

# Industrie 4.0 konkret – vom Leitbild zur Praxis?

SABINE PFEIFFER, NORBERT HUCHLER

## 1 Industrie 4.0 konkret?

Industrie 4.0 hat als Begriff seit 2011 eine bemerkenswerte Karriere zurückgelegt. Institutionell befördert zunächst durch die gleichnamige Plattform, sind seit der ersten Präsentation des Konzepts auf der Hannover Messe vor nun rund sieben Jahren unzählige Studien entstanden und zahlreiche betriebliche Pilotversuche initiiert worden. Es wurde beeindruckend in Lern- und Modellfabriken investiert. Und die Flut an Tagungen zum Thema reißt nicht ab.

Trotz all dieser Aktivitäten und der teils hochfliegenden ökonomischen Erwartungen finden sich vor allem auf betrieblicher Ebene auch vorsichtigere Einschätzungen zur Geschwindigkeit und Tiefe der Transformation. Skepsis bezüglich der erwarteten Effekte lässt sich ebenso beobachten wie ein breiter Fächer von Deutungen, was unter den Begriff zu fassen, wie nah oder fern er zum eigentlichen Produktionsbereich zu denken und was jeweils altbekannt, wirklich neu oder als unrealistische Zukunftserwartung einzuordnen ist. Aus dieser Perspektive heraus war der Call zu diesem Heft auch mit „Industrie 4.0 konkret“ betitelt – die Idee war dabei, möglichst konkrete empirische Einblicke zum Umsetzungsstand zu geben und arbeitspolitisch zu bewerten.

Was aber soll eigentlich umgesetzt werden? Eine klare Orientierung liefert das Leitbild Industrie 4.0 für die betriebliche Praxis nämlich nicht. Die von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) herausgegebenen Umsetzungsempfehlungen fokussieren in ihrer Definition fast ausschließlich auf eine neue Qualität der Vernetzung:

„Industrie 4.0 meint im Kern die technische Integration von CPS in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen – einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation.“

(Kagermann et al. 2013, S. 18)

Wäre diese Definition Maßgabe für dieses Heft und leitend für die Auswahl der Beiträge, wäre diese Zeitschriftenausgabe wohl weitgehend leer geblieben, denn von einer „technischen Integration“ von Cyber-physischen Systemen (CPS) in die Prozesssteuerung, Produktion und Logistik kann heute noch kaum die Rede sein. Zugleich werden – anders als in dieser ersten Definition – im fortlaufenden Diskurs eine ganze Reihe weiterer Technologien unter der Überschrift „Industrie 4.0“ subsumiert, die im Call zum Heft so auch angesprochen wurden:

- Veränderungen der *Mensch-Maschine-Interaktion* bzw. *-Kooperation* inklusive neuer Formen der Programmierung und Umrüstung, z. B. im Kontext von neuen Ansätzen der Robotik (adaptiv, zweihändig, Leichtbau) oder des Einsatzes von Wearables und Assistenzsystemen;
- Veränderungen von *Arbeitsprozessen und Tätigkeitsschneidungen* z. B. im Kontext der Intralogistik, etwa durch autonome Fahrzeuge, Drohnen etc.;
- Anforderungen zunehmend digital *vernetzter unternehmensinterner* und (ggf. weltweiter) *unternehmensübergreifender Kollaboration* (in der Cloud oder virtuellen Teams) und der (Teil-) *Automatisierung des Kundenkontakts* (z. B. Einblick in Lager- und Bearbeitungsbestände und automatisierte Angebots- und Rechnungsstellung, plattformvermitteltes Crowd Work, Einsatz von Künstlicher Intelligenz [KI] am Telefon etc.).

Wenn eine der genannten Technologien in betrieblicher Umsetzung oder schon erfolgreichem praktischem Einsatz aufzufinden ist – lässt sich dann von Industrie 4.0 reden? Und ließe sie sich dann empirisch u. a. auf ihre arbeitspolitischen Auswirkungen analysieren? So einfach ist es leider nicht, denn das Leitbild Industrie 4.0 umfasst nicht nur ein breites Spektrum von digitalen Technologien bis hin zu produktionstechnologischen Verfahren, sondern auch Technologien mit höchst unterschiedlichem Reifegrad, Stofflichkeitsanteil, Komplexitäts- und Vernetzungsgrad, Datenbezug und umstrittenem Zugriffspotenzial auf Arbeit. Aus einer ganzen Reihe von Gründen trägt ein rein

empirischer Abgleich im Sinne von „Leitbild hier – Praxis dort“ nicht weit:

