



Industrie  **Energie**



DIGITALISIERTER MASCHINENBAU

WANDEL UND ENTWICKLUNGSCHANCEN
QUALIFIZIERTER ARBEIT

IMPRESSUM

Herausgeber: IG Metall Vorstand, VB 04, Ressort Industrie-, Struktur- und Energiepolitik (ISE),
Wilhelm-Leuschner-Straße 79, 60329 Frankfurt am Main

Verantwortlich: Wolfgang Lemb

Text: Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Technische Universität Dortmund, Otto-Hahn-Str. 4, 44227 Dortmund

Redaktion: Peter Kern, IG Metall Vorstand, Ressort ISE

Textbearbeitung, Satz und Layout: WAHLE COM, Mühlenweg 9, 56479 Elsoff

Druckerei: Henrich Druck + Medien GmbH, Schwanheimer Straße 110, 60528 Frankfurt am Main

Titelbild und Fotos im Innenteil: fotolia

Bestellung im Intra-/Extra-/Internet der IG Metall über die Produktnummer 37329-67686

Kontakt und Bestellung für Nichtmitglieder: sarah.menacher@igmetall.de

Erste Auflage: März 2017

DIGITALISIERTER MASCHINENBAU

Wandel und Entwicklungschancen qualifizierter Arbeit

INHALT

VORWORT	2
1. VORBEMERKUNG	3
2. WIDERSPRÜCHLICHE ENTWICKLUNGSSZENARIEN VON ARBEIT	5
2.1 UPGRADING: BESCHÄFTIGUNGSSTABILITÄT UND STEIGENDE QUALIFIKATIONEN.....	5
2.2 AUTOMATISIERTE FABRIK: ARBEITSPLATZVERLUSTE	6
2.3 POLARISIERUNG VON INDUSTRIEARBEIT: GEWINNER UND VERLIERER	8
2.4 FORTSCHREITENDE FLEXIBILISIERUNG UND ENTGRENZUNG	9
3. ANSATZ ZUM AUSBAU QUALIFIZIERTER FACHARBEIT	11
3.1 INDUSTRIE 4.0 ALS „SOZIO-TECHNISCHES SYSTEM“	11
3.2. SCHNITTSTELLEN IM „SOZIO-TECHNISCHEN SYSTEM“	12
4. FAZIT	17
LITERATUR	18

Vorwort

Der Maschinen- und Anlagenbau und seine Arbeitsprozesse sind in besonderer Weise von der Einführung digitaler Technologien und von Industrie 4.0 betroffen. Angesichts des überdurchschnittlich hohen Qualifikationsniveaus der Beschäftigten in dieser Branche stellt sich für die IG Metall und ihre Betriebsräte die Frage, welche Konsequenzen der weitreichende technologische Wandel für die Arbeitsplätze und Qualifikationen der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer haben wird. Dieser Frage geht die vorliegende Broschüre genauer nach.

Es geht zunächst darum, betrieblichen Akteuren – insbesondere Betriebsräten oder Vertrauensleuten – wichtige aktuelle Forschungsergebnisse zum Wandel von Industriearbeit vorzustellen. Diese laufen auf drei mögliche Zukunftsszenarien hinaus: auf ein „Upgrading“ von Arbeit, verbunden mit tendenziell höheren Anforderungen an die Qualifikation; auf massive Arbeitsplatzverluste in der „automatisierten Fabrik“; auf eine Polarisierung von Industriearbeit, bei der mittlere (Fach-)Qualifikationen auf der Strecke bleiben oder abgewertet werden.



Bei einem bloßen Sichten wissenschaftlicher Prognosen kann eine an Arbeitnehmerinteressen orientierte Publikation aber nicht stehenbleiben. Die IG Metall erhebt einen Gestaltungsanspruch, um qualifizierte Arbeit zu sichern und auszubauen. Demnach geht es uns um ein „Upgrading“ im Maschinenbau und darum, Tendenzen in Richtung Automatisierung und Polarisierung abzuwehren.

Dem dient auch der hier vorgestellte Gestaltungsansatz. Er nimmt weder isoliert die Technik noch bloß den Menschen in den Blick, sondern entwirft das Bild einer Arbeitswelt, in der menschliche Arbeitskraft ebenso ihre Stärke ausspielen kann wie eine digitalisierte Technik. Beides gut aufeinander abzustimmen und Technologie, Qualifikation und Arbeitsorganisation so zu wählen, dass Gute Arbeit befördert wird, ist der Sinn unserer Gestaltungsanstrengung.

Der Autor der Broschüre weist in seiner Untersuchung auf die zentrale Rolle der Mitbestimmung der Betriebsräte hin, wenn es gilt, eine an den Kriterien von Guter Arbeit ausgerichtete Arbeit 4.0 und Industrie 4.0 gleichberechtigt zu etablieren. Das angestrebte „Upgrading“ ist keineswegs ein Selbstläufer.

Der Autor mahnt ebenfalls einen Wandel von Führungsstilen an. Insbesondere fordert er deutlich flachere Hierarchien. Ohne diesen Kulturwandel würde eine moderne Technologie auf veraltete, verkrustete Verhältnisse treffen und würde die Digitalisierung des Maschinenbaus scheitern.

Die von Professor Hartmut Hirsch-Kreinsen vorgelegte Studie wird für die Betriebsräte des Maschinen- und Anlagenbaus sehr hilfreich sein. Dem Autor gilt mein herzlicher Dank.

Wolfgang Lemb

Geschäftsführendes
Vorstandsmitglied der
IG Metall

1. Vorbemerkung



Der Maschinen- und Anlagenbau – in seiner Doppelfunktion als Leitanbieter der neuen Technologie und als ihr Anwender – steht im Vergleich zu anderen Branchen vor besonderen Herausforderungen. Sie betreffen insbesondere die Innovationsdynamik und die Reichweite von Innovationen sowie die sozialen Folgen einer Industrie 4.0. Diese Situation wird vermutlich die allermeisten Maschinenbauunternehmen – im Unterschied zu reinen Anwenderbetrieben aus anderen Branchen – dazu zwingen, eine technologische Vorreiterstrategie zu verfolgen.

Es stellt sich angesichts des überdurchschnittlich hohen Qualifikationsniveaus der Beschäftigten im Maschinenbau – wie schon oft in der Vergangenheit – die Frage, welche Konsequenzen der erwartbare weitreichende technologische Wandel für Arbeitsplätze und Qualifikationen haben wird. Unstrittig ist seit langem, dass das hohe Qualifikationsniveau der Beschäftigten einer der zentralen Faktoren für den bisherigen ökonomischen

erfolgreichen Erfolg der Branche auf dem Weltmarkt ist. Wie aber wird sich die Digitalisierung auf die Zukunft der für den Maschinenbau bis heute so wichtigen qualifizierten Facharbeit auswirken? Zugespitzt gefragt: Bedeutet die Digitalisierung das „Aus“ für die Facharbeit, oder verbinden sich mit dem technologischen Wandel neue Chancen nicht nur für ihren Erhalt, sondern sogar für ihren Ausbau?

Diesen Fragen soll im Folgenden genauer nachgegangen werden. Der Fokus richtet sich dabei zum einen auf den derzeit absehbaren Wandel der Arbeitsorganisation und von Qualifikationen für Tätigkeiten in den Werkhallen. Zum anderen geht es darum, einen Gestaltungsansatz vorzustellen, mit dem qualifizierte Arbeit gesichert und ausgebaut werden kann.

