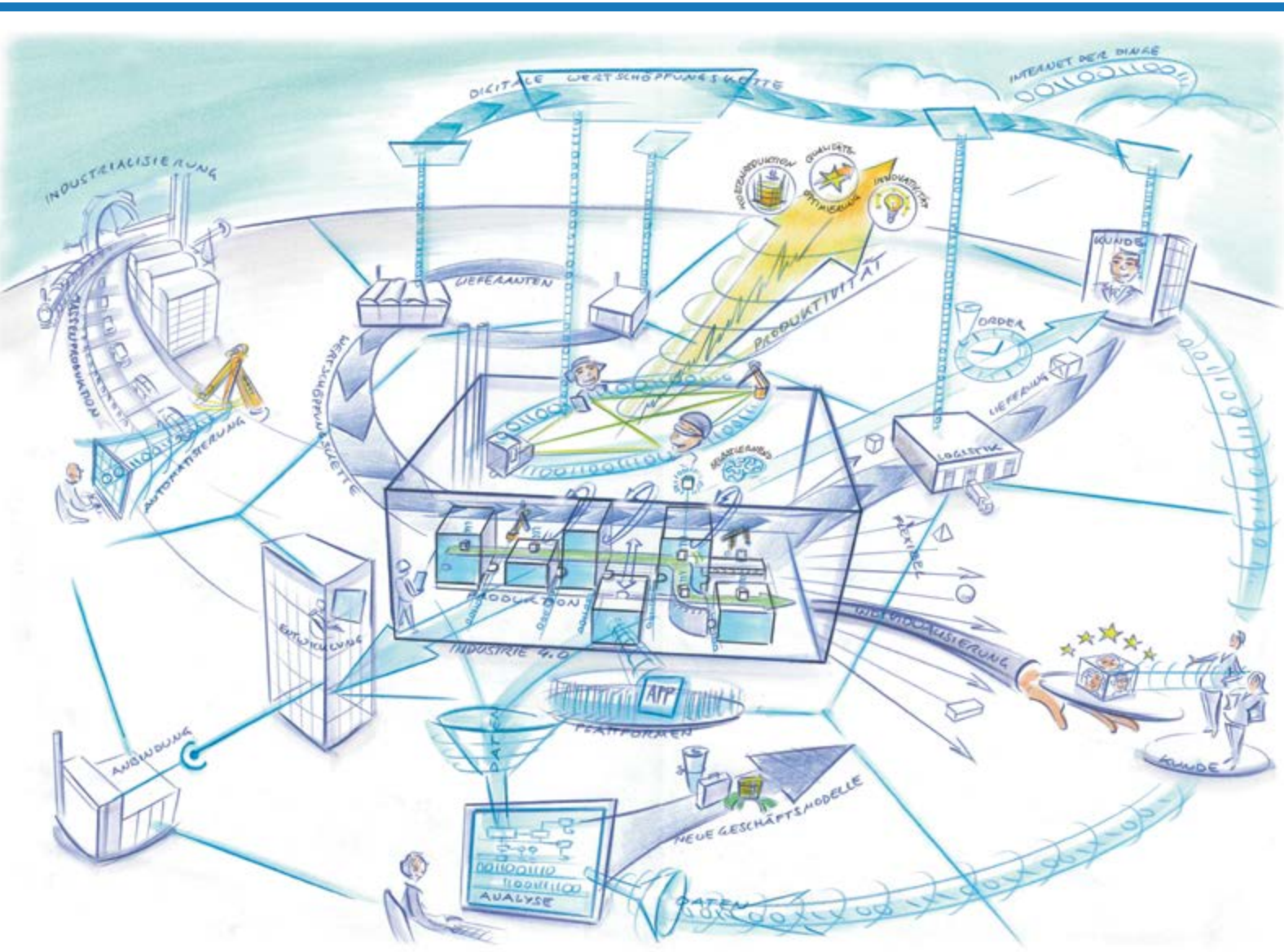


Industrie 4.0

Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und
Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung





Mit diesem QR-Code erhalten Sie die elektronische Ausgabe dieser Studie zum kostenlosen Download.

Weiterführende Unterlagen zur Studie finden Sie unter www.inbenzhap.de

Vorwort

Industrie 4.0 ist auf gutem Wege, sich zum Schlagwort des Jahrzehnts zu entwickeln. Der Hype erfasst nahezu alle Bereiche der Gesellschaft und geht über die CIM-Euphorie vor gut einem Vierteljahrhundert hinaus. Schon lassen sich viele dazu hinreißen, die klassische industrielle Produktion und die etablierten Wertschöpfungsstrukturen totzusagen, ohne die derzeitige Entwicklung voll zu verstehen und vor allem zu Ende zu denken. Viel zu wenig wird die Frage gestellt, wie sich mit Industrie 4.0 Geld verdienen lässt. Klar zumindest ist, dass sich aus der Digitalisierung, dem Internet der Dinge und weiteren Ansätzen der Innovations- und Kommunikationstechnik faszinierende Chancen für unternehmerischen Erfolg und Beschäftigung abzeichnen; Industrie 4.0 hat das Potential für disruptive Innovationen.

Vor diesem Hintergrund kommt der Wunsch auf, den derzeitigen Leistungsstand von Industrie 4.0 im Vergleich mit anderen Industrienationen realistisch abzubilden und die künftige Entwicklung der globalen Wettbewerbsarena zu antizipieren. Die zentrale Frage lautet in diesem Zusammenhang, ob Deutschland das Zeug dazu hat, Leitmarkt und Leitanbieter zu werden. Diese Frage stellt den Ausgangspunkt für das vorliegende Projekt dar. Um sie fundiert beantworten zu können, starteten wir mit einem umfassenden Benchmark, der vom WZL der RWTH Aachen federführend durchgeführt wurde. Die Überwindung der festgestellten Schwächen und der Ausbau der heutigen Stärken werden nicht ausreichen, um die Herausforderungen der Zukunft zu bewältigen. Daher haben wir mithilfe der Szenario-Technik die Zukunft von Industrie 4.0 vorausgedacht und plausible Zukunftsbilder der industriellen Produktion mit einem Zeithorizont von 2030 entwickelt. Die Federführung hierfür lag beim Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Auf dieser Grundlage (Benchmark- und Zukunftsszenarien) leiten wir

Handlungsempfehlungen für eine weit gefasste Produktionsforschung ab.

Wir haben nahezu unzählige Interviews mit Fachleuten im In- und Ausland geführt und die Zwischenresultate in vier World Café-Workshops mit jeweils 50 Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft sowie Repräsentantinnen und Repräsentanten weiterer gesellschaftlicher Gruppen zur Diskussion gestellt und bewertet. Besonders bemerkenswert ist die sehr engagierte Teilnahme dieses Personenkreises an allen vier Workshops – trotz enger Terminkalender. Offenbar wirkt die Aussicht auf interessante Arbeit anziehend. An dieser Stelle danken wir den genannten Personen, aber auch den vielen Interviewten im In- und Ausland sehr herzlich. Sie haben dem Vorhaben die entscheidenden Impulse gegeben! Ferner danken wir dem BMBF und den Betreuern des Projektträgers Karlsruhe für die Unterstützung und professionelle Begleitung unserer Arbeit.

Angesichts der mehr als 600 Seiten umfassenden Projektdokumentation haben wir uns die Frage gestellt, wie wir das erarbeitete Wissen kompakt und doch – falls gewünscht – bis ins Detail vermitteln können. Dafür eine gute Lösung zu finden, ist Aufgabe des weiteren Projektpartners acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Mit der vorliegenden Broschüre ist ein erster Schritt getan.

Was wären wir Professoren ohne unsere Assistenten und Referentin? Das sind diejenigen, die die eigentliche Arbeit erledigen. Hier sind zu nennen: Dr. Martina Kohlhuber, Christian Dülme, Daniel Eckelt, Patrick Kabasci, Nico Schön und Stephan Schröder. Ihnen gebührt besonderer Dank.

Liebe Leserinnen und Leser, nun wünschen wir Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre.

Jürgen Gausemeier
Fritz Klocke

im Mai 2016

Vorwort des Förderers

Die wirtschaftliche Stärke Deutschlands – vor allem im Vergleich zu den übrigen europäischen Ländern – ist bemerkenswert: In den vergangenen 25 Jahren war dieses Land zahlreiche Male Exportweltmeister, und nirgends gibt es mehr Unternehmen, die Weltmarktführer sind. Auch Experten rätseln über die konkreten Erfolgsgeheimnisse, wobei kaum jemand bezweifeln mag, dass dieser Erfolg etwas mit der Stärke der industriellen Produktion in Deutschland zu tun hat. Unser Land ist nicht nur einer der führenden Produktionsstandorte, sondern zugleich Industrie-Ausrüster der Welt. Diese Position zu stärken und auszubauen, ist Ziel der Hightech-Strategie der Bundesregierung.

Mit dem Zukunftsprojekt Industrie 4.0 aus der Hightech-Strategie wurde 2011 eine lebhafte Debatte um die Zukunft der Industrieproduktion angestoßen. Der Begriff Industrie 4.0 sollte nicht nur konkrete Vision sein, sondern der gemeinsame Fokus für zukunftsgerichtete Investitionen im Produktionssektor. Die Forschungs- und Innovationspolitik der Bundesregierung in diesem Bereich wurde am Zukunftsprojekt Industrie 4.0 ausgerichtet, Industriekonsortien bildeten sich, und Industrieverbände schlossen sich auf einer Plattform zusammen.

Bereits im April 2012 wurden mit dem Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 der Bundesregierung erste Umsetzungsempfehlungen vorgelegt. Neben Deutschland richten auch Länder wie die USA und China ihre Förderaktivitäten auf die technischen Veränderungen der Produktion durch zunehmende Digitalisierung aus. In vielen weiteren Ländern war zu diesem Zeitpunkt der Status quo von Industrie 4.0 noch weitgehend unbekannt. Zudem

fehlten sowohl konsistente Zukunftsbilder der zielgerichteten Entwicklung und Förderung von Industrie 4.0-relevanten Basis- und Anwendungstechnologien als auch eine Konkretisierung und Ausgestaltung der im Abschlussbericht skizzierten potentiellen Entwicklungspfade. Die für die Sicherung eines Produktionsstandortes im internationalen Wettbewerb dringend benötigten strategischen Handlungsempfehlungen für Politik, Industrie, Forschung und Verbände konnten folglich noch nicht umfassend formuliert werden.

Um diese Lücke zu schließen, wurde 2013 das Projekt „Industrie 4.0 – Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen (INBENZHAP)“ gestartet. In dem Projekt engagierten sich neben dem Kernteam – bestehend aus dem Heinz Nixdorf Institut, dem Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen und acatech – etwa 80 Fachleute aus Wissenschaft, Wirtschaft und gesellschaftlichen Gruppen. Gemeinsames Ziel war die Entwicklung einer nationalen Strategie für Industrie 4.0. Weit über 200 weitere internationale Länderexperten wurden in die Ausarbeitung miteinbezogen. Aus den Ergebnissen des internationalen Benchmarks und der Vorausschau sind 44 Handlungsempfehlungen entstanden, die der Weiterentwicklung des Produktionsstandortes Deutschland dienen und damit einen Beitrag zur Sicherung des Wohlstands unseres Landes leisten.

Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 hat Deutschland in eine günstige Ausgangssituation gebracht. Investitionen in den deutschen Produktionsstandort lohnen sich. Die Unternehmen und ihre Mitarbeitenden nehmen die Herausforderungen der Digitalisierung an. Wir erleben eine Zeit einmaliger Chancen: Unsere Vorstellung

von vernetzter Produktion und produktionsnahen Dienstleistungen kann zu einem weltweiten Standard avancieren. Hierfür müssen wir gemeinsam an der Vision Industrie 4.0 festhalten und die Strategie Stück für Stück umsetzen. Deutschland als führender Produktionsstandort und zugleich Industrie-Ausrüster wird so weiter an Kraft und Stärke gewinnen.

Ich danke all denen, die an dem Vorhaben mitgewirkt haben, und wünsche den Partnern weiterhin viel Erfolg.

Ministerialdirektor

Prof. Dr. Wolf-Dieter Lukas

Abteilungsleiter Schlüsseltechnologien
– Forschung für Innovationen im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projekt

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dr. h.c. Fritz Klocke

Kernteam

Christian Dülme

Daniel Eckelt

Patrick Kabasci

Dr. Martina Kohlhuber

Nico Schön

Stephan Schröder

Markus Wellensiek

Forschungskreis

Prof. R. Anderl, Prof. W. Bauer, Prof. T. Bauernhansl, Prof. C. Brecher, Prof. J. Deuse, Dr. R. Dumitrescu, Dr. S. Gaycken, Prof. S. Jeschke, Prof. H. Kohl, Prof. G. Lanza, Prof. P. Nyhuis, Prof. T. Posselt, Prof. G. Reinhart, Prof. G. Schuh, Prof. G. Seliger, Prof. M. ten Hompel, Prof. E. Westkämper, Prof. H.-P. Wiendahl, Prof. V. Wulf, Prof. D. Zühlke

Industriekreis

Dr. R. Achatz (ThyssenKrupp AG), S. Bartscher (BMW AG), K. Bauer (Trumpf GmbH & Co. KG), W. Bay (SICK AG), H.-P. Bock (Trumpf GmbH & Co. KG), Dr. F. Brode (HARTING GmbH & Co. KG), J. Diemer (Hewlett-Packard GmbH), Dr. U. Frank (Beckhoff Automation GmbH), Prof. M. Hill (SAP SE & Co. KG), B. Kärcher (Festo AG & Co. KG), B. Körber (Accenture GmbH), Dr. G. Löffelmann (Bayer AG), T. Lamprecht (Robert Bosch GmbH), Dr. J. S. Michels (Weidmüller Interface GmbH & Co. KG), Dr. E. Niggemann (OWL Maschinenbau e.V.), C. Plass (UNITY AG), Prof. Dr. P. Post (Festo AG & Co. KG), Prof. H. Seif (UNITY AG), O. Schell (DSAG e.V.), Dr. B. Schimpf (WITTENSTEIN AG), Dr. B. Schmidt (A.T. Kearney GmbH), Dr. H. Schöning (Software AG), Dr. T. Stiedl (Robert Bosch GmbH), Prof. Dr. D. Wegener (Siemens AG)

Gesellschaftliche Gruppen

J. Binzer (VDMA), A. Botthof (VDI/VDE-IT), Dr. K. Glasmacher (BMW), D. Hexel (DGB), Dr. C. Kurz (IG Metall), Dr. I. Lippert (DGB), J. Niehaus (Safetrans e.V.), K. Schweppe (Südwestmetall), Dr. A. Tettenborn (BMW)

Lenkungskreis

MinR Dr. O. F. Bode (BMBF), RD Dr. H. Bossy (BMBF), Dr.-Ing. M. Gebauer (PTKA), T. Rosenbusch (PTKA)

Projektlaufzeit

November 2013 bis Juni 2016

Inhalt

Seite 11	Einführung
Seite 14	Zusammenfassung
Seite 21	1 Methodik
	1.1 Betrachtungsbereich
	1.2 Benchmark
	1.3 Vorausschau
	1.4 Genese der Handlungsempfehlungen
Seite 33	2 Stand und Perspektiven der weltweiten Entwicklung
	2.1 Heutige Schwerpunkte
	2.2 Länderspezifische Highlights
	2.3 Treiber und Herausforderungen
	2.4 Die globale Wettbewerbsarena 2030
Seite 54	3 Industrie 4.0 in Deutschland
	3.1 Gegenwärtige Position Deutschlands im internationalen Vergleich
	3.2 Rahmenbedingungen für die Industrie 4.0-Wirtschaft 2030
	3.3 Gestaltungsoptionen für die Industrie 4.0-Wirtschaft 2030
	3.4 Chancen und Gefahren, Stoßrichtungen
Seite 71	4 Handlungsempfehlungen
Seite 76	Abkürzungsverzeichnis
Seite 77	Literaturverzeichnis
Seite 78	Autorenverzeichnis
Seite 83	Impressum

Einführung

Die Informations- und Kommunikationstechnik treibt seit Jahren die technologische Entwicklung im Maschinenbau und in verwandten Branchen wie der Automobilindustrie voran. So findet derzeit der Wandel von klassischen Mechanik-zentrierten zu mechatronischen Systemen statt; diese Systeme beruhen auf einem engen Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik und Software. Seit einiger Zeit zeichnen sich Systeme ab, die allgemein als intelligent bezeichnet werden; dazu zählen cyber-physische Systeme. Bei **cyber-physischen Systemen** handelt es sich um reale Systeme wie eine Produktionsmaschine, einen Industrieroboter oder ein Transportmittel, die eine inhärente Intelligenz aufweisen und über das Internet miteinander kommunizieren und kooperieren. In diesem Kontext ist auch der Begriff Internet der Dinge zu sehen. Die **Intelligenz** ist der entscheidende Punkt dafür, dass die vernetzten Systeme zielführend kooperieren. Den Ausgangspunkt bilden sogenannte aktive Systeme: Sensoren erfassen den Zustand eines mechanischen Grundsystems. Davon ausgehend ermittelt die Informationsverarbeitung – im Allgemeinen ist das der Regler – Stellsignale für die Aktoren, die wiederum auf das Grundsystem wirken. Von einer Art Intelligenz können wir sprechen, wenn die regelnde Informationsverarbeitung durch das 3-Schichten-Modell aus der Kognitionswissenschaft ersetzt wird. Danach enthält die unterste Schicht die Regelung, wie soeben erläutert. Die darauf aufbauende mittlere Schicht – die assoziative Regulierung – beinhaltet unter anderem die Konditionierung. Die oberste Schicht enthält Funktionen, die in Richtung **Kognition** gehen. Dazu gehören Planen, Modifizieren von Zielen und Lernen. Die Fähigkeit eines technischen Systems zur

Selbstoptimierung wäre dieser Schicht zuzurechnen.

Das Konzept Cyber-Physische Systeme bildet die Basis für viele Anwendungen, die in der Regel mit „Smart“ beginnen. Vernetzen wir die Systeme in der Fabrik, so sprechen wir von Smart Factory. Anwendungen im Gesundheitswesen werden etwa als Smart Health und in der Mobilität als Smart Mobility bezeichnet. Selbstredend können cyber-physische Systeme auch über die Grenzen dieser Anwendungen hinweg kommunizieren und kooperieren. So kann sich beispielsweise ein intelligentes Werkstück seine nächste Maschine oder einen geeigneten Fertigungsbetrieb aussuchen. Angesichts der Tatsache, dass schon heute Milliarden von Objekten, Systeme und Ähnliches mit dem Internet verbunden sind, sind die Möglichkeiten dieser Entwicklung nur durch unsere Phantasie begrenzt.

Das gilt ganz besonders für die Gestaltung der industriellen Produktion, was durch den Begriff **Industrie 4.0** zum Ausdruck kommt. Wir verstehen unter Industrie 4.0 die Fähigkeit der Ad-hoc-Vernetzung von intelligenten Maschinen, Betriebsmitteln, Produkten/Werkstücken sowie Lager- und Transportsystemen via Internet zu leistungsfähigen Wertschöpfungsnetzwerken. Die Protagonisten von Industrie 4.0 versprechen sich daraus eine Fülle von Vorteilen: dass beispielsweise ein kundenindividuelles Erzeugnis zu den Herstellkosten eines Großserienerzeugnisses produziert werden kann – und das in kürzester Zeit und unter minimalem Ressourceneinsatz. Die Konzepte Cyber-Physische Systeme und Industrie 4.0 eröffnen neue Perspektiven für den Wirtschaftsstandort Deutschland, sowohl als Leitmarkt als auch als Leitanbieter. Vor

diesem Hintergrund stellen sich unter anderem folgende **Fragen**:

- Welche Rahmenbedingungen müssen gegeben sein, damit Deutschland ein Leitmarkt werden kann?
- Wo liegen die Märkte für die Leitanbieterindustrie und was fordern diese?
- Auf welche Mitbewerber wird die deutsche Leitanbieterindustrie stoßen?
- Wie könnte sich die Leitanbieterindustrie entwickeln, um auf den Märkten von morgen erfolgreich zu sein?

Zur Beantwortung der Eingangsfragen lesen Sie die folgenden Abschnitte:

Welche Rahmenbedingungen müssen gegeben sein, damit Deutschland ein Leitmarkt werden kann?

Abschnitt 3.2

Wo liegen die Märkte für die Leitanbieterindustrie und was fordern diese?

Abschnitt 2.2, 2.3 und 2.4

Auf welche Mitbewerber wird die deutsche Leitanbieterindustrie stoßen?

Abschnitt 2.2, 2.3 und 2.4

Wie könnte sich die Leitanbieterindustrie entwickeln, um auf den Märkten von morgen erfolgreich zu sein?

Abschnitt 3.3

Ziel des Projekts ist, Fragen dieser Art ansatzweise zu beantworten und insbesondere Optionen für die Gestaltung der industriellen Produktion in Deutschland und das strategische Agieren der Leitanbieterindustrie aufzuzeigen.

Der vorliegende Bericht ist in vier Kapitel strukturiert. In **Kapitel 1** „Methodik“ beschreiben wir, wie wir vorgegangen sind und wie die Genese der Handlungsempfehlungen erfolgt. Dazu zählen die Definition des Betrachtungsbereichs – zu untersuchende Themenbereiche und Länder –, die Methodik des internationalen

Benchmarks sowie die Methodik der Vorausschau mit dem Zeithorizont 2030. Die folgenden Kapitel enthalten die Ergebnisse der Untersuchung.

Kapitel 2 „Stand und Perspektiven der weltweiten Entwicklung“ bildet zunächst die Ergebnisse des Benchmarks ab, woraus sich die derzeitigen Schwerpunkte auf dem Weg zur Verwirklichung der Vision Industrie 4.0 ergeben. Des Weiteren werden die untersuchten Länder hinsichtlich ihres Leistungsstands bezogen auf Industrie 4.0 charakterisiert. Daraus resultieren einerseits Treiber der Entwicklung, andererseits aber auch noch zu bewältigende Herausforderungen. Unter Perspektiven wird die voraussichtliche Entwicklung der globalen Wettbewerbsarena mit dem Zeithorizont 2030 dargestellt. Das umfasst Markt- und Umfeldszenarien in sechs repräsentativen Ländern sowie die Beantwortung der Frage, ob sich in diesen Ländern Industrie 4.0-Anbieterindustrien entwickeln, welche die Wettbewerbsintensität unter den globalen Playern für Industrie 4.0-Ausrüstung erhöhen.

Kapitel 3 „Industrie 4.0 in Deutschland“ befasst sich ausgehend von der im Benchmark gewonnenen heutigen Ausgangsposition mit denkbaren Entwicklungen des Standortes Deutschland. Dies mündet in einem Zielbild 2030, das eine wünschenswerte, aber auch erreichbare Zukunft darstellt. Ferner werden aus dem Zielbild Chancen und Gefahren sowie Stoßrichtungen für die weitere Entwicklung des Industrie 4.0-Standortes Deutschland abgeleitet.

Kapitel 4 „Handlungsempfehlungen“ enthält 44 Empfehlungen zur weiteren Gestaltung von Industrie 4.0 in Deutschland entsprechend den vorher abgeleiteten

Stoßrichtungen zur Erreichung des Zielbilds 2030.

Projektorganisation: Die Projektleitung oblag Prof. Jürgen Gausemeier (Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn) und Prof. Fritz Klocke (Werkzeugmaschinenlabor WZL, RWTH Aachen). Die beiden Institute bildeten zusammen mit acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften das Kernteam bestehend aus Christian Dülme, Daniel Eckelt, Patrick Kabasci, Dr. Martina Kohlhuber, Nico Schön und Stephan Schröder. Darüber hinaus existierte ein erweitertes Kernteam, das sich zu regelmäßigen Workshops traf. Es gliederte sich in einen Forschungskreis, einen Industriekreis und gesellschaftliche Gruppen. Im Forschungskreis arbeiteten unter anderem Lehrstühle aus den Bereichen Produktion, Informatik und Soziologie mit. Die gesellschaftlichen Gruppen umfassten beispielsweise Vertreterinnen und Vertreter von Gewerkschaften und Verbänden. Insgesamt arbeiten im Kernteam 86 Fachleute mit. Darüber hinaus wurden im Rahmen des Benchmarks und der Vorausschau sechs Länder bereist und

Expertinnen und Experten aus weiteren Ländern miteinbezogen. Insgesamt wurden rund 150 Expertengespräche mit weit über 200 Personen geführt.

Lesehinweise: Entlang der Studie finden Sie Kapitelzusammenfassungen, die den Leserinnen und Lesern einen ersten Überblick geben. Weiterhin finden Sie in diesem Dokument QR-Codes, die Sie zu weiterführenden Dokumenten leiten, welche ein vollständiges und gut nachvollziehbares Bild der sehr umfassenden Untersuchung ermöglichen sollen. Scannen Sie hierfür den QR-Code mit Ihrem Mobile Device. Anschließend können Sie ein Dokument im PDF-Format öffnen. Wir hoffen auf diese Weise den unterschiedlichen Anforderungen der Leserinnen und Leser gerecht zu werden. Wir wünschen Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre.

Wir schreiben im Folgenden in der maskulinen Form, und zwar ausschließlich aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit. Wenn beispielsweise von Mitarbeitern die Rede ist, meinen wir selbstredend auch Mitarbeiterinnen.

Zusammenfassung

Industrie 4.0 eröffnet neue Perspektiven für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Doch die internationale Konkurrenz wächst. Wo steht Deutschland? Und wie sollte sich der Industriestandort weiterentwickeln? Auf Basis einer Standortbestimmung Deutschlands im internationalen Vergleich und einer Analyse heute wahrnehmbarer sowie vorausgedachter Entwicklungen von Märkten und Geschäftsumfeldern ergibt sich ein Zielbild für Deutschlands digital vernetzte Zukunft. Für den Anspruch, Leitmarkt und Leitanbieter zu sein, hat Deutschland beste Voraussetzungen: Der Stellenwert der industriellen Produktion ist hoch, und die Ausbildung der Facharbeiter und Ingenieure liegt auf weltweitem Spitzenniveau. Allerdings fehlt es in Deutschland an einer breiten Kompetenzbasis im Bereich der Internettechnologien und innovativer Geschäftsmodelle. Vor diesem Hintergrund zeigt dieser Bericht Handlungsempfehlungen auf, die sich an die relevanten Akteure aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft richten. Dazu wurden rund 150 Interviews mit maßgebenden Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie weiteren Stakeholdern geführt, und zwar in Deutschland, aber auch unter anderem in den USA, Brasilien, China (inklusive Taiwan), Japan, Singapur und Südkorea.

Stand der weltweiten Entwicklung

Industrie 4.0 entwickelt sich zu einer globalen Marke. Weltweit konnten eine Vielzahl einschlägiger Konzepte und Aktivitäten identifiziert werden, die jeweils auf die spezifischen Sichten und Schwerpunktsetzungen der einzelnen Länder zugeschnitten sind.

Europa: Hiesige Initiativen betonen das Teilziel, die Digitalisierung der industriellen Wertschöpfung mit den Erfordernissen einer humanzentrierten Arbeitswelt in Einklang zu bringen. Industrie 4.0 wird als soziotechnische Herausforderung gesehen. Weiterhin steht die Steigerung der Produktivität und der Nachhaltigkeit im Vordergrund. Eine sehr gute Infrastruktur, kulturelle Affinität und gut ausgeprägte Kompetenzen in industrieller IT und Produktion positionieren die Unternehmen vorteilhaft in der globalen Wettbewerbsarena. Insbesondere in Deutschland soll die Technologieführerschaft in der Produktion eine Leitanbieterschaft im Bereich intelligenter Produktionssysteme fördern.

USA: US-amerikanische Aktivitäten orientieren sich stark an dem Ziel, für den Kunden einen Mehrwert beispielsweise durch innovative Services zu schaffen. Im Vordergrund stehen Themen, wie Internet of Things und Geschäftsmodelle, die eine besonders hohe Hebelwirkung auf den Geschäftserfolg von morgen haben. Es deutet einiges darauf hin, dass disruptive Entwicklungen bis hin zum fundamentalen Paradigmenwechsel in der Produktion eher aus dem Ansatz der datengetriebenen Dienstleistungen entstehen werden.

Japan und Südkorea: Im Fokus steht hier die weitere Stärkung der Produktivität der leistungsfähigen Maschinenbau- und Elektronikkonzerne durch vernetzte intelligente Produktionssysteme. Damit soll unter anderem auch den Folgen des raschen, gravierenden demographischen Wandels entgegengewirkt werden. Ferner erwartet man durch die konsequente großflächige Einführung von vernetzten intelligenten Produktionssystemen

einen erheblichen Schub für die Stärkung der kleinen und mittleren Unternehmen. Für Japan hervorzuheben sind der bereits weit verbreitete Einsatz intelligenter Technologien wie digitaler Kanban-Systeme, die Benutzung smarter Geräte innerhalb der Intralogistik sowie ein hoher Grad an Automatisierung. Südkorea zeichnet sich durch konzentrierte Aktionen von Wirtschaft und Politik aus, deren Stoßrichtung insbesondere die Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der kleinen und mittleren Unternehmen ist. Die starke Halbleiter- und Display-Industrie verfügt über eine breite Wissensbasis bei der Felddatenaufnahme und -analyse.

China: Die Digitalisierung der Wirtschaft ist ein wesentliches Handlungsfeld der staatlich gelenkten Strategie zur Weiterentwicklung des Landes, die mit außerordentlicher Konsequenz vorangetrieben wird. Ein wesentliches Teilziel ist das Aufschließen an die Weltspitze im Bereich Advanced Manufacturing. So laufen zahlreiche Aktivitäten zur Verbesserung des Automatisierungsniveaus, insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen. Ein einzigartiges Lieferantennetzwerk und Kompetenz-Cluster ausgewählter Technologien haben China bereits zu der Fähigkeit verholfen, Lieferketten neuer Produktionen sehr schnell aufbauen zu können.

