

Christof Ohm und Manfred Bürger

Ausblicke auf Industrie 4.0 und ihr Kybertariat

Die Kampagne begann mit einem Artikel in Deutschlands führender Ingenieurzeitschrift, den VDI-Nachrichten vom 1. April 2011: »Produktionsstandort bleiben heißt heute, sich fit zu machen für die vom Internet getriebene 4. industrielle Revolution.« Ihr voraus gehen Industrie 1.0: »Einführung mechanischer Produktionsanlagen« Ende des 18. Jh., 2.0: »arbeitsteilige Massenproduktion von Gütern mit Hilfe elektrischer Energie (Fordismus, Taylorismus)« an der Wende zum 20. Jh., und 3.0: »ab Mitte der 70er Jahre [...] bis heute andauernde durch den Einsatz von Elektronik und IT getriebene weitere Automatisierung von Produktionsprozessen« (Kagermann/Lukas/Wahlster 2011, 2).

Inzwischen gibt es eine kaum noch überschaubare Fülle von Kongressen, Tagungen, Programmen, Plattformen und Bündnissen zu Industrie 4.0. Aber findet der Term auch Widerhall in der Realität? »Die Vorteile der Elektrifizierung schlugen sich erst nach fast 100 Jahren richtig nieder« (Brynjolfsson/McAfee 2014, 1878). Der Durchbruch zur Automation der Produktion benötigte 30 Jahre. Wie schnell wird das mit Industrie 4.0 Gemeinte sich entfalten? Staat und Wirtschaftsverbände zogen mit: 2013 gründeten die Wirtschaftsverbände von BITKOM, VDMA und ZVEI eine gemeinsame »Geschäftsstelle für Industrie 4.0«. Die Bundesregierung will mit dem Programm »Gute Arbeit im digitalen Zeitalter« bis 2020 mit einer Mrd. Euro »erstmal ein ›verzahntes‹ Förderprogramm auflegen, das Forschungsprojekte zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit zusammenführt«; den Gewerkschaften ist Beteiligung an der Projektgestaltung zugesichert worden (Creutzburg 2014).

Die BRD steht mit dieser Technologieoffensive nicht allein; China treibt sie ebenfalls voran, die Offensive ist weltmarkt- und damit konkurrenzgetrieben. Dem China-Korrespondenten der FAZ zufolge verlassen jährlich 900 000 (0,7% der Gesamtbevölkerung) Ingenieure die Hochschulen (Geinitz 2012), in der BRD sind es 2013 85 000 (1,1%). China ist nach Deutschland weltweit zweitgrößter Exporteur von Produkten und Systemen der Automation, nach den USA zweitgrößter Nachfrager nach Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Im 12. Fünfjahresplan (2011-2015) sollen in China 1,2 Billionen Euro für sieben »strategische Industrien« (Kagermann/Wahlster/Helbig 2013, 74) zur Verfügung gestanden haben, von denen eine das Internet der Dinge (IdD) ist (GSMA 2014, 11). In den USA wurden im Haushalt 2013 für Produktionsforschung 2,2 Mrd. Dollar bereitgestellt (Dais 2014, 634), das Korrelat von Industrie 4.0 wird als »advanced manufacturing« bezeichnet (71 u. 76).

Ist die Diagnose einer »Vierten industriellen Revolution« aber wirklich stichhaltig? Welche Automatisierungsschranken der vorangehenden hebt sie auf? Welche Konsumgüter/Produktionsmittel bringt sie hervor? Wie wälzt sie die Arbeiterklasse

um, wie verschieben sich die Kräftepositionen zwischen den neuen aufsteigenden und den absteigenden Kapitalfraktionen infolge der technologischen Umwälzung? Welche Gestalt gewinnt der neue Gesamtarbeiter?

Mit dem Heraufkommen der Automation war auf der Ebene der Arbeitsinhalte ein bis heute anhaltender Intellektualisierungsschub verbunden; denn die produktionsnotwendigen Eingriffe beinhalten nach PAQ (1987, 27f) »1. Störungsregulation bei gegebenen Prozessen [...]; 2. Verbesserung der Prozesse bei gegebenem Ziel [...]; 3. Präzisierung der Prozessziele [...]; 4. Planung der Prozessziele«. Um derart handeln zu können, müssen die Arbeitenden »sich ihre Eingriffe bewusst als Aufgabe stellen, objektiv vom Standpunkt der Produktion Notwendiges subjektiv übersetzen. [Es müssen] Produktionsanforderungen zu gemeinsamen Aufgaben subjektiviert werden« (PAQ 1981, 474) Diese kollektive Übersetzungsaktivität der »Subjektivierung« (ebd.) ist eingelassen in kapitalistische Verhältnisse der Fremdbestimmung und setzt die Automationsarbeiter »Zerreißproben« (PAQ 1987, 9 u. 107) aus, bringt eine Dialektik von Persönlichkeitsentwicklung und –zerstörung hervor, schafft einen Nährboden neuer Formen produktiver Selbstverbrennung, die industrielle Pathologie der Automation. Riskante Widerständigkeit der Automationsarbeiter, so lässt sich festhalten, hält den Hightech-Kapitalismus funktionsfähig. Was ändert Industrie 4.0 an dieser Widerspruchskonstellation? Wir sammeln im Folgenden Indizien.

Die Technobasis von Industrie 4.0 und das Internet der Dinge

Den Kern von Industrie 4.0 bildet ein Flexibilisierungssprung, der zu billiger und schneller Herstellung maßgeschneiderter Fertigungsserien (»Losgröße 1«) führt. Nachdem in den vergangenen 50 Jahren Produktions- und Maschinensysteme durchautomatisiert und flexibilisiert worden sind, geht es nun um Systemautomation auf der Ebene der gesamten Fabrik, darum, Umrüst- und Transportarbeiten, also innerbetriebliche Logistik, zu automatisieren. Mit »ein und derselben Infrastruktur« sollen »neue, bei der Einrichtung der Produktionsmittel nicht bereits bekannte Produkte« hergestellt werden können (Hoppe 2014, 250).

Wir folgen dem Szenario und beschreiben die Perspektive anthropomorph, in der Werbepoesiesprache der Prospekte: Zu Beginn der Herstellung eines Produkts (einer Ware) existiert kein fixierter Fertigungslaufplan. Werkstücke und Maschinen, die transportiert und bearbeitet werden, aber auch Maschinen »reden« miteinander, bevor sie »handeln«. Werkstücke, die nach »eigener Planung« von Bearbeitungsstation zu Bearbeitungsstation vorrücken – nicht mehr der Zentralcomputer »weiß«, welche Bearbeitungsschritte noch erforderlich sind – »informieren« die Maschinen darüber, »holen Angebote« von ihnen ein und »entscheiden«, welche Maschine sie weiter bearbeiten soll.