In der wissenschaftlichen und arbeitspolitischen Debatte über die Digitalisierung der Arbeit wurde die Rolle der Facharbeit für den Maschinen-

bau bisher nur selten thematisiert. Auch die Herausforderungen von Industrie 4.0 für die konkrete Entwicklung und Gestaltung der Arbeit im Maschinenbau wurden bislang kaum in den Blick genommen.

In den folgenden drei Argumentationsschritten soll gerade diesen Aspekten nachgegangen werden. Es wird hierbei

- ✘ der Stand der Forschung zum Wandel von Industrie- und Facharbeit zusammengefasst,
- ✘ ein „sozio-technischer“ Gestaltungsansatz zur Sicherung und zum Ausbau qualifizierter Arbeit vorgestellt und
- ✘ auf die Bedeutung von Beteiligung, Mitbestimmung und des notwendigen Wandels von

Führungsstilen für den Erhalt qualifizierter Arbeit hingewiesen.

Materialbasis der vorliegenden Studie sind die Ergebnisse von Maschinenbaustudien, die im Literaturverzeichnis (Seiten 18 und 19) genannt werden. Daneben basiert die Studie auf einer Auswertung genereller Forschungsergebnisse zu den Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsoptionen qualifizierter Arbeit unter den Bedingungen der Digitalisierung.

Ferner bezieht sich die folgende Argumentation besonders auch auf eigene Ergebnisse aus aktuellen empirischen Forschungsprojekten der TU Dortmund zur Digitalisierung der Industriearbeit.



2. Widersprüchliche Entwicklungsszenarien von Arbeit



In den letzten Jahren hat eine breit geführte Diskussion darüber eingesetzt, inwieweit Digitalisierung und Industrie 4.0 zu Veränderungen gesellschaftlicher und ökonomischer Strukturen führen und welche Umbrüche sie in der industriellen Arbeitswelt auslösen können. Doch wie sich die Arbeit konkret verändern wird, darüber wird noch immer intensiv debattiert. Dies hat sich bis heute in widersprüchlichen Forschungsergebnissen niedergeschlagen. Diese lassen sich zu drei Entwicklungsszenarien zuspitzen.

2.1 UPGRADING: BESCHÄFTIGUNGSTABILITÄT UND STEIGENDE QUALIFIKATIONEN

Ein erstes Szenario kann als „*Upgrading*“ von Industriearbeit bezeichnet werden. Es geht davon aus, dass Beschäftigungsstabilität oder sogar Beschäftigungswachstum vorliegen wird und

höherwertige Tätigkeiten und Qualifikationen an Bedeutung zunehmen. Zugleich eröffnet die Arbeit den Beschäftigten mehr Raum für eigenständiges Handeln und ermöglicht ihnen so eine erweiterte Selbstbestimmung in der Arbeit (siehe Abb. 1, Seite 6).

So verweist eine ganze Reihe von Studien auf die positiven Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung. Zugleich wird darin betont, dass eventuell kurzfristig wegfallende Tätigkeiten längerfristig durch andere ersetzt oder aufgefangen werden könnten. Eine Studie (Vogler-Ludwig et al. 2016) rechnet beispielsweise vor, dass in allen Herstellerbranchen digitaler Techniken und Dienste ein Beschäftigungsgewinn von einer Million Erwerbstätiger bis 2030 erreicht werden könnte. Vorausgesetzt wird dabei ein richtiger Boom für digitalisierte Produkte. Darüber hinaus setzt dieses Szenario auf einen Prozess der qualifikatorischen Aufwer-

Abbildung 1

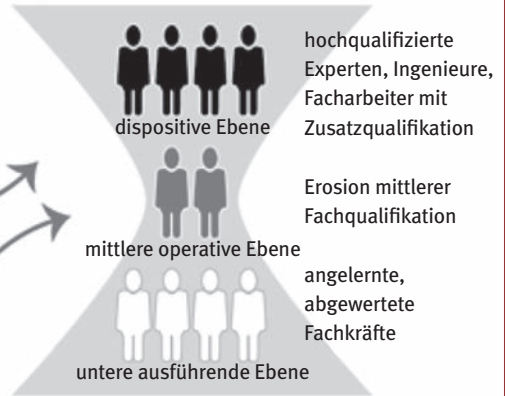
ENTWICKLUNGSSZENARIOEN ZUR ZUKUNFT DIGITALER ARBEIT

Ersetzen von Arbeit:

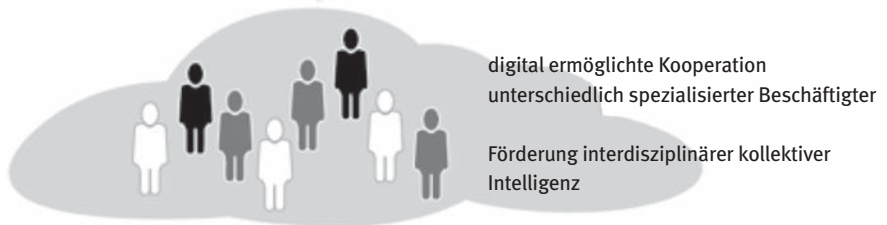
Automatisierte Fabrik



Polarisierung von Arbeit



Upgrading von Arbeit



Quelle: eigene Darstellung

tung, der tendenziell alle Beschäftigtengruppen erfasst. Insbesondere wird in diesem Szenario dem erworbenen Erfahrungswissen und dem erfahrungsgelernten Handeln der Beschäftigten in Produktion und Logistik auch in Zukunft eine besondere Rolle beigemessen.

Die Arbeitsorganisation in diesem „Upgrading“-Szenario ist dadurch gekennzeichnet, dass Entscheidungen weitgehend dezentralisiert getroffen und zuvor getrennte Tätigkeiten und Funktionen der Planung, Ausführung und Kontrolle wieder zusammengeführt werden. Man kann daher auch von einer qualifikatorisch aufgewerteten, flexibel integrierten Arbeitsform sprechen: Ein lockeres Netzwerk unterschiedlich qualifizierter, aber gleichberechtigter Beschäftigter agiert weitgehend selbstorganisiert und situationsbestimmt im digitalisierten Arbeits- und Produktionsprozess; es kann situations- und lebensphasenorientiert die Arbeitsbelastung und den Arbeitsanfall unter den neuen Bedingungen vergleichsweise autonom regulieren.

2.2 AUTOMATISIERTE FABRIK: ARBEITSPLATZVERLUSTE

Im Mainstream des Industrie-4.0-Diskurses wird häufig betont, die Digitalisierung werde keineswegs die „menschleere Fabrik“ zur Folge haben. Gleichwohl lautet das zweite Szenario „Automatisierte Fabrik“ und soll hier nicht ausgeschlossen werden. Es basiert auf der Überlegung, dass Industriearbeit vor allem kurzfristig in erheblichem Umfang durch die neuen Technologien kompensiert werden kann (siehe Abb. 1).

Viele der bisherigen Forschungsergebnisse sprechen dafür, dass Arbeitsplatzverluste vor allem im Segment geringqualifizierter und standardisierter Tätigkeiten anfallen werden. Hierbei handelt es sich um Tätigkeiten mit einem gut strukturierten und regel-orientierten Charakter, die problemlos in Algorithmen überführt und automatisiert werden können. Im industriellen Bereich fallen darunter beispielsweise Tätigkeiten in der Maschinenbedienung

oder in der Logistik, wie etwa das manuelle Erfassen und Verwalten von Daten. Einer weitreichenden Einschätzung zufolge wird es in Deutschland in wenigen Jahrzehnten „keine Jobs mehr für niedrig qualifizierte Arbeiter in der industriellen Produktion geben“ (so Spath et al. 2013).