Weitere länderspezifische Highlights: In **Schweden** erleichtern flexible Organisationsstrukturen, eine fortschrittliche Arbeitskultur sowie eine hohe Technologieaffinität und -akzeptanz den Einsatz intelligenter Produktionssysteme. In **Finnland** herrscht in der Gesellschaft eine hohe Akzeptanz für Innovationen. Kernkompetenzen existieren vor allem im Bereich der Felddatenaufnahme und -analyse sowie den Sensortechnologien. **Spanien** strebt eine intensive Teilnahme an Initiativen und Programmen auf europäischer Ebene an. Das Baskenland sticht hier besonders hervor. **Frankreich** konzentriert sich auf die Reindustrialisierung. Zudem wird ein erheblicher Einfluss im verbraucherorientierten Internet der Dinge angestrebt. **Italien** zeichnet sich durch eine leistungsfähige Industriestruktur aus, in der insbesondere kleine und mittlere Unternehmen einen hohen Spezialisierungsgrad und eine hohe globale Wettbewerbsstärke aufweisen. Eine übergeordnete Strategie zu Industrie 4.0 ist derzeit nicht zu erkennen. **Großbritannien** treibt den Prozess der Reindustrialisierung voran, nachdem jahrzehntelang der Finanzsektor priorisiert wurde. Sensor- und Datenanalysesysteme sowie effiziente Logistik und Wertschöpfungsketten gehören zu den Stärken des Landes. **Taiwan** zeichnet die Geschwindigkeit bei der Produkteinführung und im Produktionsanlauf aus. Zudem verfügt Taiwan über herausragende Kompetenzen in der IKT- und Halbleiterindustrie. **Singapur** punktet im Wettlauf um die Zukunft mit einem gut ausgebildeten Start-up-Ökosystem im Bereich der datengetriebenen Technologien, regionalen Firmenzentralen von datenintensiven Unternehmen und der Ansiedlung internationaler Talente.

Treiber und Herausforderungen: Die drei wesentlichen globalen Treiber für Industrie 4.0 sind 1) Nachhaltigkeit, 2) Benutzungsfreundlichkeit und 3) Kollaboration. Die vier globalen Herausforderungen sind: 1) Sicherheit „Security“, 2) Standards, Migration und Interoperabilität, 3) Geschäftsmodelle sowie 4) die Erfüllung der Erwartungen, die mit der Marke Industrie 4.0 verknüpft sind.

Perspektiven der weltweiten Entwicklung – die globale Wettbewerbsarena 2030

Die 26 prinzipiell betrachteten Länder wurden einer Clusteranalyse unterzogen; Ergebnis sind 6 Cluster, die jeweils durch ein Referenzland repräsentiert werden. Je Referenzland wurde die aus heutiger Sicht wahrscheinliche Situation im Jahr 2030 entwickelt.

Brasilien: Der Wandel eines prosperitätsfördernden Wertesystems beschränkt sich auf die pulsierenden Metropolen. Ausländische Investoren reinvestieren einen erheblichen Teil ihrer Gewinne in Bildung und F&E. Das Land ist ein attraktiver Markt für Industrie 4.0-Ausrüstung; spielt aber als Anbieter keine signifikante Rolle.

China: Die Partei führt bis in die Wirtschaft hinein autokratisch und strategisch. China hat im weltweiten Vergleich die höchsten F&E-Ausgaben; immer wieder gelingt es, die außerordentlich hohen F&E-Kapazitäten zu orchestrieren und auf die Verwirklichung strategischer Ziele zu richten. Seit Jahren zählt China zu den Top 10 der innovativsten Nationen. Das Land ist mit den USA größter Leitmarkt und zugleich größter Leitanbieter.

Saudi-Arabien: Saudi-Arabien sieht sich als islamischer Musterstaat. Der unterschwellige Deal lautet: Gefolgschaft gegen Geld. Wissenschaft wird nicht als Basis des Wohlstandes betrachtet; eine Forschungsmentalität kommt nicht auf. Das Land spielt in der globalen Wettbewerbsarena Industrie 4.0 allenfalls als Markt eine wichtige Rolle.

Spanien: Spaniens Wirtschaft hat sich erholt. Insbesondere die Jugend blickt zuversichtlich in die Zukunft. Die europäische Integration ist sehr weit fortgeschritten und wird von der überwiegenden Mehrheit der Menschen im Land als Segen empfunden. Innovationsprogramme der EU, wie Knowledge and Innovation Communities (KICs), verleihen dem Innovationsgeschehen europaweit eine hohe Dynamik, wovon Spanien sehr stark profitiert. Das Land ist ein attraktiver Industrie 4.0-Markt und tritt auf den globalen Märkten zunehmend als leistungsfähiger Anbieter von Industrie 4.0-Ausrüstung auf.

Südkorea: Die Eliten des Landes orchestrieren erfolgreich dessen Entwicklung. Die industrielle Produktion ist eine Grundlage für den Erfolg. Die Arbeitnehmer partizipieren stark am wirtschaftlichen Erfolg des Landes. Südkorea ist ein hochentwickelter Leitmarkt für Industrie 4.0 und einer der führenden globalen Ausrüster für smarte Fabriken.

USA: Es herrscht eine sehr ausgeprägte freie Marktwirtschaft. Die Wirtschaft ist auf dem Gebiet der Internet- und Big-Data-basierten Geschäftsmodelle überlegen. Die Produktionsforschung spielt in Relation zu anderen Innovationsfeldern wie Biotechnologie und Verteidigung eine untergeordnete Rolle; die Reindustrialisierung schreitet nur langsam voran. Die USA sind neben China größter Leitmarkt und im Servicebereich dominierender Leitanbieter.

Gegenwärtige Position Deutschlands im internationalen Vergleich

Deutschland ist bestrebt, seine Ingenieursexpertise in die digitale Welt zu transferieren und weltweit als Leitanbieter und Leitmarkt in der Industrie 4.0-Wirtschaft aufzutreten. Hierbei kann Deutschland auf zahlreiche **Stärken** zurückgreifen: Herausragende Kompetenzen sind das Engineering im Maschinenbau und in verwandten Branchen sowie die Produktionstechnik. Das Niveau an Basistechnologien im Bereich der Datenanalyse und Vernetzung ist hoch, wenngleich noch wenige zur Anwendung gebracht wurden. Der Stellenwert von Ingenieuren in Unternehmen und in der Gesellschaft ist sehr hoch und die Industrie als Arbeitgeber entsprechend attraktiv. Das duale Ausbildungssystem ist durch den starken Anwendungsbezug ein großer Vorteil im internationalen Vergleich. Es besteht eine breite Basis an theoretisch wie praktisch qualifizierten Fachkräften.

Die in Deutschland bestehenden **Schwächen** sind größtenteils Defizite in der IKT-Infrastruktur und die fehlende Kompetenzbasis im Bereich der Internettechnologien. Zudem fehlen Kompetenzen in der Anbieterschaft von B2C-Produkten im IT-Bereich und deren Nutzung zur Gestaltung von intelligenten Produkten, Produktionssystemen und Services im B2B-Bereich.

Treiber für die Entwicklung von Industrie 4.0 sind Veränderungen im etablierten Geschäft wie neue Player in der Wettbewerbsarena und die Verlagerung von Hardware zu Software im Produktportfolio, die zunehmende Individualisierung und das stetige Bemühen um die internationale Wettbewerbsfähigkeit im kostensensitiven Produktionssektor. Deutsche Unternehmen treibt zudem die Sorge, dass die disruptiven Veränderungen im Kontext von Industrie 4.0 die Kernkompetenzen und die Marktposition des Maschinen- und Anlagenbaus und die damit eng verbundene Produktionsindustrie bedrohen.

Herausforderungen sind insbesondere die Überwindung des Beharrens auf bestehenden Geschäftsmodellen, die Überwindung von Datenschutz- und Datensicherheitsbedenken sowie das Vermeiden von Overengineering. Letzteres verhindert die Entwicklung anforderungsgerechter Lösungen für die potentiellen Massenmärkte von morgen.

Zielbild für die Industrie 4.0-Wirtschaft 2030

Die Vorausschau soll die Frage nach der für Deutschland vorteilhaften Positionierung im Kontext Industrie 4.0 beantworten. Das entsprechende Zielbild resultiert aus der Vorausschau des in Deutschland 2030 vorherrschenden Umfelds, das im Wesentlichen die Rahmenbedingungen für Industrie 4.0 beschreibt, sowie der Wahl einer Gestaltungsoption für Industrie 4.0, die diesem Umfeld am besten gerecht wird. Mithilfe der Szenario-Technik wurden vier in sich konsistente Umfeld-Situationen im Jahr 2030 erarbeitet – 1) „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“, 2) „Konsequente Digitalisierung, technikzentrierte Arbeitswelt“, 3) „Die Digitalisierung bleibt in vielen Barrieren stecken“

und 4) „Digitalisierung global und fremdbestimmt“ – und von Fachleuten hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit und Auswirkungsstärke auf Industrie 4.0 bewertet. Demnach wird das Umfeldszenario 1 favorisiert, das nachfolgend kurz charakterisiert wird.

Umfeld 2030 „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“:

Die digitale Vernetzung der Welt ist hoch. Die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) entlastet und unterstützt die Menschen. Neue Möglichkeiten der IKT für Lernen und Lehre werden genutzt, so zum Beispiel die „Teaching & Learning Factory“. IT-Sicherheit ist gewährleistet. Der Staat schafft gute Rahmenbedingungen. Die Innovationsdynamik ist hoch: Open Source ist weit verbreitet, offene Standards setzen sich durch, agile Allianzen prägen die Wertschöpfungsnetzwerke.

Dieses Umfeldszenario ist sehr vorteilhaft und auch realisierbar, wenn die relevanten Stakeholder ihre Einflussmöglichkeiten nutzen und die entsprechenden Aktionen forcieren. Zur Beschreibung des Zielbildes wird dieses Umfeldszenario um die Gestaltungsoption ergänzt, die besonders gut dazu passt. Diese Gestaltungsoption ist nachfolgend zusammengefasst:

Gestaltungsoption „Souveräner Global Player“:

Deutschland ist auf dem Weg zu einer flächendeckenden Informations- und Kommunikationsinfrastruktur. Die Betonung sogenannter weicher Faktoren, welche die Vereinbarkeit von Familie, Freizeit und Beruf ermöglichen, machen Deutschland zu einem attraktiven Ort für Leben und Arbeit. Deutschland verfügt in zentralen Technologiefeldern, Diensten und Plattformen über eigene Fähigkeiten auf weltweitem Spitzenniveau. Wirtschaft und Zivilgesellschaft sind in der Lage, sich für Angebotsalternativen zu entscheiden. Basierend auf der Fähigkeit, Sach- und Dienstleistungen geschickt zu verbinden, entsprechende Geschäftsmodelle zu kreieren und in globalen Wertschöpfungsnetzwerken konsequent umzusetzen, verfolgen deutsche Unternehmen vorrangig eine ganzheitliche Wertschöpfungskonzeption.

Mit diesem Zielbild ergibt sich die anzustrebende und auch erreichbare Position Deutschlands; diese bringt Chancen, aber auch Gefahren mit sich. Zu den Chancen zählen eine hohe Arbeitszufriedenheit und Leistungsbereitschaft. Weiterhin besteht die Möglichkeit, eine digitale Souveränität und eine damit einhergehende hohe IT-Sicherheit aufzubauen. Gefahren ergeben sich aus der aufwendigen Technik und weiteren kosten-treibenden Konzepten zur Produktionsgestaltung, die auf den globalen Märkten nicht die erhoffte Zahlungsbereitschaft finden. Aus derartigen Chancen und Gefahren resultieren fünf Stoßrichtungen für eine Strategie. Die Stoßrichtungen stehen für die Konsequenzen zur Gestaltung des Industrie 4.0-Standortes Deutschland und geben Impulse zur Erarbeitung von Visionen im Sinne von Zukunftsentwürfen.

Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung

Die Genese der 44 Handlungsempfehlungen beruht auf den Ergebnissen des Benchmarks und der Vorausschau. Die Struktur der Handlungsempfehlungen orientiert sich an den Stoßrichtungen, die im Folgenden kurz charakterisiert werden; je Stoßrichtung werden einige Handlungsempfehlungen genannt, die in der online-Dokumentation ausführlich beschrieben sind.

- 1) Akzeptanz fördern (A):** Industrie 4.0 führt zu einer tiefgreifenden Veränderung der Arbeitswelt. Um diese zum Wohle aller Beteiligten zu gestalten, muss ein gemeinsames Verständnis über die Ziele und Möglichkeiten von Industrie 4.0 sowie den Weg zu Industrie 4.0 vorliegen.

A2: Rationelle Sicherheitsdebatte anstoßen.

A4: Funktion des Datentreuhänders schaffen.

A5: Digital Best Agers länger im Berufsleben halten.

- 2) Kompetenzen ausbauen (K):** Industrie 4.0 beruht auf der evolutionären Weiterentwicklung von Technologie, Organisation und Arbeit in Hinblick auf eine grundlegend neue Gestaltung der industriellen Wertschöpfung. Hierzu sind bestehende Kompetenzen aus- und neue Kompetenzen zeitgerecht aufzubauen.

K2: Qualifikation „Industrial Security“ etablieren.

K5: Usability by Design fördern.

K10: Kompetenzen im Bereich Industry Intelligence (Big Data) aufbauen.

- 3) Innovationssystem verbessern (I):** Das Innovationssystem umfasst alle Akteure, Organisationen und Techniken, die am Zustandekommen von Innovationen beteiligt sind. Industrie 4.0 stellt vielfältige und hohe Anforderungen an das Innovationssystem.

I1: Schutz geistigen Eigentums reformieren.

I2: Offenlegung von Schnittstellen fördern.

I4: Austauschmöglichkeiten für Start-ups ausbauen.



- 4) Kollaboration ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten (G):** Industrie 4.0 und die damit einhergehende dynamische Entwicklung der globalen Wettbewerbsarena verlangt neue Formen der Zusammenarbeit, der Wertschaffung und der Wertaneignung.

G1: Leitlinien für kollaborative Geschäftstätigkeiten definieren.

G3: Immaterielle Vermögensgüter kennen, schützen und nutzen.

G8: Plattformen Industrial Content aufbauen.

- 5) Kompetenzen vermarkten, Marke pflegen (M):** Mit Industrie 4.0 ist es Deutschland gelungen, insbesondere im asiatischen Markt eine Marke verbunden mit einer hohen Kompetenzerwartung zu etablieren. Diese insbesondere für die Ausrüsterindustrie sehr günstige Positionierung muss ausgebaut werden.

M5: Green- und Brownfield-Referenzfabriken etablieren.

M6: Label ökologischer Footprint vermarkten.

M9: Ontologien für die Produktion verbreiten.

Industrie 4.0 wird aller Voraussicht nach einen ähnlich gravierenden Einfluss auf unser Leben und Arbeiten, auf Technologien und Geschäftsmodelle haben, wie die Industrialisierung, Massenproduktion und Automatisierung. Bei aller Zuversicht darf nicht übersehen werden, dass die geballte Einführung und Nutzung von IKT-Systemen am Ende einer gut überlegten Handlungskette steht und nicht am Anfang; „das Pferd darf nicht von hinten aufgezäumt werden“. Das heißt konkret: Wirkungsvolle IKT-Systeme benötigen wohlstrukturierte Geschäftsprozesse; diese müssen wiederum einer Geschäftsstrategie und einem erfolgversprechenden Geschäftsmodell folgen; Geschäftsstrategie und Geschäftsmodell müssen darauf abzielen, Erfolgspotentiale der Zukunft auszuschöpfen. Soll Industrie 4.0 nicht das gleiche Schicksal erleiden wie Computer Integrated Manufacturing (CIM), muss zukunftsorientiert und unternehmerisch gehandelt werden.

1 Methodik

Dieses Kapitel richtet sich an diejenigen Leserinnen und Leser, die erfahren wollen, wie wir grundsätzlich vorgegangen sind, welche Methoden zum Einsatz kamen und wie schlussendlich die

Empfehlungen hergeleitet wurden. Leserinnen und Leser, die zunächst nur an den Resultaten interessiert sind, können das vorliegende Kapitel überspringen.

1.1 Betrachtungsbereich

Um einen Überblick über die bestehenden Theorien und Konzepte zum Thema Industrie 4.0 zu erhalten, werden Ansätze zu Industrie 4.0 und angrenzenden Themen wie *Industrial Internet*, *Smart Manufacturing* und *Internet of Things* analysiert und deren hauptsächliche Treiber, Herausforderungen und Stakeholder identifiziert. Es soll ein Überblick über die vorherrschenden Paradigmen und Sichtweisen auf die Zukunft des Industriesystems hinter den Ansätzen gegeben werden.

Fokusthemenfelder

Da Industrie 4.0 auf der Grundlage von ganzheitlichen Konzepten derzeit noch nicht umgesetzt ist, ist ein Benchmark der Anwendungen von Industrie 4.0 im eigentlichen Sinne noch nicht möglich. Stattdessen werden in den Dimensionen Technologie, Mensch, Rahmenbedingungen und Organisation 15 Fokusthemenfelder, wie Geschäftsmodelle, Sicherheit und Benutzungsfreundlichkeit, definiert (Bild 1-1, Tabelle 1-1). Diese stellen aus Sicht des Expertenkreises Differenzierungsfaktoren dar, um sich als Leitmarkt sowie Leitanbieter im Wettbewerb zu positionieren.

Basis

Erkenntnisse, die keinem spezifischen Fokusthemenfeld zuzuordnen sind, werden innerhalb der jeweiligen Basis der

vier Dimensionen aggregiert (Bild 1-1). Die Resultate dieser Analyse sind nicht als separate Felder in den Länderprofilen dargestellt.

Marktbeobachtungsfelder

Besondere Fragestellungen, die der Betrachtung der Märkte für Industrie 4.0 dienen, werden in vier Marktbeobachtungsfeldern zusammengefasst (Bild 1-1, Tabelle 1-2). Diese Felder dienen allerdings nicht der länderspezifischen Analyse, sondern werden lediglich auf globaler Ebene betrachtet und diskutiert. Eine Sonderstellung nimmt das Feld „Marke Industrie 4.0“ ein. Dieses Feld hat sich erst im Laufe des Projektes als sehr wichtig herausgestellt und wird daher für eine bessere Ergebnisdarstellung ergänzt.

Betrachtete Länder

Die Auswahl der Länder erfolgt anhand von vier makroökonomischen Indikatoren: 1) Welt-Maschinenbauumsatz (VDMA), 2) Maschinen-Exporte (VDMA), 3) Erträge aus natürlichen Ressourcen (World Bank) und 4) globaler Wettbewerbsindikator (WEF). Mithilfe dieser Indikatoren können 26 Länder identifiziert werden. Diese werden auf Basis einschlägiger Studien wie des Global Competitiveness Report (WEF), des Global Innovation Index (INSEAD und WIPO) und des Measuring the Information Society

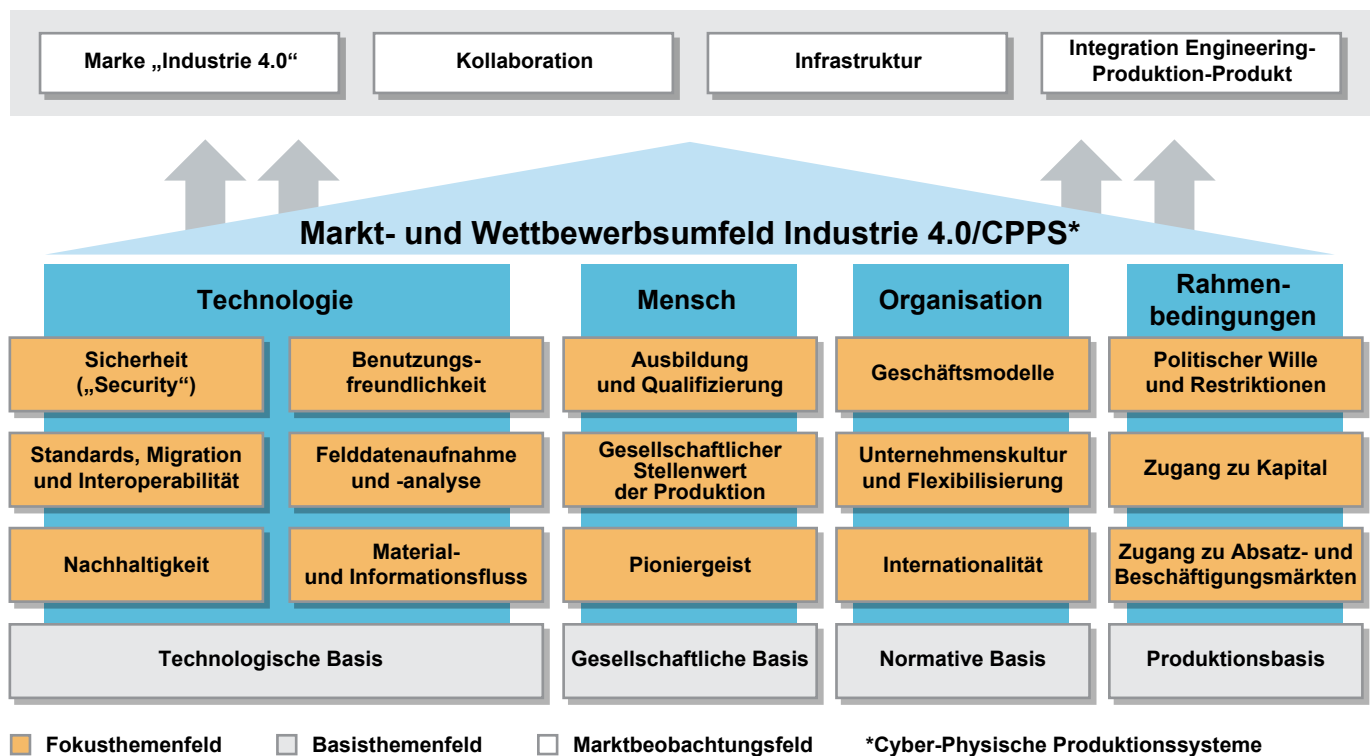


Bild 1-1: Überblick über die betrachteten Themenfelder

Tabelle 1-1: Details zu den ausgewählten Fokusthemenfeldern (Teil 1 von 2)

Fokusthemenfeld		Betrachtete Aspekte (Auszug)
Dimension Technologie		
	Sicherheit („Security“)	• „Industrial Security“-Konzepte • Einstellung zu Industrial Security und Cyber Security • Sicherheitskonzepte für cyber-physische Systeme
	Standards, Migration und Interoperabilität	• Treiber, Hemmnisse sowie Industrieansätze zur Standardisierung • Teilnahme an internationalen Standardisierungsprozessen • Standardisierungsparadigmen, Wahrnehmung offener Standards
	Nachhaltigkeit	• Wertschätzung nachhaltig produzierter Güter • Treiber für Nachhaltigkeitskonzepte
	Benutzungsfreundlichkeit	• Benutzerschnittstellenkonzepte und Paradigmen für IT-Benutzerschnittstellen • Ergonomie, Arbeitssicherheit, Benutzungsfreundlichkeitsparadigmen und Treiber für neue Konzepte
	Felddatenaufnahme und -analyse	• Technologiereife, Kompetenzen und Anwendungen fortgeschrittener Datenanalyse • Nutzung von Datenaufnahme und -analyse im industriellen Umfeld

Tabelle 1-1: Details zu den ausgewählten Fokusthemenfeldern (Teil 2 von 2)

	Material- und Informationsfluss	- Intralogistik-Kompetenzen und Technologien - Kompetenzen in Industriesoftware - Fähigkeit in verschiedenen Branchen, physischen Objekten Informationen zuzuordnen
Dimension Mensch		
	Ausbildung und Qualifizierung	- Qualität der Ingenieurausbildung auf universitärer und berufsorientierter Ebene - Lebenslanges Lernen und generationenübergreifender Erfahrungsaustausch - Interdisziplinäre Ausbildung
	Gesellschaftlicher Stellenwert der Produktion	- Ruf der Beschäftigung im Produktionssektor und Stellenwert der produzierenden Industrie für die Wirtschaft - Wahrnehmung von Produktion als technologie- oder handarbeitsorientiert - Sicht auf Produktion als Kosten- oder Werttreiber
	Pioniergeist	- Risikoaversion - Entrepreneurship-Kultur - Innovation durch Arbeitnehmer
Dimension Organisation		
	Geschäftsmodelle	- Umgebung für Start-ups - Geschäftsmodellinnovationen im Produktionsbereich - Kompetenzen in Dienstleistungsinnovation; Beispiele lokaler Marktdisruptoren
	Unternehmenskultur und Flexibilisierung	- Interdisziplinarität und dynamische Organisationsformen - Paradigmen des Firmenwachstums - Flexible Arbeitsgestaltung im Ingenieurwesen und im Produktionsbetrieb
	Internationalität	- Anziehungskraft für Talente - Marktwissen - Internationale Kollaboration
Dimension Rahmenbedingungen		
	Politischer Wille und Restriktionen	- Industrie 4.0-ähnliche Programme - Reindustrialisierungs- oder Industriewachstumsstrategien - Regulationsniveau für das Pilotieren neuer Technologien
	Zugang zu Kapital	- Risikokapital - Forschungsförderung - Anreize zum Technologietransfer
	Zugang zu Absatz- und Beschaffungsmärkten	- Regionale Cluster - Zugang zu Testmärkten - Zugang zu Komponenten- und Technologieanbietern - Marktreichweite und Verständnis der Kunden

Tabelle 1-2: Details zu den ausgewählten Marktbeobachtungsfeldern

Marktbeobachtungsfeld		Betrachtete Aspekte (Auszug)
	Kollaboration	- Zu Kollaboration führende Bereiche - Produktivitätssteigerung durch Steigerung der Kollaborationsproduktivität - Marktlage von Systemen zur Steigerung der Kollaborationsproduktivität in der Produktion
	Infrastruktur	- Qualität der Infrastruktur - Transaktionskosten und Wartezeiten - Infrastrukturschwächen als Hindernis für die Einführung neuartiger Produktionssysteme
	Integration Engineering-Produktion-Produkt	- Schnittstellenhandling - Fokus der F&E-Aktivitäten - Engineering-Geschäftsmodelle

Report (ITU) bezüglich ähnlicher Rahmenbedingungen für Industrie 4.0 analysiert. Basierend auf den Ergebnissen werden Länder-Cluster gebildet und zu betrachtende Länder festgelegt. Im Benchmark werden 13 Länder und die Europäische Union analysiert, in der Vorausschau sieben Länder (Bild 1-2).

Nr.	Land	Cluster	Benchmark	Vorausschau
1	Deutschland 	Deutschland	Vor-Ort-Studie	Zukunftsszenarien
2	Finnland 	Europäisch-industriell	Telefonische Interviews	
3	Frankreich 		Telefonische Interviews	
4	Italien 		Telefonische Interviews	
5	Schweden 		Telefonische Interviews	
6	Spanien 		Telefonische Interviews	Zukunftsszenarien
7	Großbritannien 	Angelsächsisch	Telefonische Interviews	
8	USA 		Vor-Ort-Studie	Zukunftsszenarien
9	Japan 	Asiatisch-demokratisch	Vor-Ort-Studie	Zukunftsszenarien
10	Singapur 		Vor-Ort-Studie	
11	Südkorea 		Vor-Ort-Studie	
12	China 	Asiatische Schwellenländer	Vor-Ort-Studie	Zukunftsszenarien
13	Brasilien 	Osteuro./amerik. Schwellenländer		Zukunftsszenarien
14	Saudi-Arabien 	Rohstofflieferanten		Zukunftsszenarien
15	Taiwan, China 	Nicht geclustert	Vor-Ort-Studie	
16	Europäische Union 	Nicht geclustert	Telefonische Interviews	

Bild 1-2: Übersicht der betrachteten Länder

Der internationale Benchmark fokussiert die Identifizierung von Treibern und Herausforderungen für die Leitanbieterschaft von CPPS sowie Ansätzen, Best Practices und Schlüssel-Stakeholdern im

Bereich Industrie 4.0. Primäre Rohstofflieferanten sowie osteuropäische und amerikanische Schwellenländer werden daher für den Benchmark nicht berücksichtigt. Die Länder werden im Benchmark in zwei Detaillierungsstufen bearbeitet: Vor-Ort-Studie und telefonische Interviews. Für Deutschland, die USA, Japan, Singapur, Südkorea, China und Taiwan erfolgt eine Vor-Ort-Studie, das heißt, es werden persönliche Interviews in dem jeweiligen Land geführt. Deutschland ist Ausgangspunkt der Betrachtung. Im Bereich Nordamerika wird die USA als weltgrößte Wirtschaft im Benchmark bereit. Aufgrund der globalen Bedeutung als Produktionszentren werden China und Taiwan betrachtet. Weiterhin werden Südkorea und Japan als starke Exportnationen vor Ort analysiert. Darüber hinaus wird Singapur als regionales Zentrum für die aufstrebende Produktionsregion Südostasien besucht. Ergänzend findet für Finnland, Frankreich, Italien, Schweden, Spanien, Großbritannien und die Europäische Union der Benchmark in Form von telefonischen Interviews statt.

