteme generieren zum einen zahlreiche (personenbeziehbare) Daten, zum anderen werden gerade nutzerbezogene Assistenzsysteme, die beispielsweise standort- oder kompetenzbezogene Informationen anzeigen sollen, auf personenbezogene Daten in hohem Maße angewiesen sein. Erste Befunde aus der rechtswissenschaftlichen Literatur zum Beschäftigtendatenschutz verweisen sowohl auf die Notwendigkeit des Datenschutzes in der Technik als auch auf organisatorische Maßnahmen zur Datensparsamkeit und Überwachung (Datenschutzbeauftragte) sowie eine Verwertungspraxis, die sich an den Prinzipien der Erforderlichkeit, Zweckmäßigkeit und Angemessenheit orientiert (vgl. Hornung/Hofmann 2017; Hofmann 2016; APPsist 2017, S. 50). Mit Betriebsvereinbarungen, die zwischen Betriebsrat und Management geschlossen werden, können die angesprochenen Regulierungsfragen kooperativ geregelt werden. Gleiches gilt für die Bedenken der Beschäftigten, dass ihre Arbeitsleistungen durch Assistenzsysteme systematisch kontrolliert werden, oder Befürchtungen über arbeitsrechtliche Konsequenzen, die somit ausgeräumt werden können. Vergleichbare Regelungen zum Ausschluss von Leistungs- und Verhaltenskontrollen beim Einsatz mobiler IT liegen bereits vor (vgl. z. B. Kiper 2011; Thannheiser 2014).

In der Gesamtbetrachtung ergeben sich für Arbeitnehmervertreter_innen damit durchaus Terrains, die für Politisierungsstrategien und Forderungen nach Gegenleistungen, zum Beispiel entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen, genutzt werden können. Ein zentrales Konfliktfeld wird dabei vermutlich die Entgeltregelung sein, v. a. im Hinblick auf leistungsabhängige Elemente. Kann beispielsweise durch den Einsatz von Assistenzsystemen die Arbeitsleistung leichter erreicht werden, wird das Management vermutlich auf eine Neudefinition der Normalleistung (nach oben) drängen. Das Argument, die Arbeitsergonomie mit Assistenzsystemen verbessern zu können, entpuppt sich auf den zweiten Blick also als ein mögliches Einfallstor, um an der Leistungsschraube zu drehen.

5.3 Ausblick

Die Auseinandersetzung mit Assistenzsystemen verweist letztlich auf die weitgehend offene Frage nach der Reichweite von Industrie 4.0 und die unter ihnen subsumierten Technologien. Die Diskrepanz zwischen Diskurs und Praxis, auf die von einigen kritischen Beobachter_innen

und Unternehmensvertreter_innen immer wieder hingewiesen wird, zeigt sich vor allem an den ambitionierten Plänen beim Einsatz von Datenbrillen mit überlagerten Realitäten oder an Szenarien, die Geräte unsichtbar im Hintergrund (Stichwort: Ambient Assistance) mitlaufen zu lassen. In ähnlicher Weise gilt das auch für die Implementierung lernförderlicher Module oder Erklärungsvideos, die große Anstrengungen in der Eingabe und Pflege der Wissensdatenbanken voraussetzen, selbst wenn die passenden Tätigkeitsbeschreibungen aufgrund von ISO-Normen hierzu bereits vorliegen. Letztlich werden sich solche Lernmodule aber nicht nur an der betrieblichen Realität, sondern auch an alternativen Gestaltungspfaden des arbeitsplatznahen Lernens *ohne* digitale Unterstützung messen lassen müssen.

Dass es sich bei Assistenzsystemen lediglich um „höher fliegende Pläne techniktrunkener Ingenieurwissenschaftler“ (Moldaschl 2010, S. 272) handele, wie sie rückblickend bei zahlreichen Technisierungs- und Automatisierungsprojekten konstatiert wurden – dem ist nur in Teilen zuzustimmen. Dagegen sprechen die robusten und nach Expertenaussagen innerhalb weniger Wochen zu implementierenden *Pick-by-X-Systeme* in der Kommissionierung. Das Besondere ist hierbei, dass sie kurze Amortisationszeiträume haben und fast keine flankierenden Reorganisations- oder Qualifizierungsmaßnahmen erfordern und sich so zumindest für diesen eng umrissenen industriellen Anwendungsbereich einfacher Logistikarbeit kurzfristig eine zentrale Anwendungsdomäne etablieren wird.

Für die arbeitssoziologische Kontrolldebatte zeichnet sich eine Kontinuität der Diskontinuität ab, denn das Verhältnis von Arbeit und Technik rückt erneut stärker in den Fokus und mit ihm die Fragen nach geeigneten konzeptionellen und methodologischen Herangehensweisen. Im Wesentlichen geht es dabei, jenseits von Szenarien und Gestaltungsoptionen, um den konkreten Stellenwert von Technik für Arbeitsfolgen. Am Beispiel der IKT und der Debatte um ihre Wirkung auf Entgrenzungstendenzen stellt Pfeiffer heraus:

„Bei all diesen Prozessen fungiert mobile IT ohne Frage als passfähige Flankierung und oft genug als verstärkender Enabler – jedoch sicher nicht als ursächlicher Treiber.“ (Pfeiffer 2012, S. 19)

