

Arbeit in Industrie 4.0 – Regionale Unterschiede, räumliche Abhängigkeiten, Place-Making

Martina Fuchs¹

Zusammenfassung: Industrie 4.0 gilt heute als digitale Revolution in der industriellen Fertigung, die menschliche Arbeit tiefgreifend verändert. Dabei ist Industrie 4.0 ein technologiepolitischer Leitbegriff, der für ein Bündel von Prozessinnovationen steht, die auf früheren Automatisierungs- und Digitalisierungsschritten in der Industrieproduktion aufbauen. Dieser Artikel erörtert, inwiefern Raum bisher und gegenwärtig für die Digitalisierung der Fertigungsarbeit eine Rolle spielt. Konkret steht die raumwissenschaftliche Sicht auf regionale Disparitäten, die Perspektive auf räumliche Abhängigkeiten sowie die Sicht auf Place-Making im Vordergrund. Eine Literaturschau, die raumbezogene Studien über Automatisierung und frühere Digitalisierung in der Industrieproduktion in den letzten fünfzig Jahren aufgreift, zeigt diese unterschiedlichen epistemischen Perspektiven auf und liefert Evidenzen für räumliche Implikationen von Industrie 4.0.

Abstract: Industry 4.0 is considered a digital revolution in industrial manufacturing that is profoundly changing human labour today. At the same time, Industry 4.0 is a key term of technology policy that stands for a bundle of process innovations based on earlier automation and digitalization in industrial production. This article discusses how over time and recently space and place have played a role in this context. Particularly, the contribution highlights perspectives on regional disparities, on spatial dependencies and on place-making. A literature review on automation and earlier digitalization in manufacturing during the last five decades provides evidence of spatial issues relevant for recent digitalization of manufacturing and related implications for human labour.

1 Einleitung

Inwiefern spielt das ‚Wo‘, die geographische Verortung, für die Arbeit mit Industrie 4.0-Technologien eine Rolle? Diese Frage ist nicht nur für die wissenschaftliche Diskussion, sondern

¹ Prof. Dr. Martina Fuchs, Wirtschafts- und Sozialgeographisches Institut der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln, E-Mail: fuchs@wiso.uni-koeln.de

auch technologie- und gesellschaftspolitisch zentral: Denn es ist offen, ob sich die räumlichen Muster der Industrieproduktion durch den aktuellen Digitalisierungsschub so verändern, dass bisherige Peripherien nun neue Wachstums- und Entwicklungsimpulse erhalten – oder ob vielmehr bestehende räumliche Disparitäten und Abhängigkeiten verstärkt werden.

Was für den jüngsten Digitalisierungsschub weitgehend unbekannt ist, ist mit Blick auf die bisherige digitale und automatisierte Produktion ein besser bearbeitetes Themenfeld. Beispielsweise ist wissensintensive Produktion eher in zentralen Lagen anzutreffen, während einfache Fließbandarbeit oft in peripheren Räumen verortet ist (sei es z. B. innerhalb Deutschlands oder weltweit). Institutionelle Bedingungen wie das Ausbildungssystem, das regionale Lohnniveau, verlässliche Unternehmensnetzwerke vor Ort, Face-to-face-Kundennähe ebenso wie die Infrastrukturausstattung spielen eine Rolle, ob in einer Region eher High-road- (innovative und qualifikationsintensive) oder Low-road- (ältere und standardisierte) Technologien anzutreffen sind (Bathelt/Glückler 2018; Krzywdzinski 2017). Multinationale Unternehmen (MNU) teilen ihre Standorte mit Blick auf Technologien entsprechend dieser Voraussetzungen interregional und international auf. Ebenso optimieren die Lead Firms ihre Wertschöpfungsketten über Auftragsvergabe an verschiedene Standorte. Gerade bezogen auf Industrie 4.0-Technologien, wie neue Industrierobotergenerationen und 3D-Druck, wissen wir wenig, ob und wie sich ihr Einsatz und ihre Nutzung durch menschliche Arbeit räumlich unterscheiden.

Dieser Artikel erörtert die Frage, was wirtschaftsgeographische und andere raumbezogene Studien zum räumlichen Kontext von industrieller Arbeit aussagen – mit besonderem Blick auf digitale Fertigungstechnologien. Dieses Thema verbindet die räumliche Perspektive, die hier im Vordergrund steht, mit Arbeits- und Industriesoziologie. Um die räumliche Verortung von Industriearbeit auch mit Sicht auf frühere Mikroelektronik, Informations- und Kommunikationstechnologien bis hin zu den heutigen digitalen Technologien zu untersuchen, erfolgt in diesem Beitrag eine Literaturanalyse. Die Recherche umfasst internationale Zeitschriften, die wirtschaftsgeographische Beiträge bündeln. Sie reicht bis in die frühe Diffusionsphase der digitalen Fertigungstechnologien zurück und setzt Anfang der 1970er Jahre ein, soweit die vorhandenen Jahrgänge bis dahin zurückgehen (Geoforum, Economic Geography, Environment and Planning A, Environment and Planning D, Journal of Economic Geography, The Geographical Review, Progress in Human Geography, Regional Studies und World Development sowie im Cambridge Journal of Regions, Society and Space). Geographische und raumbezogene sozialwissenschaftliche Beiträge in anderen Zeitschriften, Monographien und Anthologien werden ebenfalls herangezogen. In Anbetracht der Tatsache, dass die Disziplinengrenzen fließend sind und sich Diskurse überschneiden, ist der Corpus umfangreich und kann mit Blick auf diese weitergehende Literatur keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben; notwendigerweise muss dieser Beitrag zudem eine themenbezogene Auswahl treffen. So schließt der Artikel einige Bereiche der digitalisierungsbezogenen Literatur aus, die sich nicht auf die Industrieproduktion konzentrieren, z. B. die Digitalisierung der Verwaltungsarbeit.

Zum Ablauf der Argumentation: Zunächst erfolgt eine begriffliche Annäherung an digitalen Wandel und Industrie 4.0. Anschließend werden paradigmatische Konzepte der Wirtschaftsgeographie über räumliche Kontexte des Technologieeinsatzes vorgestellt, zeitlich eingeordnet und Forschungslücken identifiziert. Der abschließende Abschnitt diskutiert Fragen einer aktuellen theoretisch-konzeptionellen Annäherung an Digitalisierung.

2 Digitaler Wandel und Industrie 4.0

Die Digitalisierung ist in den letzten Dekaden in immer neuen Formen in verschiedene Bereiche der Industriearbeit vorgedrungen. Von den 1950er bis 1970er Jahren fand die Nutzung binärer Codes zur Steuerung von Maschinen ihre frühe industrielle Anwendung. Insbesondere für Werkzeugmaschinen wurden Numerical Control (NC-) Steuerungen eingesetzt, bei denen Informationssequenzen über einzelne Lochkarten und -streifen eingelesen wurden. Die Weiterentwicklung bildeten ab den 1970er/1980er Jahren die Computer Numerical Control (CNC-) Technologien, in denen Computer das komplette Programm lieferten. Etwa zu der Zeit begannen auch verstärkt Industrieroboter die starren Fertigungsautomaten zu ergänzen und zu ersetzen; die Roboter konnten nun verschiedene Arbeitsschritte durchführen, anders als die monofunktionalen Automaten. Die Digitalisierung der Ingenieursarbeit setzte mit Computer Aided Design (CAD) in den 1980er/1990er Jahren ein (Fuchs 1992), und es wurden erste Verbindungen mit der Fertigung (Computer Aided Manufacturing, CAM) realisiert. Die damaligen Visionen von Computer Integrated Manufacturing (CIM) wurden allerdings kaum Wirklichkeit, mit Ausnahme weniger Modellfabriken (Baethge-Kinski et al. 2018). Im Fertigungsbereich werden etwa seit derselben Zeit auch digitale Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS) und später auch unternehmensübergreifende digitale Anwendungen des Enterprise-Resource-Planning (ERP) eingesetzt. Der Zusammenschluss von Personal Computern zu lokalen Netzwerken sowie das Internet trugen seit den 1990er/2000er Jahren generell zur digitalen Vernetzung bei.