- Die *Gestaltungsbedürftigkeit dieser Technologien* ist besonders hoch – sie erfordern ein hohes Maß an strategischen Überlegungen zu Einsatz und Nutzung, sollen sie ihr Potenzial entfalten. Es geht nicht um Technologien, die „von der Stange“ zu kaufen sind. Damit geraten auf betrieblicher Ebene die eingeübten Routinen für die Implementation eines inkrementellen technischen Wandels an ihre Grenzen. Weniger als bei anderen Innovationen ist damit klar, welche betrieblichen Akteure genau Adressat der Vision sind, die durch das Leitbild angerufen werden soll. Oft sind es im Betrieb eben nicht die Automatisierungsexperten und Engineering-Fachleute, die Treiber der Umsetzung sind. Überhaupt ist zunächst die empirisch nicht immer leicht zu klärende Frage zu beantworten, ob in einem Betrieb eine Industrie-4.0-Gesamtstrategie verfolgt wird oder unverbundene Einzelprojekte stattfinden.
- Der *diskursive Handlungsimperativ*: Die öffentliche Debatte zu Industrie 4.0 transportiert in die Betriebe vor allem die Botschaft, schnell zu handeln. Das setzt die Entscheidungsebenen unter Druck und führt dazu, inkrementelle Veränderungen oder gar nachholende Computerisierung mit dem Etikett „Industrie 4.0“ zu versehen.
- Die *soziale Konstruiertheit des Industrie-Begriffs*: Nicht nur die technologische Seite der „4.0“ ist uneindeutig – das Gleiche lässt sich auch für den Begriffsteil „Industrie“ sagen. Auch hier changieren die Deutungen: von der direkten Produktionsarbeit in der Fertigung (seit kurzem, in merkwürdiger Adaption des Begriffs *shop floor*, gern als „Hallenboden“ bezeichnet) bis hin zu neuen Geschäftsmodellen und Wertschöpfungsprozessen, deren stoffliche Basis kaum mehr eine Rolle zu spielen scheint. Auch eine Eingrenzung über Branchen ist kaum möglich: Von den industriellen Kernbranchen Automobil- und Maschinenbau bis hin zum Agrarwesen wird man überall fündig bei der Suche nach dem Appendix „4.0“. Die Unklarheit darüber, wo „Industrie 4.0“ nun eigentlich dingfest zu machen ist, führt auch die Forschung oft erst einmal wieder in die Fertigung der industriellen Kernbranchen.
- Die *Fluidität des Industrie-4.0-Diskurses*: Ein über mehrere Jahre und von unterschiedlichsten Akteuren vital geführter Diskurs verändert sich zwangsläufig in seiner Schwerpunktsetzung, allerdings nicht im Sinne einer zunehmenden Konkretisierung oder Annäherung von Leitbild und Praxis. Eher verändert sich die Betonung bestimmter Facetten des 4.0-Technologie-Bündels bzw. das Bündel differenziert sich weiter aus. So zeigt sich jüngst im Zusammenhang mit der Gründung der neuen Plattform „Lernende Systeme“ (BMBF 2017) eine deutliche Verschiebung des 4.0-Diskurses in Richtung KI und autonomer sowie selbstlernender Systeme. Der ursprünglich eher weit definierte

Begriff der „Industrie 4.0“ wird dabei wieder enger mit der Produktion verbunden – wohl auch, um die Plattformen „Industrie 4.0“ und „Lernende Systeme“ voneinander abgrenzbar zu machen.

Während die genannten Punkte überwiegend betriebliche Folge und Ausdruck der Diskursdynamik rund um das Leitbild Industrie 4.0 sind, bezieht sich der letzte und für unser Heft möglicherweise gewichtigste Grund auf ein *Forschungsvakuum*: Produktionsarbeit aus der Perspektive des Zusammenhangs von Technik und Arbeit war ab den 1990er Jahren bis zur Geburtsstunde von Industrie 4.0 zu einer Art Stiefkind der Arbeitsforschung geworden. Die breite Forschungstradition seit den 1950er Jahren, die noch bis in die 1980er Jahre blühte, verlor zunächst die Technik zugunsten der Organisation aus den Augen und schließlich auch die Produktionsarbeit zugunsten hochqualifizierter Dienstleistungsarbeit oder niedrig qualifizierter Prekärarbeit (Böhle 2001; Pfeiffer 2005, 2010). Manchmal erscheint daher auch den Forschenden manches in der betrieblichen Realität als technologisch neu, was so neu gar nicht ist, sondern nur allzu lange unterhalb des empirischen Radars stattfand.

Die Idee eines Abgleichs zwischen Leitbild und Praxis würde zunächst eine eindeutige Definition des Leitbilds voraussetzen. Deswegen nähert sich dieser Beitrag zuerst noch einmal dem Leitbild-Begriff und reflektiert Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen Industrie 4.0 und dem – wenn man so will – Vorgängerkonzept CIM (Computer Integrated Manufacturing). Die Frage, wie viel Konkretes sich unter dem Leitbild Industrie 4.0 praktisch und mit welchen Folgen schon vollzieht, ist vor allem (und bleibt noch lange) eine empirische Frage, die – das sei vorausgeschickt – auch dieses Schwerpunktheft nicht abschließend beantworten wird. Der zweite Teil des Beitrags reflektiert die empirischen Einblicke in die Praxis von Industrie 4.0 – vor allem die damit verbundenen Herausforderungen und offenen Fragen.

## 2 Vom Leitbild ...

Zunächst lohnt es sich, den Begriff des Leitbilds selbst in den Blick zu nehmen, hatte er doch infolge der bahnbrechenden Abhandlung von Dierkes et al. (1992) analytischen Anspruch und galt als „paradigmatische Methode der Technikgeneseforschung“ (Degele 2002, S. 47). Demnach wirken Leitbilder als „projektive Gebilde“ handlungsorientierend und richtungsweisend, bilden Vorstellungen und Visionen neuer Technik(nutzungsweisen) und leiten damit gleichsam die Richtung des Innovations- und Entwicklungsprozesses (ebd.). Mambrey et al. (1995) erweiterten die Perspektive um die sozialen Prozesse der

Leitbildgenese und zeigten, dass Leitbilder durchaus auch ideologische Kampfbegriffe sein und Mythencharakter entwickeln können. Der Begriff des Leitbilds bezieht sich übrigens sehr bald nicht mehr nur auf technische Visionen (vgl. etwa Klatt 1999 für das virtuelle Unternehmen oder Kieser 1996 für Moden und Mythen des Managements), die Debatten zu Ganzheitlichen Produktionssystemen oder zum agilen Unternehmen sind dafür typische aktuellere Beispiele.