Mobile Computertechniken, so Pfeiffer weiter, seien vielmehr das „technische Komplement einer generellen Veränderung von Arbeit“ (Pfeiffer 2012, S. 19). Eine solche *Stellvertreterthese* verweist auf die Notwendigkeit, Assistenzsysteme in ihren organisationalen bzw. gesellschaftlichen Beziehungsrahmen einzubetten. Auszugehen ist deshalb nicht von einem monokausalen oder unvermittelten Zusammenhang zwischen Technikeinsatz und Folgen für Industriearbeit, sondern es sind (über-)betriebliche und ökonomische Faktoren sowie Interessenkonstellationen in den Analyserahmen miteinzubeziehen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2016). Stellvertretend für diesen Zugang sei auf den sozio-technischen Ansatz (vgl. Sydow 1985) verwiesen, der auch im gegenwärtigen Kanon der Industrie-4.0-Debatte vielfach aufgegriffen wird (vgl. Ittermann et al. 2016). Demnach gelte es, die technischen, organisations- und arbeitsbezogenen Systemkomponenten zu einer ganzheitlichen Analyse zusammenzuführen. Dabei können dann konkrete betriebliche Gestaltungsspielräume identifiziert werden, die sich für eine Anreicherung und Aufwertung von

Arbeit nutzen lassen, um Belastungen zu vermeiden und erfahrungsbasiertes Arbeitsvermögen zu fördern (vgl. Böhle 2017).

Auf diese Weise lassen sich auch die Gestaltungspotentiale von Assistenzsystemen entfalten. Das Anwendungsbeispiel *Autonomie* kann hierzu exemplarisch angeführt werden, aber auch im Fall *Taylor's Agenten* deuten sich durchaus Gestaltungsspielräume an. Durch entsprechende technische Anpassungen könnten etwa die Beschäftigten die Reihenfolge der zu kommissionierenden Güter mitbestimmen und gewisse Entscheidungsspielräume eingeräumt bekommen. Weitere Gestaltungshebel deuten sich auch auf der organisationalen Ebene an. So können die Assistenzsysteme Arbeitsplatzrotationen ermöglichen oder Tätigkeiten wie Dokumentationen oder Qualitätssicherung unterstützen, die die skizzierten Einfacharbeitsplätze durchaus flexibilisieren und in begrenztem Maße aufwerten würden.

Literatur

- Abel, Jörg/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter (2014): Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung, Perspektiven, Berlin: Edition Sigma.
- acatech (Hrsg.) (2016): Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion. acatech IMPULS, München: Utz.
- APPsist (2017): Einführungsleitfaden des Forschungsprojektes APPsist. Intelligentes Assistenz- und Wissenssystem in der Produktion, Bochum: APPsist.
- Ashton, Kevin (2009): That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas. In: RFID Journal, 22.06.2009, S. 1.
- Bannat, Alexander (2014): Ein Assistenzsystem zur digitalen Werker-Unterstützung in der industriellen Produktion, Dissertation, München: TU München.
- Bauernhansl, Thomas (2017): Die Vierte Industrielle Revolution. Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Vogel-Heuser, Birgit/Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Band 4: Allgemeine Grundlagen, 2. Auflage, Berlin: Springer-Vieweg, S. 1-31.
- Bendix, Reinhardt (1960): Herrschaft und Industriearbeit. Untersuchungen über Liberalismus und Autokratie in der Geschichte der Industrialisierung, Frankfurt a. M.: EVA.
- Berger, Johannes/Offe, Claus (1982): Die Zukunft des Arbeitsmarktes. In: Schmidt, Gert/Braczyk, Hans-Joachim/von dem Knesbeck, Jost (Hrsg.): Materialien zur Industriegesellschaft. Sonderheft 24/1982, Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Köln: Westdt. Verlag, S. 348-371.
- Birken, Thomas/Kratzer, Nick/Menz, Wolfgang (2012): Die Steuerungsücke interaktiver Arbeit. In: Dunkel, Wolfgang/Wehrich, Margit (Hrsg.): Interaktive Arbeit. Theorie, Praxis und Gestaltung von Dienstleistungsbeziehungen, Wiesbaden: Springer VS, S. 159-180.
- Blutner, Doris/ Cramer, Stephan/Krause, Sven/Mönks, Tycho/Nagel, Lars/Reinholz, Andreas/Witthaut, Markus (2007): „Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung“. Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe 5, SFB 559, Modellierung großer Netze in der Logistik. Technical Report 06009, Dortmund.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung 2014: Industrie 4.0. Innovationen für die Produktion von morgen, Berlin.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2016, Berlin.

- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Berlin.
- Boes, Andreas/Bultemeier, Anja (2010): Anerkennung im System permanenter Bewährung. In: Soeffner, Hans-Georg (Hrsg.): Unsichere Zeiten. Herausforderungen gesellschaftlicher Transformationen. Verhandlungen des 34. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Jena 2008, Wiesbaden: VS Verlag. CD-Rom.
- Böhle, Fritz (2010): Arbeit und Belastung. In: Böhle, Fritz/Voß, G. Günter/Wachtler, Günther (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Unter Mitarbeit von Anna Hoffmann, Wiesbaden: VS Verlag, S. 451-482.
- Böhle, Fritz (2017): Digitalisierung braucht Erfahrungswissen. In: DENK-doch-MAL.de 01/2017. Frankfurt/M., <http://denk-doch-mal.de/wp/fritz-boehle-digitalisierung-erfordert-erfahrungswissen/> (Zugriff: 19. Mai 2017).
- Brandt, Arno/Polom, Lina/Danneberg, Marc (2016): Gute digitale Arbeit. Auswirkungen der Digitalisierung im Dienstleistungsbereich. WISO-Diskurs, Nr. 16 (2016), Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Brödner, Peter (2007): From Taylorism to competence-based production. In: AI & Society 21, Nr. 4, S. 497-514.
- Brödner, Peter (2014): Durch „Information“ desinformiert? Zur Kritik des Paradigmas der Informationsverarbeitung. In: AIS-Studien, 7, Nr. 1, S. 42-59.
- Brynjolfsson, Eric/McAfee, Andrew (2014): The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: Norton & Company.
- Christensen, Laurits R./Marcik, Wes/Rafert, Greg/Wong, Carletta (2016): The Global Economic Impacts Associated with Virtual and Augmented Reality. Analysis Group Study for Facebook, Boston.
- Citi GPS (2016): Virtual and Augmented Reality. Are you sure it isn't real? Global Perspectives & Solutions, Tokyo u. a. O.: citi.
- Cummings, Mary L./Bruni, Sylvain (2009): Collaborative Human-Automation Decision Making. In: Nof, Shimon Y. (Hrsg.): Springer Handbook of Automation, Heidelberg/Berlin: Springer, S. 437-447.
- Deutsche Bank Research (2015): Augmented Reality. Bei Spezialanwendungen sollte Deutschland von dynamischem Zukunftsmarkt profitieren können, Frankfurt/M.: Deutsche Bank.
- Deutschmann, Christoph (2002): Postindustrielle Industriesoziologie. Theoretische Grundlagen, Arbeitsverhältnisse und soziale Identitäten, Weinheim/München: Beltz Juventa.

- DFKI/Quindt, Fabian (2014): Manual Workstation – Description and Research Roadmap. Foliensatz, Kaiserslautern: DFKI GmbH.
- Dörr, Gerlinde/Hildebrandt, Eckart/Seltz, Rüdiger (1983): Kontrolle durch Informationstechnologien in Gesellschaft und Betrieb. In: Jürgens, Ulrich/Naschold, Frieder (Hrsg.): Arbeitspolitik. Materialien zum Zusammenhang von politischer Macht, Kontrolle und betrieblicher Organisation der Arbeit. Leviathan, Sonderheft 5/1983, Opladen: Westdt. Verlag, S. 171-197.
- Dörre, Klaus (2017): Digitalisierung – neue Prosperität oder Vertiefung gesellschaftlicher Spaltungen? In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. 2. Auflage, Baden-Baden: Nomos (im Erscheinen).
- Edwards, Richard (1981): Herrschaft im modernen Produktionsprozeß. Frankfurt/New York, USA: Campus.
- Endsley, Mica R. (2017): From Here to Autonomy. Lessons Learned From Human-Automation Research. In: Human Factors 59, Nr. 1, S. 5-27.
- FAZ (2016): Fahrstuhlreparaturen mit Computerbrille. In: FAZ, 17. September 2016, Nr. 2018, S. 25.
- Flecker, Jörg/Volst, Angelika (1988): Kontrolle der Kontrolle. Formen und Folgen der Steuerung betrieblicher Rationalisierungsmaßnahmen. In: Österreichische Zeitschrift für Soziologie 13, Nr. 2, S. 83-92.
- Forschungsunion/acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Frankfurt/M.
- Goldmann Sachs (2016): Virtual & Augmented Reality: Understanding the Race for the Next Computing. Profiles in Innovation. Equity Research, 13. Januar 2016, New York u. a. O.
- Goricnik, Wolfgang/Riesenecker-Caba, Thomas (2014): Datenschutz und Datensicherheit beim betrieblichen Einsatz mobiler „smarter“ Endgeräte. In: Dako 2/2014, S. 34-37.
- Grass, Karen (2014): Hilfskraft + Datenbrille = Facharbeiter. Spiegel-Online, spiegel.de/karriere/datenbrillen-bei-der-arbeit-ersatz-fuer-facharbeiter-a-993221.html (Zugriff: 19. Mai 2017).
- Grauel, Britta M./Terhoeven, Jan Niklas/Wischniewski, Sascha/Kluge, Annette (2014): Erfassung akzeptanzrelevanter Merkmale von Datenbrillen mittels Repertory Grid Technik. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 68, Nr. 4, S. 250-256.