Unter dem technologiepolitischen Schlagwort von Industrie 4.0 hielt seit Mitte der 2010er Jahre ein Bündel digitaler Technologien Einzug in die Industrieproduktion. Die Bezeichnung Industrie 4.0 prägte zunächst vor allem den deutschsprachigen Raum, wird aber zunehmend auch international verwendet. Industrie 4.0 bedeutet,

„dass sich die digitale, auf Datenströme und -austausch gestützte Steuerung von Produktionsprozessen weiter verstärkt. Sie umfasst im Einzelnen eine Palette verschiedener digitaler Innovationen, die an unterschiedlichen Stellen im Produktionsprozess und in der Logistik ansetzen. Dabei entstehen neue Formen des Zusammenwirkens zwischen verschiedenen Maschinen, Anlagen und (Vor)Produktion, auch neuartige Verbindungen von Software und materieller Produktion sowie neue Mensch-Maschine-Schnittstellen.“ (Mühl et al. 2019: 1–2)

Wesentliche technische Voraussetzungen sind leistungsfähige Kommunikationssysteme, die digitale Datenübertragung und materielle Produktion verbinden (sogenannte Cyber-physische Systeme – CPS). In ihnen können Steuerungselemente materielle Gegenstände digital identifizieren, auffinden und mit ihnen in Datenaustausch treten. Big Data und Cloud-Computing bilden wichtige Grundlagen, da sie Speicherkapazitäten erweitern und ganz neue Möglichkeiten umfassender Datenauswertung bieten. Künstliche Intelligenz erlaubt progressive Lernprozesse (anstelle vorher einprogrammierter Verfahrensweisen). In diesem Sinne werden neue Industrierobotergenerationen ‚intelligenter‘ (Caruso 2018). Neben den neuen Industrierobotern zählen zu Industrie 4.0 auch Weiterentwicklungen im Bereich subtraktiver Fertigungsverfahren, wie CNC-Fräsen, CNC-Schleifen und Lasercut-Verfahren sowie zunehmend auch 3D-Druck als neues additives Fertigungsverfahren.

Solche Technologien sind Teil neuer Geschäftsmodelle, welche die Prozessorganisation innerhalb von Unternehmen sowie die Wertschöpfungskette über das Unternehmen hinaus neu strukturieren (Loebbecke/Picot 2015; Strange/Zucchella 2017). Insofern stellen Industrie 4.0-Technologien nicht allein Automatisierungstechnologien zum Zweck der Reduzierung menschlicher Arbeit dar, sondern dienen auch dazu, über digitale Information, Kommunikation und Lernprozesse Prozessabläufe zu optimieren. Ingenieure, Manager, Berater etc. gehen davon aus, dass Wertschöpfung und Produktionsstätten zukünftig weltweit miteinander digital vernetzt werden, und zwar jenseits von Internet und Mails. Sie versprechen eine (international) raumübergreifende digitale Steuerung materieller Produktion. Insofern könnten Industrie 4.0-Technologien ein hohes raumveränderndes Potenzial aufweisen, das die bisherige digitale Vernetzung von CIM noch nicht entfalten konnte.

3 Konzepte über räumliche Kontexte des Technologieeinsatzes

Raum wird in der Wirtschaftsgeographie aus verschiedenen Blickwinkeln wahrgenommen; dieser Beitrag unterscheidet dabei drei wesentliche Perspektiven. Es gibt die raumwissenschaftlich inspirierte Sicht, welche die Entwicklungspotenziale jeweils ausgewählter Regionen in den Mittelpunkt rückt. Sie interessiert sich für regionales Wirtschaftswachstum durch Modernisierung; technische Innovationen verbessern die Position im internationalen Wettbewerb bzw. helfen bei Aufholprozessen peripherer Regionen. Eine andere ist die Sicht auf Abhängigkeiten, also auf interregionale Abhängigkeiten im Raum. Dies ist eine kritische politökonomische Sichtweise, die ökonomische Disparitäten als Machtungleichheiten deutet. Eine weitere Perspektive ist die auf Verortung, die wir hier in Anlehnung an Pierce et al. (2011) als Place-Making der Akteure bezeichnen. Sie ist handlungs- und praktikentheoretisch inspiriert und lässt sich nicht einfach dem modernisierungs- bzw. dependenztheoretischen Standpunkt zuordnen. Viele empirische Studien kombinieren (oft implizit) diese epistemischen Dimensionen. Dennoch hilft die Unterscheidung dabei, erkenntnistheoretische Voraussetzungen besser zu begreifen und die Forschungsergebnisse einzuordnen.

3.1 Die raumwissenschaftliche Sicht

Ein umfangreicher Teil der raumbezogenen Literatur widmet sich der Frage, welche Faktoren dafür maßgeblich sind, dass digitale Technologien einen Beitrag zu regionalem Wachstum leisten, um räumliche Disparitäten zu überwinden. Dieser Strang der Literatur ist überwiegend am regionalen Wirtschaftswachstum interessiert; entsprechende Studien konzentrieren sich auf technische Innovationen als regionale Impulsgeber. Im Mittelpunkt stehen zusammenhängende Territorien, die oft institutionell definiert sind (z. B. Kommunen, Bundesländer etc.) oder zumindest mit administrativen Räumen korrespondieren, wie Stadträume. Das Silicon Valley dient vielfach als Vorbild für digital getriebenes regionales Wachstum (Bathelt/Glückler 2018; Sternberg/Tamásy 1999). Häufig untersuchte Einflussfaktoren sind der Zugang zu Risikokapital (Roper/Grimes 2005) und der lokale Pool qualifizierter Arbeitskräfte (Haug 1991). Immer wieder steht die digitale Infrastruktur im Mittelpunkt, bzw. die darauf bezogene Technologiepolitik (Krone/Dannenberg 2018; Malecki/Wei 2009; Morgan 1992). Die Einsichten

über digitale Initialzündungen und Motoren des technologischen Wandels bündeln sich in der Diskussion über Regionale Innovationssysteme bzw. Territoriale Innovationssysteme (Fromhold-Eisebith 2018). Aber die Regionen in verschiedenen Teilen der Welt sind sehr unterschiedlich erfolgreich darin, sich digital neu zu erfinden (Hospers 2006).