Wenn aber gering qualifizierte Industriearbeit durch neue Technologien zunehmend ersetzt wird, könnte dies auch bedeuten, so ein interviewter Experte, dass damit „3D“-Tätigkeiten („dirty“, „dangerous“, „demanding“, also: schmutzig, gefährlich und schwierig) in Zukunft weitgehend wegfallen werden. Ergonomisch inakzeptable Tätigkeiten beispielsweise könnten von intelligenten Robotersystemen übernommen und Beschäftigte so von stark beanspruchenden oder gesundheitsgefährdenden Tätigkeiten entlastet werden.



Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass nur geringqualifizierte Tätigkeiten ersetzt werden können. Auch qualifizierte Tätigkeiten könnten

Beschäftigungsstabilität oder sogar -wachstum?

Für den Maschinenbau prognostizieren einige Studien längerfristig positive Beschäftigungseffekte, sofern die Industrie 4.0 insgesamt Produktivitätssteigerungen und Verbesserungen der Wettbewerbssituation auf dem Weltmarkt mit sich bringt. So rechnet die Boston Consulting Group bis 2025 mit einem Beschäftigungszuwachs im Maschinenbau von fast zehn Prozent. Zwar würden kurzfristig niedrig qualifizierte und sich ständig wiederholende Tätigkeiten – wie unter anderem häufig in Montagebereichen – abgebaut, so die Studie. Aber langfristig könnten diese Verluste mehr als kompensiert werden. Nach dieser Prognose steigt dabei vor allem die Nachfrage nach Beschäftigten mit hohen und neuen Qualifikationen wie Mechatronikexperten mit IT-Zusatzqualifikationen.

Aufwertung von Facharbeit?

Einzelne Studien gehen von einer grundsätzlichen Aufwertung von Facharbeit aus und begründen dies vor allem mit der steigenden technologischen Komplexität der Produktionsprozesse sowie einer zunehmenden Menge prozessrelevanter Informationen und Daten. Von den Fachkräften werde zunehmend verlangt, dass sie Steuerungstechniken, IT-Systeme und Vernetzungen der verschiedensten Art beherrschten. Dadurch würden sich die Anforderungen an technisch-fachliche Qualifikationen erhöhen.

Nach diesen Studien verlangen die neuen Informations- und Datensituationen von den Beschäftigten einen erweiterten Blick auf Prozesszusammenhänge. Hierdurch eröffneten sich ihnen deutlich erweiterte Handlungsspielräume. Für viele Beschäftigte bedeute das künftig, über den bisherigen Arbeitsbereich hinaus zu kommunizieren und zu kooperieren. Das stelle vor allem erhöhte Anforderungen an soziale Kompetenzen, insbesondere an Kommunikations- und Teamfähigkeiten.

Unvermeidbare Arbeitsplatzverluste?

In einer aktuellen Studie für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales bescheinigen Vogler-Ludwig et al. (2016) dem Maschinenbau als Herstellerbranche insgesamt zwar eine günstige Entwicklungsperspektive, jedoch prognostizieren sie zugleich unvermeidbare Arbeitsplatzverluste. Die Autoren argumentieren dabei auf der Basis von zwei Szenarien:

- ✘ Bei dem Szenario „*Strukturwandel und schwache Digitalisierung*“ wird für den Maschinenbau bis 2030 ein Verlust von 285 000 Arbeitsplätzen vorhergesagt.
- ✘ Bei dem Szenario „*Beschleunigte Digitalisierung*“ wird davon ausgegangen, dass es dabei zu rund 151 000 neuen Arbeitsplätzen kommt. Damit würde ein Teil der strukturbedingten Beschäftigungsverluste wieder ausgeglichen. Unterm Strich ergibt sich aber auch hier ein Verlust von rund 134 000 Arbeitsplätzen bis 2030.

Der Arbeitskräftebedarf im Fall des zweiten Szenarios richtet sich dabei besonders auf die Berufsbereiche Maschinen- und Fahrzeugtechnik, Mechatronik, Energie- und Elektrotechnik sowie technische Entwicklung, Konstruktion und Produktionssteuerung. Die Autoren betonen, dass diese industriellen Berufe die Vorreiter eines Wandels sind, durch den die bisherigen Herstellungsberufe zunehmend Teil der Produktentwicklung und Produktionssteuerung werden.

in hohem Maße betroffen sein. Neueren Untersuchungen zufolge könnten im Segment der Industriearbeit längerfristig sogar Fachkräftetätigkeiten bis zu mehr als 70 Prozent durch die neuen Technologien ersetzt werden. Hierbei ist allerdings zu betonen, dass die Annahmen über zukünftige Arbeitsplatzverluste umstritten sind. Kritisch wird vor allem darauf verwiesen, dass es sich dabei oftmals um Prognosen lediglich auf der Basis vermuteter zukünftiger Anwendungspotenziale der neuen Technologien handelt.

2.3 POLARISIERUNG VON INDUSTRIEARBEIT: GEWINNER UND VERLIERER

Ein drittes Entwicklungsszenario kann als „*Polarisierung von Industriearbeit*“ betrachtet werden. Es beinhaltet sowohl Prozesse des „Upgradings“ von Qualifikationen, als auch das Ersetzen von Tätigkeiten sowie das Neuentstehen und den Erhalt gering qualifizierter Industriearbeit. Aus makroökonomischer aber auch betrieblicher Perspektive wird dieses Szenario in der internationalen und nationalen Digitalisierungsforschung als sehr wahrscheinlich angesehen.

Sein Hauptmerkmal ist, dass sich eine Schere zwischen Gewinnern und Verlierern der Digitalisierung öffnet. Auf der einen Seite finden sich mehr

komplexe Tätigkeiten mit hohen Qualifikationsanforderungen, und es bildet sich eine „kleine Facharbeiterelite“ heraus. Auf der anderen Seite nehmen einfache operative Tätigkeiten mit niedrigem Qualifikationsniveau zu. Bisherige mittlere Qualifikationsgruppen sind hingegen mit ständig sinkenden Anforderungsniveaus konfrontiert. Bei diesen mittleren Qualifikationsgruppen handelt es sich häufig um Facharbeit in den Werkhallen oder auch um indirekte Tätigkeiten auf mittlerem Qualifikationsniveau. Für die in dieser Weise von Abwertung bedrohten Beschäftigtengruppen, die vorwiegend nur noch rein ausführende Aufgaben erledigen, ist zukünftig vermutlich nur noch eine verkürzte Grundqualifikation oder ein Anlernen am Arbeitsplatz erforderlich.