- Haase, Tina/Berndt, Dirk/Termath, Wilhelm (2016): Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung von Assistenzsystemen für die Instandhaltung. Beispiele aus der Stahl- und Prozessindustrie. In: Schlick, Christopher M. (Hrsg.): Megatrend Digitalisierung. Potenziale der Arbeits- und Betriebsorganisation, Berlin: GITO, S. 323-336.
- Haipeter, Thomas (2017): Digitalisierung, Mitbestimmung und Beteiligung – auf dem Weg zur Mitbestimmung 4.0? In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. 2. Auflage, Baden-Baden: Nomos (im Erscheinen).
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2008): Lohnarbeit. In: Maurer, Andrea (Hrsg.): Handbuch der Wirtschaftssoziologie, Wiesbaden: VS-Verlag, S. 268-290.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2009): Entgrenzung von Unternehmen und Arbeit. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie (Sonderheft) 49/2009, S. 447-465.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2014): Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. In: WSI-Mitteilungen 67, Nr. 6, S. 421-429.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2016): Arbeit und Technik bei Industrie 4.0. In: APuZ 66, Nr. 18/19, S. 10-17.
- Hoffmann, Peter/Lawo, Michael (2014): AAP – Ambient Assisted Protection. Von der klassischen Arbeitssicherheit zur intelligenten Arbeitssicherheitsassistenz. In: Sieck, Jürgen (Hrsg.): Wireless Communication and Information – mobile Gesellschaft. WCI-Konferenzband 2012, Glücksstadt: wvh Hülsbusch, S. 133-146.
- Hofmann, Jörg/Kurz, Constanze (2016): Industrie 4.0. Industriearbeit der Zukunft im digitalen Wandel. In: Schröder, Lothar/Urban, Hans-Jürgen (Hrsg.): Gute Arbeit. Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen, Frankfurt/M.: BUND, S. 73-85.
- Hofmann, Kai (2016): Smart Factory. Arbeitnehmerdatenschutz in der Industrie 4.0, Datenschutzrechtliche Besonderheiten und Herausforderungen. In: ZD – Zeitschrift für Datenschutz 01/2016, S. 12-17.
- Holz, Winfried (2015): Industrie 4.0. Ergebnisse einer BITKOM-Befragung. Präsentation, 13.04.2015, Hannover.
- Hornung, Gerrit/Hofmann, Kai (2017): Datenschutz als Herausforderung der Arbeit in der Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. 2. Auflage, Baden-Baden: Nomos (im Erscheinen).
- Huchler, Norbert (2016): Die ‚Rolle des Menschen‘ in der Industrie 4.0. Technikzentrierter vs. humanzentrierter Ansatz. In: AIS-Studien 9, Nr. 1, S. 57-79.
- IG BCE (Hrsg.) (2016): Datenbrille. Faktenblätter Arbeiten 4.0, Nr. 1, Hannover.

- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (2017): Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit – revisited. Forschungsstand und Trendbestimmungen. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. 2. Auflage, Baden-Baden: Nomos (im Erscheinen).
- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Dregger, Johannes/ ten Hompel, Michael (2016): Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik. Soziologisches Arbeitspapier 47/2016, Dortmund.
- Janssen, Jan-Keno (2017): Ich war ein Roboter. Selbstversuch: Wie Datenbrillen die Arbeitswelt optimieren. In: c't – Magazin für Computer Technik 19/2017, S. 68-70.
- Kasselmann, Sebastian/Willeke, Stefan (2016): Interaktive Assistenzsysteme. Technologie-Kompendium, Hannover: IPRI/IPH.
- Kinkel, Steffen/Jäger, Angela (2017): Digitalisierungs- und Verlagerungsverhalten in der deutschen Industrie. Trends und Zusammenhänge, Karlsruhe.
- Kiper, Manuel (2011): Umgang mit Bordcomputern, Ortungssystemen und Smartphones. Betriebs- und Dienstvereinbarungen, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Kirchhoff, Britta/Wischniewski, Sascha/Adolph, Lars (2016): Head-Mounted Displays – Arbeits-hilfen der Zukunft. Bedingungen für den sicheren und ergonomischen Einsatz monokularer Systeme, Dortmund: BAuA-Praxis.
- Kleemann, Frank (2012): Subjektivierung von Arbeit. Eine Reflexion zum Stand des Diskurses. In: AIS-Studien 5, Nr. 2, S. 6-20.
- Kleemann, Frank/Matuschek, Ingo (2008): Informalisierung als Komplement der Informatisierung von Arbeit. In: Funken, Christiane/Schulz-Schaeffer, Ingo (Hrsg.): Digitalisierung der Arbeitswelt. Die Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen, Wiesbaden: VS, S. 43-67.
- Knoblauch, Hubert/Heath, Christian (1999): Technologie, Interaktion und Organisation. Die Workplace Studies. In: Schweizer Zeitschrift für Soziologie 25, Nr. 2, S. 163-181.
- Kratzer, Nick (2011): Von der Stechuhr zur Vertrauensarbeitszeit? Betriebliche Arbeitszeitpolitik als Beispiel für den Wandel von Herrschaft. In: Bonß, Wolfgang/Lau, Christoph (Hrsg.): Macht und Herrschaft in der reflexiven Moderne, Weilerswist: Velbrück Wissenschaft, S. 219-243.
- Kratzer, Nick (2016): Von der Produktions- in die Reproduktionskrise? Zum Verhältnis von Leistung und Leben. In: Böhle, Fritz/Schneider, Werner (Hrsg.): Subjekt - Handeln – Institution. Vergesellschaftung und Subjekt in der Reflexiven Moderne. Unter Mitarbeit von Stephanie Stadelbacher, Weilerswist: Velbrück Wissenschaft, S. 41-65.