Aus dieser Sicht ist Industrie 4.0 ein technologiepolitisches Leitbild, das – sofern umgesetzt – neue regionale Innovationspotenziale freisetzen könnte. Da sich unter Industrie 4.0 aber ein ganzes Bündel noch junger technologischer Neuerungen versammelt, sind tatsächliche Effekte vor Ort, z. B. mit Blick auf den regionalen Arbeitsmarkt, bislang schwerlich nachzuweisen. Oft beschränken sich die spektakulären, medienwirksamen Industrie 4.0-Projekte auf renommierte Pilotunternehmen, die technologiepolitisch unterstützt werden (Mühl et al. 2019). Ohne solche Förderung und im marktwirtschaftlichen Wettbewerb sind gerade mittelständische Unternehmen bei der Einführung noch zögerlich, weil sich die Investitionen in die jungen Technologien als risikobehaftet darstellen (Fuchs et al. 2017). Auch in Bezug auf Datensicherheit gibt es im Kontext von Industrie 4.0 noch viele Vorbehalte, die der betrieblichen Realisierung entgegenstehen (Del Casino 2016; Strange/Zucchella 2017). Für Anwendungsfelder des 3D-Drucks zeigt sich, dass dessen Einsatz bislang meist auf den Bau von Modellen und die Kleinserienfertigung begrenzt ist und selten für größere Serien verwendet wird (Gress/Kalafsky 2015; Mühl et al. 2019); dies gilt beispielsweise für die automobilen Wertschöpfungskette (Esch 2019) und die Herstellung technischer Textilien sowie für den Textilmaschinenbau (Fromhold-Eisebith/Marschall 2019). Die Anwender befinden sich besonders in urbanen Räumen des Globalen Nordens (Duvivier et al. 2017; Nathan/Vandore 2014; Schmidt et al. 2016) bzw. dort in den Kernökonomien, wo Industrieunternehmen ihre Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit und ihren Modellbau betreiben, was z. B. in Deutschlands polyzentrischem Stadtsystem auch in Klein- und Mittelstädten der Fall ist (Esch 2019; Fromhold-Eisebith/Marschall 2019). Eine ähnliche Abhängigkeit von bereits bestehenden Industriestrukturen zeigen auch Green Leigh/Kraft (2017) für den Industrierobotereinsatz in den USA auf. All dies liefert bislang wenig Hinweise auf neue Entwicklungspotenziale für gering industrialisierte Periphereräume etwa im Globalen Süden bzw. ländlich-kleinstädtisch strukturierte Regionen jenseits vorgeprägter Industrieerfahrung in Ländern des Nordens. Insofern ist zurzeit zumindest noch nicht absehbar, dass diverse ländlich-periphere Regionen durch Industrie 4.0 per ‚leapfrogging‘ auf ein hochentwickeltes technologisches Niveau springen (Bogoviz et al. 2018). Hinzu kommt, dass das Narrativ über Industrie 4.0-‚Somewheres‘ (vgl. Hospers 2006) oft eher technologiepolitische Prioritäten und damit politische Willensbekundungen widerspiegelt, als dass es realweltliche Veränderungen für die Benachteiligten der Weltökonomie gibt (Friederici 2019).

Generell geht dieser Strang der Literatur kaum auf die Frage ein, wie räumliche Kontexte die Technologien mit Blick auf menschliche Arbeit konkret prägen, da der Fokus auf Innovationen als Wachstumstreiber liegt. Positive Beschäftigungseffekte werden als Ergebnis von Start-ups und von Innovation in bestehenden Unternehmen und damit verbundenen neuen Geschäftsfeldern gesehen; technologisch bedingte Arbeitslosigkeit, Fragen der Entlohnung und sonstige Arbeitsbedingungen adressiert diese Forschung nicht.

3.2 Die Sicht auf räumliche Abhängigkeiten

Ein anderer Strang der Literatur interessiert sich für räumliche Abhängigkeiten, mit besonderem Blick auf menschliche Arbeit. Seit ca. zwanzig Jahren überlappt diese Sichtweise auf räumliche Abhängigkeiten auch mit dem ‚relationalen‘ Paradigma, das statt ‚raumwissenschaftlich‘ auf Unterschiede verschiedener Regionen einzugehen deren (Inter-)Dependenzen, institutionelle Verfasstheit und organisatorischen Muster in den Vordergrund rückt (Bathelt/Glückler 2018). Allerdings setzte die Sicht auf räumliche Abhängigkeiten bereits in den 1970er/1980er Jahren ein und folgte politökonomischen Theorietraditionen, die von der Auseinandersetzung mit dem Marxismus und einer kritischen Aufarbeitung kolonialer Abhängigkeiten geprägt war. Frühe Arbeiten über industrieräumliche Abhängigkeiten, vor allem im anglophonen Raum, knüpften vor diesem Hintergrund oft an die Arbeitsprozess-Debatte an (Braverman 1974; Burawoy 1979; Edwards 1979). Ein besonderer Fokus dieses Theoriestrangs liegt bis heute darauf, wie MNU und internationale Wertschöpfungsketten ihre ‚Arbeitskontrollregimes‘ in verschiedenen Ländern organisieren und damit menschliche Arbeit im Rahmen der Arbeitsteilung definieren (Jonas 1996). Aus dieser Sicht ist die Arbeitsteilung zwischen Regionen kein ungewolltes Nebenprodukt effizienter Produktionsorganisation, sondern ein vom Management intendiertes Mittel zur Kontrolle des Arbeitsprozesses (vgl. Thompson/van den Broek 2010). Während in den Zentren der Kernökonomien qualifizierte Arbeit in industriellen Kernsektoren zwar vorhanden ist, aber durch technischen Wandel zur Disposition zu sein steht, sind in den Peripherien – in den Ländern des Nordens und des Südens – Entlohnung und Qualifikationsanforderungen deutlich geringer. Die Fähigkeit, Arbeitskraft räumlich in qualifizierten und unqualifizierten Arbeitseinsatz, in höher und weniger entlohnte Arbeit zu teilen, gibt der Kapitaleseite Macht (Jonas 1996; Massey 1984).

Das betriebswirtschaftliche Modell des Produktlebenszyklus wurde in den 1980er und 1990er Jahren aufgegriffen und aus dieser politökonomischen Sicht kritisch gewendet. Die Idee, dass ein Produkt im Laufe seines Lebens ‚reift‘, wurde von der Wirtschaftsgeographie auf die interregionale und internationale Arbeitsteilung bezogen; dies verschaffte dem Konzept Popularität bis in Lehrbücher hinein (vgl. Liefner/Schätzl 2012). Der Vorstellung zufolge werden junge, innovative Produkte in den Zentren der Kernökonomien hergestellt, wo es qualifizierte Arbeitskräfte und anspruchsvolle Testmärkte gibt. Dort bündeln sich Steuerungskompetenzen, Forschung und Entwicklung, Patentanmeldungen etc. Dagegen werden reife Produkte, die sich in starker Preiskonkurrenz bewegen, in hoher Stückzahl und mit Skalenvorteilen dort produziert, wo es preiswerte Arbeitskräfte gibt. Diese Vorstellung erklärte diverse Muster der interregionalen und internationalen industriellen Standortverteilung sowie organisational-ablaufprozesslichen Arbeitsteilung.

Massey (1984) wendete das Konzept des Produktlebenszyklus auf die *interregionale*, subnationale Ebene an. In ihrer politökonomisch inspirierten Studie führte sie die „Spatial divisions of labour: Social structures and the geography of production“ auf die Verteilung junger und alter Produkte und Produktion innerhalb von MNU der britischen Elektro- und Bekleidungsindustrie zurück. Eine ähnliche Sicht entwickelten Driver/Gillespie (1993) für die englische Druckindustrie. International verfolgten diese Perspektive Savey (1983) für Industriearbeit in Frankreich, Sheppard et al. (1990) für den Fertigungssektor in Österreich und Norton/Rees (1979) für den US-Manufacturing Belt im Vergleich zum Süden und Westen der USA. Der

Hintergrund dieser Studien war, dass rezessive Entwicklungen seit den 1970er Jahren zu Massenarbeitslosigkeit in Regionen mit verlängerten Werkbänken geführt hatten (Erickson 1980). Diese Parallelisierung von fordistischen MNU-Kontrollstrukturen mit regionalen Abhängigkeiten passt allerdings nicht immer, z. B. auch nur bedingt zu dem polyzentrischen Standortmuster in Deutschland.

