

Gibt es eine Arbeitswissenschaft der Digitalisierung? – Ein Diskursbeitrag

Uta Wilkens, Thomas Herrmann

Ruhr-Universität Bochum

1 Zur Motivation der Fragestellung

Es wird immer wieder konstatiert, dass durch Digitalisierung ein grundlegender Wandel der Leistungserstellung in Produktion und Dienstleistung und mithin der Arbeitswelt zu verzeichnen sei (Avant 2014). Die dafür am häufigsten verwendete Bezugsbasis ist die acatech Forschungsagenda (Geisberger/Broy 2012), die insbesondere die Veränderung der Arbeitswelt durch Cyber-Physical-Systems (CPS), d.h. durch eingebettete Softwarekomponenten zum Gegenstand hat (Broy 2010; Westkämper et al. 2013). In der deutschsprachigen Community wird das durch CPS erzielbare Potential zumeist unter dem Stichwort Industrie 4.0 aufgegriffen (s. z.B. Bothof/Hartmann 2015, Sandler 2013). Damit wird die Digitalisierung der Produktionssysteme ins Zentrum gestellt. Sie erfährt in Deutschland aufgrund des starken Industriebezugs hohe Aufmerksamkeit. Insgesamt gehen CPS aber über Industriearbeit hinaus.

Der Hinweis auf Digitalisierung steht für eine weitreichende Veränderung des sozio-technischen Systems (Baxter/Sommerville 2011), auch jenseits der Produktionsarbeit, mit entsprechender Auswirkung für Ökonomie und Gesellschaft. Unklar ist jedoch, ob dies auch die wissenschaftlichen Zugänge, theoretischen Bezugspunkte und Gegenstandsbereiche der Forschung in ihren Grundpfeilern berührt. Es bleibt zu prüfen, ob sich die bisherige Forschung zur Digitalisierung von ihren Zugängen in den Kontext der Arbeiten stellen lässt, die den technologischen Wandel und seine Folgen erforschen – dies entspräche der bekannten arbeitswissenschaftlichen Tradition – oder ob hier ganz neue Forschungsfelder entstehen. Wirft das Thema Digitalisierung grundlegend neue Fragestellungen und konzeptionelle Zugänge auf, so begründet es möglicherweise eine Arbeitswissenschaft der Digitalisierung (siehe Volpert 1993). Es ist das Ziel dieses Beitrages zu einer Aussage zu gelangen, inwieweit durch das Thema Digitalisierung die Arbeitswissenschaft selbst eine Neuausrichtung erfährt. Dieses Ziel wird auf der Grundlage einer kritischen Auswertung von Literatur verfolgt, die den Gegenstandsbereich definiert, konzeptionelle Zugänge und empirische Befunde systematisiert und neue Trends der Digitalisierung behandelt. Es wird geprüft, inwieweit sich abzeichnende Digitalisierungstrends über die bisherigen Kategorien der Arbeitswissenschaft abbilden lassen und wo neue wissenschaftliche Zugänge entstehen

bzw. erforderlich werden. Die Literaturrecherche basiert auf einer Suchstrategie, die die Begriffe Digitalisierung und Arbeitswissenschaft bzw. Arbeitssystem sowohl deutsch- als auch englischsprachig kombiniert abfragt bzw. ebenso die Suchbegriffe Industrie 4.0 und Cyber-Physical-Systems einbezieht. Es wurden daraufhin Zeitschriften, Monographien und Buchbeiträge gesichtet und systematisiert. Die Literaturauswahl ist exemplarisch, muss aber mit Blick auf genannte Autoren selektiv bleiben.

2 Begriffliche Grundlagen

Geht es um eine Arbeitswissenschaft der Digitalisierung, so sind beide Begriffe zunächst zu präzisieren. Insbesondere der Begriff der Digitalisierung wird zunehmend inflationär verwendet, so dass hier eine Eingrenzung von Relevanz ist. Denn Definitionen sind die Basis, um einen Gegenstandsbereich der Untersuchung zu konturieren. „Begriffe sind die kleinste Einheit der wissenschaftlichen Analyse. Mit ihnen werden Modelle, Hypothesen und Theorien formuliert“ (Neuberger 2007, S. 33). Bei der Bestimmung des Untersuchungsgegenstandes kommt es auf „Präzision, Eindeutigkeit und Zweckmäßigkeit“ (ebd.) an.

Hess (2013, Abruf 28.04.2016) hebt bei der Definition von Digitalisierung eine für die Arbeitswissenschaft wichtige Differenzierung hervor, indem er auf zwei unterschiedliche Interpretationen aufmerksam macht. Die zwei Lesarten lassen sich im Englischen unmittelbar erkennen, indem zwischen „digitizing“ im Sinne der Überführung analoger Größen in ein binäres Format und „digitalization“ unterschieden wird. Letzteres schließt den damit ausgelösten Adaptionsprozess für Individuen, Organisationen, Arbeitskontexte und Gesellschaft ein (vgl. Hess 2013, Abruf 28.04.2016; siehe auch Hirsch-Kreinsen 2015). In diesem Beitrag folgen wir der zweiten Lesart, indem wir uns mit dem veränderten Möglichkeitsraum der Leistungserbringung und Organisationsgestaltung durch digitale Netze sowie den damit einhergehenden Veränderungsprozessen auseinandersetzen. Die reine Informations-technisierung im Sinne softwaregestützter Arbeitsverrichtung betrachten wir als hinreichend bearbeitetes Phänomen, wohingegen die durch digitale Schnittstellen begründete Variabilität in ihren Facetten noch eingehenderer Forschung bedarf. Unser arbeitswissenschaftlicher Zugang zur Digitalisierung interessiert sich speziell für die Auswirkungen der durch den Einsatz digitaler Technologien begründeten Schnittstellen im Arbeitskontext. Dabei wird einem mittlerweile auch in der Arbeitswissenschaft verbreiteten Grundverständnis von Wandel gefolgt, das diesen als kontinuierliche Dynamik mit schwankender Intensität und Interdependenz begreift und nicht als linearen Übergang zwischen unterschiedlichen Zuständen (dazu Cherns 1987).

