

## Arbeiten im Mittelstand 4.0 – KMU im Spannungsfeld des digitalen Wandels

Thomas Ludwig · Christoph Kotthaus · Martin Stein · Hartwig Durt ·  
Constanze Kurz · Julian Wenz · Thorsten Doublet · Maximilian Becker ·  
Volkmar Pipek · Volker Wulf

Eingegangen: 10. Oktober 2015 / Angenommen: 14. Dezember 2015 / Online publiziert: 7. Januar 2016  
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

**Zusammenfassung** Das aktuelle Verständnis von Industrie 4.0 umfasst oftmals die Vision einer vollautomatisierten und Technologie-determinierten Entwicklung der deutschen Industrie. Eine praktische Ausgestaltung einer solchen Vision bietet dabei keine hinreichende Option für den Mittelstand – den eigentlichen Treiber der deutschen Wirtschaft. Speziell bei kleineren und mittelständischen Unternehmen sichern die eigenen Mitarbeiter/innen sowie deren Erfahrungen und Arbeitsvermögen maßgeblich den wirtschaftlichen Erfolg und müssen bei der Ausgestaltung von Industrie 4.0-Konzepten und -Technologien in den Fokus gerückt werden. Bei

---

T. Ludwig (✉) · C. Kotthaus · M. Stein · V. Pipek · V. Wulf  
Institut für Wirtschaftsinformatik,  
Universität Siegen,  
Kohlbettstraße 15,  
57072 Siegen, Deutschland  
E-Mail: thomas.ludwig@uni-siegen.de

H. Durt  
IG Metall Siegen,  
Donnerscheidstraße 30,  
57072 Siegen, Deutschland

C. Kurz · J. Wenz  
IG Metall Vorstand,  
Wilhelm-Leuschner-Straße 79,  
60329 Frankfurt, Deutschland

T. Doublet  
Verband der Siegerländer Metallindustrie e.V.,  
Spandauer Straße 25,  
57072 Siegen, Deutschland

M. Becker  
Institut für Medien- und Kommunikationsrecht,  
Universität Siegen,  
Hölderlinstraße 3,  
57076 Siegen, Deutschland

der Betrachtung der Mitarbeiter bzw. der Mitarbeiterinnen im Zentrum des Mittelstandes, fallen bei der praktischen Ausgestaltung von Industrie 4.0 eine Vielzahl sozialer Fragestellungen an, welche vor allem aber im Betrieb von Unternehmen und Betriebsrat bearbeitet und sozialpartnerschaftlich ausgestaltet werden müssen. In diesem Artikel werden die aktuellen Spannungsfelder präsentiert, in welchen die sozialen Fragestellungen angesiedelt sind. Diese wurden auf Basis eines Expertenworkshops mit Geschäftsführern und Unternehmensberatern kleiner und mittelständischer Unternehmen sowie durch verschiedene Interviews mit Vertretern der IG Metall im Hinblick auf die Veränderung von Arbeit im Kontext von Industrie 4.0 erhoben.

**Schlüsselwörter** Industrie 4.0 · Sozialpartnerschaft · Mittelstand · KMU · Integrierte Organisations- und Technologieentwicklung

## **Working in Industry 4.0 - SME in the Field of Tension of Digital Transformation**

**Abstract** The current understanding of ‘Industry 4.0’ often includes the vision of a fully-automated and technology-driven development of the German industry. But the practical configuration of such a vision is not an appropriate option for small and medium companies, which are the actual driver of the German economy. Especially for smaller and medium sized companies, the own staff, as well as their experiences and work capacity decisively secure the economic success and need to be put in the spotlight of industrial 4.0 concepts and technologies. When considering the employee as one of the central factors of success within small and medium companies, the practical adaption of fully-automated and technology-driven concepts raise a variety of social issues, which need to be addressed by the social partnership, such as employer organizations, employee organizations as well as scientific partners. This article presents the current social issues as well as areas of conflict in which these social issues are settled. Such issues were collected on the basis of an expert workshop with managers and business consultants of small and medium companies and various interviews with representatives from the labor union IG Metall and the employers’ associations in regard to the change of work in the context of ‘Industry 4.0’.

**Keywords** Industry 4.0 · Social Partnership · Small and Medium Companies · Integrated Organization and Technology Development

### **1 Die vierte industrielle Revolution – Gestaltungsaufgabe der Sozialpartner**

Industrie 4.0 als vierte „industrielle Revolution“ zeichnet sich durch eine zunehmend komplexere Verbindung von Maschinen, Materialien, Standorten und Unternehmen im Zeichen vorantreibender Informationstechnologie aus. Diese Verbindung

wird zweifelsohne weitreichende Auswirkungen für die Produktion, die eingesetzten Produktionsressourcen sowie die inner- und zwischenbetriebliche Organisation von Unternehmen haben. Dabei ist das Ziel, das Unternehmen als Teil eines dynamischen, echtzeitoptimierten und unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerkes voranzutreiben. Smarte Produktionssysteme in Form von Cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS) gelten dabei als technischer Lösungsansatz, um den Herausforderungen an die Produktion innerhalb vernetzter Wertschöpfungsketten und stärker zusammenhängender Produktionsstätten entgegenzutreten, in dem die Lücke zwischen daten-, technologie- und prozessorientierter Produktionsgestaltung geschlossen werden soll. Sie umfassen verteilte, miteinander vernetzte, intelligente Produktionsanlagen, die eingebettete Systeme mit Internet-basierten Funktechnologien vernetzen sowie Sensordaten aufnehmen und Aktoren steuern und dadurch in der Lage sind, die Material-, Güter-, und Informationsflüsse (teil-)autonom zu regeln.

Zwar wird die theoretische Leitvision von Industrie 4.0 und CPPS immer einflussreicher in der Industrie, jedoch ist deren praktische Ausgestaltung noch sehr vage formuliert und geht nicht auf die jeweiligen Spezifika der Unternehmen, wie beispielsweise Branche, Wertschöpfungskette oder Unternehmensgröße ein. Da Industrie 4.0 vornehmlich an der Großindustrie orientiert ist, steht speziell der Mittelstand – der größte Treiber der deutschen Industrie – besonderen Herausforderungen im Kontext von Industrie 4.0 gegenüber. So bewegen sich viele kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) in Nischenmärkten und produzieren Kleinstserien oder Einzelstücke nach speziellen Kundenanforderungen mit einem wichtigen und historisch gewachsenen Mitarbeiter/innen-bezogenen Fachwissen. Insbesondere dieses Fachwissen sowie der oftmals sehr geringe Automatisierungsgrad der KMU machen eine Adaption bisherig ausformulierter Industrie 4.0-Konzepte und CPPS nahezu unmöglich und werfen Fragen arbeitsorganisatorischer Leitbilder im Kontext von Industrie 4.0 auf.