Die Vorausschau adressiert neben der Leitanbieterschaft auch den Leitmarkt für Industrie 4.0-Lösungen. Daher werden alle Länder-Cluster berücksichtigt. Aufgrund der ähnlichen Rahmenbedingungen für Industrie 4.0 innerhalb eines Länder-Clusters wird je Cluster ein Referenzland ausgewählt (Bild 1-2). Die Auswahl der Referenzländer erfolgt basierend auf einem Ranking der Indikatoren sowie Experten-gesprächen. Die Referenzländer sind: Deutschland, Spanien, USA, Südkorea, China, Brasilien und Saudi-Arabien. Für diese Länder werden Zukunftsszenarien mit dem Zeithorizont 2030 erstellt.

In den Dimensionen Technologie, Mensch, Organisation und Rahmenbedingungen wurden 15 Fokusthemenfelder identifiziert. Diese Themenfelder stellen auf dem Weg zu Industrie 4.0 Differenzierungsfaktoren dar, um sich als Leitmarkt sowie Leitanbieter im Wettbewerb zu positionieren. Im Rahmen des Benchmarks werden 13 Länder und die Europäische Union analysiert, in der Vorausschau sieben Länder.

1.2 Benchmark

Ziel des Benchmarks ist die Identifizierung von Treibern und Herausforderungen für die Entwicklung, Implementierung und Anwendung von Industrie 4.0-Lösungen in verschiedenen relevanten Märkten. Hierzu wurde sowohl untersucht, welche Märkte Bedarf an Industrie 4.0-Lösungen haben, als auch, in welchen Märkten Potentiale und Kompetenzen vorhanden sind, um selbst Industrie 4.0-Lösungen anzubieten. Das methodische Vorgehen im internationalen Benchmark umfasst vier Phasen (Bild 1-3).

Im Zuge der **Grobanalyse** (Phase 1) werden länderspezifische Studien ausgewertet. Ausgangsbasis der Suche sind die Fokusthemenfelder. Die Analyse dient der Identifizierung relevanter Ansätze und Stakeholder. Auf Basis der Ergebnisse werden Hypothesen zu Treibern und Herausforderungen aufgestellt. Zur Überprüfung der Hypothesen werden je Fokusthemenfeld Kriterien abgeleitet.

Eine **Feinanalyse** (Phase 2) erfolgt für Länder, die im Rahmen der Grobanalyse

vielversprechende Ansätze aufweisen. Analog zu Phase 1 werden länderspezifische Studien ausgewertet. Ausgangsbasis sind hierbei die Kriterien je Fokusthemenfeld. Ziel dieser Analyse ist der Aufbau einer soliden Informationsbasis. Auf dieser Grundlage werden Fragen für die persönlichen Interviews formuliert.

Anschließend werden **persönliche Interviews** (Phase 3) mit ausgewählten Länderexperten geführt. Die Experten stammen aus den Bereichen Industrie, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik. In halbstrukturierten Interviews werden entsprechend der jeweiligen Expertise ausgewählte Fokusthemenfelder erörtert. Ziel ist es, die Hypothesen (Phase 1) zu validieren und das Kriterien-Set insbesondere um qualitative Aspekte zu ergänzen.

In der **Ergebnissynthese** (Phase 4) werden zunächst die Erkenntnisse aus den Analysen und Befragungen je Land aggregiert; Ergebnis sind Länderprofile. Im Zuge einer Synthese werden relative Highlights¹ sowie Treiber und Herausforderungen in



*Ausführliche Herleitung der
Länderauswahl für den Benchmark
und die Vorausschau*

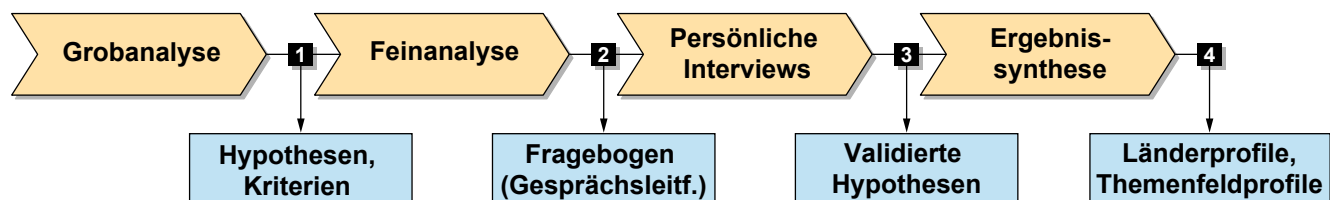


Bild 1-3: Übersicht über das hypothesengeleitete Vorgehen des Benchmarks

¹ Die Highlights sind nicht als kritische Erfolgsfaktoren für Industrie 4.0 per se zu verstehen. Das Entwicklungsfeld Industrie 4.0 befindet sich noch in einem zu frühen Stadium und ist global zu heterogen entwickelt, als dass Auswirkungen systematisch untersucht und Best Practices definiert werden könnten. Aufgrund der Beobachtung reiferer, aber verwandter Konzepte ist dennoch anzunehmen, dass eine starke Positionierung in den identifizierten Highlights eine Schlüsselrolle für den Erfolg von Industrie 4.0 in den jeweiligen Ländern spielen wird.

den unterschiedlichen Ländern ermittelt. Anschließend erfolgt eine länderübergreifende Aggregation der Erkenntnisse je Fokusthemenfeld; Resultat sind Themenfeldprofile. Diese Themenfeldprofile stellen insbesondere auf Unterschiede und

Gemeinsamkeiten der Treiber und Herausforderungen aus diesem Themenfeld ab. Länder- und Themenfeldprofile bilden das Kernergebnis des Benchmarks und werden in einem detaillierten Benchmark-Bericht zusammengefasst (Abschnitt 2.3).

Der Benchmark erfolgt in vier Schritten: Eine Grobanalyse liefert erste Hypothesen zu Treibern und Herausforderungen je Land, die im Anschluss in einer Feinanalyse mit Kriterien näher spezifiziert werden. Die Erkenntnisse werden in persönlichen Experteninterviews (halbstrukturiert mittels Gesprächsleitfaden) validiert. Die Ergebnisse aller Länder und aller Fokusthemenfelder werden anschließend aggregiert betrachtet, um relative Highlights sowie Treiber und Herausforderungen zu identifizieren.

1.3 Vorausschau

Ziel der Vorausschau ist die Ermittlung einer Zielposition für Deutschland im Bereich Industrie 4.0. Die Zielposition beschreibt, wie eine vorteilhafte Positionierung Deutschlands im Sinne einer Leitanbieterschaft zu gestalten ist. Um die vielfältigen Chancen von Industrie 4.0 für den Industriestandort Deutschland zu erkennen, sind die Grenzen des gewohnten Denkens zu überwinden. Auf der Suche nach den Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen von morgen ist die Szenario-Technik ein geeignetes Werkzeug, um zukünftige Erfolgspotentiale aufzuspüren [aca12]. Nach KURT SONTHEIMER geht es bei der Szenario-Technik weniger um das Vorhersagen als vielmehr um das Vorausdenken der Zukunft [Son70]. Ein Szenario ist eine allgemeinverständliche und nachvollziehbare Beschreibung einer möglichen Situation in der Zukunft, die auf einem komplexen Netz von Ausprägungen (Projektionen) von Einflussfaktoren beruht. Der Blick in die Zukunft führt zu mehreren Szenarien, da mehrere

Entwicklungsmöglichkeiten je Einflussfaktor ins Kalkül gezogen werden. Entwicklung und Auswertung der Szenarien erfolgen im Rahmen des Szenario-Managements in fünf Phasen. Die Phasen 2 bis 4 der Szenario-Erstellung sind in Bild 1-4 dargestellt [GP14, S. 49ff.].

Die **Szenario-Vorbereitung** (Phase 1) umfasst die Festlegung der Projektzielsetzung und der Projektorganisation sowie die Definition und Analyse des Gestaltungsfeldes. Bei der Vorausschau ist zwischen dem Umfeld und dem Gestaltungsfeld zu unterscheiden. Das Umfeld beschreibt zukünftige Rahmenbedingungen für die Industrie 4.0-Wirtschaft; unmittelbare Gestaltungsoptionen ergeben sich im Gestaltungsfeld. Sowohl die Ermittlung der Umfeldszenarien als auch der Gestaltungsoptionen beruht auf der Szenario-Technik.

Im Rahmen der **Szenariofeld-Analyse** (Phase 2) wird das Szenariofeld durch Einflussfaktoren beschrieben. Hier werden das systemische Verhalten der Einflussfaktoren und deren Relevanz hinsichtlich

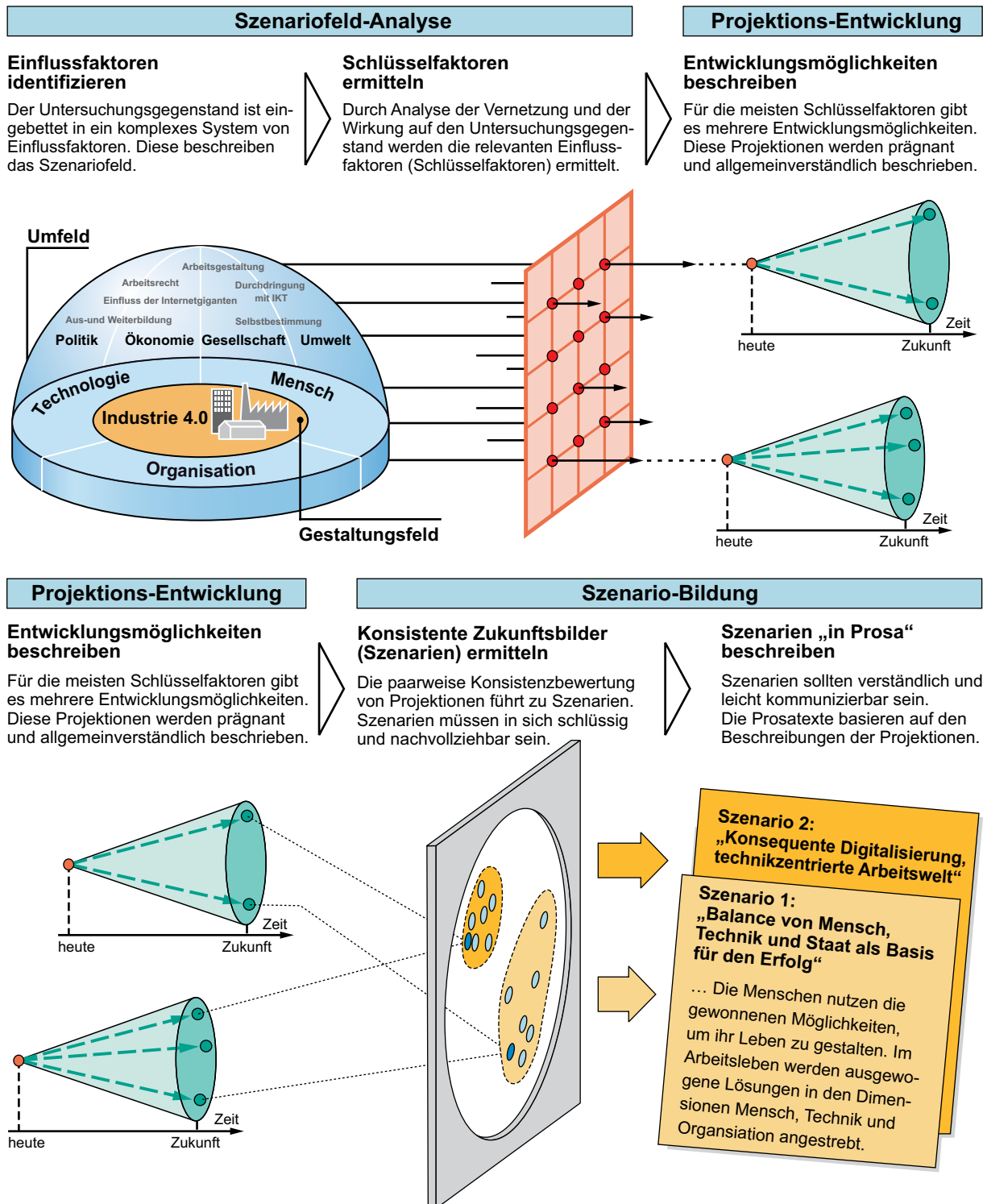


Bild 1-4: Szenario-Erstellung – von den Einflussfaktoren über Zukunftsprojektionen zu den Szenarien [GP14, S. 49]

ihrer Wirkung auf das Gestaltungsfeld analysiert. Daraus ergeben sich die wesentlichen Einflussfaktoren, die sogenannten Schlüsselfaktoren.

In der **Projektions-Entwicklung** (Phase 3) werden nach dem Prinzip der multiplen Zukunft alternative Entwicklungsmöglichkeiten (Projektionen) der zuvor festgelegten Schlüsselfaktoren erarbeitet. Dabei sollte auch das „Udenkbare“ in Betracht gezogen werden. Die Erfahrung zeigt, dass oft nicht das vermeintlich Wahrscheinliche, sondern das „Udenkbare“ Realität wird. Beispiele sind der Siegeszug des Personal Computer und der Zusammenbruch des Ostblocks.

Im Zuge der **Szenario-Bildung** (Phase 4) werden aus den Zukunftsprojektionen der Schlüsselfaktoren Szenarien generiert. Grundlage sind die paarweise Bewertung der Konsistenz von Zukunftsprojektionen in einer Konsistenzmatrix und die anschließende Konsistenzanalyse. Diese liefert konsistente Projektionsbündel; dabei handelt es sich um Kombinationen von Projektionen, und zwar genau eine je Schlüsselfaktor. Da sich viele dieser Bündel ähneln, werden sie mithilfe der Clusteranalyse zusammengefasst. Am Ende führt die Clusteranalyse zu drei bis fünf Clustern von jeweils ähnlichen Projektionsbündeln. Da je Cluster klar ist, welche Projektionen in ihm vorkommen und die Projektionen in

der vorangegangenen Phase beschrieben worden sind, ergibt sich der Prosatext für jedes Szenario.

Vor dem Hintergrund der Umfeldszenarien und Gestaltungsoptionen stellt sich im **Szenario-Transfer** (Phase 5) die Frage nach der für Deutschland vorteilhaften Positionierung im Kontext Industrie 4.0. Das entsprechende Zielbild wird mithilfe einer Matrix ermittelt. Hier führt die Beantwortung der Frage, welche Gestaltungsoption besonders gut zu dem wahrscheinlichsten Umfeldszenario passt, zum Zielbild. Damit ergibt sich die anzustrebende Position Deutschlands, die Chancen, aber auch Gefahren birgt. Weiterhin lassen sich aus dem Zielbild strategische Stoßrichtungen für die Entwicklung des Produktionsstandortes Deutschland sowie für die Realisierung der Leitanbieterschaft ableiten. Die Stoßrichtungen bilden auch einen Teil der Basis für die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

Neben Deutschland werden für die Referenzländer Brasilien, China, Saudi-Arabien, Spanien, Südkorea und die USA Zukunftsszenarien erarbeitet, die denkbare Situationen der dortigen Geschäftsumfelder im Jahr 2030 beschreiben. Daraus lassen sich Schlüsse dahingehend ziehen, ob das jeweilige Land für deutsche Anbieter von Industrie 4.0-Leistungen attraktiv ist beziehungsweise sich eine heimische Anbieterindustrie erwächst, die ebenfalls in der globalen Wettbewerbsarena auftritt.

Mithilfe der Szenario-Technik werden im Rahmen der Vorausschau zukünftige Entwicklungen systematisch antizipiert. Ein Szenario beruht auf der konsistenten Kombination von denkbaren Entwicklungen von Einflussfaktoren (sogenannten Projektionen). Da je Einflussfaktor mehrere Projektionen ins Kalkül gezogen werden, ergeben sich mehrere Szenarien. Aus der Analyse der Szenarien resultieren Chancen und Gefahren für den Betrachtungsbereich; deren Analyse führt zu Stoßrichtungen für die Entwicklung des Produktionsstandorts Deutschland sowie für die Realisierung der Leitanbieterschaft.

1.4 Genese der Handlungsempfehlungen

Wie in Bild 1-5 angedeutet, bilden sogenannte kritische Fokusthemenfelder und Stoßrichtungen aus dem Zielbild 2030 sowie Nutzenkategorien und Bedarfe die Basis für die Ableitung von Handlungs-

empfehlungen für die Produktionsforschung im umfassenden Sinn. Im Folgenden wird für jeden der vier Bereiche beispielhaft erläutert, wie Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

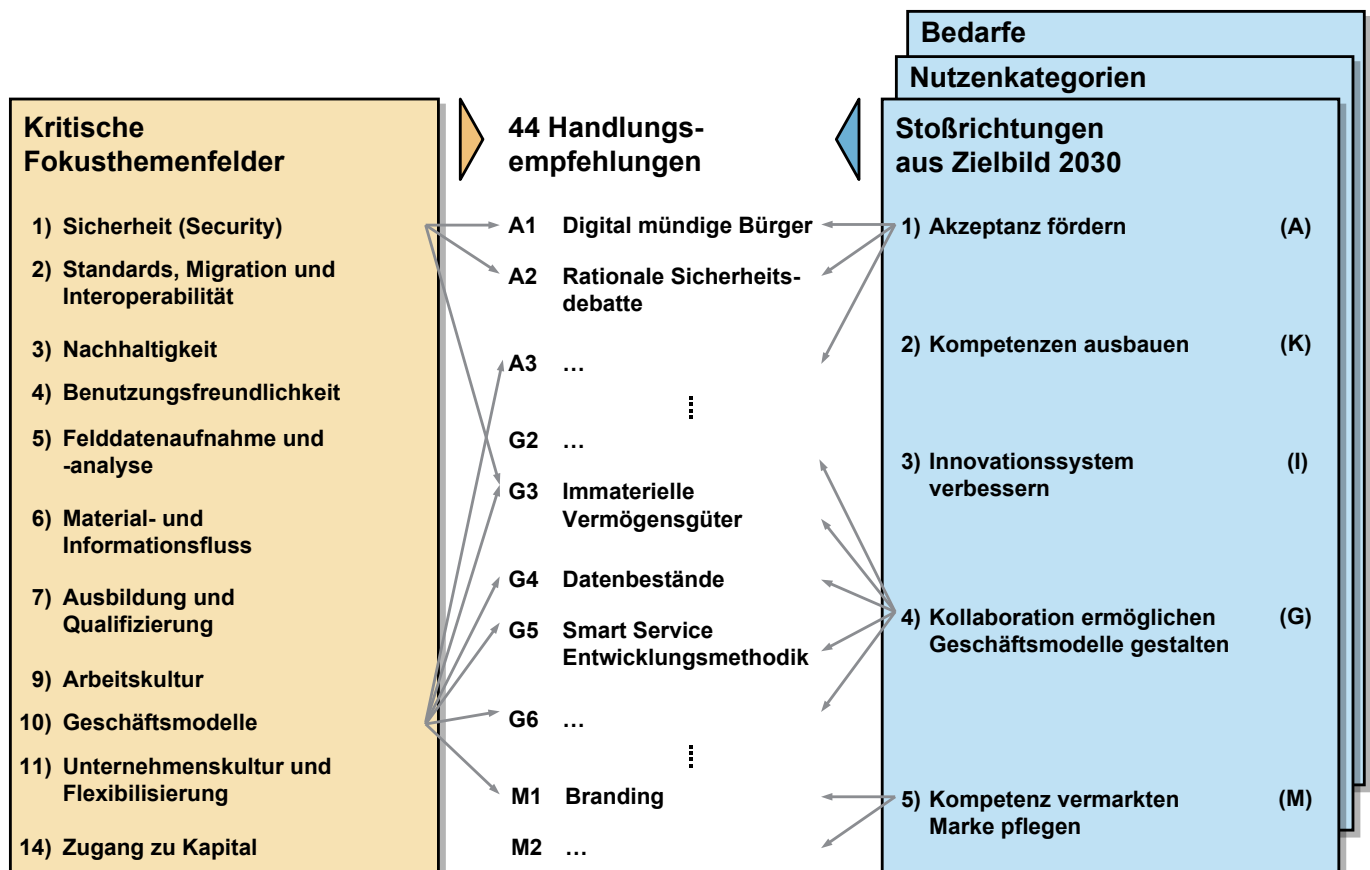


Bild 1-5: Genese der Handlungsempfehlungen

Kritische Fokusthemenfelder: Die Bewertung der Fokusthemen hinsichtlich der Leistungsposition Deutschlands im internationalen Vergleich (Benchmark) sowie der zukünftigen Bedeutung (Vorausschau) mündet in dem in Bild 1-6 dargestellten

Portfolio. Der rote Bereich kennzeichnet Fokusthemenfelder, die eine hohe Bedeutung haben und bei denen Deutschland nicht stark genug ist. Daraus ergibt sich ein Handlungsbedarf. Im grünen, ausgeglichenen Bereich entspricht die Position

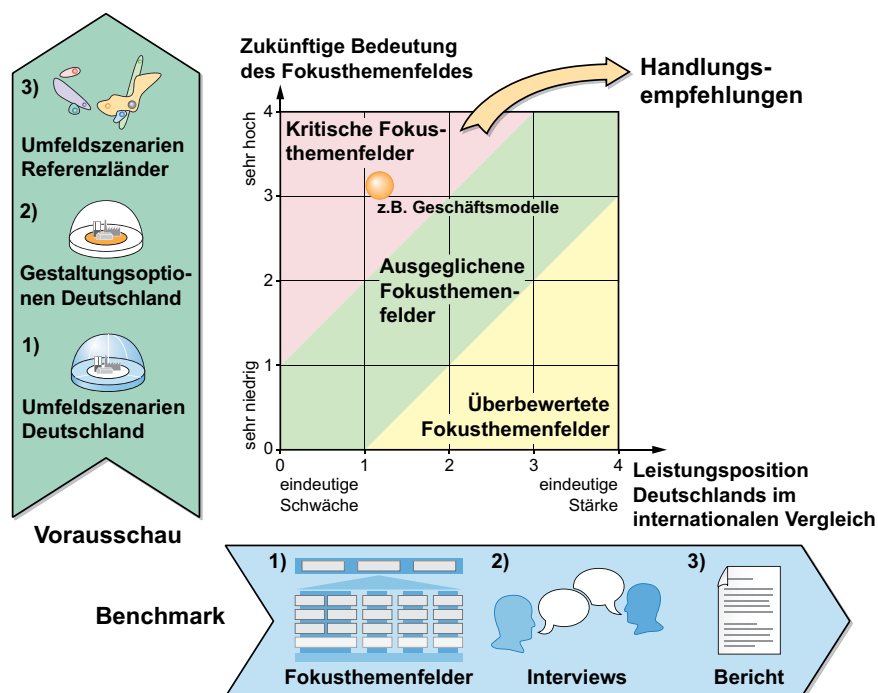


Bild 1-6: Die Ermittlung von kritischen Fokusthemenfeldern als Basis für die Herleitung von Handlungsempfehlungen

Deutschlands hinsichtlich Stärken und Schwächen der Bedeutung des Fokusthemenfeldes. Liegen Fokusthemenfelder im gelben, überbewerteten Bereich, so hat Deutschland zwar eine starke Position, die Bedeutung der Fokusthemenfelder im Wettbewerb ist jedoch zweitrangig.

In Bild 1-6 ist zu sehen, dass das Themenfeld „Geschäftsmodelle“ derzeit eine Schwäche von Deutschland darstellt und gleichzeitig eine hohe zukünftige Bedeutung aufweist. In Deutschland fehlt eine konsequente Nutzen- und Serviceorientierung. Weiterhin sind die USA im Bereich datengetriebener Geschäftsmodelle überlegen. Hier setzt die Handlungsempfehlung **Datenbestände** an:

In industriellen Wertschöpfungsnetzwerken und in der Anwendung von Industrieerzeugnissen entstehen große und vielfältige Datenbestände, die oft Perspektiven für nutzenbringende Marktleistungen

eröffnen. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel, Methoden zur Analyse der Potentiale zur Nutzung und Verwertung dieser Datenbestände zu entwickeln sowie entsprechende Fallbeispiele aufzubereiten.

Stoßrichtungen: Aus dem Zielbild 2030 ergibt sich beispielsweise die Stoßrichtung „Kollaboration ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten“ (Abschnitt 3.4). Deren Hintergrund ist, dass die mit Industrie 4.0 einhergehende Entwicklung neue Formen der Zusammenarbeit, der Wertschaffung und der Wertaneignung erlaubt. Darauf weisen Zukunftsprojektionen wie *Vernetzte Welt* (Schlüsselfaktor: Durchdringung mit IKT) und *Agile Allianzen* (Schlüsselfaktor: Kooperation in Wertschöpfungsnetzen) hin. Eine der größten Hebelwirkungen bei der Gestaltung neuer Geschäftsmodelle haben Internetplattformen. Die Handlungsempfehlung **Plattformen Industrial Content** konkretisiert dies:

Deutschland verfügt über hervorragende Expertise und Ressourcen im Produktionssektor. Dazu zählen künftig vor allem auch Produkt- und Produktionsdaten. Diese werden als Industrial Content bezeichnet. Im Zuge der Digitalisierung werden Daten zu einer profitablen Ware und die Informationsgenerierung aus Daten zu einem profitablen Geschäft. Ein Großteil des Geschäfts mit Industrial Content wird über Internetplattformen abgewickelt, die als Knotenpunkt für den Datentransfer und als Marktplatz von Angebot und Nachfrage dienen können. Ziel ist, deutsche Unternehmen als Betreiber dieser Plattformen zu positionieren. Dies eröffnet sehr Erfolg versprechende Geschäftspotentiale für neue Unternehmen, aber auch für Unternehmen in klassischen Branchen wie dem

Maschinenbau. Des Weiteren könnte dadurch die führende Wettbewerbsposition der deutschen Produktionsunternehmen gefestigt und ausgebaut werden.

Nutzenkategorien: Zur Gestaltung der Produktion in Deutschland werden in Abschnitt 3.3 Gestaltungsoptionen erarbeitet. Die Gestaltungsoption „Souveräner Global Player“ beschreibt ein in sich konsistentes vorteilhaftes Bild der zukünftigen Produktionslandschaft. Die Gestaltungsoption adressiert sechs Nutzenkategorien: 1) Rahmenbedingungen der digitalen Souveränität, 2) Flexibilisierung der industriellen Produktion, 3) Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsnetzwerke, 4) Cloud-Nutzung und Service-Plattformen, 5) Pragmatische Bewertung von Technologierisiken sowie 6) Transparenz und Big Data in Produktion und Management. In Nutzenkategorie 1 kommt zum Ausdruck, dass das Streben nach der digitalen Souveränität angepasster Rahmenbedingungen bedarf. Beispielsweise verlangen die angestrebten Formen der Zusammenarbeit nach neuen Ansätzen, die Erträge gemeinsamer Wertschöpfung nach außen zu schützen und nach innen gerecht zu verteilen. Diesen Punkt adressiert die Handlungsempfehlung **Schutz geistigen Eigentums:**

Der Schutz des geistigen Eigentums wird über Schutzrechte wie Patente, Marken oder Geschmacksmuster gewährleistet. Diese Schutzformen werden neuen Formen der Zusammenarbeit bei der Generierung von Innovationen nicht gerecht. Beispielsweise verlieren Patente durch Open Source an Bedeutung. Ferner hat die Anmeldung von Patenten durch die Globalisierung kaum beherrschbare Dimensionen angenommen. Einrichtungen zum Schutz geistigen Eigentums (Patente,

Marken etc.) müssen an die Rahmenbedingungen der Digitalisierung und Globalisierung angepasst werden. Neben den gewachsenen Strukturen der Patentämter sind neue Formen des Schutzes geistigen Eigentums zu etablieren. Unter anderem sind klare Richtlinien für die Verteilung des Anteils an Erfindungen in Crowdsourcing-Netzwerken sowie Urheberrechte an automatisch generierten Daten zu erarbeiten.

Bedarfe: Die Ergebnisse aus dem internationalen Benchmark und der Vorausschau lassen auf vier allgemeine Befunde schließen, aus denen sich Bedarfe hinsichtlich der angestrebten Verbreitung von Industrie 4.0 ableiten lassen. Einen grundlegenden Bedarf stellt beispielsweise der Abbau von heutigen Barrieren dar. So müssen im Fokusthemenfeld Sicherheit kulturelle Barrieren überwunden und rechtliche Voraussetzungen geschaffen werden. Diese Aspekte münden in die Handlungsempfehlung **rationale Sicherheitsdebatte:**

Übergeordnetes Ziel ist die Überwindung des sogenannten Privacy-Paradox, wonach ein Widerspruch zwischen der theoretischen Wertschätzung des Schutzes von persönlichen Daten und der gelebten Achtlosigkeit im Umgang mit der eigenen Privatsphäre herrscht. Dafür ist eine realistische und auf rationalen Argumenten basierende Sicherheitsdebatte in der Gesellschaft anzustoßen, die auch emotionale Akzeptanz fördert. Ähnlich wie bei der außenpolitischen Sicherheit bedarf es bei industrieller und IT-Sicherheit einer medialen Debatte, die sich mit realistischen Schutzmöglichkeiten auf allen Ebenen (technologisch, sozial, normativ) wie auch der Konkretisierung der Risiken befasst. Derzeit dominieren unrealistische Erwartungen an die Möglichkeiten der

Sicherheitstechnologie. Das häufig anzutreffende Gefühl der Ohnmacht führt dazu, dass unkritische Handlungen aufgrund diffuser Ängste unterlassen, aber kritische Handlungen angesichts der Auffassung, „doch nichts anderes tun zu können“, ohne Sicherheitsvorkehrungen durchgeführt werden.