Unter Arbeitswissenschaft versteht man nach Luczak/Volpert (1987) die systematische Analyse und Gestaltung der Bedingungen von Arbeitsprozessen in ihrer technischen, organisatorischen und sozialen Dimension. Die Arbeitswissenschaft verfolgt dabei eine Zieldualität, bei der die Humanzentrierung der Arbeit und die Produktivität gleichsam im Fokus stehen. Die Forschung setzt sich mit solchen Gestaltungsformen von Arbeit auseinander, die menschengerechte Arbeitsbedingungen und soziale Standards sowie motivationsförder-

liche Arbeitsinhalte in der Form sichern, dass dadurch wirtschaftliche Entwicklungsimpulse und Produktivitätssteigerungen erlangt werden (Schlick et al. 2010). Die Kernuntersuchungseinheit dafür bildet das Arbeitssystem. Arbeitssysteme sind sozio-technische Handlungssysteme, in frühen Arbeiten auch Mensch-Maschine-Systeme genannt, die sich durch Arbeitsaufgaben, Arbeitsmittel, Arbeitsabläufe, Interaktionen (räumlich-zeitlich) sowie die Beziehung zu Umsystemen beschreiben lassen. Zunehmend wird dabei weniger der einzelne Mensch betrachtet, sondern das Interaktionssystem zwischen Individuen, nicht selten auch als Gruppenarbeitskonzept hinterlegt (dazu Mumford 1983; 2003; Killich et al. 1999). Betrachtet man die Digitalisierung als Gegenstandsbereich der Arbeitswissenschaft, so wirkt die Bezeichnung Mensch-Maschine-System missverständlich. Es geht um das softwarebasierte Interaktionssystem zwischen Individuen, die autonom oder als Gruppe handeln. Eine reine Befassung mit softwaregesteuerter Maschine-Maschine-Interaktion, die bei Industrie 4.0 hohe Aufmerksamkeit erfährt, ist damit im engeren Sinne kein arbeitswissenschaftliches Thema. Im weiteren Sinne ergeben sich aber Untersuchungsfragen, die die Interaktionsfelder mit Mensch und Organisation einschließen: So geht es bei Industrie 4.0 nicht mehr nur um die klassische Frage der Mensch-Maschine-Funktionsteilung, sondern auch um die Aufgabenverteilung zwischen sozialen Interaktionsstrukturen und Gruppen, Organisationen und Netzwerken einerseits und dem interaktiven Datenaustausch zwischen autonomen, vernetzten CPS-Komponenten andererseits. Dies berührt wiederum Fragen der Komplexität, Koordination und Kompetenzentwicklung.

Fragt man nach der Berechtigung einer Arbeitswissenschaft der Digitalisierung, so ließe sich diese konstatieren, wenn sich bedingt durch die Mensch-Software-Interaktion und die davon berührten Umsysteme qualitativ neue Ausprägungen in den Analysedimensionen und Wirkungsbeziehungen oder neue Zielkonstellationen und inhaltliche Schwerpunktfelder ergäben. Wie weitreichend hier das Potenzial gegenwärtiger Forschung ist, wird im nächsten Abschnitt erarbeitet.

3 Diskussionsfelder

Mit einem Diskussionsfeld wird ein wissenschaftliches Arbeitsgebiet adressiert. Es wird geprüft, ob das Thema Digitalisierung sich mit Blick auf die betrachteten Phänomene, Variablen und deren Wirkungsbeziehung an bestehende Forschungsarbeiten anschließen lässt oder ob wissenschaftliches Neuland betreten wird.

3.1 Bekannte Diskussionsfelder

Maßgebliche Forschungsarbeiten zur Digitalisierung schließen an Kerndiskussionsfelder der Arbeitswissenschaft an. Dies sind sowohl Arbeiten, die den neuen Möglichkeitsraum ausleuchten, der durch Digitalisierung entsteht, als auch Arbeiten, die die Folgen für den Menschen analysieren.

Durch Digitalisierung ergibt sich ein unmittelbarer Nutzen für die arbeitswissenschaftliche Forschung durch softwarebasierte menschenmodellierende Verfahren, die es erlauben, präzise Belastungstests und Auswirkungen auf den Menschen durchzuführen, mit dem Ziel der Optimierung der ergonomischen Arbeitsgestaltung. Grundsätzlich besteht dieser neue Möglichkeitsraum der Modellierung auch für traditionelle Arbeitssysteme (siehe Mühlstedt et al. 2011); er wird jedoch primär mit Blick auf die digitale Fabrik zum Forschungsgegenstand gemacht (siehe dazu Zülch 2005; Zülch 2013; Kamusella/Schmauder 2009; Mühlstedt et al. 2008). Letztlich kann hierin eine Weiterentwicklung gesehen werden, digitale Menschmodelle für Belastungstests heranzuziehen, wie sie beispielsweise in der Automobilindustrie bei der Simulation von Unfällen eingesetzt werden (dazu Schwarz/Riedel 2005). Es kann festgehalten werden, dass Digitalisierung hier nicht primär zum inhaltlichen Forschungsgegenstand gemacht wird, sondern das forschungsmethodische Spektrum erweitert. Auf diese Weise wird die Forschung zur Ergonomie und damit eines der arbeitswissenschaftlichen Kernfelder elaboriert.

Ein zweites Untersuchungsfeld, das den durch Digitalisierung erweiterten Möglichkeitsraum aufzeigt, liegt in der Erforschung digitaler Assistenzsysteme zur Unterstützung von Steuerungsaufgaben (Lay 2000; Wächter/Bullinger 2015). Die Nutzenkomponenten lassen sich hier deutlich herausstellen, sofern die Assistenzsysteme ergonomisch gut auf die menschlichen Sinnesorgane ausgerichtet sind und zu keinem *Information-Overload* führen. Auch diese Diskussion schließt sich an Vorgängerarbeiten zum Einsatz technischer Hilfsmittel an. Über das unmittelbare Arbeitssystem hinausgehend findet der Einsatz von Assistenzsystemen auch in der Kundeninteraktion statt. Dieser Punkt soll noch einmal im Abschnitt 3.2 aufgegriffen werden.

