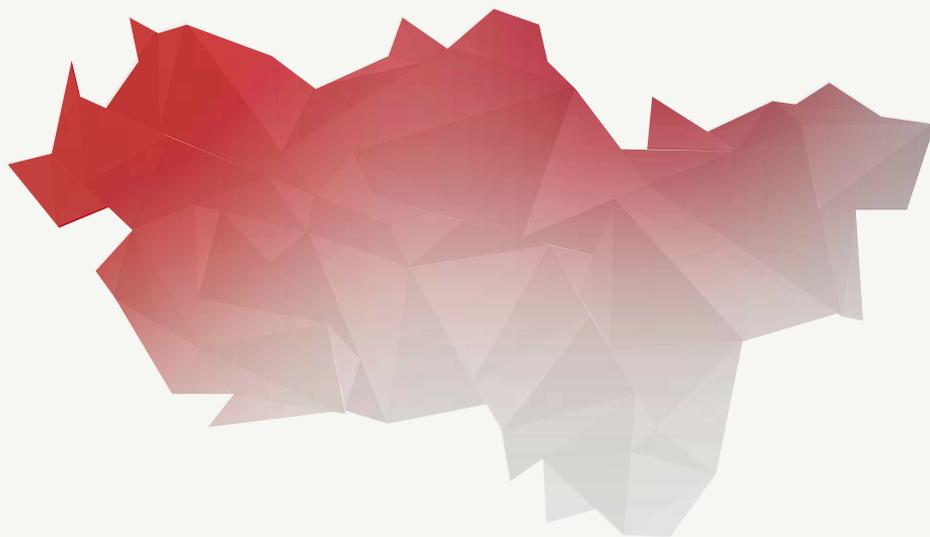


WIRTSCHAFTS- BERICHT RUHR 2015

Industrie 4.0 und Cyber-Physische Systeme



Inhalt

SEITE

04__ Vorweg gesagt

08__ Die Entwicklung der Leitmärkte im Überblick

14__ Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels

34__ Industrieller Kern und Logistik: Die Wegbereiter der Industrie 4.0

68__ Die Arbeitswelt: Umbrüche und Effekte

88__ Strategische Handlungsfelder

94__ Interviewpartner

95__ Literatur

98__ Impressum

Vorweg gesagt



Die Bedeutung von Industrie 4.0 und Cyber-Physischen Systemen für die regionale Wirtschaft im Ruhrgebiet ist hoch und wächst weiter. Die Wirtschaftsförderung metropoleruhr GmbH zeigt in diesem Wirtschaftsbericht Ruhr 2015, wo in diesem Zusammenhang die Zukunftschancen der Metropole Ruhr liegen. Das Autorenteam des CIMA Instituts für Regionalwirtschaft ist dabei bewusst praxisbezogen vorgegangen: Im ersten Teil wurde die wirtschaftliche Entwicklung der Metropole Ruhr anhand des bewährten Leitmarktansatzes quantitativ analysiert. Im zweiten Abschnitt des Wirtschaftsberichts gehen die Autoren um Dr. Arno Brandt praxisbezogen auf das Schwerpunktthema Industrie 4.0 ein. Anhand von Interviews mit Unternehmen und vier detaillierten Best-Practice-Beispielen wird deutlich, in welchen Branchen die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsketten bereits erfolgreich angewendet wird. Dabei wird der Fokus auf Unternehmen aus der Logistik und aus dem industriellen Kern der Metropole Ruhr gelegt.

Doch auch für andere Branchen gilt: der digitale Wandel bietet enorme Wachstumspotenziale, stellt die regionale Wirtschaft aber auch vor große Herausforderungen. Der Wirtschaftsbericht Ruhr 2015 liefert den mit Wirtschaftsförderung und Strukturpolitik befassten Akteuren hierzu wichtige Informationen, wie Wachstumspotenziale genutzt werden können.

Die tiefgreifenden wirtschaftlichen Transformationsprozesse der Industrie 4.0 werden vor allem durch den Einsatz so genannter Cyber-Physischer Systeme bedingt. Dabei handelt es sich um Systeme mit eingebetteter Software und Elektronik, die über Sensoren mit der Außenwelt verbunden sind. Die Interaktion über das Internet ermöglicht die Vernetzung einzelner Komponenten, die auf diese Weise intelligent und kommunikativ in einem komplexen System agieren. Aber auch andere Neuerungen wie additive Fertigungsverfahren (3D-Druck) und neue Materialien ermöglichen Innovationen im Kontext der Industrie 4.0. Ergänzt werden diese Technologien durch moderne IT-Lösungen aus der Metropole Ruhr, welche die neuen Maschinen befähigen, die rasant ansteigende Masse an Daten (Big Data) zu verarbeiten und weiterzugeben.

Der Wandel hin zur Industrie 4.0 sorgt auch für umfangreiche Veränderungsprozesse in der Arbeitswelt. Neue Technologien in der Produktion führen zu fließenden Übergängen in der betrieblichen Arbeit und zwischen Industrie- und Dienstleistungssektor. Auch im Bereich des Datenschutzes und des Urheberrechts müssen Antworten auf neue Fragestellungen gefunden werden. Vor diesem Hintergrund lassen sich eine Reihe von strategischen Handlungsoptionen und Unterstützungsbedarfen identifizieren, die ebenfalls im Rahmen des Wirtschaftsberichts Ruhr 2015 skizziert sind.

Die Wirtschaftsförderung im Ruhrgebiet besitzt die wichtige Aufgabe, gezielt Projekte für Industrie 4.0 zu entwickeln und dabei stets ein Netzwerk von Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen einzubinden. Neben großen Konzernen sind hier insbesondere klein- und mittelständische Unternehmen wichtige Innovationstreiber für die wirtschaftliche Entwicklung der Metropole Ruhr. Insgesamt kann das Ruhrgebiet in Deutschland eine Schlüsselposition bei der Gestaltung des digitalen Wandels einnehmen, denn hier sind gute Voraussetzungen für die Entwicklung und Anwendung innovativer Produkte und Dienstleistungen in der Welt der Industrie 4.0 vorhanden. Das haben die vorliegenden Auswertungen ergeben.

Der starke industrielle Kern, speziell die Bereiche Werkstoff- und Materialwirtschaft, Maschinenbau und die Logistik sind Treiber technologischer Innovationen und Impulsgeber für angrenzende Leitmärkte. Bei der Entwicklung von Smart-City-Konzepten in der Logistik kann die Metropole Ruhr auf Grund ihrer fünf Millionen Einwohner und zentralen Lage in Europa sogar eine Vorreiterrolle einnehmen. Diese Erkenntnisse bekräftigen unser Haus in der Arbeit als Dienstleister und Impulsgeber, für die wirtschaftliche Entwicklung des Reviers voran zu gehen und sich auf die Förderung der Stärken und Potenziale von Industrie 4.0 weiter zu fokussieren.



Rasmus C. Beck

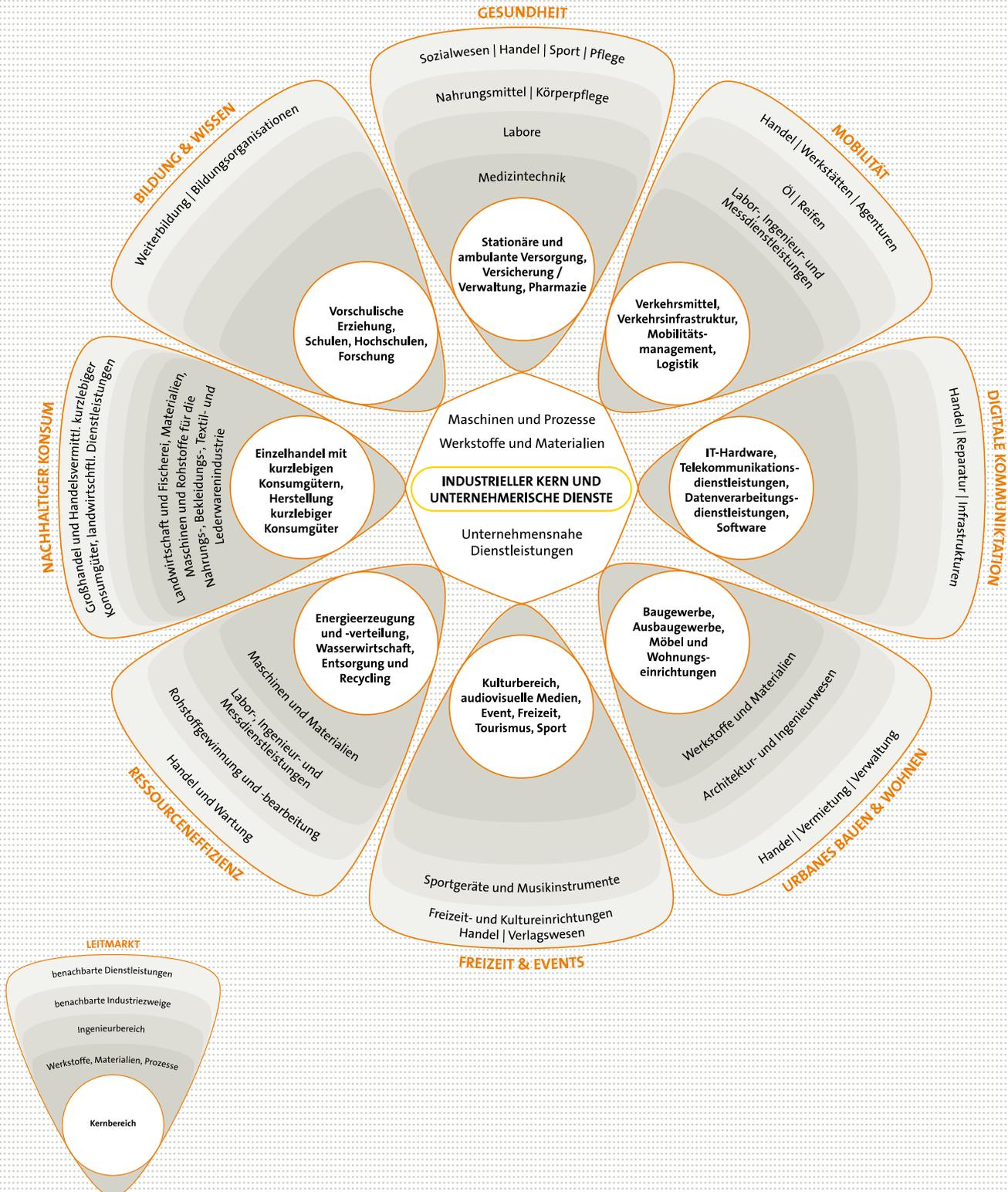
Geschäftsführer (Vorsitzender)
Wirtschaftsförderung metropol Ruhr GmbH



Mit der KHS-Everywhere-App für iOS lässt sich der Status von Abfüll- und Verpackungsanlagen sowie von einzelnen Maschinen weltweit an jedem Ort und zu jeder Zeit abrufen (Foto: KHS GmbH).

Die Leitmärkte im Überblick | Grafik

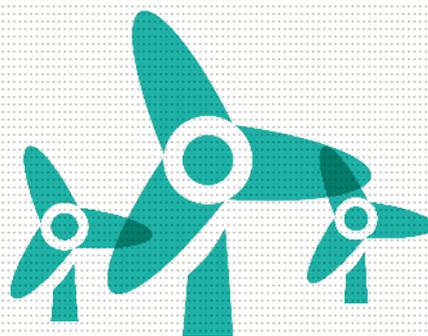
Der Definition und Profilierung der Leitmärkte liegt grundsätzlich eine ökonomische Betrachtungsweise zugrunde. Die hier abgebildeten Zuordnungen zu den Leitmärkten beziehen sich auf die Begrifflichkeiten der Wirtschaftszweigklassifizierung 2008.



Die Entwicklung der Leitmärkte im Überblick

Ressourceneffizienz:

63,9 MRD.
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr
+ 5,9%



+ 1,1%

Metropole Ruhr: Zwischen 2013 und 2014 hat sich die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten um rund 17.000 Personen weiter erhöht.

+ 8.100 Beschäftigte



Gesundheit: Die Beschäftigtenzahl im Leitmarkt ist um 2,8% auf 302.000 gestiegen.

Industrieller Kern und Unternehmerische Dienste:



Mit über **304.000** Beschäftigten hat der Leitmarkt
18,7% Anteil an der Gesamtwirtschaft 2014.



Die Forschung boomt in der Metropole Ruhr: Zwischen 2012 und 2013 ist der Umsatz der Unternehmen im Leitmarkt Bildung & Wissen um **9,8%** auf **1,12 Mrd.** gestiegen.

Die Beschäftigungssituation in der Metropole Ruhr hat sich zwischen 2013 und 2014 positiv entwickelt. Die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten erhöhte sich in diesem Zeitraum um rund 17.000 Personen und entspricht einem Plus von 1,1 %. Diese positive Entwicklung in der Metropole Ruhr ist vor allem auf Zuwächse im Leitmarkt Gesundheit mit zusätzlichen 8.100 Beschäftigten (+2,8 %) sowie im Industriellen Kern und bei den Unternehmerischen Diensten mit weiteren 5.100 Beschäftigten (+1,7 %) zurückzuführen. Ferner zeichnen sich die Leitmärkte Bildung &

Wissen und Digitale Kommunikation durch eine besonders hohe Beschäftigungsdynamik aus. Im Leitmarkt Bildung & Wissen kamen 5.000 Beschäftigte hinzu (+6,6 %), im Leitmarkt Digitale Kommunikation 2.200 (+4,9 %). Gerade das optimistische Beschäftigungswachstum in den wissensintensiven und digitalaffinen Wirtschaftssegmenten schafft gute Standortbedingungen für eine erfolgreiche Vernetzung und Automatisierung industrieller Wertschöpfungsprozesse im Ruhrgebiet.



Bildung & Wissen

Im Jahr 2014 waren im Leitmarkt Bildung & Wissen rund 81.400 Personen sozialversicherungspflichtig beschäftigt. Dies entspricht einem Anteil von rund 5 % an der Gesamtbeschäftigung in der Metropole Ruhr. In den Städten und Kreisen des Ruhrgebiets variiert der Anteil der Arbeitnehmer zwischen 1,8 % in Bottrop und 7,9 % in Bochum oder dem Kreis Recklinghausen. Insgesamt haben sich die Beschäftigtenzahlen in den zurückliegenden Jahren sehr positiv entwickelt: Sie stiegen zwischen 2013 und 2014 um 6,5 %. Dafür sind vor allem kräftige Zuwächse im Kernbereich Forschung verantwortlich. Analog dazu hatte sich bereits der Umsatz im Zeitraum 2012 bis 2013 positiv entwickelt. Der Leitmarkt Bildung & Wissen trägt daher in erheblichem Maße zur wirtschaftlichen Dynamik und Innovationskraft im Ruhrgebiet bei.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	1,12 Mrd.	+9,8 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	2.901	+8,3 %



Digitale Kommunikation

Auch im Leitmarkt Digitale Kommunikation stieg die Zahl der Beschäftigten deutlich um 4,9 % auf 46.900 Personen. Damit arbeiten 2,9 % aller Sozialversicherten der Metropole Ruhr in diesem Zukunftsmarkt. Allerdings waren die Zuwächse nicht in allen Kernbereichen des Leitmarkts gleich stark: Während die Zahl der Arbeitnehmer bei den Datenverarbeitungsdienstleistungen, den Telekommunikationsdienstleistungen sowie in benachbarten Dienstleistungsbereichen (Handel, Reparatur, Infrastrukturen) deutlich gestiegen ist, ging sie zwischen 2013 und 2014 im Kernbereich IT-Hardware zurück. Auch die Umsätze verringerten sich zwischen 2012 und 2013 vor allem im Bereich IT-Hardware. In diesem Kernbereich verbuchten insbesondere die Hersteller von Datenverarbeitungsgeräten Umsatzverluste, ebenso die Hersteller von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik. Trotzdem zeigt die insgesamt positive Beschäftigungsentwicklung im Bereich der digitalen Dienstleistungen, dass in der Metropole Ruhr der Wandel hin zur Industrie 4.0 bereits früh begonnen hat.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	6,10 Mrd.	-9,6 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	6.230	+2,0 %



Freizeit & Events

Der Leitmarkt Freizeit & Events stellt mit rund 78.500 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten einen Anteil von etwa 4,8 % an der Gesamtbeschäftigung in der Metropole Ruhr. Die mit Abstand meisten Personen sind im Kernbereich Events, Freizeit, Sport und Tourismus sowie im Bereich der benachbarten Dienstleistungen (Handel, Verlagswesen, Freizeit- und Kultureinrichtungen) beschäftigt. Insgesamt ist die Zahl der Personen in diesem Leitmarkt zwischen 2013 und 2014 leicht gesunken (-0,5 %). Auch die Anzahl der Unternehmen und die Umsätze haben sich zwischen 2012 und 2013 etwas verringert.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	12,9 Mrd.	-3,4 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	23.549	-2,7 %



Gesundheit

Demografische Veränderungen und ein erhöhtes Gesundheitsbewusstsein der Bevölkerung sorgen gerade in der Gesundheitswirtschaft für vielfältige Wachstumschancen. In den zurückliegenden Jahren nahm die Beschäftigung im Leitmarkt Gesundheit daher auch kontinuierlich zu. Zwischen 2013 und 2014 erhöhte sich die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten noch einmal um rund 8.000 Personen. Dies entspricht einem Plus von 2,8 %. Auch der Kernbereich Pharmazie, in dem die Beschäftigung in den Vorjahren noch gesunken war, konnte im aktuellen Untersuchungszeitraum zur positiven Entwicklung des Leitmarkts beitragen. Mit insgesamt rund 302.700 Sozialversicherten und damit einem Anteil von 18,6 % an der Gesamtbeschäftigung gehört die Gesundheitswirtschaft heute zu den beiden führenden Leitmärkten in der Metropole Ruhr. Regionale Schwerpunkte der Gesundheitswirtschaft bilden die kreisfreien Städte Herne, Gelsenkirchen und Hamm sowie der Kreis Recklinghausen, in denen der Leitmarkt Gesundheit gut ein Fünftel der Gesamtbeschäftigung repräsentiert. Auch die Umsätze haben sich im Zeitraum zwischen 2012 und 2013 leicht nach oben entwickelt, eine Folge vor allem des dynamischen Wachstums bei der stationären und ambulanten Versorgung.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	20,61 Mrd.	+0,95 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	6.667	+1,99 %



Mobilität

Auch die Beschäftigung im Leitmarkt Mobilität entwickelte sich zwischen 2013 und 2014 mit einem Zuwachs von 0,6 % positiv. Das Beschäftigungsvolumen in den Kernbereichen Mobilitätsmanagement und Logistik sowie Verkehrsinfrastrukturen nahm zu, im Kernbereich Verkehrsmittel sowie benachbarte Dienstleistungen (Handel, Werkstätten, Agenturen) ging die Zahl der Personen zurück. So waren 2014 rund 161.000 Personen in diesem Leitmarkt beschäftigt, was einem Anteil von fast 10 % an der Gesamtbeschäftigung in der Metropole Ruhr entspricht. Für die Städte und Kreise des Ruhrgebiets ist der Leitmarkt Mobilität allerdings von unterschiedlicher Relevanz: Während in Mülheim an der Ruhr rund 6,7 % der Beschäftigten in diesem Leitmarkt tätig sind, gehören in der Stadt Hamm etwa 13,4 % dazu. Der Umsatz des Leitmarkts nahm zwischen 2012 und 2013 mit rund 0,03 % einen leicht positiven Verlauf. Verringert haben sich die Umsätze lediglich beim Handel mit Kraftwagen (mit einem Gesamtgewicht von 3,5 t oder weniger), bei der Güterbeförderung im Straßenverkehr, beim Großhandel mit Kraftwagenteilen und -zubehör sowie beim Transport in Rohrfernleitungen. Noch nicht absehbar ist, inwiefern sich durch innovative Logistik- und Mobilitätslösungen im Kontext des digitalen Wandels neue Wachstumsimpulse für die Metropole Ruhr ergeben werden.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	25,9 Mrd.	+0,0 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	13.737	-2,1 %



Nachhaltiger Konsum

Im Leitmarkt Nachhaltiger Konsum sind in der Metropole Ruhr rund 117.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte tätig. Dies sind 7,2 % aller Sozialversicherten in der Region. Analog zum Leitmarkt Mobilität ist ihre Zahl zwischen 2013 und 2014 leicht gestiegen (+0,5 %). Vor allem der Kernbereich Einzelhandel trägt mit einem Zuwachs um etwa 1.300 Beschäftigte zur positiven Entwicklung bei. In benachbarten Dienstleistungsbereichen ist die Beschäftigung dagegen gesunken. Große Bedeutung hat der Leitmarkt insbesondere im Kreis Wesel sowie in den kreisfreien Städten Hamm und Gelsenkirchen.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	62,7 Mrd.	+2,5 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	11.508	-3,1 %



Ressourceneffizienz

In Abgrenzung zu den Vorjahren wird im Wirtschaftsbericht Ruhr 2015 die Rohstoffgewinnung und -bearbeitung nicht weiter dem Leitmarkt Ressourceneffizienz zugerechnet. Die Neudefinition des Leitmarkts Ressourceneffizienz erfolgt vor dem Hintergrund, dass der Steinkohlenbergbau in der Metropole Ruhr bis ins Jahr 2018 komplett auslaufen wird. Zudem sollen im Kontext der Leitmarkt Betrachtung zukünftig verstärkt die neuen Herausforderungen im Bereich ressourcenschonender Verfahren, Produkte und Technologien, die wirtschaftlichen Aktivitäten im Bereich der Energieerzeugung und -gewinnung sowie die Beseitigung und Vermeidung von Umweltschäden in den Blick genommen werden.

Ohne die Berücksichtigung der Rohstoffgewinnung und -bearbeitung zählt der Leitmarkt Ressourceneffizienz im Ruhrgebiet knapp 79.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. Vor allem in den kreisfreien Städten Mülheim an der Ruhr und Oberhausen sowie im Kreis Unna besitzt er eine hohe regionale Bedeutung. Insgesamt verringerte sich die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Leitmarkt Ressourceneffizienz zwischen 2013 und 2014 um knapp 2.100. Dies entspricht einem Minus von 2,6 %. Dazu beigetragen haben vor allem negative Beschäftigungsbilanzen im Kernbereich Energieerzeugung und -verteilung. Verstärkte Investitionen in erneuerbare Energien und zusätzliche Beschäftigung in den Kernbereichen Wasserwirtschaft sowie Umwelt und Recycling konnten die Verluste im Bereich der traditionellen Energieerzeugung noch nicht vollständig kompensieren.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	63,9 Mrd.	+5,9 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	6.216	+0,6 %



Urbanes Bauen & Wohnen

Die Beschäftigungsentwicklung im Leitmarkt Bauen & Wohnen ist in der Metropole Ruhr zwischen 2013 und 2014 mit etwa –0,5 % leicht negativ verlaufen. Die Zahl der sozialversicherten Personen verringert sich dadurch um rund 900 auf knapp 180.000. Anteilig sind das 11,1 % an der Gesamtbeschäftigung im Ruhrgebiet. Während in den Kernbereichen Bau- und Ausbaugewerbe neue Arbeitsplätze entstanden sind, haben der Kernbereich Herstellung von Möbeln und Wohnungseinrichtungen sowie Dienstleistungen, die dem Umfeld des Leitmarkts zugerechnet werden (Handel, Vermietung, Verwaltung), zu einem negativen Beschäftigungssaldo in der Metropole Ruhr beigetragen. Dieser Verlauf deckt sich mit der Entwicklung der Umsätze, die im Zeitraum zwischen 2012 und 2013 ebenfalls leicht rückläufig waren. Vor allem beim Bau von Gebäuden (ohne Fertigteilbau; –11,5 %) sowie bei der Vermietung und Verpachtung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen (–5,8 %) verringerten sich die Umsätze. In kleinerem Umfang tragen darüber hinaus auch die Be- und Verarbeitung von Naturwerksteinen sowie die Herstellung von Bau- und Baustoffmaschinen sowie sonstigen Werkzeugmaschinen zu den rückläufigen Umsätzen im Leitmarkt Urbanes Bauen & Wohnen bei.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	33,5 Mrd.	–2,2 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	39.610	–0,2 %



Industrieller Kern und Unternehmerische Dienste

Der Leitmarkt Industrieller Kern und Unternehmerische Dienste ist gemessen an der Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten das größte Wirtschaftssegment in der Metropole Ruhr. Rund 304.000 Personen arbeiten in diesem Bereich. Der Anteil an der Gesamtbeschäftigung der Metropole Ruhr liegt zwischen 12,3 % in Herne und 29,3 % im Ennepe-Ruhr-Kreis. Der Gesamtanteil beträgt 18,7 %. Zwischen 2013 und 2014 konnte die Zahl der Beschäftigten im Industriellen Kern und den Unternehmerischen Diensten nochmals um rund 5.000 Arbeitsplätze gesteigert werden. Dies entspricht einem Plus von 1,7 %. Damit setzt sich der positive Beschäftigungstrend der letzten Jahre weiter fort. Vor allem die unternehmensnahen Dienstleistungen, aber auch die Maschinen- und Prozesstechnikhersteller haben zu diesem positiven Wachstum beigetragen. Die Umsätze im Industriellen Kern und bei den Unternehmerischen Diensten sind hingegen zwischen 2012 und 2013, wie bereits im Vorjahr, zurückgegangen. Verantwortlich dafür sind deutliche Umsatzverluste bei der Eisen- und Stahlerzeugung (–17,6 %). Zukünftige Entwicklungen im Ruhrgebiet werden in hohem Maße davon abhängen, inwieweit es den Unternehmen gelingt, die Wachstumschancen, die sich aus dem Prozess Industrie 4.0 ergeben, für sich zu nutzen. Denn der Industrielle Kern ist stark mit den angrenzenden Leitmärkten verzahnt.

	2013	i. V. zu 2012
Euro Umsatz in der Metropole Ruhr	66,2 Mrd.	–6,9 %
Unternehmen in der Metropole Ruhr	21.125	+0,7 %

CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN DES DIGITALEN WANDELS



Im Verpackungslabor des Fraunhofer IML wird Ladungs- und Transportsicherheit geprüft. Zukünftig sollen die einzelnen Ladungsträger durch Sensoren intelligent miteinander kommunizieren (Foto: Fraunhofer IML).



Aus der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung der Wertschöpfungsprozesse ergeben sich erhebliche Wachstumspotenziale für Unternehmen aus den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologie, Maschinenbau sowie Elektrotechnik. Prinzipiell können jedoch Unternehmen aller Wirtschaftszweige als Anwender von Industrie-4.0-Lösungen profitieren. Fest steht schon heute: In den kommenden Jahren werden sich die Konzepte und Lösungen der Industrie 4.0 sukzessive in den Unternehmen der Metropole Ruhr durchsetzen. Traditionelle Formen der Produktion werden dabei zunehmend um Zwischen- und Insellösungen erweitert, voll entwickelte Smart Factories und digitale Verknüpfungen ihrer Wertschöpfungsketten ergänzen sie. Für die regionale Wirtschaft der Metropole Ruhr bieten die Entwicklungen der Industrie 4.0 neue, zusätzliche Chancen der Reindustrialisierung und damit auch der Stabilisierung der industriellen Basis.

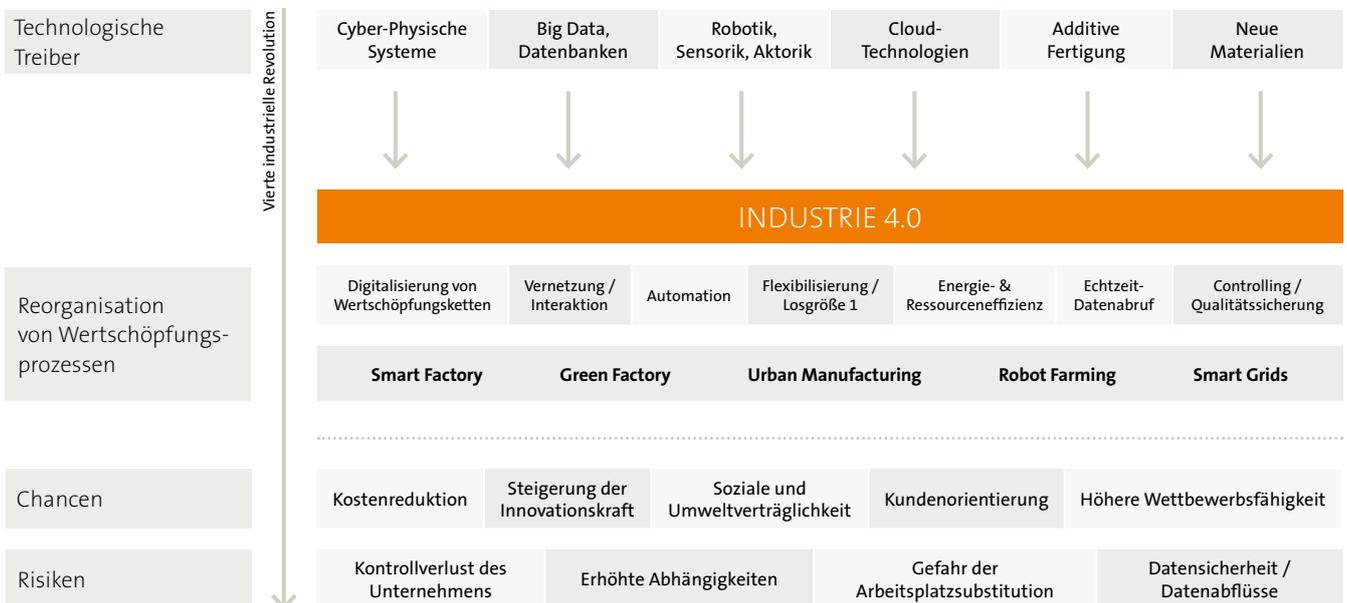
>>

Das System Industrie 4.0

Die Verzahnung der industriellen Produktionssysteme mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik löst eine umfassende Transformation bestehender Verfahrensweisen und Wertschöpfungsketten aus. Die Grenzen zwischen produzierendem Gewerbe und den unternehmensnahen Dienstleistungen werden immer fließender. Die daraus resultierenden Chancen und Herausforderungen

für die Unternehmen der Metropole Ruhr werden umso verständlicher, wenn man sich die technologischen Treiber dieser Entwicklung näher anschaut und systematisiert. Denn es sind verschiedene technologische Innovationen, die diese Veränderungsprozesse auslösen und vom industriellen Kernbereich in angrenzende Wirtschaftssegmente und Leitmärkte ausstrahlen.

Abb. 1: Das System Industrie 4.0



Quelle: Eigene Darstellung, CIMA Institut für Regionalwirtschaft GmbH

Die technologischen Treiber

Cyber-Physische Systeme

Die zentralen technologischen Treiber der Industrie 4.0 sind Innovationen im Bereich der Cyber-Physischen Systeme. Darunter versteht man die Einheit von Informationstechnik und mechanischen bzw. mechatronischen Elementen innerhalb eines Produktionsprozesses. Die technologische Grundlage für diese Entwicklungen stellen sogenannte „Embedded Systems“ (z. B. RFID-Chips, smarte Sensoren, intelligente Aktoren) dar, deren Produktionskosten mittlerweile stark gesunken sind. Nahezu alle Objekte eines Produktionssystems können daher heute mit einer dieser Internetschnittstellen

ausgestattet werden (Internet der Dinge). Die Integration in komplexe Datensysteme und der Austausch über eine drahtgebundene oder drahtlose Kommunikation ermöglichen es, diese Objekte individuell zu kontrollieren und zu vernetzen. Auf diese Weise können sie intelligent und kommunikativ in einem komplexen System agieren.

Das Fraunhofer IML in Dortmund entwickelt bereits seit einigen Jahren Cyber-Physische Systeme. Aus einer Kooperation mit dem Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der TU Dortmund ist der inBin hervorgegangen, ein intelligenter

Behälter, der über seinen Standort und Inhalt informiert ist und seinen Transport selbstständig steuern kann. Er kommuniziert mit Menschen und Maschinen, trifft eigenständig Entscheidungen, überwacht seine Umgebungsbedingungen und steuert Logistikprozesse. Auch intelligente Regale werden am Institut entwickelt, die eigenständig neues Material bestellen können.

Robotik, Sensorik und Aktorik

Roboter, Sensoren und Aktoren sind die Schnittstelle zwischen der digitalen und physischen Ebene der industriellen Produktion. Ihre Entwicklungen waren eine wesentliche Voraussetzung für den Einsatz Cyber-Physischer Systeme. Roboter gelten als Maschinen, die mit ihrer Umgebung interagieren und sowohl sich selbst als auch andere Objekte manipulieren können. Hierzu verfügen sie über unterschiedliche Aktoren wie Arme, Räder und weitere Antriebs Elemente, eine Steuer- und Auswertungselektronik sowie über eine Vielzahl von Sensoren – wie Kontaktsensoren, GPS, Infrarotsensoren, Laserscanner oder auch Kameras. Damit können sie sehr unterschiedliche Daten sammeln. Je nach Programmierung ist der Roboter daher in der Lage, durch die Verknüpfung der gesammelten Informationen aus seiner Umwelt und den Daten über seinen eigenen Zustand auf spezifische Situationen zu reagieren (Hertzberg et al. 2012: 1-60). Während klassische Industrieroboter auf festgelegte Bewegungsabläufe in der Großserienproduktion ausgerichtet sind, werden durch die digitale Vernetzung der vierten industriellen Revolution neue Serviceroboter entwickelt. Sie ermöglichen eine Interaktion zwischen Mensch und Maschine oder zwischen unterschiedlichen Maschinen, indem sie über das Internet miteinander kommunizieren. Industrielle Fertigungsprozesse werden auf diese Weise zu digitalen Fabrikmodellen. Durch Anpassung der einzelnen Arbeitsschritte in der Fertigungsplanung lässt sich zudem die Effizienz steigern und Prozessfehler lassen sich eliminieren. Anwendungsfelder der neuen Robotertechnologien finden sich vor allem in der Automatisierung, Flexibilisierung und Kleinserienfertigung der industriellen Produktion. Die Nachfrage nach modernen Industrierobotern steigt: Weltweit wurden 2014 rund 230.000 Industrieroboter verkauft. Das bedeutet einen Zuwachs von 29 % gegenüber dem Vorjahr. In Deutschland ist es vor allem die Automobilindustrie, die diese Entwicklung vorantreibt. So gab es hierzulande bereits 2014 eine hohe Roboterichte von 292 Robotern pro 10.000 Angestellte (vgl. IFR World Robotics Survey 2015).

Die carat robotic innovation GmbH mit Sitz in Dortmund ist einer der Anbieter von Roboterapplikationen und Roboterlösungen in der Metropole Ruhr. Das Unternehmen entwickelt Roboter für unterschiedliche Anwendungsbereiche: für die Oberflächenbearbeitung, die Bearbeitung von Gussbauteilen oder das Fräsen von Kunststoff und Aluminium. Das Angebot umfasst auch Robotertechnologien, die auf spezielle Anforderungen zur Bearbeitung neuer Materialien wie CFK (kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff) ausgerichtet sind. In der Region finden sich auch Technologieführer im Bereich der Sensorik wie etwa die ifm-Unternehmensgruppe mit Sitz in Essen.

Big Data und Datenbanken

Schätzungen zufolge wird die digitale Datenmenge mit der zunehmenden Vernetzung zwischen 2013 und 2020 um das Zehnfache steigen. Der gesamte Datenbestand soll von 4,4 Billionen auf 44 Billionen Gigabyte anwachsen. Diese große Menge an Informationen, die aus unterschiedlichen Quellen stammt, wird als Big Data bezeichnet und mit hoher Geschwindigkeit gespeichert, verarbeitet und ausgewertet. Da diese Daten für viele Unternehmen einen potenziellen Wert darstellen, sind diese vermehrt daran interessiert, sie effizient zu verwerten und wirtschaftlich zu nutzen (IDC 2014). Auf diese Weise gewinnen wirtschaftliche Akteure entscheidungsrelevante Erkenntnisse aus sich schnell wandelnden und unterschiedlich strukturierten Informationen. Der potenzielle Nutzen, der aus den Daten gewonnen werden kann, hängt dabei vom vorhandenen Datenvolumen, von der Datenvielfalt, der Verarbeitungsgeschwindigkeit und den Analysemethoden (statistische Verfahren, Vorhersagemodelle, Optimierungsalgorithmen, Data Mining sowie Text- und Bildanalytik) innerhalb der Datenbank ab. Für fast jede Branche entsteht dadurch ein Geschäftsnutzen in wertschöpfenden und unterstützenden Prozessen. So kann der Einsatz von Big-Data-Lösungen etwa dazu dienen, Risiken besser abzuschätzen, Wertschöpfungsprozesse, Absatz- und Bedarfsplanung sowie die Preisgestaltung in Echtzeit zu optimieren, Marktlücken zu identifizieren und sich stärker an den Bedürfnisse der Kunden zu orientieren (BITKOM 2015: 13).

Viele Industriebetriebe in der Region arbeiten schon heute mit Techniken zur Auswertung großer, maschinell generierter Datenmengen. Dies gilt sowohl für mittelständische als auch für Großbetriebe. Auch thyssenkrupp hat in seinem Lenkungs geschäft aktuell ein „Big Data“-Projekt aufgesetzt.

Dabei werden über 200 Messparameter aus der Produktion an vier Standorten erhoben, um Prozesse zu optimieren. Ein Unternehmen, das Industrie-4.0-Lösungen in diesem Bereich entwickelt, ist etwa die QASS GmbH in Wetter: Mit ihren innovativen Messtechniken generiert das Unternehmen akustische Daten aus dem Fertigungsprozess, die Hinweise auf Risse im Material liefern. Das Unternehmen wird auf Seite 40 näher vorgestellt.

Cloud-Technologien

Cloud-Technologien umfassen verschiedenste IT-Dienstleistungen über ein Netzwerk. Grundlage ist das Internet bzw. das Intranet als Plattform. Über das Netz werden Verbindungen zu externen Servern hergestellt, über die verschiedene Anwendungen bedarfsgerecht, flexibel und in Echtzeit bereitgestellt werden. Zur Datenspeicherung oder Verarbeitung können Unternehmen entweder eigene Rechenzentren einrichten oder auf einen externen Cloud-Dienst zugreifen (BITKOM 2009: 14). Cloud-Technologien haben das Potenzial, bestimmte Unternehmensfunktionen wie den Vertrieb, das Marketing oder den Kundenservice effizienter zu gestalten oder auf externe Dienstleister auszulagern. Darüber hinaus lassen sich Daten in Echtzeit abrufen und in den Produktionsprozess einspielen. Auf diese Weise kann kurzfristig und flexibel auf veränderte Rahmenbedingungen (z. B. Lieferengpässe und -überschüsse, verändertes Kundenverhalten oder die Bereitstellung neuer Softwarelösungen) reagiert werden. Dies führt zu einer hocheffizienten und gleichzeitig flexiblen Gestaltung industrieller Prozesse. Auch unternehmensübergreifend ergeben sich Potenziale für neue Wertschöpfungsprozesse. So können neue Partnernetzwerke entstehen und ganze Branchen spezialisiert angesprochen werden. Cloud-Lösungen sind daher die Basis für innovative Steuerungsprozesse und tragen zur Bildung einer Systemintelligenz ganzer Produktions- und Wertschöpfungsprozesse bei (BDI 2013: 10). Allein schon wegen der Möglichkeit, damit Kosten zu sparen, ist das Cloud-Computing für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ein zusätzliches Argument, sich auf die Welt der Industrie 4.0 einzulassen. Auf der anderen Seite haben viele Unternehmen noch starke Bedenken, Cloud-Lösungen zu nutzen. Diese betreffen die Datenhoheit und die Sicherheit sensibler Produktionsdaten. Die Innovationsplattform CPS.HUB NRW unterhält eine spezielle Fachgruppe, die Werkzeuge und Methoden eines sicheren Cloud-Computing entwickelt.