Die politökonomisch gewendete Idee des Produktlebenszyklus dominierte auch die Wahrnehmung der *weltweiten* Arbeitsteilung besonders in den 1980er Jahren (vgl. Lipietz 1986). Gerade die Ausbreitung der Mikroelektronik hat damals einigen Regionen in den sogenannten ‚Schwellenländern‘ erlaubt, räumliche Entwicklungspfade jenseits des Verkaufs mineralischer oder landwirtschaftlicher Ressourcen zu betreten. Über ihr hohes Potenzial an gering entlohnter Arbeit konnten diese Regionen MNU-Niederlassungen attrahieren und sich über Zulieferfirmen in internationale Wertschöpfungsketten einklinken (Ernst 1985; Fröbel/Heinrichs/Kreye 1980; Hoffman 1985; Leborgne/Lipietz 1988; Lipietz 1986; Schlütter 1993; Scott 1987). Mit Blick auf die asiatischen Tigerstaaten beschrieb Yeung (2016) die Kombination dieser industriellen Produktionsweise mit massiver staatlicher Förderpolitik später als ‚strategic coupling‘ von Wirtschaft und Politik. So wurden aus den ‚Schwellenländern‘ teils starke ‚Emerging Economies‘ mit dynamischen Metropolregionen von hoher Innovationsdynamik.

Im Hinblick auf den aktuellen Digitalisierungsschub gibt es die Befürchtung einer neuen Abhängigkeit des Südens vom Norden. Der Gedanke besteht darin, dass durch die kapitalintensive Komplettfertigung von Produkten in den metropolitanen Zentren – jenseits dieser Wachstumspole – eine vorzeitige Deindustrialisierung in den benachteiligten Regionen des globalen Südens eintreten könnte (Rodrik 2016). Allerdings gibt es bezogen auf Digitalisierung hierzu bislang wenig Hinweise (Bailey/De Propriis 2014; Gress/Kalafsky 2015). Zwar tritt Rückverlagerung eher in Fällen von Betrieben auf, deren Digitalisierung fortgeschritten ist, doch befindet sich Backshoring insgesamt seit langem auf konstant geringem Niveau (Kinkel 2019).

3.3 Die Sicht auf Place-Making

Räume und Orte entstehen durch menschliches Handeln. Dieser Beitrag greift diese Sicht auf das „Geographie machen“ (Werlen 2010: 219) mit dem Begriff Place-Making auf. Place-Making heißt, dass Akteure den Ort wahrnehmen, strategisch adressieren und dieses soziale Konstrukt auch konkret materiell verändern bzw. neu schaffen (McCann 2002). Fassbare Tatsachen am Arbeitsplatz und am regionalen Standort setzen also immer die ‚soziale Konstruktion‘ in dem Sinne voraus, dass die Akteure interaktiv und diskursiv Realität erzeugen:

„Place-making – the set of social, political and material processes by which people iteratively create and recreate the experienced geographies in which they live – is an important but oft neglected part of political theory. Place-making is an inherently networked process, constituted by the socio-spatial relationships that link individuals together through a common place-frame.“ (Pierce et al. 2011: 54)

Bisher wird das Konzept des Place-Making besonders in der Politischen Geographie und Stadtforschung verwendet (vgl. McCann 2002), um darzustellen, wie Akteure (mit ihren mentalen Repräsentationen, Interessen, Politiken) den gebauten Stadtraum ‚machen‘. Besonderes Interesse liegt dabei auf der privatwirtschaftlichen Durchdringung ehemals öffentlichen Raums, auf Auseinandersetzungen zwischen den schwachen und starken Akteuren sowie den

Folgen für die Lebensbedingungen der Menschen (Martin 2003). Place-Making lässt sich aber auch auf den Betrieb in seinem lokalen Umfeld übertragen, um zu analysieren, wie betriebliche Akteure (Geschäftsleitung, Arbeitsplaner, Betriebsratsmitglieder etc.) um Arbeitsplätze kämpfen, sie gestalten und wie zugleich Akteure vor Ort (Gewerkschaftsvertreter, Wirtschaftsförderer, Repräsentanten von Kammern etc.) daran mitwirken, wo welche Arbeit verortet ist. Die politökonomische wirtschaftsgeographische Forschung berücksichtigt diese (Betrieb und Standort verklammernde) Sicht auf Interaktion und Konflikt gerade hinsichtlich gewerkschaftlicher Interessenvertretung (Cumbers et al. 2008, Lopez Ayala 2018, Lopez Ayala/Fütterer 2019).

Mit Place-Making verbindet sich die betriebliche Mikroebene mit der regionalen Meso-Ebene, aber auch mit übergreifenden Veränderungen wie Globalisierung, Flexibilisierung, Arbeits-(markt)regulierung etc., weil alle diese Prozesse konkret verortet stattfinden bzw. sich vor Ort auswirken. Allerdings ‚übersetzen‘ sich diese Prozesse nicht einfach zwischen der Mikro-, Meso- und Makro-Ebene (Hirsch-Kreinsen 2018; Krzywdzinski 2017); insofern wäre ein verklammerndes Konzept (etwa in Fortsetzung von Ansätzen des Fordismus und Postfordismus) vorstellbar (Hirsch-Kreinsen 2018). Allerdings erst, wenn eine solche Übersetzung erfolgen würde, könnte man von einer Transformation oder ‚Langen Welle‘ im Sinne von Kondratieff (1935) sprechen. Zumindest bisher gibt es wenig Hinweise darauf, dass gerade die Industrie 4.0-Technologien in der industriellen Fertigung solche zentralen Prägekräfte aufweisen (wie es etwa das Fließband im Fordismus tat). Allerdings stellt es schon ein Forschungsdesiderat dar, betriebliche, regionale und internationale Prozesse nicht einfach als zufällig oder unverbunden, sondern im systematischen Zusammenhang zu sehen (Hirsch-Kreinsen 2018: 14).

In der interdisziplinären Forschung über sozioökonomisch kontextualisierte Handlungen und Praktiken gibt es eine Spannweite von Ansätzen sozialkonstruktivistischer bis gestaltungsorientiert-pragmatischer Prägung. Mit Blick auf menschengerechte Gestaltung neuer Technologien und Raumentwicklung entstanden seit den 1980er/1990er Jahren in der Wirtschaftsgeographie einige Arbeiten (Ellegård 1983; Ellegård 1989; Fuchs 1992); vor allem aber hebt die Arbeitssoziologie die Gestaltbarkeit von Technologien im Rahmen der betrieblichen Arbeitspolitik hervor (Baethge-Kinsky et al. 2018; Hirsch-Kreinsen 2018; Kleemann/Krzywdzinski 2018). Dieser Diskurs war vor ca. dreißig Jahren besonders lebendig, als die ‚postfordistische‘ Reorganisation der betrieblichen Arena Chancen bot, eingefahrene Wege tayloristischer Arbeitsorganisation zu überwinden (Kern/Schumann 1987). Die Sicht auf ‚soziotechnische‘ Systeme (Hirsch-Kreinsen 2018) ermöglichte, neue Geschäftskonzepte (Womack et al. 1990), neue Produktionsmodelle (Freyssenet/Lung 2004) und Flexibilisierung (Peck 2000) als gestaltbaren Umbruch in der Arbeitswelt zu begreifen. Das galt besonders für die im Kontext dieser strategischen Reorganisation damals relevanten neuen digitalen Technologien: CAD zog in die Entwicklungsabteilungen ein; erste Schritte auf dem Weg zu einer stärkeren Integration zwischen Entwicklungsarbeit und Fertigungsarbeit (CAD/CAM) wurden unternommen (Fuchs 1992). Politisch geförderte Projekte zur ‚Humanisierung der Arbeit‘, die Führungskräfte, Betriebsratsmitglieder, Gewerkschaftsvertreter sowie Arbeits- und Sozialwissenschaftler miteinander verbanden, begleiteten die Technologieeinführung.