Zwischen den vier Bereichen (kritische Fokusthemenfelder, Stoßrichtungen, Nutzenkategorien und Bedarfe) und den daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen gibt es m:n Beziehungen; das

heißt, aus einem Bereich stammen mehrere Handlungsempfehlungen, und eine Handlungsempfehlung ergibt sich gegebenenfalls aus mehreren Bereichen. Letzteres gilt beispielsweise für die Handlungsempfehlung „Plattform Industrial Content“: Sie resultiert neben der Stoßrichtung „Kollaborationen ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten“ auch aus dem Fokusthemenfeld „Geschäftsmodelle“, der Nutzenkategorie „Cloud-Nutzung und Service-Plattformen“ sowie dem Bedarf „Lösungen entwickeln“.

2 Stand und Perspektiven der weltweiten Entwicklung

Die ganzheitliche Integration von Digitalisierung, Vernetzung und neuen Kollaborationsformen sowohl in das alltägliche Leben als auch in die Produktion ist ein globaler Trend. Die Entwicklung einer Strategie zur Etablierung Deutschlands als Leitmarkt und Leitanbieter erfolgt unter Berücksichtigung der heutigen und zukünftigen globalen Wettbewerbssituation. Hierzu werden im Folgenden zunächst aktuelle regionale Schwerpunkte im Kontext von

Industrie 4.0 vorgestellt (Abschnitt 2.1). Anschließend werden für alle im Projekt betrachteten Länder ausgewählte Highlights (Abschnitt 2.2) sowie Treiber und Herausforderungen für die Entwicklung von Industrie 4.0 (Abschnitt 2.3) ebenfalls aus heutiger Sicht aufgezeigt. Ausgehend vom Status quo wird abschließend die globale Wettbewerbsarena im Jahr 2030 für repräsentative Vergleichsländer vorausgedacht (Abschnitt 2.4).

2.1 Heutige Schwerpunkte

Industrie 4.0 entwickelt sich zu einer globalen Marke. Weltweit konnten eine Vielzahl einschlägiger Konzepte und Aktivitäten identifiziert werden, die jeweils auf die spezifischen Sichten und Schwerpunktsetzungen der einzelnen Länder zugeschnitten sind. Derzeit lassen sich gemäß Bild 2-1 im globalen Handlungsfeld Industrie 4.0 vier Schwerpunkte ausmachen, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird.

Europa

Auf Basis einer starken Technologieposition bei Industrie 4.0 liegt der Fokus europäischer Initiativen auf der Umsetzung strategischer Konzeptionen, welche die Möglichkeiten der Digitalisierung der industriellen Wertschöpfung mit den Erfordernissen einer humanzentrierten Arbeitswelt in Einklang bringen. Industrie 4.0 wird als soziotechnische Herausforderung gesehen. Übergeordnetes Ziel ist in vielen Bereichen die Wiederherstellung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere als Produktionsstandort, sowie die Schaffung (beziehungsweise Erhaltung) nachhaltiger Arbeitsplätze, um den Folgen

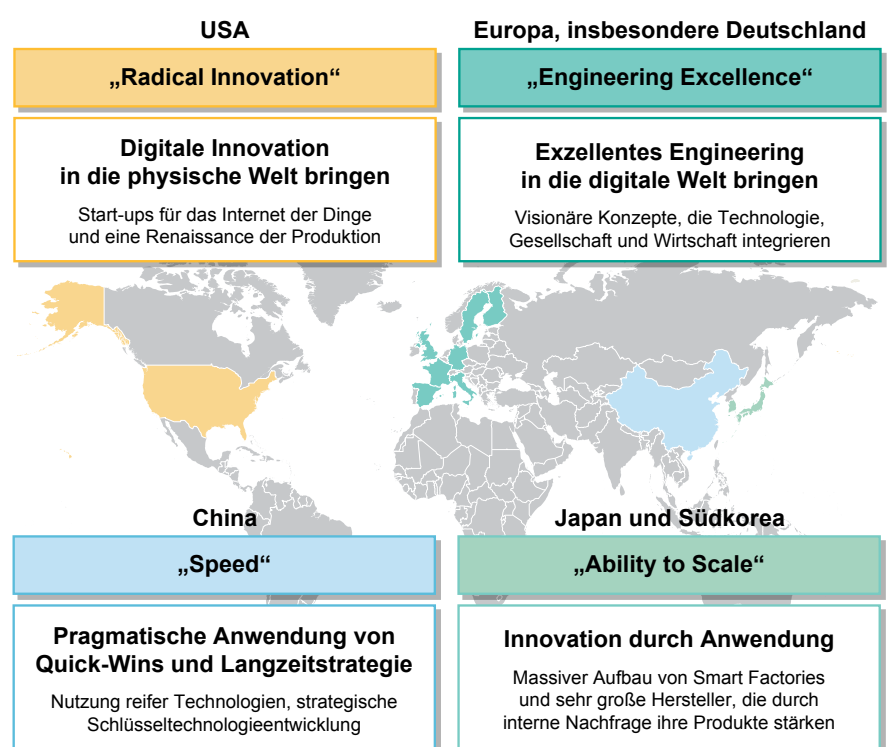


Bild 2-1: Heutige Schwerpunkte ausgewählter Länder und Regionen im Kontext von Industrie 4.0

der Finanz- und Wirtschaftskrise entgegenzusteuern. Beispiele für entsprechende europäische Initiativen sind die deutsche *Hightech-Strategie* oder die französische *La Nouvelle France Industrielle*.

Insbesondere in Deutschland soll die Technologieführerschaft in der Produktion eine Leitanbieterschaft im Bereich intelligenter Produktionssysteme ermöglichen. Einerseits gilt es, das derzeitige Alleinstellungsmerkmal „Produktionstechnologie“ auch im Zuge der digitalen Transformation zu erhalten. Andererseits ist Deutschland bestrebt, sich zu einem wettbewerbsfähigen Anbieter neuartiger Geschäftsmodelle in der produzierenden Industrie zu entwickeln.

USA

Die US-amerikanischen Aktivitäten im Hinblick auf Industrie 4.0 werden durch zwei fundamentale Stoßrichtungen geprägt: Aufseiten der Wirtschaft wird der Einsatz intelligenter Technologien von pragmatisch realisierbaren Vorteilen und Kundennutzen getrieben. Vor allem das Silicon Valley bietet aufgrund der bestehenden Kompetenzen und des vorhandenen Innovationssystems im Bereich der datengetriebenen Dienstleistungen großes Potential für radikale Innovationen. Anders als in Deutschland steht hier aber vor allem die Realisierung neuer Produkte und Services sowie innovativer Geschäftsmodelle und Nutzenversprechen an den Kunden im Fokus. Bereits verfügbare Technologien werden in der Produktion im Wesentlichen lediglich punktuell dort eingesetzt, wo etwa die Qualitätssicherung verbessert werden kann. Priorität haben nach der Wirtschaftskrise die Reindustrialisierung des Landes und der Wiederaufbau von Arbeitsplätzen. Zu diesem Zweck soll vor

allem der Produktionsstandort USA wieder attraktiver gestaltet und die Konkurrenzfähigkeit der lokalen Produktion im globalen Wettbewerb wiederhergestellt werden.

Japan und Südkorea

Im Fokus von Japan und Südkorea steht der Aufbau eines neuen Geschäftsfeldes „Vernetzte Produktionssysteme“ für die starken lokalen Maschinenbau- und Elektronikkonzerne. Primäres Ziel ist die Vermeidung drohender Produktivitätsverluste aufgrund des schnellen und stark ausgeprägten demographischen Wandels. Die in beiden Ländern die Wirtschaft kennzeichnenden und dominierenden OEM-Konglomerate entwickeln Smart Manufacturing-Lösungen zunächst für den Einsatz im eigenen Konzern. Zur Mitnahme von Skaleneffekten wird aber eine Kommerzialisierung der Lösungen nach Erreichen der Marktreife ebenfalls angestrebt. Entsprechende öffentliche Förderprogramme – wie das zum Aufbau von mindestens 10.000 Smart Factories in Südkorea – helfen den Konglomeraten, ihre anvisierten Skaleneffekte durch flächendeckenden Einsatz ihrer Technologien zu erreichen.

China

Geschwindigkeit ist entscheidend in China. Bereits am Markt erhältliche Technologien werden pragmatisch dort eingesetzt, wo sie ersichtliche Vorteile bringen (*Smart Factory 1.0*). In großem Umfang geschieht dies allerdings noch nicht, da das geringe durchschnittliche Automatisierungsniveau im Land einen flächendeckenden Einsatz derzeit noch verhindert. Das Aufschließen zum globalen Wettbewerb in Schlüsseltechnologien des *Advanced Manufacturing* ist aber Teil der nationalen Strategie.

Übergeordnetes Ziel aller Bestrebungen in China ist der Erhalt der globalen Führungsrolle in der Produktion und der damit

verbundenen Arbeitsplätze bei gleichzeitigem Anheben der Lebensstandards auf das Niveau anderer Industrieländer.



Benchmark-Bericht

2.2 Länderspezifische Highlights

Die für die Realisierung von Industrie 4.0 relevanten Rahmenbedingungen und der derzeitige Umsetzungsgrad wurden in diesem Projekt auf Basis der definierten Fokusthemenfelder betrachtet. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser ausführlichen Betrachtung werden im folgenden Kapitel für die untersuchten Länder und Regionen jeweils kurz zusammengefasst. Besonders positiv hervorstechende Eigenschaften, Rahmenbedingungen oder Ansätze werden zusätzlich als länderspezifische Highlights hervorgehoben. Detailliertere Informationen zu den einzelnen Ländern sind dem Benchmark-Bericht zu entnehmen.

Highlights Europäische Union²

Die Integration der Kompetenzen wird als Schlüsselfaktor innerhalb der Europäischen Union gesehen. Alle nötigen technologischen Kompetenzen sind zwar vorhanden, werden aber noch nicht ausreichend gebündelt. Allgemein können drei Trends beobachtet werden: 1) Reindustrialisierung (zum Beispiel Frankreich, Großbritannien), 2) Fortschreiten neuer Technologien und Ausbau vorhandener starker Technologiefelder (zum Beispiel Deutschland, Italien) und 3) Vorantreiben von Innovationen im Bereich der digitalen Interkonnektivität und datengetriebener Geschäftsmodelle (zum Beispiel Schweden, Finnland).

Die übergeordnete Strategie der Europäischen Regierung ist die ganzheitliche

Integration von Produktion und Gesellschaft. Hauptziel der EU-Förderprogramme ist eine Steigerung der Produktivität und der Nachhaltigkeit. In der EU herrscht eine hohe Marktnachfrage für nachhaltige Produkte und Prozesstechnologien aufgrund der strengen Vorschriften der europäischen Regierung. Ein Export der hohen Regulierungsstandards außerhalb der EU ist zu beobachten. Enge Kollaborationen bestehen in regionalen und europaweiten Clustern, die durch EU-Förderungen stark unterstützt werden. Eine sehr gute Infrastruktur, kulturelle Nähe und unterschiedliche Kompetenzen in industrieller IT und Produktion führen zu starken Unternehmenspositionen auf dem globalen Markt. Die Realisierung einer kosteneffektiven Individualisierung und Personalisierung in der Produktion wird als wichtiges Ziel erachtet.



Profil Europäische Union

Nachhaltigkeit

Das Bewusstsein in der Gesellschaft für nachhaltige Produkte treibt den Einsatz von Industrie 4.0 voran. Eine hohe Nachfrage für nachhaltige Produkte und eine europaweite Homogenisierung der Vorschriften auf hohem Niveau führen zu einem Forschungsschwerpunkt in nachhaltigen Produktionsprozessen.

Internationalität

Kulturelle Nähe und komplementäre Kompetenzen in industrieller IT und Produktion führen zu einer engen Kooperation und Kollaboration zwischen Industrie, Forschung und Politik in ganz Europa.

Zugang zu Absatz- und Beschaffungsmärkten

Regionale, nationale und europaweite Cluster sind vorhanden und werden aktiv unterstützt. Starke europäische Länder stellen die Leitanbieter und Leitmärkte für hochentwickelte Technologien in der Produktion dar; Lieferketten sind innerhalb Europas aufgrund der sehr guten Infrastruktur kurz.

² Die Europäische Union wird ebenfalls betrachtet – wohlwissend, dass die Europäische Union keinen souveränen Einzelstaat darstellt. Als Staatenverbund und größter gemeinsamer Wirtschaftsraum der Welt mit eigenem Parlament, Exekutivorgan und einer auf EU-Ebene abgestimmten Strategie für Forschung und Innovation im Bereich Produktion besitzt die Europäische Union eine hohe Relevanz.



Länderprofil Schweden



Länderprofil Finnland

Highlights Schweden

Schweden ist eine Nation voller Pioniere und der nahezu ideale Testmarkt für Industrie 4.0-Technologien und -Konzepte. Flexible Organisationsstrukturen, eine offene Arbeitskultur und eine hohe Technologieakzeptanz sowie -affinität ermöglichen den Einsatz intelligenter Produktionssysteme. Verglichen mit anderen europäischen Staaten sind Bedenken hinsichtlich Datensicherheit oder „gläserner Mitarbeiter“ weniger stark ausgeprägt. Die schwedische Wirtschaft ist eine der digital am stärksten vernetzten weltweit. Ähnliches gilt für das Kompetenzniveau und den Verbreitungsgrad der Automatisierungstechnik. Schweden hat insbesondere Kernkompetenzen im Bereich der IKT-Industrie und ist aufgrund seiner traditionell starken Exportorientierung in der Lage, gut auf globale Marktbedürfnisse einzugehen. Im Kontrast zu Software- und Komponentenanbietern fehlt es Schweden jedoch an großen Systemintegratoren.

Unternehmenskultur und Flexibilisierung

Flexibilität ist entscheidend. Flache Hierarchien und flexible Arbeitszeitmodelle sind weit verbreitet und lassen Raum für Kreativität und Innovationen; Lösungsorientierung überwiegt Prozessorientierung.

Pioniergeist

Schweden ist Europas Testmarkt für Innovationen. Dieser Testmarkt ist geprägt durch eine hohe Technologieakzeptanz und -affinität sowie eine offene Arbeits- und Informationskultur.

Internationalität

Schweden ist traditionell exportorientiert und hat ein Gespür für globale Märkte. Eine offene Gesellschaft und ein hoher Lebensstandard machen Schweden für internationale Arbeitnehmer äußerst attraktiv. Im gleichen Maße eignen sich Schweden durch eigene berufliche Auslandsaufenthalte ein gutes Gespür für ausländische Märkte an.

Highlights Finnland

Es herrscht eine hohe Akzeptanz für Innovationen in der Gesellschaft. Industrieunternehmen verfolgen das Testen von Pilotanwendungen sehr engagiert. Die Voraussetzungen für die Entwicklung von globalen Innovationen auf lokaler Ebene der Produktion sind sehr günstig. Kernkompetenzen bestehen vor allem im Bereich der Felddatenaufnahme und -analyse sowie der Sensortechnologien. Datensicherheit wird nicht als Hemmnis gesehen und schränkt die Anwendung von neuen Technologien zur Datenauswertung und -analyse nicht ein. Finnland ist bestrebt, seine Position im Themenfeld Industrie 4.0 zu sichern und auszubauen. Dazu werden auch gezielt internationale Kooperationen gesucht, um komplementäre Kompetenzen zu entwickeln. Industrie- und Förderprojekte fokussieren die gezielte Nutzung von Daten vernetzter (Feld-)Geräte in industriellen Anwendungen sowie die Entwicklung entsprechender datengetriebener Geschäftsmodelle. Unternehmen und Forschungseinrichtungen arbeiten eng zusammen, um Innovationspotentiale in konkrete Produkte zu transformieren. Durch eine führende Rolle bei der Schulbildung und die verstärkte Popularität von MINT-Fächern im internationalen Vergleich hat Finnland eine gute gesellschaftliche Ausgangsbasis für den nachhaltigen Aufbau von technologischen Kompetenzen.

Felddatenaufnahme und -analyse

Finnland ist Vorreiter in der Sensortechnologie und verfügt über ausgeprägte Kompetenzen im Bereich der Felddatenaufnahme und -analyse. Offene Standards sowie das gezielte Öffnen von Schnittstellen für beispielsweise Start-ups führen zu „Bottom-up“-Innovationen.

Gesellschaftlicher Stellenwert der Produktion

Die IKT sowie die Datenanalyse im Bereich der Fertigung zählen zu den fortgeschrittenen Technologiefeldern und werden systematisch ausgebaut. Die Industrie – insbesondere der Maschinen- und Anlagenbau – ist exportorientiert. Pilotanwendungen in der lokalen Produktion werden bevorzugt eingesetzt, da das Nutzenpotential von Innovationen grundsätzlich höher gewichtet wird als das zu erwartende technische Risiko.

Gesellschaftliche Basis

Die Innovationskultur ist bemerkenswert im Vergleich zu anderen Industriestaaten. Finnland hat eines der besten Bildungssysteme weltweit, in dem MINT-Fächer eine besondere Stellung haben.

Highlights Spanien

In Spanien wird Industrie 4.0 vor allem durch eine intensive Teilnahme an Initiativen und Programmen auf europäischer Ebene getrieben. In den autonomen Regionen gibt es verschiedene Strategien und Programme. Auf nationaler Ebene fehlt es aber noch an übergreifender Koordination. Die kürzlich gestartete Initiative Industria Conectada 4.0 soll genau diese Lücke schließen. Aufgrund der nach wie vor zu spürbaren Folgen der Finanzkrise steht die Stärkung der spanischen Produktionsindustrie sowohl durch die Nutzung von Industrie 4.0-Technologien als auch durch die Entwicklung eigener technologischer Kompetenzen auf diesem Gebiet im Fokus dieser Strategie. Spaniens Wirtschaft ist durch kleine Unternehmen und einen Mangel an großen Konzernen geprägt. Entsprechend gering fallen die privaten F&E-Investitionen aus. Ökonomisch starke Regionen wie das Baskenland haben eine solide technologische Basis, ein hohes Innovationsniveau und fördern aktiv die Digitalisierung. Der überwiegende Teil der CPPS-Komponenten und Sensoren wird

allerdings importiert. Inländische Anbieter haben sich im Wesentlichen auf spezialisierte Lösungen für Nischenmärkte fokussiert. Forschungsinstitute mit wesentlichen Kompetenzen in relevanten Forschungsbereichen sind zwar vorhanden, der Technologietransfer in die Industrie ist jedoch oftmals unzureichend. Dies erschwert insbesondere für KMU den frühen Zugang zu innovativen Technologien.

Highlight-Region: Baskenland

Das Baskenland ist ein industrieller und akademischer Hotspot für Industrie 4.0-Aktivitäten in Spanien. Ein hohes technologisches Kompetenzniveau und die Adaption neuer Technologien erlauben es der Industrie, bei dem internationalen Technologiefortschritt mitzuhalten. Der baskische Ansatz einer intelligenten Produktion ist sehr technologiezentriert. Ziel ist daher die Generierung von Wettbewerbsvorteilen durch den Einsatz von Spitzentechnologien. Technologien werden dabei in einem weiteren Sinne verstanden und konzentrieren sich nicht nur auf Digitalisierung und cyber-physische Produkte. Eine Schwachstelle sind die begrenzten Kompetenzen im Bereich der Geschäftsmodell- und Service-Innovationen. Das Bildungsniveau ist sehr hoch und das Bildungssystem flexibel. Erstklassige private Hochschulen ermöglichen eine schnelle und flexible Anpassung des Ausbildungsprogramms entsprechend den sich verändernden Qualifikationsanforderungen von Industrie 4.0.

Highlights Frankreich

Frankreich konzentriert sich auf die Reindustrialisierung mit einer verständlichen, zukunftsorientierten Strategie. Grund hierfür ist eine schrumpfende Fertigungsindustrie, trotz guter Rahmenbedingungen wie wettbewerbsfähiger Forschung, großer und wirtschaftlich bedeutender Unternehmen sowie einer stabilen Wirtschaft. Die Regierung versucht durch die Hightech-orientierte Strategie La Nouvelle France Industrielle, den Einbußen in der Fertigungsindustrie entgegenzuwirken. Unternehmen



Länderprofil Spanien



Länderprofil Frankreich



Länderprofil Italien



Länderprofil Großbritannien

werden bei der Anwendung neuer Paradigmen in der Fertigung, wie zum Beispiel Cloud Computing, unterstützt. Bedeutende Akteure in industrieller Software wie Dassault Systèmes haben eine führende Marktposition für das Angebot von Systemen für Industrie 4.0 zum Ziel. Frankreich strebt zudem einen erheblichen Einfluss im verbraucherorientierten Internet der Dinge an. Industrie 4.0 wird als Ansatz verstanden, der zwingend einer europäischen Kooperation bedarf; insbesondere eine Zusammenarbeit mit Deutschland wird explizit gefordert.

Highlights Italien

Kleine und mittlere Unternehmen im Norden Italiens sind das Rückgrat der Wirtschaft. Industrie 4.0 wird hauptsächlich von Industrieverbänden vorangetrieben. Deutschland gilt als Maßstab und richtungsweisend für Industrie 4.0. Vielen italienischen KMU fehlt allerdings eine konkrete Vorstellung von der deutschen Intention, die hinter dem Begriff Industrie 4.0 steckt. Viele KMU befürchten deshalb Wettbewerbsnachteile. Dabei sind Kompetenzen im Bereich Industrie 4.0 bereits vorhanden, vorangetrieben von kontinuierlichen Verbesserungen im Bereich der Automatisierungstechnik. Besonders durch die Digitalisierung und Vernetzung von Maschinen werden bislang ungenutzte Potentiale im Bereich von Arbeitsgestaltung oder Mensch-Maschine-Schnittstellen erschlossen. Allerdings wurden in der Vergangenheit, vor allem bei KMU, Investitionen gar nicht oder nur zögerlich getätigt und damit der Raum für Basistechnologieentwicklung eingeengt. Zudem ist die Kollaboration zwischen Industrie und Universitäten nur mittelmäßig ausgeprägt.

Dies hemmt aktuell das Vorantreiben von Innovationen im Produktionssektor. Um dem entgegenzuwirken, werden die regionale Zusammenarbeit und angewandte Forschungsaktivitäten von der Regierung unterstützt und durch Industrieverbände geleitet.

Technologische Basis

Kleine und mittlere Unternehmen besitzen einen hohen technischen Spezialisierungsgrad mit globaler Wettbewerbsstärke. Moderne Produktionstechnologien werden hauptsächlich im Maschinenbau und in der Textilindustrie genutzt, jedoch ohne eine definierte übergeordnete Strategie zu Industrie 4.0.

Highlights Großbritannien

Großbritannien treibt den Prozess der Reindustrialisierung voran, nachdem jahrzehntelang der Finanzsektor priorisiert wurde. In der Start-up-Szene finden sich mehr und mehr technologie- und produktionsorientierte Jungunternehmer. Forschungscluster wie die Catapult Centres wurden mit dem Ziel gegründet, Innovationen im Produktionssektor zu forcieren. Sensor- und Datenanalysesysteme sowie eine effiziente Logistik beziehungsweise Wertschöpfungsketten gehören zu den Stärken des Landes. Dennoch mangelt es aktuell an Fähigkeiten in der Breite, um die einzelnen Kompetenzfelder zu ganzheitlichen Industrie 4.0-Lösungen zu integrieren. Flexible sowie nachhaltige Produktion wird als Haupttreiber für Industrie 4.0-Anwendungen gesehen. Kooperationen im Bereich der Standardisierung auf breiter europäischer Ebene werden als „Enabler“ für Industrie 4.0 wahrgenommen. Allerdings könnten diese Prozesse durch die politische Situation gefährdet beziehungsweise verlangsamt werden.

Felddatenaufnahme und -analyse

Mit einer ausgeprägten Start-up-Szene in London, einer starken Sensorindustrie und mit Firmen, welche bereits intelligente Produkte und Lösungen für die Produktion mithilfe von Echtzeitdaten anbieten, existiert ein hervorragendes Umfeld für die Entwicklung von Industrie 4.0-Lösungen.

Highlights USA

Der Fokus in den USA liegt auf Kundenmehrwert. Der Nutzen von Industrie 4.0-Anwendungen wird vornehmlich dort gesehen, wo dem Kunden durch Individualität, Service oder Qualität ein Mehrwert geboten werden kann. Die Reduktion von Produktionskosten spielt hingegen eine untergeordnete Rolle. Industrie 4.0-Lösungen werden primär für spezifische Anwendungsfälle eingesetzt und weniger für die Realisierung konsistenter Produktionskonzepte. US-amerikanische Anbieter werden Industrie 4.0-Lösungen in erster Linie dort anbieten, wo Potential zu fundamentalen Paradigmenwechseln in der Produktion besteht, zum Beispiel durch Geschäftsmodellinnovationen. Ein Absatzpotential für ausländische Anbieter auf dem US-amerikanischen Markt wird insbesondere dort erwartet, wo fortschrittliche Industrie 4.0-Lösungen, die umfassendes Domänenwissen im Bereich der Produktion erfordern, spezifische Leistungszuwächse ermöglichen. Voraussetzung für dieses Absatzpotential ist allerdings, dass ein fundamentaler Wandel der Geschäftsmodelle für diese Industrie 4.0-Lösungen ausbleibt.

Geschäftsmodelle

Kundenorientierte, wirtschaftliche Innovationen überwiegen deutlich die rein technischen Innovationen. Neue Technologien, Geschäftsmodelle und Produkte werden durch Start-ups rasch in den Markt gebracht.

Standards, Migration und Kompatibilität

Ein pragmatischer Umgang mit Normen und Standards („Done is better than perfect“) ermöglicht eine schnellere Zusammenarbeit zwischen interdisziplinären Akteuren. Konkurrierende Standards werden akzeptiert. Der Schwerpunkt der Aktivitäten liegt auf der Kompatibilität zwischen den Standards.

Benutzungsfreundlichkeit

Einfachheit und Intuitivität sind entscheidend für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen: Der Fokus liegt auf einfachen, mehrwertgenerierenden Ein-Zweck-Anwendungen, die ein optimales Nutzer-beziehungsweise Nutzungserlebnis mit sich bringen.

Highlights China

In China steht Geschwindigkeit im Vordergrund. Stark steigende Löhne mindern die Wettbewerbsfähigkeit sehr personalintensiver Produktion. Die Automatisierungstechnik rückt somit in den Fokus von Industrie und Regierung. Dabei ist weniger Kapital als vielmehr Zeit der kritische Faktor für die Migration: Steigende Kosten bedrohen die Wettbewerbsposition chinesischer Firmen erheblich. China will einen Rückstand im Bereich der Automatisierungstechnik verhindern und den Sprung vom niedrigen Automatisierungsniveau zum Einsatz der modernsten verfügbaren Technologie schaffen. Industrie 4.0 steckt allerdings noch in der Anfangsphase, und in der Industrie wird derzeit ein Verständnis für das Konzept aufgebaut. Die einheimische Automatisierungsbranche ist noch nicht ausgereift genug, um den lokalen Bedarf und die hohen Qualitätsansprüche zu befriedigen. Mittelfristig wird der chinesische Markt für Automatisierungstechnik und Industrie 4.0-Technologien aber zu starkem (globalem) Wachstum führen.



Länderprofil USA



Länderprofil China



Länderprofil Taiwan



Länderprofil Singapur

Zugang zu Absatz- und Beschaffungsmärkten

Ein einzigartiges Lieferantennetzwerk und Kompetenz-Cluster ausgewählter Technologien führen dazu, dass Lieferketten neuer Produktionen sehr schnell aufgebaut werden können.

Geschäftsmodelle

Die Stärke chinesischer Firmen sind Innovationen passend zu den spezifischen Anforderungen und finanziellen Möglichkeiten eines Kunden. Unternehmen wenden erfolgreich die „Fast-Follower“-Strategie an. Geschäftsorientierte Innovationen durch Firmen werden durch staatlich getriebene technologische Innovationen in ausgewählten strategischen Fachbereichen ergänzt.

Produktionsbasis

Der hohe Bedarf an Produktivitätssteigerungen, große Mengen verfügbaren Kapitals sowie geringe irreversible Kosten bestehender Produktionslinien lassen einen großen Anstieg der Nachfrage nach Automatisierungstechnik erwarten.

Highlights Taiwan

Schnelligkeit bei der Produkteinführung und im Produktionsanlauf zeichnen Taiwan aus. Hochflexible Lieferketten und eine hohe vertikale Integration ermöglichen Produktionsanläufe für neue Produkte, insbesondere in der Unterhaltungselektronik (zum Beispiel bei Smartphones), innerhalb von nur einer Woche. Taiwan verfügt über ausgeprägte Kompetenzen in der IKT- und Halbleiterindustrie. Industrie 4.0-Konzepte werden vorrangig als Möglichkeit gesehen, das inländische Produktportfolio von kostengünstigen in Richtung hochwertiger und qualitativer Produkte zu verschieben. Durch die fokussierten Produktivitätssteigerungen soll zudem an das Festland verlorene Produktion wieder zurückgewonnen werden. Lokale Anbieter von Industrie 4.0-Anwendungen konzentrieren sich auf die Entwicklung von Lösungen für die horizontale und vertikale Integration von Produktionsdaten.