Während in der Arbeitsforschung der Leitbild-Begriff zusammen mit der Technik als Forschungsgegenstand zeitweise verschüttet war, ist der Zusammenhang zwischen bewusst gestifteten, technisch inspirierten Zukunftsdiskursen und deren praktischer Umsetzung in der (internationalen) Techniksoziologie ein immer hoch aktuell gebliebenes Thema. So ließe sich etwa auf den ersten Blick der Diskurs zu CIM wie zu Industrie 4.0 mit McCray (2012) als ein Fall von *Visionierung* interpretieren: Das Kunstwort aus den Wörtern *vision* und *engineering* beschreibt Prozesse, bei denen Ingenieure und Ingenieurinnen auf der Basis technischer Entwicklung über eine technisch machbare Zukunft spekulieren, diese Idee popularisieren und Netzwerke mit dem Ziel bilden, für die eigene Forschung Unterstützung – sprich Fördergelder – zu generieren. Diskurs und Netzwerke sind hier nur Mittel zum Zweck, im Kern geht es den Akteuren um das technisch Konkrete. Sobald möglich, tauschen sie die Bühne, auf der sie für ihre Forschung werben, wieder mit dem zurückgezogenen Forschungsarbeitsplatz.

Zum aktuellen Industrie-4.0-Diskurs passt jedoch besser die Analyse von Adam und Groves (2007). Sie zeigt, wie Technikvisionen gerade das entleeren, was sie angeblich beschreiben und konkretisieren wollen: Statt einer konstruktiven Debatte über eine konkrete, in anderes eingebettete und kontextualisierte Zukunft werde die Zukunftsvision zu einem vagen, leeren und bewusst weitgehend nicht konkretisierten Konzept – nur dadurch, dass über die Zukunft so wenig Konkretes gesagt wird, eröffnen sich für die Diskurstifter interessegeleitete Gestaltungsschneisen in der Gegenwart. Es geht also um gegenwärtige soziale Praktiken der diskursiven Konstruktion von Zukunft – aber zum Zwecke der Gestaltung von Gegenwart. Entsprechend sind hier nicht Technikbegeisterte aus Engineering und FuE am Werk, sondern Akteure mit stärker ökonomischen Interessen bzw. wissenschaftlichen oder politischen Profilierungswünschen.

Zur Analyse des Diskurses um Industrie 4.0 und seiner Entstehung hat die Techniksoziologie zwar möglicherweise aktuellere Konzepte als die deutschsprachige Leitbild-Debatte – anders als dieser aber fehlt der Techniksoziologie der Link zur praktischen Umsetzung von Leitbildern im betrieblichen Kontext und im Feld Arbeit.

Die Leitbilder von CIM damals wie von Industrie 4.0 heute sind einerseits „in gewisser Weise konkrete Produkte des allgemeinen Prozesses der Informatisierung auf dem jeweiligen technologischen Entwicklungsstand“ (Matu-

schek 2016, S. 19). Sie sind andererseits getrieben von ökonomischen Interessen und orchestriert von einem *agenda setting*, das Politik und Wirtschaft zum Handeln anstiften und von der Notwendigkeit der Digitalisierung überzeugen will (Pfeiffer 2017) – heute mehr als zu CIM-Zeiten. Eine Parallele zwischen CIM und Industrie 4.0 zu ziehen liegt in vielerlei Hinsicht nahe. Entgegen der häufig starken Abgrenzung zu CIM lassen sich sehr viele Parallelen zwischen CIM und dem Leitbild Industrie 4.0 aufzeigen. Es existieren jedoch auch einzelne, aber zentrale Unterschiede.

Auf technologischer Ebene haben die Leitbilder von CIM und Industrie 4.0 gemeinsam, dass sie Produktion vor allem durch stärker vernetzte und intelligenter IT verändern wollen. Das folgende, auf CIM gemünzte Zitat etwa ließe sich mit nur wenig sprachlicher Aktualisierung fast eins zu eins auf die Debatte um Industrie 4.0 mit ihrem Fokus auf Cyber-physische Systeme übertragen:

„Die Rechnerintegration stellt den Kern der zukünftigen Produktionserneuerung dar. Sie verfolgt das Ziel einer automatischen Fertigung von variablen Produktprogrammen, einer kontinuierlichen Optimierung der Ablaufsteuerung, einer direkten Regelung von Materialfluss und -bearbeitung sowie einer dynamischen Disposition aller Fertigungsmittel. [...] Es entsteht eine neue Produktionsstruktur, die [...] als maschineller Organismus mit programmierter und damit gespeicherter Intelligenz zu automatischer Gütererzeugung fähig ist [...]. In dieser höheren Entwicklungsstufe wird die Fabrik Maschinenintelligenz benötigen.“ (Spur 1984, S. IVf.)