Additive Fertigung

Die additive Fertigung, besser bekannt als 3D-Druck, ist eine neue Technik, die die Industrie weltweit verändert. Auf der Basis digitaler Informationen schichten 3D-Drucker Werkstoffe in kurzer Zeit übereinander. Physische Objekte, auch komplexe mechanische Baugruppen, können so dreidimensional ohne Montage „ausgedruckt“ werden. Der Hauptvorteil der Technologie: Zur Herstellung individueller Produkte werden keine speziellen Werkzeuge benötigt. Außer aus Kunststoffen und Karbonfasern lassen sich auch Teile aus verschiedenen Metallen wie Stahl oder Titan fertigen. Industrieunternehmen können so selbst Ersatzteile für ihre Maschinen erstellen und verbauen, Zeitverzögerungen durch Zulieferer fallen weg. Ferner können Konsumgüter on demand produziert werden. Die Folgen: Lagerkosten verringern sich ebenso wie das Risiko, überschüssige Ware herzustellen. Wird diese Technologie im Sinne der Industrie 4.0 digital vernetzt, entstehen gänzlich neue Produktionsmethoden, die ein Zusammenspiel von additiver Fertigung und Mensch-Roboter-Kooperation beinhalten. Kleine Stückzahlen können so effizient und nach individuellen Kunden-

Die neuen Möglichkeiten additiver Fertigungstechnologien strahlen auf viele Unternehmen unterschiedlicher Branchen im Ruhrgebiet aus.

wünschen produziert werden (vgl. VDI 2014: 6; DLG 2015: 6). Letztendlich hängt die Verbreitung der additiven Fertigung im industriellen Bereich davon ab, ob es gelingt, zeitnah kosteneffiziente, schnelle und präzise Druckverfahren zur Marktreife zu bringen.

Die neuen Möglichkeiten additiver Fertigungstechnologien strahlen auf viele Unternehmen unterschiedlicher Branchen im Ruhrgebiet aus. Beispielsweise geht das Logistikunternehmen Rhenus SE davon aus, dass kostengünstige und verbesserte additive Fertigungsverfahren die gesamte Logistikbranche verändern werden, und bezieht diese Technik deshalb schon heute in seine Geschäftsmodelle mit ein. Im Interview auf Seite 62 erläutert Dr. Stephan Peters, welche Konsequenzen sich daraus für das Unternehmen ergeben.

Neue Materialien

Außer über Prozessinnovationen wird im Zusammenhang mit Industrie 4.0 auch immer wieder über die Herstellung smarterer Werkstoffe diskutiert. „Intelligente Materiali-

en“ erkennen Signale der Umgebung (sensorische Funktion) und reagieren darauf (aktorisches Handeln) – ihr „Handeln“ ist reflexhaft und sinnvoll. In der vernetzten Produktion können sie als Sensor oder Aktor eingesetzt werden. Verbindet man sie mit lernfähigen Reglern, spricht man auch von adaptiven Materialien. Piezoelektrische und elektrorestruktive Werkstoffe (Keramiken oder Polymere) sind für solche An-

wendungen wohl am weitesten entwickelt. Mechanische Deformationen führen bei ihnen zu elektrischen Signalen; umgekehrt können sie sich durch elektrische Signale auch selbst minimal verformen. Daher sind sie von Prozesssystemen ansprechbar und können in die Abläufe automatisierter Fertigung integriert werden (Fraunhofer ISC 2003: 31).

Wertschöpfungsprozesse verändern sich

Das Zusammenspiel dieser verschiedenen technologischen Treiber führt zu einer Veränderung bis hin zu einer grundlegenden Reorganisation der Wertschöpfungsketten.

- Wertschöpfungsprozesse werden verstärkt digitalisiert und miteinander vernetzt. Technologische Innovationen sowie eine zunehmende Integration von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnologie machen dies möglich.
- Alle an der Wertschöpfung beteiligten Akteure – Menschen und Maschinen – können durch den Einsatz Cyber-Physischer Systeme in Echtzeit miteinander kommunizieren und über alle relevanten Produktionsinformationen verfügen. Dazu gehören Informationen über die Nachfrageentwicklung, Rohstoffpreise, Maschinenauslastung, Verschleiß, Verfügbarkeit neuer Softwarelösungen oder den Personaleinsatz.
- Die neuen digitalen Produktions- und Steuerungssysteme zeichnen sich durch ein hohes Automatisierungsniveau aus und erstrecken sich über die gesamte Wertschöpfungskette eines Produkts.
- Der Energie- und Ressourceneinsatz wird durch die neuen Technologien intelligent gesteuert.
- Kundenpräferenzen und Nutzerverhalten können in Echtzeit in den Wertschöpfungsprozess eingespielt werden.
- Durch den Einsatz intelligenter Sensoren werden große Mengen an Produktionsdaten erfasst und in Echtzeit ausgewertet.

- Die Grenzen zwischen industrieller Produktion und dem Dienstleistungssektor werden fließender. Organisationsstrukturen verändern sich und bestimmte Unternehmensfunktionen werden durch Cloud-Dienste erbracht. Die Bedeutung horizontaler Unternehmenskooperationen nimmt zu.

Innovative Produktions- und Geschäftsmodelle

Der Wandel hin zur Industrie 4.0 und die damit einhergehende Reorganisation von Wertschöpfungsketten führt letztendlich zur Entstehung neuer Produktionsmodelle, die unter Schlagworten wie Smart Factory oder Urban Manufacturing diskutiert werden. Eine Smart Factory oder intelligente Fabrik ist die Vision einer vollständig vernetzten Produktionsumgebung, in der sich Fertigungsanlagen und Logistiksysteme weitgehend selbst organisieren. Neue ressourcen- und umweltschonende Produktionsverfahren ermöglichen zudem eine Reindustrialisierung des urbanen Raums.

Doch nicht nur im industriellen Bereich ergeben sich neue Produktions- und Geschäftsmodelle, auch in den angrenzenden Wirtschaftssegmenten. So lassen sich etwa durch intelligente Stromnetze (Smart Grids) miteinander verbundene Elemente wie Stromerzeuger, Speicher, elektrische Verbraucher und die Netze besser überwachen. Smart Grids gewährleisten so einen besonders effizienten und zuverlässigen Systembetrieb. Innovationen im Bereich additiver Verfahren oder in der Robotertechnologie werden darüber hinaus weitere Segmente wie die Logistik- oder Gesundheitswirtschaft grundlegend verändern.

Die Chancen des digitalen Wandels

Aus der Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen ergeben sich über alle Leitmärkte hinweg vielfältige Chancen für Wirtschaft und Gesellschaft (Geissbauer et al. 2014; Kagermann 2014). Entscheidend ist dabei, ob und wie es gelingt, die sich abzeichnenden Trends frühzeitig aufzugreifen und deren ökonomische, soziale und arbeitsorganisationale Folgen proaktiv mitgestalten zu können. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen können in diesem Zusammenhang von Unterstützungsangeboten auf dem Weg zur Industrie 4.0 profitieren. Daraus ergeben sich für Unternehmen konkrete Chancen:

- **Reduktion der Produktionskosten:** Redundanzen im Produktions- und Fertigungsprozess verringern sich, Qualitätsverluste sowie Ausschüsse werden minimiert und bestimmte Tätigkeiten rationalisiert. Die erhöhte Transparenz bei der Produktionsplanung führt zu einer verbesserten Auslastung.
- **Neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle:** An den Schnittstellen zwischen den Systemen und durch die Nutzung von Big Data entstehen vielfältige Potenziale für strategische und technische Innovationen. Das stärkt die Innovationskraft der Unternehmen insgesamt.
- **Verbesserte Umweltverträglichkeit:** Intelligent vernetzt können Produktionsmittel in Fabriken optimiert eingesetzt werden. Das reduziert den Energieverbrauch. In der Logistik lassen sich die verschiedenen Verkehrsträger durch intelligente Technologien effizienter koordinieren. Das verbessert ihre Auslastung. Die Folge: Ressourcen werden effizienter eingesetzt und gleichzeitig geschont.
- **Soziale Chancen:** Digitale Technologien können dazu beitragen, die Work-Life-Balance und die Vereinbarkeit von Beruf und Familie zu verbessern. Mitarbeiter werden zudem weniger als „Maschinenbediener“ eingesetzt, sondern zunehmend als Entscheider und Koordinatoren. Gleichzeitig werden sie durch interaktive Assistenzsysteme entlastet.
- **Mehr Kundenorientierung:** Verstärkte Unternehmenskooperationen, neue, digitale Geschäftsmodelle und der automatisierte Austausch von Informationen steigern nicht nur die Innovationsgeschwindigkeit. Sie machen es auch möglich, schneller und zielgerichteter auf individuelle Kundenwünsche zu reagieren und die Produktion entsprechend anzupassen – bis hin zur Losgröße 1.
- **Höhere Wettbewerbsfähigkeit:** Unternehmen, die frühzeitig Industrie-4.0-Lösungen in ihre Wertschöpfungsprozesse integrieren, sind langfristig wettbewerbsfähiger. Ihre Produktion ist hochflexibel, hochproduktiv und effizient. Zudem ermöglichen Big-Data-Frühwarnsysteme und Echtzeitvernetzung ein frühzeitiges Reagieren auf externe Schocks. Und: Neue Softwarelösungen können durch Cloud-Technologien schnell in den Produktionsprozess eingespielt, Ferndiagnosen angefordert und Wartungsarbeiten bei Bedarf digital durchgeführt werden.
- **Mehr gemeinsame Projekte mit anderen Unternehmen und Forschungseinrichtungen:** Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen können von den neuen Möglichkeiten der Industrie 4.0 profitieren. Neue Vernetzungslösungen erleichtern es ihnen, gemeinsam mit anderen Firmen und Forschungseinrichtungen umfangreiche Entwicklungsprojekte anzustoßen – und das zu geringen Transaktionskosten. Darüber hinaus können sie mithilfe von Cloud-Technologien bestimmte IT-Dienstleistungen kostengünstig und flexibel zur Optimierung der eigenen Produktionsprozesse einsetzen.

Die Herausforderungen des digitalen Wandels

Die Vorteile der Industrie 4.0 sollten allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass mit der Digitalisierung und Automation von Wertschöpfungsprozessen auch erhebliche Risiken verbunden sind (Schwarz Müller et al. 2015: 159; Fallenbeck und Eckert 2014). Der Wandel hin zur Industrie 4.0 kann nur dann gelingen, wenn frühzeitig Antworten auf folgende Herausforderungen gefunden werden:

- **Verlust an Kontrolle über die eigenen Produktionsabläufe:** Durch Vernetzung und Automation von Wertschöpfungsprozessen verkleinern sich die unternehmerischen Entscheidungsspielräume.
- **Digitale Angriffe, Manipulationen und Spionagetätigkeiten:** Innerhalb der Cloud-Technologie passieren Daten auf dem Weg zum Empfänger verschiedene Knotenpunkte, die außerhalb der Kontrolle von Netzwerkadministratoren und Cloud-Providern liegen. Hier gilt es, eine Sicherheitsarchitektur zu schaffen, um ein Abgreifen der Daten durch Dritte zu verhindern. Die Vernetzung verschiedener Stationen im Wertschöpfungsprozess verbindet darüber hinaus Systeme mit unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen. Daraus ergeben sich Ansatzpunkte für kriminelle Aktivitäten, die sich über die komplette Wertschöpfungskette ausbreiten können.
- **Nicht autorisierte Weiterverwertung:** Bei der Vernetzung mit Kooperationspartnern muss sichergestellt sein, dass nur solche Daten übermittelt werden, die für das andere Unternehmen bestimmt sind. Häufig sind diese Datenpakete jedoch nur schwer von zusätzlichen, sensiblen Informationen zu innerbetrieblichen Abläufen zu trennen. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass übermittelte Daten ohne Zustimmung des Auftraggebers weitergenutzt werden. So könnte etwa ein 3D-Druck-Dienstleister über den eigentlichen Auftrag hinaus weitere Produkte anfertigen und auf dem Schwarzmarkt veräußern.
- **Abhängigkeit von großen Technologieanbietern:** Zunehmende Automatisierung und Nutzung von Cloud-Diensten können die eigenen Gestaltungsspielräume der Unternehmen massiv einschränken.
- **Ausfall der gesamten Produktion:** Bei einem hohen Vernetzungsgrad können technische Probleme negative Folgen für die Produktion haben und sich unmittelbar auf andere Teilbereiche der Wertschöpfungskette auswirken.
- **Tätigkeiten werden durch Maschinen substituiert:** Der digitale Wandel verändert die Anforderung an die Qualifikationsmuster der Mitarbeiter bis hin zum Wegfall bestimmter Arbeitsplätze. Daher sind gesellschaftliche Antworten und Lösungen notwendig, die auch künftig geringqualifizierte in den Arbeitsmarkt integrieren.
- **Hohe Investitionen:** Die Entwicklung von Industrie-4.0-Lösungen muss sich ökonomisch als rentabel erweisen. Es besteht die Gefahr, dass Unternehmen in die Entwicklung von Innovationen investieren, die sich letztendlich nicht als marktreif erweisen.

Die Industrie 4.0 birgt zweifelsohne vielfältige Chancen für Wirtschaft und Gesellschaft. Allein für Deutschland wird für die kommenden Jahre ein zusätzlicher jährlicher Umsatz von über 30 Milliarden Euro durch Industrie-4.0-Lösungen prognostiziert (pwc 2014: 30). Die Industrie 4.0 zählt daher zu den maßgeblichen Wachstumstreibern in Deutschland. Der digitale Wandel wird in den verschiedenen Wirtschaftsegmenten unterschiedliche Entwicklungsverläufe nehmen. Unternehmen, die sich den neuen technologischen Möglichkeiten verweigern, riskieren jedoch, in wenigen Jahren vom Markt zu verschwinden. Mit den sich abzeichnenden technologischen Trends ist allerdings auch ein politischer und gesellschaftlicher Gestaltungsauftrag verbunden. Vor allem müssen die Vorteile des digitalen Wandels für die breite Masse der Gesellschaft nutzbar gemacht werden. Nur so kann es gelingen, konsensfähige Antworten auf Herausforderungen der Industrie 4.0 zu finden. Das betrifft die Datensicherheit, die Entstehung neuer ökonomischer Abhängigkeiten oder die Gestaltung der Arbeit von morgen.



„Innovationen sind von und für Menschen gemacht – auch in der Industrie 4.0“

Daniel Buhr ist Professor für Policy Analyse und Politische Wirtschaftslehre an der Eberhard Karls Universität Tübingen. Eines der Kernthemen seiner Forschung ist die Innovationspolitik. Hierzu wirkt er in verschiedenen Expertenkommissionen, Beratungsgremien und internationalen Netzwerken mit, auch im Bereich Industrie 4.0. Als Mitglied des Sprecherkreises einer transdisziplinären Arbeitsgruppe (HELP) ist er zudem einer der Koordinatoren des Lebens-Phasen-Hauses, eines Forschungs- und Demonstrationszentrums für Smart-Home-Lösungen in Tübingen.¹

Die wachsende Digitalisierung wird sowohl die Wirtschaft als auch unsere Gesellschaft enorm verändern, auch und gerade an erfolgreichen Industriestandorten wie dem Ruhrgebiet. Schon heute lassen sich diese Entwicklungen beobachten: Die Industrie 4.0 hält Einzug. Vielerorts evolutionär und schrittweise, mancherorts radikal und disruptiv. Es bieten sich vielerlei Chancen, doch es lauern auch Risiken und Herausforderungen, die neue Lösungen fordern. Allerdings werden diese bisher vor allem in der Technik gesucht. Dabei spielt gerade der Mensch im Innovationsprozess eine wichtige Rolle: als Mitgestalter und Koproductent, als Anwender und Innovator. Daher gilt es, die Industrie 4.0 als Zusammenspiel von technischen und sozialen Innovationen zu begreifen. Denn soziale Innovationen haben einen entscheidenden Einfluss darauf, ob eine technische Invention (Erfindung) zur verbreiteten Innovation wird (so die Unterscheidung von Schumpeter), auf welchen Wegen und Kanälen sie sich ausbreitet (diffundiert) und welche Wirkung sie dabei entfaltet.² Eine soziale Innovation ist eine zielgerichtete Neukonfiguration sozialer Praktiken mit dem Ziel, Be-

dürfnisse besser zu befriedigen, als dies auf der Grundlage etablierter Praktiken möglich ist.³

In diesem Verständnis ist eine Innovation nur dann sozial, wenn sie gesellschaftlich akzeptiert wird, breit in die Gesellschaft bzw. bestimmte gesellschaftliche Teilbereiche diffundiert und schließlich als neue soziale Praktik routinisiert bzw. institutionalisiert wird.⁴ So lassen sich vielerlei Beispiele für soziale Innovationen finden: angefangen beim Buchdruck über das allgemeine Wahlrecht und die Mitbestimmung bis zur Krankenversicherung oder zum Energiesparen.

Ihre gesellschaftliche Nützlichkeit hat die Industrie 4.0 noch unter Beweis zu stellen: z. B. „gute Arbeit“ bzw. neue Qualität der Arbeit, inklusives Wachstum, bessere Vereinbarkeit von Familie, Pflege und Beruf. Erst wenn die Entwicklungen in und um die Industrie 4.0 auch diesen Mehrwert entfalten, wenn sich also soziale Praktiken etablieren, die „besser für die Menschen“ sind – als Konsumenten, aber eben auch auf der Anbieterseite als Beschäftigte in den Smart Factories der Zukunft –, ist der Doppelcharakter der sozialen Innovation tatsächlich erfüllt.

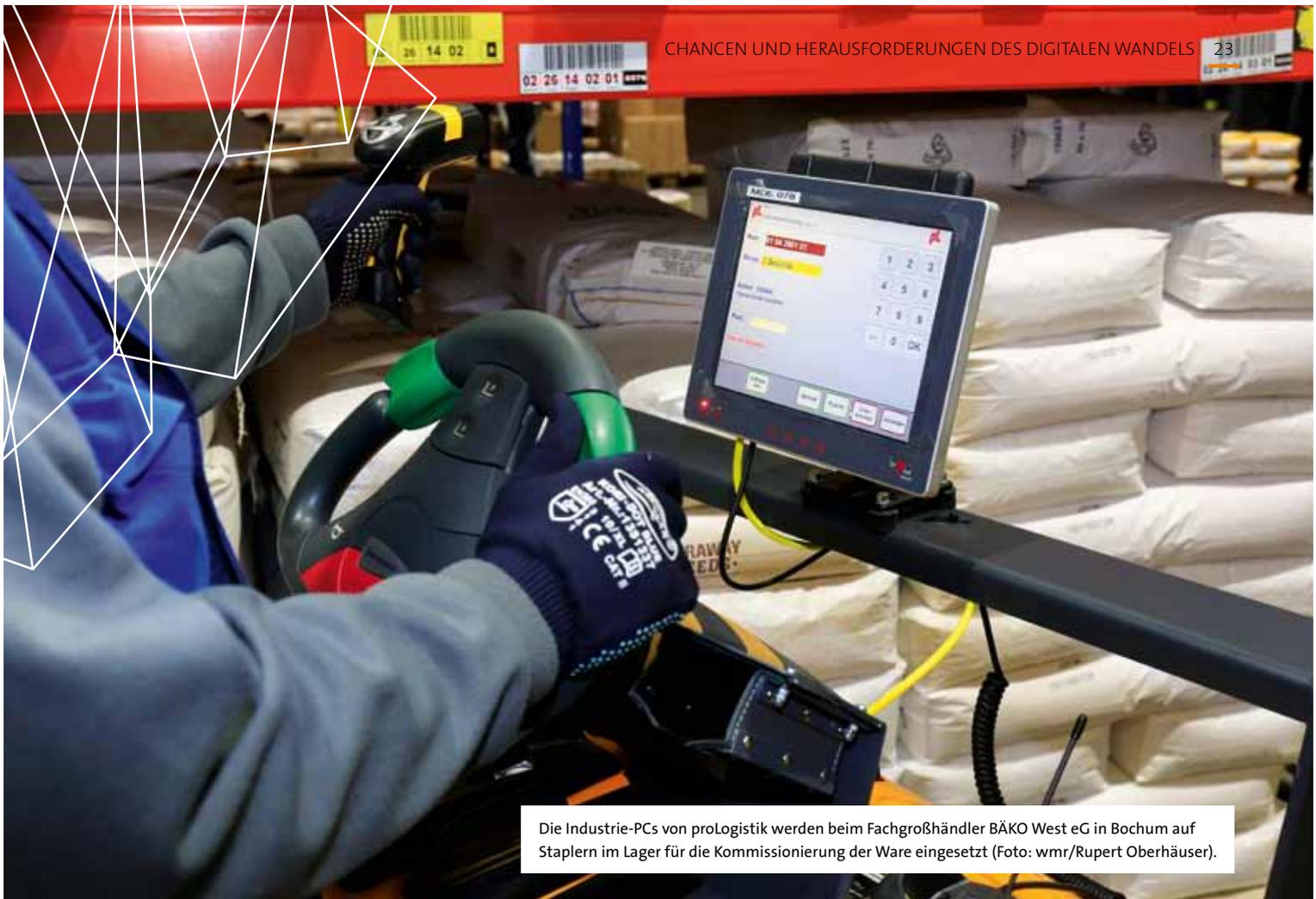
Dies wiederum würde bedeuten, dass viele von der Rendite der Digitalisierung profitieren könnten – und nicht nur ein kleiner Teil der Gesellschaft. Dann werden aus Betroffenen konstruktive Koproductenten der Industrie 4.0, die den Diffusionsprozess der Digitalisierung auch in andere gesellschaftliche Bereiche vorantreiben und beschleunigen können. Damit sich aus technischem Fortschritt auch sozialer Fortschritt entwickeln kann.

¹ Dieser Beitrag fußt auf einer Studie im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung, siehe: Buhr (2015): Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0, Bonn.

² Franz, H.-W. (2010): Qualitäts-Management als soziale Innovation, in: Howaldt, J., Jacobsen, H. (Hrsg.): Soziale Innovation. Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, S. 336.

³ Howaldt, E.; Kopp, R.; Schwarz, M. (2008): Innovationen (forschend) gestalten – Zur neuen Rolle der Sozialwissenschaften, WSI Mitteilungen, Band 2/2008, S. 65.

⁴ Zapf, W. (1989): Über soziale Innovationen. In: Soziale Welt, 40 JG., H. 1-2, S. 170-183.



Die Industrie-PCs von proLogistik werden beim Fachgroßhändler BÄKO West eG in Bochum auf Staplern im Lager für die Kommissionierung der Ware eingesetzt (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).

Der digitale Wandel in der Metropole Ruhr

Die Entwicklungen der Industrie 4.0 sind für die regionale Wirtschaft der Metropole Ruhr von großer Relevanz. Zwar haben Lock-in-Effekte in der Vergangenheit zu Entwicklungsdefiziten im traditionell industriell geprägten Ruhrgebiet geführt. Doch gerade die jüngste globale Finanz- und Wirtschaftskrise hat einen Trend zur verstärkten Reindustrialisierung ausgelöst, aus dem sich vielfältige Wachstumschancen für die Region ergeben. Entscheidend wird es daher sein, inwieweit es gelingt, durch die Integration technologischer Innovationen neue Wachstumsimpulse in bereits existierende industrielle Wertschöpfungsprozesse setzen zu können.

Immerhin: Die Wirtschaftsstruktur der Metropole Ruhr bietet gute Voraussetzungen für die Entwicklung und Anwendung innovativer Produkte und Dienstleistungen der Indus-

trie 4.0. Denn die Metropole Ruhr verfügt über einen starken Industriellen Kern, in dem 18,7 % der Sozialversicherungspflichtigen aus der Region beschäftigt sind. Zugerechnet werden dem Industriellen Kern die Werkstoff- und Materialwirtschaft sowie der Maschinenbau und die Prozesstech-

Die Wirtschaftsstruktur der Metropole Ruhr bietet gute Voraussetzungen für die Entwicklung und Anwendung innovativer Produkte und Dienstleistungen der Industrie 4.0.

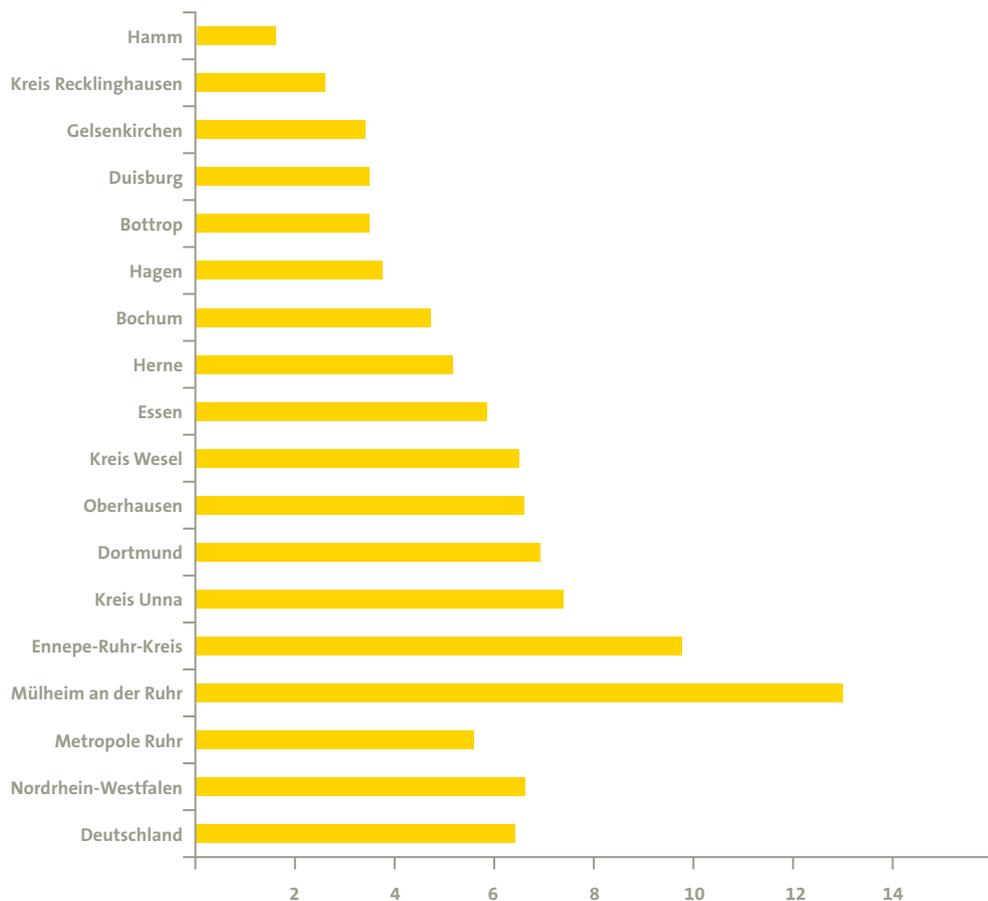
nik. Sie gelten als zentrale Entwicklungsfelder von Industrie 4.0-Lösungen. Zudem umfasst der Industrielle Kern die eng mit der Produktion verbundenen Dienstleistungen. Auch auf der Anwenderseite besitzt die Metropole Ruhr starke technologiegetriebene Unternehmen in den Leitmärkten Ressourceneffizienz, Mobilität oder Gesundheit. Sie kommen als potenzielle Nutzer von Cyber-Physischen Systemen in Frage.

Industrie 4.0 in Zahlen und Fakten

Die spezifischen Stärken des Ruhrgebiets im Bereich der Industrie 4.0 zeigt die Abbildung 2. Sie stellt die Beschäftigtenanteile der Industrie-4.0-Kernbereiche Maschinenbau, Herstellung von elektrischen Ausrüstungen und Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie an der Gesamtbeschäftigung für die Städte und Kreise der Metropole Ruhr dar. Als Entwickler und Anbieter von Industrie-4.0-Lösungen kommen allerdings auch Unternehmen aus angrenzenden Wirtschaftssegmenten in Betracht, die Metallerzeugnisse, Kraftwagen oder Autoteile herstellen. Im Zuge einer Datenbankrecherche wurden deshalb die Unternehmensdaten von über 3.000 Unternehmen aus dem

Ruhrgebiet erfasst, die aufgrund ihrer Wirtschaftszweigung prinzipiell als Entwickler und Anbieter von Industrie-4.0-Lösungen in Frage kommen (vgl. Abb. 3). Nach eingehender Recherche und Analyse konnten in der Metropole Ruhr 284 Unternehmen (ohne Anspruch auf Vollerhebung) identifiziert werden, die einen klaren Bezug zur Entwicklung von Industrie-4.0-Lösungen erkennen lassen oder mit eigenen Produkten aus diesem Bereich am Markt vertreten sind. Ihre regionale Verteilung zeigt die Abbildung 4: In allen kreisfreien Städten und Kreisen der Metropole Ruhr gibt es Anbieter und Entwickler von Industrie-4.0-Lösungen.

Abb. 2: Anteil der Industrie-4.0-Kernbereiche an der Gesamtbeschäftigung in % in den Kommunen



Berücksichtigt sind die Industrie-4.0-Kernbereiche Maschinenbau, Herstellung von elektrischen Ausrüstungen und Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie.

Quelle: Bundesagentur für Arbeit

Berechnungen: CIMA Institut für Regionalwirtschaft GmbH

Abb. 3: Unternehmenspotenzial Entwickler und Anbieter der Industrie 4.0

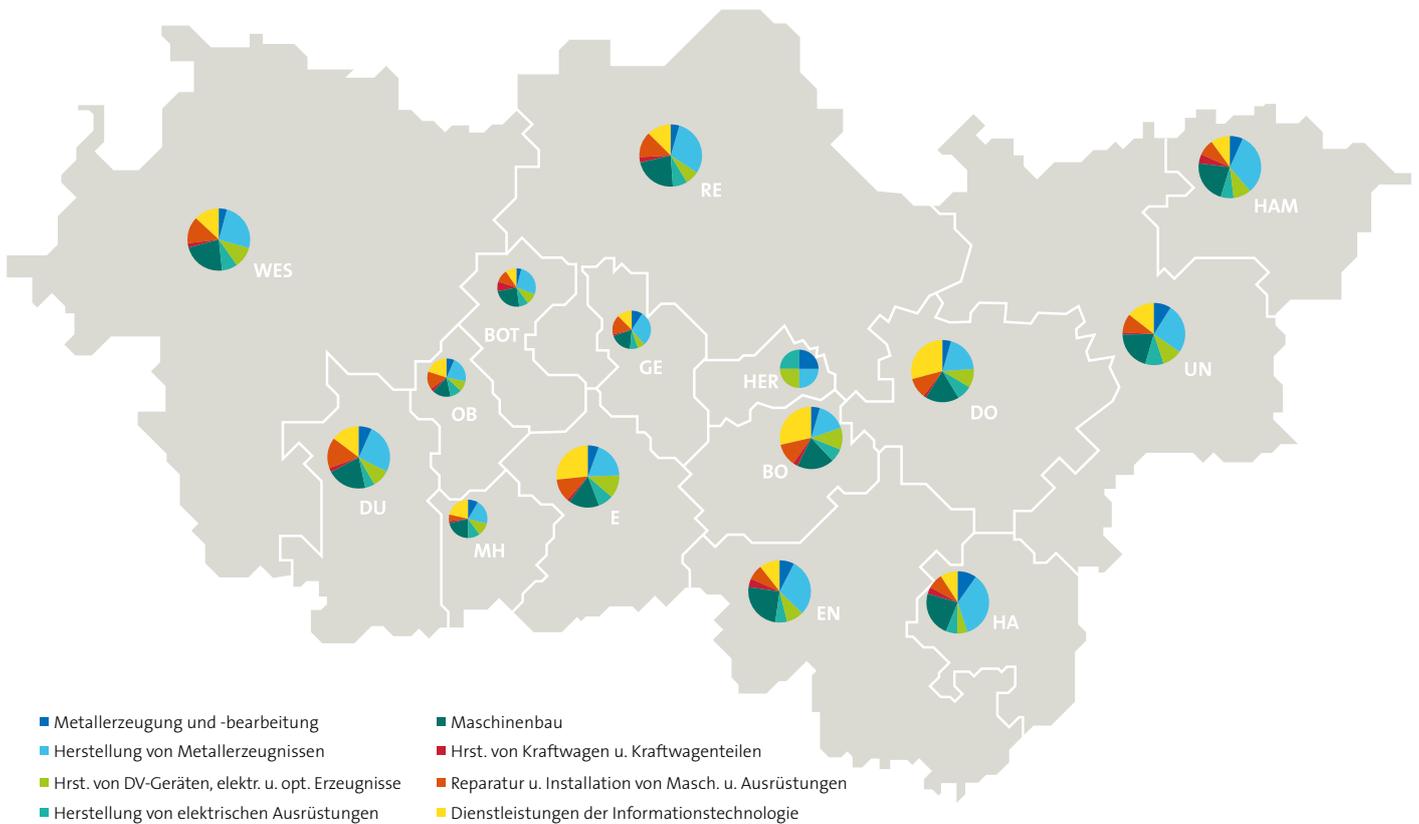
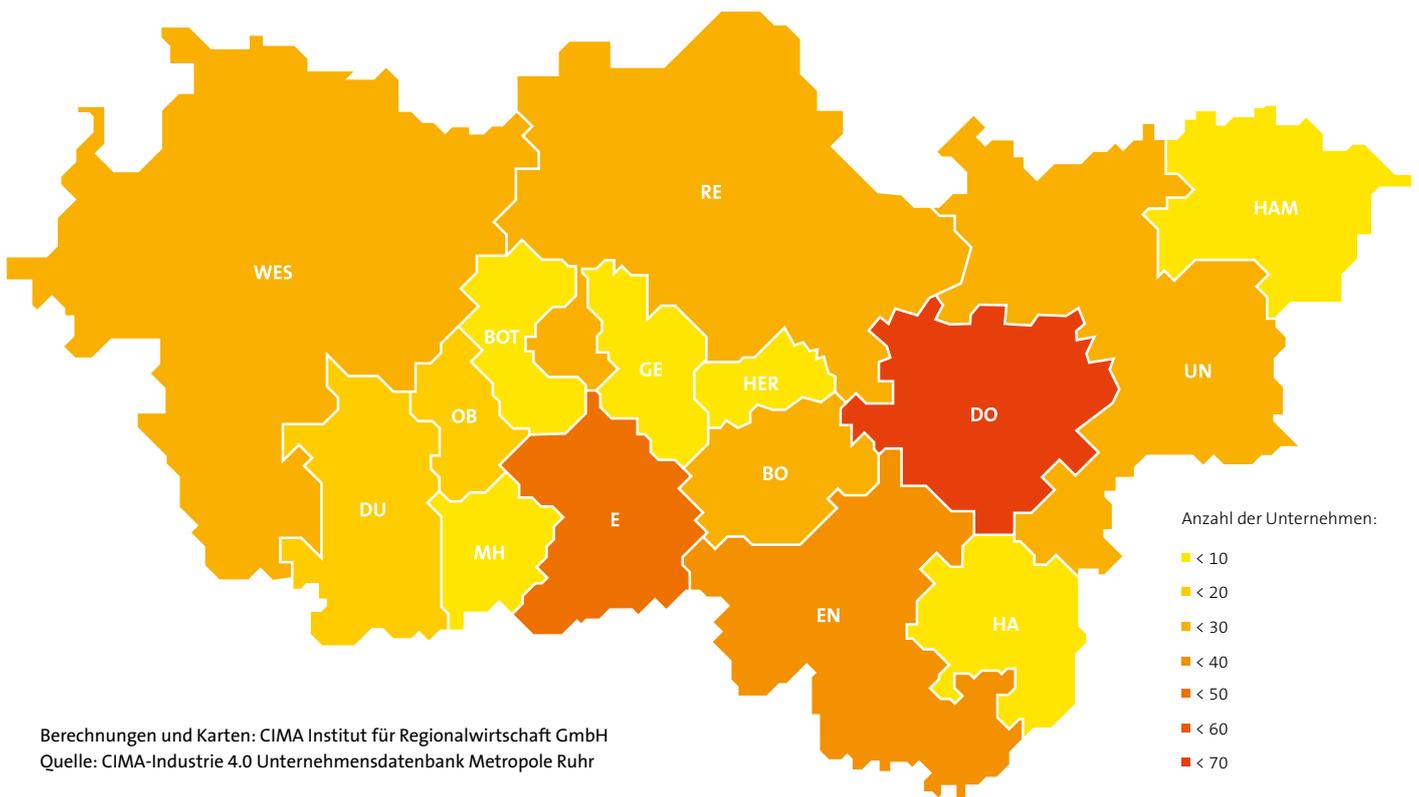


Abb. 4: Anzahl der Entwickler und Anbieter der Industrie 4.0 in den Kreisen und kreisfreien Städten



Berechnungen und Karten: CIMA Institut für Regionalwirtschaft GmbH
 Quelle: CIMA-Industrie 4.0 Unternehmensdatenbank Metropole Ruhr



Regionale Entwicklungspotenziale und Hemmnisse

Nach Einschätzung von gut 20 Industrie-4.0-Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verbänden sind in der Metropole Ruhr eine Reihe wichtiger Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Etablierung von Industrie-4.0-Lösungen gegeben. Allerdings existieren auch einige Hemmnisse in der Region, die die Dynamik der Entwicklung verlangsamen.

Potenziale der Metropole Ruhr

Zu den Potenzialen des traditionellen Industriestandorts Metropole Ruhr gehört vor allem die hohe Dichte an Unternehmen im produzierenden Gewerbe. Die befragten Unternehmensvertreter waren sich einig, dass diese räumliche Nähe auch im Zeitalter der Digitalisierung eine wichtige Rolle bei der Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungen spielt. Sie ist relevant für die Face-to-Face-Kommunikation, für Forschungs- und Entwicklungskooperationen und den Fachkräfteaustausch und bietet gute Möglichkeiten für die Wissensvernetzung. Sie ist deshalb eine gute Voraussetzung für die Diffusion von Digitalisierungs- und Vernetzungslösungen im industriellen Bereich. Eine solche Entwicklung könnte auch den industriellen Akteuren den Zugang zur Industrie 4.0 erleichtern, denen es immer

noch schwerfällt, die digitale Welt für sich zu erschließen. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen sind in vielen Fällen noch unsicher, welche Wachstumschancen sich aus einer verstärkten Digitalisierung und Vernetzung ihrer Wertschöpfungsprozesse ergeben könnten.

Dynamischer Aufbau von IT-Kompetenzen

Unternehmensvertreter aus dem Industriellen Kern machten in den Gesprächen zudem deutlich, dass sie bei der Entwicklung von Industrie-4.0-Lösungen in der Regel auf externes IT-Wissen angewiesen sind. Dieses Wissen ist in der Metropole Ruhr vielfach vorhanden. Denn durch die dynamische Entwicklung von IKT-Unternehmen konnten in den vergangenen Jahren spezifische IT-Kompetenzen, die für die Industrie 4.0 von besonderer Bedeutung sind, verstärkt aufgebaut werden. Dies spiegelt sich auch in den Beschäftigungszuwächsen im Leitmarkt Digitale Kommunikation wider (vgl. Die Entwicklung der Leitmärkte im Überblick, Seite 10).

Gute Chancen für Smart-City-Konzepte

Die hohe Bevölkerungsdichte und die Variationsbreite in den Leitmärkten machen die Metropole Ruhr zu einem



Hochleistungsglasfüller: Die Abläufe des InnoFill Glass Micro DPG von KHS sind voll automatisiert – bis zu 25.000 Flaschen können pro Stunde mit Getränken gefüllt werden (Foto: KHS GmbH).

bevorzugten Lernfeld für die Erprobung von Smart-City- und Urban-Manufacturing-Konzepten. Das Konzept einer Smart City beinhaltet technische, wirtschaftliche sowie gesellschaftliche Innovationen und zielt darauf ab, Städte im Rahmen von ganzheitlichen Entwicklungskonzepten vernetzter, effizienter und sozial inklusiver zu gestalten. Soziale Inklusion ist dann verwirklicht, wenn jeder Mensch in seiner Individualität von der Gesellschaft akzeptiert wird. Gerade Cyber-Physische Systeme spielen in verschiedenen Lebensbereichen wie der Energieversorgung, bei Verwaltungsgängen, der Mobilität, aber auch bei der Gestaltung der Freizeit eine zentrale Rolle. Im Kontext der InnovationCity Ruhr | Modellstadt Bottrop wurde bereits eine Vielzahl prozessorientierter Projekte mit überregionaler Strahlkraft angestoßen, die auf einen nachhaltigen Stadtumbau bei gleichzeitiger Sicherung des Industriestandorts abzielen.

Renommierete Forschung zur Industrie 4.0

Was die Metropole Ruhr zudem von vielen anderen Standorten unterscheidet, ist eine besonders hohe Dichte an Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen mit Schwerpunkten im Bereich der Industrie 4.0. Auf diese regionale Stärke wurde von fast allen Experten hingewiesen. Genannt seien beispielsweise das Fraunhofer-Institut für

Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, das Horst Götz Institut für IT-Sicherheit an der Ruhr-Universität Bochum oder paluno – The Ruhr Institute for Software Technology an der Universität Duisburg-Essen.