Neue Möglichkeitsräume durch Digitalisierung werden schließlich auch in der digitalen Steuerung des Menschen gesehen (z.B. Schmunz et al. 2013; Schmunz et al. 2014; Benter et al. 2015; Geisberger/Broy 2012). Zwar könnte man auch hier im weitesten Sinne von Assistenzsystemen sprechen, aber letztlich geht es weniger darum, dass dem Menschen für seine Ausführungs- und Entscheidungsprozesse Informationen situationsangemessen assistierend bereitgestellt werden. Vielmehr wird der Professionalisierungsgrad des technischen Systems als höher angesehen als der des ausführenden Menschen, so dass auf der Grundlage digitaler Sensorik Maschinen selbststeuernd Handlungen initiieren und damit soziale Akteure vertreten bzw. ersetzen (Geisberger/Broy 2012, S. 85). Dies wirft Fragen der Akzeptanz und Beherrschbarkeit auf (ebd.), sofern man sich mit Wirkungen im Umsystem befasst. Grundsätzlich schließt diese Diskussion an frühere Arbeiten zur Automatisierung an (Kuhlmann/Schumann 2015). Während es in früheren Arbeiten dabei um die Entlastung des Menschen durch Technologieeinsatz und um die Ausschöpfung von Rationalisierungsgewinnen ging, bleibt das Optimierungsziel im aktuellen Diskurs mehrdeutig. Der bisherigen Debatte fehlt eine kritische Sicht darauf, ob es Anzeichen einer Retaylorisierung gibt (siehe Kuhlmann/Schumann 2015), die sich auf die Effizienz der für den Menschen verbleibenden Restarbeiten bezieht. Wenn Menschen durch Maschinen gesteuert zu deren Assistenten werden, anstatt Maschinen den Menschen assistieren, dann bleibt zu hinterfragen, ob von einer sozio-technischen Systemoptimierung gesprochen werden kann oder eine

De-Professionalisierung des Menschen in Teilarbeitsbereichen zu verzeichnen ist (Wilkins et al. 2014). Möglicherweise ist hier zukünftig stärker zu differenzieren zwischen solchen sozio-technischen Systemen, die die Basis der Erwerbsarbeit bilden und solchen Systemen, in denen Laien anstelle von Erwerbstätigen maschinenbegleitete Aufgaben übernehmen (z.B. in der häuslichen Pflege von Angehörigen). Auf jeden Fall bleibt hier Forschungsbedarf für die Zukunft zu konstatieren.

An vertraute arbeitswissenschaftliche Diskussionsfelder schließen auch die Forschungsarbeiten an, die sich mit den Folgen der Digitalisierung beschäftigen. Ein Kernforschungsfeld auf diesem Gebiet sind die Arbeiten zum Technostress (Ragu-Nathan et al. 2008; siehe zusammenfassend auch Kaufmann 2015), die auf der arbeitswissenschaftlichen Stressforschung aufbauen. Hier werden die Ambivalenzen, die digitale Technologien mit sich bringen, zum Gegenstand der Untersuchung gemacht. So profitieren Individuen einerseits vom mobilen, räumlich und zeitlich unabhängigen Einsatz digitaler Informations- und Kommunikationstechnologien. Dies hat jedoch nicht ausschließlich eine entlastende Wirkung, sondern auch eine belastende durch das Gefühl dauernd erreichbar sein zu müssen (Techno-Invasion). Die Tendenz zum Multitasking und die damit einhergehend Unterbrechung von ganzheitlichen Arbeitstätigkeiten nimmt ebenso zu, wie die Gefahr des Information-Overload. Wird dies durch digitale Endgeräte verursacht, so spricht man im Technostress-Modell von Ragu-Nathan et al. (2008) von Techno-Overload. Hinzu kommen der schnelle Wandel der Technologien (Techno-Uncertainty) und ihre wachsende Komplexität (Techno-Complexity). Zusammen genommen sind dies Technostress auslösende Faktoren, die sich direkt oder indirekt auf Arbeitszufriedenheit und Commitment auswirken können. Es wird ferner angenommen und empirisch bestätigt, dass die stresserzeugende Wirkungen dieser Faktoren durch unterstützende organisationale Rahmenbedingungen (Support) abgeschwächt werden können und es interindividuelle Unterschiede gibt (Ragu-Nathan et al. 2008).

Ebenso stellen sich die Forschungsarbeiten, die sich mit den veränderten Qualifikationsanforderungen und Kompetenzen infolge der Digitalisierung beschäftigen, in den Kontext bisheriger arbeitswissenschaftlicher Forschung. Hier werden neue und zukünftig weiter an Bedeutung gewinnende Kompetenzen auf der Grundlage arbeitswissenschaftlicher Modelle (Dombrowski et al. 2014) oder empirischer Zugänge (Wilkins et al. 2014; Wilkins et al. 2016; Voigt et al. 2015) herausgearbeitet und zielgruppenspezifische Trainingsansätze aufgezeigt (Kuhlenbäumer et al. 2016; Voigt et al. 2015). Greift man die Befunde zu digitalisierten, kundenintegrierten Ingenieurarbeitsbereichen heraus, so zeigt sich die wachsende Bedeutung von Kompetenzen, die auf die Koordinations- und Integrationsleistung zwischen unterschiedlichen inner- und überbetrieblichen Arbeitsbereichen abstellen. Die Fähigkeit zur Bewältigung von Komplexität ist ebenso von wachsender Relevanz. Es kommt zudem auf die Fähigkeit zur Vermittlung zwischen unterschiedlichen Expertisen an. Kollektiv-reflexive Lernprozesse gewinnen gegenüber individueller Qualifizierung an Bedeutung (Wilkins et al. 2016). Auch diese Forschungsarbeiten stehen in einer arbeitswissenschaftlichen Tradition, die der sozialen Dimension der Arbeit und ihrer Entwicklung entsprechende Aufmerksamkeit schenkt.