- Kratzer, Nick/Dunkel, Wolfgang (2013): Neue Steuerungsformen bei Dienstleistungsarbeit. Folgen für Arbeit und Gesundheit. In: Junghanns, Gisa/Morschhäuser, Martina (Hrsg.): Immer schneller. immer mehr. Psychische Belastungen bei Wissens- und Dienstleistungsarbeit, Wiesbaden: Springer VS, S. 41-61.
- Kreimeier, Dieter/Kreggenfeld, Niklas/Prinz, Christopher (2015): Das Verhältnis von Technik, Arbeit und Organisation im Wandel. In: Pries, Ludger/Urban, Hans-Jürgen/Wannöfel, Manfred (Hrsg.): Wissenschaft und Arbeitswelt – eine Kooperation im Wandel. Baden-Baden: edition sigma bei Nomos, S. 169-186.
- Krzywdzinski, Martin (2017): Consent in autoritären Gesellschaften. Betriebliche Sozialordnungen in Russland und China, Baden-Baden: edition sigma bei Nomos.
- Kuhlmann, Martin/Schumann, Michael (2015): Digitalisierung fordert Demokratisierung der Arbeitswelt heraus. In: Hoffmann, R./Bogedan, C. (Hrsg.): Arbeit der Zukunft. Möglichkeiten nutzen – Grenzen setzen, Frankfurt/M., New York: Campus, S. 122-140.
- Lappe, Lothar (1986): Technologie, Qualifikation und Kontrolle. Die Labour-Process-Debatte aus Sicht der deutschen Industriesoziologie. In: Soziale Welt 37, Nr. 2/3, S. 310- 330.
- Littler, Craig R. (1987): Theorie des Managements und Kontrolle. In: Hildebrandt, Eckart/Seltz, Rüdiger (Hrsg.): Managementstrategien und Kontrolle. Eine Einführung in die Labour Process Debate, Berlin: Edition Sigma, S. 27-76.
- Malsch, Thomas (1987): Die Informatisierung des betrieblichen Erfahrungswissens und der „Imperialismus der instrumentellen Vernunft“. Kritische Bemerkungen zur neotayloristischen Instrumentalismuskritik und ein Interpretationsvorschlag aus arbeitssoziologischer Sicht. In: Zeitschrift für Soziologie 16, Nr. 2, S. 77-91.
- Manske, Fred (1991): Kontrolle, Rationalisierung und Arbeit. Kontinuität durch Wandel. Die Ersetzbarkeit des Taylorismus durch moderne Kontrolltechniken, Berlin: Edition Sigma.
- Marrs, Kira (2008): Arbeit unter Marktdruck. Die Logik der ökonomischen Steuerung in der Dienstleistungsarbeit, Berlin: Edition Sigma.
- Marrs, Kira (2010): Herrschaft und Kontrolle in der Arbeit. In: Böhle, Fritz/Voß, G. Günter/Wachtler, Günther (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Unter Mitarbeit von Anna Hoffmann, Wiesbaden: VS Verlag, S. 331-356.
- Marrs, Kira (2013): Kontrolle. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Minssen, Heiner (Hrsg.): Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie, Berlin: Edition Sigma, S. 308-312.
- Matuschek, Ingo (2016): Industrie 4.0, Arbeit 4.0 – Gesellschaft 4.0? Eine Literaturstudie. Berlin: Rosa-Luxemburg-Stiftung.

- Minssen, Heiner (1990): Kontrolle und Konsens. Anmerkungen zu einem vernachlässigten Thema der Industriegesellschaft. In: Soziale Welt 41, Nr. 3, S. 365–382.
- Minssen, Heiner (2013): Herrschaft. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Minssen, Heiner (Hrsg.): Lexikon der Arbeits- und Industriegesellschaft, Berlin: Edition Sigma, S. 251-256.
- Moldaschl, Manfred (2010): Organisierung und Organisation von Arbeit. In: Böhle, Fritz/Voß, G. Günter/Wachtler, Günther (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Unter Mitarbeit von Anna Hoffmann, Wiesbaden: VS Verlag, S. 263-300.
- Neckel, Sighard/Wagner, Greta (Hrsg.) (2014): Leistung und Erschöpfung. Burnout in der Wissensgesellschaft, Berlin: Suhrkamp.
- Niehaus, Jonathan/Wilkesmann, Maximiliane (2017): Komplizen wider Willen. Möglichkeiten und Grenzen der Steuerung ärztlicher interaktiver Arbeit im Krankenhaus. In: Niehaus, Lukas/Käch, Oliver (Hrsg.): Professionalität im Kontext von Institution und Organisation, Weinheim und Basel: Beltz Juventa (im Erscheinen).
- Ortmann, Ulf (2014): Arbeiten mit RFID. Zum praktischen Umgang mit unsichtbaren Assistenten, Berlin: Edition Sigma.
- Pfeiffer, Sabine (2010): Technisierung von Arbeit. In: Böhle, Fritz/Voß, G. Günter/Wachtler, Günther (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Unter Mitarbeit von Anna Hoffmann, Wiesbaden: VS Verlag, S. 231-262.
- Pfeiffer, Sabine (2012): Technologische Grundlagen der Entgrenzung. Chancen und Risiken. In: Badura, Bernhard/Ducki, Antje/Schröder, Helmut/Klose, Joachim/Meyer, Markus (Hrsg.): Fehlzeiten-Report 2012. Gesundheit in der flexiblen Arbeitswelt: Chancen nutzen - Risiken minimieren. Zahlen, Daten, Analysen aus allen Branchen der Wirtschaft, Berlin/Heidelberg: Springer, S. 15-21.
- Plattform Industrie 4.0 (2016): Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. Ergebnispapier, Berlin: BMWi.
- ProSense (2015): Hochauflösende Produktionssteuerung auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik. Ergebnisbericht des BMBF-Verbundprojektes, Aachen: Apprimus Verlag.
- PwC – PricewaterhouseCoopers (2015): Media Trend Outlook. Wearables: Die tragbare Zukunft kommt näher, Düsseldorf u. a. O.
- Raffetseder, Eva-Maria/Schaupp, Simon/Staab, Philipp (2017): Kybernetik und Kontrolle. Algorithmische Arbeitssteuerung und betriebliche Herrschaft. In: PROKLA 47, Nr. 187/2, S. 229-248.