Arbeitsorganisatorisch geht diese Entwicklung mit einer fortschreitenden Ausdifferenzierung von Tätigkeiten und Qualifikationen „nach oben“ und „nach unten“ einher. Man spricht von einer polarisierten Arbeitsform (siehe Abb. 1). Insgesamt entsteht damit eine Arbeitslandschaft, die in einer Studie anschaulich so beschrieben wird, dass nunmehr nur noch „lousy and lovely“ – also: lausige und schöne – Jobs anzutreffen sind (Goos/Manning 2007). Auf der mittleren, früher qualifizierten Arbeitsebene, verbleiben danach lediglich Restbestände qualifizierter Arbeit, die

Fallbeispiele für die Polarisierung qualifizierter Facharbeit

Die Tendenz zur Polarisierung von Tätigkeiten und Qualifikation von bisher qualifizierten Facharbeitertätigkeiten lässt sich unter anderem in den Bereichen „Maschinenführung“ und „Instandhaltung“ empirisch belegen:

- ✚ So lässt sich einerseits feststellen, dass komplexer werdende Planungs- und Überwachungstätigkeiten sowie prozessübergreifende Abstimmungsaufgaben verstärkt gebündelt werden. Dadurch entstehen einige wenige neue Arbeitsplätze mit deutlich gestiegenen Anforderungen. Betriebsfachleute sprechen hier verschiedentlich von „Produktionstechnologen“ oder „Produktionsadministratoren“.
- ✚ Andererseits bleiben deutlich vereinfachte und standardisierte operative Aufgaben bestehen – wie etwa die Einlege- und Entsorgungsaufgaben bei der Maschinenführung. Laufende Steuerungsaufgaben hingegen werden steuerungstechnisch automatisiert. Instandhalter arbeiten dann oftmals nur noch nach strikten Systemvorgaben, und sie verfügen kaum mehr über Handlungsspielräume.

Wie betriebliche Fallbeispiele zeigen, kann gerade auch mit der Einführung von optimierten Steuerungs- und Informationssystemen für Produktionsabläufe eine tendenzielle Verringerung bislang qualifizierter Facharbeit beobachtet werden. So etwa betont der Betriebsratsvorsitzende eines Werkzeugmaschinenunternehmens, dass die Montage- und Logistikabläufe durch die neuen Techniken standardisierter sowie störungsfreier ablaufen und Flexibilitätsanforderungen jetzt vom System bewältigt würden. Hier griffen verschiedene Prozess-Segmente nun weitgehend reibungslos ineinander. Die Konsequenz sei, dass bisherige Aufgaben der qualifizierten Facharbeiter – wie beispielsweise das kurzfristige Neuplanen, die Störungsbeseitigung, Teilebeschaffung usw. – weitgehend entfielen. Damit würden zugleich frühere Handlungsspielräume und Qualifikationsanforderungen der Werker deutlich reduziert.

nicht oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand automatisiert werden können.

2.4 FORTSCHREITENDE FLEXIBILISIERUNG UND ENTGRENZUNG

Weitgehend unabhängig vom Qualifikationswandel und den vorgestellten Szenarien ist von einer fortschreitenden Flexibilisierung und Entgrenzung der Industriearbeit in zeitlicher, organisatorischer und räumlicher Hinsicht auszugehen. Dies hängt vor allem mit den durch die neuen Technologien gegebenen weitreichenden Planungs- und Steuerungsmöglichkeiten von Wertschöpfungsprozessen in ihrer Gesamtheit zusammen. Auch die deutlich erweiterten Zugangsmöglichkeiten zu Daten beziehungsweise Informationen und die bislang nicht gekannten Kommunikations- und Vernetzungsmöglichkeiten für die an den Wertschöpfungsprozessen beteiligten Akteure tragen dazu bei, dass Industriearbeit immer flexibler wird.

Die Folgen zeigen sich in den verschiedenen Beschäftigungssegmenten der Industrie – von der Werkhalle, über Engineeringtätigkeiten bis hin zu Leitungs- und Managementfunktionen. Es können sich allerdings durchaus unterschiedliche Konsequenzen für Tätigkeiten und Qualifikationen ergeben:

- ✚ So ist mit den modernen digitalen Technologien häufig eine Abkehr von den bisherigen hierarchisch aufgebauten IT-Systemen verbunden. Dies könnte dazu führen, dass auch die bisherigen Formen der Fabrikorganisation – insbesondere die bis heute existierenden mehr oder weniger zentralisierten Muster der Arbeitsorganisation und des Personaleinsatzes – umgebaut und dezentralisiert werden. Damit könnten vermehrt hochflexible und zeitweilige Projektorganisationen und Netzwerke an die Stelle fester, hierarchischer Organisations- und Managementstrukturen treten.



- ✘ Zudem ermöglichen es die neuen Systeme, Prozesse digital in Echtzeit zu steuern. Dies erlaubt es, die früher zeitlich und organisatorisch aufgesplitteten Abläufe der Planung, Steuerung und Ausführung wieder zusammenzuführen und steuerungstechnisch autonome Organisations-Segmente zu schaffen. Dadurch eröffnen sich neue Potenziale, um die funktionale und zeitliche Flexibilität der Arbeit zu steigern. Dies dürfte insbesondere für die Fertigungsbelegschaften vieler Betriebe zunehmend wichtig werden.
- ✘ Nicht zuletzt bieten die digitalen Technologien – vor allem die fortschreitende Vernetzung und Big Data – oftmals die Grundlage, um neue Geschäftsmodelle zu entwickeln

und neue Kundenbeziehungen aufzubauen. Dies kann dazu führen, dass sich die Unternehmensgrenzen durch eine datengestützte Vernetzung mit den Kunden und weiteren externen Partnern in vielfältiger Weise verschieben oder öffnen. Durch eine engere datengestützte Vernetzung könnten künftig beispielsweise bisherige Service- und Logistikfunktionen unnötig werden. Darüber hinaus bietet die informationstechnische Vernetzung aber auch neue Möglichkeiten, unternehmensübergreifende Projektgruppen – etwa in Bereichen des Anlagenanlaufs und der Produktentwicklung – zu schaffen und damit die Unternehmensgrenzen deutlich zu überschreiten.

Das Beispiel „KapaflexCy“

Wie einzelne in der Investitionsgüterindustrie bereits realisierte Industrie 4.0-Projekte zeigen, kann die Digitalisierung dazu genutzt werden, Arbeitsstrukturen und Arbeitszeiten in den Fertigungsbereichen weiter zu flexibilisieren. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist das staatliche geförderte Forschungsprojekt »KapaflexCy«, in dessen Rahmen eine von den Beschäftigten selbstorganisierte Kapazitätssteuerung entwickelt wird. Ziel des Projektes ist es, die Produktionskapazitäten kurzfristig, hochflexibel und unternehmensübergreifend zu steuern.

Mit Hilfe mobiler Endgeräte und eines neu zu entwickelnden cyber-physikalischen Systems (CPS) sollen die üblichen Zuweisungen „von oben nach unten“ durch horizontale Entscheidungen in und zwischen Arbeitsgruppen ersetzt werden. Das CPS liefert hierfür in Echtzeit laufend Informationen über das Produktionsumfeld. Dabei „lernt“ es, typische Anforderungssituationen zu erkennen und die dazu passenden Kapazitätsprofile zu entwickeln. Diese Informationen stehen dann den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern über Social Media-Funktionen zur Verfügung. Die Zeit, die ursprünglich durch manuelle, meist mündliche Abstimmung mit dem Team- oder Schichtleiter benötigt wurde, kann somit effizient für den Produktionsprozess genutzt werden.