Insgesamt zeigt sich ein vielfältiges Forschungsgebiet, das Digitalisierung mittels arbeitswissenschaftlicher Fragen und Zugänge analysiert. Diese Arbeiten führen bisherige Diskurse zum technologischen Wandel fort und liefern neue Erkenntnisse. Eine neue Kontur der Arbeitswissenschaft entsteht indessen nicht. Das Thema Digitalisierung ließe sich perspektivisch durch andere technologische (Weiter)Entwicklungen ersetzen.

3.2 Neue Diskussionsfelder

In anderen Diskussionsfeldern erkennt man bei genauerer Betrachtung der Gegenstandsbe-
reiche und Zugänge ganz neue Themen und Analyseeinheiten. Dies ist besonders auffällig
beim Thema Sicherheit, das seinen Ursprung im Arbeitsschutz hat. Es wird offensichtlich,
dass die Gestaltung von Schutzmaßnahmen bei digitalen Interaktionsprozessen in ihren
Optimierungsansätzen nicht auf bisherigen Ansätzen aufbauen kann, sondern neue Lö-
sungswege einschlagen muss (siehe z.B. Czerniak-Wilmes et al. 2016). Der Offenheit des
Systems und der fehlenden Trennung zwischen beruflich, privat und öffentlich sind hier
Rechnung zu tragen (Geisberger/Broy 2012). Das ursprünglich von der Arbeitswissenschaft
entkoppelte Forschungsfeld der IT-Sicherheit rückt hier in den Fokus (Werlinger et al.
2009). Es bringt seine eigenen Zugänge und Optimierungsansätze mit sich. So wird es nicht
mehr nur um Arbeitssicherheit gehen, sondern auch um die Sicherung von *intellectual
property* von Individuen, die in der Cloud für verschiedene Organisationen arbeiten. Eben-
so gilt es organisationales Wissen zu schützen. Im Hinblick auf die Betriebsicherheit und
die Qualität erbrachter Leistungen wird die Differenzierung zwischen menschlichem und
technischem Versagen absehbar nicht mehr möglich sein.

Die Frage der IT-Sicherheit als integratives Konzept von Technik, Organisation und
Mensch ist nicht zuletzt deshalb so virulent, weil im Zuge der Digitalisierung die organisa-
tionale Dimension des Arbeitssystems grundlegend verändert wird. Zwar wird festgehalten,
dass durch Digitalisierung eher von Ökosystemen im Sinne offener, vernetzter Organisa-
tionslandschaften als von Organisationen als nach außen abgrenzbarer Struktureinheiten zu
sprechen ist (Geisberger/Broy 2012). Was dies mit Blick auf den Untersuchungsgegenstand
aber wirklich bedeutet, bleibt in seiner Reichweite eher noch unterbelichtet. Verlagert sich
der Blick von der Organisation auf den Prozess des Organisierens (dazu Weick 1985) in
seiner inner- und zwischenbetrieblichen, oftmals auch nur flüchtigen und temporären Ver-
netzung zwischen teilautonom agierenden Einheiten, ist die Analyseeinheit der Arbeitswis-
senschaft, das Arbeitssystem, nur noch schwer eingrenzbar. Durch Digitalisierung verän-
dern sich Organisationen und Arbeitssysteme weitreichend. Ins Zentrum rücken Prozesse,
wobei Arbeitsprozesse, im Sinne der eigentlichen Aufgabenbearbeitung, und Wandlungs-
prozesse der Anpassung und Optimierung untrennbar miteinander verbunden sind. Das
Maß der Interaktion im Wertschöpfungsnetzwerk mit Kunden und Lieferanten ist von glei-
cher Relevanz und Ausprägung wie der innerbetriebliche Interaktionsraum, der sich über
Hierarchieebenen hinweg diversifiziert. Damit treffen im Arbeitssystem Akteure aufeinan-
der, die in unterschiedliche organisationale Regelungs- und Weisungssysteme eingebunden
sind, die unterschiedlichen Organisations- und Arbeitskulturen erwachsen sind und die
nicht durch einheitliche Strukturen in ihren Handlungen ausgerichtet werden bzw. mit

unterschiedlichen Rollen (z.B. als Kunde oder als Lieferant) am Leistungserstellungsprozess mitwirken. Ob Zusammenarbeit und gemeinsame Zielorientierung überhaupt gelingt, hängt hier in starkem Maße vom Commitment der Akteure ab (siehe Walton 1985). In das Zentrum der Analyse treten damit Fragen der Koordination unter Bedingungen dezentraler Selbststeuerung bei Zielpluralität. Wenn Systemgrenzen sind mehr definierbar sind, muss sich die Arbeitswissenschaft unter Betrachtung eines digitalen Netzwerkes durchaus damit kritisch auseinandersetzen, wie sie ihre Analyseeinheit zukünftig definiert und eingrenzt, um Optimierungsziele zu verfolgen. Süße (2016) zeigt dabei unterschiedliche Konfigurationen auf und spricht von einer neuen Form des Organisierens unter Bedingungen der Digitalisierung. Wie gelingt Kollaboration? Wie lässt sich die Einheit für Kollaboration fassen und welche Effekte hat dies im Umsystem, z.B. weil Austauschbeziehungen nur temporär bestehen? Mit dem Thema Digitalisierung rückt die Organisationsforschung noch stärker ins Zentrum der Arbeitswissenschaft. Dies schließt die soziologische Befassung mit der Veränderung von Organisation und Arbeit ein, da tradierte Ordnungsmuster und Koordinationsformen ihre orientierende Funktion verlieren. Es bleibt zu erkunden, was an ihre Stelle tritt.