Highlights Singapur

Singapur ist der Hotspot regionaler Headquarters. Ansätze zu intelligenten Technologien und CPS konzentrieren sich in Singapur stark auf Technologien zur Realisierung von Smart Grid- und Smart City-Konzepten. Dennoch ist eine lokale Spitzenproduktion ein Schwerpunktthema der Politik, welche die Forschung an fortschrittlichen Technologien entsprechend fördert. Kernbranchen wie Halbleiterindustrie und Logistik treiben insbesondere den industriellen Einsatz von Technologien zur Datenanalyse voran. Die Start-up-Szene ist stark in der Entwicklung datengesteuerter Services positioniert. Initiativen und Programme, die sich speziell auf den Export von Lösungen für die intelligente Produktion konzentrieren, konnten nicht identifiziert werden. Die gute Infrastruktur, das vorherrschende Rechtssystem, die politische Stabilität sowie diverse Freihandelsabkommen haben dazu geführt, dass Singapur das Zentrum regionaler Headquarters für den asiatischen Markt von multinationalen Konzernen und Investoren geworden ist. Das produzierende Gewerbe konzentriert sich auf die Herstellung von Spitzenprodukten in der Elektronik-, Chemie- und Medizinbranche und hat daher einen hohen Bedarf an modernsten Technologien.

Felddatenaufnahme und -analyse

Ein ausgebildetes Start-up-Ökosystem im Bereich der datengetriebenen Technologien, regionale Firmenzentralen von datenintensiven Unternehmen und die Vision einer smarten, datengetriebenen Nation charakterisieren das derzeitige Umfeld von Industrie 4.0 in Singapur. Starke Industrien wie die Halbleiterindustrie treiben die Analyse und Nutzung von Daten in der Produktion voran.

Internationalität

Singapur ist ein Magnet für internationale Talente aufgrund des hohen Lebensstandards sowie Dreh- und Angelpunkt für wirtschaftliche und industrielle Aktivitäten in Ostasien durch die hohe Konzentration an regionalen Firmenzentralen.

Zugang zu Kapital

Singapur ist ein einflussreicher regionaler Bankplatz mit gutem Zugang zu Risikokapital. Zusätzlich stehen starke und schnelle staatliche Anreize zur Förderung von Spitzenproduktion und industrieller F&E zur Verfügung.

Highlights Japan

Produktivitätssteigerung und Ergonomie stehen in Japan im Vordergrund. Das Paradigma hinter Industrie 4.0 wird als Chance gesehen, die Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu China und Südkorea weiter auszubauen und durch Automatisierungstechnik den Folgen des demographischen Wandels entgegenzuwirken. In den hochautomatisierten Fabriken der Großkonzerne werden bereits Lösungen wie digitalisierte (RFID-basierte) Kanban-Systeme oder intuitiv bedienbare Tablets und Handhelds zur Unterstützung von Montage- oder Intralogistikprozessen eingesetzt. Angestrebtes Ziel ist die vertikale Integration des gesamten Wertschöpfungsprozesses durch den Einsatz von IKT. Der Vertrieb von für die eigene Produktion entwickelten Lösungen an externe Kunden wird ebenfalls in Betracht gezogen. Dennoch sind die bereits für den japanischen Markt existierenden Lösungen nicht reif genug, um den globalen Anforderungen gerecht zu werden. Das hohe Kompetenzniveau in der Automatisierungstechnik ist in Kombination mit der Nähe zu Wachstumsmärkten wie China eine große Chance für Japans Automatisierungs- und IKT-Industrie. Verglichen mit Japans Stärken im Bereich der Hardware sind die Kompetenzen im

Bereich der Software eher gering und nicht auf globalem Niveau.

Material- und Informationsfluss

Die starke vertikale Integration zwischen Unternehmen, unterstützt durch den Einsatz intelligenter Technologien wie digitaler Kanban-Systeme, die Benutzung smarter Geräte innerhalb der Intralogistik sowie ein hoher Grad an Automatisierung charakterisieren Japans Kompetenzen im Bereich des Material- und Informationsflusses.

Normative Basis

Japan ist führend in der Entwicklung und stringenten Einführung von klaren Produktionskonzepten und -prozessen. Die prozessorientierte Denk- und Arbeitsweise ist tief in der Gesellschaft verwurzelt.

Gesellschaftlicher Stellenwert der Produktion

Japan ist stolz auf seine Produktion und will diese trotz des demographischen Wandels und der zunehmenden Konkurrenz durch andere asiatische Länder erhalten.

Highlights Südkorea

In Südkorea kommen bereits Industrie 4.0-Lösungen in der Industrie zum Einsatz, vor allem getrieben durch Aktivitäten der großen koreanischen Konzerne („Chae-bols“). Unter dem Slogan „Manufacturing Industry Innovation“ fördert die Regierung anwendungsbezogene Maßnahmen. Der Fokus liegt dabei auf der einfachen Implementierung von Industrie 4.0-Lösungen in KMU und der stufenweisen Entwicklung von bis zu 10.000 Smart Factories mit unterschiedlich definierten technologischen Reifegraden. Es wird eine effizientere und sichere Produktion angestrebt. Die großen koreanischen Konzerne in der Halbleiter- und Display-Industrie sind bereits High-End-automatisiert. Diese Konzerne pilotieren neue produktionstechnologische Lösungen in der eigenen Produktion, bevor sie auf dem Weltmarkt angeboten werden. Der Schwerpunkt der Entwicklungen liegt dabei auf einer vertikalen IT-Integration.

**Länderprofil Japan****Länderprofil Südkorea**

Die KMU in Südkorea sind sehr stark in die Wertschöpfungskette der Konzerne integriert und von diesen sehr abhängig. Durch staatliche Förderungen werden die großen Konzerne dazu animiert, ihr Wissen an KMU weiterzugeben. Diese sind allerdings technologisch vergleichsweise schlecht und heterogen aufgestellt, weshalb eine einfache Adaption der Automatisierungslösungen forciert wird.

Politischer Wille und Restriktionen

Alle relevanten staatlichen Ministerien fördern anwendungsbezogene Maßnahmen, die bis 2020 in zwei Implementierungsschritten eine

Transformation der KMU zu „Smart Factories“ bewirken sollen

Felddatenaufnahme und -analyse

Die starke Halbleiter- und Display-Industrie verfügt über eine breite Wissensbasis bei der Felddatenaufnahme und -analyse für die Prozessregelung. Das Know-how im Bereich prädiktive Instandhaltung wird als überdurchschnittlich im Vergleich zu den Anforderungen des deutschen Konzepts Industrie 4.0 betrachtet.

Technologische Basis

Die koreanischen Konzerne besitzen ausgeprägte Kernkompetenzen in der Systemintegration, der Automation sowie der Integration verschiedener IT-Lösungen in der Produktion. Zudem sind diese Konzerne sehr schnell und flexibel hinsichtlich der Adaption von global entwickelten Hightech-Basistechnologien.

2.3 Treiber und Herausforderungen

Bei der Aufnahme der gegenwärtigen länderspezifischen Rahmenbedingungen konnten marktübergreifende Treiber und Herausforderungen im Kontext von Industrie 4.0 identifiziert werden. Nach Aggregation dieser Treiber und Herausforderungen auf Ebene der Themenfelder stellten sich einige Felder als globale Treiber und andere als globale Herausforderungen für die Implementierung von Industrie 4.0 heraus. Die drei wesentlichen globalen Treiber sowie die vier maßgeblichen globalen Herausforderungen werden im Folgenden beschrieben.

Treiber

Nachhaltigkeit: Nachhaltigkeit im Sinne höherer Energie- und Ressourceneffizienz konnte als globaler Treiber für den Einsatz von Industrie 4.0-Lösungen identifiziert werden. Die Beweggründe für nachhaltigere Produktionen unterscheiden sich allerdings deutlich im weltweiten Vergleich:

Während in Deutschland bei dem Einsatz nachhaltiger Technologien mittlerweile vor allem ideologische Aspekte im Vordergrund stehen, liegt der Fokus weltweit vor allem auf Kostenersparnissen und auf der Vermeidung von Ressourcenengpässen. Insbesondere in Ländern mit einem bereits hohen Level an Energie- und Ressourceneffizienz kann Nachhaltigkeit als Verkaufsargument für Industrie 4.0-Lösungen gelten.

Benutzungsfreundlichkeit: Der demographische Wandel ist eine Herausforderung, der sich viele Industrienationen weltweit stellen müssen. Aspekte von Industrie 4.0 werden als Möglichkeit gesehen, die Benutzungsfreundlichkeit und Ergonomie von Arbeitsplätzen in der Industrie signifikant zu verbessern und damit eine effektive und effiziente Produktion trotz demographischen Wandels zu gewährleisten. Auf der anderen Seite können Anforderungen an die Qualifikation von Mitarbeitern

durch entsprechende digitale Unterstützung zurückgeschraubt und ein Training *On-the-Job* für gering- oder unqualifizierte Mitarbeiter ermöglicht werden. Insbesondere in einigen asiatischen Ländern wird dies als Treiber für den Einsatz von Industrie 4.0 gesehen. In Deutschland hingegen gilt eine bessere Benutzungsfreundlichkeit als Möglichkeit zur Erhöhung der Transparenz und zur Entscheidungsbefähigung des Werkers.

Kollaboration: Der technologische Fortschritt in der vernetzten, virtuellen Zusammenarbeit in Kombination mit innovativen Mensch-Maschine-Schnittstellen ermöglicht radikal neue Formen der Kollaboration sowohl innerhalb von Unternehmen als auch unternehmensübergreifend. Daraus resultierende Innovationen werden als Treiber von Industrie 4.0 angesehen. Neue Formen der Zusammenarbeit tragen im Wesentlichen zur Steigerung der Effizienz des Overheads bei und sorgen damit für eine bessere Ausschöpfung des vorhandenen Potentials.

Herausforderungen

Sicherheit „Security“: Industrial Security ist weltweit ein Hemmnis für die Vernetzung von Geräten und Maschinen sowie die Einbindung in externe Netzwerke. Doch wenngleich als Herausforderung erkannt, konnten bislang weltweit noch keine umfassenden „Security“-Lösungen gefunden werden. In der Konsequenz entstehen zweistufige Vernetzungsstrategien, die zunächst den Datenaustausch in einem abgeschlossenen Netz ohne Anbindung an das Internet vorsehen (zum Beispiel innerhalb einer Fabrik) und erst im zweiten Schritt die Vernetzung mit externen

Partnern. Zur Bewertung dieser Risiken wird ein großer Bedarf an einer strukturierten Risikoabschätzung gesehen.

Standards, Migration und Interoperabilität: Frei nach dem Motto „Better done than perfect“ gilt bei Standardisierung: Geschwindigkeit schlägt Perfektion. Denn erst weltweit etablierte Standards machen eine erfolgreiche Implementierung der verschiedenen technologischen Aspekte von Industrie 4.0 möglich. Damit Investitionen in entsprechende Lösungen zukunftssicher sind, bedarf es zudem Standards, welche die Upgrade-Fähigkeit von Komponenten und Software sicherstellen. Start-ups und KMU können die Implementierung von Industrie 4.0 vorantreiben und zu vielfältigen Lösungen beitragen, aber erst offene, interoperable Standards öffnen ihnen den Markt.

Geschäftsmodelle: Industrie 4.0 wird neue – teils radikal neue – Geschäftsmodelle in der Produktionsindustrie ermöglichen; entsprechende Best Practice-Beispiele sind derzeit aber noch rar. Wesentliche Impulse für neue Geschäftsmodelle sind von Start-ups zu erwarten. Allerdings mangelt es noch an einem vitalen Start-up-Ökosystem und einschlägigen Befähigern, insbesondere Plattformen und Plattformstrategien für die Produktion, wie sie im B2C-Bereich bereits anzutreffen sind.

Marke Industrie 4.0: Die hohe politische Priorisierung, ein intensives Marketing und Deutschlands weltweite Führungsposition in der Produktionstechnik haben den deutschen Begriff Industrie 4.0 mittlerweile zu einer *Global Brand* werden lassen. Insbesondere die asiatischen Länder

verfolgen die deutsche Initiative und ihre Fortschritte intensiv. Um nun auch Nutzen aus dieser Marke ziehen zu können, gilt es, „den Worten Taten folgen zu lassen“. Zeitnah müssen erste technische Lösungen entwickelt, Demonstratoren aufgebaut

und entsprechende Produkte in den Markt gebracht werden. Die zentrale Fragestellung wird dabei lauten: „Kann Deutschland Internet?“ Eben hiervon muss das Ausland überzeugt werden, damit Deutschland die Marke Industrie 4.0 weiter etablieren kann.

2.4 Die globale Wettbewerbsarena 2030

Für die Referenzländer Brasilien, China, Saudi-Arabien, Spanien, Südkorea und die USA wurden Zukunftsszenarien erarbeitet, die denkbare Situationen der dortigen Geschäftsumfelder im Jahr 2030 beschreiben. Daraus lassen sich Schlüsse dahingehend ziehen, ob das jeweilige Land für deutsche Anbieter von Industrie 4.0-Leistungen attraktiv ist beziehungsweise eine heimische Anbieterindustrie erwächst, die ebenfalls in der globalen Wettbewerbsarena auftritt. Die länderspezifischen Szenarien beruhen auf den acht Schlüsselfaktoren

- Selbstbestimmung,
- Arbeitsbedingungen,
- Aus- und Weiterbildung,
- Einflussnahme des Staates,
- Forschungspolitik,

- Arbeitsrecht,
- Innovationskraft und
- IT-Sicherheit.

Je Schlüsselfaktor wurden spezifisch für jedes Land etwa drei denkbare Situationen (Projektionen) für das Jahr 2030 ermittelt und zu einigen in sich konsistenten Szenarien verknüpft. Die erarbeiteten Zukunftsszenarien wurden bezüglich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungstärke für die Produktionsforschung in Deutschland bewertet. Auf Basis der Bewertung wurde je Referenzland ein Referenzszenario ausgewählt. Im Folgenden beschreiben wir je Land das aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Referenzszenario. Der Link zu weiterführenden Unterlagen ist den Marginalien zu entnehmen.

Brasilien 2030 – „Verhaltener Aufschwung durch Impulse von außen“

Selbstbestimmung und Arbeitsbedingungen: Der Wandel des Wertesystems zu einer geringeren Machtdistanz und eines ausgeprägten Individualismus beschränkt sich auf die prosperierenden Metropolen. Die allgegenwärtige Informationsverfügbarkeit über das Internet sowie die starke Präsenz westlicher Unternehmen sind starke Treiber dieses Wandels. Brasilien hat im Bereich der Arbeitsbedingungen den Status eines Schwellenlandes in den Wirtschaftszweigen größtenteils überwunden. Allerdings verhindern nach wie vor Ineffizienz und Korruption eine flächendeckende Verbesserung der Arbeitsbedingungen; staatliche Programme, zum Beispiel zur Bekämpfung der informellen Beschäftigung, konnten ihre Wirkung nicht voll entfalten.

Aus- und Weiterbildung: Ausländische Investoren, die Unternehmen in Brasilien aufbauen, sind auf gut ausgebildetes Personal angewiesen. Da ihr Interesse am südamerikanischen Markt groß ist, investieren sie bereits bei der Schulbildung. Dies führt zu mehr hochwertigen Schul- und Studienplätzen, wenngleich man aufgrund der Zurückhaltung des Staates noch weit von einem leistungsfähigen und gerechten Bildungssystem entfernt ist.

Einflussnahme des Staates, Forschungspolitik und Arbeitsrecht: Der Staat engagiert sich wirksam, allerdings mit der Tendenz, sein Engagement zurückzufahren. Durch gezielte Förderung und die Unterstützung ausländischer Investitionen gewinnt die Wirtschaft des Landes weiter an Schwung. Der Anteil der Wirtschaft an

den brasilianischen F&E-Ausgaben und auch die absoluten F&E-Ausgaben wurden erhöht. Hochschulen und Unternehmen haben den Mehrwert der Zusammenarbeit bei Innovationsprojekten erkannt und ihre Kooperationen deutlich intensiviert. Insbesondere ausländische Unternehmen engagieren sich. Daneben hat die brasilianische Regierung massiv in den Ausbau öffentlicher „Vorzugs-Universitäten“ in den Metropolen investiert. Brasilien gelingt in ausgewählten Technologiefeldern von Industrie 4.0 erste Erfolge. Das Arbeitsrecht wurde grundsätzlich reformiert. Der Staat beschränkt sich auf die Festlegung der Rahmenbedingungen für eine transparente, individuelle Abstimmung zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern. Der Einfluss der Gewerkschaften ist zurückgegangen.



*Vorausschau-Bericht Brasilien
(Projektionskatalog, Ausprägungsliste, Zukunftsszenarien, Auswahl eines Referenzszenarios)*

Für Brasilien ergeben sich drei Szenarien:

Szenario 1:

„Korruption, Intransparenz und Ineffizienz verhindern die Weiterentwicklung des Landes“

Szenario 2:

„Auf dem Weg zur Industrienation“

Szenario 3:

„Verhaltener Aufschwung durch Impulse von außen“



Bild 2-2: „Verhaltener Aufschwung durch Impulse von außen“



*Vorausschau-Bericht China
(Projektionskatalog, Ausprägungs-
liste, Zukunftsszenarien,
Auswahl eines Referenzszenarios)*

*Für China ergeben sich
drei Szenarien:*

Szenario 1:

*„Moderne Industrienation
durch umfassende Reformierung
des Systems“*

Szenario 2:

*„Festgefahrene Strukturen
verhindern Durchbruch“*

Szenario 3:

„Zielstrebigster autoritärer Staat“

Innovationskraft und IT-Sicherheit: Die Politik forciert seit Jahren ausländische Investitionen und Ansiedlungen. In der Folge kam es auch zu signifikanten Investitionen brasilianischer Unternehmen. Dies hat zu Steigerung der Innovationskraft des Landes geführt. Brasilien verzeichnet im Global Innovation Index einen Aufwärtstrend. Das Land fungiert primär als Leitmarkt für Industrie 4.0-Leistungen. Zu einem Wettbewerber im Bereich Leitanbieterschaft ist das Land nicht avanciert. Die brasilianische Regierung misst der Herausforderung IT-Sicherheit hohe Bedeutung bei. Doch verfügt Brasilien weder über ausgewiesene F&E-Kräfte in diesem Gebiet noch über ausreichend Expertise in den heimischen Unternehmen. Daher investiert die Regierung in ausländische Lösungen, um die IT-Sicherheit von Gesellschaft und Wirtschaft zu gewährleisten. Nur zaghafte gelingt der Aufbau eigener Expertise.

Der Wandel eines prosperitätsfördernden Wertesystems beschränkt sich auf die pulsierenden Metropolen. Ausländische Investoren reinvestieren einen erheblichen Teil ihrer Gewinne in Bildung und F&E. Brasilien fungiert primär als Leitmarkt für Industrie 4.0-Leistungen. Zu einem Wettbewerber im Bereich Leitanbieterschaft ist das Land noch nicht avanciert.

China 2030 – „Zielstrebigster autoritärer Staat“

Selbstbestimmung und Arbeitsbedingungen: Die kommunistische Partei führt den Milliarden-Einwohner-Staat autokratisch. In den Unternehmen herrscht ein ähnliches Bild vor; die Autorität des Vorgesetzten wird nicht infrage gestellt. Die Machtdistanz ist hoch. Individualisierungsgedanken sind nur wenig ausgeprägt. Der zunehmende Wohl- und Bildungsstand sowie die Informationsverfügbarkeit über das Internet haben dazu geführt, dass vonseiten der Mittelschicht Bürgerrechte und Partizipation offensiver eingefordert werden. Es gibt zwei Klassen von Unternehmen: große Vorzeige-Unternehmen auf der einen und kleine Unternehmen sowie Kleinstunternehmen auf der anderen Seite. Während die Arbeitsbedingungen bei den großen Technologieführern westlichen Standard erreichen, ist die Situation in den übrigen Unternehmen vielfach noch rückständig.

Aus- und Weiterbildung: Die Bildungsausgaben wurden kaum erhöht. Die zur Verfügung stehenden Mittel wurden gezielt in den Ausbau von Eliteschulen und Eliteuniversitäten investiert. Das Bildungsgefälle zwischen Stadt und Land wurde noch größer. Zugang zu den Elite- und ausländischen Bildungseinrichtungen erhalten nur ausgewählte, gut vernetzte Personen. Bei den „normalen“ Schulen und Hochschulen gilt das Motto „Masse statt Klasse“. Der Aufbau einer Berufsausbildung nach deutschem Vorbild wurde verworfen. Die Lehrinhalte wurden im Rahmen einer „ideologischen Rückbesinnung“ überarbeitet und westliches Gedankengut – sofern nicht konform zu den propagierten Werten – gestrichen.

Einflussnahme des Staates, Forschungs- politik und Arbeitsrecht: Die kommunistische Partei führt das Land machtvoll und strategisch. Politik und Wirtschaft sind eng miteinander verzahnt. Eine Vielzahl der Unternehmen sind staatliche Unternehmen, deren Strategien durch lokale Regierungen mitgeschrieben werden. Teilweise wurden aber auch Märkte im Rahmen von Wirtschaftsabkommen zwischen dem Westen und China liberalisiert. Das Land gibt weltweit das meiste Geld für Forschung und Entwicklung aus. Forschung ist zentral organisiert; Forschungsvorhaben werden massiv durch die Politik gesteuert. Dies gilt insbesondere für Schwerpunktthemen wie Automatisierung und Digitalisierung, die mit Milliardenprogrammen gefördert werden. Die Universitäten sind auf diesen Gebieten weltweit führend. China geht bei den individuellen Arbeitsrechten andere Wege. Die ehrgeizigen Wirtschaftsziele stehen im Vordergrund. Organisationen und Einzelpersonen, die sich für mehr Rechte der Arbeitnehmer einsetzen, werden durch die Regierung unter Druck gesetzt. Nur zaghaft transformiert sich die ACFTU zu einer tariffähigen Gewerkschaft.

Innovationskraft und IT-Sicherheit: Chinas Unternehmen und Forschungseinrichtungen haben sich zu den innovativsten der Welt entwickelt. Immer wieder gelingt es der Regierung und großen Unternehmen, eine große Zahl von Forschern und Entwicklern zu orchestrieren und alle Kraft auf das Erreichen strategischer Ziele zu richten. Die erfolgreiche wirtschaftliche Umsetzung von Neuerungen wird auch durch die Finanzstärke des Landes und der Unternehmen erheblich begünstigt. China gehört zu den Top 10 der innovativsten

Länder und ist neben den USA größter Leitmarkt und zugleich größter Leitanbieter. Der Staat baut mit aller Macht die IT-Sicherheit aus. Allerdings ist er aufgrund des hohen internationalen Drucks von seiner Forderung nach Informationskontrolle etwas abgerückt. Staatliche Institutionen und Unternehmen greifen auf die Vielzahl verfügbarer IT-Experten zurück und entwickeln innovative IT-Sicherheitslösungen; der Absatz ist auch außerhalb des chinesischen Marktes gut.

Die Partei führt bis in die Wirtschaft hinein autokratisch und strategisch. China hat im weltweiten Vergleich die höchsten F&E-Ausgaben; immer wieder gelingt es, die außerordentlich hohen F&E-Kapazitäten zu orchestrieren und auf die Verwirklichung strategischer Ziele zu richten. Seit Jahren zählt China zu den Top 10 der innovativsten Nationen. Das Land ist neben den USA größter Leitmarkt und zugleich größter Leitanbieter.

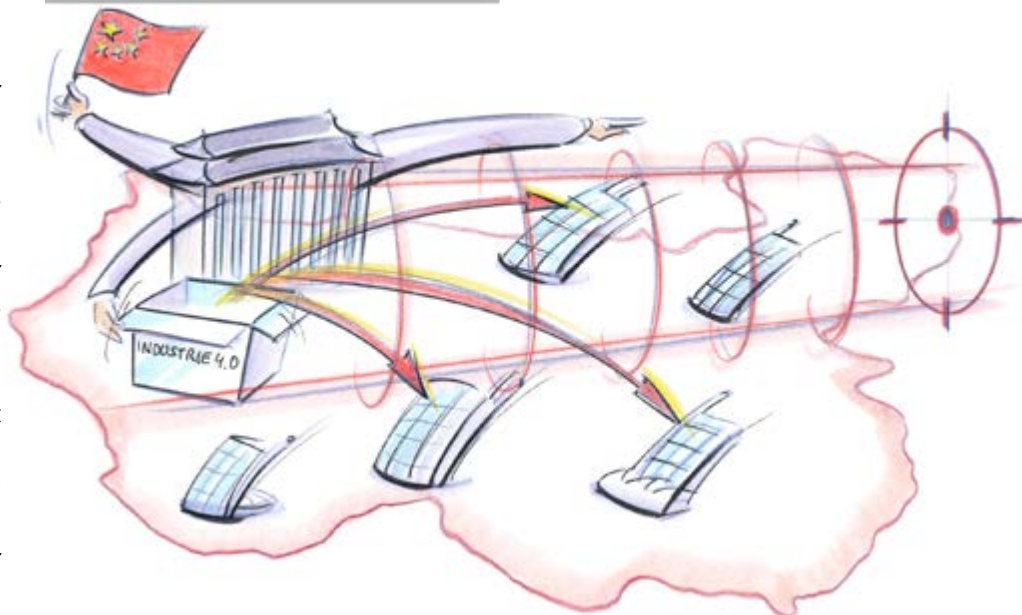


Bild 2-3: „Zielstrebigster autoritärer Staat“



Vorausschau-Bericht Saudi-Arabien (Projektionskatalog, Ausprägungsliste, Zukunftsszenarien, Auswahl eines Referenzszenarios)

Für Saudi-Arabien ergeben sich drei Szenarien:

Szenario 1:

„Hohe Innovationskraft“

Szenario 2: „Stillstand“

Szenario 3:

„Verhaltener Aufschwung“

Saudi-Arabien 2030 – „Stillstand“

Selbstbestimmung und Arbeitsbedingungen: Die strenge Auslegung der Scharia prägt die Gesellschaft. Saudi-Arabien fungiert als islamischer Musterstaat. Frauen haben weiterhin kein Recht auf Selbstbestimmung. Soziale Trennlinien prägen das öffentliche Leben. Aufkommende Protestbewegungen wurden im Keim erstickt. Der Deal lautet: Gefolgschaft gegen Geld. So werden beispielsweise die Transferleistungen für Arbeitslose ständig erhöht. Der öffentliche Bereich ist weiterhin aufgebläht und wird durch Einheimische dominiert. Diese gönnen sich auf Grundlage der Öleinnahmen den Luxus hervorragender Arbeitsbedingungen (hohe Gehälter bei kurzen wöchentlichen Arbeitszeiten). Im privaten Bereich wird auf die Beschäftigung von

Ausländern zurückgegriffen; der Anteil Einheimischer liegt unter 20 Prozent. Die Arbeitsbedingungen für Ausländer im Privatsektor sind schlecht.

Aus- und Weiterbildung: Die Bildungsausgaben wurden im vergangenen Jahrzehnt marginal erhöht. Das Bildungssystem ist islamisch geprägt und entspricht in vielen Bereichen nicht den modernen Bildungs- und sozialpolitischen Standards. Frontalunterricht und Auswendiglernen dominieren auf Kosten von Kreativität und sozialen Fähigkeiten. Islamische Fächer beherrschen den Lehrstoff. Um dennoch Know-how ins Land zu bringen, werden junge Saudis auf Staatskosten an internationale Top-Universitäten entsendet.

Einflussnahme des Staates, Forschungspolitik und Arbeitsrecht: Die Liberalisierungsbemühungen des Staates waren zu halbherzig; die Einflussnahme des autokratischen Staates ist sehr hoch. Ausländische Investoren ächzen unter der Last der Regulierung und meiden das Land. Saudi-Arabien ist kein Forschungsland. Die F&E-Ausgaben wurden kaum erhöht. Ausländische Partner konnten aufgrund der kulturellen Rahmenbedingungen und fehlender finanzieller Anreize nicht als Katalysatoren gewonnen werden. Wissenschaft wird nicht als Basis für Wohlstand gesehen; eine Forschungsmentalität kommt nicht auf. Die Scharia ist weiterhin Maßgabe für die Ausgestaltung des Arbeitsrechts. Die Tätigkeitsmöglichkeiten für Ausländer sind beschränkt. Moslems und Nicht-Moslems sind im Arbeitsrecht nicht gleichgestellt.

Innovationskraft und IT-Sicherheit: In Saudi-Arabien fehlen die Kreativleistung

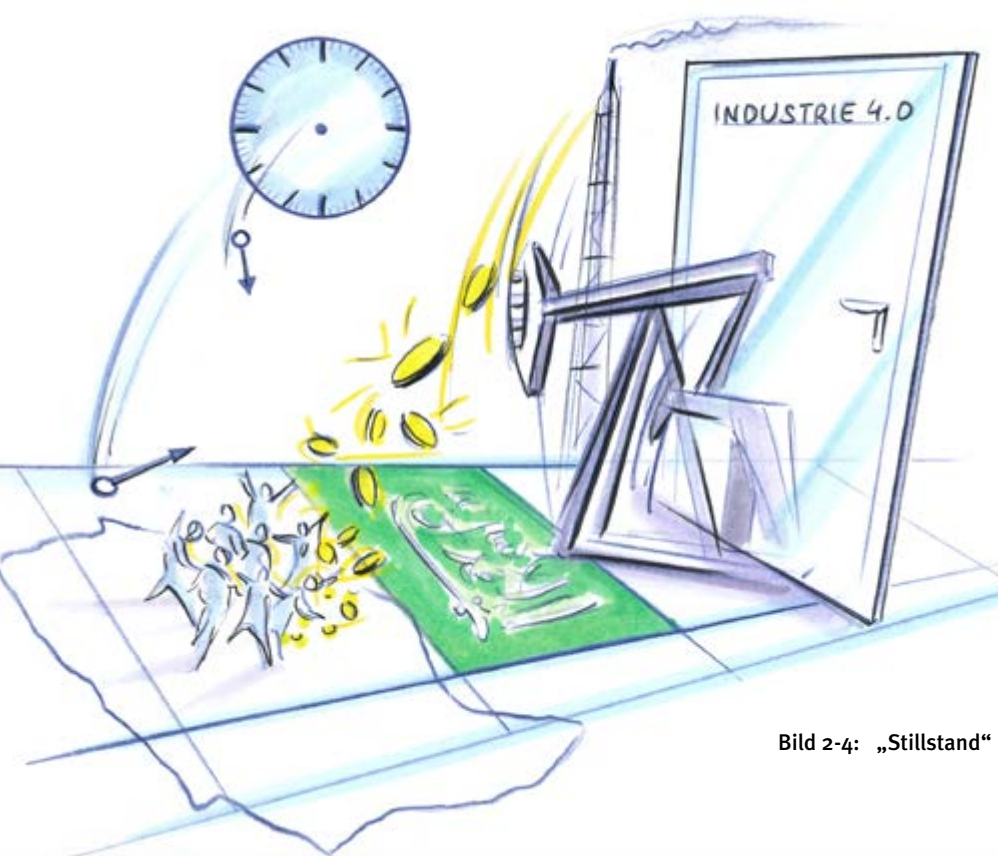


Bild 2-4: „Stillstand“

zur Entwicklung sowie Innovationskraft. Eine Verzahnung von Grundlagenforschung und angewandter Forschung insbesondere in Unternehmen findet nicht statt. Rückstände in der Wissensdiffusion und -absorption bestehen nach wie vor. Das Land ist weit davon entfernt, Leitanbieter für Industrie 4.0-Ausrüstung zu sein; nur in kleinem Maßstab wird in moderne Produktionsstätten investiert. Ein Sicherheitsbewusstsein ist kaum vorhanden, und die wenigen Sicherheitsbewussten greifen auf ausländische Lösungen zurück. Das Land hat die Chance verpasst, nach dem Öl mittels IT-Sicherheit eine globale Schlüsselrolle zu besetzen.