Besteht das Ziel Industrie 4.0 im deutschen Mittelstand zu etablieren, muss Industrie 4.0 als Technik-induzierte Organisations- und Personalentwicklung verstanden werden, welche sich von dem/der Mitarbeiter/in über Abteilungen bis hin zu der gesamten Wertschöpfungskette erstreckt (Brödner 2015). Nimmt man diese ganzheitliche Durchdringung in den Fokus, zeigt sich, dass die Leitvision einer Vollautomatisierung im Zuge von Industrie 4.0 keine hinreichende Option für den Mittelstand darstellt. Denn speziell innerhalb von KMU sichern die Mitarbeiter/innen und deren Arbeitsvermögen den wirtschaftlichen Erfolg, weshalb sie stets das Zentrum des Mittelstandes bilden und nach Aussagen der KMU auch weiterhin bilden werden. Wird der/die Mitarbeiter/in im deutschen Mittelstand betrachtet, fallen hinsichtlich der Ausgestaltung von Industrie 4.0 bei KMU viele Fragen an, besonders hinsichtlich Adaptierbarkeit der an großen Unternehmen orientierten Industrie 4.0-Konzepte, der Qualifikation von Mitarbeitern/Mitarbeiterinnen, der Mensch-Maschine-Kooperation, des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, sowie der Sicherheit von Unternehmens-, aber auch Beschäftigendaten. Konträr zu den Ideen der Vollautomatisierung muss daher die konkrete Ausgestaltung von Industrie 4.0 im Mittelstand eine gemeinsame Ausgestaltung mit Betriebsrat und Belegschaften, neben sozialpartnerschaftlicher Aushandlung anstreben. Dazu gilt es die Unternehmen, Arbeitgeberverbände und Gewerkschaften sowie neutrale wissenschaftliche Organisationen unter dem Ziel

einer sozialpartnerschaftlichen Einführung von Industrie 4.0-Konzepten und Technologien zu vereinen, um den deutschen Mittelstand sowohl nachhaltig als auch sozialverträglich in die Zukunft zu führen.

Mit diesem Artikel sollen die sozialen Spannungsfelder, welche sich zwischen den Unternehmen, Arbeitgeberverbänden und Gewerkschaften, sowie wissenschaftlichen Organisationen befinden, aufgezeigt werden. Alle diese Spannungsfelder betreffen zunächst die betriebliche Gestaltung von Arbeitsorganisation, Technikgestaltung und Weiterbildung. Die in diesen Spannungsfeldern angesiedelten offenen Fragestellungen, die es sozialpartnerschaftlich auszuhandeln gilt, sollen dazu genutzt werden, um die jeweiligen KMU und ihre Mitarbeiter/innen über Möglichkeiten und Grenzen bei Industrie 4.0, aufzuklären.

## 2 Spannungsfelder und Fragestellungen des Mittelstandes bei Industrie 4.0

Die deutsche Industrielandschaft ist durch ihre typische Mittelstandstruktur mit überwiegend kleinen und mittelständischen Unternehmen geprägt. Beispielsweise haben in Nordrhein-Westfalen, dem bevölkerungsreichsten deutschen Bundesland, rund 95 % der über 1600 Maschinenbaubetriebe weniger als 500 Mitarbeiter/innen und über zwei Drittel sogar weniger als 100 Beschäftigte (LeitmarktAgentur.NRW 2015). Die mittelständischen Unternehmen sind dabei sehr häufig in ihren zahlreichen (Nischen-)Märkten Weltmarktführer, sog. ‚Hidden Champions‘, und repräsentieren daher einen wichtigen Ausschnitt der international erfolgreichen deutschen Industrie. Die sehr geringen Rücklaufquoten verschiedener IHK-Befragungen zeigen jedoch, dass die Thematik ‚Industrie 4.0‘ den Mittelstand, wenn überhaupt, nur sehr schwerfällig durchdringt und einer großen Skepsis gegenübersteht. Aber nicht nur aufseiten der Unternehmer, sondern auch aufseiten der Arbeitnehmervertreter werfen Umsetzungsszenarien von Industrie 4.0 viele Fragen auf. Durch die technokratische Herangehensweise an Industrie 4.0 bleiben soziale, arbeits- und organisationswissenschaftliche Fragestellungen hinsichtlich Mitbestimmung, Mensch-Maschine-Kooperation und -Interaktion, Arbeits- und Gesundheitsschutz, Qualifizierungsthemen, Arbeitszeitfragen, Work-Life-Balance und viele weitere Aspekte aktuell oftmals unbeantwortet.

Der aktuelle Stand der Produktionsgestaltung als Cyber-Physische Produktionssysteme postuliert eine an den großen Unternehmen orientierte und vor allem sehr technokratische Top-Down-Sichtweise auf Industrie 4.0. Industrie 4.0-Technologien werden durch ein Zusammenwachsen von Informatik, Elektrotechnik und Maschinenbau sowie eine umfassende Ausstattung durch Sensorik bzw. Aktorik und deren Anbindung an IKT (weiter-)entwickelt, ohne dabei a) die individuellen Spezifika des Mittelstandes und vor allem dessen Mitarbeiter/innen, b) passende Organisationsstrukturen, sowie c) geeignete wirtschaftliche Einführungsstrategien neuer Technologien mitzuliefern. CPPS finden heute zu einem großen Teil in Industrieunternehmen mit einem sehr hohen Automatisierungsgrad auf Basis weit entwickelter Automatisierungstechnik für Produktionsanlagen Anwendung (Stich et al. 2015). Auf den Mittelstand in Deutschland bezogen stellt sich dabei die Frage, wie sich die Konzepte und Technologien von Industrie 4.0 so kombinieren und lokal oder global vernet-

zen lassen, dass sie den Anforderungen *aller* in der Wertschöpfungskette beteiligten Organisationen – auch den KMU mit oftmals hohem manuellem Fertigungsgrad – und den beteiligten Mitarbeiter/innen entsprechen und gleichzeitig neue, effiziente und wirtschaftlich erfolgreiche Industrieprozesse und -systeme erschaffen.

Das Hauptproblem ist, dass die Zeiten einer stabilen globalen Wirtschaft, welche durch beständige Produktportfolios, klar abgegrenzte Märkte und stabile Kundenbedürfnisse gekennzeichnet sind, der Vergangenheit angehören (Nyhuis et al. 2009). KMU müssen heutzutage wandlungsfähig sein und innovativ agieren, um am globalen Markt und dessen Konkurrenzdruck bestehen zu können. Die Flexibilität und Innovationsfähigkeit basiert dabei auf dem Innovationspotential der einzelnen Mitarbeiter/innen, die ihr Arbeitsvermögen in den im Mittelstand flexibleren Organisationsstrukturen für den wirtschaftlichen Vorteil des Unternehmens einbringen können. Dieser Vorteil muss durch eine mitarbeitergerechte Arbeits- und Organisationsstruktur auch im Rahmen von Standardisierungen und zunehmender Automatisierung erhalten werden. Im Hinblick auf Industrie 4.0 werden in den Bereichen der technischen und organisationalen Unternehmensentwicklung neue Spannungsfelder entstehen, welche einer beteiligungsorientierten Umsetzung im Betrieb bedürfen, damit die Potenziale des Mittelstandes in Deutschland erhalten bleiben.