Mit der Digitalisierung tritt noch ein weiteres Feld auf die Agenda. Es verschieben sich die Formen der Erwerbsarbeit. Zwar bleibt die abhängige Beschäftigung als Arbeitnehmer, sei es für operative Tätigkeiten oder für Führungsaufgaben, auch weiterhin die dominante Form der Erwerbsarbeit (Eurostat Labour Force Survey 2013); es treten aber neue Formen hinzu. Ursprünglich sah man die Rolle als „Arbeitskraftunternehmer“ (Voß/Pongratz 1998) mit gestiegener Verantwortung in der Selbstregulation und Sicherung der eigenen Employability (siehe auch Wilkens 2006; Wilkens/Ruiner 2014). Mittlerweile ergeben sich weitere Formen der Einkommensgenerierung durch unternehmerähnliche Beiträge zur Wertschöpfung im Zuge veränderter Geschäftsmodelle. Hierfür stehen die Beispiele Airbnb oder TaxiUber. Individuen beteiligen sich als autonom agierende Einheiten am Wertschöpfungsnetzwerk, indem sie auf temporärer Nutzungsbasis private Produktionsmittel in den Prozess einbringen. Diese Grenzverschiebungen im Erwerbskontext gehen über bisherige Zugänge der Arbeitswissenschaft zur sozialen Sicherung hinaus, schon weil die Organisation dafür keine hinreichende Bezugsbasis mehr bildet. Wie können also teilweise entkoppelte Systeme so miteinander verzahnt werden, dass es infolge der Digitalisierung der Arbeit nicht vermehrt zu ungelösten Problemen der fehlenden sozialen Absicherung kommt? Hier treten neue Facetten einer digitalen Arbeit auf, die integrierte juristische, personalpolitische und soziologische Betrachtungsweisen einfordert. Auch hier zeigt sich eine eigene Kontur im wissenschaftlichen Zugang zur sozialen Dimension der Arbeit.

Aus herkömmlicher Perspektive hat sich die Arbeitswissenschaft und Arbeitspsychologie auf Kriterien und Formen der Arbeitsgestaltung fokussiert, die auf eine angemessene Belastung der Arbeitskraft orientiert waren. Demgegenüber thematisiert die Forschung zur Software-Ergonomie veränderte Rahmenbedingungen, die zu berücksichtigen sind, z.B. die mobile Nutzung von Geräten (siehe Alexander et al. 2007). Noch beibehalten werden dabei die Kriterien Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit bei der software-gestützten Aufgabebearbeitung. Noch stärker darüber hinaus geht das Gebiet des *User-Experience-Design*

(Hassenzahl/Tractinsky 2006), das der Erlebnisqualität der Software- und Hardwarenutzung entscheidende Bedeutung für die Wirkung auf und die Akzeptanz durch den Benutzer beizumisst. Hier werden also gänzlich neue Zielgrößen definiert. Ausprägungen hiervon sind *Serious Games* (Ritterfeld et al. 2009); *Gamification* (Deterding et al. 2011) oder *Funology* (Blyte et al. 2004). Die Arbeitswissenschaft hat das Potential dieses Ansatzes bislang nicht ausgenutzt, um über die Interaktion mit Software hinaus Experience Design auch als Leitlinie der Arbeitsgestaltung zu nutzen. Es ergeben sich wesentliche Potentiale, um Arbeitsmotivation zu erhöhen und eher monotone Routine- und Überwachungsarbeiten aufzuwerten, ohne das benötigte Aufmerksamkeitspotential zu schwächen. Eine auf Experience-Design orientierte Arbeitswissenschaft wird jenseits von Themen der Belastungsoptimierung, Zumutbarkeit und Persönlichkeitsförderung die Frage in den Mittelpunkt stellen, wie man für stark nachgefragte Spezialisten Arbeit als Erlebnisraum gestalten kann.

Hard- und Software-Installationen für die Realisierung von *Virtual-Reality*- (VR) und *Augmented-Reality*-Anwendungen (AR) sind inzwischen so preiswert, dass sie absehbar Einzug in die Arbeitswelt nehmen werden. Es bilden sich Mischformen (*Mixed-Reality*; dazu Tamura et al. 2001) heraus. Durch die Simulationsmöglichkeiten mit VR (Abulrub et al. 2011) und das Anreichern realweltlicher Gegenstände mit Zusatzinformationen durch AR kann die Verschmelzung von Aufgabenbearbeitung einerseits und Lernen am Arbeitsplatz andererseits intensiviert werden. AR kann Datenströme und Zustandsveränderungen in großen Industrieanlagen und komplexen Prozessen wieder nachvollziehbar machen. VR erlaubt das Training für die Bewältigung von Ausnahmesituation, die in der Realität nur selten vorkommen, aber dennoch sicher beherrscht werden müssen (dazu Lütke 2015). Symbolische und gegenständliche Arbeit werden in flexiblen Mischverhältnissen anbietbar. Hier gilt es zukünftig eine entsprechende arbeitswissenschaftliche Systematik zu entwickeln.

Die autonome Koordinations- und Steuerungskapazität von auf CPS basierenden Sensor-Actor-Netzwerken führt zu zunehmend komplexen Abläufen (Geisberger/Broy 2012), die von Individuen und Gruppen, die eine Anlage konzipieren, implementieren, überwachen und warten, nicht mehr im Detail durchschaubar sind. Die entstehenden Datenströme, die interne Abläufe sowie von außen kommende Einflüsse abbilden, werden als BigData automatisch aufbereitet und ausgewertet, dienen dem Training neuronaler Netze und tragen letztlich zu Anpassungen und Optimierungen bei. Diese Anpassungen sind einerseits letztlich auch von menschlichen Entscheidungsträgern zu beurteilen und zu verantworten, aber andererseits in ihrer Begründbarkeit nicht mehr nachvollziehbar, sofern nicht zusätzliche technische Funktionalität zum Zweck der „Selbsterklärung“ vorgesehen wird (Lütke 2015). Das arbeitswissenschaftliche Thema der Gewährleistung von Dispositionsspielräumen und Autonomie ist unter diesen Vorzeichen neu zu reflektieren. Zu beachten ist, dass von außen betrachtet Veränderungen im System nicht mehr offensichtlich einem Verursachungsprinzip zugeordnet werden können. Folglich sind auch durch Missbrauch hervorgerufene Ereignisse nicht ohne weiteres als solche erkennbar. Das Thema der informationstechnischen Sicherheit (Werlinger et al. 2009) wird dadurch zu einem integralen Bestandteil arbeitswissenschaftlicher Analysen. Da die umfassende Datenerfassung nicht vor den Ver-

haltensweisen der einzelnen Individuen haltmacht, werden auch die Perspektiven von „privacy by design“ (Langheinrich 2001) und Fragen der Arbeitsgestaltung zunehmend aufeinander zu beziehen und nicht mehr nur als mitbestimmungsrechtlicher Tatbestand zu thematisieren sein.