Diese menschenbezogene Gestaltung erfolgte allerdings stets unter Rentabilitätsprämissen (Hirsch-Kreinsen 2018) und so zeigten sich in Form von Neotaylorismus und der ‚systemischen Rationalisierung‘ auch Grenzen existierender Handlungsspielräume (Benz-Overhage et al. 1981; Bergmann 1989; Brandt 1981; Schmiede 1989). Bis heute ist die Einsicht wichtig, dass die jeweiligen Chancen und Limitierungen der Gestaltung nicht einfach von der Kapitalseite bzw. der Rentabilitätsprämisse, sondern auch von den ‚stofflich-arbeitsprozesslichen‘ Gegebenheiten abhängen (Kern/Schumann 1987), die sich wiederum branchenstrukturell unterscheiden. So liegt gegenwärtig der Digitalisierungsgrad im Maschinen- und Anlagenbau, in der Automobilindustrie sowie in der Chemie- und Pharmaindustrie deutlich höher als in vielen anderen Teilen des verarbeitenden Gewerbes (Hirsch-Kreinsen 2018). Aber auch Wertschöpfungskettenabschnitt, Betriebsgröße, Losgröße etc. bestimmen über die Art der Digitalisierung.

Diese Einflüsse auf die Gestaltbarkeit und Fragen der systemischen Rationalisierung bleiben auch für Industrie 4.0-Technologien prominent, und zwar – mehr als noch zuvor – unter den besonderen Vorzeichen der flexiblen Anpassung der Produktion – und damit menschlicher Arbeit – an die Markterfordernisse (Hirsch-Kreinsen 2018). Industrie 4.0-Technologien, die prinzipiell die Produktion der Losgröße 1 nicht nur für das Handwerk, sondern auch für die Industrieproduktion rentabel machen, könnten den in den 1980er Jahren erwarteten Flexibilitätsgewinnen heute viel weitergehende Realisierungsmöglichkeiten verschaffen (Hirsch-Kreinsen 2018). Zugleich dürfte die im Vergleich zur mechanischen Produktion höhere Flexibilität digitaler Fertigungstechnologien – bzw. ihrer Software – dazu führen, dass sie leichter gestaltbar und insofern offener gegenüber verschiedenen Ansprüchen und Interessen ist. Das bedeutet, dass die funktionale Verteilung von Aufgaben im Rahmen der betrieblichen, überbetrieblichen und internationalen Arbeitsteilung gestalt- und verhandelbar ist – und somit auch die Schnittstelle zwischen digitaler Technologie und Menschen (Graham et al. 2017; Graham 2019; Hirsch-Kreinsen 2018).

4 Zentrale Fragen für eine raumbezogene Sicht auf Industrie 4.0

Die in diesem Beitrag entwickelten drei Sichtweisen auf Raum illustrieren, dass jegliche Annäherung an Digitalisierung und Raum auch eine epistemische Verortung darstellt. Wenn die erkenntnistheoretische Positionsbestimmung aufgedeckt wird, entsteht Transparenz, die dann auch arbeitsbezogene Implikationen und Gestaltungspotenziale zu entdecken hilft. Das gilt auch für Industrie 4.0-Technologien und für das ‚Wo‘ digitaler Arbeit. Da bislang noch wenig über die konkrete Ausbreitung von Industrie 4.0 bekannt ist, und auch die Beschäftigungseffekte noch unklar sind (Huchler 2016; Lütkenhorst 2018), kann man über die räumlichen Implikationen noch wenig sagen. Es ist aber möglich, für eine raumsensible Sicht auf Industrie 4.0 relevante Fragen aufzuwerfen.

Aus *raumwissenschaftlicher Sicht* konkurrieren Standorte in MNU und internationalen Wertschöpfungsketten um High-road-Technologien. Werke stehen weltweit im Wettbewerb da-

rum, neue Technologien, Geschäftsmodelle etc. zu realisieren und zu technologischen Leitwerken zu werden. Start-ups und junge Anwenderfirmen positionieren sich teils ebenso in diesem kapitalintensiven High-road-Segment (Mühl et al. 2019), teils erschließen sie sich aber auch mit einfachen, preiswerten Varianten von Industrie 4.0-Technologien neue Märkte (vgl. Hirsch-Kreinsen 2012), wie preiswerten 3-D Druckern (Gress/Kalafsky 2015). Prinzipiell eröffnet der Zugang zu Informations- und Kommunikationstechnologien zwar auch ländlich-peripheren Räumen regionale Entwicklungsoptionen (Krone/Dannenberg 2018). Ob aber Industrie 4.0-Anwender mit Blick auf qualifizierte Beschäftigte, Zuliefernetzwerke, Kunden und Infrastruktur anspruchslos genug sind, um auch in marginalen Räumen der Weltökonomie zu entstehen, zu wachsen und dort zu ‚leapfrogging‘ zu führen, ist offen. Suchen also Industrie 4.0-Anwender, -Anbieter und -Provider ausschließlich Design-relevante Standorte, wie zentrale Lagen von Weltstädten (Stark et al. 2016)? Das ist zu bezweifeln. Das Wechselspiel von Standortbedingungen, welche die Digitalisierung der Produktionsabläufe fördern, und die tatsächliche Lokalisierung von technologieintensiven Unternehmen folgen nicht einfach den Prämissen rationaler oder optimaler Standortwahl (Bathelt/Glückler 2018). So gibt es trotz relativ hoher Faktorkosten Lowtech in metropolitanen Lagen, denn Betriebe bleiben schlicht oft dort, wo sie gegründet wurden. Hightech-Betriebe befinden sich auch in vielen kleinstädtisch-ländlich geprägten Gebieten. Für viele Industrie 4.0-Anwender sind Faktoren wie Gewerbeflächenpreise, qualifizierte und gleichzeitig erschwingliche Arbeitskräfte sowie lokale Kunden – mit unterschiedlicher Priorisierung – relevant (Fuchs et al. 2017; Mühl et al. 2019). Es gibt also nicht das ‚Set‘ schlechthin bester Standortbedingungen für Industrie 4.0.