## 2.1 Herausforderungen des Mittelstandes im Rahmen von Industrie 4.0

Wie zuvor dargestellt, besteht ein konkreter Handlungsbedarf, um die vorgeschlagenen Konzepte der Vollautomatisierung sinnvoll für den Mittelstand zu adaptieren. Dazu bedarf es eines Verständnisses darüber, welchen zentralen Aufgaben sich mittelständische Unternehmen stellen müssen, um zum einen technologisch wettbewerbsfähig zu bleiben, gleichzeitig aber ihre Flexibilität und spezifischen Kenntnisse zu erhalten. Es existieren bereits Studien, die auf Basis abgeschlossener oder noch laufender Projekte, retrospektivisch die zentralen Herausforderungen des Mittelstandes thematisieren (Bischoff et al. 2015). Die Ergebnisse konnten bereits empirisch bestätigt und weiter ergänzt werden. Dazu wurde ein Workshop mit 15 Experten, bestehend aus mittelständischen Geschäftsführern und Unternehmensberatern der Kreise Siegen-Wittgenstein und Altenkirchen, mit Fokus auf deren Erwartungen und Bedenken an Industrie 4.0 und CPPS durchgeführt. Der Workshop fand im Rahmen der Siegener Mittelstandstagung mit 250 Teilnehmern aus Industrie und Wissenschaft statt. Zusätzlich wurden gemeinsam mit der IG Metall intensive Gespräche mit Gewerkschaften und Betriebsräten sowie mit den lokalen Arbeitgeberverbänden und Geschäftsführern geführt, um deren Bedenken sowie Risiken im Hinblick auf die sich veränderten Arbeitsstrukturen im Kontext von Industrie 4.0 zu erheben. Im Folgenden werden die erhobenen Herausforderungen in sechs verschiedene Spannungsfelder (I–VI) zusammengefasst, die es zukünftig beteiligungsorientiert und sozialpartnerschaftlich – unter Einbezug der Arbeitnehmer- sowie Arbeitgeberverbände – zu adressieren gilt, um Konzepte und Technologien von Industrie 4.0 für den Mittelstand zu adaptieren und langfristig umzusetzen.

### 2.1.1 Spannungsfeld I: Adaptierbarkeit von CPPS und Einführungsstrategien von Industrie 4.0

Aktuelle Industrie 4.0-Konzepte und Technologien in Form Cyber-Physischer-Produktionssysteme fokussieren auf Großserien mit autonom durchführbaren Änderungen und lassen sich nicht ohne weiteres auf KMU adaptieren, da sich diese in Nischenmärkten bewegen und oft individuelle Einzelstücke nach speziellen Kundenanforderungen herstellen. Obwohl die Vision einer Fertigung von „Losgröße 1“ eine wesentliche Idee von Industrie 4.0 ist, sehen sich KMU aktuell nicht in der Lage, diese Vision in naher Zukunft vollautomatisiert umzusetzen. Dafür existieren vor allem zwei Gründe: Zum einen wird bezweifelt, dass sich Investitionen in CPPS und Industrie-4.0-Technologien in der eigenen Praxis in einem wirtschaftlich vertretbaren Zeitrahmen amortisieren (Wischmann et al. 2014). Zum anderen ist der manuelle Fertigungsgrad bei KMU aktuell sehr hoch und das benötigte, über Jahre angewachsene Fachwissen der Mitarbeiter/innen ist nicht ohne weiteres externalisierbar und in Programmcode zu überführen (Bracht et al. 2011). Gleichzeitig bildet das Arbeits- und Innovationsvermögen der Mitarbeiter/innen seit Jahrzehnten einen wesentlichen Garanten für die Marktstellung der KMU, so dass zu befürchten ist, dass durch wissensinkorporierte CPPS, welche die Produktionsprozesse autonom steuern würden, gerade die Mitarbeiter/innen-getriebene Innovation gehemmt werden würde.

Demzufolge stellt gerade für KMU eine Integration von CPPS und die Migration alter Informationsinfrastrukturen eine insbesondere sozio-technische Herausforderung dar. Neben technischen Aspekten sind dabei auch intra- und inter-organisatorische sowie arbeitswissenschaftliche Zusammenhänge zu berücksichtigen und für die Bewahrung, den Um- und Ausbau innovationsförderlicher Arbeits- und Kompetenzstrukturen durch ein sozialpartnerschaftliches Vorgehen abzusichern. Dabei bleibt bei bisherigen Ansätzen die Frage ungeklärt, wie technischer Fortschritt geschaffen werden kann, ohne jedoch die Innovationsfähigkeit und das Arbeitsvermögen der eigenen Mitarbeiter/innen zu schmälern. Es ist unklar, wie der Mix aus der heterogenen IT-Landschaft, den Mitarbeitern/innen, sowie den CPPS zusammen funktionieren soll. Dabei fehlen vor allem partielle Strategien, die eine individualisierte Einführung von CPPS bei KMU ermöglichen, welche die organisationale Struktur und Mitarbeiterstruktur berücksichtigen und sozio-technisch aufgreifen und fördern (Scheer 2012; Scheer 2013). Eine Identifikation notwendiger, passgenauer Bausteine von CPPS, welche mit der heterogenen Systemlandschaft von KMU sowie des individuellen Mitarbeiterstamms harmonisieren könnte, fällt schwer, denn bereits frühere IT-getriebene Leitideen, wie das Computer-Integrated-Manufacturing (CIM), weckten bei KMU bereits den Zweifel, dass die technische Vernetzung der Produktion als grundlegendes Architekturelement zuverlässig innerhalb des eigenen Unternehmens funktionieren wird. Vielmehr sollten CPPS die menschliche Reflexions- und Anpassungsfähigkeit durch maschinelle Präzision und Geschwindigkeit unterstützen, im Sinne einer „Intelligenzverstärkung“ (Brödner 2015). Innerhalb des Spannungsfeldes „Adaptierbarkeit von CPPS und Einführungsstrategien von Industrie 4.0“ ergeben sich folgende Themen, die es langfristig bei Industrie 4.0 im Mittelstand zu behandeln gilt:

- Investitionen und Amortisierung
- Passung in existierende technische und soziale Infrastrukturen
- Technische Flexibilität und Erweiterbarkeit
- Technisches Projektmanagement
- Integrierte Wartungskonzepte
- Weiterqualifizierung/Job Enrichment mit Industrie 4.0
- Evolutionäre Einführungsprozesse mit sozialpartnerschaftlichem Vorgehen

### 2.1.2 Spannungsfeld II: *Qualifikationsanforderungen und Mitarbeiterqualifikation*

Die Digitalisierung im Rahmen von Industrie 4.0 setzt arbeitsorganisatorische Umwälzungen in Gang, die vor allem von der Einführung neuer digitaler Vernetzungssysteme getragen werden. Die notwendige resultierende Durchdringung von Arbeitsprozessen mit digitalen Arbeitswerkzeugen und virtuellen Kooperations- und Informationsinstrumenten verändert die Tätigkeitsprofile und -anforderungen tiefgreifend. Kooperation, Abstimmung und Austausch über virtuelle Netzwerke setzt zunehmend Kompetenzen wie Vorstellungsvermögen über Arbeitszusammenhänge, Bedarfslagen, Ablauflogiken und Spezifika anderer Akteure der Wertschöpfungskette (Zulieferer, Kunden, Anlagenherstellern und -betreiber etc.) voraus. Weiter werden Integrationskompetenzen wie auch die Fähigkeit, sich in fachfremde Abläufe und Prozesse schnell einzuarbeiten, immer wichtiger. Bei den Arbeitstätigkeiten wird von einer Virtualisierung und Reorganisation in Echtzeitprozessen vormals weitgehend analoger und zeitlich versetzter Tätigkeiten ausgegangen (Geisberger und Broy 2012).