Mobilität und Ortsunabhängigkeit werden durch die anhaltende Miniaturisierung der Hardware weiterhin gesteigert. Zunehmend haben Arbeitskräfte ihre Arbeitsmittel und den benötigten Informationszugang selbst „in der Hand“. Das erhöht die Autonomie der Arbeitskraft im Kontrast zu der Selbststeuerungsfähigkeit CPS-basierter Anlagen. *Crowdwork* (Leimeister et al. 2014) als die parallel zur Ortsunabhängigkeit entwickelte Organisationsform der Arbeitsverteilung stärkt zwar einerseits die Position des Individuums, schwächt aber andererseits die soziale Eingebundenheit im Rahmen unmittelbarer Kooperationsbeziehungen. Studien zu den Defiziten ins Ausland verlagertes Software-Entwicklungsaufträge haben eindringlich belegt, dass der Verlust direkter Kommunikationsmöglichkeiten und die damit einhergehend Reduktion der sozialen Verbindlichkeit und der Entwicklung von *Common Ground* zu erheblichen Friktionen führt (Herbsleb/Grinter 1999). Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht werden die neuen Bedingungen hinsichtlich der sozialen Funktion von Arbeit und der sozialen Bedingtheit des Arbeitserfolges ein relevantes Forschungsthema.

4 Resümee und Ausblick

In der arbeitswissenschaftlichen Forschung, die sich mit Digitalisierung befasst, lassen sich zwei Richtungen differenzieren. Es gibt erstens Forschungsansätze, die sich mit den Bedingungen und Folgen der Digitalisierung auseinander setzen und diese mittels bewährter arbeitswissenschaftlicher Methoden untersuchen bzw. die Potenziale der Digitalisierung auch zur Methodenentwicklung erschließen. Arbeitswissenschaftliche Optimierungsziele werden hier konsequent fortgeführt. In der zukünftigen Forschung könnte (und sollte) es vermehrt um einen kritischen Diskurs gehen, ob in Ansätzen eine Retaylorisierung zu beobachten ist, weil Menschen durch Maschinen gesteuert werden, was mit diesen Optimierungsansätzen grundsätzlich zu konfliktieren droht. Darüber hinausgehend sind zweitens Forschungsansätze zu erkennen, die zu einer eigenen Arbeitswissenschaft der Digitalisierung führen, weil sie qualitativ neue Gegenstandsbereiche, Analysedimensionen, Zielkonstellationen und Optimierungsansätze entwickeln, die sich nicht nahtlos in die Tradition bisheriger Arbeiten stellen lassen. Insbesondere erwächst dadurch für die Zukunft eine weitere interdisziplinäre Öffnung. Besondere Beiträge sind aus der Zusammenarbeit mit der Informatik, der Organisationsforschung und der Rechtswissenschaft zu erwarten.

Die Konturen einer neu ausgerichteten Arbeitswissenschaft der Digitalisierung zeigen sich insbesondere an Fragestellungen, die

- anstelle des Arbeitssystems den Arbeitsprozess und das Ökosystem zum Gegenstand der Betrachtung machen und Wege finden, um mit Unschärfen bei der Eingrenzung des

Gegenstandsbereichs umzugehen. Zukunftsweisend sind Beiträge, die die Mensch-Maschine-Funktionsteilung auf die Ebene der Interaktion zwischen Prozessen sozialer Interaktion einerseits und autonom interagierender, vernetzter CPS-Komponenten andererseits heben.

- sich grundlegend damit auseinander setzen, dass die organisationale Dimension der Arbeit durch Digitalisierung gänzlich neu zu fassen ist und es bei der sozialen Dimension neue Herausforderungen und Zielsysteme zu berücksichtigen gilt. Dazu zählen veränderte Formen von Koordination und Selbstorganisation, die Arbeit als Erlebniswelt oder auch neue Ansätze zur Eingrenzung von Erwerbsarbeit, was wiederum mit Herausforderungen zur sozialen Sicherung einhergeht. Letztlich impliziert die Digitalisierung des Arbeitslebens, dass der Diskurs darüber, was (Erwerbs)Arbeit ist, unter neuen Facetten geführt werden sollte. Die private Bereitstellung von Produktionsmitteln oder das Einbringen der Ideen von Privatpersonen in den Produktentwicklungsprozess sind bekannte Phänomene, die in den arbeitswissenschaftlichen Zugängen noch stärker aufzugreifen sind.
- arbeitswissenschaftliche Schlüsselkategorien völlig neu fassen. So geht es beim Thema Sicherheit um die Sicherung von intellektuellem Kapital oder den Umgang mit erwerbsbiografischen Risiken aufgrund veränderter organisationaler Rahmenbedingungen bzw. eines veränderten Verständnisses von Arbeit. Dies kann vom Zugang und Methodenspektrum nicht auf der Arbeitsschutzforschung aufbauen, sondern bedarf eigener Ansätze.
- arbeitswissenschaftliche Zielkategorien erweitern, indem sie jenseits von Belastungsoptimierung und Effizienz des Arbeitssystems nach Lösungen suchen, um Arbeit als Erlebniswelt zu gestalten und dabei Interaktionsqualität und Aufmerksamkeit zu sichern.
- die Folgen und Grenzen der Digitalisierung aus neuen Blickwinkeln beleuchten, indem sie die Leistungsfähigkeit und Gestaltbarkeit von Mensch-Computer-Systemen (inkl. der dabei entstehenden Verteilung der Steuerung) mit den Optionen autonomer Netzwerke von Software-Hardware-Komponenten vergleicht und dabei über bisherige Automatisierungsforschung hinaus geht. Letzteres insbesondere, indem sie die Relation zwischen der kognitiven Leistungsfähigkeit von Menschen sowie kollektiver Intelligenz einerseits und der durch BigData und Training neuronaler Netze erreichbaren Komplexitätsbewältigung von Computersystemen andererseits thematisiert und analysiert, um zu einem Aussagesystem hinsichtlich Entscheidungsverantwortung und Sicherheit beizutragen.