Leisten sollen dies ziemlich geheimnisvolle Gebilde: cyber-physische Systeme (CPS, bzw. Produktionssysteme: CPPS) und das in der Fabrik installierte, sie überspannende und ihre Grenzen überschreitende IdD. Wolfgang Wahlster, führend in den Gebieten Künstliche Intelligenz (KI) und Computerlinguistik, beschreibt es so: Auf

Basis des IdD werden Maschinen vernetzt, »die mit allen anderen Maschinen in der Fabrik und den zu produzierenden Dingen ständig Information austauschen« (2012, V2). Daraus entstehen CPPS, »welche die Cyberwelt des Internet mit der physischen Welt der Fabrikwelt verzahnen. Dazu werden in den Fabriken extrem kleine IT-Systeme, die nicht größer als ein Zuckerwürfel sind, in allen Komponenten eingebettet und über Funkprotokolle miteinander vernetzt.« Die CPS »verfügen über ein digitales Produktgedächtnis, verschiedene Sensoren, eine Kommunikationsschnittstelle, einen Mikro-Webserver und steuern jeweils eine Produktionskomponente in der Fabrik.«

Das IdD, eine in den 1990er Jahren konzipierte Technologie (Ohm 2012, 497f), bildet die Grundlage der CPS. Mit dem 2011 erfolgten Umstieg auf das Internet-Protokoll IPv6 erweiterte sich der Adressraum auf 10^{38} , wodurch pro Erdenbewohner mehr Objekte bzw. Dienstleistungen global eindeutig zu identifizieren, zu lokalisieren und zu beobachten wären, als der einzelne Mensch über Gehirnzellen verfügt. – Das IdD wird »durch das sogenannte ›Internet der Dienste‹ [...] komplementiert« (Kagermann/Lukas/Wahlster 2011); dem »Zukunftsprojekt 1 – ›Industrie 4.0« wird das »Zukunftsprojekt 2 – ›Internetbasierte Dienstleistungen« zur Seite gestellt (Kagermann 2013, 4): ersteres stellt digitalisierte Geräte her, letztere implantiert sie im Alltag der Käufer.

Das IdD schafft damit den Raum für eine kombinatorische Explosion von Szenarien der globalen Kapitalverwertung. Wie aber bereits das 1989 für die kommerzielle Nutzung freigegebene Internet zeigte, kann man zwar »Technologien [...], aber nie den Erfolg einzelner Anwendungen« (Fleisch 2014, 1) prognostizieren. Das gilt auch fürs IdD. Digital regulierte Objekte und Dienstleistungen dringen in den Alltag zu den Menschen vor: »Der Computer wird verschwinden, die Computerintelligenz wandert in die Dinge hinein. Das Smartphone wird der Computer der Zukunft.« (Ebd.) Und »ist die elektronische Intelligenz grundsätzlich eingebaut, lässt sie sich durch einen ständigen Strom neuer Funktionalitäten anreichern und individualisieren« (Knop 2015).

Dabei ist von einer Entwicklungsgeschwindigkeit auszugehen, die für den Alltagsverstand und für Prognosedenken, das Trends linear extrapoliert, nur schwer fassbar ist. Seit 50 Jahren und bis auf ca. 15 weitere Jahre (Merrit 2013) gilt Gordon Moores 1965 verkündetes Gesetz, dass die Transistoranzahl pro Chip sich alle 18 Monate verdoppelt. Dies gilt, so Brynjolfsson und McAfee, auch für »Speicher, Sensoren und viele andere Elemente der Computer-Hardware« (2014, 943). In ihrer Sicht begann in den 1990ern ein »zweites Maschinenzeitalter«. Da sich CPS weiterhin exponentiell verkleinern, entstehen neue, durch sie vermittelte Synergien zwischen unterschiedlichen Technologien (Materialwissenschaft, Nanotechnologie, Gen- und Biotechnologie usw.). – Bei der Wahl zwischen den Begriffen »automatisch-elektronisch« und »hochtechnologisch« ist daher letzterer besser geeignet, die Entwicklungsdynamik der neuen Produktionsweise nachhaltig zu erfassen.

Nehmen wir das Beispiel synergischer Effekte in der Hightech-Medizin. Es findet eine biotechnologische Revolution statt, da Kosten und Dauer der Genomentschlüsselung von 2001 bis 2011 aufgrund von Nanotechnik und anderen Techniken bedeutend schneller gesunken sind (Müller-Jung 2011), als sich aus Moores Gesetz

ableiten lässt. »Eines Tages könnten (implantierbare) Medikamentenchips mit individuell angepassten Wirkstoffkombinationen den Markt bestimmen.« (Ziegler 2013, 84). Individualisierte Medizin rückt in Reichweite.

Zwei Aspekte lassen uns den Beginn einer neuen Ära vermuten: 1. Vermittelt durch das IdD zieht eine neue Generation digital gesteuerter Mikromaschinen in den Alltag individuellen Konsums und der Produktion ein, die Nachfrage nach ihnen und ihre Fernüberwachung, -wartung, -programmierung wälzt die Produktionssphäre um, da die Komplexität der in die Produkte eingebauten CPS ansteigt und ITK-Expertise für die Arbeit immer wichtiger wird.

2. Die Beschleunigung der materiell-technischen Produktivkraftentwicklung, an der schon die staatssozialistischen Wirtschaftssysteme Europas mit ihrem langsamen Umbau gescheitert sind, spitzt Widersprüche zu. Das Entwicklungstempo ermöglicht Herrschenden und ökonomisch Starken, auf Bewegungskriege umzuschalten, während Beherrschte sich in den Bauten des Stellungskriegs noch sicher wähnen. Nicht zuletzt Gewerkschaften müssen sich auf die Beschleunigung der Technikentwicklung einstellen, da sie einen beschleunigten Abbau von Arbeitsplätzen nicht nur möglich, sondern auch wahrscheinlich macht.

Kybernetisch-physische Systeme (kpS) und ›vernetzte Intelligenz‹

Den 2006 von Helen Gill in Anknüpfung an Norbert Wiens Kybernetik als Theorie der Selbstregulierung physischer Prozesse (Lee/Seshia 2011, XII) geprägten Term *cyber-physical systems* übersetzen wir mit *kybernetisch-physische Systeme* (kpS). Er richtet sich gegen einen in der Industrie 4.0-Ära in Totalblockade mündenden Gegensatz zwischen Informatiker- und Ingenieurskultur (der zugleich Zusammenprall und Krise verschiedener Facharbeiterkulturen ist), gegen eine Computerwissenschaft, in deren wichtigstem Lehrbuch dargelegt wird, dass »Computerwissenschaft keine Wissenschaft ist. [...] Die Computerrevolution ist eine Revolution unserer Art zu denken und auszudrücken, was wir denken. Als Essenz dieser Veränderung entsteht etwas, das am besten mit prozeduraler Epistemologie (Erkenntnistheorie) zu bezeichnen ist.« (Abelson/Sussman/Sussman 2001, VIII) Wer kpS programmiert, benötigt epistemische und operative Intelligenz (zu den Begriffen vgl. W.F.Haug 2011, 75)¹. Programme zur Steuerung physischer Produktionsprozesse unterliegen Echtzeitanforderungen – Umsteuerung oder Abschaltung von Maschinerie muss im Bereich von Millisekunden erfolgen. Dies erzwingt »physical and cyber design that is deeply integrated« (Gill 2006, 3), vonnöten ist eine »new design culture« (11).