Diese Vision ist in ihrem Kern letztlich die von heute: nämlich eine dynamischere, flexiblere und variantenreichere Produktion, in der durch intelligenter und selbstständiger agierende IT alle stofflichen *und* alle dispositiven Aufgaben erfasst und gesteuert werden. Es geht also nicht nur um die weitere Automatisierung der eigentlichen Produktion und Montage, sondern zudem um die Automatisierung des Materialflusses – und zwar im ganz umfassenden Sinne: Zulieferteile, Rohstoffe, Schmiermittel, Zwischenprodukte, Werkzeuge usw. –, also die Automatisierung alles Physischen in der Produktion mitsamt dessen Zustandsänderungen (aggregatsförmig, geometrisch, geografisch, geschäftsprozessbezogen usw.). So gehörten neben der Robotik damals zur produktionstechnologischen Ebene von CIM z.B. auch die so genannten Flexiblen Fertigungszellen (CNC-gesteuerte Mehrachsen-Werkzeugmaschinen, gekoppelt mit dem ebenfalls programmierbaren automatischen Wechsel von Werkzeugen, Vorrichtungen und Teilen) sowie neue Bearbeitungsformen, etwa das Senk- und Draht-Erodieren oder die spannende Hochgeschwindigkeitsbearbeitung. Die Verkettung zu Flexiblen Fertigungssystemen (FFS) und die Steuerung über einen zentralen Leitrechner war für das CIM-Leitbild als technische Vision sehr viel prägender als das, was damals beim Wolfsburger VW-Werk in der prominent gewordenen Halle 54 probiert wurde. Wer das Scheitern von CIM also nur mit der für die gewählten Montageprozesse

unzulänglichen Robotik in Halle 54 erklärt, übersieht diese neue Qualität des Automatisierungszugriffs. Mit den FFS wurden letztlich die Logik des fordistischen Fließbands und die Logik des Großrechners auf die spanende und umformende Bearbeitung übertragen, was nun mit Hilfe von IT und Vernetzung realisiert werden sollte.

Neu an Industrie 4.0 ist in dieser Hinsicht, was die IT bei CIM noch nicht konnte: In Abgrenzung zur Industrie 3.0 (Computerisierung/CIM) wird bei Industrie 4.0 vor allem die Dezentralität, Intelligenz und Selbstlernfähigkeit der Systeme mit dem Ziel einer integrierten, ganzheitlichen Steuerung in Echtzeit betont (Kagermann et al. 2013, S. 5f., 28f., 95ff.; Plattform Industrie 4.0 2015, S. 28f., 73f.). Auf Basis neuer Hardware (z. B. Sensoren für mehr und präzisere Daten), erhöhter Rechenleistung und neuer (Software-)Methoden (von Mustererkennung bis *deep learning*) erscheint nun eine (dezentrale) Steuerung im Prozess möglich, ohne das Ziel einer Gesamtintegration im Produktionssystem aufzugeben.

Auch in Bezug auf das Verhältnis technischer Veränderung und Arbeitskraft zeigen sich viele Parallelen zwischen CIM und Industrie 4.0. Wie die historische Aufarbeitung des CIM-Leitbilds und seiner praktischen Umsetzung in der Halle 54 zeigt, war auch damals das Bild der menschenleeren Fabrik differenzierter, als es heute in der Literatur oft dargestellt wird: Heßler (2014, S. 65–70) findet neben der Vorstellung der Vollautomatisierung (vollständige Ersetzung der menschlichen Arbeitskraft und des menschlichen Arbeitswissens durch Maschinen) auch jene der Entlastung des Menschen (überwiegend von körperlich schwerer und dreckiger Arbeit) und des Menschen als Steuermann. Auch damals wurden wie heute zwei Entwicklungspfade als Option diskutiert: Brödner (1986) unterschied zwischen dem „technozentrischen“ und dem „anthropozentrischen“ Ansatz, das ISF München zwischen technik- und arbeitszentrierten Implementationen (Hirsch-Kreinsen et al. 1990) und die Arbeitswissenschaft zwischen technik- und arbeitsorientierten Gestaltungskonzepten (Ulich 1993). Anfang der 1990er wurde damit als Reaktion auf die zunächst einseitig technikorientierten CIM-Leitbilder aus arbeitssoziologischer, arbeitswissenschaftlicher und vor allem gewerkschaftlicher Perspektive die Forderung erhoben, den Menschen in den Mittelpunkt zu stellen (vgl. Menez et al. 2016, S. 37–44).

Zu diesem Diktum hat sich das aktuelle Leitbild Industrie 4.0 (fast) von Anfang an bekannt: In der ersten Berichterstattung zur Vorstellung des Begriffs auf der Hannover Messe (Kagermann et al. 2011) findet sich noch nichts zur Rolle des Menschen oder seines „Standorts“ – in der Endfassung der Umsetzungsempfehlungen aber stehen die „Beschäftigten im Zentrum“ und der Mensch „im Mittelpunkt“ des smarten Produktionssystems (Kagermann et al. 2013, S. 96 u. 99); die Rede ist von der „menschzentrierte(n) Produktionsgestaltung“ und vom „mensch-zentrierten Informationsaustausch“ (S. 61 u. 92); die Maschinen sollen sich dem Menschen anpassen „und

nicht umgekehrt“ (S. 40). Die menschenzentrierte Gestaltung wird also bei Industrie 4.0 von Anfang an reklamiert, allerdings kaum konkretisiert. Wenn die „automatisierte, menshintegrierte Produktion“ (ebd., S. 94) angesprochen wird, klingt das Im-Mittelpunkt-Stehen sogar eher bedrohlich.