Die Arbeit in horizontalen, bereichs-, unternehmens- und branchenübergreifenden Netzwerken impliziert damit neue Qualifikationsanforderungen und erfordert neue Ansätze (vgl. Senderek et al. 2015) für die Weiterbildung, aber auch Konzepte der arbeitsplatznahen Qualifizierungsmöglichkeiten, z. B. „Training on the job“ (Jacobs und Bu-Rahmah 2012). Insbesondere integratives und übergreifendes Wissen (Überblickswissen, Steuerungskompetenzen, die Fähigkeit, fremde Arbeitsabläufe nachzuvollziehen, soziale und analytische Kompetenzen, Optimierung von Funktionsschnittstellen), das nicht tätigkeitsspezifisch ist, gewinnt somit an Relevanz (Gaiziunas 2009). Die Interdisziplinarität von Arbeitszusammenhängen wird wichtiger und die dafür notwendigen Kompetenzen werden an Bedeutung zunehmen. Dies hängt damit zusammen, dass die vertikale und horizontale Vernetzung von Unternehmen und die enge informationelle Verknüpfung vom Zulieferer bis zum Endkunden zunehmend herkömmliche Differenzierungen zwischen Produktions-, Dienstleistungs-, und Administrationsarbeit aufheben. Die Vernetzung von Wertschöpfungsketten ermöglicht die Entstehung von hybriden Produkten, die sich aus Sachgütern, zugehörigen, komplementären Dienstleistungen und damit verknüpften Expertise zusammensetzen. Arbeit ist in solchen Zusammenhängen daher abnehmend von nur einer spezifischen Art der Tätigkeit gekennzeichnet und wird ebenso „hybrid“. In der Grundtendenz werden sich aber manuelle, analoge Tätigkeiten zugunsten immaterieller Gewährleistungsarbeiten verringern.

Dadurch entstehen wichtige Fragen und zu bearbeitende Herausforderungen für die Bildungspolitik, wie auch die betriebliche und überbetriebliche Weiterbildungs-

und Qualifizierungspolitik. Die konkrete betriebliche Evaluierung, wie sich Digitalisierungsprozesse auf verschiedene Berufsbilder und Tätigkeitsprofile auswirken, steht noch aus und muss in betrieblichen Umsetzungsprojekten erfolgen. Die gleichzeitige Technikentwicklung und -implementierung sowie die Kompetenzentwicklung und Anpassungen bei der Qualifizierungspolitik auf den verschiedenen Ebenen bietet eine große Chance, den Gleichschritt von Mensch und Maschine zu gewährleisten und die Beschäftigten als Steuerer der Systeme zu befähigen. Nötig sind daher neue Initiativen und Ansätze in der beruflichen Weiterbildung, beispielsweise hinsichtlich zertifizierter Weiterbildungsabschnitte.

Die immer schnelleren technologischen Innovationssprünge erfordern größere Weiterbildungsanstrengungen der Beschäftigten. Lebenslanges Lernen wird wichtiger. Voraussetzung dafür ist, dass entsprechende Angebote der Unternehmen bestehen und bspw. bildungsbezogene Auszeiten ermöglicht werden. Nötig sind dafür entsprechende Prozesse zur Erfassung der Entwicklung der Anforderungsprofile nach Tätigkeiten und Berufsbildern und die Übersetzung in Qualifizierungs- und Weiterbildungscurricula.

Im Zusammenhang mit Industrie 4.0 erhalten zudem arbeitsplatznahe Qualifizierungsmöglichkeiten eine wesentlich größere Bedeutung. Eine Herausforderung besteht daher in der Integration von Lern- und Qualifizierungsmöglichkeiten in Arbeitsprozesse; sie sollten als Bestandteile guter Arbeit und gelungener Erwerbsverläufe gedacht und umgesetzt werden. Kompetenzentwicklung setzt voraus, die Anforderungen der konkreten Aufgabe zu analysieren und die Beschäftigten in die Lage zu versetzen, diese zu bewältigen. Praxisgemeinschaften spielen für den Erwerb von Handlungskompetenz zudem eine herausragende Rolle. Eine Anbindung von Vernetzungstechnologien an Prozesse der Kompetenzentwicklung durch Kooperation im Sinne der Erfahrungssicherung und -bereitstellung sowie des Erfahrungsaustauschs ist im Kontext von Industrie 4.0 daher nötig. Bei der Ermöglichung kooperativer Aneignung neuer Technologien wird es daher darauf ankommen, arbeitsplatznahe und prozessintegrierte Lernmöglichkeiten („Kontextualisierung“) bereitzustellen, die das Arbeitsvermögen durch die Nutzung und Weitergabe von Erfahrungswissen und implizitem Wissen stärkt. Der Bedeutungsgewinn von Erfahrungswissen kann in der Folge auch entsprechend in den Kompetenzbewertungen und Entgeltstrukturen der Belegschaften stärker verankert werden. Innerhalb des Spannungsfeldes „Qualifikationsanforderungen und Mitarbeiterqualifikation“ ergeben sich folgende Themen, die es langfristig bei Industrie 4.0 im Mittelstand zu behandeln gilt:

- Integration von Wissensmanagement und Training-On-The-Job
- Etablierung und Unterstützung unternehmensinterner und –übergreifender Lerngemeinschaften
- Erweiterung betrieblicher und überbetrieblicher Qualifizierungsmöglichkeiten durch entsprechende Angebote (z. B. Möglichkeiten zur Bildungsteilzeit, breite Ermöglichung der Nutzung betrieblicher Qualifizierung)
- Zertifizierte Aus- und Weiterbildungskonzepte für kleinere Bildungsabschnitte
- Prozesse der Kontrolle und Anpassung von Weiterbildungsbedarfen und -maßnahmen, Planbarkeit von Lernkarrieren
- Anpassung von Ausbildungsstrukturen

- Bildungspolitische Impulse aus der Praxis

### 2.1.3 Spannungsfeld III: Mensch-Maschine-Kooperation

Fokussiert die Mitarbeiterqualifikation vor allem den Ausbau des Arbeitsvermögens der Mitarbeiter/innen, müssen aus technischer Sicht die komplexen Cyber-Physischen Produktionssysteme die Möglichkeiten der hochproduktiven Herstellung von Fertigungserzeugnissen bieten. Vor dem Hintergrund des durch den Kunden implizit aufgebauten Drucks durch steigende Variantenvielfalt, kleinere Losgrößen und erhöhte Produktkomplexitäten wird die Fertigungssteuerung und -überwachung solcher teilautomatisierter komplexer Fertigungen zunehmend unübersichtlich. Eine Vielzahl von Prozessparametern unterschiedlich integrierter Produktionsressourcen steht in unmittelbarer Wechselwirkung mit den späteren Eigenschaften und der Beschaffenheit des Fertigungserzeugnisses. Das gilt in besonderem Maße für moderne Fertigungsverfahren des Umformens/Zerspanens, Trennens oder Fügens, da hier die mechanischen Funktionen einer Anlage und unterschiedliche Medien und Werkzeuge im Fertigungsprozess zusammengeführt werden, woraus sich eine Vielzahl an Anlagenzuständen und abhängigen Prozessparametern ergibt.