1 Die Unterscheidung zwischen epistemischer und operativer Intelligenz knüpft an Eckart Leiser an. Beeinflusst von der im *Argument* geführten Diskussion über den Widerspiegelungsbegriff und Gramscis Kritik an Bucharin schlug er 1978 vor, die »von Marxisten weitgehend reproduzierte Subjekt-Objekt-Dichotomie in Richtung auf die dreigliedrige Totalität Subjekt-Handlung-Objekt« (522) zu überwinden und »objektive Beziehungen, die weitgehend handlungsimmanent, also objektunabhängig sind« von anderen zu unterscheiden, »die mehr objektabhängig, d. h. von konkreten, der Herstellbarkeit entzogenen Objekteigenschaften bestimmt sind« (521; vgl. Haug 2005, 105).

Für viele Beobachter sind IdD und kpS »heute schon mehr oder weniger synonym« (Jeschke 2013, 6), aber nur wer kpS und IdD unter dem Aspekt komplementärer, globaler/lokaler Wechselwirkung analysiert, kann der Spezifik der neuen Produktionsweise und der Herausbildung einer neuen Arbeiterklasse, einem Kybertariat, das durch Tele-Kooperation und die Orientierung an der neuen Zeitstruktur geprägt ist, auf die Spur kommen.

Jeschke fasst Industrie 4.0 als Durchsetzung von »networked intelligence« (2013, 23). Im von uns gesammelten Material zu Industrie 4.0, ca. 5.000 Seiten, finden wir mehr als 1500 Passus, die technischen Objekten bzw. Systemen Intelligenz attribuieren. »Güter intelligent zu nennen« ist jedoch »ein ebenso gedankenloser Anthropomorphismus, wie wenn in CNN von »intelligenten Waffen« die Rede ist. Intelligent können nur lebendige Subjekte sein, wie diejenigen es waren, die einmal das Feuer gezähmt, die Nutzpflanzen gezüchtet, das Rad erfunden haben.« (W.F.Haug 2005, 109) Tatsächlich entmündigt die Zuschreibung von Intelligenz an die Maschinen die Arbeitenden und zwingt ihnen gefährliches Systemvertrauen ab. Weyer argumentiert, es sei »normal und erwartbar, dass Menschen Fehler machen – sowohl die Programmierer als auch die Operateure der Systeme«. Daher berge »die Konstruktion »intelligenter«, d.h. vermeintlich fehlerfreier Systeme hohe Risiken« (1997, 245).

Seltsame Potenzen spricht man intelligenten Assistenzsystemen zu. Sie müssen Wunder wirken, wird mit ihnen doch die Krise überwindbar, die mit Industrie 4.0 über ältere Facharbeiter hereinbricht, jenen, die in Kategorien früherer Automation ausgebildet, von weiterer Fortbildung ausgeschlossen sind und mit Jüngeren konkurrieren: Es könne der diagnostizierte »Fachkräftemangel abgefedert werden, indem das Arbeiten von älteren Arbeitnehmern zum Beispiel durch intelligente Assistenzsysteme erleichtert und somit eine längere Lebensarbeitszeit ermöglicht wird« (Kagermann 2014, 607).

Selbstorganisierte Produktionssysteme?

»Selbstorganisation maschineller Produktion« scheint als Begriff zur Bestimmung der neuen Technologiebasis der kapitalistischen Produktionsweise ausbaubar. War für die Automation charakteristisch, dass »elektronische »Metamaschinen« [...] zu den klassischen Maschinensystemen und Verfahrensanlagen hinzukommen« und sie »zu geschlossenen Systemen der Selbststeuerung« (W.F.Haug 1985, 93) ergänzen, vollzieht sich nun eine neue Kopplung von Maschine und Metamaschine. Der Umbruch wurzelt in einer Dynamik, durch die die »elektronischen »Metamaschinen« der Automationsära mittels Kabel oder Funk zu einem Netzwerk zusammengeschaltet werden, womit viele, tendenziell weltweit verteilte Maschinensysteme adressiert und gesteuert werden können. Das Netzwerk erlangt den Status einer ortsungebundenen Metamaschine.

Selbstorganisierte Produktionssysteme beruhen darauf, dass die Metamaschine als Organisationsmaschine an Stelle des Menschen nicht nur darüber entscheidet, wie sich die Automaten selbst steuern, sondern auch welche Maschinensysteme zu

welchem Produktionsablauf zusammenwirken sollen; zugleich kontrolliert sie den Produktionsablauf und disponiert um, um Störungen vorzubeugen und Sonderkonstellationen Rechnung zu tragen. Sollte solchen sich selbst organisierenden technischen Systemen Intelligenz attribuiert werden? Das Humanspezifikum menschlichen Denkens, also auch der Intelligenz, ist es, nicht nur Probleme zu lösen, sondern sie neu zu stellen (Seidel 1976).

Selbstorganisation auf Ebene von Industrie 4.0 bewegt sich in einem Raum möglicher Problemlösungen, den Menschen mittels mathematischer Modellierung voraus entwerfen – dabei können auch KI-Methoden zum Zuge kommen – und mittels Erstellung von Computerprogrammen umgrenzen. Dass eine große Zahl von kPS – zum Beispiel fahrerlose Transportfahrzeuge – ›autonom‹ (d.h. ohne menschliches Zutun) interagiert und dieser ›Schwarm‹ sich unvorhersehbar nützlich verhält, ist als ›Selbstorganisation‹ angemessen fassbar, aber nicht als ›Intelligenz‹. Vonnöten ist es allerdings, die praktische Intelligenz der Systemüberwacher und -entstörer, die in ihrer Arbeitspraxis das wirkliche Problemlösungsverhalten sich selbst organisierender Produktionssysteme beobachtet und analysiert haben, in die Teams der Mathematiker und Informatiker einzubringen, die Modellierung und Programmierung der selbstorganisierenden Systeme betreiben, also Schranken hierarchischer Arbeitsteilung niederzureißen.

Von Fabrikwelt zur Weltfabrik – das Kybertariat 4.0

Selbstorganisation wird geläufig definiert als »Übergang von einem ungeordneten Zustand in einen geordneten Zustand«; es »bilden sich bestimmte Strukturen (Kommunikations- und Funktionsstrukturen) von selbst. In diesem Kontext entstehende Ordnungsmuster lassen sich nicht auf externe Organisatoren zurückführen.« (Geisberger/Broy 2012, 255) Die mit solchen Produktionssystemen entstehenden »hochdynamischen Wertschöpfungsnetzwerke sind so komplex, dass die klassische, hierarchiebetonte Automatisierungspyramide mit ihrer Steuerung schlicht überfordert ist« (Kleinemeier 2014, 571).