Die „vierte Stufe der Industrialisierung“ (ebd., S. 18) ist also ohne Frage ein gut vermarktetes Leitbild – wie viel Praxis aber lässt sich aktuell in der betrieblichen Realität finden? Über die Wirkmacht von Diskursen lässt sich generell trefflich streiten, beim Diskurs zu Industrie 4.0 aber ist der in die Betriebe strahlende Effekt nicht zu unterschätzen. Das heißt allerdings alles andere, als dass im Betrieb eins zu eins praktisch umgesetzt würde, was außerhalb des Betriebs diskutiert wird. Was genau im Betrieb praktisch geschieht, ist eine empirische Frage, die nur dort beantwortet werden kann. Warum was aktuell umgesetzt wird – und vielleicht noch wichtiger: warum was nicht –, erfordert die verstehende Perspektive qualitativer Betriebsfallstudien (vgl. zur Methode Pongratz/Trinczek 2010). Nicht umsonst ist dies auch überwiegend (teils verbunden mit stärker in die Aktionsforschung zielenden partizipativen Elementen) die Methode der Beiträge in diesem Heft, die einen empirischen Blick in die Praxis geben wollen.

### 3 ... zur Praxis?

In teils expliziter Abgrenzung vom CIM-Programm der 1980er Jahre und dem dort propagierten Leitbild der „menschenleeren Fabrik“ soll bei Industrie 4.0 also der Mensch im Mittelpunkt stehen. Gleichzeitig aber dominieren Prognosen teils erschreckender Arbeitsplatzverluste die öffentliche Wahrnehmung, befeuert durch entsprechende technikzentrierte Szenarien. Auch jenseits der engeren Fachcommunities diskutieren Medien und Öffentlichkeit lebhaft über Industrie 4.0 – meist im Hinblick auf mögliche Automatisierungsfolgen. Das zentrale Versprechen, dass menschliche Arbeit dauerhaft notwendig sein werde, bleibt oft funktional unbegründet, sodass die Humanisierung allenfalls als aufgesetztes normatives Ziel erscheint, konkrete Umsetzungskonzepte aber kaum vorhanden sind. Die reklamierte Notwendigkeit, warum Industrie 4.0 menschliche Arbeitskraft in den Prozessen tatsächlich braucht, wird nicht schlüssig begründet (Huchler/Rhein 2017). Das präsentierte Leitbild impliziert – entgegen der Beteuerung – bislang eher das Gegenteil: eine Abwertung menschlicher Arbeit, Erfahrung und Qualifikation, zumindest in der Breite (ebd.).

Darüber hinaus fehlt es dem Leitbild Industrie 4.0 insgesamt an Anschlussfähigkeit an die Komplexität der Praxis, um sowohl den Bedarfen von Betrieben (insbesondere



des Mittelstands) als auch der Arbeitspraxis der Beschäftigten gerecht zu werden (ebd.). So werden Automatisierungsmöglichkeiten überschätzt und Komplexitätsdilemmata ignoriert, die Grenzen der Übertragbarkeit in existierende Systeme und in die Fläche kaum berücksichtigt und meist allein die technisch fassbaren Qualitäten von Arbeit, Arbeitsprozessen und humanen Kompetenzen in den Blick genommen (ebd.; Huchler 2016). Damit werden systematische Umsetzungs- und Folgeprobleme ausgelklammert.

In diesem Zusammenhang lässt sich auch erklären, dass die Umsetzung des Leitbilds in der Praxis bislang eher zögerlich verläuft und sich als deutlich komplizierter erweist, als es in den Leitbildempfehlungen klingt. Nach und nach setzt sich die Einsicht durch, dass sich die „digitale Fabrik“ nicht auf der grünen Wiese, unabhängig von bestehenden Prozessen, realisieren lässt. Auch schrittweise Umsetzungen einer umfassenden „Kompletttransformation“ von Betrieben in die Industrie 4.0 stoßen an deutliche Grenzen. Die Integration der Industrie-4.0-Logik und entsprechender Technologien in bestehende Strukturen (inklusive vorhandener Kompetenzen) erweist sich als die Schlüsselanforderung für die Umsetzung von Industrie 4.0. Ein realistisches Umsetzungsszenario ist entsprechend die *modulare Integration* von Einzelkomponenten in bestehende – zum großen Teil anderweitig koordinierte – technische, organisatorische und soziale Wertschöpfungsstrukturen. Dies stellt jedoch neue Anforderungen an die Einführungsprozesse, aber auch an die technologische Ausgestaltung der Systeme – besonders an deren Adaptivität bzw. Anschlussfähigkeit an Nicht-Industrie-4.0-Umgebungen bzw. -Ökosysteme. Wie diese Anschlussfähigkeit an das Bestehende gestaltet wird (z. B. assimilierend oder akkommodierend), entwickelt sich zu einer wesentlichen Gestaltungsfrage. Im Hinblick auf die eingangs zitierte, vor allem auf Dezentralität und Selbststeuerung abzielende Definition von Industrie 4.0 bleiben zwei entscheidende Fragen unbeantwortet:

- Ist eine dezentrale Steuerung aus dem Prozess heraus als allein technologie-basierte Steuerung – durch lernende Programme auf Basis von umwelt- und prozessbezogenen (Sensor-) Daten – realistisch? Oder gibt es systematische Gründe, das Arbeitshandeln und das Erfahrungswissen der Menschen vor Ort (inklusive der strategischen Entscheidungen des Managements) – auch auf lange Sicht hin – einzubeziehen und die Technikentwicklung entsprechend „arbeitsteilig“ und anschlussfähig zu gestalten?
- Ist die Integration einer dezentralen Steuerung (automatisiert oder arbeitsteilig) in die Unternehmenssteuerung (vor dem Hintergrund von Lean-Konzepten und der Idee der Ganzheitlichen Produktionssysteme) bzw. in ein digitales Cyber-physisches Produktionssystem überhaupt möglich, ohne die Steuerung zu rezentralisieren und den größten Teil der Vorteile von Dezentralität wieder aufzuheben?