3. Ansatz zum Ausbau qualifizierter Facharbeit



3.1 INDUSTRIE 4.0 ALS „SOZIO-TECHNISCHES SYSTEM“

Die dargelegten Forschungsergebnisse zum Wandel der Industriearbeit lassen derzeit teilweise sehr widersprüchliche Entwicklungsszenarien von Arbeit erkennen. Es existiert keine eindeutige, durch die Technologie determinierte und zwangsläufig sich durchsetzende Entwicklungsperspektive der Arbeit im digitalisierten Maschinenbau. Die Forschungsergebnisse machen aber auch deutlich, dass die Sicherung und der Ausbau qualifizierter Facharbeit im Zuge der Digitalisierung keine Selbstläufer sind. Vielmehr erfordern diese Ziele einen ganzheitlich angelegten Gestaltungsansatz sowie strategische Wahlmöglichkeiten zwischen den verschiedenen, hier präsentierten Entwicklungsszenarien von Industriearbeit.

Dies setzt ein Verständnis von Digitalisierung und Industrie 4.0 voraus, das gleichermaßen die technologische, organisatorische und arbeitsbezogene Dimension eines Produktionsprozesses in den Blick nimmt und diesen als „sozio-technisches System“ begreift.

Unter einem „sozio-technischen System“ – obgleich nicht immer einheitlich definiert – kann in einem ersten Schritt eine Produktionseinheit verstanden werden, die aus miteinander verzahnten technologischen, organisatorischen und personellen Teilsystemen besteht. Dabei bestehen zwischen allen drei Teilsystemen enge Wechselwirkungen. So etwa begrenzt das technologische Teilsystem die Gestaltungsmöglichkeiten der beiden anderen Teilsysteme. Deren eigenständige soziale und arbeitspsychologische Eigenschaften wirken allerdings auf die Funktionsweise des

technologischen Teilsystems wiederum zurück. Das gesamte System steht zudem noch in enger Wechselwirkung mit Rahmenbedingungen, wie beispielsweise den strategischen und normativen Grundsätzen von Seiten der Unternehmensleitungen und der Gesellschaft (siehe Abb.2).

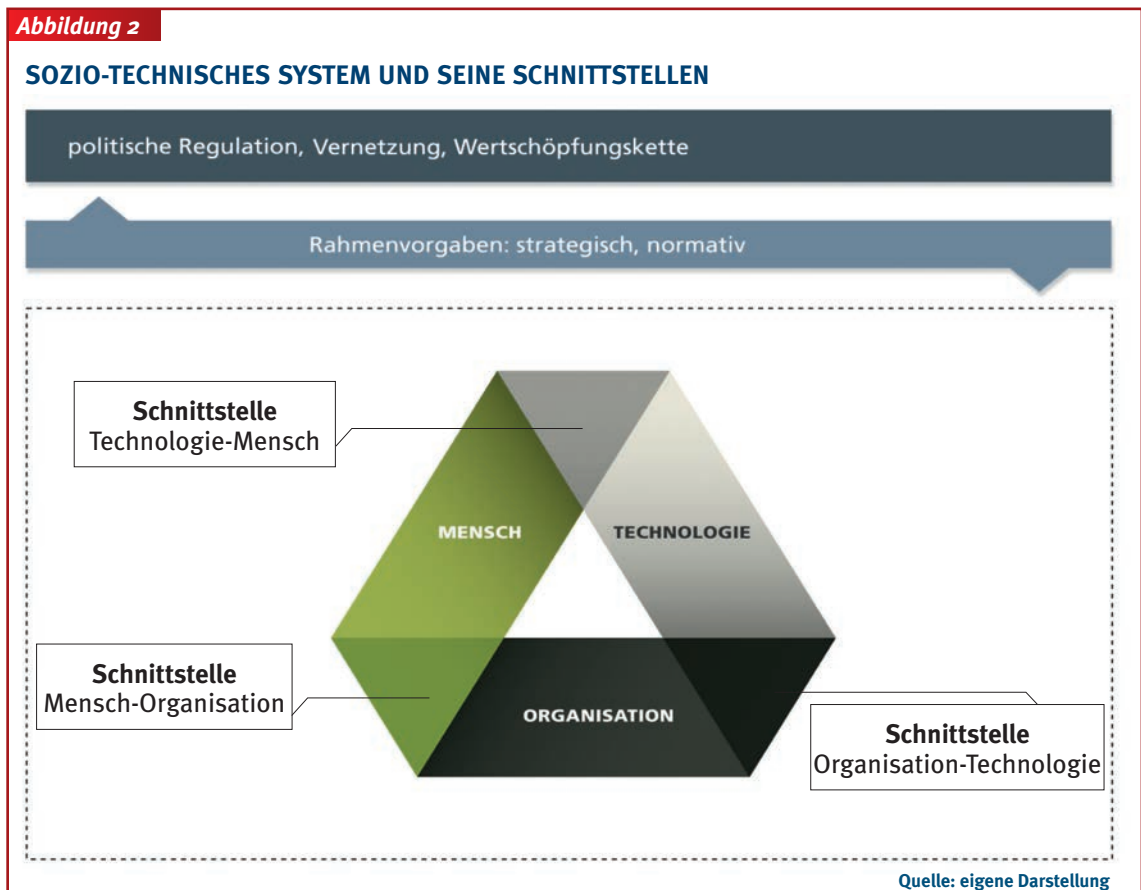
Diesem Ansatz zufolge geht es nicht darum, nur entweder die Technik oder den Menschen in den Blick zu nehmen. Vielmehr ist eine komplementäre (sich ergänzende) Gestaltung der einzelnen Systemelemente in einem aufeinander abgestimmten „sozio-technischen Gesamtsystem“ anzustreben. Komplementarität meint dabei, dass situationsabhängig gleichermaßen die spezifischen Stärken und Schwächen von Technik einerseits und Mensch andererseits berücksichtigt werden, um eine störungsfreie und effiziente Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems zu ermöglichen.

Bei der komplementären Gestaltung des Gesamtsystems sollte das leitende Kriterium stets sein, die Potenziale einer qualifikationsorientierten Ge-

staltung der Arbeit bestmöglich auszuschöpfen. Die dafür zentralen Gestaltungsräume sind daher weniger die einzelnen Teilsysteme, als vielmehr die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen Technik, Mensch und Organisation: Konkret geht es um die Frage, wie die funktionalen Beziehungen beziehungsweise Schnittstellen zwischen den technischen, menschlichen und organisationalen Teilsystemen optimal gestaltet werden können. Dabei sollten nicht nur funktionale und ökonomische Erfordernisse, sondern vor allem auch normative Vorgaben wie Gute Arbeit eine wichtige Rolle spielen.

3.2. SCHNITTSTELLEN IM „SOZIO-TECHNISCHEN SYSTEM“

Ausgehend von diesen Überlegungen und auf der Basis der vorliegenden Forschungsergebnisse lassen sich eine Reihe grundlegender Gestaltungskriterien für die Schnittstellen zwischen Mensch, Technik und Organisation benennen. Einige von ihnen zählen schon lange zum Wissensbestand der Arbeitsforschung und Arbeits-





gestaltung. Zu nennen sind hier beispielsweise die „klassischen“ Kriterien humanorientierter Arbeitsgestaltung wie „Selbstorganisation“, „Lernförderlichkeit“ und „Dezentralisierung“. Allerdings ergeben sich durch die Social Media-Funktionen der neuen Technologien nicht nur völlig neue Möglichkeiten, diese Gestaltungsziele umzusetzen. Sie müssen sich auch neuen Herausforderungen der Arbeitsgestaltung stellen.