Stärkere Vernetzung von 4.0-Kompetenzen

Vor allem kleinere und mittlere Unternehmen könnten von einem verstärkten Wissensaustausch der verschiedenen wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Kompetenzträger in der Metropole Ruhr zum Thema Industrie 4.0 profitieren, gerade wenn es um Digitalisierung und Neuausrichtung ihrer Wertschöpfungsprozesse geht. Diese Vernetzung könnte nach Ansicht der Experten weiter ausgebaut werden. Als große Chance sehen sie in diesem Zusammenhang den CPS. HUB NRW. Die Plattform bündelt auf Landesebene die Kompetenzen und das Wissen aller Disziplinen, die zur Entwicklung von Cyber-Physischen Systemen beitragen, sowie aller Branchen, die solche Technologien einsetzen. Auch die Etablierung eines von bundesweit fünf Kompetenzzentren Mittelstand 4.0 unter federführender Beteiligung des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund und des EffizienzClusters LogistikRuhr wird einen wichtigen Beitrag zur verstärkten Vernetzung der regionalen Unternehmen leisten.

„Die Rückkehr der Produktion“



Dieter Läßle ist Professor für internationale Stadtforschung an der HafenCity Universität Hamburg. Er ist Mitglied in verschiedenen internationalen Forschungsgruppen wie dem „Urban Age“-Programm der London School of Economics oder dem „NesTown Project“ in Äthiopien, die an der Entwicklung einer Modellstadt arbeiten. Eines seiner zentralen Themen im Bereich der Stadtökonomie ist die Frage nach der Rückkehr der Produktion in die Stadt.

Die modernen Städte waren lange Zeit privilegierte Orte industrieller Produktion. Dies war das historische Resultat der gegenseitigen Durchdringung und Verstärkung von Industrialisierung und Verstädterung, den beiden dominanten Tendenzen der Moderne. Das Ruhrgebiet steht beispielgebend für diesen Industrialisierungsprozess, aber auch für den blockierten Strukturwandel, der den Weg aus den altindustriellen Strukturen so schwer gemacht hat. Dabei hat sich das Ruhrgebiet als ein Reallabor für Modernisierungsprozesse in altindustriellen Regionen erwiesen – mit bemerkenswerten Erfolgen, aber auch mit der Lernerfahrung, dass der Wandel vielfach seine Zeit braucht und keineswegs immer zu schnellen Erfolgen führt.

Das Ruhrgebiet ist auch ein gutes Beispiel dafür, dass die Produktion nie ganz aus dem städtischen Kontext abgekoppelt wurde. Das deutsche Produktionsmodell kommt stark aus der handwerklichen Tradition heraus, hat sich erst spät verwissenschaftlicht und hat als wichtigen Transmissionsriemen immer den Facharbeiter gehabt. Man hat die Dequalifizierung nie zu weit vorangetrieben und damit die Voraussetzungen für die Entwicklung von innovativen An-

sätzen industrieller Produktion erhalten. Wir haben heute die historische Chance, Produktion wieder zurück in die Stadt zu bringen. Benannt seien nur ein paar Stichworte: die Notwendigkeit, eine postfossile Ökonomie aufzubauen, die Möglichkeiten, die sich durch die Digitalisierung der Produktion und die neuen Produktionsverfahren wie 3D-Drucker oder Laserschneidung ergeben. All dies könnte Entwicklungskorridore für urbane Manufakturen und neue Formen der städtischen Industrie eröffnen.

Aber gleichzeitig fehlt uns vielfach das Bewusstsein, wie wir die neuen Chancen eines Urban Manufacturing für eine Verbreiterung der ökonomischen Basis in den Stadtregionen nutzen könnten. In unserer Online-Gesellschaft scheint die Materialität der Dinge an Bedeutung – vor allem aber an Beachtung – zu verlieren. Unsere Städte werden unter dem Einfluss postindustrieller Stadtvorstellungen immer mehr reduziert auf Orte des monofunktionalen Wohnens, des Konsums und auf Standorte hochwertiger Dienstleistungen.

In Zukunft muss es vor allem darum gehen, die Integrationskraft des städtischen Arbeitsmarkts so zu stärken, dass er den Menschen Arbeit, Lohn und Qualifikations- sowie Aufstiegsmöglichkeiten bietet. Wir brauchen dringend eine Differenzierung der städtischen Ökonomie. Auf mittlere Sicht eröffnen die sich aktuell herausbildenden Formen urbaner Manufakturen neue Perspektiven. Dazu bedarf es relativ hoher Qualifikationen bzw. Kompetenzen, weshalb es auch im Ruhrgebiet darum gehen muss, sich noch stärker zu einer lernenden Region weiterzuentwickeln.

Die Herausforderungen für die Metropole Ruhr

Für viele Unternehmen gestaltet sich der Wandel hin zur Industrie 4.0 zwar als evolutionärer Prozess. Aber gerade kleinen und mittleren Unternehmen in der Metropole Ruhr fehlen oftmals die finanziellen, konzeptionellen und personellen Ressourcen, um umfassende Investitionen in die Digitalisierung ihrer Wertschöpfungsprozesse anzustoßen. Denn in der Regel sind solche Investitionen, etwa durch die Einbindung Cyber-Physischer Systeme in die Produktion, für das investierende Unternehmen mit sehr hohen Aufwendungen verbunden. Daher sollten Unternehmen klären, inwieweit horizontale Kooperationen ihnen dabei helfen, die Einführungskosten für digitale Technologien zu senken.

Auswahl geeigneter Systeme

Darüber hinaus fehlt es vielen Unternehmen in der Metropole Ruhr an Know-how, um zu entscheiden, welche der neuen Systeme und Anwendungen für die Reorganisation der eigenen Wertschöpfungsprozesse am besten geeignet sind. Vor allem kleinere Firmen aus Leitmärkten, die bisher nur wenige Berührungspunkte mit dem IKT-Sektor hatten, sind auf neutrale Informationen hinsichtlich der technologischen Grundlagen, Einsatzfelder und Potenziale von Innovationen im Kontext der Industrie 4.0 angewiesen. Insgesamt besteht jedoch ein breiter Konsens, dass sich die Unternehmen des Ruhrgebiets auf den digitalen Wandel einstellen müssen, um am Markt langfristig bestehen zu können.

Firmen zweifeln an Sicherheitsarchitektur

Zudem sind einige Unternehmen noch skeptisch, ob die Sicherheitsarchitektur der im Kontext der Industrie 4.0 neu zu etablierenden IT-Systeme ausgereift ist, um Angriffe zuverlässig abzuwehren und sensible Produktionsdaten schützen zu können. Schließlich ist eine verstärkte Vernetzung und Automatisierung der Produktion immer auch mit Steuerungsverlusten für das einzelne Unternehmen verbunden. Gerade wegen dieser Vorbehalte und Unsicherheiten lassen sich viele Unternehmen der Metropole Ruhr nur zögerlich auf die neuen Herausforderungen des digitalen Wandels ein.

Zögerliche Einführung neuer Technologien

Vor allem in weniger technologieintensiven Segmenten ist der Anpassungsdruck derzeit noch zu gering und die Potenziale der neuen Technologien sind zu ungewiss, um etablierte Produktionsmodelle zu modifizieren. Dies könnte dann zu einem Problem werden, wenn sich die Einschät-

zung vieler Experten bestätigen sollte, dass der Einsatz der neuen Technologien einen exponentiellen Verlauf nehmen und sich über alle Wirtschaftssegmente ausbreiten wird, sobald ein kritischer Punkt in den Anwenderraten erreicht worden ist. Unternehmen, die zu spät auf diese Veränderungen reagieren, könnten sich mit erheblichen Entwicklungshemmnissen konfrontiert sehen. In den IKT-Unternehmen sowie im Bereich des Maschinenbaus und der Produktionstechnik ist der digitale Wandel dagegen schon sehr weit fortgeschritten. Auch in technologieintensiven Segmenten der Logistik- und Energiewirtschaft wurden bereits umfassende Investitionen in die Digitalisierung und Vernetzung bestehender Wertschöpfungsketten angestoßen.

Mangel an Systemstandards, hochmoderner Infrastruktur und Fachkräften

Unternehmen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnologie nutzen zum Teil verschiedene Programmiersprachen, die sich nicht ohne Weiteres in ein gemeinsames System integrieren lassen. Durch die Inkompatibilität gehen letztendlich Daten verloren, die zur Optimierung von Prozessabläufen genutzt werden könnten. Daher müssen gemeinsame Standards geschaffen werden und die Systemkompatibilität muss erhöht werden, um eine vollständige digitale Vernetzung von Wertschöpfungsketten ermöglichen zu können. Nach Einschätzung der Experten liegen die Kompetenzen zur Integration verschiedener Programmiersprachen vor allem bei US-amerikanischen IT-Unternehmen.

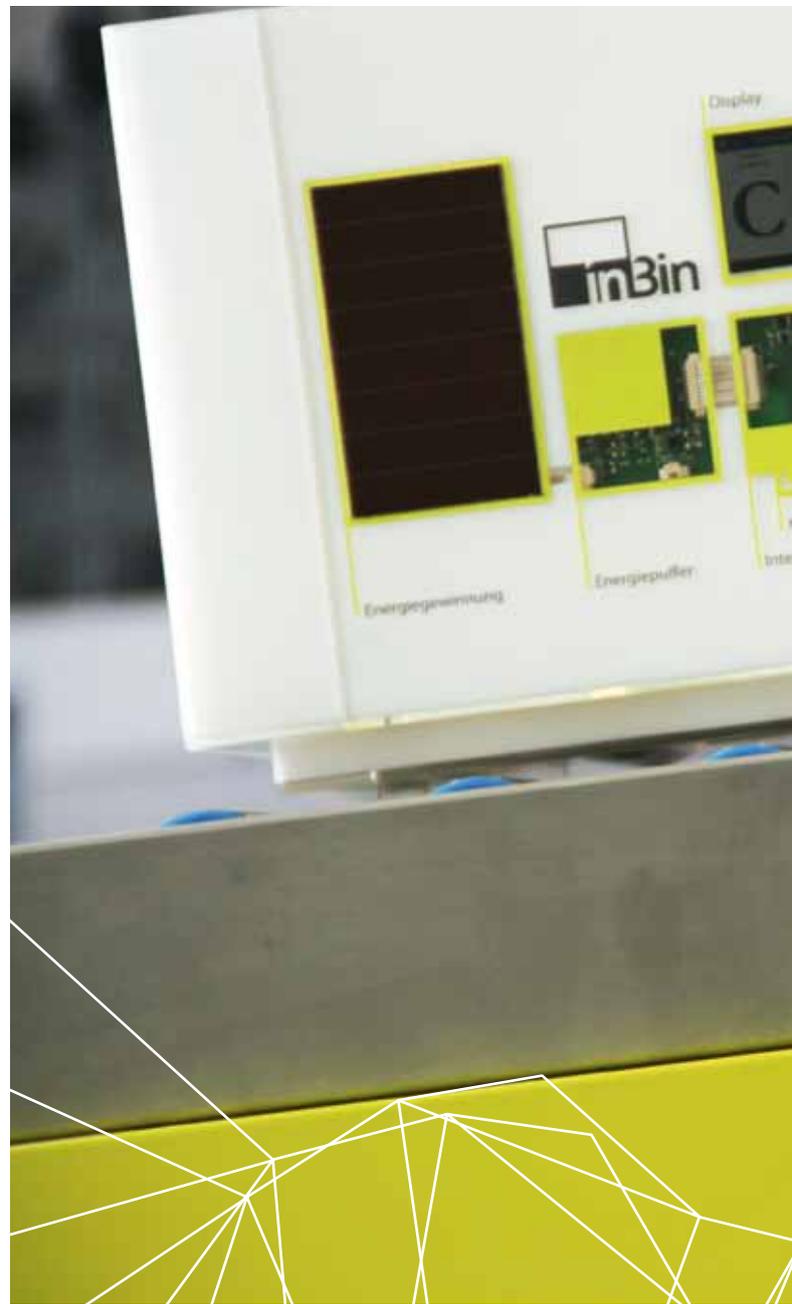
Ein weiteres Hemmnis im Ruhrgebiet, vor allem in den Randgebieten, sind nach wie vor zu geringe Datenübertragungsraten für Industrie-4-0-Lösungen, trotz eines verstärkten Breitbandausbaus in den vergangenen Jahren. Zunehmend schwieriger gestaltet sich in der Metropole Ruhr auch die Suche nach hochqualifizierten Fachkräften. Ihr Know-how ist vor allem bei der Einführung und Steuerung neuer technologischer Systeme gefragt. Einige Unternehmen sind deshalb bereits dazu übergegangen, bestimmte Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im IT-Bereich auf andere Unternehmensstandorte in den USA oder Asien zu übertragen.

Industrie 4.0 und Intelligente Spezialisierung

Die Metropolregion Ruhr verfolgt im Rahmen der Smart-Spezialisierungs-Strategie, die auf dem EU-Konzept zur Förderung regionalspezifischer Entwicklungspotenziale bis 2020 basiert, einen Bottom-up-Ansatz. Aus der Region heraus sollen gemeinsam mit den regionalen Akteuren innovative Lösungen für die nachhaltige Entwicklung der Metropolregion Ruhr gefunden werden. Gefragt ist dabei die Politik ebenso wie die Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Gute Ansatzpunkte für die Verankerung der Strategie der intelligenten Spezialisierung stellen die Leitmärkte der Metropolregion Ruhr als regionalspezifisches Branchenportfolio dar. Neben den individuellen Stärken der Metropolregion Ruhr, etwa im Bereich Gesundheit oder Digitale Kommunikation, zeigen die Leitmärkte darüber hinaus auch die Entwicklungspotenziale für die Region auf. Mit Leitmärkten wie Urbanes Bauen & Wohnen oder Ressourceneffizienz gibt der Leitmarktansatz eine gute Orientierung, in welche Richtung sich die Metropolregion Ruhr zur Erreichung eines intelligenten, nachhaltigen und integrativen Wachstums entwickeln könnte. Wesentliche Voraussetzung für diese Entwicklung sind dabei sowohl technologische als auch soziale Innovationen. Gerade die Industrie 4.0 besitzt ein großes Potenzial zur Generierung intelligenter Innovationen.

Interaktion und Wissenstransfer zwischen Branchen

Eine Vielzahl empirischer Studien deutet darauf hin, dass Regionen vor allem dann erfolgreich sind, wenn sich Kompetenzfelder überlappen und ein funktionierender Austausch besteht. Denn eine branchenübergreifende Interaktion beschleunigt den Transfer von Wissen und die Erarbeitung neuer, zielgerichteter Problemlösungen (van Oort et al. 2014; Boschma et al. 2012; Mameli et al. 2012). Gerade die Digitalisierung und Vernetzung vollzieht sich branchenübergreifend und befördert eine engere Interaktion der beteiligten Akteure. Damit schafft die Industrie 4.0 die Voraussetzungen für leitmarktübergreifende Kooperationsstrukturen und durchlässige Schnittstellen. Die Metropolregion Ruhr ist hier bereits auf einem guten Weg. Zudem fördert etwa der CPS.HUB NRW den Austausch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sowie Politik und Gesellschaft und entwickelt in interdisziplinären Arbeitsgruppen Lösungen für die zentralen technologischen Herausforderungen.



Vor allem tragen die Entwickler und Anbieter von Industrie-4.0-Lösungen zu einer Verschmelzung und damit zu einer verbesserten Abstimmung zwischen technologisch verwandten Wirtschaftsakteuren der verschiedenen Leitmärkte in der Metropolregion Ruhr bei. Denn in der Regel adressieren diese technologieintensiven Unternehmen ihre Produkte an verschiedene Branchen. Als Beispiel kann etwa ein Sensorik-Anbieter herangezogen werden, der durch Smart Meter die Verbindung zwischen den Akteuren der Leitmärkte Ressourceneffizienz und Urbanes Bauen & Wohnen schafft. Diesem Verständnis folgend existieren noch vielfältige andere Beispiele. Ein besonderer Fokus wird im folgenden Kapitel auf den industriellen Kern und die Logistik gelegt. Hier zeigt sich: Industrie-4.0-Lösungen in der Logistik fördern die Interaktion zwischen Industrie, Mobilität bzw. Logistik sowie anderen Branchen wie etwa der Gesundheitswirtschaft.

Zudem haben innovative mittelständische IT-Dienstleistungsunternehmen und technologieintensive Produkti-



Das Management von Arbeitsprozessen wird durch Assistenzsysteme effektiver (Foto: Fraunhofer IML).

onsbetriebe (Hidden Innovators) eine wichtige Funktion als Intermediäre für eine diverse Industrie- und Dienstleistungswirtschaft (Som et al. 2013; Hirsch-Kreinsen 2012). Als Wissensknoten zwischen den unterschiedlichen Industriebranchen tragen sie zum Wissenstransfer bei und forcieren die Entstehung von Innovationen (Brandt et al. 2008: 96). Gerade sie übernehmen in der Metropole Ruhr bei der Umsetzung der Bottom-up-Strategie zur Beförderung intelligenter Innovationen eine wichtige Rolle. Sie sorgen nicht nur für die Verbreitung von Industrie-4.0-Lösungen, sie gestalten zudem auch die digitale Transformation in der Metropole Ruhr entscheidend mit und bilden das Rückgrat der Innovationssysteme in der Region. Exemplarisch können an dieser Stelle Unternehmen wie die BCT Steuerungs- und DV-Systeme GmbH aus Dortmund, die Daa Delta Technik GmbH aus Duisburg, die escript GmbH Embedded Security aus Bochum oder aber die QASS GmbH aus Wetter an der Ruhr angeführt werden. Daneben gibt es noch viele weitere kleine und mittelständische Unternehmen in der Region, die maß-

geblich zur Integration neuer Technologien und Anregung des Wissensaustauschs beitragen.

Industrie 4.0: Hot Spots in der Metropole Ruhr

Auf diese regional verfügbaren Potenziale und Strukturen sollte der Bottom-up-Ansatz der Metropole Ruhr aufbauen. Vor allem am Standort Dortmund konzentrieren sich vielfältige Aktivitäten im Bereich Industrie 4.0. Das dortige Fraunhofer IML und die Technische Universität Dortmund verfügen über langjährige Expertise auf dem Feld Cyber-Physischer Systeme. Die wissenschaftlichen Einrichtungen kooperieren sehr intensiv mit weiteren Forschungseinrichtungen und der regionalen Wirtschaft. Mit dem neuen, u. a. am Fraunhofer IML angesiedelten Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0 ist Dortmund der Mittelpunkt auf der Achse zwischen Aachen und Ostwestfalen-Lippe, die als ebenfalls bedeutsame Industrie-4.0-Standorte in NRW überregional bekannt sind. Ziel des Kompetenzzentrums ist es, Industrie-4.0-Lösungen für den Mittelstand nutzbar zu machen. Die Aktivitäten am

Standort Dortmund sind insbesondere für den Industriellen Kern und die Unternehmerischen Dienste, aber auch für die Leitmärkte Digitale Kommunikation, Mobilität und Nachhaltiger Konsum von übergeordneter Relevanz.

Ein weiterer Schwerpunkt der anwendungsorientierten Industrie-4.0-Forschung befindet sich an der Universität Duisburg-Essen. Darauf weist nicht nur der neu gegründete Studiengang für Embedded Systems in der Abteilung für Informatik und Angewandte Kognitionswissenschaft der Universität hin. Mit dem Energie-Campus Ruhr erhält die Stadt Essen zudem im Jahr 2016 eine weitere innovative Technologietransfer-Plattform. Dort soll vor allem die Umwandlung von Prozessgasen aus der Stahlherstellung erforscht werden, um den schädlichen CO₂-Ausstoß deutlich zu reduzieren. Experten des Max-Planck-Instituts und der Fraunhofer-Gesellschaft werden am Campus eng zusammenarbeiten. Das Energie-Zentrum ergänzt die regionale Unternehmenslandschaft, die durch Konzerne wie E.ON, RWE, thyssenkrupp oder Evonik geprägt ist. Intelligente Industrie-4.0-Lösungen spielen in diesem Forschungsbe- reich eine entscheidende Rolle, wie das Interview mit der Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH auf Seite 46 anschaulich belegt. Für den Leitmarkt Ressourceneffizienz, aber auch für den Leitmarkt Urbanes Bauen & Wohnen könnten die am Energie-Campus entstehenden Aktivitäten wichtige Innovationstreiber werden.

Neben den genannten existieren beispielsweise mit dem Zentrum für Logistik und Verkehr (ZLV) der Universität Duisburg-Essen, dem Horst Görtz Institut an der Ruhr-Universität Bochum oder auch dem EffizienzCluster LogistikRuhr in Mülheim an der Ruhr und Dortmund weitere wichtige Anknüpfungspunkte für die Entwicklung regionaler Initiativen im Kontext der Industrie 4.0. Mit seiner technologisch fundierten Leitlinie „Effizienz durch Automatisierung“ hat das EffizienzCluster (s. auch Seite 61) das Thema Industrie 4.0 in das Zentrum seiner Forschungs- und Innovationsprojekte gestellt und adressiert die Fragestellungen einer intelligenten und vernetzten Logistik. Durch eine gezielte Stärkung und Vernetzung dieser Strukturen kann die Metropole Ruhr entscheidende Schritte auf dem Weg zu einer intelligenten, nachhaltigen und integrativen Wirtschaft zurücklegen.



Fazit

Die Metropole Ruhr hat als industriell vorgeprägte Region prinzipiell gute Voraussetzungen für die Entwicklung und Anwendung innovativer Produkte und Dienstleistungen in der Welt der Industrie 4.0. Gründe hierfür sind die hohe Dichte an Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen und die dynamische Entwicklung von Unternehmen aus dem IKT-Bereich in den zurückliegenden Jahren. Demografische Besonderheiten, insbesondere die hohe Siedlungsdichte, machen das Ruhrgebiet zu einem spannenden Versuchsfeld für die Erprobung von Smart-City-Lösungen. Gleichwohl fällt es vielen industriellen Akteuren aus der Metropole Ruhr immer noch schwer, die Welt der Industrie 4.0 für sich zu erschließen. Unternehmen, die sich den Entwicklungen verweigern, riskieren, in wenigen Jahren vom Markt



Mit multidisziplinären Technologien in den eigenen Reinräumen setzt die iX-factory GmbH aus Dortmund fachspezifische Ideen um und unterstützt Unternehmen mit der Entwicklung und Fertigung individueller Mikrochips (Foto: Rupert Oberhäuser).

zu verschwinden. Aufhalten lässt sich der Wandel hin zur Industrie 4.0 nicht mehr. Die frühzeitige Modernisierung der eigenen Produktionsverfahren und Organisationssysteme bietet hingegen die Möglichkeit, den digitalen Wandel proaktiv mitzugestalten.

Mittelstand treibt digitalen Wandel voran

Als Entwickler und Anbieter von Industrie-4.0-Lösungen fungieren vor allem Unternehmen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnologie. Außer durch große Unternehmen wie thyssenkrupp wird die Unternehmenslandschaft vor allem durch mittelständische Branchenspezialisten geprägt. Hierzu zählt etwa die ifm-Unternehmensgruppe mit Hauptsitz in Essen. Als Anwender von Industrie-4.0-Lösungen kommen Unternehmen aus allen Wirtschaftssegmenten in Betracht – im Duisbur-

ger Hafen ebenso wie in regionalen Krankenhäusern oder im Handel. Durch den digitalen Wandel werden die Grenzen zwischen Industrie und Dienstleistungssektor fließender. Denn die Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen erfolgt in vielen Fällen branchenübergreifend und bewirkt eine engere Verzahnung der miteinander interagierenden Akteure. Häufig sind es Unternehmen aus dem Industriellen Kern, von denen im Kontext der Industrie 4.0 Impulse zur Verbreitung technologischer Innovationen in angrenzenden Leitmärkten ausgehen. Die Industrie 4.0 leistet folglich einen Beitrag zur Entstehung von Innovationen in den spezifischen Kompetenzbereichen der Metropole Ruhr (intelligente Spezialisierung).

Chancen und Herausforderungen

Die Einführung digitaler Technologien bietet für die Unternehmen der Region eine Reihe von Vorteilen: Sie optimieren die Wertschöpfungsprozesse, reduzieren Produktionskosten und forcieren die Entstehung neuer Geschäftsmodelle sowie die Individualisierung von Produkten. Zur Reorganisation der Wertschöpfungsketten tragen vor allem Cyber-Physische Systeme bei. Sie sind die zentralen technologischen Treiber der Industrie 4.0. Weitere Technologien sind Cloud-Lösungen, additive Fertigungsverfahren oder neue Materialien. Wann und ob der individuelle Turnschuh tatsächlich vor Ort im 3D-Drucker hergestellt werden kann, ist noch unklar. Sicher ist jedoch, dass der Weg in diese Richtung noch einige Überraschungen bereithält und bedeutsame Veränderungen mit sich bringt.

Allerdings sind auch Risiken mit einer verstärkten Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen verbunden. Die neuen Systeme führen zu einem Autonomieverlust über die eigenen Produktionsabläufe und liefern Ansatzpunkte für digitale Angriffe. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass nur solche Produktionsdaten übermittelt werden, die für die jeweilige Transaktion bestimmt sind. Die Experten des Fraunhofer IML, aber auch das Horst Görtz Institut sind bereits mit der Entwicklung solcher Lösungen befasst. Als Hemmnisse für die Nutzung von Industrie-4.0-Lösungen lassen sich vor allem die hohen Investitionskosten, Bedenken im Bereich der Datensicherheit sowie fehlende technische Standards und Systeminkompatibilitäten identifizieren. Bei der Reorganisation und Automatisierung ihrer Wertschöpfungsprozesse sind die Unternehmen der Metropole Ruhr auf eine hochmoderne IT-Infrastruktur sowie die Verfügbarkeit hochqualifizierter Fachkräfte angewiesen.

INDUSTRIELLER KERN UND LOGISTIK: DIE WEGBEREITER DER INDUSTRIE 4.0



Die Duisburger Hafen AG zählt zu den wichtigsten Repräsentanten der Logistik in der Metropole Ruhr (Foto: Rupert Oberhäuser).



Schon heute haben Produktionswirtschaft, insbesondere der Maschinenbau und die Elektrotechnik sowie die Logistikbranche, eine starke Affinität zur Industrie 4.0 (Plattform Industrie 4.0 2015). In der Metropole Ruhr tragen beide Sektoren zudem wesentlich zur Entwicklung der regionalen Wirtschaft bei und beschäftigen überdurchschnittlich viele Arbeitnehmer. Darüber hinaus spielen ihre Unternehmen und die ihnen thematisch verbundenen Wissenschaftseinrichtungen eine führende Rolle bei der Entwicklung neuer Technologien und der Erforschung neuer Anwendungsfelder – national wie auch international.

>>

Der Industrielle Kern in der Metropole Ruhr

Die wirtschaftliche Dynamik der Metropole Ruhr ist seit Jahrzehnten eng verknüpft mit Entwicklungen der industriellen Basis. Dazu gehören große Industrieunternehmen wie thyssenkrupp, aber auch viele kleinere Unternehmen, vor allem aus den Bereichen Maschinenbau und Produktionstechnik. Neue Schwerpunkte sind in den Bereichen Werkstoffe und industrielle Prozesse sowie der Grundstoff- und Spezialchemie entstanden. Zudem hat sich ein dynamischer Kern an mittelständischen Betrieben gebildet, die in ihren jeweiligen Marktsegmenten zu den internationalen Technologieführern zählen. Sie integrieren neueste Erkenntnisse in ihre Angebote und tragen so wesentlich zur branchenübergreifenden Diffusion von Produkt- und Prozessinnovationen und damit zur regionalen Innovationskraft bei.

Dem Industriellen Kern und den Unternehmerischen Diensten sind in der Metropole Ruhr nach wie vor die größten Beschäftigungsanteile (18,7 %) zuzuschreiben. Regionale Schwerpunkte bilden die Städte Duisburg, Mülheim an der Ruhr und Hagen sowie der Ennepe-Ruhr-Kreis. Grundstoffproduzenten wie die Chemie- und Kunststoffindustrie, die Eisen- und Stahlindustrie sowie die Metallverarbeitung sind der Kategorie Werkstoffe und Materialien zuzuordnen, die rund 105.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte umfasst (–2,6 % gegenüber dem Vorjahr). In der Kategorie Maschinen und Prozesse sind rund 43.000 Personen in Bereichen wie dem Maschinenbau oder in Unternehmen der Mess- und Regeltechnik angestellt (+3,1 %). Der Bereich unternehmensnahe Dienstleistungen umfasst schließlich Patentanwaltskanzleien, Ingenieurbüros für technische Fachplanungen oder Steuerberatungsdienstleistungen. In diesem Teilsegment sind etwa 156.000 Personen sozialversicherungspflichtig beschäftigt (+4,4 %).

Trends der industriellen Entwicklung

Die Nachfrage nach industriellen Produkten wird vor allem außerhalb Europas steigen. Trotz derzeitiger Turbulenzen an der chinesischen Börse ist insbesondere im asiatischen Raum mit erhöhten Absatzzahlen zu rechnen. Auch in anderen Schwellenländern, etwa in Süd- und Mittelamerika, ergeben sich aufgrund einer dynamischen wirtschaftlichen Entwicklung enorme Wachstumspotenziale (Vöpel

Industrielle Produktion im Wandel

Lange galten die traditionellen Industriebranchen als die Sorgenkinder des Ruhrgebiets. Von staatlicher Innovationsförderung wurden sie kaum bedacht. Doch spätestens seit der jüngsten globalen Finanz- und Wirtschaftskrise gibt es eine gewisse Rückbesinnung auf die industrielle Produktion. Die Revitalisierung der industriellen Fertigung wird dabei wieder stärker als Grundlage für Wohlstand und Wachstum wahrgenommen. Eine zentrale Rolle spielen die klassischen industriellen Bereiche auch beim Wandel hin zur Industrie 4.0. So wird dem Maschinen- und Anlagenbau, inklusive der Energietechnik, in einem aktuellen Branchenvergleich das mit Abstand größte Wertschöpfungspotenzial bei dieser Entwicklung zugeschrieben (BDI / Roland Berger 2015: 42). Dies hat vor allem zwei Gründe: Zum einen beschreibt die Industrie 4.0 die Fortsetzung der Automatisierung mit digitalen Mitteln. Als Entwickler und Anbieter technischer Anlagen tragen Unternehmen aus diesem Bereich deshalb in erheblichem Maße zur Verbreitung der neuen Technologien bei. Zum anderen können gerade im produzierenden Gewerbe durch Industrie-4.0-Lösungen erhebliche Effizienzgewinne erzielt werden. Industrieunternehmen fungieren daher zugleich als Anbieter und Nachfrager von Innovationen im Bereich der Industrie 4.0.

Das spezifische Kompetenzprofil und die industrielle Tradition der Metropole Ruhr schaffen daher eine gute Ausgangslage für Innovationen im Bereich der Industrie 4.0. Und weil Industrieunternehmen eng mit angrenzenden Leitmärkten verzahnt sind, tragen sie wesentlich zur regionalen Verbreitung neuer Technologien und Systeme bei.

und Uehlecke 2009: 6). Industrieunternehmen stehen daher vor der Herausforderung, ihre Produktions- und Logistiksysteme entsprechend auszurichten. Vor allem durch Innovationen im Bereich der additiven Verfahren entstehen neue Möglichkeiten zur dezentralen Fertigung bestimmter Produktionselemente und Verschleißteile.

Individualisierung, Kooperationen und neue Geschäftsfelder

Viele Industrieunternehmen haben, um profitabel zu bleiben, eine stärkere Modularisierung ihrer Produktion eingeleitet. Denn individualisierte Fertigungsverfahren bis hin zur Losgröße 1 gewinnen immer mehr an Bedeutung und steigern die Aufgabenkomplexität. Neben einer weiteren Internationalisierung der Industrie steckt dahinter vor allem ein zunehmender Bedarf an kundenspezifischen Systemlösungen. Auch strengere Umweltauflagen tragen in vielen Ländern zu effizienteren und verbesserten Produktionsverfahren bei. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen kooperieren Industrieunternehmen daher verstärkt mit Forschungseinrichtungen und anderen Unternehmen,

insbesondere aus dem IT-Bereich. Zudem bauen viele industrielle Unternehmen ihre Angebote im Aftersales- und Servicegeschäft weiter aus. Aus der verstärkten Integration von Produktion und Dienstleistung ergeben sich darüber hinaus neue Einsatzbereiche für Technologien zur Ferndiagnose und -wartung (BMBF 2011).

Unternehmen verlagern Forschung ins Ausland

Speziell in Deutschland sind aufgrund des demografischen Wandels in vielen technischen Bereichen Fachkräftengpässe zu befürchten (Manpower Group 2015; Bundesagentur für Arbeit 2011). Die Folge: Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten könnten künftig verstärkt auf ausländische Standorte verlagert werden.



Auch die Lebensmittelindustrie setzt zunehmend auf automatisierte Abläufe (Foto: Rupert Oberhäuser).

Veränderungen und Innovationen durch Industrie 4.0

Vielen der sich abzeichnenden Trends und Herausforderungen im Bereich des Industriellen Kerns kann durch den Einsatz technologischer Innovationen begegnet werden. Die entsprechenden Technologien existieren zum großen Teil bereits heute in der weit entwickelten Automatisierungstechnik für Produktionsanlagen. Für die meisten industriellen Betriebe in der Metropole Ruhr stellt sich die Industrie 4.0 allerdings als evolutionärer Prozess dar: Einzelne Technologien werden situativ als Insellösungen in die eigenen Produktionsabläufe integriert und Schritt für Schritt mit weiteren Systemkomponenten vernetzt. Auch wenn einige Unternehmen in ihren Wertschöpfungsprozessen mittlerweile einen sehr hohen Digitalisierungsgrad aufweisen, ist die vollständig automatisierte und vernetzte Smart Factory auch im Ruhrgebiet aktuell noch eine Zukunftsvision. Gleiches gilt für die Markteinführung von selbst entwickelten Industrie-4.0-Lösungen. In der Regel werden die etablierten Produkte und Services eines Unternehmens durch einzelne disruptive Innovationen ergänzt. Erst wenn sich diese als marktreif erwiesen haben, werden weitere Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten im Bereich der Industrie 4.0 angestoßen.

Umbrüche in der Produktentwicklung

Digitale Hilfsmittel unterstützen die Produktentwicklung in der Industrie schon seit den 1980er Jahren. Zuerst begrenzt auf die Übernahme einfacher Funktionalitäten, setzt die Industrie heute neue Technologien und Werkzeuge über den gesamten Prozess der Produktentwicklung hinweg ein.

Einzelne Arbeitsprozesse werden dabei verstärkt digitalisiert und vernetzt. Beispiele dafür sind Simulationen sowie hybride Test- und Versuchsläufe oder digitale Prototypen. Rechnerbasierte Modelle reduzieren den oft zeit- und kostenaufwendigen Bau von realen Prototypen. Neu hinzugekommen sind in den vergangenen Jahren vermehrt Hilfsmittel, die Projektbeteiligte international vernetzen und die Zusammenarbeit verbessern. Zunehmend wird der hohe Grad der Digitalisierung in der Produktentwicklung auf nachfolgende Unternehmensprozesse übertragen, um diese stärker zu verknüpfen. Hintergrund sind immer kürzere Entwicklungszyklen.

Der vereinfachte, schnelle und zuverlässige Datenaustausch entlang der Wertschöpfungskette wird daher als eines der wesentlichen Potenziale der Industrie 4.0 angesehen. Die Vorteile sind: parallele Entwicklungstätigkeiten, echtzeitnahe Interaktion und globale Zusammenarbeit auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Dokumentationen werden vereinfacht, Entscheidungen lassen sich besser nachvollziehen und Ressourcen einsparen, etwa durch den Einsatz von virtuellem Prototyping. Zudem kann die Arbeitstätigkeit vom Ort der physischen Leistungserbringung entkoppelt werden. Die zentralen Barrieren in diesem Prozess sind gegenwärtig noch der notwendige Investitionsaufwand, Schwierigkeiten der Datenintegration in die einzelnen IT-Systeme, Datensicherheit, Know-how-Schutz einzelner Partner (Rechtmanagement) sowie neue Koordinationsanforderungen im Kontext verteilter Arbeit (vgl. Bauer und Schlund 2015: 61).

Die KHS GmbH

Die KHS GmbH hat schon heute virtuelle Arbeitsschritte in ihre Produktentwicklung integriert. Das Unternehmen mit Sitz in Dortmund entwickelt für seine Kunden ein breites Spektrum an Abfüll- und Verpackungsanlagen und stellt auch den dazugehörigen Service zur Verfügung. Die mehrere Meter großen Maschinen müssen sich passgenau in bestehende Fabrikgebäude und schon vorhandene Anlagen einfügen. Durch vorgelagerte, virtuelle Produktionsschritte spart KHS eine zeitaufwendige nachträgliche Anpassung. Dafür werden die Produktionsräume des Kunden zunächst mithilfe eines Laserscanners in all ihren Details digitalisiert. Die neue Anlage wird dann zunächst am Computer entworfen und in die virtuelle Fabrik eingefügt. Mithilfe einer „Powerwall“, die mit einer speziellen Brille betrachtet wird, kann der Kunde seine neu zu entwickelnden maschinellen Anlagen in 3D begehen. Dies ermöglicht es ihm, frühzeitig Änderungswünsche in den Produktplanungsprozess einzubringen. Auf diese Weise können Produkte optimal an die Kundenwünsche angepasst werden, was gleichzeitig eine kosten- und zeitintensive Nachjustierung einspart.



Veränderte Produktionsplanung und -steuerung

Gerade die Herstellung individualisierter Produkte erfordert eine effiziente Planung und Steuerung. Denn die Komplexität bei der Produkterstellung nimmt zu, die Lieferzeiten müssen möglichst kurzfristig sein, gleichzeitig soll die Produktkonformität bewahrt bleiben. Der Einsatz neuer Technologien innerhalb des Produktionsprozesses sorgt dabei für vielfältige Erleichterungen und Vorteile: Durch die Erhebung und echtzeitnahe Kontrolle von Zustands- und Positionsdaten einzelner Objekte, etwa durch den Einsatz von RFID-Chips, lassen sich Produktionsprozesse einfacher koordinieren – sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg. Darüber hinaus ergeben sich Produktivitätspotenziale und ein reduzierter Steuerungsaufwand durch den Einsatz mobiler Roboterseinheiten, fahrerloser Transportmittel sowie physischer Assistenzsysteme und Fähigkeitsverstärker (z. B. durch Datenbrillen) in der Produktion. Zu weiteren Effizienzgewinnen führen die stärkere Vernetzung, die vereinfachte Interaktion zwischen den beteiligten Planungsebenen sowie Selbstkonfiguration und Selbstdiagnose der Produktionseinheiten.

Neue Kompetenzprofile entstehen

Die Experten aus den Unternehmen der Metropole Ruhr prognostizieren zudem große Produktivitätsgewinne durch eine Reorganisation der Produktionsplanung und -steuerung. Gleichzeitig resultierten aus der zunehmenden Vernetzung auch Herausforderungen für Organisationen. Sie müssen zum einem mit der vermehrten Parallelisierung der Prozesse umgehen lernen, aber auch ihre Entwicklung auf die Vernetzung und Flexibilität der Produktionseinheiten ausrichten. Hier entsteht erheblicher Handlungsbedarf. Gestaltet werden muss etwa der Übergang in eine stärker digitalisierte Arbeitswelt. Denn es ist zu erwarten, dass die Interpretation stark aggregierter und aufbereiteter Steuerungsinformationen neue Aufgaben und Tätigkeiten hervorbringt. Neben Kenntnissen der zugrunde liegenden Technologien müssen Beschäftigte künftig auch das Wissen haben, wie sich ungeplante Ereignisse auf das Gesamtsystem der Leistungserbringung auswirken. Diese Form der Steuerung und Überwachung erfordert neue Kompetenzprofile, die genau darauf ausgerichtet sind (Bauer und Schlund 2015: 65).

Die Turck-Gruppe

Die Turck-Gruppe mit Hauptsitzen in Mülheim an der Ruhr und Halver entwickelt und produziert Technologien, die für die Vernetzung der Produktion entlang der Wertschöpfungskette von zentraler Bedeutung sind. Als eine der weltweit führenden Unternehmensgruppen im Bereich Industrieautomation ist das Unternehmen Spezialist für Sensor-, Feldbus-, Interface- und Anschlusstechnik sowie Human Machine Interfaces (HMI) und RFID (radio-frequency identification). Das Familienunternehmen Turck bietet für die sich selbst steuernde Fabrik ein umfassendes Lösungspaket, das vom Erfassen der Produktionsdaten in der Feldebene bis zu deren Transfer in die ERP-Systeme der Kunden reicht. Eine große Rolle spielen in diesem Zusammenhang das umfangreiche Portfolio an intelligenten Sensor- und Verbindungslösungen, aber auch das RFID-Identifikationssystem, das beide industriell relevanten Frequenzbereiche (HF- und UHF-Technik) parallel verarbeiten kann. In einem Zusammenschluss mit anderen namhaften Herstellern aus der Automatisierungsbranche entwickelt Turck außerdem die innovative Kommunikationsschnittstelle IO-Link für den Datenaustausch zwischen Sensoren und Aktoren.



www.turck.de

Die Industrie-4.0-Lösung

Innovativer Mittelstand ist ein Stützpfeiler der digitalen Welt

Herr Seuthe, Frau Hageböling, vernetzte Produkte und Produktionen, digitalisierte Wertschöpfungsketten sowie Datenaustausch in Echtzeit – die Industrie-4.0-Welt ist vielfältig. An welcher Stelle bringt sich Ihr Unternehmen in diesen Prozess ein?