Entsprechend dem Umsetzungsszenario der machbaren Integration in heterogene Settings und vor dem Hintergrund der ungeklärten Fragen ergibt es Sinn, sich dem empirischen Phänomen Industrie 4.0 am Beispiel konkreter Umsetzungen einzelner *Industrie-4.0-Komponenten* zu nähern. Es ist notwendig, den Transformationsprozess, seine Gestaltungspotenziale und -grenzen differenziert zu erforschen. Hier setzt das vorliegende Schwerpunktheft an: Die Beiträge präsentieren Erkenntnisse aus aktuellen empirischen Projekten zu relevanten Umsetzungsfeldern, die unter dem Label Industrie 4.0 verhandelt werden. Es geht also nicht um die Visionen und Entwicklungsszenarien, die im Rahmen des Leitbilds entfaltet werden, sondern um konkrete, im Betrieb, bei den Beschäftigten und ihren Interessenvertretungen spürbare und wirksame, möglicherweise zukünftig folgenreiche Entwicklungen. Was Industrie 4.0 „ist“, wird also nicht im Vorhinein festgelegt, sondern von den Praxisfeldern her erschlossen. Das Heft diskutiert absehbare Entwicklungen für die Arbeitsorganisation, Belastung, Kompetenzentwicklung etc. und zentrale Konflikte und Gestaltungsanforderungen an konkreten Beispielen aus unterschiedlichen – vorwiegend produzierenden – Branchen. So ergibt sich eine Basis für die Diskussion konkreter arbeitspolitischer Konsequenzen.

Die Anordnung der Beiträge folgt im ersten Teil (den empirischen Studien) wie im zweiten Teil (in den Rubriken „Aus der Praxis“ und „Debatte“) der gleichen Dramaturgie von der Produktionstätigkeit zur Branche, von den industriellen Kernbranchen zu den weniger beachteten „Rändern“:

Das Heft startet dramaturgisch sozusagen im Herzen industrieller Produktionsarbeit: Mit Instandhaltung (Baethge-Kinsky et al.) und Montage (Kuhlmann et al.) werden in den ersten beiden Beiträgen zwei typische Produktionstätigkeiten kontrastiert, bei denen jedoch ähnliche Technik (digitale Werkerführung) eingesetzt wird. In beiden Fällen wird die Umsetzung von vergleichsweise wenig dramatischen Veränderungen der Arbeitssituation begleitet und mit aus Arbeitnehmersicht teils sogar positiven und die Rolle der Facharbeit stärkenden Effekten beschrieben.

Während die maschinennahe Facharbeit vor allem im öffentlichen Diskurs gerne als erstes und teils als einziges Opfer von möglichen Ersetzungseffekten gesehen wird, nimmt der dritte Beitrag (Mühge) eine sonst kaum thematisierte Beschäftigtengruppe unter die Lupe: Im Blick steht hier das mittlere Management, und zwar als Adressat digitaler Technik und nicht als Entscheider über sie – in diesem Fall ein *Decision Support System*, das auf die Entscheidungsspielräume des mittleren Managements wirkt. Interessanterweise reagiert dieses mit weniger Sorgen in Bezug auf Autonomieverlust als die betriebliche Interessenvertretung.

Die nächsten beiden Beiträge richten das Augenmerk auf Beispiele jenseits der Industrie-4.0-„Heimspielbran-

chen“. Es geht hier nicht um die Produktion von Autos oder Maschinen, sondern um die Produktion von Bauwerken und Möbeln. Der erste Fall (Syben) dreht sich um die Digitalisierung der Planungs- und Herstellungsprozesse in der Bauwirtschaft mit Hilfe des *Building Information Modeling*, eine Innovation, der Konsequenzen nicht nur für Arbeit und Beschäftigung in den Bauunternehmen, sondern für die Wertschöpfungsketten der ganzen Branche zugeschrieben werden. Das zweite empirische Fallbeispiel aus der Möbelherstellung (Wienzek/Virgillito) zeigt, dass selbst die eher punktuelle Anwendung eines fahrerlosen Transportsystems hochgradig von sozialen und arbeitsmarktbedingten Faktoren abhängig ist.

Es folgen drei Beiträge, die stärker als die vorhergehenden die Partizipation durch Interessenvertretungen und Gewerkschaften ins Zentrum rücken. Beim ersten dieser Beiträge (Guhleemann et al.) geht es um die Fragen, ob der Mensch im Mittelpunkt oder im Weg steht und wo Grenzen und Potenziale menschengerechter Arbeitsgestaltung in der digitalen Transformation liegen. Der zweite Aufsatz (Haipeter et al.) stellt mit den Betriebslandkarten ein neues Instrument für eine proaktive Betriebspolitik am Beispiel des Gewerkschaftsprojekts „Arbeit 2020 in NRW“ vor. Und der dritte Beitrag (Matuschek/Kleemann) diskutiert die Relevanz von Betriebsvereinbarungen als Instrument der arbeitspolitischen Regulierung von Industrie 4.0 und Digitalisierung.