3.2.1 Schnittstelle: Mensch-Maschine

Um die neuen Formen der Interaktion zwischen Mensch und Maschine mit Blick auf den Erhalt beziehungsweise Ausbau von qualifizierter Facharbeit zu gestalten, empfiehlt es sich, diese an den folgenden Kriterien auszurichten:

- ✦ *Adaptivität* zielt vor allem darauf, digitale Systeme ergonomisch an die jeweiligen Umweltbedingungen, an spezifische Arbeitsbedingungen und Belastungen anzupassen – beispielsweise durch Einführung einer systematischen Belastungskontrolle oder durch die Automatisierung besonders belastender Tätigkeiten. Ferner geht es darum, Daten und Informationen optimal für bestimmte Situa-

tionen bereitzustellen, um einen störungsfreien Arbeitsfluss zu sichern und stressauslösende und belastende Unterbrechungen zu vermeiden. Überdies ist es wichtig, vorhandene Informations- und Assistenzsysteme mit Hilfe der Digitalisierung an jeweils unterschiedliche, teilweise individuell verschiedene Qualifikationsniveaus intelligent anzupassen. Die digitalen Systeme sollen selbst „lernen“ können und gleichzeitig kontinuierliche Lern- und Qualifizierungsprozesse gewährleisten.

- ✦ *Komplementarität* stellt auf zwei zentrale Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion ab: Zum einen geht es darum, dafür zu sorgen, dass Mensch und Maschine flexibel und optimal situationspezifisch zusammenwirken können. Zum anderen sollen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass die digitalen Systeme für die Beschäftigten transparent und damit auch kontrollierbar sind. Wesentliche Gestaltungsaspekte sind dabei: sichere Mensch-Maschine-Interaktionen durch intuitiv bedienbare und schnell erlernbare Anlagen sowie ein zielgerichteter und situa-

tionsspezifischer Zugang zu digitaler Information in Echtzeit. Ziel ist es, die Handlungs- und Entscheidungsmöglichkeiten der Beschäftigten mit Hilfe der Digitalisierung zu sichern und auszubauen.

3.2.2 Schnittstelle: Mensch-Organisation

Bei der Gestaltung von Tätigkeiten an der Schnittstelle Mensch und Organisation sollten die Kriterien „Ganzheitlichkeit“ und „Dynamik“ von Tätigkeiten und Personaleinsatz eine zentrale Rolle spielen:

- ✕ *Ganzheitlichkeit* stellt auf die Vollständigkeit von Tätigkeiten in doppelter Hinsicht ab: Zum einen soll eine qualifizierte Tätigkeit nicht nur ausführende, sondern auch dispositive (organisierende, planende und kontrollierende) Aufgaben umfassen. Zum anderen geht es darum, eine angemessene, belastungsreduzierende Mischung von mehr oder weniger anspruchsvollen Aufgaben zu erreichen. Das Gestaltungsziel „Ganzheitlichkeit der Tätigkeiten“ kann beispielsweise in neuen Formen der Roboter-Mensch-Zusammenarbeit realisiert werden. Darüber hinaus schafft es die Basis für hohe Handlungsspielräume sowie für Selbstorganisation in der Arbeit. Und schließlich kann das Kriterium „Ganzheitlichkeit“ arbeits-

organisatorisch ständige Lern- und kontinuierliche Qualifizierungsprozesse begründen.

- ✕ Bei dem Kriterium „Dynamik von Tätigkeiten“ geht es erstens darum, arbeitsorganisatorische Möglichkeiten für einen systematischen Aufgabenwechsel zu verankern, um Lernprozesse zu ermöglichen und zu fördern. Zweitens kann es dazu dienen, etwa mit Hilfe von neuen Social Media-Funktionen die Kommunikation und Kooperation zwischen unterschiedlich spezialisierten Beschäftigten zu fördern, die Innovationsfähigkeit der Arbeit zu steigern und neue Lösungen zu finden. Dazu zählt insbesondere auch, innovatives Handeln auszuprobieren, um den schnellen technologischen Wandel zu bewältigen. In solchermaßen dynamischen und wenig strukturierten Arbeitsformen lassen sich auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Leistungsvoraussetzungen integrieren, beispielsweise in altersgemischten Arbeitsgruppen. Drittens erleichtern es wenig strukturierte und dynamische Arbeitsprozesse vielfach, in zunächst wenig durchschaubaren Situationen trotz der wachsenden Komplexität von Anlagen und Systemen handlungs- und entscheidungsfähig zu sein und Störungen effektiv beheben zu können.





Werden diese Gestaltungskriterien umgesetzt, führt dies zu einer Form der Arbeitsorganisation, die durch eine lockere Vernetzung unterschiedlich qualifizierter, aber gleichberechtigt agierender Beschäftigter in horizontaler wie auch vertikaler Dimension gekennzeichnet ist. Diese können weitgehend selbstorganisiert und situationsbestimmt im digitalisierten Arbeits- und Produktionsprozess handeln. Dieses Muster zeichnet sich durch ein großes Maß an struktureller Offenheit und eine sehr begrenzte Arbeitsteilung sowie durch hohe Selbstorganisation und Flexibilität aus.

3.2.3 Schnittstelle: Technologie-Organisation

Die weitreichende Einführung von dezentralisierten Organisations-Segmenten ist ein wesentliches Gestaltungskriterium für die Schnittstelle zwischen Organisation und Technologie. Mit ihrer Hilfe sollen einerseits die Gestaltungspotenziale der neuen – im Vergleich zu früheren IT-Systemen – ausgeprägt dezentralen digitalen Technologien organisatorisch genutzt werden. Andererseits soll diese Schnittstelle dazu beitragen, etwa durch selbstorganisierte – das heißt autonome – Produktionssysteme die Möglichkeiten und technisch-organisatorischen Voraussetzun-

gen für neuartige Formen flexibel integrierter und innovativer Industriearbeit zu schaffen.

Damit könnte ein nachhaltiger Umbau der Betriebsorganisation in ihrer Gesamtheit erreicht werden. Auf der horizontalen Ebene geht es dabei um die flexible Integration unterschiedlich spezialisierter Funktionsbereiche und auf der vertikalen Ebene darum, die bisherige Arbeitsteilung zwischen ausführenden Werkstatt-Funktionen und indirekten Bereichen aufzuheben und durch neue Formen flexibler und interdisziplinärer Kooperation zu ersetzen. Schließlich könnten auch die Managementfunktionen etwa von Produktions- und Betriebsleitungen neu organisiert werden. Anzustreben wären hier veränderte Entscheidungskompetenzen und eine Verantwortungsverlagerung zugunsten der nachgeordneten Ebenen.

Empirische Befunde sprechen dafür, dass alle beschriebenen Kriterien nicht nur geeignet sind, um qualifikationsorientierte Arbeitsformen auszubauen. Sie tragen auch dazu bei, die technologischen und ökonomischen Potenziale der neuen Technologien weitgehend auszuschöpfen. Unstrittig ist, dass nicht nur in der Vergangenheit, sondern auch in der Zukunft qualifi-



zierte Beschäftigte ein wesentlicher Faktor für den wirtschaftlichen Erfolg der Maschinenbauunternehmen waren und sind. Festzuhalten ist ferner, dass eine qualifikationsorientierte Gestaltung der Arbeit die beste Voraussetzung dafür ist, die Industriearbeit alters- und altersgerecht weiterzuentwickeln. Als anspruchsvolle und selbstorganisierte „HighTech“-Arbeit kann sie dann auch für die junge Generation, die bekanntlich überwiegend an akademisch ausgerichteten Berufen interessiert ist, wieder attraktiv werden.