Es bleibt festzuhalten, dass es eine umfassende Forschungsagende einer Arbeitswissenschaft der Digitalisierung gibt, die sich jenseits bekannter Zugänge bewegt.

Literatur

- Abulrub, A. H. G., Attridge, A. N., Williams, M. A., 2011.
Virtual reality in engineering education: The future of creative learning. Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011 IEEE, 751–757.
- Alexander, T., Leyk, D., Schlick, C., 2007.
Empirische Untersuchung der Informationseingabe bei der mobilen Mensch-Computer-Interaktion, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, ISSN 0340-2444, 1-9.
- Avant, R., 2014.
The third great wave. The Economist: Special Report, October 4th 2014, 1-14.
- Baxter, G., Sommerville, I. 2011.
Socio-technical systems: From design methods to systems engineering. Interacting with computers, 23(1), 4–17.
- Benter, M., Cheung, R., Lödding, H., 2015.
Analyse von Arbeitsabläufen mit 3D-Kameras. Meier, H. (Hrsg.): Lehren und Lernen für die modern Arbeitswelt, Berlin: GITO, 313-339.
- Blythe, M. A., Overbeeke, K., Monk, A. F., Wright, P. C. (Eds.), 2004.
Funology: from usability to enjoyment (Vol. 3). Springer Science+Business Media.
- Botthof, A., Hartmann, E. (Hrsg.), 2015.
Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Broy, M. (Hrsg.), 2010.
Cyber-Physical Systems: Innovation durch software-intensive eingebettete Systeme. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Cherns, A., 1987.
Principles of sociotechnical design revisited. Human relations, 40(3), 153–161.
- Czerniak-Wilmes, J., Hellig, T., Grossmann, S., Tillmann, M., Brandl, C., Mertens, A., Schlick, C., 2016.
Analyse der Realisierung von Anforderungen des Arbeitsschutzes bei mobilen Interaktionskonzepten für Werkzeugmaschinen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), Arbeit in komplexen Systemen - Digital, vernetzt, human?! 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 02. - 04. März 2016. Dortmund: GfA-Press.
- Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., Dixon, D., 2011.
Gamification. Using game-design elements in non-gaming contexts. CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2425–2428.

- Dombrowski, U., Riechel, C., Evers, M., 2014.
Industrie 4.0 – Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. Kersten, W.; Koller, H., Lödding, H. (Hrsg.): Industrie 4.0 – Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern. Berlin: GITO, 129–153.
- Eurostat Labour Force Survey., 2013.
Retrieved 01.10.2013, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database.
- Geisberger, E., Broy, M. (Hrsg.), 2012.
agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Hassenzahl, M., Tractinsky, N., 2006.
User experience - A research agenda. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 91–97.
- Herbsleb, J. D., Grinter, R. E., 1999.
Architectures, coordination, and distance: Conway's law and beyond. *IEEE software*, 16(5), 63–70.
- Hess, T., 2013.
Digitalisierung. Verfügbar unter: <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/technologien-methoden/Informatik--Grundlagen/digitalisierung> (Abruf am 28.04.2016).
- Hirsch-Kreinsen, H., 2015.
Digitalisierung von Arbeit. Folgen, Grenzen und Perspektiven. Soziologisches Arbeitspapier 43/2015, herausgegeben von Hirsch-Kreinsen, H., Weyer, J., Wilkesmann, M. Dortmund, ISSN 1612-5355.
- Kamusella, C., Schmauder, M., 2009.
Ergotyping im rechnerunterstützten Entwicklungs- und Gestaltungsprozess. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 63(3), 212–222.
- Kaufmann, I., 2015.
Chancen und Risiken der Digitalisierung: Der Einfluss von Informations- und Kommunikationstechnologien auf die Folgen von Stress am Arbeitsplatz. Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Bern (veröffentlichte Bachelorarbeit).
- Killich, S., Luczak, H., Schlick, C., Weissenbach, M., Wiedenmaier, S., Ziegler, J., 1999.
Task modelling for cooperative work. *Behaviour & Information Technology*, 18(5), 325-338.
- Kuhlenbäumer, F., Duckwitz, S., Schlick, C., 2016.
Altersdifferenzierte Untersuchung zur Prognose der Anlernzeit von sensomotorischen Arbeitsaufgaben. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Arbeit in komplexen Systemen - Digital, vernetzt, human?! 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 02. - 04. März 2016. Dortmund: GfA-Press.

- Kuhlmann, M., Schumann, M., 2015.
Digitalisierung fordert Demokratisierung der Arbeitswelt heraus. Bogedan, C., Hoffmann, R. (Hrsg.), Arbeit der Zukunft: Möglichkeiten nutzen-Grenzen setzen. Frankfurt am Main: Campus Verlag, 122-146.
- Langheinrich, M., 2001.
Privacy by design - principles of privacy-aware ubiquitous systems. Abowd, G. D., Shafer, S. A. N. (Hrsg.): Ubicomp 2001: LNCS 2201. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 273-291.
- Lay, K., 2000.
MORPHA: Intelligente anthropomorphe Assistenzsysteme – Die Interaktion zwischen Mensch und mobilen Assistenzsystemen als grundlegende Variante der Mensch-Technik-Interaktion. it + ti – Informationstechnik und Technische Informatik 42 (2000), 38-43.
- Leimeister, J. M., Zogaj, S., Blohm, I., 2014.
Crowdwork – digitale Wertschöpfung in der Wolke: Ein Überblick über die Grundlagen, die Formen und den aktuellen Forschungsstand. Benner, C. (Hrsg.): Crowdwork – zurück in die Zukunft, Perspektiven digitaler Arbeit. Frankfurt am Main: Bund Verlag, 9-14.
- Luczak, H., Volpert, W., 1987.
Arbeitswissenschaft: Kerndefinition – Gegenstandskatalog – Forschungsgebiete. Eschborn: RKW-Verlag.
- Lüdtke, A., 2015.
Wege aus der Ironie in Richtung ernsthafter Automatisierung. Botthof, A., Hartmann, E. A. (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Springer Vieweg, 125-146.
- Mühlstedt, J., Hentschel, C., Bartel, D., Grundmann, I., Spanner-Ulmer, B., 2011.
Bewertungsmodell muskulärer dynamischer Beanspruchungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), Bericht zum 57. Arbeitswissenschaftlichen Kongress, 23.-25. März 2011, Technische Universität Chemnitz.
- Mühlstedt, J., Kaußler, H., Spanner-Ulmer, B., 2008.
Programme in Menschengestalt: Digitale Menschmodelle für CAx-und PLM-Systeme. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 62(2) , 79–86.
- Mumford, E., 1983.
Designing human systems for new technology: The ETHICS method. Manchester: Manchester Business School.
- Mumford, E., 2003.
Redesigning human systems. Hershey, PA: Information Science Publishing.
- Neuberger, C., 2007.
Interaktivität, Interaktion, Internet: Eine Begriffsanalyse. Publizistik, 52(1), 33–50.