Saudi-Arabien sieht sich als islamischer Musterstaat. Der unterschwellige Deal lautet: Gefolgschaft gegen Geld. Wissenschaft wird nicht als Basis für Wohlstand gesehen; eine Forschungsmentalität kommt nicht auf. Das Land spielt in der globalen Wettbewerbsarena Industrie 4.0 allenfalls als Markt eine nennenswerte Rolle.

Spanien 2030 – „Erfolg durch europäische Integration“

Selbstbestimmung und Arbeitsbedingungen: Spaniens Wirtschaft hat sich erholt. Insbesondere die Jugendlichen blicken zuversichtlich in die Zukunft. Sie streben nach Verantwortung am Arbeitsplatz und beruflichem Erfolg. Neben den großen Unternehmen investieren auch innovative kleine und mittlere Unternehmen verstärkt in Forschung und Entwicklung. Dadurch wurden zahlreiche attraktive Arbeitsplätze geschaffen. Die Entstehung von

Arbeitsplätzen in der Produktion und produktionsnahen Bereichen wird durch den Staat gefördert. Die Ausbildung von Spezialisten in Schwerpunktbereichen und der Aufbau von „technologischen Hotspots“ wecken zunehmend das Interesse ausländischer Unternehmen. Die Verlagerung von Produktionsstandorten nach Spanien ist ein Erfolg; in der Folge sind auch Ansiedlungen von F&E-Bereichen ausländischer Unternehmen zu verzeichnen.

Aus- und Weiterbildung: Der Staat investiert vermehrt in die Verbesserung der tertiären Bildung; die Studiengebühren wurden gesenkt. Der Anteil der Studierenden an der Bevölkerung ist hoch. Studiengänge im MINT-Bereich genießen ein hohes Ansehen. Die Berufsausbildung kommt nur langsam voran; in einigen Bereichen wurde das duale Ausbildungssystem erfolgreich adaptiert. Spanische Facharbeiter gelten als gut qualifiziert. Ihre Kompetenzen entsprechen den Anforderungen der Arbeitgeber.



*Vorausschau-Bericht Spanien
(Projektionskatalog, Ausprägungs-
liste, Zukunftsszenarien, Auswahl
eines Referenzszenarios)*

*Für Spanien ergeben sich
drei Szenarien:*

Szenario 1:

„Aufbruch aus eigener Kraft“

Szenario 2:

*„Erfolg durch europäische
Integration“*

Szenario 3:

*„Fehlender Veränderungswille
führt zur Dauerkrise“*

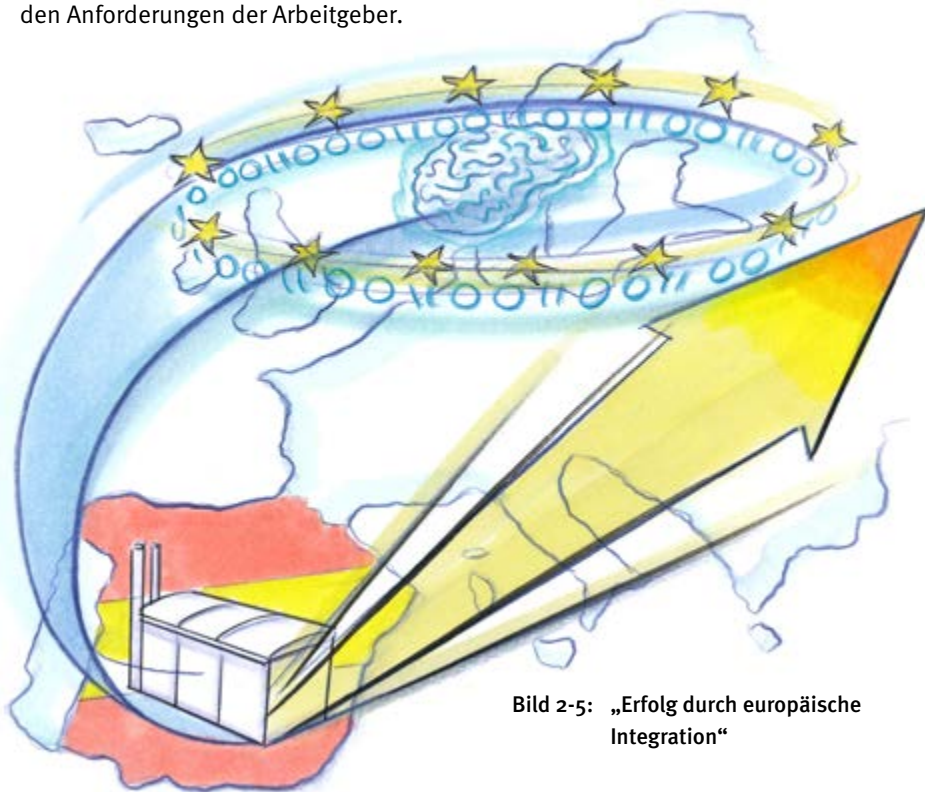


Bild 2-5: „Erfolg durch europäische Integration“

Einflussnahme des Staates, Forschungs- politik und Arbeitsrecht: Die europäische Integration ist sehr weit fortgeschritten und wird von der weit überwiegenden Anzahl der Menschen des Landes als Segen empfunden. Die Europäische Union übt einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaft und das öffentliche Leben aus. Durch eine gezielte Förderung von Innovationen und die Korrektur von Marktversagen hat die Wirtschaft des Landes neuen Schwung bekommen. Spitzenforschung findet auf europäischer Ebene statt. Institutionen wie das European Institute of Innovation and Technology (EIT), die vom Europäischen Parlament getragen werden, sind mit ihren Forschungseinrichtungen auch in Spanien gut vertreten. Das Land ist an europäischer Spitzenforschung beteiligt und bringt innovative Start-ups hervor. In der EU spielen Landesgrenzen für den Arbeitsmarkt eine untergeordnete Rolle. Der Arbeitsmarkt wird auf europäischer Ebene geregelt. Die Arbeitnehmerfreizügigkeit ist in der EU umgesetzt.

Innovationskraft und IT-Sicherheit: Im Zuge der sehr weit fortgeschrittenen europäischen Integration kommen die entscheidenden Impulse zur Steigerung der Innovationskraft von der EU. Innovationsförderungsprogramme wie Knowledge and Innovation Communities (KICs) verleihen dem Innovationsgeschehen europaweit eine hohe Dynamik. Die spanische Innovationsleistung hat durch die europäischen Aktivitäten enorm profitiert: Im Global Innovation Index ist Spanien aufgestiegen. Venture Capital steht zur Verfügung. Das Land fungiert im Bereich Industrie 4.0 als Leitmarkt und tritt zunehmend als leistungsfähiger Anbieter von

Industrie 4.0-Ausrüstung auf den globalen Märkten auf. Die nationale Regierung hat erkannt, dass IT-Sicherheit nur durch Bündelung der Ressourcen zum Erfolg führen kann. Auch hier wird auf die europäische Karte gesetzt. Europäische IT-Sicherheit ist in der Welt eine Marke – davon profitiert die spanische Wirtschaft.

Spaniens Wirtschaft hat sich erholt. Insbesondere die Jugendlichen blicken zuversichtlich in die Zukunft. Die europäische Integration ist sehr weit fortgeschritten und wird von der überwiegenden Anzahl der Menschen im Land als Segen empfunden. Innovationsprogramme der EU wie Knowledge and Innovation Communities (KICs) verleihen dem Innovationsgeschehen europaweit eine hohe Dynamik, wovon Spanien sehr stark profitiert. Das Land fungiert im Bereich Industrie 4.0 als Leitmarkt und tritt auf den globalen Märkten zunehmend als leistungsfähiger Anbieter von Industrie 4.0-Ausrüstung auf.

Südkorea 2030 – „Gutes bewahren und Neues wagen“

Selbstbestimmung und Arbeitsbedingungen: Südkorea hat sich dem Westen weitgehend angeglichen. Die Arbeitnehmer verlangen nach Partizipation und Selbstbestimmung. Die jungen Südkoreaner fordern Veränderungen, wechseln häufiger den Arbeitgeber. Die eigenen Bedürfnisse stehen zunehmend im Vordergrund. Die industrielle Produktion ist Grundlage für den Erfolg des Landes; der Ausbau der Arbeitsplätze in der Produktion und produktionsnahen Bereichen wird subventioniert. Während die Arbeitsbedingungen in

den Konglomeraten westlichen Standard erreichen, besteht in den übrigen Unternehmen zum Teil noch Handlungsbedarf.

Aus- und Weiterbildung: Ein Großteil der Bevölkerung besucht die Universitäten oder hat bereits einen akademischen Abschluss. Gleichzeitig gewinnt die Berufsausbildung an Bedeutung, da die Nachfrage nach hochqualifizierten Fachkräften groß ist. Dementsprechend wurden die Ausgaben für Berufsausbildung erhöht.

Einflussnahme des Staates, Forschungspolitik und Arbeitsrecht: Die südkoreanische Regierung übt großen Einfluss auf die Wirtschaft sowie das private und öffentliche Leben aus. Gezielte Förderung und die Unterstützung ausländischer Investitionen treiben die Wirtschaft des Landes weiter an. Die historisch verwurzelte Technikorientierung der Südkoreaner in Forschung und Entwicklung zahlt sich auch bei Industrie 4.0 aus – die Forschung auf diesem Gebiet hat ein hohes Niveau. Der Staat nutzt seine Autorität und bestimmt das Arbeitsrecht, wenngleich auch Liberalisierungsbemühungen zu verzeichnen sind. Bedeutung und Einfluss der Gewerkschaften nehmen zu.

Innovationskraft und IT-Sicherheit: Konzentriertes Agieren von Politik und Wirtschaft fördert die Innovationskraft des Landes. Südkorea gehört zu den Top 5 der innovativsten Länder der Welt. Die südkoreanischen Unternehmen zählen zu den weltweit erfolgreichsten Anbietern von Industrie 4.0-Ausrüstung, was auf einen hochentwickelten prosperierenden Leitmarkt zurückzuführen ist. Im Bereich der IT-Sicherheit gehört Südkorea international zu den Vorreitern und ist ein erfolgreicher Anbieter entsprechender Lösungen.

Die Eliten des Landes orchestrieren erfolgreich dessen Entwicklung. Die industrielle Produktion ist eine Grundlage für den Erfolg. Südkorea ist ein hochentwickelter Leitmarkt für Industrie 4.0 und einer der führenden globalen Ausrüster für smarte Fabriken. Die Arbeitnehmer partizipieren am wirtschaftlichen Erfolg des Landes.



*Vorausschau-Bericht Südkorea
(Projektionskatalog, Ausprägungs-
liste, Zukunftsszenarien, Auswahl
eines Referenzszenarios)*

*Für Südkorea ergeben sich
vier Szenarien:*

*Szenario 1:
„Fehlende Veränderungsbereit-
schaft, dominierende
Konglomerate“*

*Szenario 2:
„Gutes bewahren und
Neues wagen“*

*Szenario 3:
„Rückzug des Staates,
nachlassende Dynamik“*

*Szenario 4:
„Soziale Marktwirtschaft“*

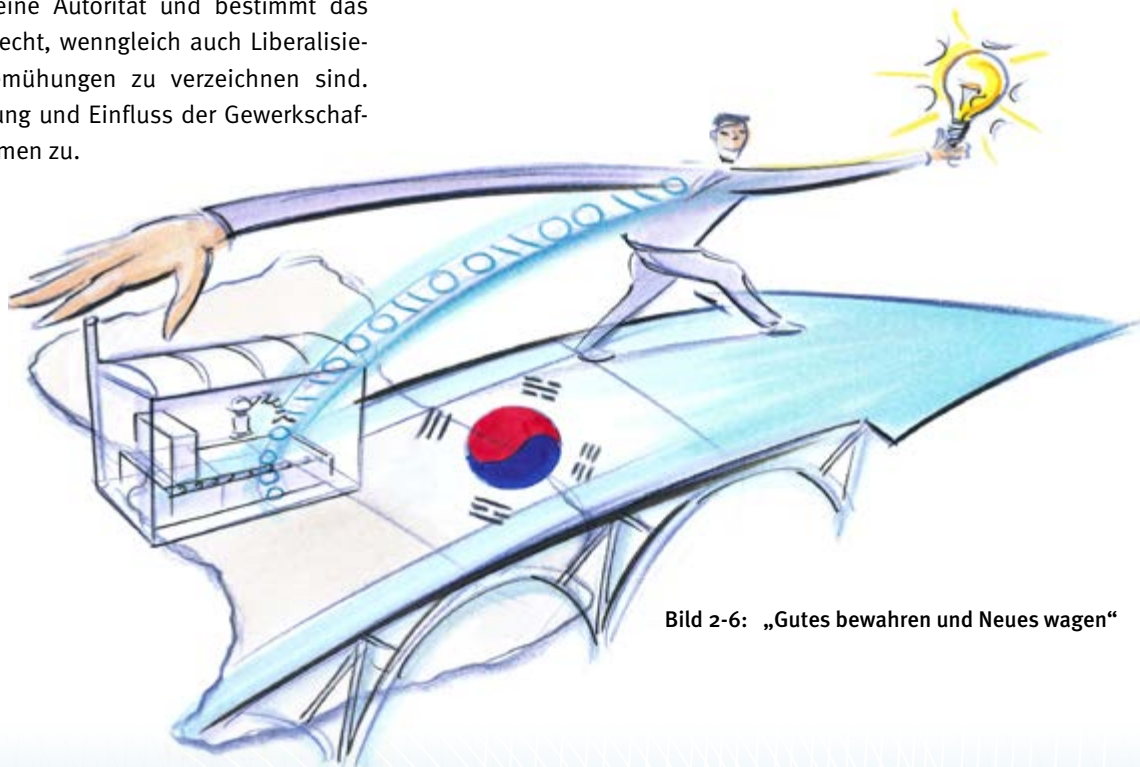


Bild 2-6: „Gutes bewahren und Neues wagen“



Vorausschau-Bericht USA (Projektionskatalog, Ausprägungsliste, Zukunftsszenarien, Auswahl eines Referenzszenarios)

Für die USA ergeben sich drei Szenarien:

Szenario 1:

„Staatlich geführte Reindustrialisierung führt zu nachhaltigem Erfolg

Szenario 2:

„Vertiefung der Serviceorientierung auf Basis des bestehenden Erfolgs“

Szenario 3:

„Polarisierung von Gesellschaft und Hochschulen lähmt Wirtschaft“

USA 2030 – „Vertiefung der Serviceorientierung auf Basis des bestehenden Erfolgs“

Selbstbestimmung und Arbeitsbedingungen: Die Maxime der amerikanischen Gesellschaft sind Freiheit und Glück. Selbstverwirklichung und Individualismus prägen nach wie vor den „American Way of Life“. Initiative und Kreativität werden gefördert. Das Ansehen der Produktionsarbeit steigt. Treiber des Wachstums sind Dienstleistungen. In diesem Gebiet sind humanorientierte Arbeitsmodelle und Vollzeitbeschäftigung weit verbreitet. Die durchschnittlichen Reallöhne und die Arbeitsplatzqualität liegen über denen im Produktionsbereich, wenngleich auch die Arbeitsbedingungen in der Produktion verbessert wurden.

Aus- und Weiterbildung: Die Ausgaben für öffentliche Bildung wurden deutlich erhöht. Im Rahmen einer groß angelegten Hochschulreform wurden die Gebühren an staatlichen Hochschulen drastisch gesenkt. Durch den massiven Einsatz von Online-Kursen (MOOCs) erhält jeder Interessierte Zugang zu den besten Vorlesungen. Das Bildungsniveau hat sich geografisch angeglichen. Auch die Ausbildung von Facharbeitern wurde verbessert. Das duale Ausbildungssystem wurde teilweise adaptiert, immer mehr Unternehmen haben dessen Mehrwert erkannt.

Einflussnahme des Staates, Forschungspolitik und Arbeitsrecht: Der staatliche Einfluss auf die Wirtschaft ist gering; es herrscht freie Marktwirtschaft. Die USA konzentrieren sich konsequent auf Schlüsselbereiche wie Biotechnologie und Verteidigung, in denen sie durch erhebliche Ausgaben ihre Spitzenpositionen weiter ausbauen. Die Reindustrialisierung und die damit verbundene Stärkung der Produktionsforschung kommen nur langsam voran. Die Politik sieht in Schlüsselbereichen wie Biotechnologie und im Dienstleistungssektor größere Erfolgspotentiale. Das Land bietet nach China den größten Markt für Industrie 4.0, aber nur relativ wenige Unternehmen treten auf den globalen Märkten als dominierende Anbieter für Industrie 4.0-Ausrüstung auf. Das Arbeitsrecht ist liberal. Der Staat beschränkt sich auf die Setzung der Rahmenbedingungen für eine transparente Abstimmung zwischen Arbeitnehmern und Arbeitgebern. Ein flexibler Arbeitsmarkt gilt als ein weiterer Erfolgsfaktor des amerikanischen Wirtschaftsmotors.

Bild 2-7: „Vertiefung der Serviceorientierung auf Basis des bestehenden Erfolgs“



Innovationsfähigkeit und IT-Sicherheit:

Die US-amerikanischen Unternehmen und Hochschulen dominieren weltweit mit Geschäftsmodellinnovationen, insbesondere im Bereich Internetdienste und Multimedia. Innovationen im Produktionsbereich spielen eine untergeordnete Rolle. Die USA verlieren den Anschluss an die Leitanbieter für Industrie 4.0, zählen aber in den Innovationsrankings dennoch zu den Top7. Der Durchbruch im Bereich IT-Sicherheit ist nicht flächendeckend gelungen. Die ansässigen Internetgiganten haben politische Programme in ihrem Sinne beeinflusst und teilweise untergraben: Aufkommende Sicherheitsdebatten wurden im Keim erstickt, unsichere Systeme als sicher deklariert und

Sicherheitslücken nur zaghaft geschlossen. Immer mehr Unternehmen entdecken IT-Sicherheit als unterschätzten Wirtschaftszweig. Neue Player treten in den Markt für IT-Sicherheit; erste Erfolge sind zu verzeichnen. Das Land ist im Bereich IT-Sicherheit eher ein später Folger.

Es herrscht freie Marktwirtschaft. Die Wirtschaft ist auf dem Gebiet der Internet- und Big-Data-basierten Geschäftsmodelle überlegen. Die Produktionsforschung spielt in Relation zu anderen Innovationsfeldern wie Biotechnologie und Verteidigung eine untergeordnete Rolle; die Reindustrialisierung kommt nur langsam voran. Die USA sind neben China größter Leitmarkt und im Servicebereich dominierender Leitanbieter.

3 Industrie 4.0 in Deutschland

Deutschland strebt unter dem Begriff „Duale Strategie“ eine Positionierung als Leitmarkt und Leitanbieter an. Eine entsprechende Strategie weist den Weg zu dieser Vision. Im vorliegenden Kapitel beschreiben wir die gegenwärtige Position Deutschlands im internationalen Vergleich (Abschnitt 3.1) und die Vision in Form eines Zielbildes. Für das Zielbild werden

Rahmenbedingungen (Abschnitt 3.2) und Gestaltungsoptionen (Abschnitt 3.3) für die Industrie 4.0-Wirtschaft mit einem Zeithorizont 2030 entwickelt. Abschließend werden in Abschnitt 3.4 Chancen und Gefahren, die aus dem Zielbild resultieren, sowie strategische Stoßrichtungen zu dessen Erreichung erläutert.

3.1 Gegenwärtige Position Deutschlands im internationalen Vergleich

Deutschland ist bestrebt, seine Ingenieurs-expertise in die digitale Welt zu transferieren: Industrie 4.0 als ganzheitliches Zukunftskonzept bedeutet eine Integration von Technologie, Gesellschaft und Industrie. Ziele intelligenter Produktionslösungen sind unter anderem eine Erhöhung der Kollaborationsproduktivität und eine Reduzierung der Kosten für Produktentstehung und Produktion. Einige Unternehmen haben zur Untersuchung des Nutzens Industrie 4.0-Pilotanwendungen im operativen Geschäft realisiert. Es herrscht eine erhebliche Unsicherheit darüber, wie mit Industrie 4.0 Gewinn erzielt werden kann und wie entsprechende Geschäftsmodelle aussehen könnten. Große Unternehmen und einige KMU investieren jedoch, um High-End-Lösungen für Industrie 4.0 auf dem Weltmarkt anbieten zu können. Fokussiert werden insbesondere Lösungen auf „Shop Floor-Ebene“.

Stärken

Technologische Basis: Unternehmen entwickeln, fertigen und montieren die Kernfunktionalitäten ihrer Produkte größtenteils in

Deutschland. Differenzierung wird vor allem durch den Fokus auf Produktindividualisierung und -qualität erzeugt. Deutschland verfügt sowohl in der Forschung als auch in der Industrie über ein durchgängig sehr hohes Domänenwissen im Bereich Produktionstechnik mit dem Fokus auf Hardware. Beispiele sind Sensorik sowie Intralogistik. Das Niveau an Basistechnologien im Bereich der Datenanalyse und Vernetzung ist hoch, wenngleich noch wenige in die Anwendung gebracht wurden.

Gesellschaftlicher Stellenwert der Produktion: Die Produktion wird als Hochtechnologiefeld wahrgenommen und erfolgreich im Land gehalten. „Made in Germany“ ist auch im Binnenmarkt ein Qualitätssiegel und Verkaufsargument. Der Stellenwert von Ingenieuren in Unternehmen und in der Gesellschaft ist sehr hoch und die Industrie als Arbeitgeber entsprechend attraktiv. Das Lohnniveau ist hoch, und die Arbeitsbedingungen in der Produktion sind attraktiv und fortschrittlich. Die Machtverhältnisse zwischen Industrie, Politik und Gewerkschaften sind ausgeglichen.

Ausbildung und Qualifikation: Das duale Ausbildungssystem ist durch den starken Anwendungsbezug zur Industrie ein großer Vorteil im internationalen Vergleich und schafft eine breite Basis an theoretisch sowie praktisch qualifizierten Facharbeitern und Ingenieuren. Experten in den Bereichen Maschinenbau, Produktion und Management genießen ein hohes Ansehen.

Schwächen

Infrastruktur: Auf dem derzeitigen Stand ist die digitale Infrastruktur in Deutschland nicht ausreichend, um den eigenen Ansprüchen an die angestrebte Vision Industrie 4.0 gerecht zu werden. Zudem fehlen Deutschland Kompetenzen in der Anbieterschaft von B2C-Produkten im IT-Bereich, die auf die Entwicklung entsprechender Produktionstechnologien, Produkte oder Services im B2B-Bereich übertragen werden könnten.

Internettechnologien: In Deutschland existieren Kompetenzlücken im Bereich der Internet- beziehungsweise Vernetzungstechnologien. „Kann Deutschland Internet?“ – so lautet die Frage, und es bestehen international Zweifel, ob es Deutschland gelingen wird, die vorhandenen Kernkompetenzen in der Produktionstechnik um komplementäre digitale Kompetenzen zu erweitern.

Treiber

Veränderungen im etablierten Geschäft: Die Angst, die disruptiven Veränderungen im Kontext von Industrie 4.0 könnten die Kernkompetenzen und Marktführung in der Produktionstechnologie beziehungsweise im Maschinen- und Anlagenbau bedrohen, setzen die Politik, die einschlägige

Hochschulforschung und die Industrie unter enormen Handlungsdruck.

Individualisierung: Die steigende Nachfrage nach personalisierten beziehungsweise individualisierten Produkten treibt die Entwicklung von Produktionstechnologien voran, die eine Losgröße 1-Produktion zu Kosten einer Massenproduktion ermöglichen.

Wettbewerbsfähigkeit: Als Hochlohnland ist Deutschland dem steigenden globalen Kostendruck im Produktionssektor besonders stark ausgesetzt. Mit dieser Situation geht die stetige Bemühung einher, die Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsstandortes Deutschland zu erhalten und weiter auszubauen.

Herausforderungen

Beharrung auf etablierten Geschäftsmodellen: Deutsche Unternehmen fokussieren sich stark auf Sicherheit und Stetigkeit im Geschäftsmodell. Diese Einstellung, die einer schnellen Anpassung der Geschäftstätigkeit und Geschäftsmodelle an neue Anforderungen der Digitalisierung entgegensteht, ist zu überwinden.

Datenschutz- und Datensicherheitsbedenken: Diese erschweren die Sammlung, Bereitstellung und Analyse von Daten im Bereich der Produktion sowie vor- und nachgelagerter Prozesse. Neben einer sehr emotional geführten Debatte über Datenschutz, der aber kaum Taten folgen („Privacy-Paradox“), stellt eine undifferenzierte Betrachtung der Datensicherheit ohne Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Analysen ein erhebliches Problem dar. Daraus ergibt sich die Herausforderung,



Länderprofil Deutschland

pragmatische und nachhaltige Lösungen zur Gewährleistung von Datenschutz und Datensicherheit rasch zu realisieren und gleichzeitig die Akzeptanz der Stakeholder zu gewinnen.

Overengineering: Hochkomplexe Lösungen für Produkte und Produktionssysteme und der Anspruch, Technologie- und Produktentwicklung auf höchstem Niveau zu betreiben, verhindern den Eintritt in große Märkte, die zweckmäßige Lösungen zu wesentlich niedrigeren Preisen erwarten.

Bild 3-1 zeigt zusammenfassend das konsolidierte Ergebnis der Experteneinschätzungen aus dem Workshop für die Position Deutschlands in den einzelnen Fokusthemenfeldern (die Basisfelder sind nicht dargestellt) sowie einen vergleichenden Überblick über die Highlights (Abschnitt 2.2) in den untersuchten Ländern des Benchmarks.

Fokusthemenfelder	Einschätzung Deutschland		Highlights
	eindeutige Schwäche	eindeutige Stärke	
Sicherheit („Security“)			
Standards, Migration und Interoperabilität			 
Nachhaltigkeit			 
Benutzerfreundlichkeit			
Felddatenaufnahme und -analyse			 
Material- und Informationsfluss			
Ausbildung und Qualifizierung			 
Gesellschaftlicher Stellenwert „Produktion“			 
Pioniergeist			 
Geschäftsmodelle			 
Unternehmenskultur und Flexibilisierung			
Internationalität			 
Politischer Wille und Restriktionen			
Zugang zu Kapital			 
Zugang zu Absatz- und Beschaffungsmärkten			 

Bild 3-1: Stärken und Schwächen Deutschlands hinsichtlich der Fokusthemenfelder

3.2 Rahmenbedingungen für die Industrie 4.0-Wirtschaft 2030

Bei der Vorausschau ist zwischen dem Umfeld und dem Gestaltungsfeld zu unterscheiden. Das Umfeld beschreibt zukünftige Rahmenbedingungen für die Industrie 4.0-Wirtschaft in Deutschland. Die in Bild 3-2 dargestellten 20 Schlüsselfaktoren bestimmen die Zukunft des Umfelds. Diese Faktoren können von der Industrie 4.0-Wirtschaft nur mittelbar beeinflusst werden. Unmittelbare Gestaltungsmöglichkeiten ergeben sich im sogenannten Gestaltungsfeld. Die entsprechenden Optionen beruhen auf 13 Gestaltungsfaktoren (Abschnitt 3.3, Bild 3-5). Die Ermittlung sowohl der Umfeldszenarien als auch der Gestaltungsoptionen beruht auf der Szenario-Technik. Im Folgenden gehen wir kurz darauf ein, wie die Umfeldszenarien entwickelt wurden, und stellen diese vor.