Siegfried Dais, Spitzenmanager der Robert Bosch GmbH, beschreibt den Umbruch wie folgt: »Entscheidungen werden im Rahmen vorgegebener Regeln auf einer möglichst niedrigen Ebene getroffen, nicht mehr an der Spitze der Automatisierungspyramide.« (2014, 630) Das impliziert, dass Arbeitende, die 4.0-Systeme überwachen und entstören, neuartige Zugriffe auf strategische Unternehmensinformationen erhalten. Es bedeutet aber nicht, dass sich an ihrem Lohnarbeiterstatus etwas ändert, wohl aber ihr Engagement sich steigert. Entstörungsarbeit unter Hightech-Bedingung kann produktionsnotwendig nur leisten, wer sich engagiert. Das »verschärft die Situation«, dass diese 4.0-Akteure »an Maschinen arbeiten, die in *Privathänden anderer* sind, und dass sie sich zunehmend so verhalten müssen, *als ob* die Produktionsmittel *ihnen selbst* gehörten« (PAQ 1987, 152). Vonnöten sind empirische Untersuchungen, wie diese sich zuspitzenden Widersprüche ausgeglichen werden. Da Schutz des Unternehmens vor digitalem Diebstahl eine zunehmend

wichtige Aufgabe der 4.0-Akteure wird, erscheint unter den Bedingungen der neuen technologischen Grundlagen der kapitalistischen Produktionsweise auch wieder die Eigentumsfrage in einem neuem Licht.

IdD-basierte Produktionssysteme können von jedem Punkt des Globus aus Diagnosen über ihren Innenzustand, Arbeitsgegenstand etc. liefern. Mit dem Versprechen der Fernwartung kann ein Hersteller weltweit Maschinen verkaufen, zu deren Wartung und Entstörung nur die eigenen Experten in der Lage sind: »Zukünftig verbinden sich Spezialisten nicht mehr manuell mit den Maschinen. Die Produktionssysteme verbinden sich als sogenannte *Social Machines* automatisch zu ihrer *Cloud*-basierten Telepräsenz-Plattform und suchen sich situationsabhängig die benötigten Experten.« (Kagermann/Wahlster/Helbig 2013, 69) Vermutlich sogar ohne Anfrage beim Besitzer »erweitern die Maschinen selbständig ihre Fähigkeiten, indem sie benötigte Funktionen und Daten automatisch nachladen« (ebd.).

Damit Maschinen und ihre Komponenten weltweit irrtumsfrei adressiert und gesteuert werden können, spielt der Einsatz semantischer Technologien eine strategische Rolle, die den Geschäftsführer des VDMA zu deutsch-imperialem Pathos bewegen: »die neue Weltsprache der Produktion muss aus Deutschland kommen« (FAZ, 20.11.2013). Jeschke bestimmt sie als »Durchbruch-Technologie« (2013, 43). Mit ihrer Hilfe wird die »Weltsprache« geschaffen, in der – perspektivisch – Definitionen der Produktionsgegenstände und -prozesse und die Protokolle der Kommunikation zwischen den Metamaschinen global gültig sind.

Aus der Nutzung dieser neuen Kommunikationsformen geht das Kybertariat des 21. Jahrhunderts hervor, das in der subalternen Form der Lohnarbeit transnationale Handlungsfähigkeit gewinnt, da die Kybertarier die Fähigkeit erlangen, über 4.0-Produktionssysteme länder- und kulturenübergreifend in einer international einheitlichen Sprache zu reden. – Wie sich produktivkraftbedingt ein Kybertariat 4.0 mit wachsender transnationaler Handlungsmacht herausbilden kann, bleibt jedoch unerforschbar, hält man an einem Szenario fest, das ein »hoch differenziertes Sammelsurium von Klassensegmenten« annimmt, in dem eine Elite/Masse-Polarisierung stattfindet »zwischen einer kleinen Zahl erfolgreicher ›Selbstmanager‹ mit hohem Einkommen, mehr oder weniger etablierten Fachkräften« und »einem großen, wachsenden und unsicheren Segment eines globalisierten Computerproletariats bzw. eines unsicheren urbanen Cyber-Prekariats zwischen wechselnden Beschäftigungsverhältnissen, Solo-Selbständigkeit und Arbeitslosigkeit« (Candeias 2012, 547).

Standardisierungskriege

Auf dem Weg zur Einheitssprache der Produktion fällt ein riesiger Aufwand an Standardisierungsarbeit von Industrie und Staat an. In dem Maße, in dem es auf diesem Feld vorangeht, gewinnt Dais' Vision Realitätsgehalt, es werde sich »die Architektur und das Regelwerk eines aus Millionen von vernetzten Instanzen bestehenden weltweiten Wertschöpfungsnetzwerkes« herausbilden, »das sicher, robust und hochverfügbar ist« (2014, 633).

Gegenwärtig bahnen sich um Normdefinitionen Standardisierungskriege zwischen den geplanten großen interkontinentalen Handelszonen an: zwischen TTIP (Transatlantisches Freihandelsabkommen), TTP (Transpazifische Partnerschaft zwischen USA, Japan, Australien und südamerikanischen Ländern) und der von China vorangetriebenen FTAAP (Freihandelszone Asien Pazifik), die rund 40 % der Weltbevölkerung umfassen wird (Wagner 2015). Aufgrund eines 1979 abgeschlossenen Abkommens mit China gelten dort vielfach DIN-Normen, und »daher können die Deutschen ihre Produkte einfach nach China exportieren, ohne sie wesentlich verändern zu müssen« (60).

Das Deutsche Institut für Normung (DIN) hat den Prozess der IdD-Normierung bereits begonnen (Ziegler 2013, 87), und es ist nicht unwahrscheinlich, dass nach zeitaufwendigen Standardisierungskriegen innerhalb der FTAAP – die Normierung der Schuko-Steckdose dauerte 12 Jahre – schließlich deutsche Normen Industrie 4.0 und das IdD in der FTAAP regeln werden. In den anderen Freihandelszonen werden andere Normen gelten. Die durch Industrie 4.0 und das IdD als Globaltechnologien sich zuspitzende Anforderung, die Weltwirtschaft zu ordnen, steht im Widerspruch zu ihrer kapitalistischen Zerklüftung. Zu erwarten ist, dass die Welt von global operierenden kPS-Netzwerken heimgesucht wird, die zwar profitabel, aber normierungstechnisch schlecht reguliert und daher gefährlich sind.