- Ragu-Nathan, T. S., Monideepa, T., Ragu-Nathan, B. S., Qiang, T., 2008.
The Consequences of Technostress for End Users in Organizations: Conceptual Development and Empirical Validation. *Information Systems Research*, 19(4), 417–433.
- Ritterfeld, U., Cody, M. J., Vorderer, P. (Eds.), 2009.
Serious games: Mechanisms and effects. New York: Routledge.
- Schlick, C., Bruder, R., Luczak, H., 2010.
Arbeitswissenschaft. 3. Vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Heidelberg u.a.: Springer.
- Schmuntzsch, U., Sturm, C., Rötting, M., 2014.
The warning glove – Development and evaluation of a multimodal action-specific warning prototype. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1297-1305.
- Schmuntzsch, U., Hartwig, M., Rötting, M., Windel, A., 2013.
Neue Formen adaptiver und handlungsleitender Informationen im Arbeitskontext. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 67, 2013/3, 151-157.
- Schwarz, M., Riedel, S., 2005.
Labortechnische Applikation mechanischer Schwingungsmodelle für Fahrzeugsitzprüfungen anstelle von Versuchspersonen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 59(1), 23–29.
- Sendler, U. (Hrsg.), 2013.
Industrie 4.0: Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Süße, T. 2016.
PSS as a new form of organizing. Kumulative Dissertation an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft der Ruhr-Universität Bochum.
- Tamura, H., Yamamoto, H., Katayama, A., 2001.
Mixed reality: Future dreams seen at the border between real and virtual worlds. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 21(6), 64–70.
- Voigt, B.-F., Süße, T., Wilkens, U., 2015.
Entwicklung von Kompetenzen für Industrie 4.0 im Rahmen eines Planspielszenarios – Simulation und Evaluation. In: Meier, H. (Hrsg.): *Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt*. Berlin: GITO, 145-162.
- Volpert, W., 1993.
Arbeitsinformatik, der Kooperationsbereich von Informatik und Arbeitswissenschaft. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 47(2), 65–70.
- Voß, G. G., Pongratz, H. J., 1998.
Der Arbeitskraftunternehmer. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 50(1), 131–158.

- Wächter, M., Bullinger, A. C., 2015.
Gestaltung gebrauchstauglicher Assistenzsysteme für Industrie 4.0. In: Weisbecker, A.; Burmester, M., Schmidt, A. (Hrsg.), Mensch und Computer 2015 – Workshopband. Berlin: De Gruyter Oldenbourg, 165-169.
- Walton, R. E., 1985.
From control to commitment in the workplace, Harvard Business Review, March-April, 77–84.
- Weick, K. E., 1985.
Der Prozeß des Organisierens. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Werlinger, R., Hawkey, K., Beznosov, K., 2009.
An integrated view of human, organizational, and technological challenges of IT security management. Information Management & Computer Security, 17(1), 4–19.
- Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C., Lentes, J., 2013.
Digitale Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Wilkens, U., 2006.
Der psychologische Vertrag hochqualifizierter Arbeitskraftunternehmer als Herausforderung für die Personalpolitik wissensintensiver Unternehmen. Nienhäuser, W. (Hrsg.): Beschäftigungspolitik von Unternehmen. Theoretische Erklärungsansätze und empirische Erkenntnisse. München und Mering: Rainer Hampp Verlag, 115-149.
- Wilkens, U., Ruiner, C., 2014.
Konfigurationen von new employment relationships – Zur (In)Stabilität von Arbeitsbeziehungen mit hochqualifizierten Arbeitskräften. Sydow, J., Sadowski, D., Conrad, P. (Hrsg.): Arbeit - eine Neubestimmung. Managementforschung Band 24. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 63-100.
- Wilkens, U., Süße, T., Voigt, B.-F., 2014.
Umgang mit Paradoxien von Industrie 4.0 – Die Bedeutung reflexiven Arbeitshandelns. Kersten, W.; Koller, H., Lödding, H. (Hrsg.): Industrie 4.0 – Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern. Berlin: GITO, 199–210.
- Wilkens, U., Voigt, B.-F., Lienert, A., Süße, T., 2016.
Personal, Führung und Organisation in IPSS. Uhlmann, E., Meier, H. (Hrsg.): Industrielle Produkt-Service Systeme – Entwicklung, Betrieb und Management. Berlin: Springer-Verlag (im Druck).

Zülch, G., 2005.

Integrating Human Aspects into the Digital Factory. In: Zülch, G., Jagdev, H.S., Stock, P. (Hrsg.): Integrating Human Aspects in Production Management: IFIP TC5/WG5.7 Proceedings of the International Conference on Human Aspects in Production Management, October 2003, Karlsruhe, Germany. New York: Springer Science+Business Media, 85-99.

Zülch, G., 2013.

Ergonomische Abbildung des Menschen in der Digitalen Fabrik – Die neue VDI-Richtlinie 4499-4. In: Damgelmaier, W., Laroque, C., Klaas, A. (Hrsg.): Simulation in Produktion und Logistik: Entscheidungsunterstützung von der Planung bis Steuerung. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 53-60.