Für jeden der 20 Schlüsselfaktoren wurden im Rahmen eines Workshops mit dem erweiterten Kernteam alternative Entwicklungsmöglichkeiten erarbeitet – die sogenannten Projektionen. Jede Projektion wurde detailliert beschrieben. Beispielsweise ist für den Schlüsselfaktor „Durchdringung mit IKT“ (Bild 3-3) denkbar, dass die rapide Durchdringung der Arbeits- und Freizeitwelt mit Informations- und Kommunikationstechnik weiter zunimmt. Die neuen Möglichkeiten intuitiv zu bedienender Systeme blenden die Menschen, Sicherheitsrisiken werden verdrängt. Die maximal vernetzte Welt schreitet voran (Projektion A). Andererseits ist auch vorstellbar, dass es nur wenigen gelingt, die technologischen Möglichkeiten zu nutzen und aus Daten Informationen zu



Bild 3-2: Umfeld Deutschland und Gestaltungsfeld Industrie 4.0, Auflistung der 20 Schlüsselfaktoren

generieren. Es bilden sich Informationseleiten (Projektion B). Eine dritte mögliche Projektion ist, dass die Skepsis gegenüber IKT stark zunimmt, weil die Folgen des „lockeren“ Umgangs nun allmählich sichtbar werden (Projektion C).

Die erarbeiteten Projektionen wurden in einem nächsten Schritt zu konsistenten Zukunftsbildern zusammengeführt. Das beruht auf einer paarweisen Konsistenzbewertung und einer daraus folgenden Konsistenzanalyse. Das Ergebnis sind vier

Umfeldszenarien: Szenario 1) „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“, Szenario 2) „Konsequente Digitalisierung, technikzentrierte Arbeitswelt“, Szenario 3) „Die Digitalisierung bleibt in vielen Barrieren stecken“ und Szenario 4) „Digitalisierung global und fremdbestimmt“. Im Folgenden charakterisieren wir die Umfeldszenarien 1 und 4 mit einigen wenigen Sätzen; diese wurden von einem Expertenkreis als besonders wahrscheinlich bewertet (Abschnitt 3.4).

8A Maximal vernetzte Welt



Die rapide Durchdringung der Arbeits- und Freizeitwelt mit Informations- und Kommunikationstechnik hat in den vergangenen Jahren weiter zugenommen. Jeder hat immer und überall Zugriff auf Informationen und Dienste. Der Einsatz semantischer Technologien ermöglicht eine effiziente Bewältigung der Fülle von verfügbaren Informationen. Durchgesetzt haben sich vor allem intuitiv zu bedienende Systeme. Die Faszination der neuen Möglichkeiten blendet die Menschen: Sicherheitsrisiken, wie die Weitergabe sensibler Daten, werden verdrängt. Es herrscht ein Widerspruch zwischen der theoretischen Wertschätzung und der gelebten Achtlosigkeit im Umgang mit der eigenen Privatsphäre.

8B Informationseliten



Die täglich produzierte Datenmenge erlangt neue Ausmaße. Viele sehen darin ungeahnte Möglichkeiten. Die ungeheure Fülle an Daten erweist sich wie von vielen vorhergesagt als das Gold des 21. Jahrhunderts. Doch die freie Verfügbarkeit von Daten ist trügerisch. Nur wenigen gelingt es, die technologischen Möglichkeiten zu nutzen und aus Daten Informationen zu generieren: Es bilden sich Informationseliten. Diese beherrschen die Algorithmen und ziehen konsequent Nutzen aus den Daten. Offensichtlich herrscht kein Mangel an Informationen; aber die Menschen fühlen sich nicht informiert.

8C IT-Frustration



Der IKT-Hype der Freizeitwelt hat keinen Einzug in die Produktion gefunden. Die notwendigen hohen Anforderungen an die Verlässlichkeit der IT-Systeme werden nicht erfüllt. Die erwarteten Effizienzsteigerungen sind ausgeblieben. Auch im Privatleben ändert sich der Umgang mit IKT. Die Skepsis gegenüber IKT nimmt stark zu, weil die Folgen des „lockeren“ Umgangs nun allmählich sichtbar werden. Menschen sehen sich mit der totalen Transparenz konfrontiert und streben nach Privatheit. Privatheit bedeutet die Fähigkeit, seine Sichtbarkeit im Netz selbst definieren und regulieren zu können.

Bild 3-3: Projektionen für den Schlüsselfaktor „Durchdringung mit IKT“. Bildquellen siehe Bildnachweise (Impressum)

Szenario 1: „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“

Selbstbestimmung, Arbeitsgestaltung, Aus- und Weiterbildung: Die Menschen nutzen die gewonnenen vielfältigen Möglichkeiten, um ihr Leben zu gestalten. Im Arbeitsleben werden ausgewogene Lösungen in den Dimensionen Mensch, Technik und Organisation angestrebt; Technik soll dem Menschen dienen. Die Digitalisierung hat die Aus- und Weiterbildung stark verändert; Lehre und Lernen erfolgt überwiegend orts- und zeitungebunden; Massive Open Online Courses setzen sich zunehmend durch. Die Zahl der Lehrenden ist erheblich zurückgegangen.

Rolle des Menschen in der industriellen Produktion, Struktur der Arbeit und Preisbildung auf dem Arbeitsmarkt: Trotz hoher

Systemintelligenz und Automatisierung ist der Mensch als Entscheider gefragt; es herrscht eine Symbiose von Mensch und Maschine vor, die auf leistungsfähigen Mensch-Maschine-Interaktionen beruht. In der Teaching & Learning Factory unterstützen innovative Assistenzsysteme bis hin zu kollaborativen Robotern die Werker. Die befürchtete Polarisierung der Industriearbeit ist ausgeblieben. Die Löhne gleichen sich global tendenziell an. Die soziale Ungleichheit hat abgenommen.

Einflussnahme des Staates, Forschungspolitik und Arbeitsrecht: Der Staat engagiert sich wirksam, wenngleich es Tendenzen gibt, das Engagement des Staates zurückzufahren. Die Forschungsförderung ist sehr erfolgreich. Die seit Jahren erfolgreich praktizierte Sozialpartnerschaft steht unter Druck; die Liberalisierung des Arbeitsrechts schreitet voran.



Vorausschau-Bericht Umfeld Deutschland (Einflussfaktoren-Katalog, Schlüsselfaktoren-Katalog, Projektionskatalog, Ausprägungsliste, Umfeldszenarien, Pictures of the Future, Auswahl eines Referenzszenarios)

Für die Deutschland ergeben sich vier Szenarien:

Szenario 1:

„Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“

Szenario 2:

„Konsequente Digitalisierung, technikzentrierte Arbeitswelt“

Szenario 3:

„Die Digitalisierung bleibt in vielen Barrieren stecken“

Szenario 4:

„Digitalisierung global und fremdbestimmt“



Bild 3-4: „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“

Entwicklung von Währungs- und Wirtschaftszonen, Einfluss der Internetgiganten: Es haben sich länderunabhängige Wirtschaftszonen etabliert. Der Einfluss der Internetgiganten auf Wirtschaft und Gesellschaft liegt deutlich unter den Befürchtungen. Die Bürger legen größten Wert darauf, über ihre Daten zu bestimmen. Vielfalt hat sich durchgesetzt.

Möglichkeiten der IKT für Lernen und Lehre werden genutzt, zum Beispiel die „Teaching & Learning Factory“. IT-Sicherheit ist gewährleistet. Der Staat schafft gute Rahmenbedingungen. Die Innovationsdynamik ist hoch: Open Source ist weit verbreitet; offene Standards setzen sich durch; agile Allianzen prägen die Wertschöpfungsnetzwerke

Durchdringung mit IKT und Kooperation in Wertschöpfungsnetzen: Die digitale Vernetzung der Welt ist hoch. Agile Allianzen prägen die Wertschöpfungsnetzwerke.

Umgang mit geistigem Eigentum und Standardisierung: Die Innovationsdynamik ist hoch: Open Source ist sehr verbreitet; Patente verlieren an Bedeutung. Offene Standards setzen sich durch.

Migrationseffizienz, Technikbeherrschung und IT-Sicherheit: Die Migrationseffizienz ist hoch: Ältere Maschinen und Anlagen können durch innovative Upgrade-Technologien ohne großen Aufwand in das Digitalisierungszeitalter überführt werden. Die Benutzungsfreundlichkeit ist hoch und die IT-Sicherheit gewährleistet.

Kreislaufwirtschaft und Güterverkehr: Das Umweltbewusstsein ist stark ausgeprägt; der Umweltschutz hat eine hohe Bedeutung. Die Kreislaufwirtschaft hat sich durchgesetzt; Güter werden wann immer sinnvoll lokal produziert.

Die digitale Vernetzung der Welt ist hoch. Die Informations- und Kommunikationstechnik entlastet und unterstützt die Menschen. Neue

Szenario 4: „Digitalisierung global und fremdbestimmt“

Selbstbestimmung, Arbeitsgestaltung, Aus- und Weiterbildung: Die Technikzentrierung prägt die Arbeitswelt; die Maschinen geben den Takt vor; die Menschen sind teils Marionetten der Algorithmen. Die Digitalisierung hat Aus- und Weiterbildung verändert; Lehre und Lernen erfolgt vermehrt orts- und zeitungebunden. In vielen Bereichen wird weiterhin auf die bewährten Konzepte zurückgegriffen; der menschliche Kontakt und das Mentoring zählen nach wie vor.

Rolle des Menschen in der industriellen Produktion, Struktur der Arbeit und Preisbildung auf dem Arbeitsmarkt: Hochflexible Automatisierung ist gang und gäbe. Nur ein relativ kleiner Teil der Aufgaben ist anspruchsvoller geworden – hier wurde der Bediener zum Entscheider. Einfache Tätigkeiten in der Produktion sind teilweise entfallen. Die Löhne gleichen sich global tendenziell an.

Einflussnahme des Staates, Forschungspolitik und Arbeitsrecht: Der Staat hat sich aus vielen Bereichen zurückgezogen. So wurde auch die Forschungsförderung reduziert, was zur Zweitklassigkeit der

Forschungslandschaft geführt hat; Spitzenforscher sind in die Wirtschaft oder ins Ausland abgewandert. Die Liberalisierung des Arbeitsrechts schreitet voran.

Entwicklung von Währungs- und Wirtschaftszonen, Einfluss der Internetgiganten: Die vergangenen Wirtschaftskrisen haben die Währungs- und Wirtschaftsräume auf die Probe gestellt. Dadurch sind die jeweiligen Länder enger zusammengewachsen. Getrieben durch die fortschreitende Digitalisierung und die Verbreitung von virtuellen Währungen (Bitcoins) entstehen auch unabhängig von den Grenzen der Nationalstaaten Wirtschaftsräume. Der Einfluss der Internetgiganten hat ungeahnte Ausmaße angenommen.

Durchdringung mit IKT und Kooperation in Wertschöpfungsnetzen: Es haben sich zwei Klassen von Kooperationspartnern herausgebildet: kreative Gestalter und austauschbare Ausführer. Diese Entwicklung wird durch die Bildung von Informationseliten forciert. Diesen gelingt es, die technologischen Möglichkeiten zu nutzen und aus Daten Informationen und Wissen zu generieren.

Umgang mit geistigem Eigentum und Standardisierung: Die Standardisierung kommt nicht voran, weil sich die führenden Industrienationen primär von Eigeninteressen leiten lassen. Nur selten setzen sich Standards durch. Angesichts von vereinzelter Wildwuchs und hohen Engineering-Aufwänden in der Automatisierung bevorzugt ein Teil der Anwender Produkte der dominierenden Anbieter; selbst wenn diese weniger innovativ und dafür teuer sind – aber man weiß, was man bekommt. Vor

diesem Hintergrund gibt es Bestrebungen, das Patentwesen zu rationalisieren und global zu organisieren.

Migrationseffizienz, Technikbeherrschung und IT-Sicherheit: In ausgewählten Bereichen ermöglicht die dynamische Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik technische Systeme mit einer inhärenten Teilintelligenz. Oft wird die Komplexität der Technik nicht beherrscht. Digitalisierung und Automatisierung sind mit viel Aufwand verbunden. In der Bevölkerung und der Wirtschaft fehlt ein Sicherheitsbewusstsein; das Privacy-Paradox ist allgegenwärtig, wonach ein Widerspruch zwischen der theoretischen Wertschätzung und der gelebten Achtlosigkeit im Umgang mit Daten besteht.

Kreislaufwirtschaft und Güterverkehr: Das Umweltbewusstsein ist gering; die Kreislaufwirtschaft bleibt unter „ferner liefen“. Der Güterverkehr führt zu Dauerstau auf der Straße; nur zögerlich wird in den Ausbau des intelligenten Güterverkehrs investiert.

Die Arbeitswelt ist technikzentriert; die Maschinen geben den Takt vor. Hochflexible Automatisierung ist gang und gäbe. Es haben sich zwei Klassen von Kooperationspartnern gebildet: wenige kreative Gestalter und viele austauschbare Ausführer. Diese Entwicklung wird durch die Bildung von Informationseliten forciert. Der Staat hat sich aus vielen Bereichen zurückgezogen. Die Internetgiganten dominieren viele Bereiche der Wirtschaft.



Vorausschau-Bericht Gestaltungsfeld Deutschland (Gestaltungsfaktoren-Katalog, Ausprägungsliste, Gestaltungsoptionen, Pictures of the Future)

Für Deutschland ergeben sich vier Optionen:

Option 1:

„Smart Economy“

Option 2:

„Verhaltene Digitalisierung“

Option 3:

„Global Sourcing“

Option 4:

„Souveräner Global Player“

3.3 Gestaltungsoptionen für die Industrie 4.0-Wirtschaft 2030

Ausgangspunkt für die Ermittlung der Gestaltungsoptionen bilden die in Bild 3-5 aufgelisteten 13 Gestaltungsfaktoren. Für jeden Gestaltungsfaktor wurden im Rahmen eines Workshops mit dem erweiterten Kernteam alternative Ausprägungen erarbeitet (analog zu den Projektionen im Umfeld) und anschließend detailliert beschrieben. Beispielsweise ist in Bezug auf den Gestaltungsfaktor „Digitale Souveränität“ denkbar, dass Deutschland im Jahr 2030 in zentralen Schlüsseltechnologien über keine eigene Kompetenz verfügt. Andere entscheiden, was wir tun (Ausprägung A: Fremdbestimmung). Andererseits ist auch vorstellbar, dass Deutschland in zentralen Technologiefeldern, Diensten und Plattformen mit eigenen Fähigkeiten auf weltweitem Spitzenniveau aufwarten und selbstbestimmt zwischen Alternativen leistungsfähiger Partner entscheiden kann, also Anbieter- und Anwendersouveränität gegeben sind (Ausprägung B: Souveränität). Eine dritte mögliche Ausprägung ist, dass Deutschland eigene Technologien entwickelt und diese stets vorzieht, auch wenn sie gegebenenfalls weniger leistungsfähig sind (Ausprägung C: Autarkie). Die erarbeiteten Ausprägungen wurden in einem nächsten Schritt zu konsistenten Gestaltungsoptionen zusammengeführt, wiederum basierend auf einer paarweisen Konsistenzbewertung und -analyse. Das Ergebnis sind vier Gestaltungsoptionen: Option 1) „Smart Economy“, Option 2) „Verhaltene Digitalisierung“, Option 3) „Global Sourcing“ und Option 4) „Souveräner Global Player“. Im Folgenden werden

die Optionen 3 und 4 mit einigen wenigen Sätzen charakterisiert, da diese aus deutscher Sicht mehr oder weniger vorteilhaft sind.

Option 3: „Global Sourcing“

Digitale Infrastruktur, Attraktivität des Produktionsstandortes und digitale Souveränität: Deutschland bietet eine flächendeckende Informations- und Kommunikationsinfrastruktur sowie günstige Rahmenbedingungen zur konsequenten Digitalisierung. Hinsichtlich der Attraktivität des Produktionsstandortes konzentriert sich der Staat auf harte Faktoren wie Steuern, Subventionen und Gesetzgebung, um darüber Infrastrukturprojekte voranzubringen. Die erforderlichen Schlüsseltechnologien kommen von außerhalb und werden adaptiert.

Beschäftigungsverhältnisse: Klassische Normalarbeitsverhältnisse sind nach wie vor sehr verbreitet, wobei neue Möglichkeiten wie individuelle Verfügbarkeitskalender die Vereinbarkeit von Familie und Beruf sowie den Ausgleich von Arbeit und Freizeit verbessern. Es sind aber auch zunehmend neue Formen von Arbeitsverhältnissen anzutreffen, die primär den hohen Anforderungen an die Flexibilität der industriellen Produktion gerecht werden.

Wertschöpfungskonzeption, Produktionsstrategie, Dynamik der Zusammenarbeit und horizontale Integration: Die in Wertschöpfungsk Kooperationen tonangebenden

Unternehmen verfolgen eine Systemkopfstrategie. Andere, sehr leistungsfähige Unternehmen positionieren sich als intelligente Produktionsdienstleister, die am Hochlohnstandort Deutschland wirtschaftlich produzieren. Die Unternehmen verfolgen überwiegend die Produktionsstrategie „Local for Global“; sie entscheiden sich für die Standorte mit den besten Rahmenbedingungen für ihre jeweiligen Produkte, um diese von dort aus auf den globalen Markt zu bringen. Die Betriebe bevorzugen langfristige Wertschöpfungsk Kooperationen, um sowohl operativ als auch strategisch voneinander zu profitieren. Die zunehmend anzutreffende Bildung von Ad-hoc-Allianzen auf Basis von Service-Plattformen geht einher mit der Entwicklung, dass mehr und mehr Produktionsunternehmen zu austauschbaren Ausführern werden. Die horizontale Integration der Partner wird pragmatisch von Fall zu Fall gehandhabt.

Verwendung von Cloud-Servicemodellen und Einsatz von Cloud-Typen: Cloud-Servicemodelle werden in der gesamten Breite genutzt. Hinsichtlich der Cloud-Typen setzen die Unternehmen auf die Kombination von Private und Public Clouds.

Vertikale Integration und Ausstattung der Mitarbeiter mit Assistenzsystemen: Die vertikale Integration in den Unternehmen erfolgt ebenfalls pragmatisch: Die Vernetzung über die Hierarchieebenen der betrieblichen Informationsverarbeitung wird dann realisiert, wenn sich dadurch rasch ein signifikanter Nutzen ergibt. Ubiquitous Computing (kontextsensitive und allgegenwärtige Informationsverarbeitung) ermöglicht die breite Verwirklichung des Konzepts Augmented Operator. Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter in der Nutzung solcher Assistenzsysteme hat für die Unternehmen einen hohen Stellenwert.

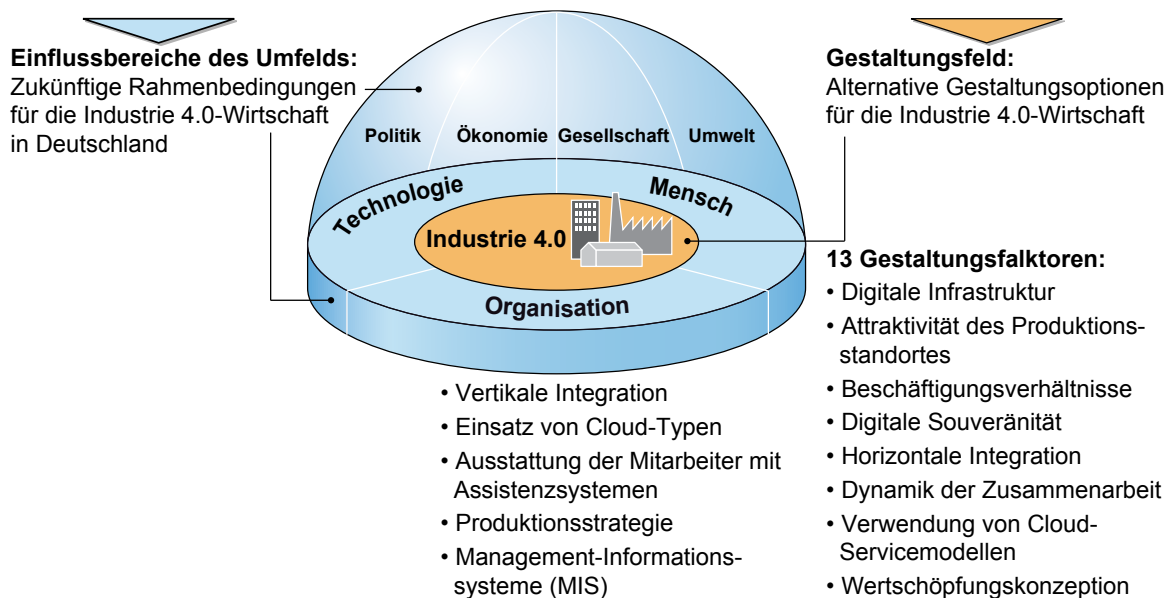


Bild 3-5: Umfeld Deutschland und Gestaltungsfeld Industrie 4.0, Auflistung der 13 Gestaltungsfaktoren

Management-Informationssysteme (MIS): Automatisierte Management-Informationssysteme (Business Intelligence) sind Standard. Sie führen die vielfältigen Daten zusammen und bereiten diese entsprechend den Anforderungen des jeweiligen Unternehmens auf. Viele Betriebe haben das Nutzenpotential von Big Data erkannt und integrieren Big Data-Analysen in die Unternehmensführungsprozesse.

Deutschland bietet eine flächendeckende Informations- und Kommunikationsinfrastruktur sowie günstige Rahmenbedingungen zur konsequenten Digitalisierung. Der Staat konzentriert sich auf harte Faktoren wie Steuern, Gesetzgebung und Infrastrukturprojekte. Die erforderlichen Schlüsseltechnologien kommen von außerhalb und werden adaptiert. Die in Wertschöpfungsk Kooperationen tonangebenden Unternehmen verfolgen eine Systemkopfstrategie. Andere, sehr leistungsfähige Unternehmen positionieren sich als intelligente Produktionsdienstleister. Die zunehmend anzutreffende Bildung von Ad-hoc-Allianzen auf Basis von Service-Plattformen geht einher mit der Entwicklung, dass mehr und mehr Produktionsunternehmen zu austauschbaren Ausführern werden.

Option 4: „Souveräner Global Player“

Digitale Infrastruktur, Attraktivität des Produktionsstandortes und digitale Souveränität: Deutschland ist auf dem Weg zu einer flächendeckenden Informations- und Kommunikationsinfrastruktur. Lediglich in einigen ländlichen Regionen gibt es noch Defizite. Die weiteren Rahmenbedingungen für die Digitalisierung sind gut; insbesondere die Verbesserung der sogenannten weichen Faktoren, die zu einer

guten Work-Life-Balance und zur besseren Vereinbarkeit von Familie und Beruf beitragen, machen Deutschland zu einem attraktiven Ort für Leben und Arbeit. Die digitale Souveränität ist hoch: Deutschland verfügt in zentralen Technologiefeldern, Diensten und Plattformen über eigene Fähigkeiten auf weltweitem Spitzenniveau (Anbietersouveränität). Wirtschaft und Zivilgesellschaft sind in der Lage, sich für Angebotsalternativen zu entscheiden (Anwendersouveränität).

Beschäftigungsverhältnisse: Klassische Normalarbeitsverhältnisse sind die Regel. Es sind aber auch mehr und mehr neue Formen von Arbeitsverhältnissen anzutreffen, die primär den hohen Anforderungen an die Flexibilität der industriellen Produktion gerecht werden.

Wertschöpfungskonzeption, Produktionsstrategie, Dynamik der Zusammenarbeit und horizontale Integration: Deutsche Unternehmen verfolgen eine ganzheitliche Wertschöpfungskonzeption basierend auf der Fähigkeit, Sach- und Dienstleistungen geschickt zu verbinden, entsprechende Geschäftsmodelle zu kreieren und in globalen Wertschöpfungsnetzwerken konsequent umzusetzen. Die vielfach gewählte Produktionsstrategie ist „Local for Local“; die Unternehmen stellen sich mit ihren Produktionsstätten international in der Nähe ihrer Kunden auf, um den dortigen lokalen Markt adäquat bedienen und auf veränderte Wettbewerbskonstellationen und neue Anforderungen seitens der Kunden kurzfristig reagieren zu können. Die Partner bevorzugen langfristige Wertschöpfungsk Kooperationen, um sowohl operativ als auch strategisch voneinander zu

profitieren. Die zunehmend anzutreffende Bildung von Ad-hoc-Allianzen auf Basis von Service-Plattformen geht einher mit der Entwicklung, dass mehr und mehr Produktionsunternehmen zu austauschbaren Ausführern werden. Die horizontale Integration hat sich zu einer wettbewerbsentscheidenden Schlüsselkompetenz deutscher Unternehmen entwickelt. Diese sind damit in der Lage, wirkungsvoll und effizient Ad-hoc-Wertschöpfungsnetzwerke zu bilden und zu betreiben.

Verwendung von Cloud-Servicemodellen und Einsatz von Cloud-Typen: Unter den Cloud-Servicemodellen wird „Platform-as-a-Service“ bevorzugt genutzt. Es sind aber auch andere Modelle anzutreffen. Hinsichtlich der Cloud-Typen setzen die Unternehmen auf Public Clouds, zum Teil auch auf Hybrid Clouds.

Vertikale Integration und Ausstattung der Mitarbeiter mit Assistenzsystemen: Die vertikale Integration ist durchgängig über



Bild 3-6: „Souveräner Global Player“

alle Hierarchiestufen der betrieblichen Informationsverarbeitung gegeben. Der Umgang mit Ubiquitous Computing (kontextsensitive und allgegenwärtige Informationsverarbeitung) ist pragmatisch. Neue Technologien werden nur dort eingesetzt, wo der Nutzen offensichtlich ist und mögliche Datenschutz- und Sicherheitsrisiken tragbar sind. Es findet eine Abwägung von Risikoauswirkung und Aufwand für die Risikovermeidung statt.

Management-Informationssysteme (MIS): Management-Informationssysteme weisen einen sehr hohen Leistungsstand auf. Die meisten Unternehmen haben auch das Nutzenpotential von Big Data erkannt und integrieren Big Data-Analysen in die Unternehmensführungsprozesse.

Deutschland ist auf dem Weg zu einer flächendeckenden Informations- und Kommunikationsinfrastruktur. Die Betonung sogenannter weicher Faktoren, die zu einer guten Work-Life-Balance führen, machen Deutschland zu einem attraktiven Ort für Leben und Arbeit. Deutschland verfügt in zentralen Technologiefeldern, Diensten und Plattformen über eigene Fähigkeiten auf weltweitem Spitzenniveau. Wirtschaft und Zivilgesellschaft sind in der Lage, sich für Angebotsalternativen zu entscheiden. Basierend auf der Fähigkeit, Sach- und Dienstleistungen geschickt zu verbinden, entsprechende Geschäftsmodelle zu kreieren und in globalen Wertschöpfungsnetzwerken konsequent umzusetzen, verfolgen deutsche Unternehmen vorrangig eine ganzheitliche Wertschöpfungskonzeption.

3.4 Chancen und Gefahren, Stoßrichtungen

Die entwickelten Umfeldszenarien und Gestaltungsoptionen bilden eine solide Grundlage, um Erfolgspotentiale von morgen, aber auch mögliche Bedrohungen des etablierten Geschäfts von heute zu identifizieren und Stoßrichtungen für die Gestaltung von Industrie 4.0 in Deutschland abzuleiten. Dabei ist es im Allgemeinen sinnvoll, sich auf das Szenario zu konzentrieren, das als das wahrscheinlichste eingestuft wird. Selbstredend könnte man sich auch auf alle Eventualitäten einrichten. Das wäre ein zukunftsrobuster Ansatz,

der aber zur Vergeudung von Ressourcen führen würde, da nur eine der vier Zukünfte eintreten wird. Es ist Aufgabe des Prämissen-Controllings, jährlich zu überprüfen, ob das ausgewählte Umfeldszenario auch tatsächlich eintritt. Die Bewertung der Umfeldszenarien erfolgte im Rahmen eines Workshops mit dem erweiterten Kernteam sowie durch Vertreter des wissenschaftlichen Beirats der Plattform Industrie 4.0 und des acatech-Themennetzwerkes Produktentwicklung und Produktion. Das Ergebnis zeigt Bild 3-7.