Realistisch prognostiziert Dais, »in die Vernetzung [würden] nicht nur sämtliche Wertschöpfungsstufen eines Unternehmens einbezogen«, sondern es entstünden auch »ganz neue Wertschöpfungsnetzwerke zwischen Unternehmen« (630). Es entstehen neue Wege der Konzentration und Zentralisation von Kapital, auf dessen Pfaden die marxsche Formulierung »je ein Kapitalist schlägt viele tot« (MEW 23, 790) seine Gültigkeit behält. Zur Diskussion steht allein der neue Totschlag-Modus. Transnational operierende Großkonzerne werden Wert(ab-)schöpfungsnetzwerke um sich scharen, die formell autonom, ihnen aber reell subsumiert sind, weil die Strategie kyber-physischer Vernetzung zwischen Konzern- und »Fremd«-Betrieben letztere auf Ebene von Bits und Bytes produktionsnotwendig transparent, also auch zu Übernahmезwecken durchleuchtbar macht. »Big Data«-Auswertungen können jede Maschinenoperation und jeden Arbeiter(fehl-)eingriff des Fremdbetriebs »automatisch« unter die Lupe nehmen. Die an Datenkabeln hängenden bzw. durch Funk vernetzten Firmen werden einverleibt oder ruiniert, sobald es den Konzernen profitlich erscheint. Was wir als Vergesellschaftungstechnologie produktiver Arbeit analysieren ist zugleich, wie bisher schon das klassische Internet, Medium schärfsten Wettbewerbs, geeignet, Firmen gegeneinander auszuspielen.

Computerkriminalität und Sabotage

Mit der Verflachung der Automationspyramide entstehen neue Aktionsräume für »Innentäter«. Alle bisherigen industriellen Revolutionen führten zu sprunghafter Zunahme von Sabotagemacht, die die Kehrseite produktiver Handlungsfähigkeit ist. Welche global ausgreifende Handlungsmacht dem Kybertariat der 4.0-Ära bereits

zugewachsen ist, spiegelt sich in den Taten von Edward Snowden, lohnabhängiger IT-Fachmann einer privaten IT-Firma, und Chelsea Elizabeth Manning, IT-Spezialistin der US-Armee. In der Ära 4.0 werden alle Produzenten zu IT-Personal – und viele von ihnen werden die Kunst beherrschen, »digitale Spuren« ihrer regelwidrigen Systemexplorationen zu löschen, mögen sie nun kriminell, durch Lust an Computerspielen mit Echtsystemen oder gesellschaftskritisch motiviert sein. Wachsende Sabotagemacht der Kybertarier wird Konflikte verschärfen, aber die Durchsetzung der neuen Produktionsweise nicht blockieren.

Blockiert werden kann diese dagegen durch staatliche Computerkriminalität und –sabotage, das Aktionsfeld der Geheimdienste. Hier hat sich Edward Snowden in die Geschichte des Kybertariats als Verteidiger der informationellen Infrastrukturen eingeschrieben. Mittels des von ihm »illegal« aufgebauten digitalen Archivs hat er der Öffentlichkeit Beweise dafür geliefert, dass »die Digitalspione der sogenannten Fünf-Augen-Allianz aus USA, Großbritannien, Kanada, Australien und Neuseeland« im Internet »Schlachten [planen], um Computernetzwerke lahmlegen zu können, und damit potenziell alles, was die steuern: Strom- und Wasserversorgung, Fabriken, Flughäfen oder Zahlungsverkehr« (Appelbaum u.a. 2015, 29).

In diesem Guerilla-Krieg »um Informationen wird kaum zwischen zivil und militärisch unterschieden« (ebd.). Dieser Typ von Hindernissen ist nur überwindbar, wenn sich die Weltgesellschaft zu einem von Staaten und zivilgesellschaftlichen Akteuren, schließlich auch vom neuen Kybertariat selber überwachten Cyberfrieden durchringt. Eine unabdingbare Voraussetzung effektiver Überwachung ist strikte globale Normierung der Datenströme und -verarbeitungstechniken, da nur dann eine Chance besteht, Verfälschungen zu entdecken. Ein Wust inkompatibler Kommunikationsprotokolle und semantischer Technologien ist der ideale Unterschlupf für destruktive Metamaschinen.

Umriss des neuen Gesamtarbeiters

KpS-Netzwerke ermöglichen und erfordern Produzententaten im Echtzeitmodus, die Betriebs-, Unternehmens- und Konzerngrenzen überschreiten. Auf diesen Umbruch antworten manche Diskurse mit der Klage über »Entortung«, »Entzeitlichung«, »Entbetrieblichung« etc. Es manifestiert sich darin eine »retronormative Perspektivierung« (W.F.Haug 2005, 143), die den Blick zurück auf angeblich bessere Zeiten lenkt. Der retrograd-utopische Rückblick beraubt sich der Chance, die produktivkraftbedingte Genese eines neuen Betriebstyps und einer neuen Zeitstruktur der Kooperation zu entdecken und nach den darin steckenden neuen Handlungsoptionen der Arbeitenden zu fragen.

Dem Rückblick entgeht, dass sich ein neuer Typ des Gesamtarbeiters herauskristallisiert, dessen Akteure weltweit verteilt sind und das IdD als Mittel direkter Zusammenarbeit an einem Maschinensystem nutzen. Die Rede ist von der Perspektive echtzeitkritischer Arbeit im Telepräsenz-Modus, die eine weltweit verteilte Produktionsanlage betreut.

Wie sind eigentlich Kollektive zu organisieren, deren Arbeit es ist, die zunehmend komplexen Maschinensysteme der Ära 4.0 zu betreuen? – Die industriesoziologische Forschung kreiert zwei Wege (exemplarisch Hirsch-Kreinsen 2015, 94f):

1. »Polarisierte Organisation«. – Auf der »dispositiven Ebene« sind »qualifizierte Experten mit hohen Handlungsspielräumen« tätig: »Ingenieure, Facharbeiter mit Zusatzqualifikation«, auf der »operativen« verrichten »Angelernte« »einfache Tätigkeiten« (2015, 94).

2. »Schwarm-Organisation«. – Hier gibt es nur eine Ebene. Auf ihr bewegt sich qualifiziertes Personal mit hohen Handlungsspielräumen, das sich wie oben zusammensetzt. Hinzu kommen Facharbeiter, es entfallen die Angelernten. In der »Schwarm-Organisation« gibt es »keine definierten Aufgaben für [die] einzelnen Beschäftigten [...], vielmehr handelt das Arbeitskollektiv selbst organisiert, hoch flexibel und situationsbestimmt je nach zu lösenden Problemen im und am technologischen System« (95). – Vordergründig ähnelt das dem Konzept des PAQ, das wechselseitige Abstoßung von Facharbeitern und Ingenieuren als Produktionshemmnis untersucht hat: »selbstorganisiertes Zusammenkommen der verschiedenen betrieblichen Kompetenzen, der Automationsarbeiter und Ingenieure zu einem neuartigen Ensemble von Produktionsintellektuellen« (PAQ 1987, 58f).