Ulrich Seuthe: Wir verstehen uns als Lieferant von Industrie 4.0. Unsere Mess-Systeme analysieren einen kompletten Fertigungsprozess und liefern Monitoringdaten in Echtzeit. Und Daten sind die Grundlage der Industrie 4.0. Mit Sensoren und unserer Hochfrequenz-Impuls-Messung gewinnen wir diese Daten nicht nur automatisiert, sondern wir analysieren sie mithilfe eines Messcomputers. So erhalten wir Einblicke in Bauteil und Werkzeug, die bislang nicht möglich waren. Die Messdaten bilden wir dreidimensional in einer Art Prozesslandschaft ab. Und die Kunst besteht nun darin, anhand der Frequenzausprägung Muster zu erkennen, die auf einen Riss oder eine Störung hindeuten. Für die Unternehmen bedeutet das: Sie haben weniger Ausschuss, weniger Reklamationen und ein Mehr an Produktqualität.

Martina Hageböling: Gerade das Condition Monitoring, die Zustandsüberwachung von Maschinen, gewinnt in einer vernetzten Produktion zunehmend an Bedeutung. Eine intelligente Datenanalyse des Betriebszustands



Ulrich Seuthe gründete 2001 das Unternehmen und ist heute alleiniger Geschäftsführer der Qass GmbH. Der Elektroingenieur und gelernte Werkzeugmacher bezeichnet sich selbst als Erfinder.

trägt etwa dazu bei, optimale Wartungszyklen zu ermitteln, um unnötige Maschinenausfälle und Stillstandzeiten zu vermeiden. Ein führender deutscher Mittelständler im Bereich Kunststoffspritzguss hat beispielsweise mit unserer Analysetechnologie die Anzahl der Wartungen und die damit verbundenen Kosten halbieren können.

Viele IT-Produkte der Industrie 4.0 sind eher etwas für große Unternehmen bzw. werden bevorzugt von ihnen eingesetzt, auch weil kleine und mittlere Unternehmen die Investitionskosten dafür scheuen.

Ulrich Seuthe: Das sehe ich überhaupt nicht so. Viele kleine Unternehmen



Martina Hageböling gehört der QASS GmbH seit Anfang 2015 an. Die Wirtschaftsingenieurin ist für die Firmenentwicklung des dynamisch wachsenden Unternehmens zuständig.

sind Zulieferer für große und produzieren hohe Stückzahlen. Selbst wenn der Prototypenanteil hoch ist, lohnt sich das. Wir haben einen Nachbarn, der produziert Vakuumöfen, die mehr als eine Million Euro kosten und an denen viel geschweißt werden muss. Wenn da eine Schweißnaht nicht sauber ist, muss aufwendig nachgearbeitet werden. Mit unserer Messtechnologie kann man so einen Schweißfehler schon während des Entstehens erkennen. Außerdem: Vielfach sind Kommunikationsmodule für Maschinen auch als Add-ons entwickelt. Das verringert die Investitionskosten. Unsere Messtechnologie ist mittlerweile schon sehr vielseitig einsetzbar.

So eine hochspezialisierte Industrie-4.0-Lösung wie die Ihre erfordert viel Service vor und nach der Installation. Das bietet Möglichkeiten für ganz neue Geschäftsmodelle: Produktion und Service als Komplettlösung. Wie sieht das bei Ihnen aus?

Ulrich Seuthe: Auch bei uns verschiebt sich das gerade. Noch ist Consulting kein eigenes Geschäftsfeld, aber die Beratungsseite wird intensiver und wir machen heute deutlich mehr Engineering. Unser Prozessentwicklungsteam für Neueinführungen etwa fährt in die Betriebe, analysiert die Prozesse und prüft, inwieweit unsere Technologie überhaupt einsetzbar ist. Wir arbeiten da sehr eng mit dem Kunden zusammen und begleiten ihn auch später bei der Optimierung seiner Prozesse. In diesem Bereich steckt für uns sicherlich noch ein großes Wirtschaftspotenzial.

Welche Qualifikationen und Führungsstrukturen brauchen Sie für solche Entwicklungen, die Produktion und den Service?

Martina Hagebölling: Vor allem interdisziplinäre Teams, die sich selbst organisieren, ihr eigenes Projektmanagement verantworten und sich entsprechend den Aufgaben Mitarbeiter suchen, deren Fähigkeiten sie brauchen. Dafür haben wir eine eigene Projektmanagement-Plattform programmiert. In unseren Teams arbeiten Techniker, Ingenieure, Informatiker, Physiker, Werkstoffwissenschaftler, Maschinentechner, sogar eine Biochemikerin oder

auch Schweißfachleute zusammen. So entstehen Synergieeffekte und Kreativität, die wir brauchen, wenn wir die Fertigungsprozesse der Kundenunternehmen aus den unterschiedlichen Branchen verstehen wollen. Das setzt aber auch flache Hierarchien und eine offene Unternehmenskultur voraus.

Und wie ändert sich die Arbeitswelt Ihrer Kunden?

Ulrich Seuthe: Durch Industrie-4.0-Lösungen fallen Arbeitsplätze weg, weil IT-Produkte die Arbeit vereinfachen und unterstützen. Wir haben auch schon erlebt, dass potenzielle Kunden

„Wir benötigen interdisziplinäre Teams, die sich selbst organisieren, ihr eigenes Projektmanagement verantworten und sich entsprechend den Aufgaben Mitarbeiter suchen, deren Fähigkeiten sie brauchen.“

unsere Messtechnik deswegen nicht eingesetzt haben. Letztlich bedeutet das, einfache Arbeiten werden weniger und der Bedarf an höher Qualifizierten steigt. Es wird eine Umverteilung geben – insgesamt müssen mehr junge Leute studieren. Darüber hinaus sollte die Theorie in der Ausbildung stärker auf die Praxis abgestimmt werden.

Finden Sie in der Metropole Ruhr die kreativen Köpfe, die Sie brauchen?

Ulrich Seuthe: Das schon, es gibt in der Metropole Ruhr viele Hochschulen, mit denen wir eng zusammenarbeiten und Forschungsprojekte machen. Wir bieten zudem Studenten Abschluss-themen an, Doktoranden promovieren bei uns und wir führen auch ältere Schüler über Praktika und jüngere über

Erfinderwerkstätten an technische Themen heran. Aber es gibt Regionen und auch Hochschulen in Nordrhein-Westfalen, die im Bereich „Internet of Things“ weiter sind als das Ruhrgebiet. Es sind vor allem Regionen, in denen es einen starken innovativen Mittelstand gibt, der entsprechende Qualifikationen einfordert.

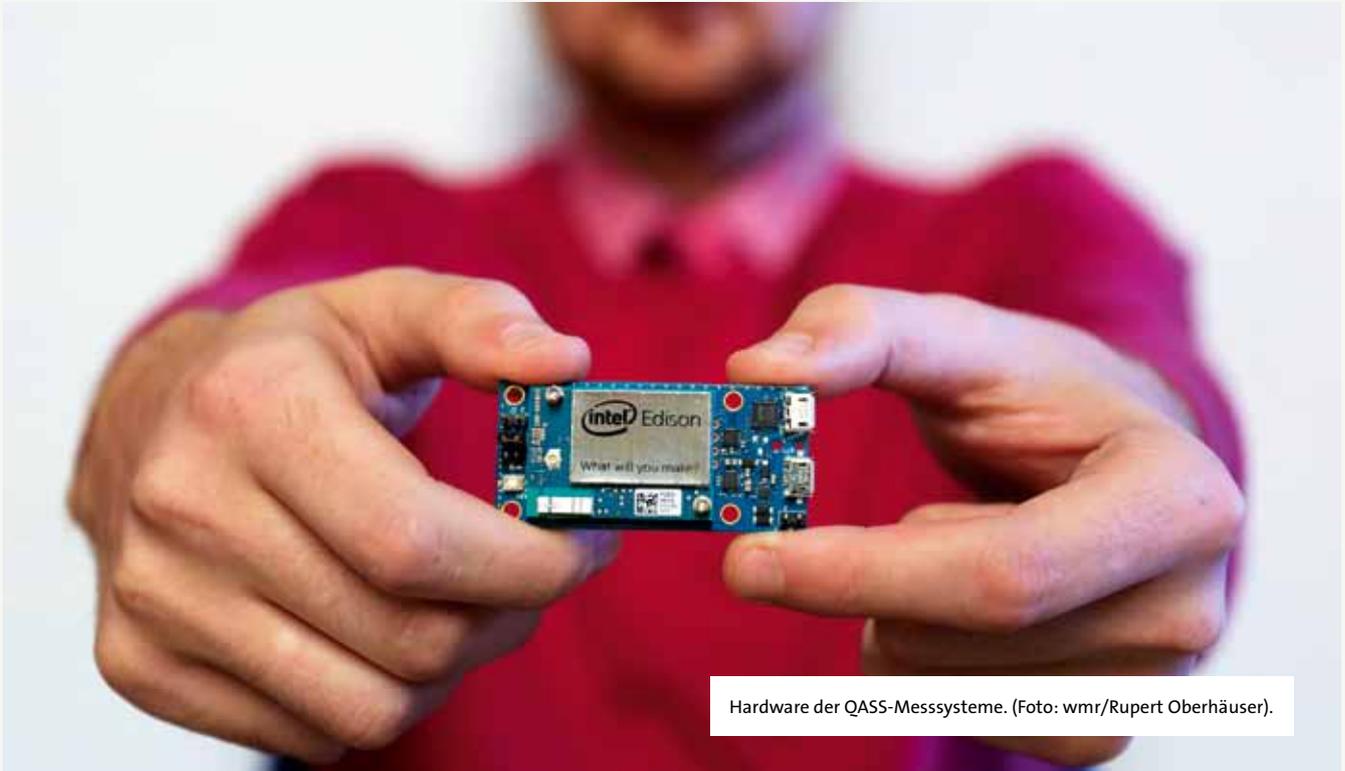
Was kann das Ruhrgebiet tun, um hier besser werden?

Ulrich Seuthe: Ein fertiges Rezept habe ich nicht. Helfen könnte beispielsweise ein politischer Masterplan „Hightech Ruhrgebiet“, der Wirtschaft und Wissenschaft stärker zusammenbringt und die Wirtschaftsförder enger zusammenarbeiten lässt. Darüber hinaus muss mehr Geld

in Schlüsseltechnologien investiert werden, damit sie schneller wachsen können. Vor allem aber ist die finanzielle Unterstützung für innovative Unternehmen derzeit zu kleinteilig. Allein die Anmeldung eines internationalen Patentes, das gerne mal 200.000 Euro kostet, wird nur zu einem Bruchteil gefördert. Neben staatlicher Förderung müssten daher auch Strukturen für privates Risikokapital aufgebaut werden. Man bräuchte eine Art „Hightech Gründerfonds für das Ruhrgebiet“, in den auch etablierte Unternehmen der Region einzahlen.



QASS-Entwickler Farzin Sereshti (vorne links) bedient das Messsystem Optimizer4D – das Flaggschiff von QASS (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).



Hardware der QASS-Messsysteme. (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).

Die QASS GmbH

Die QASS GmbH ist ein weltweit agierender Mittelständler aus Wetter-Volmarstein mit mittlerweile rund 50 Mitarbeitern. Das Unternehmen, 2001 von Geschäftsführer Ulrich Seuthe gegründet, entwickelt, produziert und vertreibt eine einzigartige Messtechnik, die Risse in Werkstücken bereits während des Fertigungsprozesses erkennt. Die QASS-Messtechnik, eine Art „Stethoskop für Maschinen“, basiert auf dem Prinzip der Körperschallanalyse und erkennt selbst mikroskopisch kleine Risse anhand der Geräusche, die bei der Rissbildung entstehen. Bei der Erkennung von Rissen in Stahlwellen, die beim Richten entstehen, gilt QASS als Weltmarktführer. Wesentliche Elemente der Technik sind das Risserkennungssystem CiS.01 und der Messcomputer Optimizer4D, der den Herstellungsprozess in einer 3D-Signallandschaft abbildet. Das Wirkprinzip von Optimizer4D heißt Hoch-Frequenz-Impuls-Messung: Zusätzlich zur Stärke der Körperschallsignale analysiert Optimizer4D auch die Frequenzen. Das ist ein weltweit einzigartiges Alleinstellungsmerkmal von QASS, kein anderes Körperschall-Analysegerät arbeitet auf diese Weise. So kann der Herstellungsprozess in Echtzeit analysiert und ausgewertet werden. Gleichzeitig gibt der Messcomputer Hinweise zur Optimierung der Fertigung.



Zu den weltweiten Kunden der QASS GmbH zählen vor allem die großen Autobauer wie Daimler, Volkswagen oder General Motors und ihre Zulieferer wie auch viele andere metallverarbeitende Branchen. Mittlerweile hat QASS seine Messtechnologie so weiterentwickelt, dass sie auch in anderen Herstellungsprozessen eingesetzt werden kann – beim Zerspanen, Schweißen, Laserschweißen, beim Kunststoff-Spritzguss, in der Kaltumformung oder beim Drahtzug. Im Oktober 2015 ist QASS für den Deutschen Rohstoffeffizienz-Preis 2015 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie nominiert worden.

www.qass.net



Innovationen durch branchenübergreifende Kooperationen

Für die Gestaltung des digitalen Wandels in der Industrie ist branchenübergreifende Zusammenarbeit gefragt. Diese Einschätzung hat sich auch in den Expertengesprächen mit Unternehmensvertretern aus dem Ruhrgebiet bestätigt. Denn Produkt- und Prozessinnovationen der Industrie 4.0 gehen in der Regel auf eine Integration von Kompetenzen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnologie zurück. Entscheidend ist dabei, bereits existierende technische Lösungen intelligent mit den neuen Möglichkeiten der Informationstechnologie zu verknüpfen, um so einen Innovationsprung zu erzielen. Die vorhandenen IT-Basistechnologien müssen deshalb an die Besonderheiten der Produktion angepasst beziehungsweise anwendungsorientiert weiterentwickelt werden. Um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden und digitale Innovationen in der Produktionstechnik anzustoßen, forcieren viele Industrieunternehmen verstärkt Kooperationen mit Akteuren aus dem IT-Bereich.

Verbundenheit der Netzwerkpartner

Die Kooperationspartner können nicht nur gemeinsam neue Produkte und Dienstleistungen anbieten, sondern

verfügen über eine deutlich gestärkte Marktpräsenz und Marktmacht. Zudem werden in diesem Zusammenhang häufig neue Vertriebs- und Beschaffungswege entdeckt und erschlossen. Die weitgehende Vernetzung und Datenintegration der verschiedenen Partner führt dazu, dass sich innerhalb des Netzwerks Spezialwissen aufbaut. Ein Wechsel der Netzwerkpartner kann daher mit enormen Schwierigkeiten verbunden sein: Erstens besteht immer die Gefahr, dass der ausgeschiedene Kooperationspartner die erworbenen Erkenntnisse individuell oder in einem neuen Unternehmensverbund einsetzt. Zweitens erweist es sich als problematisch, zeitnah ein gleichwertiges Partnerunternehmen mit vergleichbarem Know-how zu finden (agiplan 2015: 106).

Cloud-Dienstleister als neue Partner

Kooperationsbeziehungen der Unternehmen verändern sich zudem immer dann, wenn sie Cloud-Technologien nutzen, also bestimmte Dienste und Daten von externen Dienstleistern beziehen. Durch eine zentrale Datenhaltung in der Cloud müssen bestimmte Informationen zwar nur einmal gespeichert werden, statt auf mehreren Systemen abgelegt zu sein. Zudem gibt es keine Versionsprobleme und man hat die stets aktuellste Version zur Verfügung. Weil aber Cloud-Lösungen in der Regel als Dienstleistung bezogen werden,



Bei der adesso AG steht moderne IT im Fokus: Der unabhängige IT-Dienstleister entwickelt Softwarelösungen für Unternehmen und berät bei der IT-Strategie (Foto: adesso AG).

ergeben sich neue Herausforderungen im Bereich der Datensicherheit. Insbesondere muss gewährleistet sein, dass über die digitalen Schnittstellen zu externen Dienstleistern nur solche Produktionsdaten transferiert werden, die für den jeweiligen Empfänger bestimmt sind. Zudem stellen Daten-Clouds ein hochattraktives Ziel für Aktivitäten im Bereich der Industriespionage dar. Sie erfordern deshalb umfassende Investitionen in die Sicherheitsarchitekturen der Cloud-Anbieter und der Anwenderunternehmen.

Stärkere Verzahnung der Leitmärkte

Der Industrielle Kern zeichnet sich schließlich dadurch aus, dass er als technologisches Querschnittsfeld in erheblichem Maße zur Verbreitung von Industrie-4.0-Lösungen in angrenzende Leitmärkte beiträgt. Insbesondere zwischen dem Maschinen- und Anlagenbau und den Anwenderbranchen der Industrie 4.0 existieren bereits heute starke Austauschbeziehungen. Im Zuge einer verstärkten Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen wird sich die Verzahnung des Industriellen Kerns mit angrenzenden Leitmärkten weiter intensivieren. Anknüpfungspunkte und Innovationspotenziale ergeben sich beispielsweise im Leitmarkt Ressourceneffizienz. Für die produzierende Industrie wird die Reduzierung des Energieverbrauchs weiterhin

ausschlaggebend sein. Hierfür sind neue Anwendungen aus der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zu erwarten. Zur Erzielung umfassender Effizienzgewinne in der Industrie ist jedoch nicht zuletzt eine intelligente Verknüpfung von Produktionsaktivitäten essentiell (Zweck et al. 2015: 183). Die Energiewirtschaft ist deshalb ebenfalls von der digitalen Transformation betroffen, etwa dort, wo kleinere Anlagen zur Energieerzeugung oder neue Netzstrukturen (Smart Grids) gefragt sind.

Die nächste Ebene

Strom vernetzt nutzen über Branchengrenzen hinweg



Prof. Emmanouil Kakaras ist seit 2012 Vizepräsident und Leiter der Forschung und Entwicklung der Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH. Außerdem ist er Präsident der European Power Plant Suppliers Association (EPPSA). Das ist die Vertretung der Kraftwerkshersteller auf europäischer Ebene.



Torsten Buddenberg ist seit 2014 Leiter der Produktentwicklung der Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH, verantwortlich für Innovation und neue Produkte.

Prof. Kakaras, Herr Buddenberg, ist die Industrie 4.0 überhaupt noch ein Thema für die Kraftwerksindustrie? Schließlich laufen die Prozesse in Großkraftwerken heute weitgehend automatisch ab.

Torsten Buddenberg: Tatsächlich sind in Großkraftwerken heute nur noch zehn hochqualifizierte Mitarbeiter pro Schicht beschäftigt, die in der Leitwarte die Prozesse überwachen. Aus einer viele Kilometer entfernten Netzentrale wird die Anlage hoch- und runtergefahren. Selbst im Störfall übernimmt der Computer die Führung und schaltet in einen Sicherheitsmodus. Mittlerweile überwachen wir auch den Zustand der Einzelkomponenten über virtuelle Messstellen, Messfühler für Temperatur, Vibration oder Verschleiß.

Daher gehen wir heute noch einen Schritt weiter: Wir sind dabei, die unterschiedlichen Akteure auf dem Energiemarkt wie die Produzenten erneuerbarer und konventioneller Energie und energieintensive Industrien mit Mobilität und Haushalten zusammenzubringen, um Energie vernetzt nutzen zu können.

Was hat ein solches innovatives Energiesystem mit der Industrie 4.0 zu tun?

Prof. Emmanouil Kakaras: Es geht über die Industrie 4.0 hinaus, arbeitet aber nach denselben Prinzipien. Nicht nur innerhalb von Unternehmen werden heute und in den kommenden Jahren Geräte und Maschinen über eingebettete Systeme miteinander verknüpft. Getrieben durch den zunehmenden

Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien – auch in anderen Wirtschafts- und Gesellschaftsbereichen wird es jetzt möglich, Fabriken und ganze Unternehmen miteinander zu vernetzen. Branchen- und Systemgrenzen brechen auf und es entwickeln sich neue komplexe Netzwerke. Auch wir versuchen, mit unseren Produkten verschiedene Branchen wie Chemie, Stahl, Energie und Automotive zu verknüpfen.

Welche Produkte haben Sie für diese branchenübergreifende Vernetzung entwickelt?

Torsten Buddenberg: Ein ganze Reihe, eines dieser Produkte ist eine Hochtemperaturwärmepumpe, die aus Wärme Prozessdampf erzeugt. Damit

„Die Metropole Ruhr kann bei branchenübergreifender Energienutzung eine Vorreiterrolle übernehmen. Sie ist bei diesem Thema die wichtigste Region.“

kann etwa ein kleiner Chemiebetrieb Dampf aus Wärme erzeugen, die in einer weit entfernten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (KWK-Anlage) oder einem Industriebetrieb entstanden ist. Transportiert wird die Wärme über bestehende Fernwärmenetze. Und für den Betrieb der Hochtemperaturwärmepumpe kann man Überschussstrom aus erneuerbaren Quellen nutzen. Beim zweiten Produkt, der „Power-to-Methanol“-Technologie, scheidet man CO₂ aus Rauchgasen von Kraftwerken oder Industrieanlagen ab und verarbeitet es zusammen mit Wasserstoff zu Methanol. Der Wasserstoff entsteht durch Elektrolyse, für die wiederum grüner Überschussstrom verwendet wird. Methanol und seine Derivate lassen sich für Treibstoffe in der Automobil- oder in der Chemieindustrie verwenden.

Welche Vorteile haben solche branchenübergreifenden Energiesysteme?

Prof. Emmanouil Kakaras: Sie haben gleich mehrere Vorteile: Konventionelle Kraftwerke, die systemrelevant sind, um die Netzstabilität (50 Hertz) sicherzustellen, werden durch die Kopplung etwa an eine Methanol-Produktion besser ausgelastet und dadurch flexibler, effizienter und letztlich rentabler. Und die Schwankungen, die sich aus der Einspeisung erneuerbarer Energien ergeben, können so besser aufgefangen werden. Darüber hinaus nutzt man Überschussstrom aus erneuerba-

ren Quellen, der sonst abgeregelt wird. Außerdem hat man mit dem Methanol ein neues Produkt, das zusätzliche Einnahmen verspricht. Gleichzeitig gilt die „Power-to-Fuel/Methanol“-Technologie als vielversprechendes Verfahren, Treibhausgasemissionen aus der Prozess- und Energieindustrie zu verringern. Sie ist damit eine alternative zur geologischen Speicherung des CO₂. Im Übrigen wird Deutschland die festgelegten Steigerungen von 40 bis 50% Energieeffizienz nur dann erreichen, wenn wir die Umformung der Primärenergie durch solche gekoppelten Prozesse optimieren.

Und welche zusätzlichen Möglichkeiten bietet eine Hochtemperaturwärmepumpe?

Prof. Emmanouil Kakaras: Betreiber konventioneller KWK-Anlagen und auch Industriebetriebe, die Abwärme oftmals durch den Schornstein jagen, können sich so neue Abnehmer und Kundenkreise erschließen, eben mittelständische Industriebetriebe, die Prozessdampf für ihre Produktion benötigen. Zumal der Umsatz durch den Verkauf des Stroms aus KWK-Anlagen wegen der volatilen Preise stark schwankt.

Was sind die größten Herausforderungen auf dem Weg zu dieser effizienten, vernetzten Nutzung von Energie?

Torsten Buddenberg: Die Technik für die vernetzte Nutzung ist da. Jetzt geht es

vor allem darum, Branchen zusammenzubringen, die vorher nichts miteinander zu tun hatten. Das ist nicht ganz einfach, denn Stromerzeugung, Stahl-, Chemie- oder die Automobilindustrie haben ganz unterschiedliche Kulturen und Renditeerwartungen. Der Abschreibungszeitraum für ein Kraftwerk beträgt 18 bis 20 Jahre. Die Stahlindustrie rechnet mit fünf bis acht Jahren und die Chemieindustrie will innerhalb von drei Jahren in die Gewinnzone. Wir sind bereits mit einigen Industriepartnern im Gespräch und können auch zeigen, dass der wirtschaftliche Einsatz unserer Produkte möglich ist. Allerdings braucht eine solche Entwicklung Unterstützung aus der Politik. Ohne die wird es nicht so schnell gehen.

Wie könnte die Unterstützung aussehen?

Prof. Emmanouil Kakaras: Subventionen sind nicht notwendig, da wir bei der Energieproduktion und -speicherung in industriellen Maßstäben denken. Allerdings muss die Politik für solche Großinvestitionen im Energiesektor – wir sprechen von 50 bis 60 Milliarden Euro – langfristig stabile und verlässliche Rahmenbedingungen schaffen. Gleichzeitig sollte sie branchenübergreifende Dialoge anstoßen, Vorstände zusammenbringen, wichtige Impulse setzen, neue Regelungen schaffen und klare Ziele für eine solche intelligente und vernetzte Nutzung formulieren.

Welche Rolle spielt die Metropole Ruhr in dieser neuen Kooperationskultur?

Prof. Emmanouil Kakaras: Sie ist für uns bei diesem Thema die wichtigste Region. Ich bin überzeugt, dass zuerst in der Metropole Ruhr eine solche intelligente, branchenübergreifende Energienutzung umgesetzt wird. Das Ruhrgebiet kann hier eine Vorreiterrolle übernehmen. Denn alle wichtigen Industriebranchen sind in der Metropole Ruhr nicht nur ansässig, sondern sie liegen – historisch bedingt – auch sehr eng beieinander.

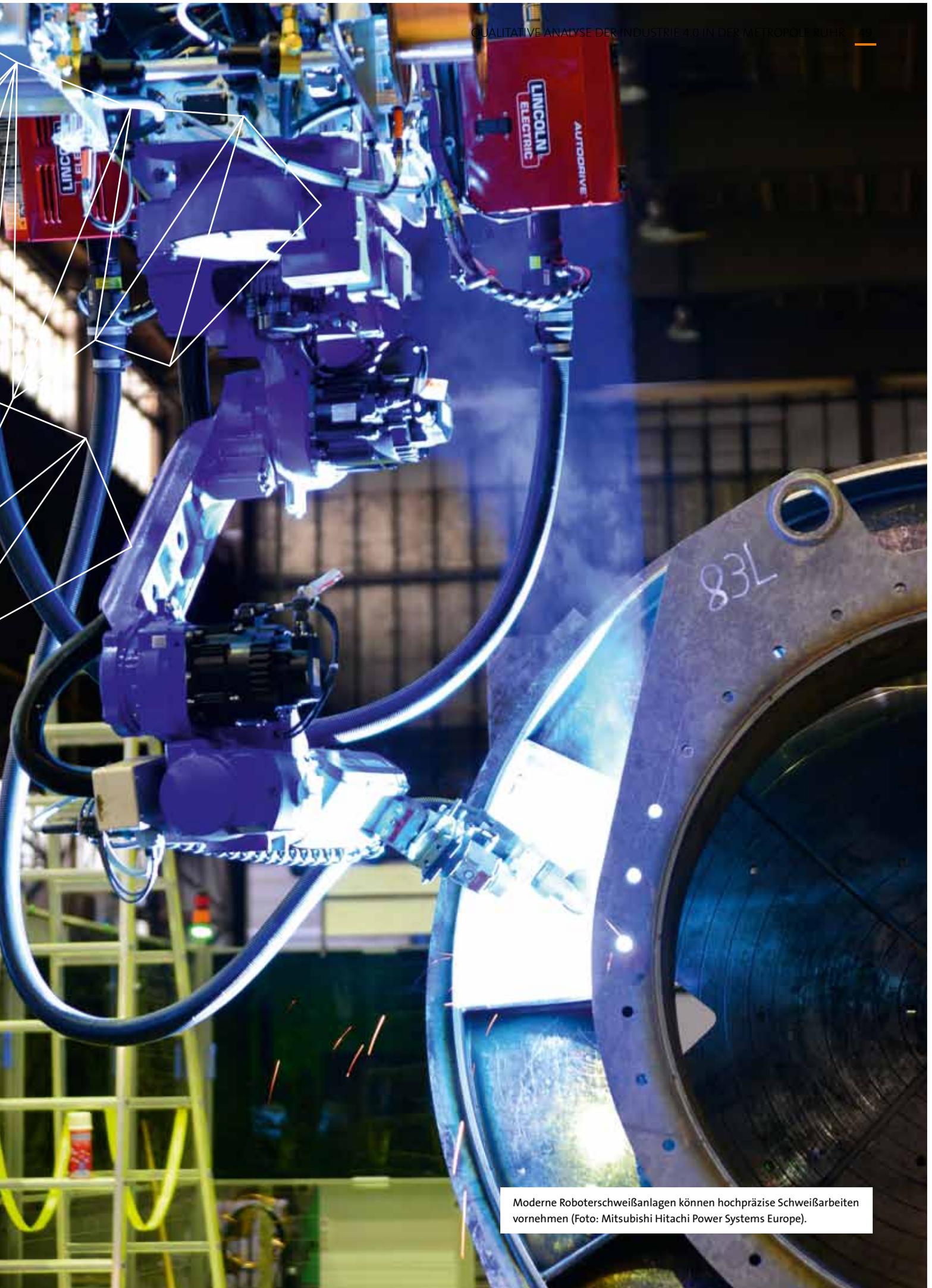
Die Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH

Die Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH (MHPSE) aus Duisburg gehört zu den weltweit führenden Anlagenbauern thermischer Kraftwerke. Sie ist eine 100-prozentige Tochter der Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd., eines Joint Ventures zweier japanischer Großkonzerne. Hervorgegangen ist sie aus der deutschen Babcock & Wilcox Dampfkesselwerke AG. Die MHPSE plant und baut Stein- und Braunkohleanlagen, Gas- und Dampfkraftwerke und begleitet diese bis zur Inbetriebnahme. Gleichzeitig modernisiert sie bestehende Kraftwerke. Zudem produziert die MHPSE auch die Einzelkomponenten für konventionelle Energieanlagen wie Großdampferzeuger, Feuerungssysteme, Turbinen oder Mahlanlagen. Aktiv ist das Unternehmen bevorzugt in den wachsenden Märkten Osteuropas und Afrikas sowie in Indien und Russland.



Darüber hinaus erforschen und entwickeln die Ingenieure am Duisburger Standort mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft innovative Technologien und Produkte für ein effizienteres Zusammenspiel traditioneller und erneuerbarer Energieerzeugung. Vor allem geht es darum, wie konventionelle Kraftwerke die Schwankungen der Erneuerbaren durch flexible Fahrweisen und sinnvolle Ergänzungen auffangen können. Die Herausforderung dabei: Als systemrelevante Anlagen müssen diese Kraftwerke die Netzstabilität sicherstellen und gleichzeitig profitabel bleiben. Wegweisend ist hier etwa die „Power-to-Fuel“-Technologie (PtF-Technologie), ein Verfahren, bei dem synthetisches Erdgas (SNG) oder andere synthetische Kraftstoffe wie Methanol aus Kohlenstoff hergestellt werden. Die MHPSE gilt als Pionier dieser innovativen Technologie. Zudem beschäftigt sich das Unternehmen mit flexiblen Speichertechnologien für Ökostrom.

www.eu.mhps.com



Moderne Roboterschweißanlagen können hochpräzise Schweißarbeiten vornehmen (Foto: Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe).

Die Zukunft des Industriellen Kerns

Der Industrielle Kern der Metropole Ruhr stellt den Ausgangspunkt vieler Innovationsprozesse im Bereich der Industrie 4.0 dar: Zum einen werden die eigenen Produktionsabläufe verstärkt digitalisiert und vernetzt. Zum anderen sind Industrieunternehmen aus dem Ruhrgebiet aktiv an der Entwicklung von Cyber Physischen Systemen beteiligt und tragen zur Verbreitung der neuen Technologien in angrenzenden Leitmärkten bei. Der Industrielle Kern leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Diffusion von digitalen Innovationen in der Region. Für das industriell geprägte Ruhrgebiet mit seinem spezifischen Branchenmix ergeben sich hohe Potenziale und Gestaltungsspielräume bei der Bewältigung des digitalen Wandels.

Neue Technologien rechtzeitig einführen

Eine erfolgreiche digitale Transformation ist für die Industrieunternehmen der Metropole Ruhr aus verschiedenen Gründen von hoher Relevanz: Sie ermöglicht es, signifikante Kostenvorteile zu realisieren, zusätzliche Umsatzpotenziale zu erschließen, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und schnell auf sich abzeichnende Marktaktivitäten zu reagieren. Selbstverständlich kann es nicht das Ziel sein, unreflektiert große Investitionsprojekte anzustoßen, in denen Industrie-4.0-Lösungen implementiert werden, die sich noch nicht als marktkonform erwiesen haben. Die meisten Unternehmen verfolgen deshalb einen evolutionären Transformationsprozess, der auf eine schrittweise Einführung der neuen Technologien abzielt. Wer sich allerdings nicht schon heute mit den Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für die eigenen Produktionsprozesse aus-

einandersetzt und daraus strategische Handlungskorridore für zukünftige Entwicklungen ableitet, droht schon in naher Zukunft den Anschluss an globale Trends im Bereich der Industrie 4.0 zu verlieren.

Produktions- und Wertschöpfungsprozesse ändern sich

Zukünftige Entwicklungen im Kontext der Industrie 4.0 bieten zwar vielfältige Chancen, allerdings bestehen auch erhebliche Herausforderungen (BDI / Roland Berger 2015): Die enge und unmittelbare Verzahnung mit den Kunden zählt zu den Stärken der deutschen Industrie. Ferner zeichnen sich die Unternehmen durch hohe Fertigungskompetenzen aus, die sich in individualisierten Produkten mit eingebetteten Softwarelösungen manifestieren. Sie codieren das gesamte Fachwissen und die Erfahrung der Unternehmen und machen es für hochwertige Produktionsprozesse nutzbar. Die digitale Transformation verschiebt die Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe jedoch zugunsten einfacher, standardisierter IT-Lösungen. Neue Anbieter von IT-Lösungen drohen die Industrie deshalb von den Schnittstellen zum Kunden zu verdrängen. Aus dieser Verschiebung des Wertschöpfungsanteils ergibt sich ein Szenario, das die starke Stellung der industriellen Betriebe gefährdet. Zudem wird die Digitalisierung und Vernetzung von Produktionsprozessen nur dann erfolgreich sein, wenn es gelingt, das geistige Eigentum und sensible Produktionsdaten der industriellen Betriebe durch weitere Innovationen im Bereich der IT-Sicherheit zuverlässig zu schützen.

Die Logistik in der Metropole Ruhr

Die Logistik zählt zu den wichtigsten Branchen in der Metropole Ruhr. Mit rund 94.400 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Jahr 2014 und rund 4.900 Logistikunternehmen stellt sie das mit Abstand größte Segment des Leitmarkts Mobilität dar. Im Vergleich zu Deutschland ist die Logistikbranche damit in der Region überdurchschnittlich stark vertreten. Als integrierendes Element begleitet die Logistik die gesamte Wertschöpfungskette von Produktion, Verarbeitung und Verteilung bis hin zur Entsorgung. Dabei interagiert die Branche eng mit unterschiedlichsten

Wirtschaftszweigen. Sie verbindet Hersteller, Zulieferer, Distributoren, Transporteure und letztlich die Kunden. Zudem sind Logistikprozesse sehr vielfältig. Die Transportlogistik etwa flankiert die industrielle Produktion im Rahmen von Zulieferungen. Die Intralogistik, das heißt die innerbetriebliche Logistik, ist unter anderem im Kontext der Lagerverwaltung des Handels von entscheidender Bedeutung. Daneben existieren eine Reihe weiterer Fachdisziplinen wie die Distributionslogistik oder Produktionslogistik. Grundsätzlich ist die Logistik als intermediäre und divers orientierte Branche

darauf angewiesen, sich schnell auf neue Anforderungen und Trends einzustellen.

Logistik-Drehscheibe Ruhr

Die Metropole Ruhr hat sich nicht zuletzt wegen ihrer zentralen geografischen Lage zu einer bedeutenden Logistikkreislauf in Europa entwickelt. Auch die große Dichte an Industrieunternehmen sowie die ausgesprochen gute verkehrsinfrastrukturelle Erschließung der ehemaligen Industriehochburg waren wichtige Voraussetzungen für das Wachstum der Branche. Das Ruhrgebiet verfügt zudem über ein enges Straßen- und Schienennetz und ist durch seine Wasserstraßen und regionalen Häfen an den internationalen Handel per Schiff angebunden. Als ein weiterer branchenspezifischer Standortvorteil ist darüber hinaus auch der große regionale Markt anzuführen.

Die Branche ist in der Metropole Ruhr sehr vielseitig aufgestellt. Das Spektrum der Unternehmen reicht vom kleinsten Transportdienstleister über mittelständische Spediteure bis hin zu den Großbetrieben des Güterverkehrs und Frachturnschlags. Regionale Schwerpunkte der Logistikbranche im Ruhrgebiet bilden Duisburg als zentraler Logistikhub im Westen, aber auch Wesel und Hagen als wichtige Speditionsstandorte oder das Dreieck Mülheim/Essen/Oberhausen (MEO) mit dem Ruf eines Logistik-Headquarters. Die Region Herne/Herten/Gelsenkirchen gilt als Standort der Last-Mile-Logistik während die Standorte Dortmund/Unna/Hamm das regionale Zentrum der Handelslogistik darstellen.

Neben den überregional bedeutsamen Branchenvertretern wie der DB Schenker AG, der zum Post-Konzern gehörigen DHL International GmbH, der Kühne + Nagel International AG oder der Dachser-Gruppe sind im Ruhrgebiet viele weitere Unternehmen als wichtige Repräsentanten der Logistik ansässig. Hierzu zählen beispielsweise die Duisburger Hafen AG oder die Brenntag AG mit Sitz in Mülheim an der Ruhr als einer der weltweit wichtigsten Chemie-Distributoren. Ein weiteres Beispiel ist die Rhenus-Gruppe. Der weltweit operierende Logistikdienstleister bietet seinen Kunden die Übernahme aller logistischen Abläufe entlang der Supply Chain. In der Metropole Ruhr ist das traditionell im Kreis Unna beheimatete Unternehmen an mehreren Standorten über alle Geschäftsbereiche hinweg vertreten. Daneben zählen auch die klassischen Industrieunternehmen zu wichtigen Logistikexperten.

Führende Anwendungsforschung

Die Logistikunternehmen in der Metropole Ruhr profitieren zudem von einer regional stark ausgeprägten Forschungslandschaft, mit der sie auf vielfältige Weise kooperieren. Besonders sichtbar ist diese Zusammenarbeit im EffizienzCluster LogistikRuhr, dem größten Logistikforschungs- und Innovationscluster in Europa, das seit 2010 in der Region beheimatet ist. Es wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Ein wichtiger Partner des EffizienzClusters und vieler Logistikunternehmen sind die Dortmunder Fraunhofer-Institute für Materialfluss und Logistik IML und für Software- und Systemtechnik ISST. Sie gelten als national führende Forschungseinrichtungen im Bereich Logistik, Prozessoptimierung und Digitalisierung. Die beiden Einrichtungen stehen im engen Austausch mit den ebenfalls renommierten logistikorientierten Fachbereichen der Technischen Universität Dortmund. Im Jahr 2013 bündelte die TU Dortmund ihre Forschungsaktivitäten in einem LogistikCampus. Die Ruhr-Universität Bochum bringt sich vor allem in den Bereichen Organisation und Management in das Forschungsfeld ein. Ein ebenfalls bedeutender Forschungsstandort ist das Zentrum für Logistik & Verkehr (ZLV) der Universität Duisburg-Essen, das verschiedene Institute mit dem Schwerpunkt Logistik und Verkehr unter einem Dach vereint.

Enge Kooperation von Wirtschaft und Wissenschaft

Weitere Forschungsaktivitäten finden sich an den lokalen Hochschulen, wie etwa am Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild) der FOM – Hochschule für Ökonomie und Management in Essen und dem Institut Demand Logistics an der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen oder dem FTK-Forschungsinstitut für Dortmund Telekommunikation e. V. Darüber hinaus bestehen in der Metropole Ruhr weitere regionale bzw. teilregionale Kooperationen der Logistikbranche. Hierzu zählt etwa die Logistikinitiative Duisburg-Niederrhein, deren Kerninteresse die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der (Weiter-)Entwicklung logistischer und e-logistischer Lösungen ist.