Mit dem Fokus auf *räumliche Abhängigkeiten* zeichnet sich ab, dass alte räumliche Dependenz, wie sie in den 1970er/1980er Jahren mit Blick auf die Parallelisierung von MNU- und räumlichen Kontrollstrukturen beschrieben wurden, nur noch bedingt zur heutigen Situation passen. Metropolen in Emerging Economies sind zu globalen Knotenpunkten geworden, mit eigenen Headquarters. Neben den bestehenden Kernökonomien im Norden bilden diese urbanen Zentren wichtige Standorte für Industrie 4.0-Technologien, an erster Stelle in China (Shubin/Zhi 2016). Die Sicht auf Abhängigkeiten verdeutlicht zudem, dass die MNU der etablierten Kernökonomien inzwischen vielfach ihre jungen Produktvarianten (und nicht erst die reifen Modelle) in den dynamischen Metropolen von China, Indien, Mexiko, Brasilien etc. einführen (Fuchs 2014). Insofern ist mit Sicht auf räumliche Abhängigkeiten zu fragen, wo die Zentralen der Industrie 4.0-Hersteller und Anwender weltweit verortet sind, und wo sie welche Anwendungen implementieren. Neben den wichtigen Standorten der Softwareproduktion in den USA, China und Indien rücken im Bereich der Industrie 4.0-Technologien z. B. auch mittelständische und große europäische Hersteller in den Fokus, gerade im Maschinenbau. Hinsichtlich der Industrie 4.0-Anwender wären Studien über den Einsatz dieser Technologien – neben der viel beachteten Automobilwirtschaft – auch in der heterogenen Branche des Maschinen- und Anlagenbaus erforderlich, aber z. B. auch sektorenübergreifend in den weltweit verbreiteten Montageindustrien, die (noch) diverse Arbeitskräfte beschäftigen. Hier stellt sich die Frage, wie durch die weltweite digitale Vernetzung international (qualifizierende/dequalifizierende/polarisierende) Effekte auf menschliche Arbeit ausgeübt werden.

Mit Blick auf *Place-Making* stellt sich die Frage, inwieweit beteiligungsorientierte, partizipations- und demokratiefördernde Industrie 4.0-Politiken umgesetzt werden können. Auf lokaler

Ebene sind betriebliche Akteure und andere Akteure vor Ort an diesen Prozessen beteiligt: Führungskräfte mit Blick auf die Auswahl der Technologie, den Zeitpunkt der Einführung (zwischen risikobereitem Frühinnovator oder behutsamem Zögerer) und den Einführungsverlauf; Arbeitsplaner und Ingenieure beim konkreten Technolgie-design; Betriebsratsmitglieder und Gewerkschaftsvertreter mit Fokus auf Beteiligung, Arbeitsplatzertalt, Qualifizierung etc.; Wirtschaftsförderer, Kammern, Verbände sowie Berufs- und Hochschulen bei der Förderung des lokalen Wissenspools. Hier gibt es Zielkonflikte, und die unterscheiden sich auch regional. Place-Making kann nicht auf der lokalen Ebene stehen bleiben; angesichts der zunehmenden internationalen digitalen Vernetzung müssen auch neue Formen von multi-skalarem Place-Making entwickelt und erweitert werden. Internationale Zusammenarbeit z. B. über Außenhandelskammern, Entwicklungs- und Berufsbildungszusammenarbeit, Betriebsräte und Gewerkschaftsarbeit können hierfür erste Ansatzpunkte bilden. Aber ob solche internationalen Aktivitäten ausreichen werden, um bestehende sozioökonomische und räumliche Ungleichheiten durch die Gestaltung digitaler Technologien zu überwinden oder zumindest zu reduzieren, ist aktuell noch offen.

Literatur

- Baethge-Kinsky, Volker; Kuhlmann, Martin; Tullius, Knut (2018): Technik und Arbeit in der Arbeitssoziologie – Konzepte für die Analyse des Zusammenhangs von Digitalisierung und Arbeit. *AIS. Arbeits- und Industriesoziologische Studien* 11 (2): 91–106.
- Bailey, David; De Propriis, Lisa (2014): Manufacturing reshoring and its limits: the UK automotive case. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 7 (3): 379–395. DOI: <https://doi.org/10.10193/cjres/rsu019>.
- Bathelt, Harald; Glückler, Johannes (Hg.) (2018): *Wirtschaftsgeographie. Ökonomische Beziehungen in räumlicher Perspektive* (4. Auflage). Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Benz-Overhage, Karin; Brumlop, Eva; Freyberg, Thomas von; Papadimitriou, Zissis (1981): Der Einsatz von Computer-Technologien in der Fertigungstechnik und Möglichkeiten der Arbeitsgestaltung. In: Brandt, Gerhard; Dörfer, Gerhard; Peters, Gerd (Hg.): *Technologieentwicklung, Rationalisierung und Humanisierung. IAB-Kontaktseminar 1979 am Institut für Sozialforschung Frankfurt/Main. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 39–68.
- Bergmann, Joachim (1989): „Reelle Subsumtion“ als arbeitssoziologische Kategorie. In: Schumm, Wilhelm (Hg.): *Zur Entwicklungsdynamik des modernen Kapitalismus: Beiträge zur Gesellschaftstheorie, Industriesoziologie und Gewerkschaftsforschung; Symposium für Gerhard Brandt, Studienreihe des Instituts für Sozialforschung. Frankfurt/Main: Campus Verlag*, 39–48.
- Bogoviz, Aleksei V.; Osipov, Vladimir S.; Chistyakova, Marina K.; Borisov, Maxim Y. (2018): Comparative Analysis of Formation of Industry 4.0 in Developed and Developing Countries. In: Popkova, Elena G.; Ragulina, Yulia V.; Bogoviz, Aleksei V. (Hg.): *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century. Studies in Systems, Decision and Control. Cham: Springer*, 155–164. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_15.
- Brandt, Gerhard (1981): Einleitende Bemerkungen zum Thema „Technologieentwicklung, Rationalisierung und Humanisierung“. In: Brandt, Gerhard; Dörfer, Gerhard; Peters, Gerd (Hg.): *Technologieentwicklung, Rationalisierung und Humanisierung. IAB-Kontaktseminar 1979 am Institut für Sozialforschung Frankfurt/Main. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 1–20.