Wo liegt die Differenz? Hirsch-Kreinsen legt dar, dass das in der neueren Forschung gelegentlich angeführte »Schlagwort des ›Facharbeiteringenieurs« im Kontext von Industrie 4.0 »an Gewicht« (2015, 92) gewinne. Wäre der »Schwarm« ein Arrangement, in dem sich Facharbeiter und Ingenieurpersonal diese neue Handlungsfähigkeit, die Verschränkung von epistemischer und operativer Intelligenz erarbeiten? Hirsch-Kreinsen sieht, dass im Anarchisch-Schöpferischen des Schwarms auch ein Produktionsrisiko steckt; notwendig sei »die für betriebliche Abläufe unverzichtbare kollektive bzw. überindividuelle Handlungsorientierung« (2014, 24). Der entwicklungsförderliche Widerspruch von schöpferischer Anarchie und Produktionsdisziplin, wie sie die 4.0-Produktion erfordert, ist aber nur lebbar in einem kritischen, also selbstorganisierten Projekt, dessen Mitglieder gemeinsam Ziele verfolgen, die über die Privatgoismen der Mitglieder hinausweisen. Aus der Selbstorganisation erwächst Widerständigkeit der Arbeitenden, die aus Kapitalsicht zweiseitig ist, produktionsförderlich und riskant.

»Work-Life-Balance« und Vier-in-einem-Perspektive

Die aus Industrie 4.0 resultierende »flexible Arbeitsorganisation« soll es ermöglichen, »den Mitarbeitern, Beruf und Privatleben sowie Weiterbildung besser miteinander zu kombinieren«; sie erhöhe die »Work-Life-Balance« (Kagermann/Wahlster/Helbig 2013, 5). Der Term bezieht sich auf die Scheidung von »Arbeit und Freizeit«, die von den einzelnen Lohnabhängigen im Alltag »als eine Trennung, die ihr Leben durchzieht und die sie eifersüchtig bewachen«, erfahrbar war (F.Haug 1986, 178). Sie erfuhren es »ebenso als Bedrohung wie als Befreiung«, wenn Automatisierung mit ihren faszinierenden und zugleich fremdbestimmten Arbeiten sie dazu heraus-

forderte, diese Grenzl意思ien zu überschreiten. Im Hinblick auf die Gewerkschaften schlug das PAQ daher »Automationspolitik im Interesse der Produzenten« (1987, 171) vor, die darauf hinarbeitet, »den Zusammenhang von Arbeit und anderen Lebensfunktionen für jeden einzelnen beherrschbar zu machen, Lebensweisen zu finden, die die Privatheit und die mit ihr verbundene Vereinzelung überwinden«.

Auf gleicher Linie scheinen sich die Verfasser eines Memorandums der IG Metall zu bewegen, die »zunehmende Verschmelzung von Beruf und Privatleben, gestörte Work-Life-Balance, Entgrenzung der Arbeit, ständige Verfügbarkeit und Erreichbarkeit« konstatieren und fordern, es dürfe »nicht als individuelle Aufgabe auf die Beschäftigten abgewälzt werden«, »psychische Störungen, wie z.B. Burn-out (>Erschöpfungsdepression<)< zu bekämpfen und zu vermeiden (Baumgarten u.a. 2014, 5f). Betriebsratsgremien seien »als alleiniges Kontrollorgan mit der Wahrnehmung und dem Schutz von Arbeitnehmerrechten überfordert« (ebd.). Offen bleibt, wie die Arbeitenden selbst es sich zur kollektiven Aufgabe machen können, Betriebsräte nutzend und ihnen nützend, gegen persönlichkeitszerstörende Arbeitskonstellationen vorzugehen. Wäre es nicht angemessen, wenn die Gewerkschaften der mit den Kategorien Industrie 4.0 und Digitalisierung bezeichneten Dynamisierung der technischen Entwicklung, die sie sorgfältig beobachten und unterstützen, ein Konzept der Dynamisierung ihrer Basis gegenüberstellten? Warum nicht Akteure unterschiedlicher Praxisfelder zu Handlungsforschungsgruppen zusammenschließen, die ihre Kräfte aber nicht zur Durchsetzung von Sonderinteressen bündeln, sondern, indem sie Konzeptionen gesamtgesellschaftlicher Veränderung erarbeiten, auf die Selbstveränderung als Gruppe orientieren?

Die Entwicklung einer neuen Arbeits-Lebens-Balance in einer 4.0-Erwerbsgesellschaft kann sich Anregungen holen bei der von Frigga Haug (2011) ausgearbeiteten Vier-in-einem-Perspektive. Die hier vorgeschlagene »Anordnung der vier Tätigkeitsbereiche – Erwerbsbereich, Reproduktionsbereich, Kultur, Politik – auf zeitlich gleicher Ebene, statt sie einander über- und unterzuordnen« (242) hat den Vorteil, dass sie zugleich als Nahziel fungiert: Dieses Ziel ist nur erreichbar, wenn es in alltagspolitische Aktionen und Umsteuerung der Lebensführung übersetzt wird, die sich am langfristigen Ziel wie an einem Kompass orientieren und gemessen an dieser Zielbestimmung vorankommen.

In dieser Ziel- und Handlungskonstellation befähigen sich die Arbeitenden, in Betriebs- und Unternehmensprojekten Ursachen der oben genannten psychischen Störungen zu erforschen und Gegenkonzepte zu entwickeln, die Durchsetzungschancen haben. Als Methode erscheint uns das von Frigga Haug entwickelte Verfahren des *widerspruchsgeleiteten Gruppeninterviews* (Buhr u. Woll 1987, 43ff) und der *Erinnerungsarbeit* ergiebig. Letztere ist zu *antizipierender Erinnerungsarbeit* (F.Haug 2015) weiterentwickelt worden und kann mit den in Skandinavien entwickelten Verfahren der *entwickelnden Arbeitsforschung* (ebd.) verbunden werden. Ziel dieser Kopplung wäre es, Umbrüche der Arbeit, die die als Industrie 4.0 bezeichnete Kette von Technik- und Organisationsumwälzungen auslöst, antizipierend zu erfassen und den Unternehmerkonzepten nicht einfach nur Forderungen, sondern frühzeitig eigene, experimentell erprobte Gestaltungskonzepte entgegenzusetzen.

Gewerkschaftsstrategien: Verelendungsdiskurs auf Abruf?

Es liegt auf der Hand, dass mit dem Übergang zur Arbeit an 4.0-Systemen Qualifikationsanforderungen im Vergleich zur Automationsära sprunghaft zunehmen. Da kein Werkstückdurchlauf dem anderen gleicht, kann kaum Arbeitsroutine entstehen, und selbst im Fall von Kleinserien ›suchen‹ sich die Werkstücke unterschiedliche Wege. Da weiterhin Maschinensysteme gesteuert von ihren Metamaschinen Arbeitsgegenstände bearbeiten, bleiben die 3.0-Anforderungen erhalten und überlagern sich mit denen von 4.0. Hier bedarf es empirischer Untersuchung, da es Formen gibt, die 3.0-Qualifikationen zu perfektionieren, die jedoch den Übergang auf 4.0 blockieren. Schon der Übergang ›klassischer‹ hochqualifizierter Facharbeiter in die Automation ging mit Qualifikations- und Identitätskrisen einher.