- Rammert, Werner/Schulz-Schaeffer, Ingo (2002): Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. In: Rammert, Werner/Schulz-Schaeffer, Ingo (Hrsg.): Können Maschinen handeln? Frankfurt/M./New York: Campus, S. 11-64.
- Sauer, Dieter (2013): Vermarktlichung. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Minssen, Heiner (Hrsg.): Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie, Berlin: Edition Sigma, S. 478-483.
- Schmid, Jürgen (1987): Papierarme Montagesteuerung als Ratio-Potential. In: RKW (Hrsg.): Productivity and the Future of Work. IPS 2, Tagungsdokumentation, München, 14.-16. Oktober 1986, Eschborn: RKW, S. 343-358.
- Schmidt, Rudi (2013): Taylorismus. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Minssen, Heiner (Hrsg.): Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie, Berlin: Edition Sigma, S. 447-454.
- Schmiede, Rudi (2015): Arbeit im informatisierten Kapitalismus. Aufsätze 1976-2015, Berlin: Edition Sigma.
- Schulze, Manfred (2016): Fehlerfrei kommissionieren mit dem RFID-Armband. In: IFFOCUS 01/2016, S. 22-25.
- Seltz, Rüdiger (1986): Re-Organisation von Kontrolle im Industriebetrieb. In: Seltz, Rüdiger/Mill, Ulrich/Hildebrandt, Eckart (Hrsg.): Organisation als soziales System. Kontrolle und Kommunikationstechnologien in Arbeitsorganisationen, Berlin: Edition Sigma, S. 13-32.
- Spath, Dieter/Ganschar, Oliver/Gerlach, Stefan/Hämmerle, Moritz/Krause, Tobias /Schlund, Sebastian (Hrsg.) (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Stark, Rainer/Kim, Marcus/ Damerau, Thomas/ Neumeyer, Sebastian/ Vorsatz, Thomas (2015): Notwendige Voraussetzungen für die Realisierung von Industrie 4.0. Ein Beitrag aus der Sicht der Industriellen Informationstechnik. In: ZWF 110, Nr. 3, S. 134-141.
- Sutherland, Ivan E. (1968): A head-mounted three dimensional display. In: Proceeding AFIPS (Hrsg.): Proceedings of the December 9-11/1968, Fall Joint Computer Conference, Part I, San Francisco, S. 757-764.
- Sydow, Jörg (1985): Der soziotechnische Ansatz der Arbeits- und Organisationsgestaltung, Frankfurt/New York, USA: Campus.
- Taylor, Frederick W. (1995 [1913]): Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung. Hrsg. von Bungard, Walter/Volpert, Walter und mit einer Einleitung versehen, Weinheim/München: Beltz Juventa.

- Thannheiser, Achim (2014): Mobile Endgeräte – Handy, Smartphone, Blackberry und Tablet. Betriebs- und Dienstvereinbarungen, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Theis, Sabine/Pfendler, Claudius/Alexander, Thomas/Mertens, Alexander/Brandl, Christopher/Schlick, Christopher M. (2016): Head-Mounted Displays. Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes. Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs, Dortmund u. a. O.: BAuA-Bericht.
- Tractia (2015): Wearable Devices for Enterprise and Industrial Markets. Research Report, Boulder.
- Wächter, Michael/Bullinger, Angelika C. (2016): Gestaltung von gebrauchstauglichen tangiblen Mensch-Maschine-Schnittstellen. Ein Werkstattbericht. In: Schlick, Christopher M. (Hrsg.): Megatrend Digitalisierung – Potenziale der Arbeits- und Betriebsorganisation, Berlin: GITO, S. 163-174.
- Warning, Anja/Weber, Enzo (2017): Digitalisierung verändert die betriebliche Personalpolitik. IAB-Kurzbericht 12/2017, Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung.
- Weber, Harald/Quint, Fabian/Kreutel, Jörn/Gröber, Matthias/Loch, Frieder/Venitz, Janis/Eierdanz, Frank/Liedel, Jonas (2016): Evaluation eines Kollaborationssystems in der industriellen Praxis. In: Weyers, Benjamin/Dittmar, Anke (Hrsg.): Mensch und Computer 2016. Workshopbeiträge, 4.-7. September 2016, Aachen: Gesellschaft für Informatik e.V.
- Weisner, Kirsten/Knittel, Marco/Enderlein, Heiko/Wischniewski, Sascha/Jaitner, Thomas/Kuhlang, Peter/Deuse, Jochen (2016): Assistenzsystem zur Individualisierung der Arbeitsgestaltung. Einsatz von Smart Devices zur kontextsensitiven Arbeitsunterstützung. In: ZWF 111, Nr. 10, S. 598-601.
- Weltz, Friedrich (1988): Die doppelte Wirklichkeit der Unternehmen und ihre Konsequenzen für die Industriesoziologie. In: Soziale Welt 39, Nr. 1, S. 97-103.
- Weyer, Johannes/Grote, Gudela (2012): Grenzen technischer Sicherheit. Governance durch Technik, Organisation und Mensch. In: Management von Ungewissheit. Neue Ansätze jenseits von Kontrolle und Ohnmacht, Bielefeld: transcript, S. 189-212.
- Wilkens, Uta/Herrmann, Thomas (2016): Gibt es eine Arbeitswissenschaft der Digitalisierung? – Ein Diskursbeitrag. In: Schlick, Christopher M. (Hrsg.): Megatrend Digitalisierung – Potenziale der Arbeits- und Betriebsorganisation, Berlin: GITO Verlag, S. 215-230.
- Willeke, Stefan/Kasselmann, Sebastian (2016): Einführung interaktiver Assistenzsysteme über Reifegradmodelle. In: ZWF 111, Nr. 11, S. 691-695.
- Windelband, Lars (2014): Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. In: Journal of Technical Education 2, Nr. 2, S. 138-160.