Trotz flexiblerer Produktions- und Prozessgestaltung stellen diese teilautomatisierten, komplexen Fertigungssysteme hinsichtlich ihrer Einführung, Verfügbarkeit und technischen Beherrschbarkeit eine enorme Herausforderung dar (Munir et al. 2013; Brödner et al. 1997). Die Darstellung relevanter Einflussgrößen in echtzeitbasierten, komplexen Produktionsprozessen im innerbetrieblichen sowie im überbetrieblichen Kontext ist hierbei herauszuheben. Es gilt daher, komplexe Fertigungsabläufe sowohl prozess- als auch zeitnah zu analysieren und den Mitarbeitern/Mitarbeiterinnen – z. B. den Anlagenführer(n)/innen oder (internen/externen) Entscheidungsträger(n)/innen – in situ (direkt am Ort und in der Situation) zur Verfügung zu stellen. Die Herausforderung liegt deshalb in der humanorientierten Gestaltung neuer Mensch-Maschine-Interaktionen und der Befähigung der Mitarbeiter/innen, in diesen vernetzten Arbeitsumgebungen zu arbeiten und „Herr des Geschehens“ zu bleiben. Besonders kritisch kommt diese Problematik bei Störungen oder Fehlern innerhalb des hoch komplexen Produktionsprozesses zum Tragen (Pipek und Wulf 2009). Gerade bei vollautomatisierten Systemen ergibt sich die Herausforderung, den Mitarbeitern Kompetenzen zu vermitteln, Probleme im situativen Rahmen neu zu planen, anzupassen und so einen geregelten Ablauf wiederherzustellen. Jedoch verfügen die Produktionsmaschinen derzeit nur über beschränkte Funktionen, systemübergreifend interne und externe Ereignisse systematisch hinsichtlich qualitätskritischer bzw. ineffizienter Situationen im Produktionsprozess auszuwerten. Ferner fehlt es an einem geeigneten Informationssystem um den/die Mitarbeiter/in innerhalb solcher Situationen aufgabenangemessen zu unterstützen und ein geeignetes Vorgehen zur zielgerichteten, schnellen und effizienten Produktion zu ermöglichen.

Deutsche Unternehmen sind durch Selbstverpflichtungen wie DIN EN ISO 9000ff oder durch gesetzliche Haftung für ihre Produkte und Prozesse gezwungen, ihre Produktionsprozesse selbst zu kontrollieren, zu dokumentieren und vor allem stets zu beherrschen. Die Komplexität der aktuellen Fertigungssysteme und der aktuell durchdringenden CPPS, der rasche technische Fortschritt sowie die enge Verknüp-

fung von Hard- und Software in dem Bereich der Produktion stellt die Mitarbeiter/innen solcher komplexen Fertigungstechnologien vor große Herausforderungen bei deren Handhabung (Ludwig et al. 2014). Daher sind aus technischer Sicht neue Benutzerschnittstellen und Unterstützungswerkzeuge erforderlich, welche die Anwender/innen in die Lage versetzen mit der Entwicklung Schritt zu halten, die Maschine selbstständig zu verstehen und effektiv sowie effizient für ihre Arbeit zu nutzen. Für die Ausgestaltung solcher Mensch-Maschine-Interaktionsschnittstellen bedarf es verschiedener sozio-technischer Konzepte. Diese zielen darauf ab, Mitarbeiter/innen in ihrem Arbeitsprozess zu befähigen und so die Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen zu optimieren. Die Schaffung solcher Schnittstellen und die damit verbundene Qualifizierung der Mitarbeiter/innen entscheiden mittelfristig darüber, ob sich Unternehmen in Industrie 4.0-orientierten Wertschöpfungsketten vor allem unter dem Gesichtspunkt fehlender Investitionsmittel etablieren bzw. halten können. Sollte sich die Vision der (teil-) autonomen horizontalen Wertschöpfungskette bewahrheiten, könnten Industrie 4.0-Zertifikate bzw. CPPS-Ready-Zertifikate vergeben werden. Zum einen werden solche Zertifikate gewisse Qualitätsstandards bzw. Interoperabilität gewährleisten, zum anderen besteht das Problem, dass wenn ein KMU nicht die durch die Großunternehmen geforderten Industrie 4.0-Zertifikate besitzt, es aus der Wertschöpfungskette gedrängt werden kann. Es gilt daher solche – voraussichtlich in naher Zukunft kommenden – Standardisierungs-, Normierungs- und Zertifizierungsprozesse unter Beteiligung des Mittelstandes zu formulieren. Entsprechend müssen Brücken- und Schnittstellentechnologien geschaffen werden, die es KMU erlauben, Konzepte im Rahmen von Industrie 4.0 schrittweise und nachhaltig einzuführen und so eine parallele, auf einander abgestimmte Organisations- und Technologieentwicklung (OTE) zu ermöglichen (Wulf und Rohde 1995). Innerhalb des Spannungsfeldes „Mensch-Maschine-Kooperation“ ergeben sich folgende Themen, die es langfristig bei Industrie 4.0 im Mittelstand zu behandeln gilt:

- Verbesserung von Kontrolle und Steuerbarkeit komplexer Produktionsanlagen (z. B. Usability)
- Umsetzung kooperativer Entscheidungsstrukturen unter echtzeitnahen Bedingungen
- Konzepte und Infrastrukturen zur Aneignung neuer Technologien
- Industrie 4.0 im Qualitäts- und Compliance-Management (auch rechtliche Fragen)
- Kooperations- und Standardisierungsfragen entlang der Wertschöpfungskette
- Standardisierungsimpulse aus der KMU-Praxis unter Berücksichtigung sozial-partnerschaftlichen Vorgehens

#### *2.1.4 Spannungsfeld IV: Arbeits- und Gesundheitsschutz und neuer Flexibilitätsskompromiss*

Die Echtzeitvernetzung von Arbeitsprozessen und die Nutzung immer leistungsfähigerer, internetfähiger Endgeräte verändert potenziell den zeitlichen Zugriff auf Arbeitskraft und verändert zudem den Charakter von Arbeit innerhalb von Kernarbeitszeiten im Betrieb. Die enge Kooperation mit Betrieben in anderen Ländern,

Zeitzone und Branchen erweitert zudem den sozialräumlichen Bezug des Betriebs. Beides wird zu höheren Anforderungen an die Flexibilität und Verfügbarkeit der Arbeitnehmer führen. Bereits heute schreitet die Entgrenzung von Arbeit und Freizeit schnell voran. Andererseits ist Zeit- und Ortsflexibilität auch von Seiten der Arbeitnehmer zunehmend gewünscht, um private und berufliche Anforderungen besser in Einklang bringen zu können. Aus arbeitswissenschaftlichen Studien (z. B. Collatz und Gudat 2011) ist bekannt, dass ständige Erreichbarkeit, regelmäßig überlange Arbeitszeiten und Entgrenzungstendenzen negative Konsequenzen auf die psychische Gesundheit und die langfristige Leistungsfähigkeit der Arbeitnehmer haben können. Die Verbreitung von Stresssymptomen und psychischen Erkrankungen („Burn Out“) ist auch in diesem Zusammenhang zu sehen. Die Digitalisierung von Wirtschaft und Arbeit verlangt eine neue Sensibilität im Umgang mit Arbeitskraft und erfordert auch einen neuen gemeinsamen Regulierungsrahmen von Arbeitszeiten, beispielsweise durch Betriebsvereinbarungen. Entgrenzung, Erreichbarkeit und Verfügbarkeit können durch innovative Arbeitszeitregimes Grenzen gesetzt und somit Über- und Fehlbelastungen auch in Arbeitszusammenhängen, die weitgehend autonom und selbstorganisiert verlaufen, vermieden werden.