Folgt man der Situationsbeschreibung von Jörg Hofmann, 2. Vorsitzender der IG Metall, bahnt sich mit Industrie 4.0 eine schwere Qualifikationskrise an. Im Werkzeugbau finde man »noch viele Beschäftigte aus klassischen Ausbildungsgängen, die durchaus mechanische, vielleicht sogar mechatronische Kenntnisse haben. Aber mit Software, mit Informationstechnik kennt sich kaum jemand aus.« (Zit.n. Bochum 2015, 35) Dies zeige sich »in zunehmender Schärfe auch bei technischen Angestellten und Ingenieuren, egal ob sie in Forschung und Entwicklung oder in Service, Vertrieb und Logistik tätig sind« (ebd.).

Hier ist die Rede von Arbeitenden, deren Anteil an der Gesamtzahl der Beschäftigten in der Metall- und Elektroindustrie ca. 50 % beträgt und die als »Innovations-Träger (15–20 %) – Forschung, Entwicklung, Planung« sowie »Know-how-Träger (25–30 %) – Fachangestellte, Produktionsfacharbeiter, Facharbeiter in indirekten Bereichen« eingestuft werden; die übrigen 50 Prozent sind »Ausführende in Fertigung, Verwaltung – Schwerpunkte weiblicher Beschäftigung« (Kurz 2013, 17).

Während es für die erste Hälfte eine Reihe bedenkenswerter Qualifizierungskonzepte gibt, z.B. »lernförderliche Arbeitsorganisation« (2014, 110), krankt die Konzeption von Constanze Kurz, die den Gewerkschaftsdiskurs der IG Metall mit prägt, an zwei Mängeln:

1. Was die zweite Hälfte angeht, überwiegend weibliche »Ausführende«, bemängelt sie einen Kampfaufschub mit Ungewissheiten. Wie immer man das »Zukunftprojekt Industrie 4.0« einschätzt, es vollendet die Automation von monoton-repetitiver, standardisierter Massenarbeit, die schon längst begonnen hat. Daher ist die folgende Prognose in ihrer Vorsichtigkeit unhaltbar: »mit fortschreitender IT-Durchdringung dürfte sich der Abbau einfacher, manueller Tätigkeiten in der industriellen Fertigung fortsetzen« (2014, 108) Eine weitere Ungewissheit wird fingiert: »Ob sich dieser Abbau durch mehr Arbeitsplätze im Rahmen von Planungs- oder Servicetätigkeiten kompensieren lassen, lässt sich gegenwärtig nicht zuverlässig abschätzen.« Der Belegschaftsanteil derer, die in der Fertigung einfache, manuelle Tätigkeiten verrichten und akut automationsbedroht sind, ist erheblich größer als der Anteil derer, die im Planungs- oder Servicebereich arbeiten, Felder, in denen Radikalautomation auch zuschlagen wird. Kurzum: eine Hälfte der Arbeitenden wird im Stich gelassen.

2. Es wird mit einem Verelendungsdiskurs auf Abruf operiert. Kurz legt nahe, das Kapital wähle bezüglich Industrie 4.0 zwischen »tayloristischer« und »innovativer Arbeitspolitik« (2013, 18). Ein »digital basierter Taylorismus 4.0, eine Neuauflage der alten Spaltung zwischen Kopf- und Handarbeit« (2014, 109), sei nicht ausgeschlossen. Hier taucht sie auf – die Spaltung – wie eine Erinnerung an eine ferne Vergangenheit. Sie ist aber bei der Hälfte der Arbeitenden Realität, denen die Integration von Hand- und Kopfarbeit über viele Jahre hinweg verwehrt war und die nun im Planungsbereich arbeiten sollen.

Die Beschäftigten würden, so heißt es im dystopischen Szenario von Kurz, »nur noch vernetztes Rädchen in einer unmenschlichen Cyberfabrik, ohne nennenswerte Handlungskompetenzen, entfremdet von der eigenen Tätigkeit durch eine fortschreitende Dematerialisierung und Virtualisierung von Geschäfts- und Arbeitsvorgängen« (ebd.). Allerdings sei der »Taylorismus 4.0« für »die erfolgreiche Realisierung einer Industrie 4.0 in hohem Maße dysfunktional« (ebd.).

Dieser Verelendungsdiskurs fingiert, dass das Kapital, obwohl es in Industrie 4.0 eine Profitquelle sieht, in Labilität und Herrschsucht verfallen und den Weg des »Taylorismus 4.0« wählen kann. Jeder Schritt, mit dem das Kapital sich von diesem Negativpol entfernt, ist in dieser Logik ein Ausweis gewerkschaftlicher Kraft.

Der Begriff hochtechnologische Arbeitslosigkeit (W.F.Haug 2006, 229) gewinnt in Bezug auf Industrie 4.0 und den damit einhergehenden KI-Anwendungsschub erhöhte Aktualität. Der Anstieg der Qualifikationsanforderungen erzeugt bei bisher als qualifiziert geltendem Fachpersonal Qualifikationslücken, die betriebliche Qualifizierungsoffensiven nicht schließen können. Vonnöten ist deren Koppelung mit umfassender Arbeitszeitverkürzung und beruflicher Weiterbildung, die staatlich finanziert wird. Das Konzept der Gewerkschaft verdi, »das Berufsausbildungssystem für die Zukunft fitzumachen und zum Beispiel Altersteilzeit durch Bildungsteilzeit abzulösen« (Creutzburg 2014), ist ein Schritt in diese Richtung.

Literatur

Abelson, Harold, Gerald Jay Sussman u. Julie Sussman, *Struktur und Interpretation von Computerprogrammen* (1985), 4.A., Berlin u.a. 2001

Appelbaum, Jacob u.a., »Kontrollierte Eskalation«, in: *Der Spiegel*, 17.1.2015, 28-31

Baumgarten, Norbert, u.a., *IT und Beschäftigung. Memorandum des Arbeitskreises Informations- und Kommunikationstechnik des IG Metall Bezirks Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Forum Soziale Technikgestaltung*, Version 2.0, Stuttgart 2014

Bauernhansl, Thomas, Michael ten Hompel u. Birgit Vogel-Heuser (Hg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration*, Wiesbaden 2014

Bochum, Ulrich, »Gewerkschaftliche Positionen in Bezug auf <Industrie 4.0>«, in: Botthof/Hartmann 2015, 31-44

Botthof, Alfons, u. Ernst Andreas Hartmann (Hg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*, E-Book, Berlin-Heidelberg 2015

Brynjolfsson, Eric, u. Andrew McAfee, *The Second Machine Age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird*, E-Book, Kulmbach 2014