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

Wood, Stephen (1986): Neue Technologien, Arbeitsorganisation und Qualifikation: die britische Labour-Process-Debatte. In: Prokla – Zeitschrift für politische Ökonomie und sozialistische Politik 16, Nr. 82/1, S. 74-104.

ZEW (2015): Industrie 4.0. Digitale (R)Evolution der Wirtschaft. IKT-Report, Oktober 2015, Mannheim.

Ziegler, Peter-Michael (2017): Voll den Durchblick. Augmented Reality in der Industrie. In: c't – Magazin für Computer Technik 9/2017, S. 114-115.

Zuboff, Shoshanna (1988): In the age of the smart machine. The future of work and power, Lexington, USA: Basic Books.

Zuboff, Shoshanna (2015): Die neuen Massenausforschungswaffen. In: Schirrmacher, Frank (Hrsg.): Technologischer Totalitarismus. Eine Debatte, Berlin: Suhrkamp, S. 38-49.

Anhang

Tabelle 2: Übersicht aktueller bzw. abgeschlossener Forschungsprojekte zu mobilen Assistenzsystemen

Titel (Förderung)	Beschreibung	Link
4.0-Ready (BMW i)	Im Projekt wird ein reifegradbasiertes Modell entwickelt, das klein- und mittelständischen Unternehmen zur Auswahl und Integration von mobilen Assistenzsystemen befähigen soll.	ipri-institute.com/40ready
ABEKO (BMBF/PTKA)	Im Rahmen des Projektes werden Assistenzsysteme zum demografiesensiblen betriebspezifischen Kompetenzmanagement in den Anwendungsfeldern Produktion und Logistik entwickelt.	http://www.abeko.lfo.tu-dortmund.de/
AcRoSS (BMW i)	Bei AcRoSS werden in einem Verbund aus Anwendern und Entwicklern AR-basierte Assistenzsysteme erprobt und in Geschäftsmodelle aus hybriden Produkten überführt.	across-ar.de
ADIMA (BMBF)	Das Projekt erforscht Assistenzsysteme, die über adaptive Nutzerschnittstellen verfügen und bei der Instandhaltung von komplexen Anlagen eingesetzt werden sollen.	ciit-owl.de
AIM (BMBF, DLR)	Bei AIM werden individualisierte Arbeitsassistenzsysteme für bedarfsgerechte Methodentrainings und soziotechnische Arbeitsgestaltungsmaßnahmen entwickelt.	ips.tu-dortmund.de
APPSist (BMBF, DLR)	Im Projekt APPSist wurden tabletgestützte Assistenz- und Wissenssysteme in beteiligungsorientierten Gestaltungsformaten für den Bereich Maschineninstandhaltung entwickelt.	appsist.de
AR – Maintenance System (BMW i)	Im Rahmen des Projektes sollen Datenbrillen für Fachkräfte bei der Instandhaltung von Windkraftanlagen entwickelt werden, mit denen Arbeitsanweisungen und Dokumentationshilfen sowie Lernmodule bereitgestellt werden.	ar-maintenance.de
Assist 4.0 (BMVIT, AT)	Ziel des Projektes war es, personalisierte, kontext- und standortbezogene mobile Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung in Produktions- und Dienstleistungsbereichen zu entwickeln.	hci.sbg.ac.at/assist-4-0
CyProAssist (BMBF, PTKA)	Im Projekt werden modulare Assistenzsysteme für vier Anwendungsszenarien in der Montage entwickelt.	cyproassist.de/