- Braverman, Harry (1974): *Labor and Monopoly Capital: The Degradation of Work in the Twentieth Century*. New York, London: Monthly Review Press.
- Burawoy, Michael (1979): *Manufacturing Consent: Changes in the Labor Process under Monopoly Capitalism*. Chicago: Chicago University Press.
- Caruso, Loris (2018): Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes? *AI and Society* 33 (3): 379–392. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00146-017-0736-1>.
- Cumbers, Andy; Nativel, Corinne; Routledge, Paul (2008): Labour agency and union positionalities in global production networks. *Journal of Economic Geography* 8 (3): 369–387.
- Del Casino, Vincent J. (2016): Social geographies II: Robots. *Progress in Human Geography* 40 (6): 846–855. DOI: <https://doi.org/10.1177/02700001162515618807>.
- Driver, Stephen; Gillespie, Andrew (1993): Information and Communication Technologies and the Geography of Magazine Print Publishing. *Regional Studies* 27 (1): 53–64. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343409312331347365>.
- Duvivier, Chloé; Polèse, Mario; Apparicio, Philippe (2017): The location of information technology-led new economy jobs in cities: office parks or cool neighbourhoods? *Regional Studies* 52 (6): 756–767. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1322686>.
- Edwards, Richard (1979): *Contested Terrain: The Transformation of the Workplace in the Twentieth Century*. New York: Basic Books.
- Ellegård, Kajsa (1983): *Människa – Produktion: Tidsbilder av ett produktionssystem*. Göteborg: Göteborgs Universitets Geografiska Institutioner.
- Ellegård, Kajsa (1989): *Akrobatik i tidens väv: En dokumentation av projekteringen av Volvos bilfabrik i Uddevalla*. Göteborg: Kulturgeografiska Institutionen.
- Erickson, Rodney A. (1980): Corporate organization and manufacturing branch plant closures in non-metropolitan areas. *Regional Studies* 14 (6): 491–501. DOI: <https://doi.org/10.1080/0959523800185451>.
- Ernst, Dieter (1985): Automation and the Worldwide Restructuring of the Electronics Industry: Strategic Implications for Developing Countries. *World Development* 13 (3): 333–352. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(85\)90134-2](https://doi.org/10.1016/0305-750X(85)90134-2).
- Esch, Alexander (2019): Additive Fertigung im automobilen Produktionssystem – Spannungsfeld von Paradigmenwandel und fortbestehenden Pfadabhängigkeiten. 15. Symposium of Economic Geography, 25. – 27. April 2019, Rauschholzhausen bei Marburg (Deutschland).
- Freyssenet, Michel; Lung, Yannick (2004): Car firms' strategies and practices in Europe. In: Faust, Michael; Voskamp, Ulrich; Wittke, Volker (Hg.): *European Industrial Restructuring in a Global Economy: Fragmentation and Relocation of Value Chains*. Göttingen: SOFI Berichte, 85–103.
- Friederici, Nicolas (2019): Hope and Hype in Africa's Digital Economy: The Rise of Innovation Hubs. In: Graham, Mark (Hg.): *Digital Economies at Global Margins*. Cambridge, MA: MIT Press, 193–221.
- Fröbel, Folker; Heinrichs, Jürgen; Kreye, Otto (Hg.) (1980): *The New International Division of Labour: Structural Unemployment in Industrialised Countries and Industrialisation in Developing Countries*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fromhold-Eisebith, Martina (2018): Research achievements in transition: German scholars' contribution to economic geographies of knowledge, innovation and new technologies. *Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie* 62 (2): 152–162. DOI: <https://doi.org/10.1515/zfw-2017-0031>.

- Fromhold-Eisebith, Martina; Marschall, Philip (2019): Digitalisierung als Treiber von Transformationsprozessen in deutschen Textilclustern – Erkenntnisgewinne aus Sicht der relationalen Wirtschaftsgeographie. 15. Symposium of Economic Geography, 25. – 27. April 2019, Rauschholzhausen bei Marburg (Deutschland).
- Fuchs, Martina (1992): Standort und Arbeitsprozess. Arbeitsveränderungen durch CAD in multistandörtlichen Unternehmen. Münster: Lit.
- Fuchs, Martina (2014): *Worldwide Knowledge? Global Firms, Local Labour and the Region*. Farnham: Ashgate.
- Fuchs, Martina; Fromhold-Eisebith, Martina; Busch, Hans-Christian; Mühl, Caroline (2017): „Urbane Produktion“: Dynamisierung stadtreionaler Arbeitsmärkte durch Digitalisierung und Industrie 4.0? URL: http://www.wigeo.uni-koeln.de/sites/wigeo/Veroeffentlichungen/Working_Paper/WP_2017-01.pdf (Zugriff: 20. Mai 2019).
- Graham, Mark; Hjorth, Isis; Lehtonvirta, Vili (2017): Digital labour and development: impacts of global digital labour platforms and the gig economy on worker livelihoods. *Transfer: European Review of Labour and Research* 23 (2): 135–162. DOI: <https://doi.org/10.1177/1024258916687250>.
- Graham, Mark (2019): Changing Connectivity and Digital Economies at Global Margins. In: Graham, Mark (Hg.): *Digital Economies at Global Margins*. Cambridge, MA: MIT Press, 1–18.
- Green Leigh, Nancy; Kraft, Benjamin R. (2017): Emerging robotic regions in the United States: insights for regional economic evolution. *Regional Studies* 52 (6): 804–815. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1269158>.
- Gress, Douglas R.; Kalafsky, Ronald V. (2015): Geographies of production in 3D: Theoretical and research implications stemming from additive manufacturing. *Geoforum* 60 (1): 43–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.01.003>.
- Haug, Peter (1991): The Location Decisions and Operations of High Technology Organizations in Washington State. *Regional Studies* 25 (6): 525–541. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343409112331346697>.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2012): Einfache Produkte intelligent produzieren: Das Projekt EPRO. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Lay, Gunter; Abel, Jörg (Hg.): *Sozialwissenschaftliche Beiträge zur Produktionsforschung*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 129–137.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2018): Das Konzept des Soziotechnischen Systems – revisited. *AIS. Arbeits- und Industriesoziologische Studien* 11 (2): S. 11–28.
- Hoffman, Kurt (1985): Clothing, Chips and Competitive Advantage. The Impact of Microelectronics on Trade and Production in the Garment Industry. *World Development* 13 (3): 371–392. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(85\)90136-6](https://doi.org/10.1016/0305-750X(85)90136-6).
- Hospers, Gert-Jan (2006): Silicon somewhere? Assessing the usefulness of best practices in regional policy. *Policy Studies* 27 (1): 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1080/01442870500499934>.
- Huchler, Norbert (2016): Die ‚Rolle des Menschen‘ in der Industrie 4.0 – Technikzentrierter vs. humanzentrierter Ansatz. *AIS. Arbeits- und Industriesoziologische Studien* 9 (1): 57–79.
- Jonas, Andrew E. G. (1996): Local Labour Control Regimes: Uneven Development and the Social Regulation of Production. *Regional Studies* 30 (4): 323–338. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343409612331349688>.
- Kern, Horst; Schumann, Michael (1987): Limits of the division of labour: New production and employment concepts in West German industry. *Economic and Industrial Democracy* 8 (2): 151–170. DOI: <https://doi.org/10.1177/0143831X8782002>.