In den Rubriken „Aus der Praxis“ und „Debatte“ folgen abschließend drei Beiträge, deren erster (Klippert et al.) sich erneut Montagearbeitsplätzen mit digitaler Werkerführung widmet und die partizipativen Einführungsprozesse reflektiert. Dann folgt die Ernährungsindustrie (Frerichs/Steinberger): Hier wird die Perspektive um einen Einblick in eine vergleichsweise wenig beforschte Branche erweitert. Ein überblicksartiger Debattenbeitrag (Schröter) beschließt das Heft. Er reflektiert die Erfahrung aus jahrzehntelanger gewerkschaftlicher Netzwerkarbeit zum digitalen Wandel von Arbeit und inspiriert die Debatte mit der Unterscheidung zwischen nachholender Digitalisierung und autonomen Softwaresystemen – mit je unterschiedlichen Folgen für die Handlungsträgerschaft zwischen Mensch und Technik.

## 4 Industrie 4.0 konkret – (offene) Fragen

Im Mittelpunkt steht die Agenda, durch einen engen Praxisbezug (über Laboratorien und Modellfabriken hinaus) ein valides und differenziertes Bild aktueller und künftiger Digitalisierungsprozesse zu zeichnen und jenseits technik-deterministischer Narrationen Gestaltungsbedarfe und -optionen (aber auch ihre technikimmanenten Grenzen)

aufzuzeigen. Eine besondere Betonung liegt deshalb auf einer hohen Sensibilität der Fallstudien für die Komplexität sozio-technischer Systeme in der Praxis sowie für die Reichhaltigkeit menschlichen Arbeitsvermögens. Für eine systematische Zusammenschau von konkreten Umsetzungen und eine Bündelung empirisch fundierter Erkenntnisse zur Industrie 4.0 in der Praxis, um verallgemeinerbare und übertragbare Zwischenergebnisse zu erzeugen, sind mit diesem Heft natürlich nur erste Schritte getan.

Andere *Gestaltungsfelder* wären empirisch zu identifizieren und systematisch zu untersuchen, wobei mit „andere“ sehr vieles gemeint sein kann (weil noch so viel Erkenntnis gebraucht wird): Welche Branchen, Tätigkeiten, Technologien sind noch gar nicht erfasst? Welche Erkenntnisse zu einem empirischen Ausschnitt sind übertragbar – und wenn sie übertragbar sind: in welcher Hinsicht und mit welchen Grenzen?

Die Zusammenschau der hier vorgestellten Beiträge zeigt auch: Trotz hohen Engagements der Gewerkschaften im Plattformzusammenhang, trotz unzähliger umtriebiger betrieblicher Interessenvertretungen und zahlreicher gestaltungsorientierter Projekte ist die *arbeitspolitische Bewertung* noch wenig eindeutig und hilft in ihrem jetzigen Reifegrad in der betrieblichen Praxis nur wenig weiter. Auch das gewerkschaftliche Bild vom Menschen im Mittelpunkt der Industrie 4.0 ist noch wenig geschärft und konkretisiert. Die Gründe dafür wären möglicherweise selbst fruchtbarer Gegenstand für weitere Forschung.

Diese Fragen lassen sich nicht allein empirisch und nicht nur in anwendungsbezogenen Forschungsprojekten bearbeiten – letztere sind überwiegend der Kontext der hier versammelten empirischen Beiträge und generell fast aller Aktivitäten der empirischen Arbeitsforschung zum Thema. Denn auch auf *konzeptioneller* Ebene besteht noch großer Klärungsbedarf, eine ganze Reihe von Fragen stellen sich (mindestens) neu oder bedürfen neuer analytischer Konzepte zur Analyse von Industrie 4.0: etwa eine Typologie ihrer organisationalen und formalen Einbindung; die Identifikation eingeschlagener Entwicklungspfade und systematischer Hindernisse und Konfliktfelder; eine Analytik der Dynamiken zwischen gesellschaftlichen Diskursen, betrieblicher Mikropolitik und betrieblichen Entscheidungsprozessen einerseits und den Wechselwirkungen von Ökonomisierung und Technisierung andererseits. Schließlich erfordert möglicherweise die Veränderung der Rolle lebendigen Arbeitsvermögens im Zusammenspiel mit den neuen Technologien neue analytische Konzepte. Diese konzeptionellen Arbeiten bedürfen erstens einer stärkeren Zusammenarbeit der Technik- und der Arbeitssoziologie, und zweitens sind dafür auch Forschungsstrukturen jenseits des reinen Anwendungsbezugs nötig.

Es bleibt also noch viel zu tun. So lange aber vieles unbekannt, neu, bislang übersehen, konzeptuell nicht gerahmt und zudem im Wandel begriffen ist, so lange bleiben Fallstudien, wie sie hier versammelt sind, der entscheidende empirische Schritt. ■