Gefragt ist ein an die digitale Arbeitswelt angepasster Arbeits- und Gesundheitsschutz, der eine bessere Work-Life-Balance mit Flexibilitätsanforderungen der Unternehmen in Einklang bringt. Zu leisten ist dies in erster Linie von den Sozialpartnern und durch Betriebsvereinbarungen. Zudem werden die Ansprüche an flexibles Arbeitshandeln, Lernverhalten und Interaktionsarbeit zunehmen. Auswirkungen zeitkritischer Handlungsanforderungen in Arbeitsumgebungen mit zunehmender echtzeitnaher Bereitstellung von Informationen und insgesamt komplexeren Anforderungen an die Informationsverarbeitung (Multi-Tasking, häufige Arbeitsunterbrechungen, wechselnde Anforderungen etc.), sowie an die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter/innen sind in Einführungsprozessen von Industrie 4.0 zu evaluieren. Entsprechende Gesundheitsschutzmaßnahmen sind zu entwickeln und in Arbeits- und Tätigkeitsprofilen entsprechend zu berücksichtigen. Ziel ist der Erhalt und die Förderung kognitiver Leistungsfähigkeit und mentaler Gesundheit sowie eine Verhinderung von Tendenzen der Leistungsverdichtung. Innerhalb des Spannungsfeldes „Arbeits- und Gesundheitsschutz und neuer Flexibilitätskompromiss“ ergeben sich folgende Themen, die es langfristig bei Industrie 4.0 im Mittelstand zu behandeln gilt:

- Bewertung von Entgrenzungspotenzialen (Work-Life-Balance)
- Vermeidung von Über- und Fehlbelastungen
- Angepasster Arbeits- und Gesundheitsschutz
- Entwicklung und Umsetzung entsprechender Arbeitsorganisationskonzepte und Arbeitszeitsysteme, die die Problematiken von Entgrenzung und erweiterter Verfügbarkeit aufgreifen

### *2.1.5 Spannungsfeld V: Sicherheit von Unternehmensdaten und -prozessen*

Deutsche KMU finden sich innerhalb der Wertschöpfungsketten vor allem in Zuliefererpositionen wieder. Dabei postuliert Industrie 4.0 eine transparente Wertschöp-

fungskette, eine realzeitliche Produktionsverfolgung und eine Schnittstelle für externe Sichten auf die Produktion und somit das eigene Unternehmen. Ein Spannungsfeld entsteht dadurch, dass solche Konzepte die Wertschöpfungsposition eines Zulieferers einerseits stärken, ihn andererseits aber auch in horizontalen Wertschöpfungsnetzwerken beliebig austauschbar werden lassen können. So befürchten deutsche KMU, dass im Zeitalter der Globalisierung transparente Wertschöpfungsketten zu ihrer Substituierung durch ausländische Hersteller beitragen könnten. Neben der Substitution des eigenen Gesamtunternehmens befürchten die KMU außerdem, dass aufgrund transparenter Prozesse die Profile hochqualifizierter Mitarbeiter/innen, als die wesentlichen Wissensgaranten, bekannt werden und diese von Kooperationspartnern durch verschiedene Anreize abgeworben werden könnten.

Insbesondere auf Ebene der erzeugten Industriedaten gehen Chancen und Risiken Hand in Hand. Industrie 4.0-Technologien erzeugen große Mengen sensibler Industriedaten, wie etwa Sensordaten, Produktinformationen, Lieferdaten, Alarmdaten, Fehlermeldungen oder Testergebnisse. Die für produzierende Unternehmen besonders wichtigen Sensordaten betriebsinterner Produktionseinheiten ermöglichen auf der einen Seite z. B. erhebliche Effizienzsteigerungen, die Vermeidung störungsbedingter Stillstände oder neuartige Dienstleistungen, wie etwa eine weltweite Fernwartung von Maschinen. Auf der anderen Seite befürchten deutsche KMU, dass Unternehmensprozesse aufgrund mangelnder Datensicherheit beim Einsatz von Industrie 4.0-Technologien transparent werden und dadurch der Druck von Großkunden zunimmt, die unter anderem Preisänderungen erzwingen könnten. Ferner drohen Betriebsgeheimnisse an Konkurrenten verloren zu gehen, da Industriedaten sensible Informationen über das Geschehen in Betrieben preisgeben, wozu neben dem Wissen um Produktionsmengen und Produktionssteuerung auch Fehlerquoten zählen.

Gerade mittelständische Unternehmen stellen sich daher die Frage, wem die Daten über ihre Produktionsprozesse gehören bzw. welchen Schutz sie im Falle fremden Zugriffs genießen. Sind durch Sensoren gemessene Daten Eigentum des Maschinenherstellers, des produzierenden Unternehmens oder womöglich des Kunden, der letztlich auch den Produktionsprozess zahlt? Die deutsche Rechtsordnung kennt derzeit kein originäres Schutzrecht an Daten. Unmittelbar straf- und zivilrechtlich geschützt sind lediglich physische Datenträger gegen Beschädigung und Veränderung sowie natürliche Personen gegen den rechtswidrigen Umgang mit ihren personenbezogenen Daten. Hinzu treten der enge lauterkeitsrechtliche Schutz von Unternehmensgeheimnissen (§ 17 UWG), das Leistungsschutzrecht des Datenbankherstellers (§§ 87a ff. UrhG) sowie einschlägige Immaterialgüterrechte, die bestimmte Daten in Form persönlicher geistiger Schöpfungen (Urheberrecht) oder Erfindungen (Patentrecht) schützen. Diese Schutzmöglichkeiten sind für Industrie 4.0-Anwendungen aber nur von begrenztem Nutzen, da sie von ihrer teleologischen Ausrichtung her die hier in Rede stehenden Daten (insb. Maschinendaten) nicht berücksichtigen und daher allenfalls vereinzelt erfassen. Um im globalen Wettbewerb bestehen zu können, könnte sich mittelfristig auf deutscher, wenn nicht sogar auf europäischer Ebene die Einführung eines Schutzrechts als erforderlich erweisen, das einen risikominimierten Umgang mit Industriedaten ermöglicht. Ein solches strebt beispielsweise die europäische Kommission im Zuge ihrer „Strategie für einen digitalen Binnenmarkt für Europa“ zwar an (COM 192 PUBLIC 2015), es müsste