Fallbeispiel: Mensch-Maschine-Kollaboration

Ein Unternehmen der Montagetechnik setzt auf neue Lösungen der Mensch-Maschine-Kollaboration durch den Einsatz von Leichtrobotern in innerbetrieblichen Logistikprozessen. Dazu werden im Wareneingang Transportroboter eingesetzt, die die angelieferte Ware je nach Bedarf zum Lagerbereich befördern und dort an die Fördertechnik übergeben. Die Roboter stimmen sich untereinander ab, bewegen sich autonom zwischen den Beschäftigten und können aufgrund von Sicherheitsensoren umgehend stoppen, sobald sich ein Mensch nähert.

Die erreichte Prozessoptimierung basiert vor allem darauf, dass das Erfahrungswissen der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in diesem Bereich stärker genutzt und eingebunden wird. Gerade während der Einführungsphase wurde auf dieses Know-how systematisch zurückgegriffen, um die Entscheidungsspielräume für die Beschäftigten zu erhalten und in den Optimierungsprozess zu integrieren.

Die Geschäftsführung war fest davon überzeugt, dass man den Logistikbeschäftigten keinesfalls vorschreiben darf, welche Wege zu fahren sind. Vielmehr müsse man berücksichtigen, so ihr Argument, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit ihrer langjährigen Erfahrung sehr genau wüssten, welche Transportwege optimal seien.

Aus diesem Grund wird ein arbeitsorientiertes Gestaltungskonzept verfolgt. Dieses erlaubt

es den Beschäftigten, die Transportroboter im Bedarfsfall anzuhalten und auftretende Störungen mittels dialoggestützter Bedienungshilfen zu korrigieren. Dazu werden sie sowohl durch „on the job“-Praktiken als auch mit Hilfe digitaler Medien angeleitet.

Flankierend wird eine Personalpolitik aus altersgemischten Teams verfolgt. Damit soll der Erfahrungsaustausch sowohl mit Blick auf bestehende produktionsbezogene Zusammenhänge als auch bezogen auf den Umgang mit neuen digitalen Endgeräten unterstützt werden. Vor diesem Hintergrund gewinnen auch soziale Kompetenzen wie Einfühlungsvermögen und Toleranz zunehmend an Bedeutung.

Ziel der Geschäftsführung mit dem neuen Robotikkonzept ist es, die Beschäftigten zu fördern und die ergonomischen Tätigkeiten zu verbessern. Ihr geht es nicht darum, die Zahl der Arbeitsplätze in diesem Bereich zu reduzieren.

Durch den Robotereinsatz und die Gestaltung der Schnittstelle zwischen den neuen Technologien und erfahrenen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern sollen mehr altersgerechte Arbeitsplätze entstehen und physische Belastungen reduziert werden. Die Roboter entlasten die Beschäftigten von körperlich anstrengenden und nicht-wertschöpfenden Transporttätigkeiten. Dadurch verfügen Letztere dann über mehr zeitliche Kapazitäten, um die eingehenden Waren zu prüfen.

4. Fazit

Abschließend muss allerdings betont werden, dass eine Reihe von Zusatzbedingungen erfüllt sein sollte, um qualifizierte Facharbeit erfolgreich sichern zu können. Für die betriebliche Ebene seien an dieser Stelle zwei Aspekte besonders hervorgehoben:

- ✦ Erstens ist es erforderlich, die Akzeptanz von Industrie 4.0-Systemen und den damit verbundenen Gestaltungsmöglichkeiten der Arbeit – sowohl auf Seiten der Belegschaften und ihrer Vertretungen, als auch seitens des Managements – zu stärken. Dies zeigt nicht zuletzt die laufende Industrie 4.0-Debatte. Um die Vorbehalte auf Seiten der Belegschaften zu verringern, müssen die Zweifel und Sorgen der Beschäftigten ernst genommen und ihre Ängste vor möglichen Arbeitsplatzverlusten, neuen Belastungen aufgrund steigender Flexibilitätsanforderungen, vor Problemen des Datenschutzes sowie der jetzt erleichterten Kontrollierbarkeit ihrer Arbeit angesprochen und ausgeräumt werden. Die zu erwartenden Reorganisationsprozesse werden vielfach neue, zum Teil widersprüchliche Anforderungen an die Flexibilität und Selbstorganisation der Beschäftigten stellen. Entsteht dabei ein Missverhältnis zwischen den vorhandenen Ansprüchen der Beschäftigten und den vom Unternehmen bereitgestellten Ressourcen, um die Anforderungen zu bewältigen, können sich belastende Arbeitssituationen ergeben. Diese ließen sich aber durch geeignete Lösungsansätze – vor allem durch breit angelegte Beteiligungsverfahren für Beschäftigte und ihre Interessenvertretungen – abmildern, wenn nicht gar verhindern. Unabdingbar ist hierfür allerdings, die Regelungen der betrieblichen Mitbestimmung breit auszulegen und zu nutzen.
- ✦ Zweitens müssen sich auch Managementfunktionen und Führungsstile verändern. Es ist davon auszugehen, dass der digitale Wandel beteiligungsorientierte Arbeitsformen begünstigt. Dadurch könnten bisherige hierarchisch verfestigte Managementpraktiken

und -strukturen unpraktikabel und überflüssig werden. Zudem werden „soft skills“ sowie Kommunikations- und Teamfähigkeiten eine immer größere Rolle spielen: Statt die Beschäftigten zu kontrollieren, wird es stärker darum gehen, sie zu führen und zu motivieren. Beteiligung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wird zum zentralen Erfolgsfaktor.

Generell muss das Unternehmensmanagement zu einem veränderten Statusbewusstsein gelangen und bereit sein, die funktionalen und sozialen Grenzen zwischen Management und Mitarbeitern aufzubrechen, unter Umständen sogar auf den Kopf zu stellen – so wie es die Digitalisierung und die neuen beteiligungsorientierten Arbeitsformen nahelegen. Durch den weiteren Ausbau qualifizierter Industriearbeit werden auch die bisherigen Statusunterschiede zwischen Arbeitern und Angestellten zunehmend verschwimmen. Die arbeitspolitische Konsequenz dieser Entwicklung ist, dass sich in den Unternehmen neue Formen von Leitung etablieren müssen, die dem an Unternehmenszielen orientierten Management Möglichkeiten eröffnen, problemorientierte und vor allem an Beteiligung orientierte Führungsmuster zu praktizieren.