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

CPPSprocessAssist (BMBF, PTKA)	Es werden tabletgestützte Softwaresysteme entwickelt, die den spezifischen Anforderungen der prozesstechnischen Produktion bei Überwachung und Kontrolle sowie Dokumentation Rechnung tragen.	cppsprocessassist.de
ELIAS (BMBF, DLR)	Im Projekt werden lernförderliche industrielle Arbeitssysteme auf Basis neuerer Ansätze zum Lernen im Prozess der Arbeit erforscht und entsprechende Assistenzsysteme zum Monitoring entwickelt.	projekte.fir.de/elias/
Glass@Service (BMW, DLR)	Ziel von Glass@Service sind interaktive und personalisierte Visualisierungslösungen bei Wearables im Bereich der Elektronikfertigung.	baua.de/DE/Aufgaben/Forschung/Forschungsprojekte/f2412.html
Montagearbeit 4.0? (HBS)	In dem Projekt werden die Arbeitswirkungen eines Assistenzsystems im Montagebereich eines Automobilbauers aus Sicht der Beschäftigten sowie ihrer Interessenvertreter_innen untersucht.	http://www.sofi-goettingen.de/projekte/
MyCPS (BMBF, PTKA)	Im Rahmen des Projektes werden am Beispiel von Assistenzsystemen migrationsunterstützende Handlungs- und Gestaltungsempfehlungen formuliert, die für die Umsetzung humanzentrierter Produktionssysteme geeignet sind.	produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/mycps.html
PLUTO (BMBF, VDI/VDE IT)	Im Projekt PLUTO wird eine portable Lern- und Wissensplattform entwickelt, die den Wissenstransfer in altersgemischten Teams unterstützen soll.	plutoprojekt.de
ProSense (BMBF, PTKA)	Auf Basis einer Tabletlösung wurde ein Expertensystem zur Produktionssteuerung unter Einsatz kybernetischer Methoden und multimodaler Sensorik entwickelt.	prosense.info
S-CPS (BMBF, PTKA)	Im Rahmen des Projektes wird ein tabletgestütztes Ressourcencockpit zur Kontrolle und Überwachung von Maschinen umgesetzt.	s-cps.de
SmARPro (BMBF)	Bei SmARPro wurden technische Methoden für die Bereitstellung beschäftigtenbezogener Informationen im Anwendungsfeld Logistik entwickelt.	smarpro.de
SozioTex (BMBF, VDI/VDE IT)	Im Projekt sollen variantenreiche mobile Assistenzsysteme für die Anforderungen der textilverarbeitenden Industrie entwickelt und erprobt werden.	soziotex.de
Wearable Computing in der Fertigung und Logistik (HBS)	Das Projekt untersucht die Arbeitsfolgen sowie betriebspolitischen und technischen Gestaltungsoptionen von Wearables. Es wird dabei ein Methodenmix aus qualitativer und quantitativer Sozialforschung verfolgt.	wzb.eu/de/forschung

Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0

Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle

WEKIT (EU, Horizon 2020)	Bei WEKIT handelt es sich um ein mit EU-Mittel gefördertes Projekt, das den Einsatz von Wearables für Qualifizierungsmaßnahmen erforscht.	wekit.eu/
Work-by-Inclusion (BMAS)	In dem Projekt werden visuelle Arbeitsmittel, insbesondere Datenbrillen, für die Inklusion von Gehörlosen in Arbeitsplätze in der Logistik entwickelt.	buero-schmaus.de/unternehmen/work-by-inclusion/

Quelle: Eigene Darstellung

Über den Autor



Jonathan Niehaus

Jonathan Niehaus (Jg. 1987) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsgebiet Industrie- und Arbeitsforschung der TU Dortmund und assoziiertes Mitglied des DFG-Graduiertenkollegs 2193 *Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld*. Zu seinen Arbeitsschwerpunkten zählen die Themen Kontrolle und Steuerung sowie die Digitalisierung einfacher Industriearbeit.

Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW)

Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW) wurde mit Unterstützung des für Wissenschaft zuständigen Ministeriums im September 2014 als eigenständiger, gemeinnütziger Verein mit Sitz in Düsseldorf gegründet. Aufgabe und Ziel des FGW ist es, in Zeiten unübersichtlicher sozialer und ökonomischer Veränderungen neue interdisziplinäre Impulse zur gesellschaftlichen Weiterentwicklung zu geben und politische Gestaltungsoptionen für die Gewährleistung sozialer Teilhabe in einer sozial integrierten Gesellschaft zu entwickeln. Durch die Organisation innovativer Dialogformate und die Förderung zukunftsorientierter Forschungsprojekte will die neue Forschungsstelle die Vernetzung von Wissenschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Akteur_innen vorantreiben und den zielgruppengerechten Transfer neuer Forschungsergebnisse gewährleisten.

Weitere Informationen zum FGW finden Sie unter: www.fgw-nrw.de

Der Themenbereich „Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0“

Zentrale Aufgabe des Arbeitsbereichs des FGW ist es, die sozialen und wirtschaftlichen Folgen und wirtschafts- und sozialpolitischen Implikationen der Digitalisierung von Arbeits- und Produktionsprozessen zu erforschen. Ziel ist eine Forschung, die von Anfang an in engem Dialog mit den Gestaltungsakteur_innen aus der betrieblichen Praxis sowie aus Politik und Zivilgesellschaft, Chancen und Risiken identifiziert. Initiiert werden soll Forschung, die empirisch fundiertes, praxisrelevantes Überblickswissen generiert und damit Gestaltungsanforderungen im Hinblick auf Arbeit aufzeigt und gesellschaftlich und betrieblich „bearbeitbar“ macht. Gestaltungsoptionen für gute Arbeit sollen in thematisch strukturierten Forschungssynthesen und empirischen Forschungsprojekten ausgelotet und mit einem ressort- und fachübergreifenden, aber auch betriebs- und branchenübergreifenden Dialog zu Industrie 4.0 verzahnt werden.

Weitere Informationen zum Profil und zu den aktuellen Aktivitäten des Themenbereichs finden Sie unter: www.fgw-nrw.de/industrie