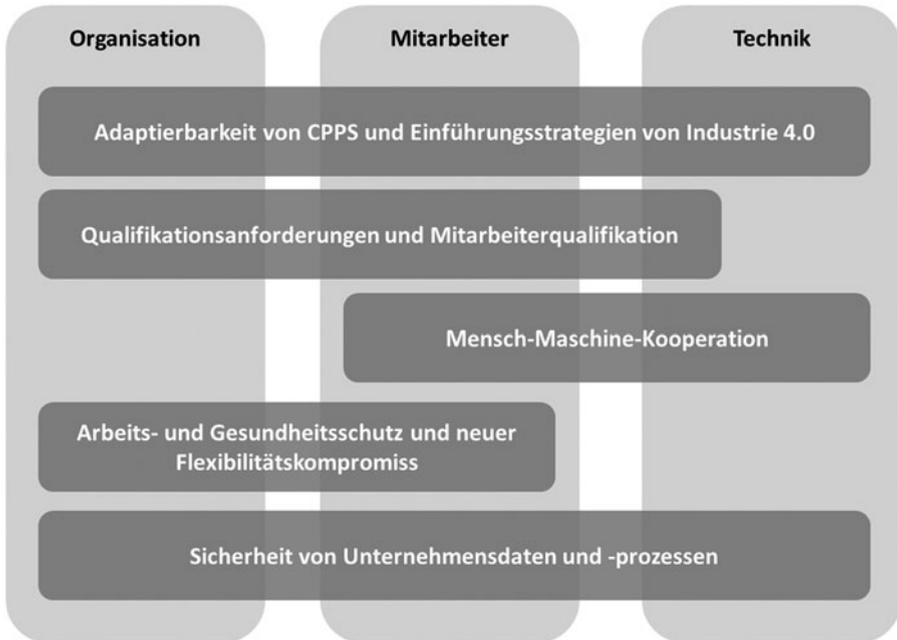
allerdings vor allem vom Mittelstand, als größtem industriellen Treiber, mitgetragen werden. Zu diesen rechtlichen Fragen der Datensicherheit kommen mit CPPS die allgemeinen IT-Sicherheits-Bedrohungen auf die Unternehmen hinzu, etwa der Ausfall kritischer IT-Infrastrukturen durch Ausfall oder Sabotage.

Aktuell besteht damit speziell für KMU ein konkreter praktischer Beratungsbedarf sowohl für einen Schutz der Daten und Systeme, für Geheimnis-/Know How-Schutz als auch für eigentumsartige Verwertungsrechte. Innerhalb des Spannungsfeldes „Sicherheit von Unternehmensdaten und -prozessen“ ergeben sich folgende Themen, die es langfristig bei Industrie 4.0 im Mittelstand zu behandeln gilt:

- Ausfallsicherheitsanalysen von Industrie-4.0-Infrastrukturen (inkl. Risiken- und Folgenmanagement)
- Gleichwertige Betrachtung harter (z. B. Verschlüsselung) und weicher (z. B. Datensichtbarkeit, rechtliche Strukturen) Datenschutzaspekte
- Sichtbarkeitsanalysen betrieblicher Wissensträger (Abwertungsrisiken)
- Vereinbarungen von Dateneignerschaft (KMU, Kunde oder Maschinenhersteller), Datenökonomien
- Weiterentwicklung des rechtlichen Schutzes von Daten als Immaterialgüter (im Betrieb und politisch)

#### *2.1.6 Spannungsfeld VI: Beschäftigtendatenschutz*

Die Digitalisierung im Zuge von Industrie 4.0 wird völlig neue Herausforderungen nicht nur für die IT-Sicherheit eines KMU, sondern auch für den Beschäftigtendatenschutz mit sich bringen. Die Vernetzung durch mobile Geräte sowie die Allgegenwärtigkeit von Rechnern verändern nicht nur Arbeitstätigkeiten, sondern ermöglichen auch die Erfassung des Verhaltens von Mitarbeiter/innen und die Auswertung durch Algorithmen. Die Einbindung der Beschäftigten in einen durchgängigen Informationsfluss zwischen den Stellen und Akteuren einer Wertschöpfungskette und neue wechselseitige Informations-, Konsultations- und Aushandlungsansätze durch digitale Technologien setzen die Erfassung, Speicherung, Auswertung und Zuordnung von Technologie- und Mitarbeiterdaten voraus. Hieraus erwachsen Anforderungen an neue Ansätze des Beschäftigtendatenschutzes. Die Verknüpfung von Technologie- und Personendaten und die Auswertung über Algorithmen ermöglichen umfassende Leistungs- und Verhaltensprofile. Eine derartige Nutzung von Industrie 4.0-Konzepten stößt auf Skepsis bis Ablehnung in großen Teilen der Belegschaften (vgl. Hornung und Steidle 2005). Die Steigerung der Akzeptanz für Industrie 4.0 – und damit ihre Chance auf erfolgreiche Umsetzung – wird nur durch die Evaluierung und Berücksichtigung der Vertrauensgrenzen der Beschäftigten möglich sein. Daher müssen Akzeptanzschwellen der Beschäftigten bei der Gestaltung von Industrie 4.0 durch die Beteiligung der Beschäftigten und Betriebsräte berücksichtigt werden. Ein sensibles Vorgehen bei der Verknüpfung von Technologie- und personenbezogenen Daten, das den Grundsätzen der Erforderlichkeit, der Datensparsamkeit und der Zweckbindung gerecht wird und die Beteiligungsrechte und Gestaltungsvorschläge der Betriebsräte und Beschäftigten in den Mittelpunkt stellt, ist zentral. Innerhalb des



**Abb. 1** Spannungsfelder Industrie 4.0 aus Organisation-Mitarbeiter-Technik Perspektive

Spannungsfeldes „Beschäftigtendatenschutz“ ergeben sich folgende Themen, die es langfristig bei Industrie 4.0 im Mittelstand zu behandeln gilt:

- Ermittlung und Berücksichtigung von Vertrauensgrenzen durch beteiligungsorientierte Einführung neuer technologischer Systeme
- Nutzung personenbezogener Daten nach den Grundsätzen der Erforderlichkeit, der Datensparsamkeit und der Zweckbindung
- Anonymisierung und Pseudonymisierung von Personendaten

### 3 Der Mensch im Mittelpunkt

Besteht das Ziel Industrie 4.0 im deutschen Mittelstand zu etablieren, stellt eine voll-automatisierte Technologie-determinierte Ausgestaltung keine hinreichende Option für den deutschen Mittelstand dar. Denn speziell bei kleineren und mittelständischen Unternehmen sichern die Mitarbeiter/innen, deren über Jahrzehnte gemachte Erfahrungen sowie das daraus resultierende Arbeitsvermögen maßgeblich den wirtschaftlichen Erfolg. Wird nun der Mitarbeiter bzw. die Mitarbeiterin als Zentrum des Mittelstandes betrachtet, entstehen bei der Adaption von Industrie 4.0-Konzepten und der praktischen Ausgestaltung von Industrie 4.0-Technologien eine Vielzahl sozialer Fragestellungen. Diese gilt es sozialpartnerschaftlich von den Arbeitgeberverbänden und Gewerkschaften sowie zur Gewährleistung zukünftiger Ausgestaltung auch unter Einbezug wissenschaftlicher Organisationen auszuhandeln.