- Buhr, Regina, u. Ellen Woll, »Zur Methode«, in: Gerhard Brosius u. Frigga Haug (Hg.), *Frauen\ Männer\ Computer. EDV im Büro: Empirische Untersuchungen*, Berlin/W 1987, 43-47
- Candeias, Mario, »Kybertariat«, in: *Historisch-kritisches Wörterbuch des Marxismus*, Bd. 8/I, Hamburg 2012, 545-58
- Creutzburg, Dietrich, »Digitale Umbrüche in der Arbeitswelt. Lösen sich betriebliche Strukturen auf, oder holen neue Technologien Produktion aus Asien zurück?«, in: *FAZ*, 9.9.2014, 17
- Dais, Siegfried, »Industrie 4.0 – Anstoß, Vision, Vorgehen«, in: Bauernhansl/ten Hompel/Vogel-Heuser, 2014, 625-34
- Fleisch, Elgar, »Die nächste Innovationswelle: Das Internet der Dinge«, in: *Pictures of the Future*, Siemens-Magazin für Forschung und Innovation, 1.10.2014 (www)
- Geisberger, Eva, u. Manfred Broy (Hg.), *AgendaCPS: Integrierte Forschungsagenda cyber-physical systems*, Berlin-Heidelberg 2012
- Gill, Helen, *NSF Perspective and Status on Cyber-Physical Systems*, National Workshop on Cyber-Physical Systems, Austin/Texas, 16-17.10.2006 (www)
- Geinitz, Christian, »Ingenieurmangel? Stellen Sie doch Chinesen ein!«, 26.4.2012 (www)
- GSMA (Groupe Speciale Mobile Association), *Connected Living. How China is set for global M2M Leadership*, Juni 2014 (www)
- Haug, Frigga, »Zeit der Privatisierungen? Verarbeitungen gesellschaftlicher Umbrüche in Arbeit und Lebensweise«, in: *Das Argument* 156, 28. Jg., 1986, H. 2, 174-90
- dies., »Die Vier-in-einem-Perspektive als Leitfaden für Politik«, in: *Das Argument* 291, 53. Jg., 2011, H. 2, 241-50
- dies., »The Politics of Hope: Memory-Work as a Method to Study the Conduct of Everyday Life«, in: Ernst Schraube u. Charlotte Højholt (Hg.), *Psychology and the Conduct of Everyday Life*, London 2015 (im Druck)
- Haug, Wolfgang Fritz, »Die Elemente der neuen Gesellschaft im Übergang zu einer anderen Aggregatform«, in: ders., *Pluraler Marxismus*, Bd. 1, Berlin/W 1985, 87-119
- dies., *High-Tech-Kapitalismus. Analysen zu Produktionsweise – Arbeit – Sexualität – Krieg & Hegemonie*, Hamburg 2003, 2.A. 2005
- dies., *Neue Vorlesungen zur Einführung ins »Kapital«*, Hamburg 2006
- dies., »Materielle Kultur. Eine Problemskizze«, in: ders., *Die Kulturelle Unterscheidung. Elemente einer Philosophie des Kulturellen*, Hamburg 2011
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut, »Wandel von Produktionsarbeit –> Industrie 4.0«, in: Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38/2014, Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38, Technische Universität Dortmund 2014
- dies., »Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit«, in: Botthof/Hartmann 2015, 89-98
- Hoppe, Gerd, *High-Performance Automation verbindet IT und Produktion*, in: Bauernhansl/ten Hompel/Vogel-Heuser 2014, 249-75
- Jeschke, Sabina, *Cyber-Physical Systems – History, Presence and Future*, Vortrag, Aachen 27.2.2013 (www)
- Kagermann, Henning, *Cloud Computing und der Weg in die digitale Gesellschaft*, Fachtagung Future Business Clouds, Berlin 2013, 1-13 (www)
- dies., »Chancen von Industrie 4.0 nutzen«, in: Bauernhansl/ten Hompel/Vogel-Heuser 2014, 603-14
- dies., Wolf-Dieter Lukas u. Wolfgang Wahlster, »Strukturwandel. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution«, in: *VDI-Nachrichten*, 2011, 65. Jg., Ausgabe 13, 2
- dies., Wolfgang Wahlster u. Johannes Helbig, *Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Handlungsempfehlungen zur Umsetzung*, Bericht der Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft, Berlin 2012

- dies. (Hg.), *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*, Berlin 2013
- Kleinemeier, Michael, »Von der Automatisierungspyramide zu Unternehmenssteuerungsnetzwerken«, in: Bauernhansl/ten Hompel/Vogel-Heuser 2014, 571-79
- Knop, Carsten »Das unbekannte Internet der Dinge«, in: *FAZ*, 3.1.2015, 26
- Kurz, Constanze, *Bessere Arbeit in der Industrie 4.0?! Risiken, Chancen & Gestaltungsbedarf*, IG Metall Forum am 1.10.2013 in Erlangen, 1-36 (www)
- dies., »Industrie 4.0 verändert die Arbeitswelt. Gewerkschaftliche Gestaltungsimpulse für ›bessere Arbeit‹«, in: W.Schröter, *Identität in der Virtualität. Einblicke in neue Arbeitswelten und ›Industrie 4.0‹*, Mössingen-Thalheim 2014, 106-11
- Lee, Edward Ashford u. Sanjit Arunkumar Seshia, *Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach*, LeeSeshia.org, 2011 (www)
- Leiser, Eckart, »Zum Problem einer materialistischen Begründung von Logik und Mathematik«, in: *Das Argument* 110, 20. Jg., 1978, H. 4, 518-28
- Merritt, Rich, »Broadcom: Time to prepare for the end of Moore's Law«, in: *EE-Times*, 23.5.2013 (www)
- Müller-Jung, Joachim, »Das Massenscreening unserer Genome wird eingefädelt«, in: *FAZ*, 7.3.2012, N1
- ohne Autor, »Industrie 4.0 begreifen in 60 Sekunden«, *FAZ*, Verlagsspezial Industrie 4.0, 20.11.2013
- Ohm, Christof, »Künstliche Intelligenz«, in: *Historisch-kritisches Wörterbuch des Marxismus*, Bd. 8/I, Hamburg 2012, Sp. 483-501
- PAQ (Projektgruppe Automation und Qualifikation), Bd. IV: *Automationsarbeit. Empirische Untersuchungen*, Bd. 1, Berlin/W 1980
- dies., Bd. VI: *Automationsarbeit. Empirische Untersuchungen*, Bd. 3, Berlin/W 1981
- dies., *Widersprüche der Automationsarbeit. Ein Handbuch*, Berlin/W 1987
- Seidel, Rainer, *Denken – psychologische Analyse der Entstehung und Lösung von Problemen*, Frankfurt/M 1976
- Vogel-Heuser, Birgit, »Herausforderungen und Anforderungen aus Sicht der IT und der Automatisierungstechnik«, in: Bauernhansl/ten Hompel/dies. 2014, 37-48
- Wagner, Wieland, »Wettlauf um die Märkte«, in: *Der Spiegel*, 5.1.2015, 58-60
- Wahlster, Wolfgang, »Die smarte Fabrik«, in: *FAZ*, 13.11.2012, V2
- Weyer, Johannes, »Die Risiken der Automationsarbeit. Mensch-Maschine-Interaktion und Störfallmanagement in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen«, in: *Zeitschrift für Soziologie*, 26. Jg., 1997, H. 5, 239-57
- Ziegler, Peter-Michael, »Losgröße 1. Wie IT die industrielle Produktion revolutionieren soll«, in: *c't, Magazin für Computertechnik*, H. 26, 2013, 82-87