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML



Der Wissenschaftsstandort Ruhrgebiet verfügt mit dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML über einen wichtigen Innovator, der anwendungsorientiert an der Schnittstelle zwischen IT und Logistik forscht. In Kooperation mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft ist das Fraunhofer IML sowohl in der Produkt- als auch in der Prozessentwicklung tätig. Das Institut ist breit aufgestellt. Die vielfältigen logistischen Anwendungsgebiete erstrecken sich von der maritimen und Luftverkehrslogistik über die Automation, die Prozessplanung, das Supply Chain Development bis hin zum Engineering. Auch zu den Themen Industrie 4.0 und Cyber-Physische Systeme wird lösungs- und technologieorientiert geforscht.

Das Fraunhofer IML versteht die Logistik 4.0 als die Vernetzung und Optimierung der gesamten Supply Chain und somit als einen wesentlichen Bestandteil der Industrie 4.0. Das Institut verfolgt den Ansatz, ganzheitliche Lösungen zu entwickeln. Dies umfasst neben der Technologieentwicklung auch ein innovatives Logistikmanagement sowie die Entwicklung und Erprobung neuer Mobilitätskonzepte. Basis und Schnittstelle dieser drei Kernforschungsbereiche ist die Informationstechnologie.

Infolge der zunehmenden Relevanz der Informationslogistik etabliert sich auch das Thema der Datensicherheit sukzessive als ein prioritäres Forschungsgebiet des Fraunhofer IML. Im Rahmen der bundesgeförderten Initiative „Industrial Data Space“ forscht die Fraunhofer-Gesellschaft an einem sicheren Datenraum. Die Daten werden dabei analog zu materiellen Gütern in Containern verpackt und sicher transportiert, ohne dass der Sender seine Eigentumsrechte, wie etwa im Fall von Cloud-Lösungen, verliert (Fraunhofer IML 2015).

Die Mehrheit der Technologieentwicklungsprojekte des Fraunhofer IML ist im Feld der Intralogistik zu verorten. Hierzu zählen anwendungsorientierte Forschungsprojekte, wie beispielsweise intelligente Regale, zellulare Transportsysteme („Schwarmintelligenz für die Logistik“) und Behältershuttles („RackRacer“). Das Fraunhofer IML ist regional und überregional sehr gut vernetzt. Zukünftig übernimmt das Institut gemeinsam mit der EffizienzCluster Management GmbH in Mülheim an der Ruhr und weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen aus dem Raum Ostwestfalen-Lippe und Aachen die Trägerschaft des neuen Kompetenzzentrums Mittelstand 4.0, das speziell kleine und mittlere Unternehmen bei der digitalen Transformation unterstützen soll.

www.iml.fraunhofer.de

Trends und Entwicklungen in der Logistik

Vor dem Hintergrund der sich fortsetzenden Internationalisierungstendenzen ist die enorme Bedeutung der Logistik für die Wirtschaft in der Metropole Ruhr sowie für Gesamtdeutschland unbestritten (vgl. Verbeek et al. 2013: 6). Weltweite Produktions-, Beschaffungs- und Distributionsnetzwerke bedingen nicht nur steigende (Güter-) Verkehrsleistungen, sondern auch zusätzliche Anforderungen an die technologische Kompetenz der Branche (vgl. Clausen und Thaller 2013: 247). Unter dem Einfluss neuer technologischer Möglichkeiten hat sich die Logistik in den vergangenen Jahren daher zu einer Hochtechnologiebranche entwickelt.

Spezialisierte Logistik-Dienstleister im Ruhrgebiet

In der Metropole Ruhr verfügt die Logistikwirtschaft vor allem über besondere Stärken in der Entwicklung logistischer IT-Lösungen. Neben den klassischen Transportunternehmen existieren im Ruhrgebiet bereits eine Reihe hochspezialisierter Dienstleister, die beispielsweise Services zur Optimierung und Steuerung von Logistikprozessen bereitstellen oder kundenspezifische Software entwickeln. In Teilen ist damit auch die Anpassung oder Weiterentwicklung von Hardware verbunden. Gerade für junge Arbeitnehmer der IT-Branche ist die Metropole Ruhr sehr attraktiv: Die Unternehmen sind global aufgestellt und die Lebenshaltungs-

kosten vergleichsweise gering. Ausgewählte, auf Logistik spezialisierte Unternehmen der Beratungs- und IKT-Branche sind zum Beispiel die agiplan GmbH mit Sitz in Mülheim an der Ruhr, die ACK Software & Beratungsgesellschaft mbH am Standort Dortmund oder die ebenfalls in Dortmund angesiedelte proLogistik GmbH + Co KG. Die Metropole Ruhr verfügt damit über entscheidende Potenziale, die es ermöglichen, auf aktuelle und zukünftige Trends zu reagieren.

Kleinteiligere Auftragsstrukturen

Grundsätzlich weist die Logistik bereits heute einen hohen Komplexitätsgrad auf und erfordert großes organisatorisches und technisches Know-how. Im Zuge der Globalisierung und der damit einhergehenden Digitalisierung steigt der Vernetzungsgrad exponentiell an. Gleichzeitig nimmt mit der fortschreitenden Individualisierung der Waren und der damit verbundenen Diversifikation des Produktionsspektrums die Bedeutung von Massengütern ab. Die zu transportierenden Chargen werden kleiner. Engere Zeitkorridore im Kontext der Just-in-time-Produktion sowie punkt-

Aus der vernetzten Produktion der Industrie 4.0 mit ihren flexiblen Varianten und Stückzahlen resultieren grundlegend neue Anforderungen an die Logistikprozesse.

genaue Taktungen infolge der Just-in-sequence-Produktion erfordern eine hochgradige Flexibilität und Transparenz der Logistikprozesse. Lieferungen müssen in diesem Zusammenhang nicht nur schnell, sondern zu exakt vorgegebenen Zeitpunkten erfolgen. Das erfordert nicht nur eine hochgradig entwickelte Disposition, sondern zusätzlich einen engen Dialog mit dem Kunden. Dabei stellen on demand (auf Kundenanforderung) gefertigte Güter bis hin zur Losgröße 1 die Branche vor große Herausforderungen. Nicht ohne Grund wird in diesem Zusammenhang auch von einer „Atomisierung der Auftragsstrukturen“ gesprochen (Zweck et al. 2015: 124).

Neue Strukturen und Produkte

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Entwicklungen ist die Branche ein zentrales Anwendungsfeld digitaler Lösungen. Durch sie entstehen neue Produkte und Dienstleistungen, die Wertschöpfungs- und demzufolge auch die Logistikprozesse grundlegend verändern können. Das Internet der Dinge und die Industrie 4.0 werden die Logistik dabei im besonderen Maße prägen. Aus der vernetzten Pro-

duktion der Industrie 4.0 mit ihren flexiblen Varianten und Stückzahlen resultieren grundlegend neue Anforderungen. Logistikunternehmen sind gefordert, diesen neuen Herausforderungen mit innovativen Lösungen zu begegnen und schnelle Anpassungen und Weiterentwicklungen der etablierten Strukturen vorzunehmen. Die Branche ist demnach nicht nur Getriebener, sondern auch Profiteur und Treiber der neuen digitalen Technologien. Sie hat damit die Chance ihre zukünftige Gestalt grundlegend zu beeinflussen und ihren Stellenwert innerhalb der Wertschöpfungs-systeme neu zu justieren.

Dezentralisierung und Selbstorganisation

Eine grundlegende Voraussetzung für die Weiterentwicklung der Logistikbranche im Kontext der Industrie 4.0 ist eine funktionierende Schnittstelle zur IT. Die Logistik zählt bereits heute zu den innovativsten und wichtigsten Anwendungsbranchen von IKT und ist damit ein wichtiger Wegbereiter für Unternehmen der Informations- und Kommunikationstechnologie (vgl. Verbeek et al. 2013: 7). Das Internet der Dinge und Cyber-Physische Systeme bieten die Chance, die Effizienz der Logistik zu optimieren und die individuelle Auftragsabwicklung innerhalb globaler Wertschöpfungsnetzwerke zu ermöglichen (acatechPOSITION 2011). Dabei wird in der Logistik unter dem Internet der Dinge vereinfacht die Selbststeuerung und effiziente Organisation intelligenter Objekte verstanden. Güter, Maschinen, Fahrzeuge und Lagersysteme werden mit „technischer Intelligenz“ ausgestattet und vernetzt. Mithilfe dieser intelligenten Systeme kann die Logistik auf die erhöhte Komplexität der Systeme mit einer stärkeren Dezentralisierung und Selbstorganisation reagieren (vgl. Verbeek et al. 2013: 7).



Intelligente Lagerverwaltung

Über technische und soziale Grenzen der digitalen Industriewelt

Herr Sänger, vor allem die Intralogistik gilt gemeinhin als Industriezweig, der bereits mittendrin ist in der vernetzten Welt. Inwieweit sind Sie als Handelslogistiker dort bereits angekommen?

Jörg Sänger: Auf jeden Fall sind wir ein ganz wesentlicher Teil von Industrie 4.0. Mit unserer Lagerverwaltungs-Software digitalisieren wir ein Stück der gesamten Supply Chain, also der Wertschöpfungskette. Das System arbeitet beleglos, Lagerbestände werden online zur Verfügung gestellt, automatische Steuerungssysteme entscheiden, welcher Auftrag wann und mit welchen anderen kommissioniert wird. Hinzu kommt ein Echtzeitmonitoring, mit dem wir im Hintergrund, ohne dass der Kunde es merkt, bis zu 90% der Fehler abfangen, bevor sie passieren, etwa Leerfahrten vermeiden. Und unsere Kunden haben dank unserer Software Kennzahlen, die sie vorher nicht hatten: Angaben über Wareneingänge, Mindermengen oder Pick-Raten, die wir Ihnen per Reports zur Verfügung stellen – und das alles bereits in unserer Standardversion.

Wie wird sich dieser Automatisierungsprozess in den nächsten Jahren weiterentwickeln?

Jörg Sänger: Die Wirtschaft entwickelt sich ohnehin in Richtung Industrie 4.0, und wir als Softwareanbieter sind da schon sehr weit vorne mit dabei. Und



Jörg Kühnert ist Geschäftsführer der proLogistik GmbH + Co KG gemeinsam mit seiner Ehefrau Heidi Kühnert und Jörg Sänger. Der Diplom-Informatiker gehört dem Unternehmen seit 1994 an.

in unserer Branche arbeiten wir heute bereits mit Automatisierungstechniken, fahrerlosen Transportsystemen sowie mit Strategien und Entscheidungen, die sich am Entscheidungspunkt noch einmal ändern.

Jörg Kühnert: Um logistische Prozesse weiter zu optimieren, müssen wir in der Zukunft wahrscheinlich auch Daten nutzen, die nicht direkt etwas mit dem Lager zu tun haben, aber zum Beispiel Prognosen für Bestellungen verbessern. Dazu gehören Wetterverhältnisse, aber auch Großereignisse wie Fußballspiele. Man weiß nämlich,



Jörg Sänger gehört dem Unternehmen seit acht Jahren an. Angefangen als Logistikconsultant ist er seit 2014 Geschäftsführer der proLogistik GmbH + Co KG gemeinsam mit dem Ehepaar Jörg und Heidi Kühnert.

dass am Morgen nach einem Spiel in Fußballhochburgen die Kommissionierleistung um bis 20% niedriger ist, weil die Menschen sich über das Spiel unterhalten, anstatt Bestellungen aufzugeben. In Zukunft wird es daher nicht mehr nur um die physische Logistik gehen, sondern eben auch um Datenlogistik – und alles, was mit Big Data zusammenhängt. Schon jetzt haben wir Business-Intelligence-Tools im Einsatz, mit denen unsere Kunden in Echtzeit sehen können, was passiert ist und wie sie darauf schnell reagieren können.

Wo sehen Sie die Grenzen der Vollautomatisierung in Ihrer Branche – technisch wie auch wirtschaftlich?

Jörg Kühnert: Es gibt Situationen in unserer Branche, da kann auch eine Vollautomatisierung nicht mehr weiterhelfen. Ein automatisierter Wagen, der

nehmend eine professionelle Lagerverwaltung benötigen, um ihre Reaktionszeiten oder das Retourenmanagement zu verbessern. Für viele dieser Kleinen ist selbst unsere Standardlösung zu überdimensioniert. Wir überlegen, hier spezielle Online-Lösungen zu entwi-

„Die Sorge, dass menschliche Arbeit durch Maschinen ersetzt wird, gibt es seit den Anfängen der Industrialisierung. Doch wir haben auch heute noch genug Arbeit, so wird es auch in Zukunft sein.“

20 Paletten in der Stunde fahren kann, wird zwar auch in Hochzeiten seine einprogrammierte Leistung erbringen, kann sie aber nicht steigern. So müssen etwa in Zeiten starker Nachfrage, wie etwa in der Vorweihnachtszeit, Menschen einspringen und anfallende Mehrarbeit erledigen. Einen zweiten Roboter für diese kurze Zeit anzuschaffen, rechnet sich nicht. Mit Automatisierung kann man die Basislast abdecken, für die Flexibilisierung benötigt man wiederum den Menschen.

Jörg Säger: Auch sind wir der Überzeugung, dass wir künftig beides brauchen – die Robotertechnik, aber auch den klassisch-konventionellen Bereich, wo der Mensch tatsächlich noch in die Kiste greift. Denn weitreichende Automatisierung ist mit sehr hohen Investitionen verbunden und wird damit eher den Großen vorbehalten bleiben. Außerdem gibt es immer noch genug Unternehmen, die nicht einmal eine Lagerverwaltung im Einsatz haben, wie wir sie im Standard anbieten. Hinzu kommen viele kleine Start-ups aus dem Bereich des E-Commerce, die zu-

ckeln, die diese Händler einfach herunterladen können.

Haben Entwicklungen wie Industrie 4.0 oder Konzepte wie Smart City das Potenzial, die industrielle Produktion ins Ruhrgebiet zurückzuholen?

Jörg Säger: Mit Sicherheit, wenn der Standort Ruhrgebiet so gefördert wird, dass sich viele junge Start-up-Unternehmen und IT-Unternehmen hier ansiedeln. Das Know-how ist vorhanden, auch wir profitieren bei der Rekrutierung unserer Mitarbeiter davon. Wir haben hier im Ruhrgebiet viele Hochschulen mit unterschiedlichen Schwerpunkten und viele Produktions- und IT-Firmen sowie viele Dienstleister, die das steuern könnten. Im Gegensatz zur früheren Montanindustrie wird die Wirtschaft wesentlich kleinteiliger und interdisziplinärer sein und pro Unternehmen viel weniger Mitarbeiter beschäftigen. Dazu werden auch additive Fertigungstechnologien wie der 3D-Druck beitragen, die das Zeug haben, die gesamte Wirtschaft zu revolutionieren.

Worauf müssen sich die Menschen einstellen, die in einer solch digitalisierten und weitgehend automatisierten Industrie arbeiten?

Jörg Kühnert: Es wird neue Aufgaben mit anderen Schwerpunkten und auch neue Berufe geben, nicht nur für Hochqualifizierte. Die Sorge, dass menschliche Arbeit durch Maschinen ersetzt wird, gibt es seit den Anfängen der Industrialisierung. Doch wir haben auch heute noch genug Arbeit, so wird es auch in Zukunft sein. Es wird sicherlich Menschen geben, die sich durch den schnellen technischen Wandel überfordert fühlen, weil die Evolution des Menschen mit diesem Tempo nicht Schritt halten kann. Diese Menschen müssen wir mitnehmen und darauf vorbereiten. Politik und Wirtschaft reden heute zwar viel über IT, Big Data, Vernetzung – die technische Seite der Entwicklung. Dass sich aber Arbeit und Arbeitsplätze verändern mit Folgen für die Menschen, wird dagegen nur selten thematisiert.

Welche Änderungen wird es in der Arbeitswelt geben?

Jörg Kühnert: Sie wird „teilzeitiger“, die Arbeitszeiten werden flexibler, die strikte Trennung von Arbeit und Freizeit wird sich immer mehr aufheben. Die neuen Medien machen es möglich, jederzeit und von überall aus zu arbeiten. Schichtarbeit, wie wir sie noch kennen, wird es nicht mehr geben. Auch die Beschäftigungsverhältnisse werden kurzfristiger, denn die Strukturen in Unternehmen ändern sich, Hierarchien werden flacher, Positionen gehen verloren, neue entstehen. Ein Leben lang bei einem Arbeitgeber beschäftigt zu sein, gehört dann endgültig der Ver-

gangenheit an. Viele junge Leute, die heute studieren oder eine Ausbildung machen, bringen diese Flexibilität und Offenheit bereits mit. Wenn wir als Arbeitgeber uns darauf einlassen und vorbereiten, besteht die Chance auf bessere Arbeit, die Spaß macht.

Wie könnte das konkret aussehen?

Jörg Säger: Wir als Arbeitgeber müssen uns an den Bedürfnissen der Mit-

arbeiter orientieren und attraktiv sein für künftige Bewerber. Das bedeutet, wir müssen nicht nur die Arbeitszeiten den individuellen Anforderungen der Mitarbeiter anpassen. Auch die Arbeitsgestaltung gehört dazu, ebenso soziale Leistungen, die über den klassischen Kanon hinausgehen. Im Zusammenhang mit unserem Anbau haben wir uns dieser Herausforderung gestellt: Wir haben ein Open-Space-Büro-

konzept geschaffen, in dem wir die verschiedenen Abteilungen – Entwickler, Vertrieb, Consultant und Support – interdisziplinär miteinander vernetzen. Darüber hinaus bieten wir unseren Mitarbeitern Firmenevents, Bereiche zum Zurückziehen, einen Kickerkasten und frisches Obst und Gemüse an.

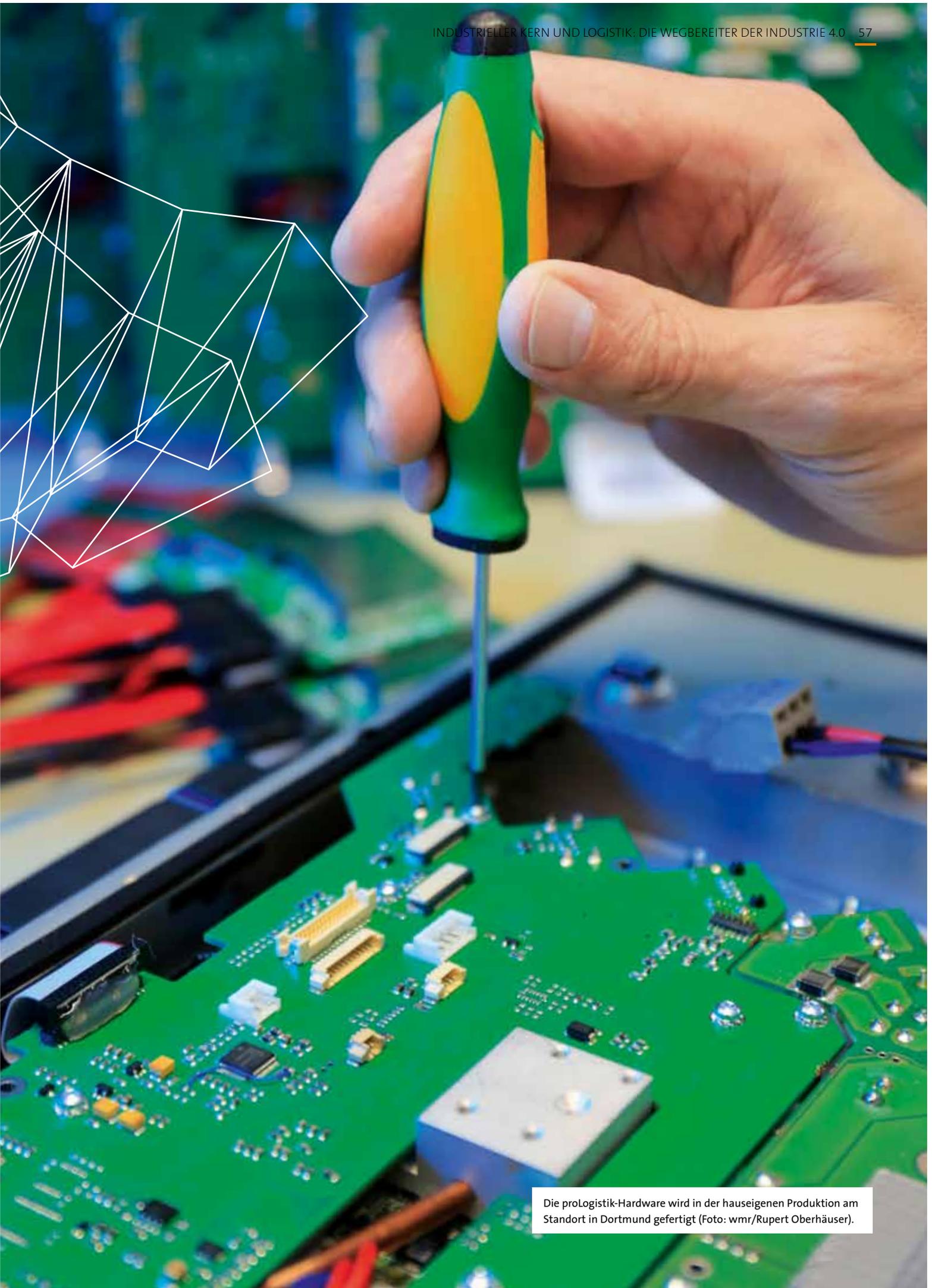
Die proLogistik GmbH

Die proLogistik GmbH + Co KG plant und realisiert seit über 30 Jahren Hard- und Software für intelligente Lagerverwaltungssysteme, mit denen intralogistische Prozesse wie der Materialfluss oder die Kommissionierung effizient gesteuert werden können. Weltweit kann das Dortmunder Unternehmen bereits auf mehr als 630 Installationen verweisen. Der Schwerpunkt der Aktivitäten liegt in Deutschland. Neben Standardlösungen bietet das Systemhaus spezielle Lösungen für die Branchen Lebensmittel, Baustoff, Sanitär, technischer und industrienaher Großhandel an. Softwaremodule für bestehende Systeme sowie selbst entwickelte Hardware – Industrie-PCs oder Voice-Clients – ergänzen das Produktportfolio. Mit der rasanten Entwicklung des Versandhandels und des Internetgeschäfts benötigen auch immer mehr kleinere Online-Händler, darunter auch viele Start-ups, die über große Plattformen ihre Ware vertreiben, eine professionelle Lagerverwaltung mit Online-Bestandsführung in Echtzeit, Multiorderkommissionierung und Retourenmanagement. Auch in dieser Branche gewinnt proLogistik zunehmend Kunden.



Zwar spielen Standortfaktoren für das Dortmunder Logistikunternehmen dank moderner Kommunikationstechnologien nicht mehr so eine große Rolle wie in der Vergangenheit. Doch die Metropole Ruhr bietet proLogistik nach eigenen Angaben Vorteile, die andere Regionen nicht vorweisen können: ein großes Angebot an qualifizierten Mitarbeitern, eine große Dichte an Hochschulen sowie Veranstaltungen und Messen. Zudem zeichnet die Region eine weltoffene Mentalität und Toleranz gegenüber anderen Kulturen aus, die gerade für global agierende Unternehmen wichtig ist.

www.prologistik.com



Die proLogistik-Hardware wird in der hauseigenen Produktion am Standort in Dortmund gefertigt (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).

Potenziale und Veränderungen durch Industrie 4.0

Für neue Industrie-4.0-Technologien gibt es in der Logistik eine ganze Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, die dazu beitragen, die größten Herausforderungen der Branche wie steigenden Kostendruck oder zunehmende Kundenanforderungen zu bewältigen. Dazu gehören autonome Fahrzeuge, der vernetzte Verkehr, intelligentes Behältermanagement, die Lager- und Intralogistik, die Robotik sowie das Echtzeitmonitoring. Besonders angeregt werden in der Branche auch mögliche Innovationssprünge im Zuge des 3D-Drucks diskutiert. Gerade diese additiven Fertigungsverfahren könnten die Arbeit der Logistikunternehmen von der physischen Logistik stärker in Richtung Informationslogistik verschieben. Das würde bedeuten, dass nicht mehr nur das Produkt, sondern vermehrt die Information zum Endkunden transportiert wird und dieser sich seine Bestellung auf Basis der gelieferten Information selbstständig ausdrückt.

Ortungssysteme und Logistiksoftware ausbauen

Für eine verbesserte Transparenz und zusätzliche Kommunikations- und Steuerungsmöglichkeiten der Transportabläufe sorgen Ortungssysteme und intelligente Logistiksoftware. Viele Logistikdienstleister wie etwa DHL oder UPS setzen diese Industrie-4.0-Technologien, die in die Fahrzeuge integriert werden, heute schon ein – auf regionalen, nationalen und internationalen Routen. Doch ihr Potenzial ist längst nicht ausgeschöpft, Einsatz und Technik sind noch ausbaufähig.

Verkehrsleitsysteme intelligent optimieren

Große Vorteile für das verkehrlich stark beanspruchte Ruhrgebiet bieten intelligente Fahrzeuge, die informationstechnisch vernetzt kommunizieren können. Die informationstechnische Vernetzung ist die nächste Stufe auf dem Weg zum autonomen Fahren. Zunächst werden die Funktionen des Fahrzeugs mithilfe von Sensorik, Aktorik und Steuergeräten erweitert (Embedded-Ebene), anschließend wird die Kommunikation dieser nunmehr intelligenten Fahrzeuge ermöglicht (Connected-Ebene). Werden die Informationen aller Fahrzeuge in Echtzeit an ein Gesamtsystem übermittelt und dort verarbeitet, entstehen umfassende Möglichkeiten, Verkehr und Logistik zu gestalten. Durch Echtzeitinformationen über bestehende Verkehrsbelastungen oder Störungen können Routenführungen intelligent optimiert und durch ebenfalls in die Kommunikation eingebundene Verkehrsleitsysteme gesteuert werden. Das Mi-

nisterium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen kündigte im Juni 2015 an, dass NRW zukünftig führender Standort für automatisiertes und vernetztes Fahren werden soll (MIWF NRW 2015).

Smarte Fahrzeuge erhöhen Verkehrssicherheit

Mehr Verkehrssicherheit und effizienteren Kraftstoffverbrauch verspricht die Car-to-Car- bzw. Car-to-X-Kommunikation, ein Spezialgebiet des autonomen und vernetzten Fahrens. Smarte Fahrzeuge kommunizieren dabei zum einen mit einer ebenfalls intelligent ausgestatteten Verkehrsinfrastruktur und zum anderen miteinander. Das Verfahren ermöglicht etwa geringere Abstände zwischen den Fahrzeugen, aus denen dann Effizienzgewinne resultieren (vgl. Zweck et al. 2015: 106 f.). Das Land Nordrhein-Westfalen fördert im Rahmen des Förderwettbewerbs Automotive NRW das Leitprojekt „Connected-Car™ (IMST 2015), an dem u. a. das Fraunhofer-Institut IMS Duisburg, der Lehrstuhl für Kommunikationstechnik der TU Dortmund sowie der Lehrstuhl für Physik von Transport und Verkehr der Universität Duisburg-Essen beteiligt sind.

Intelligente Behälter, die mitdenken

Schon heute lassen sich inner- und außerbetriebliche Verkehrsflüsse durch Remote-Tracking-Systeme (Fernüberwachung), mit denen Transportgüter, etwa ISO-Container, ausgerüstet sind, effizienter gestalten. Vor allem dann, wenn sie mit Cloud-basierten Lösungen kombiniert werden. Darüber hinaus werden Modelle erprobt, in denen die Routen von Lieferfahrzeugen auf der letzten Meile tagesaktuell angepasst werden – abhängig vom Zielort der jeweils geladenen Pakete. Noch weiter in puncto Internet der Dinge ist der intelligente Behälter inBin, den das Fraunhofer IML entwickelt hat. Der energieautarke Behälter – er holt sich seine Energie aus der Umgebung über spezielle Solarzellen – kommuniziert mit Menschen und Maschinen und trifft eigenständig Entscheidungen. Der inBin kann den kompletten Kommissioniervorgang selbstständig leiten und kontrollieren (Fraunhofer IML 2015: inBin).

Materialflüsse in Echtzeit verfolgen

Zu einer weiteren Optimierung der Wertschöpfungskette (Supply Chain) trägt auch die Ausstattung von Ladungsträgern mit smarten Sensoren, RFID-Chips (Radio-Frequency-Identification-Chip) etc. bei. Materialflüsse bis hin zur



Für die intelligente Fabrik ist Interaktion zwischen den Dingen eine wesentliche Voraussetzung (Foto: Fraunhofer IML).

Losgröße 1 können damit transparent gemacht werden, und der Transportstatus eines Produkts wird dadurch noch besser abruf- und nachverfolgbar. Eine pragmatische und auch für kleinere Unternehmen anwendbare Lösung hat das Fraunhofer IML entwickelt – gemeinsam mit der Würth Industrie Service GmbH & Co. KG: Das iDisplay ist ein multifunktionales, digitales Etikett, das an einer zum Patent angemeldeten Regalschiene befestigt wird. Über eine dazugehörige App wird dann die Position eines in diesem Regal abgestellten Behälters an das Warenwirtschaftssystem übermittelt. Durch den transparenten Daten- und Informationsaustausch über die App entsteht ein mobiles Management, das automatisiert und sicher ist und somit weniger Fehler aufweist. C-Teile sind Schrauben, Muttern etc., die für die Produktion unverzichtbar sind, aber eine untergeordnete Rolle spielen (Fraunhofer IML 2015: iDisplay).

Ein Dienst zur Echtzeitverfolgung von Ladungsträgern wurde im Forschungsprojekt „smart reusable Transport Items“ (smaRTI) des EffizienzClusters LogistikRuhr entwickelt, der einen intelligenten Materialfluss ermöglicht. Die Ladungsträger suchen sich dabei selbstständig ihren Weg durch das logistische Netzwerk. Mit einem Kreislauf von 5.000 intelligenten smaRTI-Paletten ist es im Bereich der Handelslogistik bereits gelungen, ein kleines Internet der Dinge Wirklichkeit werden zu lassen.

Disposition in globalen Lieferketten

Eine große Chance, alle wichtigen Informationen für die Gestaltung, Planung und Steuerung logistischer Prozesse in Echtzeit zu erhalten und zu bewerten, bieten logistische Assistenzsysteme (LAS). Sie sammeln Daten aus unterschiedlichen Quellen – etwa aus Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP-Systemen) oder Sensordaten –, die für die Bewältigung logistischer Aufgaben wichtig sind, und bringen sie zusammen. Stichwort: Maschine-zu-Maschine-Kommunikation. Aus den gewonnenen Daten lassen sich über bestimmte Simulationsverfahren Szenarien entwerfen, mit denen komplexere Aufgaben und Entscheidungen des Menschen unterstützt werden. Ein Beispiel: Mit „ECO2LAS – Ökologische Disposition in globalen Lieferketten“ von Fraunhofer IML und Volkswagen Nutzfahrzeuge kann man globale Lieferketten in der Automobilindustrie nachvollziehen – von einem Kontinent zum anderen sowie vom Zulieferer bis zum Endmonteur. Für diese innovative Entwicklung erhielt ECO2LAS 2011 den [elog@istics award](mailto:elog@istics.award).

3D-Druck entmaterialisiert Logistik

Auch neue Fertigungsverfahren der Industrie 4.0, insbesondere der 3D-Druck, können logistische Prozesse grundlegend revolutionieren. Die Technik reduziert die Anzahl der Produktionsschritte massiv und birgt die Möglichkeit einer entmaterialisierten Logistik. Am Lehrstuhl für Fertigungstechnik der Universität Duisburg-Essen wurde 2005 das Rapid Technology Center eingerichtet, an dem Wissenschaftler neue Anwendungsfelder generativer bzw. additiver Fertigungsverfahren erforschen. Diese technologischen Entwicklungen können die bestehenden Geschäfts- und Organisationsmodelle in der Logistik umfassend verändern. Neben der Auslieferung von Rohmaterialien und Endprodukten könnte die Branche künftig möglicherweise auch den Betrieb regionaler Fertigungsstätten (3D-Druck) übernehmen. Hier bestehen umfassende Potenziale zur Reduktion von Lager- und Transportkosten sowie von CO₂-Emissionen.

Big Data unterstützt Informationslogistik

In einer entmaterialisierten Informationslogistik beinhaltet der logistische Prozess die Übertragung einer wertvollen Information. Big-Data-Technologien sind eine wesentliche Grundlage, um die immens steigenden Datenmengen zu bewältigen und Informationen für Prozessoptimierungen zu nutzen. Besondere Kompetenzträger in der Metropole Ruhr sind hier der Lehrstuhl für Informationslogistik an der Universität Duisburg-Essen und das Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST.

Logistik als wesentliches Element von Smart-City-Konzepten

Innerhalb von Smart-City-Konzepten nimmt die Logistik 4.0 einen besonderen Stellenwert ein, da sie einen wesentlichen Beitrag zu einem nachhaltigen Wirtschaftssystem leisten kann (Krumme 2015: 61). So ist etwa die Optimierung der Logistikprozesse ein wesentliches Element, Ressourceneffizienz zu steigern und Emissionen zu verringern. In der Metropole Ruhr sind verschiedene Projekte im Rahmen des EffizienzClusters LogistikRuhr mit Projekten für die Gestaltung einer Smart City befasst. Anwendungsbeispiele aus der Welt der Smart City sind u. a. kooperativ organisierte, innerstädtische Verteilungssysteme oder intelligente Behälter mit autarker Energieversorgung (Energy Harvesting) (vgl. VDI 2014: 19). Ein wichtiges Projekt ist in diesem Kontext auch die InnovationCity Ruhr in Bottrop.

EffizienzCluster LogistikRuhr



Der EffizienzCluster LogistikRuhr, das größte Logistikforschungs- und Innovationscluster in Europa, ging 2010 als Gewinner aus dem Spitzencluster-Wettbewerb der Bundesregierung hervor. Mehr als 180 Unternehmen und über 20 wissenschaftliche Einrichtungen sowie zahlreiche Umfeldakteure gehören zum Netzwerk. Die EffizienzCluster Management GmbH versteht sich heute als Knotenpunkt und Drehscheibe für nationale und internationale Forschungs- und Innovationsprojekte. Zu ihren Leistungen gehören die Beratung und Begleitung von Unternehmen bei der Suche nach passgenauen Forschungs- und Innovationsprojekten. Aus den 30 Forschungsprojekten des Spitzencluster-Wettbewerbs stehen Unternehmen mehr als 100 „Bausteine für eine effiziente Logistik“ zur Verfügung, die sich als Keimzellen und Grundlagen für innovative Produkte und Dienstleistungen verstehen. Zu den Leitthemen gehören unter anderem wandelbare Logistiksysteme, Logistics-as-a-Service, Güterverkehrsmanagement, Umwelt im Fokus und urbane Versorgung. Insbesondere die beiden letztgenannten Themen stehen im Kontext einer Smart City.

Das Verbundprojekt „Green Logistics“ etwa hat Ansatzpunkte und Potenziale für ökoeffizientere Logistikdienstleistungen sowie alternative Gestaltungsmöglichkeiten für eine grünere Logistik untersucht. Damit stehen zahlreiche Empfehlungen für Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in den Bereichen Transport, Logistikimmobilie und Intralogistik zur Verfügung, u. a. für eine ökoeffiziente Tourenplanung von Kurier-, Express- und Paketdienstleistern in der Stadt. Die Projektkoordination oblag dem Fraunhofer IML. Projektpartner waren u. a. das Wuppertal Institut für Klima und Energie, UPS, der TÜV Rheinland, die Deutsche Post und DB Schenker. Zahlreiche weitere Verbundprojekte haben ebenfalls einen entscheidenden Beitrag zur Umwelt- und Ressourcenschonung geleistet und tragen dazu bei, die individuelle Versorgung der Menschen mit Gütern und Dienstleistungen auch in urbanen Räumen zu sichern. Hierzu zählt zum Beispiel das Projekt „Urban Retail Logistics“, in dem ein Urban Hub als zentraler Bündelungspunkt für die logistische Abwicklung von Warenströmen konzipiert wurde.

Daneben existieren innerhalb des EffizienzClusters LogistikRuhr weitere Projekte aus dem Kontext einer Smart City. Hierzu zählt zum Beispiel das Projekt „Urban Retail Logistics“.

Die Technologie- und Methodentrends in den Bereichen Industrie 4.0, Internet der Dinge und Cyber-Physische Systeme (CPS) gestaltet das EffizienzCluster LogistikRuhr in seinen vielfältigen Forschungs- und Innovationsprojekten mit. Dazu gehören Leittechnologien wie Cloud, Mobile Devices, webbasierte Plattformen, Sensorik sowie Lokalisierung/AutoID und Leitmethoden wie Prozessdesign, serviceorientierte Architektur, Szenarientechnik, Potenzialanalyse oder Mustererkennung.

Im Verbundprojekt „Hub2Move“ des EffizienzClusters LogistikRuhr wurde ein System- und Betriebskonzept für ein bewegliches Lager entwickelt, das eine Kombination aus physischen und virtuellen Gewerken bzw. Diensten repräsentiert. Dazu gehören grundlegende Lösungen zur Dezentralisierung von Fördertechnik, zur IT-Unterstützung, zum Transportauftragsmanagement und zur Koordination verschiedenartiger Fahrzeugsysteme. Wichtige Elemente der technologischen Entwicklung ist die Koordination zellularer Transportsysteme und autonomer Flurförderzeuge. Die Forscher des assoziierten Projekts „InventAIRy – Identifikation mit autonomen Flugrobotern“ konzipieren und realisieren derzeit ein autonomes Flugrobotersystem, das sich selbst steuert und über intelligente Netze mit anderen Objekten und Systemen kommunizieren kann. Ziel sind Inventuren aus der Luft in Indoor- und Outdoor-Lagern.

Logistik 4.0

Den technologischen Wandel mitgestalten



Dr. Stephan Peters ist seit 2009 Vorstandsmitglied der Rhenus SE & Co. KG und dort u. a. verantwortlich für die Spezialnetzwerke, High-tech-Transporte, Home Delivery sowie den Landverkehr. Von 2000 bis 2009 war er Geschäftsführer beim Dokumentenmanagement-spezialisten Rhenus Office Systems.

Herr Dr. Peters, was hat ein Logistikdienstleister wie die Rhenus-Gruppe mit der digitalen Wirtschaft zu tun, im engeren Sinne mit dem Thema Industrie 4.0?

Dr. Peters: Sinn und Zweck von Digitalisierung und Industrie 4.0 sind letztlich schlankere und flexiblere Systeme. Genau dazu tragen wir als Logistikdienstleister schon seit Jahren bei, vor allem in einem unserer Hauptfelder, dem Supply Chain Management – der optimierten Interaktion von Waren und Information entlang der Produktionskette vom Rohstoff bis zum Fertigprodukt. Mit unseren Lösungen fördern wir die Flexibilität und Transparenz innerhalb der Wertschöpfungsketten. Dazu ein Beispiel: Aktuell übernehmen wir für einen Farben- und Lackhersteller die Produktindividualisierung am Ende der Fertigungskette. Wir mischen die Lacke orientiert an der kurzfristigen Nachfrage. Alles, was per Express bis 14 Uhr bestellt ist, geht noch am selben Tag raus. Und unser Kunde kann sich auf die Produktion hoher Stückzahlen konzentrieren. Von daher sind wir als Logistikdienstleister der natürliche An-

sprechpartner für die Anforderungen einer digitalen Wirtschaft.

Das heißt, Sie kooperieren ganz konkret mit Industrieunternehmen, die in der Industrie-4.0.-Welt bereits angekommen sind. Das sind aber bei Weitem noch nicht alle.

Dr. Peters: Tatsächlich ist die Welt da draußen viel weiter, als wir das gemeinhin wahrnehmen. Auch da, wo wir es gar nicht erwarten – etwa im Krankenhausumfeld. Bereits im sechsten Jahr organisieren wir für ein Uniklinikum die komplette Inhouse-Logistik mit über 1.000 Transporten am Tag: Patienten, Betten oder Essen. Dafür haben wir einen Leitstand aufgesetzt, der nur noch von einer Person bedient wird. Das System ist angelernt, komplett automatisiert. Der Computer etwa priorisiert, ob ein Fahrstuhl für einen gerade eintreffenden Notfall oder für den Essenstransport verwendet wird. Der Mensch überwacht die Technik und greift nur noch bei Störungen ein. Selbst wenn er eingreift, hätte der Computer in fast 50 % der Fälle die bessere Entscheidung getroffen. Externe

Logistikzentren und Inhouse-Lösungen für Krankenhäuser betreiben wir seit 15 Jahren über eine eigene Geschäftseinheit.