Auf Basis eines umfassenden Workshops mit 15 Experten, bestehend aus mittelständischen Geschäftsführern und Unternehmensberatern mit Fokus auf deren Erwartungen und Bedenken hinsichtlich Industrie 4.0 und CPPS sowie verschiedenen Interviews mit Vertretern der IG Metall, wurden in diesem Artikel aktuelle soziale Spannungsfelder im Hinblick auf die Veränderung von Arbeit im Kontext Industrie 4.0 aufgezeigt. Diese Spannungsfelder umfassen dabei a) die sozio-technische Adaptierbarkeit von Industrie 4.0 Konzepten auf den Mittelstand, b) die Qualifikation von Mitarbeitern/Mitarbeiterinnen, c) die Mensch-Maschine-Kooperation, d) den Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie e) die Sicherheit von Unternehmens- und Beschäftigtendaten (Abb. 1). In jedem dieser Spannungsfelder wurden aktuelle Themenbereiche aufgezeigt, die es im Hinblick auf Industrie 4.0 und einer Einführung bzw. Adaption im Mittelstand beteiligungsorientiert im Betrieb zu adressieren und sozialpartnerschaftlich auszuhandeln gilt.

Dieser Artikel enthält dabei jedoch keine konkreten Handlungsanweisungen für KMU, sondern zeigt die aktuellen und zukünftigen Spannungsfelder und Arenen auf, in welchen sich kleine und mittelständische Unternehmen, Sozialpartner, Arbeitgeberverbände sowie die verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtung wiederfinden und ihre jeweiligen Interessen und Strategien aushandeln müssen. Durch das Aufzeigen dieser Spannungsfelder sollen vor allem die Entscheidungsträger innerhalb der KMU dafür sensibilisiert werden, Konzepten der Vollautomatisierung, CPPS sowie der reinen technikorientierten Fokussierung sowie späteren Ausgestaltung von Industrie 4.0 differenziert gegenüber zu stehen und individualisiert für den eigenen Kontext zu betrachten.

Dazu bedarf es aus Unternehmenssicht eines holistischen Ansatzes, welcher die zukünftige intelligente und vernetzte Produktion im Rahmen neuartiger Produktionsmöglichkeiten für die speziellen Bedarfe, Potenziale, Bedenken und Risiken für KMU ausformuliert und anhand spezifischer Anwendungsfälle entlang verschiedener Wertschöpfungsketten für eine überzeugende und nachhaltige Umsetzungsperspektive sowie -strategie sorgt. Perspektivisch müssen Entscheidungsträger der KMU in die Lage versetzt werden, das eigene Unternehmen im Kontext von Industrie 4.0 zu verorten und somit einen bedarfsgerechten Einstieg zu erlangen, welcher eine Grundvoraussetzung für die klassischen, bislang postulierten Top-down-Konzepte von Industrie 4.0 darstellt. Es muss die im Zusammenhang mit Industrie 4.0 manifestierte Synthese von Sensorik und Aktorik aufgeschlüsselt und differenziert betrachtet werden und somit den Mitarbeiter als einer der wesentlichen Akteure eines gesamtheitlichen CPPS herauszuheben. Dies ist in Betrieben mit (derzeit) hohem manuellen Fertigungsgrad von besonderer Relevanz.

## Literatur

- Bischoff J et al (2015) *Studie „Erschließen der Potenziale der Anwendung von, Industrie 4.0“ im Mittelstand“*, Mülheim an der Ruhr
- Bracht U, Geckler D, Wenzel S (2011) *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiel*. VDI-Buch (Hrsg). Springer-Verlag, Berlin
- Brödner P (2015) *Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein neuer Technologieschub?* In: Hirsch-Kreinsen H, Ittermann P, Niehaus J (Hrsg) *Digitalisierung industrieller Arbeit*. edition sigma 2015, Berlin

- Brödner P, Hamburg I, Kirli P (1997) Leitlinien zur Einführung neuer technischer Verfahren und Systeme im Betrieb. Institut Arbeit und Technik, Gelsenkirchen
- Collatz A, Gudat K (2011) Work-life-balance. Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen
- COM 192 PUBLIC (2015) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen/Strategie für einen digitalen Binnenmarkt für Europa (64856/EU XXV.GP)
- Gaiziunas N (2009) Qualifizierung im Supply-Chain-Management. Vom Einkäufer zum Supply-Chain-Manager. mi-Wirtschaftsbuch, München
- Geisberger E, Broy M (2012) agenda CPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer Verlag, Heidelberg
- Hornung G, Steidle R (2005) Datenschutz: Biometrie am Arbeitsplatz – sichere Kontrollverfahren versus ausuferndes Kontrollpotential. Arbeit Recht 53(6):201–207
- Jacobs RL, Bu-Rahmah MJ (2012) Developing employee expertise through structured on-the-job training (S-OJT): an introduction to this training approach and the KNPC experience. Ind Commer Train 44(2):75–84. <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/00197851211202902>
- LeitmarktAgentur.NRW (2015) Produktion.NRW
- Ludwig T et al (2014) Towards sociable technologies: an empirical study on designing appropriation infrastructures for 3D printing. In Designing interactive systems. Vancouver, Canada, S. 835–844
- Munir S et al (2013) Cyber physical system challenges for human-in-the-loop control. In The 8th International Workshop on Feedback Computing. San Jose, California, USA
- Nyhuis P et al (2009) Wandlungsfähige Produktionssysteme – Ergebnisse der BMBF-Vorstudie „Wandlungsfähige Produktionssysteme“. wt Werkstatttechnik online 99:205–210
- Pipek V, Wulf V (2009) Infrastructuring: towards an integrated perspective on the design and use of information technology. J Assoc Inf Syst 10(5):447–473
- Scheer AW (2012) Die Industrierevolution 4.0 verändert Organisationen und Prozesse!  
<http://www.august-wilhelm-scheer.com/2012/08/23/die-industrierevolution-4-0-verandert-organisationen-und-prozesse/>. Zugegriffen: 4. Okt. 2015
- Scheer AW (2013) *Industrie 4.0*, Satzweiss.com
- Senderek R, Mühlbradt T, Buschmeyer A (2015) Demografiesensibles Kompetenzmanagement für die Industrie 4.0. In: S. Jeschke et al (Hrsg) Exploring Demographics. Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 281–295
- Stich V et al (2015) Studie – Cyber Physical Systems in der Produktionspraxis
- Wischmann S, Wangler L, Botthof A (2014) Industrie 4.0 – Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland (AUTONOMIK INDUSTRIE 4.0) L. K. GmbH, Hrsg., Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
- Wulf V, Rohde M (1995) Towards an integrated organization and technology development. In Proceeding DIS '95 Proceedings of the 1st conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, & techniques. S. 55–64