- Kinkel, Steffen (2019): Zusammenhang von Industrie 4.0 und Rückverlagerungen ausländischer Produktionsaktivitäten nach Deutschland. FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit 20. URL: https://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/FGW-Studie-I40-20-Kinkel-2019_05_08-komplett-web.pdf (Zugriff: 17. August 2019).
- Kleemann, Frank; Krzywdzinski, Martin (2018): Editorial. AIS. Arbeits- und Industriesoziologische Studien 11 (2): 4–10.
- Kondratieff, Nicolai D. (1935): The long waves in economic life. *The Review of Economics and Statistics* 17 (6): 105–115. DOI: <https://doi.org/10.2307/1928486>.
- Krone, Madlen; Dannenberg, Peter (2018): Analysing the effects of information and communication technologies (ICTs) on the integration of East African farmers in a value chain context. *Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie* 62 (1): 65–81. DOI: <https://doi.org/10.1515/zfw-2017-0029>.
- Krzywdzinski, Martin (2017): Automation, skill requirements and labour-use strategies: high-wage and low-wage approaches to high-tech manufacturing in the automotive industry. *New Technology, Work and Employment* 32 (3): 247–267. DOI: <https://doi.org/10.1111/ntwe.12100>.
- Leborgne, Daniele; Lipietz, Alain (1988): New technologies, new modes of regulation: Some spatial implications. *Environment and Planning D* 6 (3): 263–280. DOI: <https://doi.org/10.1068/d060263>.
- Liefner, Ingo; Schätzl, Ludwig (Hg.) (2012): *Theorien der Wirtschaftsgeographie* (10. Auflage). Paderborn: Schöningh.
- Lipietz, Alain (1986): *Mirages et Miracles: Problèmes de l'Industrialisation dans le Tiers Monde*. Paris: La Découverte.
- Loebbecke, Claudia; Picot, Arnold (2015): Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics: A research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems* 24 (3): 149–157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2015.08.002>.
- López Ayala, Tatiana (2018): Multi-level Production of the Local Labour Control Regime in the Bangalore Readymade Garment Cluster. In: Butsch, Carsten; Follmann, Alexander; Müller, Judith (Hg.): *Aktuelle Forschungsbeiträge zu Südasiens*. 8. Jahrestagung des AK Südasiens, 19. – 20. Januar 2018. *Geographien Südasiens*, Band 10. Köln, Heidelberg, Berlin: CrossAsia-eBooks, 20–23.
- López Ayala, Tatiana; Fütterer, Michael (2019): Gewerkschaft als internationale soziale Bewegung – Das TIE-Orangensaftnetzwerk. In: Ludwig, Carmen; Simon, Hedrik; Wagner, Alexander (Hg.): *Entgrenzte Arbeit – (un-)begrenzte Solidarität?* Münster: Dampfboot, 174–190.
- Lütkenhorst, Wilfried (2018): *Creating Wealth without Labour? Emerging Contours of a New Techno-Economic Landscape*. German Development Institute, Discussion Paper 11/2018. DOI: <https://doi.org/10.23661/dp11.2018>.
- Malecki, Edward J.; Wei, Hu (2009): A Wired World: The Evolving Geography of Submarine Cables and the Shift to Asia. *Annals of the Association of American Geographers* 99 (2): 360–382. DOI: <https://doi.org/10.1080/00045600802686216>.
- Martin, David (2003) “Place-Framing” as Place-Making: Constituting a Neighborhood for Organizing and Activism. *Annals of the Association of American Geographers* 93 (3): 730–750.
- Massey, Doreen B. (1984): *Spatial divisions of labour: Social structures and the geography of production*. Basingstoke: Macmillan.
- McCann, Eugene 2002: The cultural politics of local economic development: meaning-making, place-making, and the urban policy process. *Geoforum* 33 (3): 385–398.

- Morgan, Kevin (1992): Digital Highways: the New Telecommunications Era. *Geoforum* 23 (3): 317–332. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(92\)90045-6](https://doi.org/10.1016/0016-7185(92)90045-6).
- Mühl, Caroline, Busch, Hans-Christian, Fromhold-Eisebith, Martina, und Martina Fuchs (2019): Urbane Produktion: Dynamisierung stadtreionaler Arbeitsmärkte durch Digitalisierung und Industrie 4.0? FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit 14. URL: http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/DvA_14_Studie_Muehl_et_al._web.pdf (Zugriff: 15. Februar 2019).
- Nathan, Max; Vandore, Emma (2014): Here Be Startups: Exploring London's 'Tech City' Digital Cluster. *Environment and Planning A* 46 (10): 2283–2299. DOI: <https://doi.org/10.1068/a130255p>.
- Norton, R. D.; Rees, John (1979): The Product Cycle and the Spatial Decentralization of American Manufacturing. *Regional Studies* 13 (2): 141–151. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343400701232199>.
- Peck, Jamie (2000): Places of Work. In: Sheppard, Eric; Barnes, Trevor (Hg.): *A companion to economic geography*. Oxford: Blackwell, 133–148.
- Pierce, Joseph; Martin, Deborah G.; Murphy, James T. (2011): Relational place-making: the networked politics of place. *Transactions of the Institute of British Geographers* 36 (1): 54–70. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2010.00411.x>.
- Rodrik, Dani (2016): Premature deindustrialization. *Journal of Economic Growth* 21 (1): 1–33. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10887-015-9122-3>.
- Roper, Stephen; Grimes, Seamus (2005): Wireless valley, silicon wadi and digital island – Helsinki, Tel Aviv and Dublin and the ICT global production network. *Geoforum* 36 (3): 297–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.07.003>.
- Savey, Suzane (1983): Organization of production and the new spatial division of labour in France. In: Hamilton, F. E. Ian; Linge, G. J. R. (Hg.): *Spatial analysis, industry and the industrial environment: progress in research and applications*. New York, Chichester: Wiley, 103–120.
- Schlütter, Levke (1993): Globaler technologischer Wandel und regional-sektorale Produktionskonzepte in Schwellenländern: Theoretischer Zusammenhang und empirische Darlegung am Beispiel der südkoreanischen Bekleidungsindustrie. Kassel: Gesamthochschulbibliothek.
- Schmidt, Suntje; Ibert, Oliver; Kuebart, Andreas; Kühn, Juliane (Hg.) (2016): *Open Creative Labs in Deutschland. Typologisierung, Verbreitung und Entwicklungsbedingungen*. Erkner: Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung. DOI: <https://doi.org/10.2314/GBV:102427909X>.
- Schmiede, Rudi (1989): Reelle Subsumtion als gesellschaftstheoretische Kategorie. In: Schumm, Wilhelm (Hg.): *Zur Entwicklungsdynamik des modernen Kapitalismus: Beiträge zur Gesellschaftstheorie, Industriosozologie und Gewerkschaftsforschung; Symposium für Gerhard Brandt, Studienreihe des Instituts für Sozialforschung*. Frankfurt/Main: Campus Verlag, 21–38. DOI: <https://doi.org/10.5771/9783845271286-85>.
- Scott, A. J. (1987): The Semiconductor Industry in South-East Asia: Organization, Location and the International Division of Labour. *Regional Studies* 21 (2): 143–159. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343408712331344348>.
- Sheppard, Eric; Maier, Gunther; Tödtling, Franz (1990): The geography of organizational control: Austria, 1973–1981. *Economic Geography* 66 (1): 1–21. DOI: <https://doi.org/10.2307/144103>.
- Stark, Rainer; Damerau, Thomas; Lindow, Kai (2016): Industrie 4.0 – Digitale Neugestaltung der Produktentstehung und Produktion am Standort Berlin. In: Sendler, Ulrich (Hg.): *Industrie 4.0 grenzenlos*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 169–186. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-48278-0_10.

- Sternberg, Rolf; Tamásy, Christine (1999): Munich as Germany's No. 1 High Technology Region: Empirical Evidence, Theoretical Explanations and the Role of Small Firm/Large Firm Relationships. *Regional Studies* 33 (4): 367–377. DOI: <https://doi.org/10.1080/713693560>.
- Strange, Roger; Zucchella, Antonella (2017): Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review* 25 (3): 174–184. DOI: <https://doi.org/10.1108/MBR-05-2017-0028>.
- Thompson, Paul; van den Broek, Diane (2010): Managerial control and workplace regimes: an introduction. *Work, Employment and Society* 24 (3): 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1177/0950017010384546>.
- Shubin, Tian; Zhi, Pan (2016): „Made in China 2025“ und „Industrie 4.0“ – Gemeinsam in Bewegung. In: Sendler, Ulrich (Hg.): *Industrie 4.0 grenzenlos*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 91–118. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-48278-0_7.
- Werlen, Benno 2010: *Gesellschaftliche Räumlichkeit 1. Orte der Geographie*. Stuttgart: Franz Steiner.
- Womack, James P.; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel (Hg.) (1990): *The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million-dollar 5-year study on the future of the automobile*. New York: Rawson Associates.
- World Economic Forum (2016): *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf (Zugriff: 5. Januar 2019).
- Yeung, Henry Wai-Chung (2016): *Strategic Coupling: East Asian Industrial Transformation in the New Global Economy*. Ithaca and London: Cornell University Press.