Wenn Digitalisierung und Automatisierung in dieser Form weiter voranschreiten, welche Qualifikationen benötigen Mitarbeiter dann künftig noch?

Dr. Peters: Sie müssen gut ausgebildet sein. Schließlich muss der Mitarbeiter in unserem Beispiel die Technik aufsetzen, überwachen, verstehen und im Notfall auch eingreifen können. Auch die Mitarbeiter, die in unseren externen Logistikzentren die Krankenhäuser vier Mal am Tag mit allem versorgen, was sie brauchen, dürfen keine Fehler machen. Anhand des OP-Plans müssen sie die richtige Schraube für das Kniegelenk liefern. Auch solche Mitarbeiter brauchen eine gute Ausbildung. Das bloße Ausführen reicht nicht mehr. Zudem sind heute bereits alle Mitarbeiter angehalten, ständig an höherer Qualität und Effizienz mitzuwirken – immer im Dialog mit dem Kunden.

Was bedeutet das für die Qualifikationsstruktur in Ihrem Unternehmen?

Dr. Peters: Derzeit sind noch zwei Drittel unserer Belegschaft sogenannte Blue-Collar-Worker. Das wird sich mit zunehmender Automatisierung und Digitalisierung ändern. Dann brauchen wir noch mehr IT- und Logistikspezialisten, die an unserem zentralen IT-Campus nicht nur für eine stabile und sichere Corporate IT sorgen, sondern auch digitale Anwendungssysteme wie etwa für die Steuerung und Optimierung von Verkehrsnetzen entwickeln und betreiben. Dazu wird die Kombination von Prozess- und Projektmanagement in Verbindung mit Branchen-Know-how immer wichtiger. Insgesamt brauchen wir Mitarbeiter, die mitwirken, teamfähig sind und Verantwortung in vorgegebenen Entscheidungskorridoren übernehmen. Auf der anderen Seite werden einfache Montagearbeiten auch in der Logistik in Zukunft durch Roboter ersetzt.

Wie wird sich diese Entwicklung fortsetzen, wenn wir einmal fünf, zehn Jahre vorausschauen?

Dr. Peters: Es wird einen fundamentalen Wandel geben, zum Teil auch eine Rückwärtsbewegung der Globalisierung. Aus zwei Gründen: Wenn Roboter künftig 30 bis 40% der einfacheren Tätigkeiten übernehmen, fallen die höheren Lohnkosten in Deutschland nicht mehr so stark ins Gewicht. Dazu kommt die Entwicklung des 3D-Drucks, der derzeit nur für hochpreisige High-End-Bereiche wie die Medizin- oder die Luft- und Raumfahrttechnik interessant ist. Sobald aber Volumen, also Schnelligkeit, dazukommt, werden die Stückkosten entsprechend sinken und

die Technik wird auch für andere Produktionsbereiche interessant. Und die Produktion kommt auf einmal dahin, wo der Konsument ist. Das bedeutet auch: Produktionsprozesse verschieben sich mehr und mehr zum Endkunden hin. Dieser bestimmt immer stärker, wie ein Produkt und der dazugehörige Service aussehen werden. Individualisierung ist der große Trend, den die Industrie 4.0 überhaupt erst möglich macht.

Welche Innovationen kann die Logistik zu dieser Entwicklung beisteuern?

Dr. Peters: Unsere Forschung und Entwicklung findet mit und beim Kunden statt. Je stärker wir in Wertschöpfungsketten oder auch in die

„Wir müssen uns auf diesen tiefgreifenden Wandel einlassen, ihn mitgestalten, diejenigen sein, die die Technologien entwickeln, sie schneller einsetzen als andere, aber auch kurzfristige Einbußen akzeptieren.“

Produktionsprozesse eingebunden sind, desto mehr können wir dazu beitragen, hochkomplexe logistische Abläufe durch individuelle Lösungen für Beschaffung, Produktion und Distribution zu optimieren. Wir haben einen großen Vorteil, wir haben die Informationen und Daten – Stichwort: Big Data – über Stückzahlen und Warenflüsse, wir kennen die Liege- und Transportzeiten in Extremsituationen, im Jahresdurchschnitt und -verlauf. Das heißt, neben der physischen Logistik verschiebt sich unsere Arbeit immer mehr in Richtung Informationslogistik. Hier können wir einen großen Beitrag leisten, daraus Lösungen und Projekte

generieren und an Innovationen unserer Kunden mitwirken. Dabei müssen wir agil und flexibel bleiben, denn Unternehmensbeziehungen werden kurzlebiger, Vertragslaufzeiten kürzer.

Was sind die zentralen Hemmnisse auf diesem Weg?

Dr. Peters: Aufzuhalten ist diese Entwicklung nicht. Aber es gibt durchaus Hemmnisse. Sie betreffen die Datenhoheit und den Datenschutz. Dabei geht es vor allem um die Frage, wie ich die Souveränität über meine behalte. Aber auch Datensicherheit ist ein großes Thema, ebenso rechtliche Regelungen in Schadensfällen, die durch die Technik verursacht worden sind. Ein weiteres Problem besteht in der Trans-

parenz. Gerade kleinere und mittlere Unternehmen befürchten Nachteile und Kontrollverlust, wenn sie zu viele Daten preisgeben.

Und wie sehen die Chancen für den Industriestandort Deutschland aus und das industriegeprägte Ruhrgebiet?

Dr. Peters: Wir müssen uns auf diesen tiefgreifenden Wandel einlassen, ihn mitgestalten, diejenigen sein, die die Technologien entwickeln, sie schneller einsetzen als andere, aber auch kurzfristige Einbußen akzeptieren. Sonst besteht die Gefahr, dass Deutschland und Europa von Asien wirtschaftlich abgehängt werden. Gerade das Ruhr-

gebiet hat in den letzten Jahrzehnten Wandelbarkeit gezeigt, Technologien abgegeben wie Kohle und Stahl, Opel und Nokia und ist für eine solche Entwicklung gut gerüstet. Zumal hier in der Metropole Ruhr viel Know-how an den Hochschulen vorhanden ist, um die Hard- und Software für die Industrie 4.0 und die Logistik 4.0 zu entwickeln. Gerade wir Logistiker finden im Ruhrgebiet gut ausgebildete Fachkräfte. Arbeitsplätze wird es bei uns vor allem am Anfang der Wertschöpfungskette geben, dort, wo Design, Konfiguration und Technologie entwickelt werden. Aber auch am Ende der Kette, wenn es darum geht, die Produkte für den Kunden individuell nutzbar zu machen.



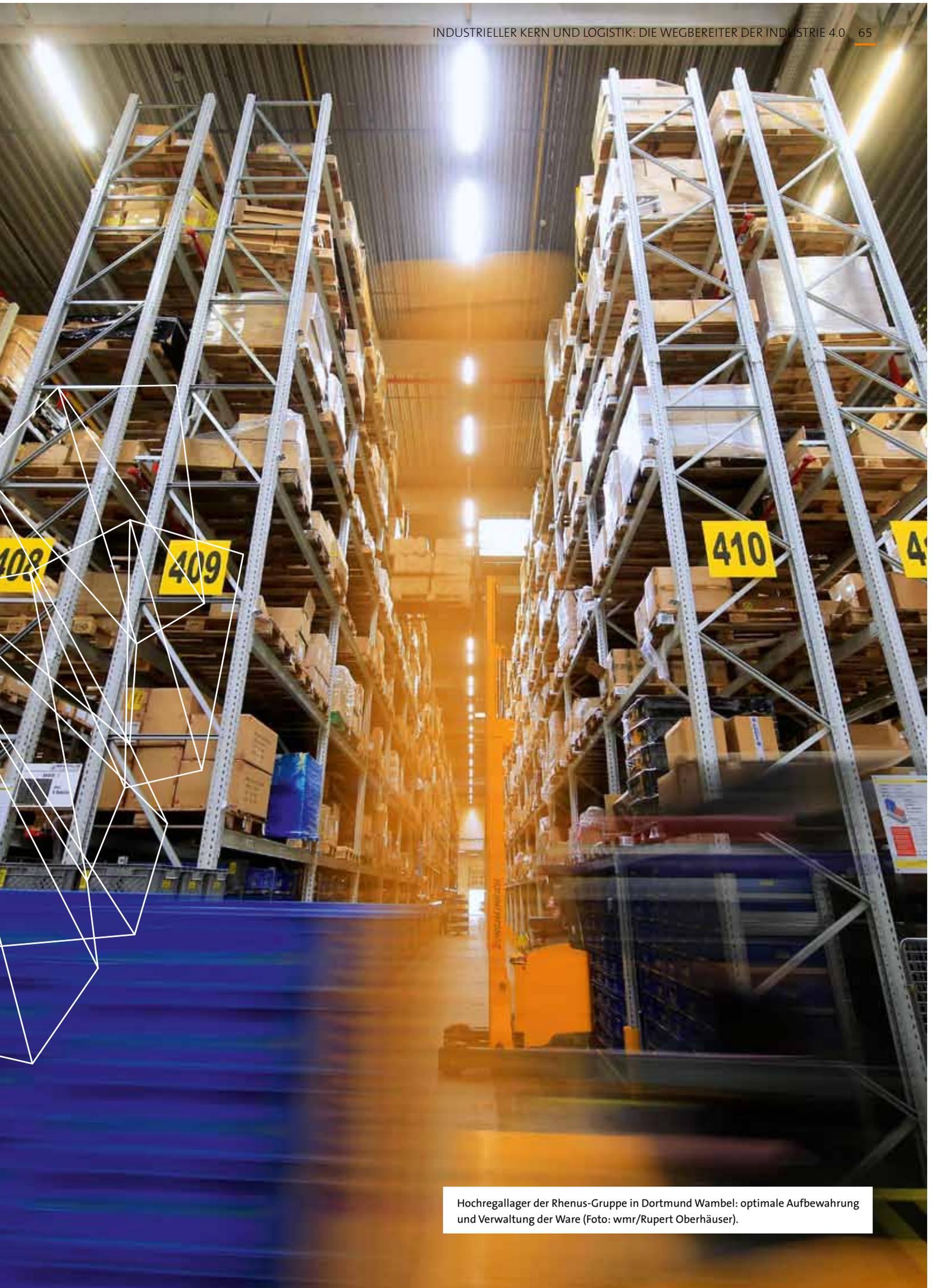
Am Logistikstandort in Dortmund (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).

Rhenus SE, Holzwickede

Die Rhenus-Gruppe ist ein Logistikdienstleister mit 460 Standorten weltweit, aber überwiegend in Europa und Asien vertreten. Das Unternehmen teilt sich auf in vier Geschäftsbereiche: Contract Logistics, Freight Logistics, Port Logistics und Public Transport. Die Rhenus-Gruppe bietet nicht nur verschiedene logistische Produkte an, sondern versteht sich darüber hinaus als Wertschöpfungspartner des Kunden. Als solcher optimieren über 25.000 Mitarbeiter gemeinsam mit den Kunden alle logistischen Abläufe entlang der Supply Chain. Und weil jeder Auftraggeber, jede Ware und jede Anforderung anders ist, bietet Rhenus nicht nur standardisierte Lösungen an, sondern setzt einzelne logistische Produkte auf Wunsch so zusammen, dass sie maßgeschneidert auf die individuellen Bedürfnisse des Kunden passen. Die Rhenus-Gruppe ist dezentral aufgestellt und hat ihren Hauptsitz in Holzwickede. In der Metropole Ruhr ist das Unternehmen an mehreren Standorten über alle Geschäftsbereiche hinweg vertreten. 1912 als Binnenschiffahrtsunternehmen gegründet, gehört Rhenus (lat. für Rhein) nach mehreren Eigentümerwechseln seit 1998 zur RETHMANN-Gruppe, einem in Selm ansässigen, familiengeführten Unternehmen.



www.de.rhenus.com



Hochregallager der Rhenus-Gruppe in Dortmund Wambel: optimale Aufbewahrung und Verwaltung der Ware (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).

Die Zukunft der Logistik

Die Metropole Ruhr verfügt im Bereich der Logistik über vielfältige und hochkarätige Kompetenzen und Potenziale und damit über gute Chancen, innovative Entwicklungen voranzutreiben. Dies manifestiert sich zum einen in einer Vielzahl großer und kleiner bedeutender Logistikunternehmen sowie gut ausgebildeten Fachkräften auf allen Qualifikationsebenen, die als Treiber neuer Entwicklungen gesehen werden. Hinzu kommt eine dichte Forschungslandschaft mit renommierten universitären und außeruniversitären Instituten. Das Wissen ist vorhanden, ebenso wie die Innovationsfähigkeit der Branche. Gerade im Ruhrgebiet kann die Logistik dazu beitragen, die Wirtschaft mithilfe ihrer Prozesse neu zu gestalten (vgl. Verbeek et al. 2013: 7).

Höhere Anforderungen an Qualifikationen

In diesem Zusammenhang fordern die Experten, wissenschaftliche Disziplinen besser zu vernetzen und das gegenseitige Lernen zu intensivieren. Dabei gilt es insbesondere den Schulterschluss mit der IT-Branche zu stärken. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Qualifikation. Es wird mehr Zusammenarbeit, Miteinander und Teamfähigkeit brauchen, um Entwicklungsimpulse zu generieren und die benötigte Flexibilität zu erreichen. Mit dem Anspruch einer Logistik 4.0 gilt es daher, die bestehenden Kooperationen in der Metropole Ruhr weiter auszubauen, Verbünde zu stärken sowie den Austausch der Akteure unter Einbezug der Industrie 4.0 zu fördern.

Rückkehr der Produktion

Mittelfristig werden die neuen Technologien der Industrie 4.0 die Logistik stark verändern, prognostizieren Experten: Das Transportaufkommen geht zurück, die heute üblichen Transportwege, bei denen ein Produkt wegen niedriger Lohnkosten einmal um die halbe Welt geschickt wird, verkürzen sich deutlich. Denn zunehmende Automatisierung und Robotik sorgen für eine Revitalisierung der Produktion am Standort Deutschland und für eine Abschwächung der Internationalisierung. Der Grund: Globale Lohnkostenunterschiede fallen unter diesen Voraussetzungen weniger ins Gewicht. Darüber hinaus begünstigen hochgradig optimier-

te Logistikprozesse zusätzliche Kostenvorteile. Gleichzeitig verringern auch kürzere Lieferfristen im Zuge einer hochflexibilisierten und getakteten Produktion („Same Day“) die Transportwege. Längere Transporte entlang der Wertschöpfungskette lohnen sich dann nicht mehr. Auch neue Produktionskonzepte im Kontext des Urban und Green Manufacturing sowie der 3D-Druck erlauben perspektivisch eine kundennahe Produktion. Produktion und Logistik werden damit wieder nah am Markt und selbst in hochverdichteten Räumen wie der Metropole Ruhr realisierbar.

Beitrag zu Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit

Durch erhöhte Transporteffizienz, Routenoptimierung und die Vermeidung von unnötigen Transportwegen kann die Logistik zudem einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele und zur Verbesserung der Lebensqualität leisten. Die Branche ist heute für 5,5 % der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich (Fraunhofer IML). Gerade im Kontext von Smart-City-Konzepten könnte die Branche daher eine gestaltende Vorreiterrolle übernehmen. Dank der Anwendung innovativer Industrie-4.0-Technologien kann sich die Logistik bei den Themen Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit neu positionieren.

Stärkere Orientierung am Endkunden

Zudem erfährt die Logistik eine grundlegend neue Serviceorientierung. Die zunehmende Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien versetzen den Kunden in die Lage, logistische Prozesse wie etwa Bestell-, Kauf- oder Liefervorgänge verstärkt selbst zu gestalten, zu überwachen und zu steuern. Daraus resultieren neben umfassenden Veränderungen des Produktportfolios auch wichtige Innovationsschübe für die gesamte Prozesskette der Logistik. Dabei forciert der Endkunde die Entwicklung innovativer Lösungen. Letztlich wird sich die Logistik im Zuge von Industrie 4.0 zu einer hybriden Dienstleistung entwickeln, die Transport, Planung, Organisation und Steuerung mit informationstechnischen Diensten und Wissensmanagement verbindet.

Fazit

Logistik und Industrie sind zwei bedeutende Branchen der Metropole Ruhr. Die Logistik hat sich unter den Rahmenbedingungen der traditionellen Industriekulisse überdurchschnittlich gut entwickeln können. Rund ein Drittel aller deutschen Logistikunternehmen sind im Ruhrgebiet ansässig. Außer über renommierte Unternehmen verfügt das Ruhrgebiet auch über herausragende wissenschaftliche Potenziale. Als weiterer Standortvorteil ist darüber hinaus die große räumliche Nähe zwischen den Akteuren zu nennen. Die Experten sind sich einig, dass das Internet der Dinge und die Industrie 4.0 sowohl den Industriellen Kern als auch die Logistik grundlegend verändern werden. Wegen der bereits etablierten Transformationskultur hat das Ruhrgebiet große Chancen, die neuen Gestaltungsspielräume für sich auch zu nutzen.

Führende Rolle bei Entwicklung neuer Technologien

Logistik und die industrielle Produktion sind bereits heute eng miteinander verzahnt. Beide Branchen sind trotzdem

Bei konsequenter Weiterentwicklung und Implementierung der Technologien kann die Metropole Ruhr zu einer führenden Region im Bereich intelligenter und nachhaltiger Wirtschafts- und Logistikprozesse werden.

weiterhin gefordert, ihre Prozesse neu zu strukturieren und aufeinander abzustimmen. Als Intermediäre zwischen verschiedenen Branchen kann die Logistik die Diffusion der

Technologien in andere Branchen, etwa in die Gesundheitswirtschaft, forcieren. Die Metropole Ruhr verfügt bereits über vielfältige Anknüpfungspunkte in der Forschung und Entwicklung. Die bestehenden Erfahrungen und Konzepte gilt es nunmehr pragmatisch für die Wirtschaft und hier vor allem für den Mittelstand zu erschließen.

Sowohl für die Industrie als auch für die Logistik ergeben sich mit der Industrie-4.0-Entwicklung enorme Einsparungs- und Optimierungspotenziale. Bei konsequenter Weiterentwicklung und Implementierung der Technologien kann die Metropole Ruhr zu einer führenden Region im Bereich intelligenter und nachhaltiger Wirtschafts- und Logistikprozesse werden.

Vorreiter für die Gestaltung urbaner Räume

Neben möglichen Wettbewerbsvorteilen für die regionalen Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Metropole Ruhr bringt die Industrie 4.0 darüber hinaus Chancen, die Lebensqualität eines der größten europäischen Ballungsräume langfristig zu verbessern. Außer den ökonomischen Vorteilen eines Wandels durch die Industrie 4.0 sollten daher auch ökologische und soziale Aspekte für die Region berücksichtigt werden.

Unter dieser Voraussetzung kann die Metropole Ruhr eine internationale Vorreiterrolle für die Gestaltung vergleichbarer urbaner Räume einnehmen.



DIE ARBEITSWELT: UMBRÜCHE UND EFFEKTE

Große Ideen auf Lager: Die WMH GROUP GERMANY liefert erstklassige Produkte aus Aluminium – für die Luft- und Raumfahrtindustrie sowie für andere Branchen. Dank seinem vollautomatischen Hochregallager, das die Just-in-time-Produktion ermöglicht, spielt das Essener Unternehmen international ganz oben mit. Der Innovationsschub des Unternehmens steht beispielhaft für die Innovationskraft der Region (Foto: WMH/Rupert Oberhäuser).



Industrie 4.0 verändert nicht nur die Produktionsprozesse in der Metropole Ruhr, sondern wirkt sich auch in vielfältiger Weise auf die Arbeitswelt aus. Digitale Technologien beeinflussen das Beschäftigungsniveau, die Qualität und Organisation betrieblicher Arbeit und haben Folgen für die Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern. Dabei sind die Veränderungen nie einseitig: Denn viele Potenziale, die sich aus der Neugestaltung und Weiterentwicklung der Arbeit und ihrer Prozesse ergeben, bergen zugleich auch erhebliche Risiken. So gibt es eine Reihe von Chancen für eine neue, bessere Arbeitswelt, die für die Beschäftigten eine größtmögliche Flexibilität mit sich bringt. Auf der anderen Seite entsteht jedoch die Erwartungshaltung, dass Arbeitnehmer ständig verfügbar und erreichbar sein sollten. Stichwort: Entgrenzung der Arbeit.

>>

In dieser Art gibt es weitere Doppelleffekte: So resultieren aus der zunehmenden Automatisierung steigende Anforderungen an qualifizierte Facharbeiter, die Betriebe künftig in ihren Aus- und Weiterbildungsprogrammen berücksichtigen müssen (Neumann 2014). Gleichzeitig kommt es zu Rationalisierungseffekten: Taktgebundene Tätigkeiten werden in den nächsten Jahren weitgehend von Robotern übernommen, Arbeitsplätze mit geringen Qualifikationsanforderungen gehen verloren. Auch eine effizientere Organisation der Wertschöpfung – etwa durch stärkere Vernetzung der Unternehmen – und flexiblere Prozesse hinsichtlich Zeit, Qualität und Kosten können Rationalisierungen auslösen (Geissbauer et al. 2014). Negative Folgen für die Beschäftigung bewirken auch neue Formen der Arbeitsorganisation: Durch Cloud-Technologien wird es möglich, global vorhandene Wissenspotenziale optimal auszuschöpfen. Das bedeutet: Fest angestellte Facharbeiter konkurrieren verstärkt mit freien Mitarbeitern im globalen Netz.

verteilte Informationen, Ressourcen und Märkte leichter zu erschließen oder individualisierte Berufs- und Arbeitszeitmodelle zu realisieren. Es gibt aber auch die andere Seite der Medaille. Und hier besteht Handlungsbedarf auf gleich mehreren Ebenen, um die negativen Auswirkungen des digitalen Wandels abzufedern. Handlungsbedarf gibt es bei der Entgrenzung und Polarisierung der Arbeit, beim Datenschutz oder der Eindämmung von Kontrollpotenzialen am Arbeitsplatz. Aber auch Aus- und Weiterbildungsangebote sowie die betriebliche Mitbestimmung müssen weiterentwickelt und angepasst werden (vgl. Buhr 2015: 18; Cichy et al. 2014: 17). Diese Herausforderungen sollten auf den verschiedenen Handlungsebenen durch regulative Maßnahmen bewältigt werden, die gute digitale Arbeit gestalten. Darüber hinaus müssen Lösungen auf der Basis von Aushandlungsprozessen generiert werden (Kuhlmann und Schumann 2015).

Regelungen für gute digitale Arbeit

Informationstechnologien machen neue Formen der Zusammenarbeit möglich und den Einsatz intelligenter Tools und Assistenzsysteme. Diese tragen dazu bei, global

Abb. 5: Wandel der Arbeit im Kontext der Industrie 4.0



Einfache Jobs fallen weg, qualifizierte Arbeit entsteht

Ob der digitale Wandel das Beschäftigungsniveau im Ruhrgebiet heben oder senken wird, hängt davon, wie stark die Effekte sind, die die Veränderung durch Cyber-Physische Systeme, additive Verfahren oder Cloud-Technologien auslöst. Entweder entstehen in der Produktion mehr neue

Arbeitsplätze mit neuen Qualifikationsanforderungen (Komplementaritätseffekte) oder durch die zunehmende Automatisierung werden so viele Tätigkeiten ersetzt und Arbeitsplätze vernichtet (Substitutionseffekte), dass die Beschäftigung insgesamt zurückgeht.



Geführte Kommissionierung durch eine Datenbrille (Foto: Fraunhofer IML).

„Die menschliche Arbeit ist durch Maschinen nicht beliebig ersetzbar.“



Hartmut Hirsch-Kreinsen ist Professor für Wirtschafts- und Industriosozologie an der TU Dortmund. Der Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Forschung liegt in den Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Arbeit – beispielsweise auf den Bereich der Einfacharbeit, auf die betriebliche Mitbestimmung oder im Falle des Kooperationsprojekts „SoMaLI – Social Manufacturing and Logistics“ auf die Beschäftigten einzelner Branchen.

Die Einführung autonom handelnder und vernetzter Cyber-Physischer Systeme in den industriellen Produktionsprozessen hat umfassende Auswirkungen auf die Arbeit der Beschäftigten. In einigen Tätigkeitsbereichen wird menschliche Arbeit durch Maschinen verdrängt werden, an anderen Stellen werden neue Arbeitsplätze entstehen. Aber nicht nur die Zahl der Arbeitsplätze, auch die Tätigkeitsprofile werden sich wandeln.

Die in der Industrie tätigen Menschen sind Träger ganz unterschiedlichen Wissens. Wissen besteht nicht nur darin, was in Handbüchern oder Arbeitsbeschreibungen niedergelegt, kodifiziert und daher leicht über den Weg technischer Kommunikation weitergegeben werden kann. Wissen umfasst auch ganz andere Bereiche wie Intuition, Emotion oder Fingerspitzengefühl. Bei diesem Wissen geht es weniger um das „know what“, sondern mehr um das „know how“, wie also Wissen umgesetzt wird. Dieses oftmals auch als implizit bezeichnetes Wissen ist aber viel schwieriger technisch

Arbeit wird stärker automatisiert

Automatisierte Systeme könnten zukünftig vor allem einfache, repetitive Tätigkeiten ersetzen, die einen geringeren Qualifizierungsgrad aufweisen (Substitutionseffekt). Voraussetzung: Bei den Tätigkeiten handelt es sich um routinierte und in hohem Maße regelbare Arbeiten, die daher relativ problemlos von Computeralgorithmen übernommen werden können (Stich et al. 2015: 113). Darüber hinaus könnten Maschinen auch Tätigkeiten mittleren Qualifikationsniveaus ersetzen. Diese müssen aber einen gut strukturierten und regulierten Charakter aufweisen, damit intelligente und sich selbst steuernde technische Systeme zumindest einen Teil davon automatisieren können. Konkret handelt es sich dabei um bislang durchaus anspruchsvolle

Produktionsarbeiten, etwa in der Montage und Überwachung, aber auch um klassische Verwaltungs-, Verkaufs- und Servicetätigkeiten. Dies trifft auch auf Dispositionsentscheidungen in der Produktionslogistik zu, die neue Systeme in Teilbereichen erledigen können. Benötigte Güter und Waren von Produktionsanlagen würden dann weitgehend selbstständig angefordert. Der Mensch greift dann nur noch in seltenen Ausnahmefällen in die Produktionsabläufe ein (Hirsch-Kreinsen 2015: 18).

Wartungs- und Rüstaufgaben bleiben

Auf diese Weise könnten, so US-amerikanische Wissenschaftler, künftig rund die Hälfte aller Tätigkeiten automa-

kommunizierbar und ganz überwiegend personengebunden. Es handelt sich um Erfahrungswissen, das man sich in der Regel in der Praxis über „learning by doing“ neignet.

Computer sind in vielen Bereichen schneller, zuverlässiger und kostengünstiger als Menschen, wenn es darum geht, kodifiziertes, technisch kommunizierbares Wissen umzusetzen. Der Mensch dagegen hat seine Stärken in anderen Gebieten. Ihm stehen bei der Erledigung seiner Arbeit seine Sinne zur Verfügung, die ihm bei seinen Entscheidungen sehr nützlich sind: Ein Meister weiß genau, wie die Geräusche einer Maschine klingen, wenn sie funktioniert. Dies hilft ihm, Störungen präventiv zu vermeiden und frühzeitig zu erkennen. Der Mensch kann außerdem auf schwer vorhersehbare Ereignisse viel besser reagieren und im Ernstfall auf sein Erfahrungswissen zurückgreifen. Ein gutes Beispiel dafür ist der Pilot, der oft viele Stunden passiv mitfliegt und im Notfall die Maschine vor dem Absturz rettet. Diese Bereiche des Wissens finden sich bei jeder Form von Arbeit und nicht nur im Bereich der hochqualifizierten Tätigkeiten.

Menschliche industrielle Arbeit ist daher auch nicht vollständig durch maschinelle Arbeit ersetzbar, auch dann nicht, wenn diese in Zukunft noch intelligenter werden und komplexere Aufgaben ausführen können. Die große Mehrheit der Wissenschaftler und Industrievertreter in Deutschland geht daher nicht davon aus, dass im Zuge der Automatisierung ein Zeitalter menschenleerer Fabriken eingeläutet

wird. Zwar wird es in Zukunft auch Produktionsprozesse geben, die weitgehend ohne menschliches Zutun ablaufen, aber dabei wird es sich lediglich um sehr begrenzte Fabrikbereiche handeln. In vielen Bereichen industrieller Arbeit wird es weiterhin Arbeitsplätze geben: Fabriken müssen geplant und die Systeme überwacht, gewartet und laufend angepasst werden. Die Umstrukturierung der Arbeit bedeutet allerdings auch, dass sich Qualifizierungsanforderungen ändern werden. Insbesondere IT-Wissen wird in allen Arbeitsbereichen mehr als bisher benötigt und muss daher stärker in die Ausbildung mit einbezogen werden. Ganz allgemein wird interdisziplinäres, vernetztes Denken wichtiger. Die schwer vorhersehbaren Umwandlungsprozesse der Arbeitswelt erfordern zudem ein Umdenken hin zum lebenslangen Lernen.

Durch die Digitalisierung und die Einführung Cyber-Physischer Systeme werden notwendigerweise in einigen Bereichen menschliche Tätigkeiten entfallen und Qualifikationen angepasst werden müssen. Die Veränderungen in der Arbeitswelt sollten aber nicht als Automatismus verstanden werden, auf den Beschäftigte, Politik und Unternehmen keinen Einfluss nehmen können. Die Debatte zur Industrie 4.0 muss auch als eine Art Plattform verstanden werden, über welche die Zukunft der Arbeit diskutiert und verhandelt werden kann.

tisiert werden (Frey und Osborne 2013). Inwiefern diese Prognosen auf Deutschland übertragbar sind, bleibt wegen der großen strukturellen Unterschiede fraglich. Es ist jedoch unstrittig, dass insbesondere im Bereich der industriellen Einfacharbeit erhebliche Substitutionseffekte zu erwarten sind. Autoren einer aktuellen Studie rechnen für Deutschland bis 2025 mit einem Wegfall von 600.000 Arbeitsplätzen in der industriellen Produktion, vor allem in der Fertigung (BCG 2015). In diesem Zusammenhang sei allerdings auch darauf verwiesen, dass Experten bereits in den 1990er Jahren weitreichende Rationalisierungsmaßnahmen durch den Einsatz von Computern prognostizierten, die sich aber nur in Teilbereichen bewahrheitet haben. Entscheidend

wird letztendlich sein, ob es gelingt, auch einfachere Tätigkeitsprofile mit neuen und komplexeren Aufgaben anzureichern und auf diese Weise eine Anpassung an die veränderten Anforderungen im Kontext der Industrie 4.0 zu erzielen. So werden auch in der Produktion bestimmte Tätigkeiten weiterhin nicht vollständig durch Cyber-Physische Systeme verdrängt werden können. Beispiele sind anspruchsvollere Wartungs- und Rüstaufgaben, die Zuführung von Material oder manuelle Produktionsfertigkeiten, die Experten- und Erfahrungswissen voraussetzen.

Digitale Technologien sorgen für neue Arbeitsplätze

Gleichzeitig gehen die Autoren der oben genannten Untersuchung bis 2025 von rund einer Million neuer Stellen für die deutsche Industrie aus (BCG 2015). Dahinter stecken Tätigkeiten, die durch digitale Technologien vermehrt oder neu entstehen (Komplementaritätseffekt). Die Beschäftigungseffekte für die Metropole Ruhr schätzen die für diesen Bericht befragten Experten ähnlich ein. Die „mensenleere Fabrik“ werde es also nicht geben. Viel eher ist denkbar, dass Industrieunternehmen ihre Produktportfolios erweitern, verstärkt mit Akteuren aus dem Bereich der Informationstechnologie kooperieren und auf diese Weise zur Entstehung neuer Arbeit beitragen. Zudem sahen die Experten es als wichtige gesellschaftliche Gestaltungsaufgabe an, einer zu starken Polarisierung des Arbeitsmarkts im Ruhrgebiet frühzeitig entgegenzuwirken und dafür abgestimmte Qualifizierungsangebote zu entwickeln.

Hochqualifizierte profitieren

Als Gewinner des digitalen Wandels gelten vor allem jene Beschäftigungsgruppen, die ohnehin schon über hö-

here Qualifikationen und Handlungsressourcen verfügen. Dies gilt insbesondere für Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten sowie für Berufsgruppen mit spezifischen IT-Kompetenzen, die flexible und vernetzte Produktionsabläufe planen, simulieren und überwachen. In Unternehmen wird daher die Gruppe hochqualifizierter Experten und technischer Spezialisten stark anwachsen oder neu aufgebaut. Ihr Qualifikationslevel liegt deutlich über dem bisherigen Facharbeiterniveau. Diesen Beschäftigten obliegen nicht nur Aufgaben wie die Störungsverwaltung, sondern sie übernehmen auch verschiedene koordinierende Tätigkeiten im Bereich des Produktionsmanagements (Hirsch-Kreinsen 2015: 19). Dennoch wird es auch in den kommenden Jahren noch einfache Tätigkeiten in der industriellen Produktion geben. Denn die Modernisierung der maschinellen Infrastruktur vollzieht sich in den meisten Betrieben Schritt für Schritt als evolutionärer Prozess.

Implizites Wissen ist nicht ersetzbar

Im Gegensatz zum expliziten Wissen ist das implizite an Personen gebunden und nur schwer zu transferieren. Gerade bei der Beurteilung von Rationalisierungspotenzialen in der industriellen Produktion spielt es eine wichtige Rolle. Der Begriff des „tacit knowledge“ geht auf M. Polanyi (Polanyi 1985) zurück, der damit das nicht bewusst wahrgenommene und das schwer oder gar nicht artikulierbare Wissen meint. „Es umfasst Erfahrungen, Routinen, Intuitionen und latente Praktiken“ (Maier et al. 2006: 112). Es schließt Prozess- und Verfahrens-Know-how ein, handwerkliche Fähigkeiten ebenso wie soziale Kompetenzen oder Organisationswissen (Einem, v. 2011: 141). Implizites Wissen ist somit jener Teil des Erfahrungswissens, der nicht kodifizierbar und ersetzbar ist und nur durch „learning by doing“ erworben werden kann. Seine Weitergabe setzt intensives Erlernen und praktisches Einüben voraus (Einem v. 2011, S. 141) und ist primär auf analoge, nichtdigitale Kommunikation angewiesen (Brandt 2014: 692).

Anteil von Erfahrungswissen nimmt zu

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Anteil des impliziten Wissens in und mit zunehmendem Innovationsdruck der Wirtschaft vor allem in „wissensbasierten Ökonomien“ zunimmt (Stiglitz 1999: 5). Gerade in der sehr innovationsdynamischen Welt der Industrie 4.0 bleibt implizites Wissen sehr wichtig – allein schon wegen der wachsenden Komplexität und der damit verbundenen systemischen Unsicherheiten. Denn mit fortschreitender Digitalisierung wird den Beschäftigten immer häufiger „souveränes Umgehen mit Unwägbarkeiten und richtiges Handeln in nicht planbaren Situationen (...) abverlangt“ (Pfeiffer und Suphan 2015: 212 f.).

Folgen für die Arbeitsqualität

Moderne Technologien und intelligente Assistenzsysteme besitzen das Potenzial, Arbeitsbedingungen und damit die Qualität der Arbeit nachhaltig zu verbessern (Humanisierung). Vor allem im Bereich der Mensch-Maschine-Kommunikation können Innovationen schwere physische Tätigkeiten weitreichend erleichtern, die Trennung von Kopf- und Handarbeit auflösen und das Tätigkeitsprofil erweitern. Physisch und psychisch belastende Tätigkeiten und Routinarbeiten werden so deutlich minimiert. Darüber hinaus erhöht sich mit modernen Technologien die Souveränität

der Beschäftigten über Zeit und Arbeitsort, und die Work-Life-Balance verbessert sich. Digitale Technologien können aber auch zu einer Verschlechterung der Arbeitsqualität beitragen (Dehumanisierung), wenn etwa automatisierte Entscheidungstools die Kontrolle des Menschen über die eigene Tätigkeit stark einschränken. Die Folge: Seine Arbeitsmotivation sinkt (Botthof 2015: 9). Auch eine umfassende Überwachung der Beschäftigten am Arbeitsplatz wirkt sich negativ auf die Arbeitsbedingungen aus. Stichwort: der gläserne Mitarbeiter.

Arbeit wird sicherer, vielseitiger und humaner

Zur Schlüsselfrage in der Industrie 4.0 wird die künftige Rollenverteilung zwischen Mensch und Maschine vor allem dann, wenn der Mensch eng mit technischen Systemen vernetzt ist. Ein Beispiel dafür sind funktionale, intelligente Arbeitskleidung und Textilien, die anhand von Mikrochips, RFID oder anderen Sensoren der Maschine Auskunft über Position und Tätigkeit des Menschen geben. Die Vorteile: Die technischen Systeme, mit denen der Mensch vernetzt ist, können helfen, frühzeitig Gefahren zu erkennen und letztlich auch zu vermeiden. Zudem können die Sinneseindrücke des Menschen in Form von Sensordaten für die Maschinensteuerung verfügbar gemacht werden. Dies ermöglicht neue Lösungen, mit denen man den Standort von Maschinen, die sich autonom bewegen, weitaus genauer bestimmen kann, als es mit GPS-Systemen möglich ist. Eintönige sowie physisch und psychisch stark belastende Tätigkeiten könnten zudem verstärkt durch moderne Technik ersetzt oder von Assistenzsystemen qualitativ aufgewertet werden. Im Idealfall übernimmt der Mensch vermehrt koordinierende und kontrollierende Aufgaben, die sein Tätigkeitsprofil anreichern und interessanter gestalten. Cyber-Physische Systeme haben letztlich das Potenzial, Arbeit sicherer, vielseitiger und humaner zu machen.

Neue Formen der Arbeits- und Produktionsorganisation

Erfolgreiche Mensch-Technik-Teams erfordern allerdings ein Verständnis sinnvoller Rollenverteilungen und geeignete Organisations- und Kooperationsstrukturen. Es muss geklärt werden, in welchen Strukturen die typisch menschlichen und mit Erfahrungswissen kombinierten Fähigkeiten optimal zur Geltung kommen. Sie dürfen nicht vorschnell durch neue technologische Lösungen ersetzt werden. In enger Kooperation mit der technischen Maschinen- und Anlagenentwicklung sollten daher neue Lösungen der Arbeits- und Produktionsorganisation entwickelt werden. Das Gesamtsystem muss so gestaltet sein, dass es die Kompetenzen des Menschen fördert, die er braucht, um die Technik beherrschen zu können (Zweck et al. 2015: 189).



Neue Beanspruchungen

Auch wenn neue Technologien grundsätzlich vielfältige Ansatzpunkte bieten, die Arbeitsbedingungen zu verbessern, muss man auch immer die negativen Effekte mitdenken (Dehumanisierungspotenziale). Denn es besteht die Gefahr, dass die Mehrheit der Produktionsbeschäftigten zukünftig nur noch ausführende und von Maschinen gesteuerte Arbeiten übernimmt. Nur eine handverlesene Expertengruppe ist dann noch für die Installation und Wartung des Systems verantwortlich (Ittermann und Niehaus 2015: 44). Ein Beispiel dafür ist der Cyber-Handschuh: Ausgerüstet mit hochintelligenter Sensortechnologie ermöglicht er eine Steuerung der Armbewegung. Folgt die Tätigkeit jedoch nicht dem optimalen Bewegungsablauf, erscheint ein Lichtsignal, das dem Arbeitnehmer eine Bewegungskorrektur vorgibt. Bei dieser Art der technisch gestützten Kontrolle werden die Entscheidungsspielräume des Arbeiters massiv eingeschränkt. Die Folge: Die Arbeitsqualität verringert sich. Unklar ist zudem, ob bestimmte Technologien – etwa das

dauerhafte Tragen von 3D-Brillen – nicht mittel- und langfristig zu neuen Formen der Beanspruchung führen.

Daten steigern die Qualität

Darüber hinaus werden dabei große Mengen an personenbezogenen Daten der Arbeitnehmer erfasst und gespeichert. Derzeit fehlen noch die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Nutzung dieser Daten. Unternehmen sollten daher klar darstellen, welche Daten zu welchem Zweck ausgetauscht werden. Ziel sollte es sein, die Prozessleistung zu steigern und die Qualität durch die erhobenen Produktionsdaten zu erhöhen, ohne jedoch den einzelnen Mitarbeiter umfassend zu überwachen. So kann vermieden werden, dass sich Mitarbeiter zu stark beobachtet und kontrolliert fühlen. Andernfalls könnten sie versuchen, die Erhebung bestimmter Daten zu verhindern. Wichtige Informationen, die zur Prozesssteuerung benötigt werden, würden so verfälscht.