Literaturverzeichnis

- Autor D (2015): **Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation.** In: Journal of Economic Perspectives 29 (3): 3–30
- BCG – Boston Consulting Group (2015): **Industry 4.0 – The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**, www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf (Zugriff: 15. April 2015)
- Bauer, W., Schlund, S. (2015): **Wandel der Arbeit in indirekten Bereichen – Planung und Engineering.** In: Hirsch-Kreinsen H, Ittermann P, Niehaus J (Hg.) Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden. S. 53-70
- Benner, C. (Hg.) (2014): **Crowd Work – Zurück in die Zukunft.** Frankfurt am Main
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015):** Grünbuch Industrie 4.0. Berlin
- Botthof, A., Hartmann, E.A. (Hg.) (2015): **Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0.** Berlin/Heidelberg
- Dengler, K., Matthes, B. (2015): **Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt.** Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland, IAB Forschungsbericht 11/2015. Nürnberg
- FIR (2013) (Hg.): **Produktion am Standort Deutschland.** Ergebnisse der Untersuchung 2013. Aachen
- Forschungsunion, acatech (2013): **Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0,** Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin
- Fraunhofer IAO (o. J.): **„KapaflexCy“ für die Industrie 4.0,** <https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/ueber-uns/presse-und-medien/1054-kapaflexcy-fuer-die-industrie.html> (Zugriff: 10. März 2015)
- Goos, M., Manning, A. (2007): **Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain.** In: **The Review of Economics and Statistics** 89 (1): 118–133
- Grote, G. (2015): **Gestaltungsansätze für das komplementäre Zusammenwirken von Mensch und Technik in Industrie 4.0.** In: Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P., Niehaus, J. (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden. S. 131–146
- Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P., Niehaus, J. (Hg.) (2015): **Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen.** Baden-Baden
- Hirsch-Kreinsen, H., ten Hompel, M., Ittermann, P., Niehaus J., Dregger J. (2016): **Social Manufacturing and Logistics. Konturen eines Leitbildes digitaler Industriearbeit.** Berlin (http://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Autonomik-somali.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (Zugriff 8.Oktober 2016)
- Ittermann, P., Niehaus, J., Hirsch-Kreinsen, H. (2015): **Arbeiten in der Industrie 4.0 – Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder.** Studie der Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf
- Ittermann, P., Niehaus, J., Hirsch-Kreinsen, H., Dregger, J., ten Hompel, M. (2016): **Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik.** Soziologisches Arbeitspapier Nr. 47. TU Dortmund (http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz_arbeitspapiere/AP-SOZ-47.pdf) (Zugriff 25.Oktober 2016)
- Kinkel, S., Friedewald, M., Hüsing, B., Lay, G., Lindner, R. (2008): **Arbeiten in der Zukunft – Strukturen und Trends der Industriearbeit.** Berlin

- Leimeister, J. M., Zogaj, S. (2013): **Neue Arbeitsorganisation durch Crowdsourcing**. Eine Literaturstudie. Arbeitspapier der Hans-Böckler-Stiftung, Reihe Arbeit und Soziales 287. Düsseldorf
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack A., Schmitt, K., Schmitz, E., Schröter, M. (2015): **Industrie 4.0-Readiness, VDMA Impuls-Stiftung**, <http://www.impulsstiftung.de/documents/3581372/4875835/Industrie+4.0+Readiness+IMPULS+Studie+Oktober+2015.pdf/447a6187-9759-4f25-b186-b0f5eac69974;jsessionid=AD922E7A6E86039440E01BFDF424CAE7> (Zugriff 9. Oktober 2015)
- Picot, A. (Hg.) (2013): **Die Zukunft der Arbeit in der digitalen Welt**. Reihe Münchner Kreis. München
- Pfeiffer, S., Suphan, A. (2015): **Industrie 4.0 und Erfahrung: Statt vager Prognosen zu technologischer Arbeitslosigkeit morgen, heute das Gestaltungspotenzial der Beschäftigten nutzen und anerkennen**. In: Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P., Niehaus, J. (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden. S. 205–230
- Pfeiffer, S., Lee, H., Zirnic, C., Suphan, A. (2016): **Industrie 4.0 – Qualifizierung 2015**, Studie für den VDMA, www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Pfeiffer-Industrie40-Qualifizierung2025.pdf (Zugriff: 15. Juli 2016)
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S. (Hg.) (2013): **Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0**. Stuttgart
- Spöttl, G., Gorltd, C., Windelband, L., Grantz, T., Richter, T. (2016): **Industrie 4.0 – Auswirkungen auf die Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie**, Studie für bayme vbm, https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf (Zugriff: 20. September 2016)
- Trist, E., Bamforth, K. (1951): **Some social and psychological consequences of the long wall method of coal-getting**. Human Relations 4 (1):3–38
- Vogler-Ludwig, K., Düll, N., Kriechel, B. (2016): **Arbeitsmarkt 2030 Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter Prognose 2016**. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, unter Mitarbeit von T. Vetter. München
- WEF – World Economic Forum (2016): **The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution**. Genf
- Windelband, L. (2014): **Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“**. In: Journal of Technical Education 2 (2):138–160
- Windelband, L., Fenzl, C., Hunecker, F., Riehle, T., Spöttl, G., Städtler, H., Hribernik, K., Thoben, K.-D. (2011): **Zukünftige Qualifikationsanforderungen durch das „Internet der Dinge“ in der Logistik**. In: FreQueNz (Hg.): Zukünftige Qualifikationserfordernisse durch das Internet der Dinge in der Logistik. Zusammenfassung der Studienergebnisse. Bremen. S. 5–9
- Wolter, M. I., Mönning, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., Maier, T., Neuber-Pohl, C. (2015): **Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft**. IAB-Forschungsbericht 8/2015. Nürnberg
- Zuboff, S. (1988): **In the age of the smart machine. The future of work and power**. New York

Industrie×Energie Publikationen

BROSCHÜRENREIHE Industrie×Energie

Digitalisierter Maschinenbau

Wandel und Entwicklungschancen qualifizierter Arbeit
Produktnummer: 37329-67686

Werkzeugmaschinenbau

Entwicklungstrends und Herausforderungen
Produktnummer: 37330-67687

Der Maschinen- und Anlagenbau:

Starke Branche – Große Herausforderungen

Dokumentation der Konferenz
am 29./30. September 2016 in Berlin
Produktnummer: 36949-66764

Asbest – Die unterschätzte Gefahr

im Aufzugs- und Fahrtreppenaufbau
Gefahren – Erkrankung – Schutz – Verhalten
Produktnummer: 36569-66184

Elektrowerkzeugbranche in Deutschland

Entwicklungstrends und Herausforderungen
Branchenreport 2016
Produktnummer: 36509-66104

Die Windindustrie in Deutschland

Starke Branche vor großen Herausforderungen
Produktnummer: 36489-66064

Chinas Maschinen- und Anlagenbau

Entwicklungstrends und Herausforderungen
für Deutschland
Produktnummer: 36210-65385

Modulare Bauweise

Erfolgsfaktoren für den Maschinen- und Anlagenbau?
Wirkung von Baukastensystemen auf Beschäftigung
Produktnummer: 36209-65384

Wärmewende als Chance

Branchenreport Heizungsindustrie:
Entwicklungstrends und Herausforderungen
Produktnummer: 35489-63805

Qualitätsfachtarbeit stärken

Branchenreport Holzbearbeitungsmaschinen
Produktnummer: 34589-62646



Zukunft & Beschäftigung

Für einen modernen und effizienten Energieanlagenbau
in Deutschland
Produktnummer: 34049-61924

Industriepolitik und Mitbestimmung

Betriebliche Beispiele der IG Metall
Produktnummer: 33470-60165

»Do you speak Climate?«

IG Metall und Klimapolitik
Produktnummer: 33469-60164

HighTech, GreenTech, Gute Arbeit

Zukunftsperspektiven des Maschinen- und Anlagenbaus
Produktnummer: 30769-53324

ABC der Energiewende

Produktnummer: 29329-50464

Industriepolitik heute

Regionale Beispiele der IG Metall
Produktnummer: 29049-49844

**Bestellungen im Intra-/Extra-/Internet der IG Metall
über die jeweilige Produktnummer oder über:
sarah.menacher@igmetall.de**

NEWSLETTER Industrie×Energie



**Bestellungen über: sarah.menacher@igmetall.de
Der Newsletter erscheint einmal im Quartal.**

Industrie✕Energie