## LITERATUR

- Adam, B. / Groves, C.** (2007): Future matters. Action, knowledge, ethics, Leiden/ Boston
- BMBF** (2017): Künstliche Intelligenz richtig erforschen, Pressemitteilung 046/2017 vom 16.05.2017, <https://www.bmbf.de/de/kuenstliche-intelligenz-richtig-erforschen-4187.html>
- Böhle, F.** (2001): Alternativen in der Technikentwicklung. Nicht nur die Organisation, sondern auch die Technik entscheidet über die „Zukunft der Arbeit“ oder: Zur Kritik der Verwissenschaftlichung von Arbeit, in: Wehner, T. / Weber, W. G. (Hrsg.): Erfahrungsorientierte Handlungsorganisation. Arbeitswissenschaftliche Ergebnisse zur computergestützten Facharbeit im Diskurs, Zürich, S. 187–214
- Brödner, P.** (1986): Fabrik 2000. Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik, Berlin
- Degele, N.** (2002): Einführung in die Techniksoziologie, München
- Dierkes, M. / Hoffmann, U. / Marz, L.** (1992): Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen, Berlin
- Heßler, M.** (2014): Die Halle 54 bei Volkswagen und die Grenzen der Automatisierung. Überlegungen zum Mensch-Maschine-Verhältnis in der industriellen Produktion der 1980er-Jahre, in: Zeithistorische Forschungen 11 (1), S. 56–76
- Hirsch-Kreinsen, H. / Schultz-Wild, R. / Köhler, C. / von Behr, M.** (1990): Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion. Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Frankfurt a. M. / New York
- Huchler, N.** (2016): Die Grenzen der Digitalisierung. Neubestimmung der hybriden Handlungsträgerschaft zwischen Mensch und Technik und Implikationen für eine humane Technikgestaltung, in: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 1/2016, S. 109–123
- Huchler, N. / Rhein, P.** (2017): Arbeitshandeln und der digitale Wandel von kleinen und mittleren Unternehmen. Die Rolle des Menschen und die Grenzen der Formalisierung 4.0, in: Arbeit 26 (3–4), S. 287–314
- Kagermann, H. / Lukas, W.-D. / Wahlster, W.** (2011): Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution, in: vdi-Nachrichten 13/2011, S. 2, <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution> (letzter Zugriff: 06.03.2018)
- Kagermann, H. / Wahlster, W. / Helbig, J.** (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Frankfurt a. M., [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Abschlussbericht\\_Industrie4.0\\_barrierefrei.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Abschlussbericht_Industrie4.0_barrierefrei.pdf) (letzter Zugriff: 06.03.2018)
- Kieser, A.** (1996): Moden & Mythen des Organisierens, in: Die Betriebswirtschaft 56 (1), S. 21–39
- Klatt, R.** (1999): Wie das Leitbild des „virtuellen Unternehmens“ wirkt. Beispiele aus der Unternehmenspraxis, in: Arbeit 8 (3), S. 241–254
- Mambrey, P. / Paetau, M. / Tepper, A.** (1995): Technikentwicklung durch Leitbilder. Neue Steuerungs- und Bewertungsinstrumente, Frankfurt a. M. / New York
- Matuschek, I.** (2016): Industrie 4.0, Arbeit 4.0, Gesellschaft 4.0? Eine Literaturstudie, Berlin
- Menez, R. / Pfeiffer S. / Oestreicher, E.** (2016): Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM), Stuttgart
- McCray, P. W.** (2012): The visioneers: How a group of elite scientists pursued space colonies, nanotechnologies, and a limitless future, Princeton/Oxford
- Pfeiffer, S.** (2005): Arbeitsforschung: Gute Arbeit – Gute Technik, in: WSI-Mitteilungen 58 (11), S. 645–650, [https://www.boeckler.de/cps/rde/xchg/hbs/hs.xsl/wsi-mitteilungen\\_24641\\_24648.htm](https://www.boeckler.de/cps/rde/xchg/hbs/hs.xsl/wsi-mitteilungen_24641_24648.htm)
- Pfeiffer, S.** (2010): Technisierung von Arbeit, in: Böhle, F. / Voß, G. G. / Wachtler, G. (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie, Wiesbaden, S. 231–261
- Pfeiffer, S.** (2017): The vision of „Industrie 4.0“ in the making – a case of future told, tamed, and traded, in: Nanoethics 11 (1), S. 107–121
- Plattform Industrie 4.0** (Hrsg.) (2015): Whitepaper FuE-Themen. Industrie 4.0, <http://www.zvei.org/Downloads/Automation/Whitepaper-I40-FuE-Themen-2015-04.pdf> (letzter Zugriff: 02.06.2015)
- Pongratz, H. / Trinczek, R.** (Hrsg.) (2010): Industriesoziologische Fallstudien. Entwicklungspotenziale einer Forschungsstrategie, Berlin
- Spur, G.** (1984): Über intelligente Maschinen und die Zukunft der Fabrik, in: Forschung – Mitteilungen der DFG 27 (3), S. I–VIII
- Ulich, E.** (1993): CIM – eine integrative Gestaltungsaufgabe im Spannungsfeld von Mensch, Technik und Organisation, in: Cyraneck, G. / Ulich, E. (Hrsg.): CIM – Herausforderung an Mensch, Technik, Organisation, Stuttgart, S. 29–43

## KONZEPT UND KOORDINATION DES SCHWERPUNKTHEFTES

**NORBERT HUCHLER**, Dr., Wissenschaftler und Mitglied des Vorstands am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. (ISF München). Forschungsschwerpunkte: Arbeit – Technik – Organisation, Regulation komplexer sozialer Systeme, Industrie 4.0 und Künstliche Intelligenz (KI).

@ norbert.huchler@isf-muenchen.de

**SABINE PFEIFFER**, Prof. Dr. habil., Lehrstuhl für Soziologie (Technik – Arbeit – Gesellschaft) am Nuremberg Campus of Technology (NCT) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Forschungsschwerpunkte: Technik und Arbeit, Innovationsforschung, Industrie 4.0.

@ Sabine.Pfeiffer@isf-muenchen.de