Einführung neuer Systeme abstimmen

Vor dem Hintergrund dieser sich abzeichnenden positiven und negativen Effekte auf die Qualität der Arbeit sollte das Produktionssystem im Dialog mit den Mitarbeitern gestaltet werden. Neue technische Lösungen müssen Fähigkeiten fördern, statt sie überflüssig zu machen. Fragen der Bedienbarkeit, Individualisierbarkeit und der Ergonomie sollten daher bei der Entwicklung technischer Systeme von Anfang an mitgedacht werden. Ganz wichtig: Produktionsarbeiter dürfen durch den Einsatz Cyber-Physischer Systeme

nicht zur lästigen Begleiterscheinung der Vernetzung werden. Sie müssen es sein, die die Systeme steuern. Neu entwickelte Qualifizierungsangebote können ihnen dabei helfen. Außerdem sollten Arbeitswissenschaftler die Einführung neuer technologischer Systeme in den Betrieben flankieren. Denn ihre Effekte auf die Qualität der Arbeit und die Motivation der Mitarbeiter sind auch bei heute schon verfügbaren Technologien bisher nur schwer abzuschätzen.





„Neue technische Lösungen müssen gut für die Beschäftigten sein.“

Dr. Constanze Kurz ist bei der IG Metall im Funktionsbereich Industrie- und Branchenpolitik tätig und leitet das Vorstandsressort Zukunft der Arbeit. Die Industrie- und Techniksoziologin ist darüber hinaus Mitglied der Projektgruppe Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften der acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften).

Industrie 4.0 ist keineswegs einseitig als eine technische Antwort auf Flexibilisierungs- und Individualisierungsinteressen des Markts zu verstehen. Im Kern fordert Industrie 4.0 soziale Innovationen heraus, die sowohl die Gestaltung der Arbeit als auch die Teilhabe der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer an der Entwicklung von Gestaltungskonzepten für gute digitale Arbeit einschließt.

In vielen Bereichen ist es gegenwärtig noch eine offene Frage, wie die Mitbestimmungsrechte offensiv genutzt werden können, um die technologischen Veränderungen auch im Sinne der Beschäftigten und nicht nur im Interesse der Unternehmen zu gestalten. Ein Beispiel ist die Vernetzung von Prozessen und Arbeitsabläufen, die schon als betriebliche Insellösung eine Vielzahl von Problemen im Hinblick auf den Datenschutz oder neue Qualifikationsanforderungen auf die innerbetriebliche Tagesordnung rückt. Dabei ist von vorneherein nicht ausgemacht, welche Rolle der Mensch in diesen Systemen spielt – ob er steuert oder von der Maschine gesteuert und gläsern gemacht wird. In diesem Kontext gibt es Spielräume für die betriebliche Interessenvertretung; die Technik gibt die Lösungen jedenfalls nicht vor. Es gibt nicht wenige Fälle, in denen die Humanisierungspotenziale der neuen Technologien nicht zum Tragen kommen, weil es den Unternehmen wichtiger ist, die neuen Anlagen zum Laufen zu bringen und beispielsweise die ergonomischen Möglichkeiten, die sich mit der Einführung von 4.0-Komponenten verbinden lassen, zunächst zurückzustellen. Ein

anderes Beispiel sind die mit der Einführung der Digitalisierung zum Einsatz gelangenden Arbeitsmittel, wie z. B. 3D-Brillen und Cyber-Handschuhe, die einerseits die Arbeit erleichtern, andererseits auch die Handlungsspielräume der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer am Arbeitsplatz stark einengen können. Es kommt dabei ganz auf die konkrete Ausgestaltung von Kontroll-, Überwachungs- und Programmierfunktionen, von Benutzeroberflächen, Displays und Algorithmen an. In diesem Kontext bleibt man in den Unternehmen vielfach völlig unter den Möglichkeiten der Anwendung der neuen Technologien, die grundsätzlich zur ergonomischen Verbesserung und zur Aufwertung von Arbeitsaufgaben und damit zur Verwirklichung guter Arbeit beitragen könnten.

Ziel ist es, Assistenzsysteme zu entwickeln und zu designen, die befähigen, statt Fähigkeiten zu enteignen. Es muss ein zentrales Anliegen sein, dass die Beschäftigten nicht zu Anhängseln der Vernetzung, sondern zur Steuerung der Systeme ermächtigt und damit verbunden von Routinetätigkeiten und schwerer körperlich verschleißender Arbeit entlastet werden.

Unter solchen Bedingungen ist es die Aufgabe von Betriebsräten, im Rahmen ihrer Mitbestimmungsrechte die Chancen und Gefährdungen, die sich aus dem Einsatz der neuen Technologien ergeben, gemeinsam mit den Beschäftigten aufzugreifen und Handlungsbedarfe anzugehen. Dazu bedarf es grundsätzlich eines weiteren Ausbaus der betrieblichen Mitbestimmung. Kurz gesagt: Arbeit 4.0 braucht Partizipation 4.0.

Es gibt Unternehmen, die gegenwärtig versuchen, 4.0-Komponenten gewissermaßen durch die Hintertür einzuführen, statt frühzeitig Beschäftigte und Betriebsräte zu informie-

ren und gemeinsam Kriterien für ihre menschengerechte Anwendung zu entwickeln. Dies ist umso wichtiger, da gegenwärtig noch keine gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse über die Arbeitsfolgen digitaler Werkzeuge vorliegen.

Die betriebliche Ebene reicht zur Durchsetzung guter Arbeit allein nicht aus. Die Gewerkschaften und allen voran die IG Metall haben dafür gesorgt, dass das Thema Arbeit auf die politische Agenda der Digitalisierung gerückt ist. Das ist gut, aber allein nicht hinreichend, um der Entwicklung von Arbeit und Beschäftigung eine gute Richtung zu geben. Gefragt und gefordert ist eine große (zivil)gesell-

schaftliche Auseinandersetzung um die Zukunft der Arbeit. Vor allen Dingen geht es auch darum, sich mit der Politik noch stärker darüber zu verständigen, welche Rahmenbedingungen es braucht, damit es sicher, gerecht und selbstbestimmt in der digitalen Arbeitswelt zugehen kann. Denn mit der Industrie 4.0 und der Digitalisierung reden wir über ein großes Projekt, das die Arbeits- und Lebenswelt und damit die Gesellschaft insgesamt verändern wird. In diesem Zusammenhang wird sehr konkret zu klären sein, was es heißt, den Menschen mit seinen Bedürfnissen und Vorstellungen in den Mittelpunkt von technologischen und sozialen Wandlungsprozessen zu stellen.

Die betriebliche Organisation der Arbeit wird flexibler

Der digitale Wandel eröffnet ferner weitreichende Möglichkeiten, auch in der Industrie die Strukturen betrieblich organisierter Arbeit flexibler zu gestalten und sogar aufzulösen (Entgrenzung der Arbeit). Dies kann mit positiven, aber auch mit negativen Folgen für die Arbeitnehmer verbunden sein. Darüber hinaus ist zu beobachten, dass Unternehmen bestimmte Tätigkeiten verstärkt an externe Dienstleister oder Mitarbeiter (Subkontraktoren oder Crowdarbeiter) auslagern und sich dadurch die Organisation des Unternehmens wandelt. Da diese Arbeitsverhältnisse unsicherer als Festanstellungen und durch niedrigere Einkommen gekennzeichnet sind, besteht die Gefahr der Prekarisierung der Arbeit. Um dies zu verhindern, muss der Arbeitnehmerschutz neu geregelt werden und es müssen die sozialen Sicherungssysteme und die betriebliche Mitbestimmung weiterentwickelt werden (Schröder und Schwemmler 2014).

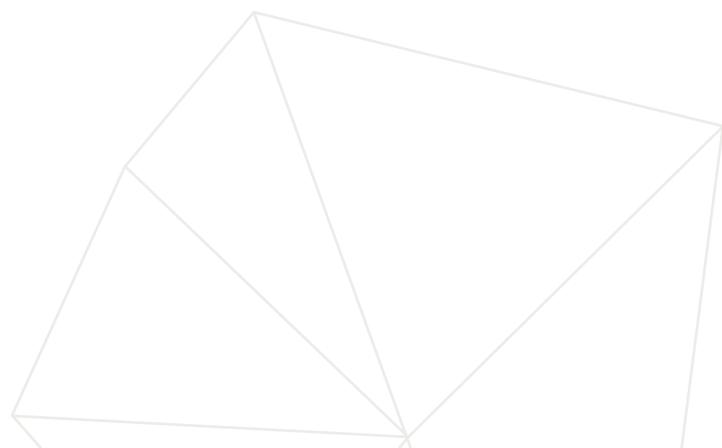
Zeitlich und räumlich flexible Arbeitsformen

Die Digitalisierung führt in der industriellen Produktion zu Arbeitsstrukturen, die bislang eher in wissensintensiven Branchen üblich sind. Es ist zu erwarten, dass sich auch in der Industrie verstärkt zeitlich und räumlich flexible Formen der Arbeitsorganisation durchsetzen werden (Ittermann und Niehaus 2015: 45). Denn eine hoch individualisierte Produktion in Echtzeit, aus der sich tagesaktuelle Schwankungen ergeben, erfordert eine erhöhte zeitliche Flexibilität der Mitarbeiter. Zudem kann nach der Implementierung

virtueller Produktionsschnittstellen auch von außerhalb des Betriebs in bestimmte Fertigungsprozesse eingegriffen werden. Industrie 4.0 führt daher zu einer erheblichen zeitlichen und räumlichen Entgrenzung.

Bessere Work-Life-Balance, permanente Erreichbarkeit

Gleichzeitig eröffnen digitale Technologien auch Spielräume, Arbeit neu zu gestalten. Auf der einen Seite ermöglichen neue Arbeitsmodelle eine deutlich bessere Work-Life-Balance, Familie, Freizeit und Beruf lassen sich durch flexibel gestaltbare Arbeitszeiten und -orte besser miteinander vereinbaren. Andererseits: Die Notwendigkeit, permanent digital kommunizieren zu müssen, sowie fehlende Strukturen, die die Arbeit regeln, wie auch die dadurch entstehende Arbeits- und Leistungsverdichtung werden negative Auswirkungen auf die Qualität der Arbeit haben.



Crowdsourcing – eine neue Form der Wertschöpfung

Moderne Informations- und Kommunikationssysteme ermöglichen ein neuartiges Wertschöpfungs- und Koordinationsmodell – das sogenannte Crowdsourcing (Leimeister et al. 2015: 67). Dabei adressiert ein Crowdsourcer – ein Unternehmen, eine Organisation, eine Gruppe oder ein Individuum – über einen offenen Aufruf eine Aufgabe an eine undefinierte Masse potenzieller Mitwirkender (Crowd). Ein Crowdworker, der sich auf diesen Aufruf meldet, bearbeitet die Aufgabe als externer Dienstleister. Beim klassischen Outsourcing wird eine solche Aufgabe direkt an ein Drittunternehmen vergeben. Die Leistungsfähigkeit des Crowdsourcing liegt im Zugriff auf eine Vielzahl von Ressourcen mit unterschiedlichen und unabhängigen Mitwirkenden. Zudem besteht die Möglichkeit, Aufgaben zu zerlegen, zu verteilen, zu parallelisieren, zu standardisieren und zu automatisieren. Anschließend werden die Teilaufgaben aggregiert. Die Arbeit wird somit nicht wie im klassischen Kontext rein unternehmensintern abgewickelt, sondern es werden funktions- und unternehmensübergreifend Individuen in den Wertschöpfungsprozess integriert. Crowdwork ist daher nicht unmittelbar durch vorhandene Arbeitsformen abbildbar.

Ingenieure und Personalexperten als Crowdworker

Für eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern kommen vor allem Grafikdesigner, Personaldienstleister und Marketingexperten in Frage. Die Dienstleistungen dieser Freelancer oder Crowdworker können bei Bedarf flexibel, weltweit und vor allem zeitnah gebucht werden. Unterstützt wird diese Entwicklung durch Innovationen im Bereich der additiven Verfahren, die es auch kleinen Design- und Ingenieurbüros ermöglichen werden, schnell und kostengünstig professionelle Produktentwürfe zu erstellen (Zweck et al. 2015: 30).

Hohes Maß an Selbstbestimmung

Für die Unternehmen ergeben sich aus der Beschäftigung von Freelancern große Vorteile. Sie liegen insbe-

sondere im Zugriff auf einen umfassenden Wissens- und Kompetenzpool sowie in der schnellen Verfügbarkeit maßgeschneiderter und qualitativ hochwertiger Dienstleistungen. Für die Crowdarbeiter ergibt sich ein besonders hohes Maß an Selbstbestimmung und Flexibilität. Problematisch sind an dieser Entwicklung allerdings die oftmals fehlende Einbindung der Crowdworker in die sozialen Sicherungssysteme sowie unklare rechtliche Rahmenbedingungen. Sie betreffen Beschäftigungsdauer, Urlaubsansprüche oder Mitbestimmungsrechte. Auch das für den wirtschaftlichen Erfolg Deutschlands so wichtige Modell der Sozialpartnerschaft (Mitbestimmung) läuft somit Gefahr, durch Freelancer-Strukturen geschwächt zu werden (Boes et al. 2014).

QASS GmbH nutzt „eigene“ Schwarmintelligenz

Eine in der Tendenz ähnliche, aber weniger weitreichende Strategie der organisatorischen Flexibilisierung durch Prozessinnovationen verfolgt die QASS GmbH, um trotz des sprunghaften Unternehmenswachstums flache Hierarchien und selbstständige Arbeitsweise zu erhalten. Dabei werden die Mitarbeiter als Pool verstanden, aus dem sie sich selbstständig organisieren und Projekten zuordnen können. Ein Projekt wird zunächst durch seine Ziele und die benötigten Kompetenzen definiert. Mittels einer hausintern entwickelten Software, des QASS Projektmanagements, können Mitarbeiter sich selbst zu Projekten zuordnen, die Verantwortung dafür übernehmen und einen Projektbaum anlegen, über den Unterstützungsbedarfe aufgezeigt oder direkt andere Mitarbeiter angefragt werden. Über das Programm kann jeder Mitarbeiter einsehen, wie der Stand des Projekts ist und welche Mitarbeiter in welchem Umfang eingebunden sind. Bestimmte Mitarbeiterkonstellationen innerhalb der Abteilungen bestehen deshalb im Unternehmen nur temporär für einzelne Projekte. So erhofft sich die QASS GmbH, die Schwarmintelligenz im eigenen Unternehmen unterstützen zu können.



„Ausbildung und Berufsbilder sollten schneller angepasst werden, weil moderne Technologien die Fertigungsabläufe im Handwerk grundlegend verändern.“

Der Handwerksunternehmer Berthold Schröder, der in dritter Generation die Georg Schröder Schreinerei und Holz GmbH in Hamm leitet, ist seit November 2014 Präsident der Handwerkskammer Dortmund (HWK). Bereits bei seiner Antrittsrede hatte er angekündigt, das Thema Handwerk 4.0 in den Fokus zu rücken. Seitdem treibt die HWK Dortmund das Thema sukzessive voran, informiert über neue Fertigungstechnologien sowie über die Chancen und Risiken neuer Entwicklungen. Darüber hinaus bietet die HWK Dortmund ihren Mitgliedsunternehmen Schulungen, Hilfestellungen und Dienstleistungen an, die sie dabei unterstützen, ihre digitale Präsenz und auch ihren Vertrieb mithilfe digitaler Medien zu professionalisieren.

Die Digitalisierung stellt das Handwerk vor große Herausforderungen. Sie betreffen automatisierte Fertigungstechnologien, die Ausbildung, das Thema Losgröße 1, die Schnittstelle zwischen Handwerk und Endkunden sowie neue Vertriebsmöglichkeiten über das Internet. Letztere bieten vor allem Kleinst- oder Nischenanbietern, wie etwa dem Lebensmittelhandwerk, die Chance, für bestimmte Backwarenerezeugnisse, etwa Brot für Allergiker, größere Kundenkreise zu erschließen. Auf der anderen Seite sehen wir aber auch die Gefahr, dass das Handwerk durch Angebotsportale, wie etwa im Bereich Sanitär, die direkte Schnittstelle zum Kunden verliert. Handwerker werden dann zu Subunternehmen der Portalbetreiber. Gegensteuern können Handwerksbetriebe durch eine eigene dynamische Präsenz im Internet und in den sozialen Medien, wo auch alle ande-

Perspektiven für die Organisation der Arbeit

Persönliche Präferenzen und Lebensentwürfe müssen bei der Beurteilung der Entgrenzung und Flexibilisierung der Arbeitsorganisation eine wichtige Rolle spielen. Dies macht es schwer, allgemeine Empfehlungen für die Gestaltung guter digitaler Arbeit zu geben. Entsprechende Initiativen sollten allerdings die Rendite fair auf alle beteiligten Akteure verteilen. Für die Gestaltung der Arbeitsorganisation im Kontext der Industrie 4.0 ergeben sich daraus folgende Ansatzpunkte und Perspektiven:

- Intelligente Lösungen, die Flexibilität, Lern- und Wandlungsfähigkeit erhöhen, müssen Raum für individuelle Gestaltung lassen.
- Die institutionalisierte Beteiligung der Mitarbeiter an der Gestaltung des digitalen Wandels sollte als Ressource für innovative Lösungen im Bereich der Arbeitsorganisation genutzt werden.
- Bei der zeitlichen und örtlichen Auflösung (Entgrenzung) von Arbeit müssen Vorkehrungen zum Belastungsschutz getroffen und Persönlichkeitsrechte gesichert werden. Ziel sollte es sein, eine Polarisierung der Arbeitnehmerschaft zu verhindern. Und: Crowdarbeiter sollten sozial abgesichert und gegebenenfalls auch in betriebliche Entscheidungsstrukturen eingebunden werden.

ren Player sichtbar sind. Dabei unterstützen wir unsere Mitgliedsunternehmen. Das setzt natürlich eine vernünftige Leistungsqualität des Netzes voraus, auch an der Peripherie. Dort muss die Performance noch deutlich besser werden. Schließlich bindet unser Kammergebiet auch viele ländliche Bereiche mit ein.

Fertigungstechnisch muss sich das Handwerk darauf einstellen, dass viele Dinge nicht mehr traditionell handwerklich hergestellt werden. Einige Gewerke sind davon stärker betroffen als andere. In unserem Familienunternehmen, einem Betrieb aus der Branche Holzbau und Zimmerei etwa, haben sich die Fertigungsabläufe im Bereich der Holzverarbeitung grundlegend verändert. Wir arbeiten heute mit einem CAD-System, das die Daten aus der dreidimensionalen Konstruktion direkt in die Fertigungsanlage übergibt. Der Computer steuert die Anlage unmittelbar an. Drei Arbeitsplätze reichen dafür heute aus. Und das sind nur die Vorboten. Ein anderes Gewerk, wo sich diese Neuerungen noch stärker bemerkbar machen, ist die Zahntechnik. In der Zahntechnik gibt es heute schon die Möglichkeit, die Mundhöhle komplett zu scannen und die Zahnprothese ohne handwerkliche Fertigung in einem Stück automatisiert über einen 3D-Drucker zu „drucken“ bzw. herzustellen.

Diese neuen Fertigungsmöglichkeiten haben natürlich direkte Auswirkungen auf die Ausbildung des Nachwuchses,

der ganz andere Technologien erlernen muss als heutige Gesellen und Meister. Das heißt, wir müssen Ausbildungsinhalte zügig nachjustieren und auch einzelne Berufsbilder schneller und dynamischer anpassen, als wir das bisher getan haben.

Und noch eine andere Entwicklung sehen wir mit Sorge: Wenn moderne Fertigungstechnologien – wie etwa der 3D-Druck – Industrieunternehmen künftig in die Lage versetzen, wirtschaftlich Losgröße 1 produzieren zu können, bedeutet das für unsere Handwerksunternehmen zunächst einmal eine starke Konkurrenz.

Doch unsere Handwerksunternehmen sind technisch gut gerüstet, wie eine aktuelle Umfrage ergeben hat. Die Problemlagen sind erkannt. Jetzt geht es für uns als Handwerkskammer darum, über den Tellerrand zu schauen, wichtige Akteure zum Thema Handwerk 4.0 auf unseren Symposien zusammenzubringen, auf künftige Entwicklungen hinzuweisen und unseren Handwerksmeistern den notwendigen Input zu verschaffen. Dabei arbeiten wir mit dem Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0 am Fraunhofer IML in Dortmund zusammen, das eines von fünf Kompetenzzentren in Deutschland ist. Zudem sind wir Mitglied im Kompetenznetzwerk Digitales Handwerk, das beim Zentralverband des deutschen Handwerks angesiedelt ist.

Neue Herausforderungen für die Qualifizierung

Die Entwicklungspotenziale der Industrie 4.0 lassen sich nur dann aktivieren, wenn Mitarbeiter auf den verschiedenen Qualifikationsstufen wissen, wie sie neue Systeme implementieren und anwenden. Gefragt sind vor allem systemanalytische Kompetenzen, aber auch Medien-, Verbalisierungs- und Visualisierungskompetenzen, um mit modernen Kommunikationstechnologien umgehen zu können. Zudem wird die Kommunikation indirekter und ist deutlich beschleunigt. Auch damit müssen sich Mitarbeiter auseinandersetzen (Rump et al. 2014: 11).

Generell ist davon auszugehen, dass erhöhte Anforderungen an die Beschäftigten aller Qualifikationsstufen gestellt wer-

den. Zwar ist zu erwarten, dass bestimmte Tätigkeiten zukünftig durch den Einsatz Cyber-Physischer Systeme ersetzt werden. Verbleibende Arbeitsprozesse werden durch neue Technologien anspruchsvoller, vernetzter und komplexer. Die Folge: Fähigkeiten, die auf das theoretische Verständnis von Prozessen sowie die adäquate Nutzung der verfügbaren Informationen abzielen, werden immer wichtiger (Ittermann und Niehaus 2015: 42). Neue Herausforderungen im Bereich der Aus- und Weiterbildung liegen insbesondere in der Vermittlung von informationstechnischen und interdisziplinären Kompetenzen sowie im Bereich weiterer Schlüsselqualifikationen, die der zunehmenden Komplexität der Arbeitsprozesse in besonderer Weise Rechnung tragen.

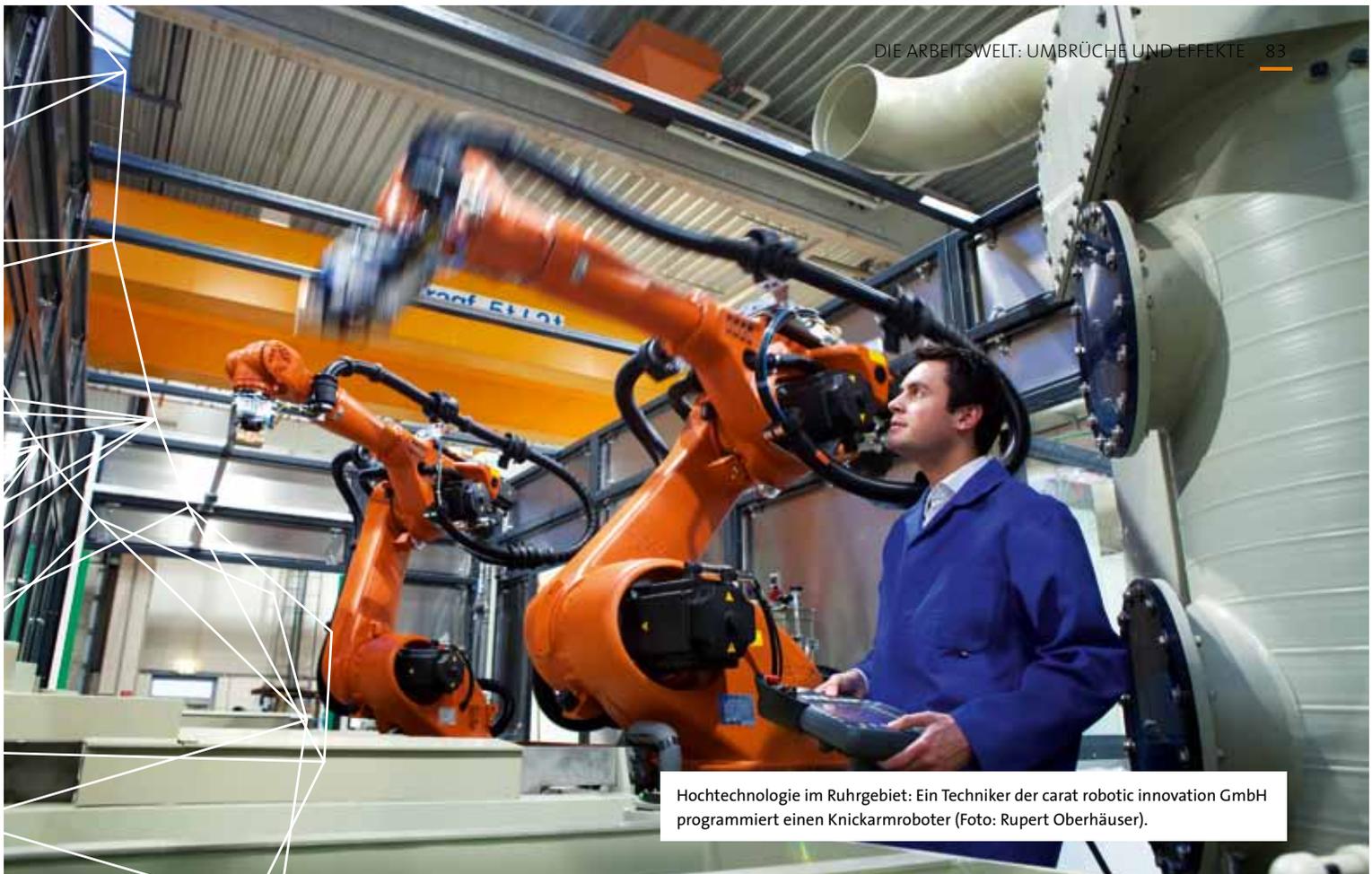
Die Ironie der Automatisierung

Viele automatisierte Prozesse muss der Mensch künftig nur noch koordinieren und überwachen. Kommt es aber zu Problemen, die ein komplexes System nicht mehr alleine bewältigen kann, ist der Mensch gefragt. Er muss die Situation, die er nicht herbeigeführt hat, schnell analysieren und zielgerichtete Handlungsoptionen daraus ableiten. Allerdings: Je seltener der Mensch aktiv in die Prozesse eingreifen muss – gerade wegen der zunehmenden Automatisierung –, desto weniger wird er fähig sein, die Anforderungen einer solchen Überwachung zu erfüllen. Dieses Kerndilemma diskutieren Experten unter dem Begriff „Ironie der Automatisierung“ (vgl. Hartmann 2015: 18). Die Weiterentwicklung Cyber-Physischer Systeme wird zwar neue Möglichkeiten der Erfassung, Aufbereitung und Visualisierung von Prozessdaten eröffnen und dem Menschen auf diese Weise neue Informationskanäle zur Verfügung stellen. Analog muss man aber auch die bestehenden Qualifikationsmuster anpassen und weiterentwickeln.

Wichtige Kompetenzen und Schlüsselqualifikationen

Die Vermittlung neuer oder zusätzlicher Qualifikationen und Kompetenzen muss sowohl in die berufliche wie auch die akademische Ausbildung integriert werden. Kernberufe der Industrie 4.0 liegen im Bereich der Fachinformatik, der Elektrotechnik, Industriemechanik und Mechatronik sowie der Produktionstechnologie (Metallberufe). Diese Berufe decken den gesamten Prozess von der Systementwicklung über die Systemintegration bis hin zur Systemkonfiguration und -optimierung ab. Die für den Wandel hin zur Industrie 4.0 notwendigen Ausbildungsinhalte sollten jedoch berufsspezifisch definiert werden und in die bestehenden Ausbildungsordnungen einfließen. Von Kammern, Gewerkschaften und weiteren Institutionen wie dem TÜV Rheinland wurde eine Diskussion zur Zukunft der betrieblichen Ausbildung im Kontext der Industrie 4.0 angestoßen. Generell sind dabei folgende Ausbildungsinhalte gefragt:

- **Informationstechnische Kompetenzen:** Die Informatisierung der Arbeitswelt erfordert auch in der Fertigung und Montage, der Produktionsplanung und der Qualitätssicherung sowie der Logistik zusätzliche IT-Kompetenzen. Bereits heute gewinnen Berufe, in denen überwiegend Daten verarbeitet sowie hauptsächlich informationstechnische Arbeitsmittel verwendet werden, an Bedeutung (Stich et al. 2015: 113). Die Nachfrage der Unternehmen nach Fachkräften mit spezifischen IT-Kenntnissen wird im Zuge des digitalen Wandels weiter steigen.
- **Interdisziplinarität:** Die Tätigkeitsprofile in digitalisierten und vernetzten Arbeitsumgebungen werden künftig immer häufiger eine Kombination aus verschiedenen Fachdisziplinen bzw. sogar vollkommen neue Berufsbilder erfordern. Innovationen im Bereich der Industrie 4.0 basieren in der Regel auf einem Austausch und einer Neukombination von Kompetenzen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnologie. In Ausbildungs- und Studienprogrammen wie der Mechatronik wurden diese Bedarfe bereits aufgegriffen. Darüber hinaus sollten die Lehrpläne in klassischen Studiengängen wie dem Maschinenbau verstärkt mit Qualifizierungsmodulen aus den Nachbardisziplinen angereichert werden.
- **Weitere Schlüsselqualifikationen:** Schließlich sind Qualifikationen im Bereich der Systemanalytik und der Koordinationsfähigkeit notwendig. Denn ein Mitarbeiter in der Produktion muss Störsignale richtig deuten und schnell darauf reagieren können. Auch die Bedeutung kommunikativer und sozialer Kompetenzen wird in diesem Zusammenhang weiter zunehmen.



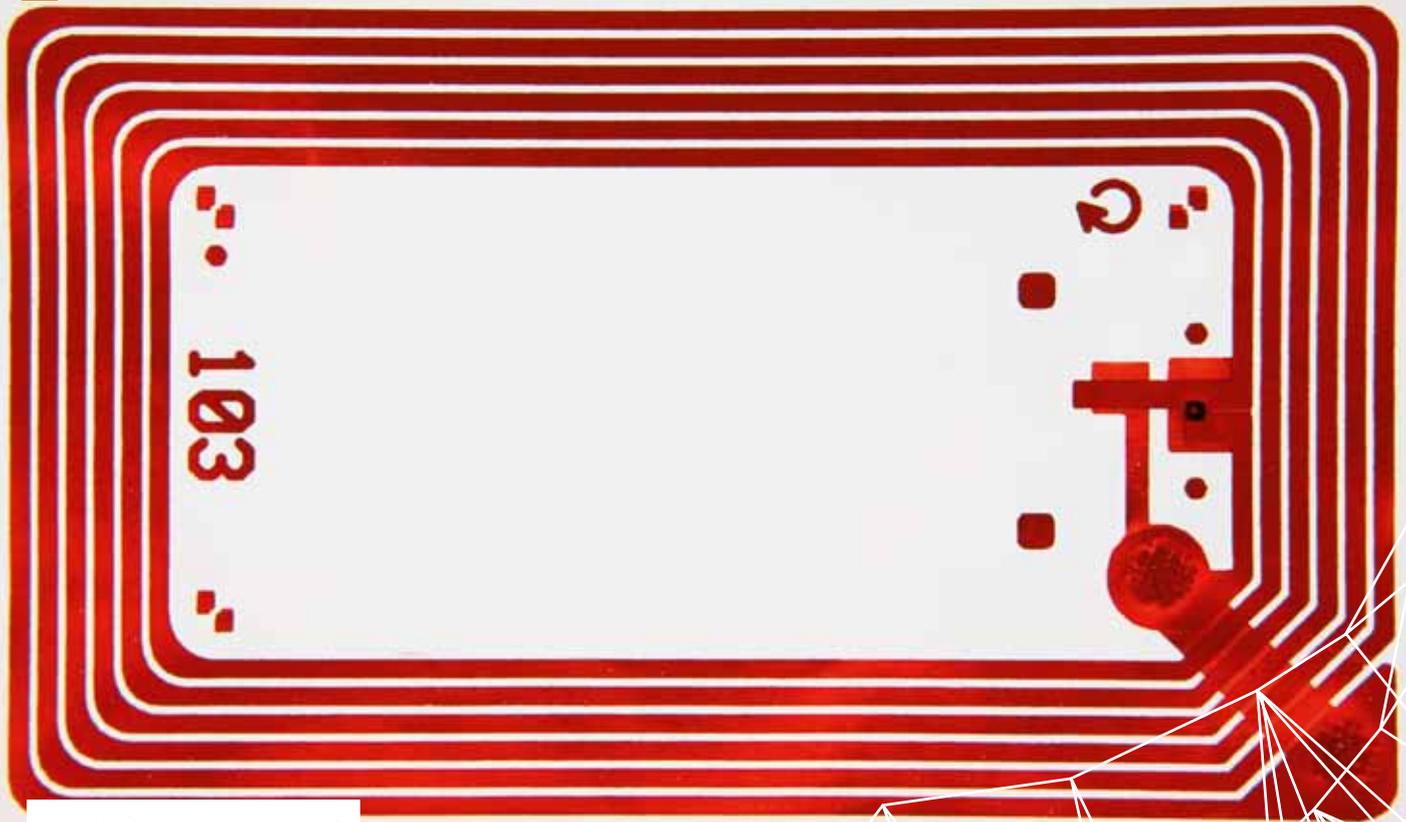
Hochtechnologie im Ruhrgebiet: Ein Techniker der carat robotic innovation GmbH programmiert einen Knickarmroboter (Foto: Rupert Oberhäuser).

Breites Angebot an Spezialstudiengängen

Die dichte Hochschullandschaft ist gerade im Bereich der akademischen Ausbildung eine regionale Stärke der Metropole Ruhr, die sie von vielen anderen Standorten in Deutschland unterscheidet. Allein 15 Universitäten und Fachhochschulen bieten in der Metropole Ruhr Studiengänge mit hoher Industrie-4.0-Relevanz an. Die Studienangebote reichen dabei von Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik über Verfahrenstechnik und IT-Management bis hin zu Technischer Betriebswirtschaft oder Supply Chain Management. Folgende Studiengänge werden den neuen Herausforderungen bei der Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen in besonderer Weise gerecht:

- Automation und Control Engineering (M. Sc.) und Embedded Systems Engineering (M. Sc.) an der Universität Duisburg-Essen
- Automation & Robotics / Prozessautomation (M. Sc.) an der TU Dortmund
- Mensch-Technik-Interaktion (B. Sc.) und BWL – Industrielles Dienstleistungsmanagement (B. A.) an der Hochschule Ruhr-West
- Technische Informatik (B. Sc.) an der Hochschule Bochum
- Produktions- und Servicemanagement im Maschinenbau (B. Eng.), Flexible Produktionssysteme (M. Eng.) und Embedded Systems for Mechatronics (M. Eng.) an der FH Dortmund
- Elektrotechnik für Energie, Licht, Automation (B. Eng.), IKT und Management (M. Sc.) und Elektronische Systeme (M. Eng.) an der Fachhochschule Südwestfalen

Neben diesem breiten Angebot an Spezialstudiengängen wurde im Rahmen der Expertengespräche mit Professoren aus dem Ruhrgebiet deutlich: Viele Hochschulen verzahnen derzeit verstärkt klassische Studiengänge im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationswissenschaft. Und: Einzelne Module aus „Nachbardisziplinen“ werden in die Studienordnungen integriert. Darüber hinaus konzipieren immer mehr Hochschulen Programme zur berufsbegleitenden Fachkräfteentwicklung. So schulen Dozenten in der Lernfabrik für Ressourceneffizienz am Lehrstuhl für Produktionssysteme an der Ruhr-Universität Bochum Fachkräfte verschiedener Qualifikationsstufen. In einer praxisnahen Lernumgebung erhalten diese wesentliche Grundlagen zur Einsparung von Ressourcen in der Produktion.



RFID-Chip (Foto: Rupert Oberhäuser).

Perspektiven für Aus- und Weiterbildungsangebote

Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0: Mittelständischen Betrieben fehlen häufig die personellen Ressourcen und das themenspezifische Detailwissen, um ihre betrieblichen Prozesse auf die veränderten Bedingungen digitalisierter und vernetzter Wertschöpfungsprozesse auszurichten (Agiplan 2015). Das neu zu etablierende Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0, das am Standort Dortmund unter führender Begleitung des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML am Standort Dortmund entstehen soll, bietet die große Chance, mittelständische Betriebe aus der Region mit bedarfsgerechten Weiterbildungsangeboten auf dem Weg hin zur Industrie 4.0 zu unterstützen.

Koordiniertes Vorgehen: Unternehmen der Metropole Ruhr sollten gemeinsam die Inhalte und spezifischen Anforderungen für neue Qualifizierungsangebote im Bereich Industrie 4.0 definieren und abstimmen.

Duale Ausbildung, duales Studium: Die duale Ausbildung sollte auch weiterhin als ein zentraler Pfeiler der Nachwuchsgewinnung genutzt werden. Das Erfolgsmodell verknüpft problemorientiert theoretische Erkenntnisse mit Praxiswissen. Bei der Implementierung neuer technischer Systeme kann dies von großem Vorteil sein. Zumal die duale Ausbildung bis heute erheblich zur positiven Entwicklung

des Produktionsstandorts Deutschland beigetragen hat. Ferner ist auch der Ausbau dualer Studiengänge, die theoretisch-analytische Kompetenzen mit Praxiskenntnissen verbinden, ein wichtiger Baustein, um den künftigen Bedarf an Fachkräften zu decken.

Lebenslanges Lernen: In einer sich schnell wandelnden Wissensgesellschaft gewinnt lebenslanges Lernen stetig an Bedeutung. Dies gilt insbesondere im Kontext der Industrie 4.0: Technologische Innovationen können schon nach wenigen Jahren überholt sein. Notwendige neue Qualifikationen müssen daher schnell aufgebaut sowie die für neue Arbeitsfelder und -situationen erforderlichen Kompetenzen flexibel vermittelt werden. Die Kombination aus Erfahrungswissen und neu hinzugewonnenen Erkenntnissen bietet enorme Potenziale. Ein ganzheitlicher Ansatz zur Sicherung des Qualifizierungsniveaus in der Metropole Ruhr sollte deshalb auch auf die Optimierung von Weiterbildungsangeboten abzielen.

Angebote für High Potentials: Im internationalen Wettbewerb um hochqualifizierte Fachkräfte, die für die Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen zentral sind, muss das Ruhrgebiet sichtbar herausstechen. Der Standort Metropole Ruhr verfügt über maßgeschneiderte Aus- und Weiterbildungsangebote und ein attraktives Lebensumfeld.

„Die akademische Ausbildung braucht Wandel hin zum forschenden Lernen.“



Christoph Herrmann ist Professor für Nachhaltige Produktion & Life Cycle Management und leitet das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik an der TU Braunschweig. Herrmann arbeitet in verschiedenen internationalen Forschungsprojekten, unter anderem zu Life-Cycle-Management sowie Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion. In diesem Zusammenhang entstanden eine Reihe von Publikationen zum Thema Green Factory und Green Manufacturing. Als ehemaliger Unternehmensgründer im Bereich umweltgerechter Produktgestaltung in der Elektro- und Automobilindustrie kennt er dabei auch die unternehmerische Perspektive.

Der demografische Wandel, die Intensivierung des Wettbewerbs und der als Industrie 4.0 diskutierte Wandel der Wirtschaft in Richtung einer verstärkten Digitalisierung und Vernetzung stellen hohe Anforderungen an die Unternehmen. Ein wichtiger Aspekt dabei: die Qualifizierung der Beschäftigten an diese sich wandelnden Anforderungen anzupassen. Dabei sind Unternehmen ebenso gefragt wie Universitäten und Fachhochschulen. Erforderlich ist eine Lernkultur, die Lernen nicht als einen einmaligen Lerntransfer im Sinne der Informationsvermittlung begreift, sondern als fließenden, andauernden Prozess, der durch kritische Reflexion des eigenen Handelns und der Entwicklung zentraler Kompetenzen geprägt ist. Damit ist eine Abkehr vom mechanistischen Bild des Lernens nötig. Das bedeutet, den systematischen Zweifel an bestehenden Aussagen zu schulen. Darüber hinaus sollen die Lernenden die Möglichkeit zur Kompetenz- und Persönlichkeitsbildung erhalten.

Im Bereich der akademischen Ausbildung bedeutet dies, die Lehrkonzepte derart umzugestalten, dass die Studierenden

zu einem aktiven, situativen, forschenden Lernen gelenkt werden. Das kann gelingen, indem Forschung, Lehre und Wirtschaft in einen noch stärkeren Austauschprozess eintreten. Studierende sollten außerdem früh ermutigt werden, über traditionelle Fachgrenzen hinweg gemeinsam an Problemstellungen zu arbeiten. Beispielsweise zwischen den Bereichen IT und Maschinenbau bestehen aufgrund unterschiedlicher Lehrkonzepte und Problemlösungsstrategien oft Reibungsverluste, die durch eine verstärkte Interdisziplinarität abgemildert werden können. Universitäre Ausbildung muss den Studierenden außerdem die Kompetenzen vermitteln, die sie für ein lebenslanges Lernen benötigen: neue Lehrinhalte und Problemstellungen selbstständig erschließen, bestehendes Wissen hinterfragen, (Forschungs-)Fragen entwickeln und mit den geeigneten Methoden bearbeiten. Aber auch die nichtakademische Ausbildung, wozu auch die innerbetriebliche Weiterbildung zählt, muss sich an die höheren Qualifikationsanforderungen einer digitalisierten Wirtschaft anpassen. Das heißt, auch auf diesem Gebiet ist Lernen als lebenslanger Prozess zu begreifen und sind Beschäftigte mit Entscheidungskompetenzen auszustatten.

Von einem solchen Wandel in der Ausbildung profitieren Unternehmen ebenso wie Studierende und Beschäftigte. Durch eine verstärkte Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft wird das gegenseitige Vertrauen gestärkt und Studierende können frühzeitig betriebliche Erfahrung sammeln. Der Ansatz des lebenslangen Lernens erhöht die Qualität von Beschäftigungsverhältnissen und führt zu qualifizierteren Arbeitnehmern, die besser an die Anforderungen einer Welt der Industrie 4.0 angepasst sind.

Fazit

Der Wandel hin zur Industrie 4.0 hat nicht nur ökonomische Folgen. Der Einsatz Cyber-Physischer Systeme wird auch zu erheblichen Umbrüchen in der Arbeitswelt führen. Diesen Wandel gilt es auf Basis kooperativer Verhandlungslösungen zu gestalten. Durch den Einsatz neuer Technologien werden bestimmte einfachere Tätigkeiten ersetzt, gleichzeitig entstehen durch die Entwicklung innovativer Systeme auch neue Arbeitsplätze. Andere Aufgaben, die ein dynamisches Erfahrungswissen erfordern, können auch künftig nicht durch Maschinen verdrängt werden. Gerade die wachsende Komplexität der technischen Systeme macht dieses implizite Wissen immer wichtiger.

Anforderungen steigen auf allen Qualifikationsstufen

Die Technologien der Industrie 4.0 werden sich auch auf die Qualität der Arbeit auswirken – in die eine und in die andere Richtung (Humanisierungs- und Dehumanisierungspotenziale). Vor allem aber sollten Cyber-Physischer Systeme die Menschen in ihrer Arbeit unterstützen und die Tätigkeitsprofile erweitern. Dadurch steigen auch die Anforderungen auf den mittleren und unteren Qualifikationsstufen. Insbesondere gewinnen IT-Kenntnisse sowie interdisziplinäre und systemanalytische Kompetenzen an Bedeutung, vor allem für hochqualifizierte Fachkräfte. Dafür ist es dringend erforderlich, die bestehenden Aus- und Weiterbildungsangebote weiterzuentwickeln und neue zu konzipieren.

Für einen Farben- und Lackhersteller übernimmt der Logistikdienstleister Rhenus auch die Produktindividualisierung – hier werden Lackdosen etikettiert (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).





STRATEGISCHE HANDLUNGSFELDER

3D-Engineering: Auch im Anlagenbau werden dreidimensionale CAD-Software und Virtual-Reality-Lösungen genutzt, um Komponenten zu planen und zu optimieren (Foto: Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe).



Der Prozess des digitalen Wandels, der zu gravierenden wirtschaftsstrukturellen Veränderungen führt, muss strukturpolitisch begleitet werden. Dabei ist es wichtig, dass die regionalen Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft, Politik, Verwaltung und Wirtschaftsförderung an einem Strang ziehen. In einem kooperativen Ansatz sollten sie strategische Leitlinien für den Wandel hin zur Industrie 4.0 definieren und sich über passgenaue Förderinstrumente verständigen. Oberstes Ziel muss es sein, die Metropole Ruhr langfristig als digitalen Industriestandort zu positionieren. In den verschiedenen Leitmärkten der Metropole Ruhr wird der digitale Wandel zwar unterschiedliche Entwicklungsverläufe nehmen, branchenübergreifend sind es jedoch vor allem die kleinen und mittleren Unternehmen, deren spezifische Förderbedarfe bei der Konzeption strukturpolitischer Instrumente in besonderer Weise berücksichtigt werden sollten.

>>

Die mittelständische Wirtschaft: Mehr Unterstützungsangebote etablieren, Kooperationen über Leitmärkte hinweg fördern und wissenschaftliches Know-how der Region für sie nutzbar machen

Die Digitalisierung der Wirtschaft birgt in der Metropolregion Ruhr enorme Wachstumspotenziale für Entwickler und Anbieter sowie Anwender von Industrie-4.0-Produkten und -Dienstleistungen. Wegen der hohen Komplexität des Themas benötigt vor allem die mittelständische Wirtschaft Unterstützungsangebote. Nur mit ihnen kann sie mehrheitlich die Wachstumschancen beim Wandel hin zur Industrie 4.0 für sich nutzen. Häufig fehlen dem Mittelstand jedoch die personellen und finanziellen Ressourcen, um aus eigener Kraft eine umfassende Digitalisierung und Neuausrichtung seiner Wertschöpfungsprozesse anzustoßen.

Zentrale Innovations- und Transferplattform

Die Konzeption der Förderangebote sollte das neue Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0 übernehmen, das mit einem Standbein am Fraunhofer IML in Dortmund eingerichtet wird. Neben dem Fraunhofer IML beteiligen sich weitere Kompetenzträger aus Nordrhein-Westfalen wie die RWTH Aachen, die EffizienzCluster Management GmbH in Mülheim an der Ruhr sowie weitere Forschungseinrichtungen etwa aus Ostwestfalen an der Konzeption von Förderangeboten des Zentrums. Das Kompetenzzentrum kann so zur zentralen Innovations- und Transferplattform für den Mittelstand werden. Es soll die Unternehmen des Ruhrgebiets mit Informations-, Demonstrations- und Qualifizierungsangeboten auf dem Weg hin zur Industrie 4.0 begleiten und die regionale Wirtschaft eng miteinander vernetzen.

Auch die Akteure der regionalen Wirtschaftsförderung sollten zu den spezifischen Förderbedarfen der regionalen Unternehmen beitragen. Ihre Aufgabe ist es vor allem, die Betriebe zu ermuntern, sich aktiv in den Umsetzungsprozess einzubringen. So kann sich das Kompetenzzentrum mittelfristig zu einem Nukleus der Industrie 4.0 mit überregionaler Ausstrahlungskraft entwickeln und helfen, die Metropolregion Ruhr als digitalen Industriestandort zu etablieren.

Kooperationen über Leitmärkte hinweg

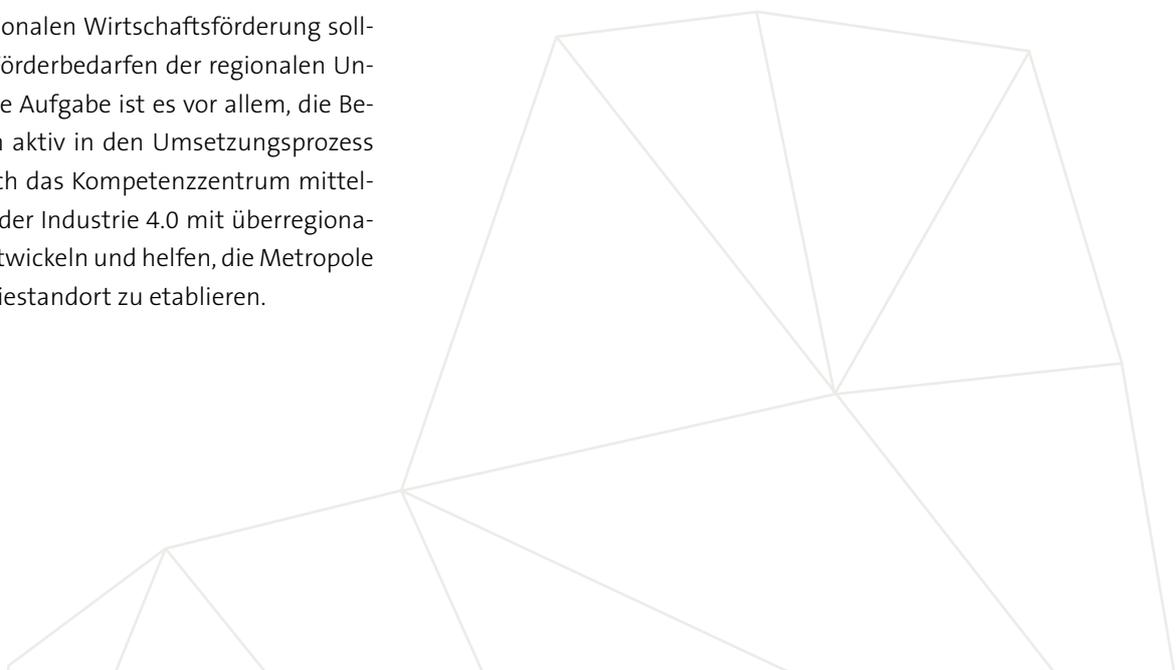
Bei der Entwicklung von Industrie-4.0-Lösungen sollten zudem Kooperationen zwischen Unternehmen aus verschiedenen Leitmärkten angeregt werden. Die Zusammenarbeit unterstützt die Diffusion der neuen Technologien zwischen den Wirtschaftssegmenten und stärkt letztlich die Innovationskraft der gesamten Region.

Förderung des Technologietransfers

Das umfassende Know-how der regionalen Forschungseinrichtungen im Bereich der Industrie 4.0 muss für den Mittelstand nutzbar gemacht werden. Denkbar sind Angebote im Bereich des Technologietransfers. Zudem könnten gezielt Konsortien aus Wirtschaft und Wissenschaft bei der Vergabe von Projektmitteln unterstützt werden. Die Fokussierung der Projektförderung auf regionale Stärken und technologiegetriebene Entwicklungen unterstützt darüber hinaus das Konzept der intelligenten Spezialisierung.

Forschungsinfrastruktur bereitstellen

Kleinen und mittleren Unternehmen müssen flexibel nutzbare Labore und Prüfstände zur Verfügung gestellt werden. Von einer solchen Forschungsinfrastruktur profitieren insbesondere technologieorientierte Firmen, die keine eigene F&E-Abteilung besitzen.



Smart-City-Konzepte: Vorreiterrolle einnehmen, Innovationen im Bereich Urban Manufacturing fördern

Die Metropole Ruhr hat als Ballungsraum und industrieprägte Region die große Chance, ein Reallabor für die Entwicklung von Smart-City-Konzepten zu werden. Das Ruhrgebiet könnte Vorreiter für andere Metropolregionen sein und Innovationen im Bereich Urban Manufacturing federführend vorantreiben. Die Akteure aus der Region sollten sich deshalb darüber verständigen, welche regionalen Kompetenzträger und Problemlösungsansätze dazu beitragen könnten, ganzheitliche Konzepte zur Vernetzung von

ökonomischen und sozialen Prozessen im urbanen Umfeld zu realisieren. Zu klären ist ferner, wie die jeweiligen regionalen Kompetenzträger in ihrer Innovationstätigkeit unterstützt werden können. Da im Rahmen von Smart-City-Konzepten sowohl ökonomische als auch soziale oder infrastrukturelle Handlungsfelder erschlossen werden, sind Politik und regionale Wirtschaftsförderung gefragt. Sie sollen die Aktivitäten koordinieren und zwischen den verschiedenen Akteuren vermitteln.

Gute digitale Arbeit: Umbrüche in der Arbeitswelt gemeinsam mit Arbeitnehmern gestalten und Potenziale zur Verbesserung nutzen

Der digitale Wandel ist nicht nur von großer ökonomischer Relevanz, sondern kann auch als wichtige gesellschaftspolitische Aufgabe verstanden werden. Denn im Kontext der Industrie 4.0 sind erhebliche Veränderungen in der Arbeitswelt zu erwarten. Die Umbrüche sind dabei nicht deterministisch durch die Technik vorgezeichnet. Vielmehr müssen die Potenziale der Industrie 4.0 für die Gestaltung guter digitaler Arbeit im Dialog mit den Beschäftigten eruiert werden. Initiativen aus Politik, Verwaltung und Verbandswesen sollten deshalb Unternehmen und Mitarbeiter ermutigen, die

Bedingungen für gute digitale Arbeit auszuhandeln und die Potenziale neuer Technologien nutzbar zu machen.

Leitlinien formulieren

Zudem sollten die regionalen Akteure unter dem Dach bestehender Netzwerke und Dialogplattformen wie dem CPS, HUB NRW oder dem neuen Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0 Diskussionsräume schaffen. Dort müssen die sozialen Folgen des Einsatzes Cyber-Physischer Systeme mitgedacht und Leitlinien für gute digitale Arbeit formuliert werden.

Aus- und Weiterbildung: Inhalte am Bedarf der Industrie 4.0 orientieren und bestehende Lehrangebote besser verzahnen

Darüber hinaus ergeben sich im Kontext der Industrie 4.0 neue Qualifizierungsanforderungen. Darauf muss der Ausbildungsmarkt reagieren und die Inhalte auf den verschiedenen Ausbildungs- und Weiterbildungsstufen anpassen. So sollten grundlegende Konzepte und Methoden der neuen Technologien vermittelt werden, um die Entscheidungskompetenzen und die systemanalytischen Fähigkeiten der Mitarbeiter zu verbessern. Für Arbeitnehmer sind ferner bedarfsgerechte Weiterbildungsmaßnahmen zu schaffen.

zess zur Neuausrichtung bzw. Anreicherung bestehender Ausbildungskonzepte mit relevanten Schwerpunkten anstoßen. Ausbildungsstätten, einschließlich der Universitäten und Fachhochschulen, sollten Konzepte entwickeln, mit denen sie Module bestehender Lehrangebote in den Bereichen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik noch besser miteinander verzahnen können. Und: Akteure der regionalen Wirtschaftsförderung müssen die Unternehmen über spezifische Weiterbildungsmöglichkeiten im Bereich der Industrie 4.0 informieren.

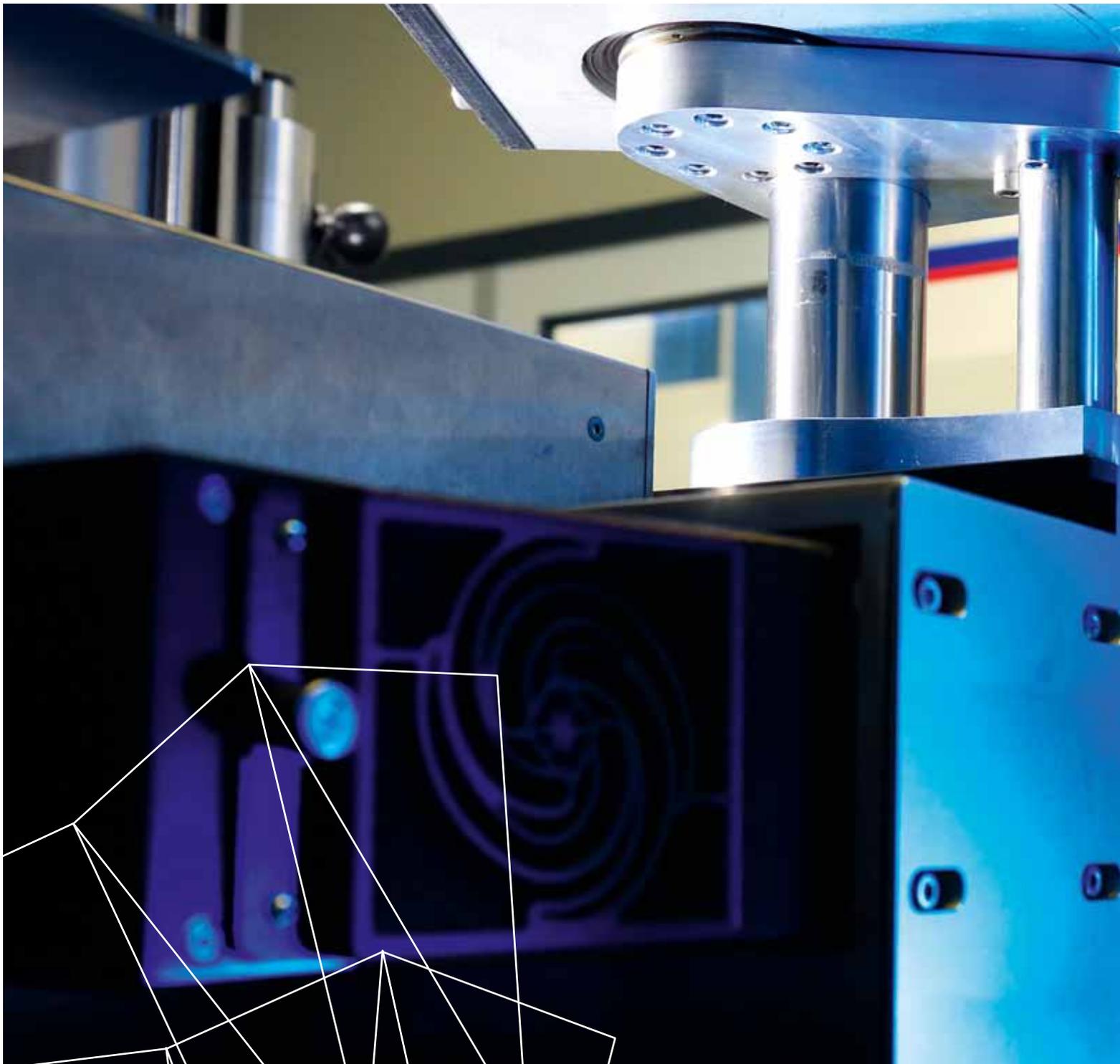
Flankierende Maßnahmen

Dieser Prozess sollte von der Landesregierung und den Kammern begleitet werden. Sie müssen einen Dialogpro-

Rahmenbedingungen: Klare rechtliche Regelungen vor allem im Bereich Datensicherheit definieren und einheitliche Systemstandards schaffen

Als die größten Hemmnisse auf dem Weg zur Industrie 4.0 gelten ungelöste Herausforderungen im Bereich der Datensicherheit, unklare rechtliche Rahmenbedingungen sowie fehlende Systemstandards. Zum Teil können diese Herausforderungen nur auf nationaler oder transnationaler

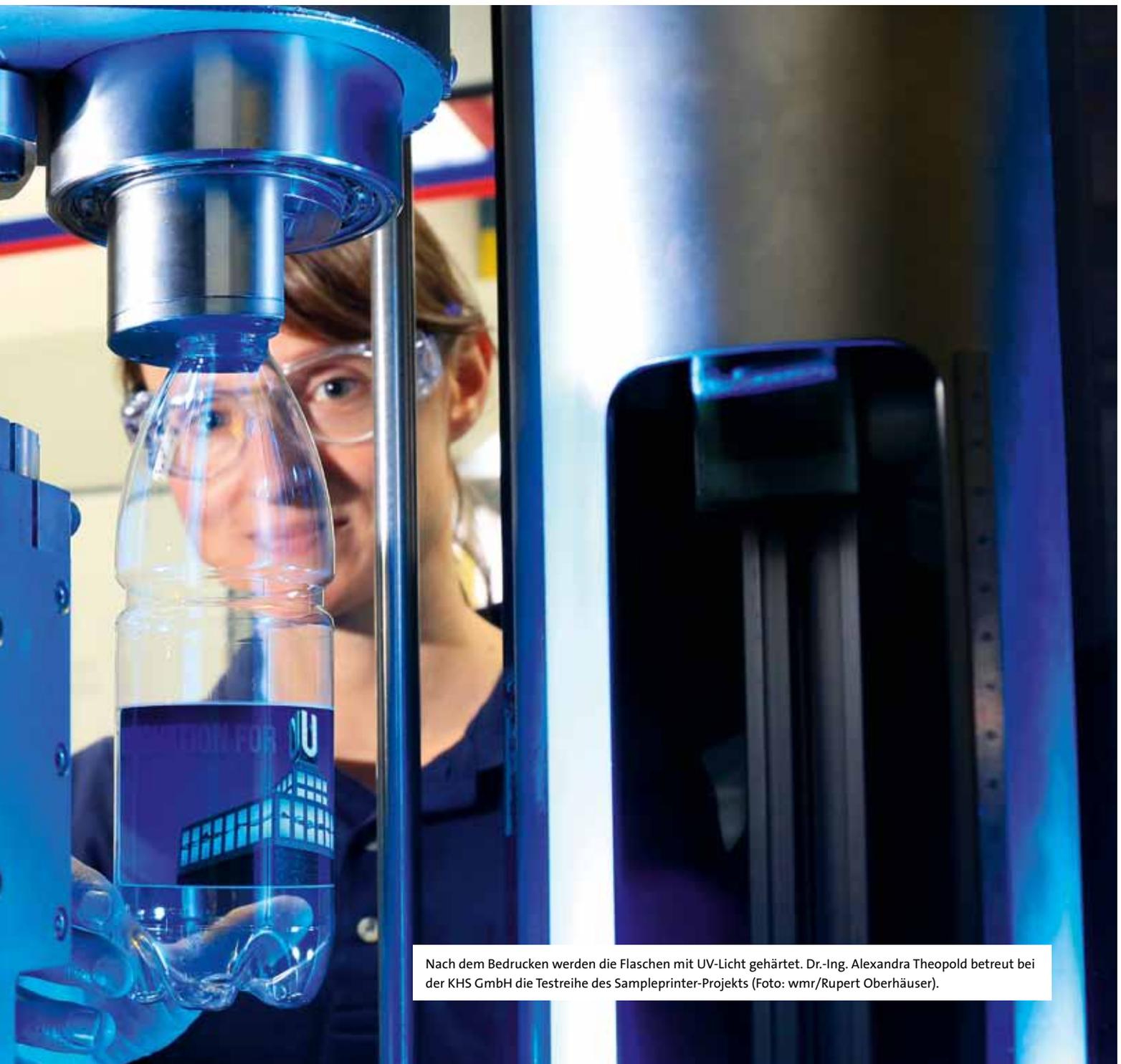
Ebene gelöst werden. Regionale Handlungsansätze sollten daher Beratungsangebote im Bereich der Datensicherheit schaffen. Zudem sollten sie solche Unternehmen fördern, die Problemlösungen im Bereich der Datensicherheit und des Datenschutzes anbieten.



IT-Infrastruktur: Breitbandausbau konsequent fortsetzen

Der digitale Wandel kann nur dann gelingen, wenn die Unternehmen der Metropole Ruhr auf eine hochmoderne IT-Infrastruktur zugreifen können. Die Aktivitäten im Bereich des Breitbandausbaus sind deshalb konsequent fort-

zuführen. Denn nur eine flächendeckend hohe Qualität des IT-Netzes ermöglicht allen Unternehmen der Metropole Ruhr, Industrie-4.0-Technologien zu entwickeln und anzuwenden.



Nach dem Bedrucken werden die Flaschen mit UV-Licht gehärtet. Dr.-Ing. Alexandra Theopold betreut bei der KHS GmbH die Testreihe des Sampleprinter-Projekts (Foto: wmr/Rupert Oberhäuser).

INTERVIEWPARTNER

Wir möchten den folgenden Unternehmen, wissenschaftlichen Instituten und Organisationen für die inspirierenden Gespräche, die spannenden Einblicke und ihre Expertise danken:

EVONIK INDUSTRIES AG

Prof. Dr. Walter Tötsch
Standortleiter Chemiapark Marl

ZENTRUM FÜR LOGISTIK & VERKEHR

Klaus Krumme
Geschäftsführer

FRAUNHOFER IML

Prof. Dr. Michael Henke
Institutsleiter

HAFENCITY UNIVERSITÄT HAMBURG

Prof. Dr. Dieter Läßle

HANS TURCK GMBH + CO KG

Christian Wolf
Managing Director

IFM DATALINK GMBH

Dr. Myriam Jahn
Geschäftsführerin

CPS.HUB NRW

Projektleiterin
Monika Gatzke

IG METALL

Dr. Constanze Kurz
Vorstand, Bereich Betriebs-
und Branchenpolitik

IG METALL NRW

Gabi Schilling
IG Metall, Bezirksleitung NRW

KHS GMBH

Dr. Peter Stelter
Leiter Technologiemanagement

MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS EUROPE GMBH (MHPSE)

Prof. Emmanouil Kakaras
Vizepräsident
Torsten Buddenberg
Leiter Produktentwicklung

PROLOGISTIK GMBH + CO KG

Jörg Kühnert und Jörg Sängler
Geschäftsführer

QASS GMBH

Ulrich Seuthe
Geschäftsführer
Martina Hagebölling
Unternehmensentwicklung

RHENUS SE + CO KG

Dr. Stephan Peters
Mitglied des Vorstandes

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Prof. Dr. Thorsten Holz
Lehrstuhl für Systemsicherheit

THYSSENKRUPP AG

Alexander Gulden
Head of BA CT Technology, Innovation & Sustainability

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr. Christoph Herrmann
Institutsleitung Werkzeugmaschinen und
Fertigungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND

Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen

UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN

Prof. Dr. Bernd Noche
Lehrstuhl für Technische Logistik

UNIVERSITÄT TÜBINGEN

Prof. Dr. Daniel Buhr
Lehrstuhl für Policy Analyse und Politische Wirtschaftslehre

LITERATUR

- ACATECH (2011):** Cyber-Physical Systems – Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. acatechPOSITION Dezember 2011. München: acatech.
- AGIPLAN GMBH; FRAUNHOFER IML; ZENIT GMBH (2015):** Erschließen der Potenziale der Anwendung von „Industrie 4.0“ im Mittelstand. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).
- BAUER, W.; SCHLUND, S. (2015):** Wandel der Arbeit in indirekten Bereichen: Planung und Engineering, in: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.), Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Edition Sigma.
- BCG, THE BOSTON CONSULTING GROUP (2015):** Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.
- BDI; ROLAND BERGER (2015):** Die digitale Transformation der Industrie.
- BDI, BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE E. V. (2013):** Cloud Computing – Wertschöpfung in der digitalen Transformation (BDI Leitfaden – Die Industrie auf dem Weg in die „Rechnerwolke“). Berlin: BDI.
- BECKER, K.-D. (2015):** Arbeit in der Industrie 4.0 – Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft e. V., in: Botthof, A.; Hartmann, E. A. (Hrsg.), Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 23–30.
- BITKOM, BUNDESVERBAND INFORMATIONSWIRTSCHAFT, TELEKOMMUNIKATION UND NEUE MEDIEN E. V. (2009):** Cloud Computing – Evolution in der Technik, Revolution im Business (BITKOM Leitfaden). Berlin: BITKOM.
- BITKOM, BUNDESVERBAND INFORMATIONSWIRTSCHAFT, TELEKOMMUNIKATION UND NEUE MEDIEN E. V. (2015):** Big Data und Geschäftsmodell-Innovationen in der Praxis: 40+ Beispiele – Leitfaden. Berlin: BITKOM.
- BMBF, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (2011):** Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand. Berlin: BMBF.
- BMBF, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (2011):** Integration von Produktion und Dienstleistung – Themenheft zum Förderschwerpunkt. Berlin: BMBF.
- BMBF, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (2012):** AUTONOMIK für Industrie 4. Produktion, Produkte, Dienste im multidimensionalen Internet der Zukunft. Berlin: BMBF.
- BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2015):** Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation. Berlin: BMWi.
- BOES, A.; KÄMPF, T.; LANGES, B.; LÜHR, T.; STEGLICH, S. (2014):** Cloudworking und die Zukunft der Arbeit. Kritische Analysen am Beispiel der Strategie „Generation Open“ von IBM. Studie, herausgegeben von der Beratungsstelle für Technologiefolgen und Qualifizierung (BTQ) im Bildungswerk der Vereinten Dienstleistungsgewerkschaft im Lande Hessen. Kassel.
- BOSCHMA, R.; MINONDO, A.; NAVARRO, M. (2012):** Related variety and regional growth in Spain. Papers in Regional Science 91.2, S. 241–256.
- BOTTHOF, A.; HARTMANN, E. (HRSG.) (2015):** Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: Springer Vieweg.
- BRANDT, A.; KRÄTKE, S.; HAHN, C.; BORST, R. (2008):** Metropolregionen und Wissensvernetzung: Eine Netzwerkanalyse innovationsbezogener Kooperationen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen. Münster.
- BRANDT, A. (2014):** Wirtschaftsförderung 3.0: Zur Strategie der Wirtschaftsförderung in der Innovationsökonomie, in: Zukunft der Wirtschaftsförderung, Beck, C. R.; Heinze R. G.; Schmid J. (Hrsg.), Baden-Baden, S. 683–713.
- BRYNJOLFSSON UND MCAFEE (2014) THE SECOND MACHINE AGE:** Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York.
- BUHR, D. (2015):** Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0. Studie im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung. Bonn.
- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2011):** Perspektive 2025 – Fachkräfte für Deutschland. Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.
- CICHY, B.; KALLMEIER, H.-J.; KLEIN-MAGAR, M. (2014):** Neue Wege für Personalarbeit und Mitbestimmung, in: Boes, A.; Kämpf, T.; Langes, B.; Marrs, K. (Hrsg.), Dienstleistungen in der digitalen Gesellschaft. Ergebnisse aus Forschung und Praxis. München.
- CLAUSEN, U.; THALLER, C. (2013):** Wirtschaftsverkehr 2013 – Datenerfassung und verkehrsträgerübergreifende Modellierung des Güterverkehrs als Entscheidungsgrundlage für die Verkehrspolitik. Wiesbaden: Springer.

- DLG, DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2015):** Industrie 4.0 – Kompaktwissen. DLG-Expertenwissen, 5/2015.
- EINEM, V. E. (2011):** Wissensabsorption von Städten und Regionen, in: Jahrbuch für Regionalwissenschaft, 31. Jg., H. 2, S. 131–153.
- FALLENBECK, N.; ECKERT, C. (2014):** IT-Sicherheit und Cloud Computing, in: Bauernhansl, T.; Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer, S. 397–431.
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK IML (2015):** inBin, der intelligente Behälter. Internetpräsenz des Projekts. <http://www.internet-der-dinge.de/de/projekte0/inbin1.html>
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK IML (2015):** iDisplay – das elektronische Etikett. Internetpräsenz des Projekts. <http://www.iml.fraunhofer.de/de/themengebiete/industrie-4-0/aktuelleprojekte/idisplay.html>
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK IML (2015):** Industrial Data Space im Überblick. Dortmund: Fraunhofer.
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK IML (O.J.):** Logistik Entdecken Nr. 15. Dortmund: Koffler+Kurz Medienmanagement.
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC (2003):** Intelligente Materialien, in: Fraunhofer Magazin, 2/2003, S. 30 f.
- FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. (2013):** The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? Oxford Martin School Working Paper No. 18.
- GEISSBAUER, R.; SCHRAUF, S.; KOCH, V.; KUGE, S. (2014):** Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. PricewaterhouseCoopers (PwC) (Hrsg.).
- HARTMANN, E. (2015):** Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0: Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen, in: Hartmann, E.; Botthof, A. (Hrsg.), Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Wiesbaden: Springer, S. 9 f.
- HERTZBERG, J.; LINGEMANN, K.; LÜCHTER, A. (2012):** Mobile Roboter: Eine Einführung aus Sicht der Informatik. Berlin Heidenau: Springer.
- HIRSCH-KREINSEN, H. (2012):** Hidden Innovators – Perspektiven nicht-forschungsintensiver Industrien. WSI Mitteilungen 8, S. 561–569.
- HIRSCH-KREINSEN, H. (2015):** Einleitung: Digitalisierung industrieller Arbeit, in: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.), Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Edition Sigma, S. 10–31.
- IDC, INTERNATIONAL DATA CORPORATION (2014):** Data Growth, Business Opportunities, and the IT-Imperatives.
- IFR, INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS (2015):** Executive Summary – World Robotics 2015 Industrial Robots. World Robotics Survey 2015, S. 13–26.
- IMST (2015):** Internetpräsenz des Leitprojekts Connected-CarTM. <https://www.imst.de/imst/de/forschung/connectedcar.php?navanchor=2110015>
- INNOVATIONCITY RUHR (2015):** Internetpräsenz der InnovationCity Ruhr. <http://www.icruhr.de/index.php?id=3>
- ITTERMANN, P.; NIEHAUS, J. (2015):** Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit, in: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.), Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Edition Sigma, S. 33–51.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (2013):** Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.
- KAGERMANN, H. (2014):** Chancen von Industrie 4.0 nutzen, in: Bauernhansl, T.; Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer, S. 603–614.
- KÄRCHER, B. (2015):** Alternative Wege in die Industrie 4.0. Möglichkeiten und Grenzen. In: Botthof, A.; Hartmann, E.A. (Hrsg.), Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 47–58.
- KRUMME, K. (2015):** Nachhaltiges Wirtschaften – Logistik im Wandel, Wandel durch Logistik?, in: Verkehrs- und Logistikstandort Deutschland – Chancen und Perspektiven, Europäischer Wirtschaftsverlag, S. 60–63.
- KUHLMANN, M.; SCHUMANN, M. (2015):** Digitalisierung fordert Demokratisierung der Arbeitswelt heraus, in: Hoffmann, R.; Bogedan, C. (Hrsg.), Arbeit der Zukunft – Möglichkeiten nutzen – Grenzen setzen. Frankfurt am Main, S. 122–140.
- LEIMEISTER, J. M.; ZOGAJ, S.; DURWARD, D.; BLOHM, I. (2015):** Arbeit und IT: Crowdsourcing und Crowdwork als neue Arbeits- und Beschäftigungsformen, in: Gute Arbeit und Digitalisierung. Prozessanalysen und Gestaltungsperspektiven für eine humane digitale Arbeitswelt. Herausgegeben vom ver.di-Bereich Innovation und Gute Arbeit. Berlin, S. 66–79.

- MAIER, G.; TÖDTLING, F.; TRIPPL, M. (2006):** Regional und Stadtkonomie, Teil 2, Wien.
- MAMELI, F.; IAMMARINO, S.; BOSCHMA, R. (2012):** Regional variety and employment growth in Italian labour market areas: services versus manufacturing industries. Working Paper. Birkbeck College, University of London.
- MANPOWER GROUP (2015):** Studie Fachkräftemangel – Deutsche Wirtschaft muss Aufträge ablehnen. Eschborn: Manpower Group GmbH.
- MIWF NRW, MINISTERIUM FÜR INNOVATION, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2015):** NRW soll führender Standort für automatisiertes und vernetztes Fahren werden. Pressemitteilung 15.06.2015.
- NEUMANN, H. (2014):** Industrie 4.0 – Große Chance für die Arbeit. Gastbeitrag des Vorstands für Personal, Organisation und IT der Volkswagen AG in autogramm, Zeitung für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Marke Volkswagen. Ausgabe 11/2014
- PFEIFFER, S.; SUPHAN, A. (2015):** Industrie 4.0 und Erfahrung – das Gestaltungspotenzial der Beschäftigten anerkennen und nutzen, in: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden: Edition Sigma, S. 205–226.
- POLANYI, M. (1985):** Implizites Wissen, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- PWC (2014):** Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution.
- RUMP, J.; WILMA, G.; EILERS, S. (2014):** Digitalisierung in der Arbeitswelt. Hintergründe und Handlungsansätze, in: Schröter, W. (Hrsg.), Identität in der Virtualität. Einblicke in neue Arbeitswelten und Industrie 4.0. Mössingen-Talheim.
- SCHRÖDER, L.; SCHWEMMLE, M. (2014):** Gute Arbeit in der Crowd?, in: Schröder, L.; Urban, H.-J. (Hrsg.), Jahrbuch Gute Arbeit 2014. Profile prekärer Arbeit – Arbeitspolitik von unten. Frankfurt am Main.
- SCHWARZMÜLLER, T.; BROSI, P.; WELPE, I. (2015):** Führung im digitalen Zeitalter, in: Becker, T.; Knop, C. (Hrsg.), Digitales Neuland. Wiesbaden: Springer, S. 155–166.
- SOM, O.; LAY, G.; KINKEL, S. (2013):** Innovation ohne Forschung und Entwicklung – Ein Rückblick auf fünf Jahre „Lowtech-Forschung“ am Fraunhofer ISI, in: Abel, J. et al. (Hrsg.), Traditionell Innovativ. Berlin.
- STICH, V.; GUDERGAN, G.; SENDEREK, R. (2015):** Arbeiten und Lernen in der digitalisierten Welt, in: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.), Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Edition Sigma, S. 109–130.
- STIGLITZ, J. (1999):** Public policy for a knowledge economy, London.
- VAN OORT, F.; DE GEUS, S.; DOGARU, T. (2014):** Related variety and regional economic growth in a cross-section of European urban regions. European Planning Studies, S. 1–18.
- VDI, VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2014):** Statusreport – Additive Fertigung. Düsseldorf: VDI.
- VERBEEK, K.; TEN HOMPEL, M.; AUFFERMANN, C.; KAMAGAEV, A.; NETTSTRÄTER, A.; VASTAG, A. (2013):** Cyber Physical Systems in der Logistik – Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum digitalen Industrieland. Wuppertal: IKT.NRW.
- VÖPEL, H.; UEHLECKE, J. (2009):** Wissen schafft Wachstum: Wirtschaftspolitische Handlungsoptionen für Innovation und Fortschritt (No. 1–13). HWWI Policy Paper.
- WOLFF, I. (2013):** Industrie 4.0. Cyber Physical Systems in der Produktion. Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum digitalen Industrieland. Wuppertal: Clustermanagement IKT.NRW.
- ZWECK, A.; HOLTMANNSPÖTTER, D.; BRAUN, M.; CUHLS, K.; HIRT, M.; KIMPELER, S. (2015):** Forschungs- und Technologieperspektiven 2030. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum.

Herausgeber und Auftraggeber:**wirtschaftsförderung@metropoleruhr**

Wirtschaftsförderung metropoleruhr GmbH
Kronprinzenstraße 6
45128 Essen

Auftragnehmer:**CIMA Institut für Regionalwirtschaft GmbH**

Moocksgang 5
30169 Hannover

Autoren:

Dr. Arno Brandt
Lina Polom
Marc Danneberg

Redaktionelle Mitarbeit:

Kathrin Lohmeyer-Duchatz
www.medienhaus-dortmund.de

Gestaltung:

FREIWILD Kommunikation
www.freiwild-kommunikation.de

Bildnachweis:

Seite 6: © KHS GmbH
Seite 14/15: © Fraunhofer IML
Seite 23: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 26/27: © KHS GmbH
Seite 30/31: © Fraunhofer IML
Seite 32/33: © Rupert Oberhäuser
Seite 34/35: © Rupert Oberhäuser
Seite 37: © Rupert Oberhäuser
Seite 40: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 42: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 43: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 44/45: © adesso AG
Seite 46: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 49: © Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe
Seite 54: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 57: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 59: © Fraunhofer IML
Seite 62: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 64: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 65: © wmr/Rupert Oberhäuser
Seite 68/69: © WMH/Rupert Oberhäuser
Seite 71: © Fraunhofer IML
Seite 83: © Rupert Oberhäuser
Seite 84: © Rupert Oberhäuser
Seite 86/87: © Rupert Oberhäuser
Seite 88/89: © Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe
Seite 92/93: © wmr/Rupert Oberhäuser

Quellen:

Grundlage der quantitativen Leitmarktbeschreibungen in diesem Bericht bilden die Daten der Beschäftigungsstatistik (Bundesagentur für Arbeit) und der Umsatzsteuerstatistik (Statistisches Bundesamt, IT.NRW) sowie Berechnungen der CIMA Institut für Regionalwirtschaft GmbH aus Hannover. Es wurden die jeweilig aktuell vorhandenen Zahlen ausgewertet (Umsätze und Unternehmen, Stand 2013; sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SVB), Stand 2014).

Zu den SVB zählen nicht Beamte, Selbstständige, mithelfende Familienangehörige sowie Berufs- und Zeitsoldaten.

Stand: Februar 2016

www.business.metropoleruhr.de
ISBN 978-3-9815722-7-8

Schutzgebühr 5,- €



9 783981 572278