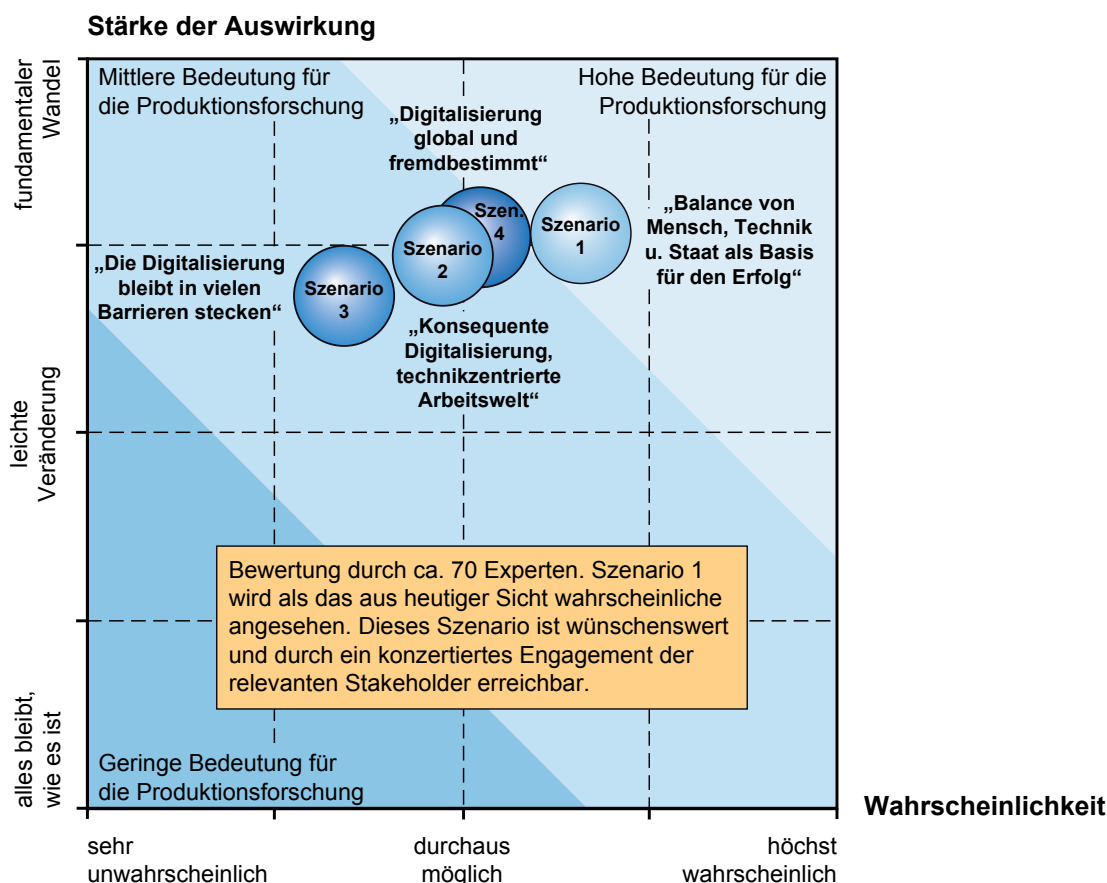


Bild 3-7: Auswahl des Referenzszenarios



Auflistung der Chancen und Gefahren für Deutschland für die Kombinationen Szenario 1/ Option 4 (Zielbild) und Szenario 4/Option 3 (abzuwendende Entwicklung)

Szenario 1 „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“ weist die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit und eine hohe Auswirkung auf und wird daher als Referenzszenario ausgewählt. Dieses Umfeldszenario ist sehr vorteilhaft und auch erreichbar, wenn die relevanten Stakeholder ihre Einflussmöglichkeiten nutzen und die entsprechenden Aktionen konzentrieren. Die drei anderen Umfeldszenarien sind ebenfalls in sich sehr konsistent und denkbar, für den Industrie 4.0-Standort Deutschland jedoch nachteilig und somit nicht erstrebenswert.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach der für Deutschland vorteilhaften Positionierung im Kontext Industrie 4.0. Das entsprechende Zielbild wird mithilfe der in Bild 3-8 dargestellten Matrix ermittelt. Hier führt die Beantwortung der Frage, welche Gestaltungsoption passt besonders gut zu dem wahrscheinlichsten Umfeldszenario, zum Zielbild. Damit ergibt sich die anzustrebende Position Deutschlands; diese weist Chancen, aber auch Gefahren auf, die in Bild 3-9 kurz umrissen werden.

Aus heutiger Sicht wahrscheinliche Umfeldszenarien.
 Kombination eines wahrscheinlichen Umfeldszenarios mit einer dazu gut passenden Option zur Gestaltung von Industrie 4.0 in Deutschland.

		Gestaltungsoptionen			
		Option 1: „Smart Economy“	Option 2: „Verhaltene Digitalisierung“	Option 3: „Global Sourcing“	Option 4: „Souveräner Global Player“
Umfeldszenarien	 Szenario 1: „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“				 Zielbild
	 Szenario 2: „Konsequente Digitalisierung, technikzentrierte Arbeitswelt“				
	 Szenario 3: „Die Digitalisierung bleibt in vielen Barrieren stecken“				
	 Szenario 4: „Digitalisierung global und fremdbestimmt“				

Sehr hohe Konsistenz Totale Inkonsistenz

Bild 3-8: Zielbild Industrie 4.0 im Jahr 2030. Bildquellen siehe Bildnachweise (Impressum)

		
Arbeitswelt	▪ Chancengleichheit, hohe Investition in Aus- und Weiterbildung, Vereinbarkeit von Familie und Beruf, Work-Life-Balance führen zu hoher Arbeitszufriedenheit und hoher Leistungsbereitschaft.	▪ Zahlungsbereitschaft für die Leistungen Made in Germany rechtfertigt nicht die vergleichsweise hohen Arbeitskosten.
Technologieposition und IKT-Infrastruktur	▪ Exzellentes Forschungssystem, wirkungsvolles staatliches Engagementm, ausgeprägte Interaktion von Wirtschaft und Wissenschaft ergeben eine digitale Souveränität. ▪ Sehr gute IKT-Infrastruktur, hohe Vielfalt von Internet-Dienstleistern und hohe Sicherheitsstandards sind ein Katalysator.	▪ Digitale Souveränität kann dazu führen von der dynamischen globalen Entwicklung abgehängt zu werden. ▪ Sicherheits- und Datenschutzrisiken durch gelebte Achtslosigkeit im Umgang mit sensiblen Daten.
Duale Strategie	▪ Deutschland ist ein hochentwickelter Leitmarkt, der den auf den Weltmärkten operierenden heimischen Ausrüstern ein Höchstmaß an Reputation verleiht und sie in die Poleposition bringt.	▪ Die in Deutschland bewährten Lösungen sind over engineered; die hier eingeführten Maßnahmen in der Arbeitswelt entsprechen nicht den Prioritäten der potentiellen Kunden auf den globalen Märkten.

Bild 3-9: Chancen und Gefahren für Deutschland aus dem Zielbild (Auszug)

Im Bereich der **Arbeitswelt** führen Vereinbarkeit von Familie und Beruf sowie eine ausgeprägte Work-Life-Balance zu hoher Arbeitszufriedenheit und entsprechender Leistungsbereitschaft. Dabei gilt es jedoch zu bedenken, dass die Zahlungsbereitschaft für Leistungen Made in Germany gegebenenfalls nicht die vergleichsweise hohen Arbeitskosten rechtfertigt. **Technologieposition und IKT-Infrastruktur:** Durch ein exzellentes Forschungssystem, wirkungsvolles staatliches Engagement und ausgeprägte Interaktion von Wirtschaft und Wissenschaft kann digitale Souveränität im Bereich der Technologieposition erzielt werden. Diese kann aber auch dazu führen, dass Deutschland von der dynamischen globalen Entwicklung abgehängt wird. Die sehr leistungsfähige IKT-Infrastruktur ist ein weiterer Pluspunkt. Allerdings ergeben sich Risiken aus der gelebten Achtslosigkeit

im Umgang mit sensiblen Daten. Bezüglich der Verwirklichung der sogenannten **Dualen Strategie** profitieren die deutschen Anbieter von Industrie 4.0-Ausrüstung entscheidend von dem hochentwickelten heimischen Markt. Gefahren ergeben sich aus der aufwendigen Technik und weiteren kostentreibenden Konzepten zur Produktionsgestaltung, die auf den globalen Märkten nicht auf die erhoffte Zahlungsbereitschaft stoßen. Aus derartigen Chancen und Gefahren resultieren **Stoßrichtungen** für eine Strategie. Für die Industrie 4.0-Wirtschaft in Deutschland sind dies:

- 1) **Akzeptanz fördern:** Industrie 4.0 führt zu einer tiefgreifenden Veränderung der Arbeitswelt. Um diese zum Wohle aller Beteiligten zu gestalten, muss ein gemeinsames Verständnis über die Ziele und Möglichkeiten von Industrie 4.0 und den Weg zu Industrie 4.0 vorliegen.

- 2) **Kompetenzen ausbauen:** Industrie 4.0 beruht auf der evolutionären Weiterentwicklung von Technologie, Organisation und Arbeit in Hinblick auf eine grundlegende neue Gestaltung der industriellen Wertschöpfung. Hierzu sind bestehende Kompetenzen aus- und neue Kompetenzen zeitgerecht aufzubauen.
 - 3) **Innovationssystem verbessern:** Das Innovationssystem umfasst alle Akteure, Organisationen und Techniken, die am Zustandekommen von Innovationen beteiligt sind. Industrie 4.0 stellt vielfältige und hohe Anforderungen an das Innovationssystem.
 - 4) **Kollaboration ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten:** Industrie 4.0 und die damit einhergehende dynamische Entwicklung der globalen Wettbewerbsarena verlangt neue Formen der Zusammenarbeit, der Wertschaffung und der Wertaneignung.
 - 5) **Kompetenzen vermarkten, Marke pflegen:** Mit Industrie 4.0 ist es Deutschland gelungen, insbesondere im asiatischen Markt eine Marke verbunden mit einer hohen Kompetenzerwartung zu etablieren. Diese insbesondere für die Ausrüsterindustrie sehr günstige Positionierung muss ausgebaut werden.
- Diese Stoßrichtungen stehen für die Konsequenzen zur Gestaltung des Industrie 4.0-Standortes Deutschland und geben Impulse zur Erarbeitung von Visionen im Sinne von Zukunftsentwürfen. Des Weiteren stellen diese Stoßrichtungen die Suchfelder für die Handlungsempfehlungen dar.

Im Bereich der Rahmenbedingungen für die Industrie 4.0-Wirtschaft in Deutschland im Jahr 2030 ist Szenario 1 „Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg“ am wahrscheinlichsten und erstrebenswert. Wenn diese Situation eintritt, führt die Gestaltungsoption 4 „Souveräner Global Player“ zu einer besonders vorteilhaften Positionierung Deutschlands im globalen Industrie 4.0-Wettbewerb. Um resultierende Chancen zu nutzen und Gefahren abzuwenden, sollten die folgenden Stoßrichtungen verfolgt werden: 1) Akzeptanz fördern, 2) Kompetenzen ausbauen, 3) Innovationssystem verbessern, 4) Kollaboration ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten und 5) Kompetenzen vermarkten, Marke pflegen.

4 Handlungsempfehlungen

Die Genese der Handlungsempfehlungen beruht wie in Abschnitt 1.4 prinzipiell und exemplarisch dargelegt auf der Betrachtung von vier Bereichen: 1) Kritische Fokusthemenfelder, 2) Stoßrichtungen aus dem Zielbild 2030, 3) Nutzenkategorien und 4) Bedarfe.

Die **kritischen Fokusthemenfelder** resultieren aus dem Portfolio gemäß Bild 4-1; das sind Fokusthemenfelder, die künftig

eine sehr hohe Bedeutung haben werden, in denen wir in Deutschland verglichen mit dem internationalen Umfeld jedoch heute noch nicht stark genug sind – von den 15 Fokusthemenfeldern gilt das für 11. Die Bewertung der Fokusthemenfelder erfolgte im Rahmen eines Workshops mit dem erweiterten Kernteam.

Zukünftige Bedeutung des Fokusthemenfeldes

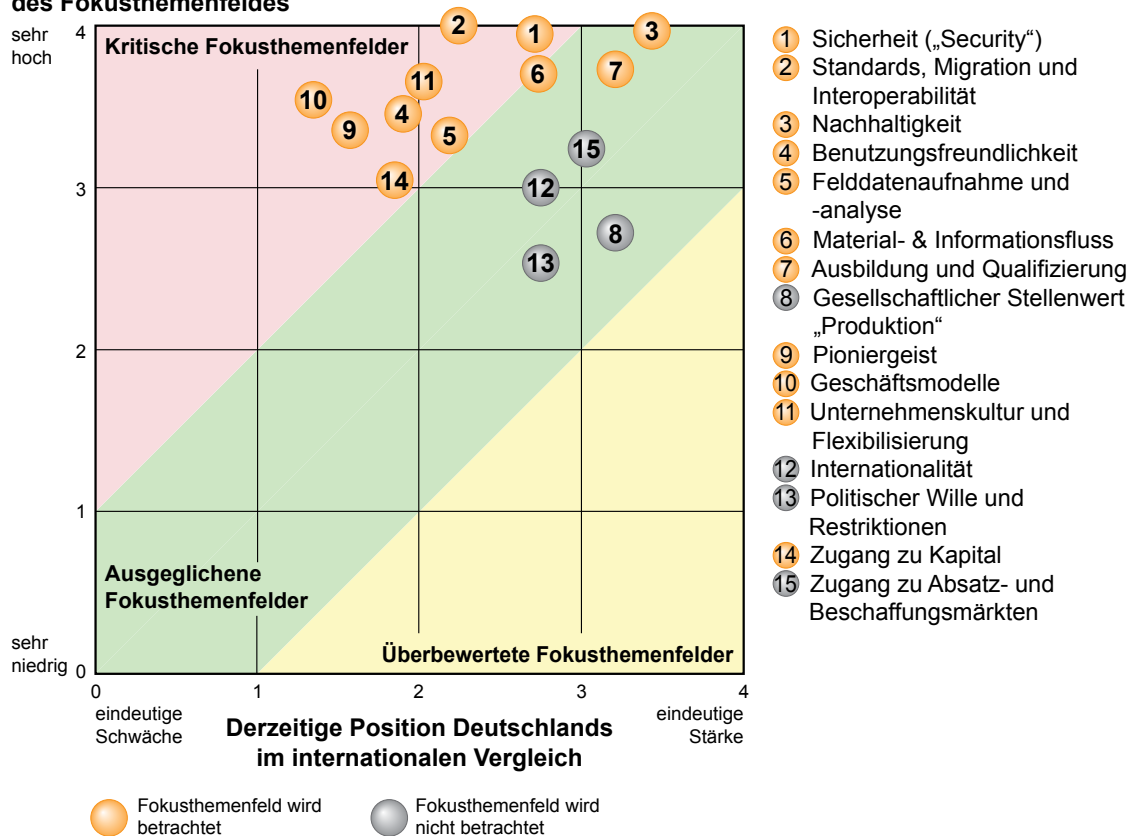


Bild 4-1: Kritische Fokusthemenfelder weisen auf Handlungsbedarf hin.

Aus den Chancen und Gefahren des Zielbildes 2030 resultieren die bereits genannten fünf Stoßrichtungen. Die strategischen **Stoßrichtungen** bieten eine Orientierung für die Entwicklung des Produktionsstandortes Deutschland sowie für die Realisierung der Leitanbieterschaft.

Zur Gestaltung der Produktion in Deutschland werden in Abschnitt 3.3 Gestaltungsoptionen erarbeitet. Die ausgewählte Gestaltungsoption „Souveräner Global Player“ beschreibt das angestrebte Bild der zukünftigen Produktionslandschaft. Diese adressiert sechs **Nutzenkategorien**: 1) Rahmenbedingungen der digitalen Souveränität, 2) Flexibilisierung der industriellen Produktion, 3) Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsnetzwerke, 4) Cloud-Nutzung und Service-Plattformen, 5) Pragmatische Bewertung von Technologierisiken sowie 6) Transparenz und Big Data in Produktion und Management.

Die Ergebnisse aus dem internationalen Benchmark und der Vorausschau lassen darauf schließen, dass gemäß Bild 4-2 vier generische **Bedarfe** existieren, die auf dem Weg zur angestrebten Vision Industrie 4.0 befriedigt werden müssen: 1) Barrieren abbauen, weil heute vielfach die Voraussetzungen für Industrie 4.0 im großen Stil fehlen, 2) in die Anwendung bringen, weil die breite Anwendung hinter bereits bestehenden Lösungen zurückbleibt, 3) Lösungen entwickeln, weil verfügbare Lösungen die technologischen Möglichkeiten nicht ausschöpfen, 4) Basistechnologien visionsgetrieben entwickeln, weil sich aus der technologischen Entwicklung neue Nutzenpotentiale abzeichnen.

Zwischen den vier Bereichen (Kritische Fokusthemenfelder, Stoßrichtungen, Nutzenkategorien und Bedarfe) und den daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen gibt es m:n Beziehungen, das heißt, aus

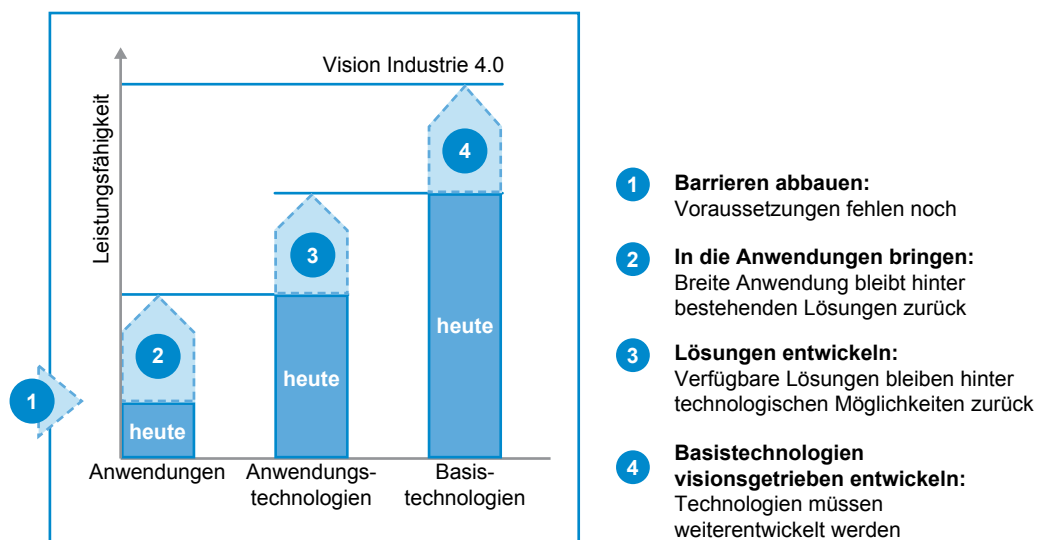


Bild 4-2: Bedarfe auf dem Weg zur Vision Industrie 4.0

einem Bereich stammen mehrere Handlungsempfehlungen, und eine Handlungsempfehlung ergibt sich gegebenenfalls aus mehreren Bereichen. Insgesamt wurden auf diese Weise 44 Handlungsempfehlungen erarbeitet, zehn davon sind nachfolgend beschrieben. Die Struktur dieser Handlungsempfehlungen orientiert sich an den fünf Stoßrichtungen mit folgenden Abkürzungen:

- Akzeptanz fördern **A**
- Kompetenzen ausbauen **K**
- Innovationssystem verbessern **I**

- Kollaboration ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten **G**
- Kompetenz vermarkten, Marke pflegen **M**

Die Handlungsempfehlungen beziehen sich auf die Produktionsforschung und deren Einbettung in das Innovationssystem in Deutschland. Der Link zum vollständigen Katalog der Handlungsempfehlungen ist der Marginalie zu entnehmen. Auf zehn Handlungsempfehlungen wird nachfolgend exemplarisch eingegangen (Tabelle 4-1).



*Katalog der Handlungs-
empfehlungen*

Tabelle 4-1: Auszug aus dem Katalog der Handlungsempfehlungen (Teil 1 von 3)

Akzeptanz fördern	
	A1 – Digital mündige Bürger Ziel ist der aufgeklärte Bürger, der die Vorteile und die Risiken der Digitalisierung erkennt, bewertet und anschließend entscheidet, welche Möglichkeiten und Dienste er nutzt. Es wird empfohlen, die Grundlage für eine „Citizenship Education“ (bürgerschaftliche Erziehung) zu schaffen, die bereits im frühkindlichen Alter für Chancen und Gefahren von digitalen Systemen sensibilisiert und diese anhand von Anwendungsszenarien nachvollziehbar und überzeugend darstellt. Ergänzend bieten sich Aufklärungskampagnen insbesondere für „Digital Immigrants“ an.
	A4 – Datentreuhänder Zur Erfassung, Speicherung und Weitergabe von sensiblen Betriebsdaten wie ergonomie- und arbeitsschutzbezogenen Daten, wird empfohlen, die Funktion des Datentreuhänders zu etablieren. Die Daten dienen primär der Optimierung der Betriebsabläufe und der Harmonisierung der Arbeitswelt unter Aufsicht der Sozialpartner.
Kompetenzen ausbauen	
	K1 – Digitale Souveränität In zentralen Technologiefeldern, Diensten und Plattformen sind eigene Fähigkeiten auf Spitzenniveau erforderlich (Anbietersouveränität). Gleichzeitig müssen Wirtschaft und Zivilgesellschaft selbstbestimmt zwischen alternativen Partnern entscheiden können (Anwendersouveränität). Hierfür wird empfohlen, ein Bedarfsprofil von Kompetenzen (Soft- und Hardwaretechnologien, konzeptuelle Forschung) und ein Angebotsprofil zu erstellen. Abhängigkeiten von zugekauften Technologien müssen identifiziert und der Grad der Nachprüfbarkeit dieser Technologien (etwa offengelegte Verschlüsselungsverfahren versus „Black Box“-Chips) muss ermittelt werden. Selbstentwickelte Sicherheitslösungen sind nicht notwendigerweise sicherer als anderweitig verfügbare Lösungen, da sie bei mangelnder Kompetenz Sicherheitslücken aufweisen werden. Offene Sicherheitslösungen, die dem kritischen Blick der Fachöffentlichkeit unterliegen, haben in Fachkreisen einen besseren Ruf.

Tabelle 4-1: Auszug aus dem Katalog der Handlungsempfehlungen (Teil 2 von 3)

	K2 – Qualifikation „Industrial Security“ „Industrial Security“ ist weltweit ein Differenzierungsfaktor für Industrie 4.0-Lösungen. Derzeit mangelt es aber an entsprechend ausgebildeten Experten. Daher wird empfohlen, Kompetenzzentren für „Industrial Security“ zu forcieren, die neben der Forschung insbesondere die Aus- und Weiterbildung in den Bereichen Anlagensicherheit (zum Beispiel Verhinderung des physischen Zugangs zu kritischen Anlagenkomponenten), Netzwerkssicherheit (zum Beispiel kontrollierte Schnittstellen zwischen Office- und Anlagennetzwerk) und Systemintegrität (zum Beispiel in Automatisierungskomponenten integrierte Zugriffsschutzmechanismen) vereinen. Des Weiteren ist die Fähigkeit zu fördern, Bedrohungsanalysen vorzunehmen und adäquate Schutzkonzeptionen zu erarbeiten. Basis dafür könnten Reifegradmodelle und Verfahren des Risikomanagements bilden, die auf den Aspekt „Industrial Security“ ausprägen wären.
Innovationssystem verbessern	
	I1 – Schutz geistigen Eigentums Der Schutz des geistigen Eigentums wird über Schutzrechte wie Patente, Marken oder Geschmacksmuster gewährleistet. Diese Schutzformen werden neuen Formen der Zusammenarbeit bei der Generierung von Innovationen nicht gerecht. Beispielsweise verlieren Patente durch Open Source an Bedeutung. Ferner hat die Anmeldung von Patenten durch die Globalisierung kaum beherrschbare Dimensionen angenommen. Einrichtungen zum Schutz geistigen Eigentums (Patente, Marken etc.) müssen an die Rahmenbedingungen der Digitalisierung und Globalisierung angepasst werden. Neben den gewachsenen Strukturen der Patentämter wird empfohlen neue Formen des Schutzes geistigen Eigentums zu etablieren. Unter anderem sind klare Richtlinien für die Verteilung des Anteils an Erfindungen in Crowd-sourcing-Netzwerken sowie Urheberrechte an automatisch generierten Daten zu erarbeiten.
	I3 – Zugang zu Infrastrukturen Die Eintrittsbarrieren von Start-ups in kostenintensive Bereiche wie die Produktion sind deutlich höher als in Bereiche wie e-Commerce, wo Infrastruktur günstiger ist und gegebenenfalls gemietet werden kann. Zu einem Industrie 4.0-Start-up-Ökosystem gehören nicht nur Bürogebäude sowie Zugang zu Servern und Internet, sondern auch Produktionsumgebungen, an denen zum Beispiel innovative Datenanalysetechniken pilotiert werden können. Es wird empfohlen, Start-ups entsprechende Einrichtungen kostengünstig zur Verfügung zu stellen.
Kollaboration ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten	
	G1 – Leitlinien für kollaborative Geschäftstätigkeiten Im Zuge der Digitalisierung ergeben sich neue Formen der kollaborativ-kompetitiven Zusammenarbeit („Coopetition“). Unternehmensübergreifende Aktivitäten wie beispielsweise die Verlagerung von Produktionsressourcen oder die Verteilung von Entwicklungsaufgaben werden vermehrt ad hoc und ohne langwierige Vertragsverhandlungen stattfinden. Ziel sind Leitlinien zur Gestaltung derartiger Wertschöpfungssysteme. Zu flankieren wäre das durch eine Methodik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen, Fallbeispiele (Best Practices) und international anerkannte Musterverträge.

Tabelle 4-1: Auszug aus dem Katalog der Handlungsempfehlungen (Teil 3 von 3)

	G8 – Plattformen Industrial Content Deutschland verfügt über hervorragende Expertise und Ressourcen im Produktionssektor. Dazu zählen künftig vor allem auch Produkt- und Produktionsdaten. Diese werden als Industrial Content bezeichnet. Im Zuge der Digitalisierung werden Daten zu einer profitablen Ware und die Informationsgenerierung aus Daten zu einem profitablen Geschäft. Ein Großteil des Geschäfts mit Industrial Content wird über Internetplattformen abgewickelt, die als Knotenpunkt für den Datentransfer und als Marktplatz von Angebot und Nachfrage dienen können. Ziel ist, deutsche Unternehmen als Betreiber dieser Plattformen zu positionieren. Dies eröffnet sehr Erfolg versprechende Geschäftspotentiale für neue Unternehmen, aber auch für Unternehmen in klassischen Branchen wie dem Maschinenbau. Des Weiteren könnte dadurch die führende Wettbewerbsposition der deutschen Produktionsunternehmen gefestigt und ausgebaut werden.
Kompetenz vermarkten, Marke pflegen	
	M5 – Green- und Brownfield-Referenzfabriken Potentiellen Anwendern von Industrie 4.0, die heute gut organisierte, effiziente Produktionssysteme haben, fällt es schwer, Anknüpfungspunkte zur digitalen Transformation zu erkennen. Um dieses Defizit zu überwinden, wird die Etablierung von Referenzfabriken empfohlen. Hierfür bieten sich zwei Ansätze an: 1) Sogenannte Greenfield-Referenzfabriken verdeutlichen, wie auf Industrie 4.0 beruhende Produktionssysteme idealtypisch aufzubauen und in neue Wertschöpfungsnetzwerke zu integrieren sind. 2) Sogenannte Brownfield-Referenzfabriken adressieren die Herausforderung, dass Unternehmen Industrie 4.0 auf Basis der heute erfolgreichen Produktionssysteme schrittweise im Sinne einer evolutionären Entwicklung einführen wollen. Diese Referenzfabriken vermitteln die Ansatzpunkte, die Lösungen und die Methodik, die zu diesen Lösungen führt, für die Gestaltung der angestrebten evolutionären Entwicklung.
	M9 – Ontologien für die Produktion Die deutsche Produktionskompetenz ist weltweit anerkannt. Industrie 4.0 hat das Potential, deutsche Standards international durchzusetzen, wie dies beispielsweise durch ERP-Systeme mit Aspekten der Betriebslehre geschehen ist. Zentral dabei war die Entwicklung und Anwendung von Ontologien. Für die Produktion gibt es derzeit noch keine allgemein verfügbaren Ontologien. Es wird empfohlen, entsprechende Ontologien zu entwickeln und für semantische Analysen zur Optimierung der Produktionssysteme anzuwenden. Der internationale Einsatz dieser Ontologien würde einem Quasi-Standard gleichkommen.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
ACFTU	All-China Federation of Trade Unions
CPPS	Cyber-physische Produktionssysteme
EIT	European Institut of Innovation and Technology
F&E	Forschung und Entwicklung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
INSEAD	Institut Européen d'Administration des Affaires
ITU	International Telecommunication Union
KIC	Knowledge and Innovation Community
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MIS	Management-Informationssysteme
MOOC	Massive Open Online Course
OEM	Original Equipment Manufacturer
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
WEF	World Economic Forum
WIPO	World Intellectual Property Organization

Literaturverzeichnis

- [aca12] acatech (Hrsg.): Technikzukünfte. Vorausdenken – Erstellen – Bewerten (acatech IMPULS), Heidelberg, u.a.: Springer Verlag 2012
- [GP14] Gausemeier, J.; Plass, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2., überarbeitete Auflage, München/Wien: Carl Hanser Verlag 2014.
- [Son70] Sontheimer, K.: Voraussage als Ziel und Problem moderner Sozialwissenschaft. In: Klages, H.: Möglichkeiten und Grenzen der Zukunftsforschung. Wien/Freiburg: Herder 1970.

Autorenverzeichnis

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier



ist Seniorprofessor am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Strategische Produktplanung und Systems Engineering. Er war Sprecher des Sonderforschungsbereiches 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ und von 2009 bis 2015 Mitglied des Wissenschaftsrats. Jürgen Gausemeier ist Initiator und Aufsichtsratsvorsitzender des Beratungsunternehmens UNITY AG. Seit 2003 ist er Mitglied von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und seit 2012 Vizepräsident. Ferner ist Jürgen Gausemeier Vorsitzender des Clusterboards des BMBF-Spitzenclusters „Intelligente Technische Systeme Ostwestfalen-Lippe (it's OWL)“. Professor Gausemeier leitete das Projekt INBENZHAP federführend für die Vorausschau.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dr. h.c. Fritz Klocke



ist Universitätsprofessor und Lehrstuhlinhaber des Lehrstuhls „Technologie der Fertigungsverfahren“ sowie Mitglied des Direktoriums des Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen. Er ist Institutsleiter des Fraunhofer Instituts für Produktionstechnologie in Aachen. Professor Klocke war 2001–2002 Dekan der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen und 2007 Präsident der Internationalen Akademie für Produktionstechnik (CIRP). Ihm wurde die Ehrendoktorwürde der Universität Hannover, der Universität Thessaloniki sowie der Keio University verliehen. Er ist Träger der Fraunhofer-Medaille und wurde mit dem Eli Whitney Productivity Award (SME) ausgezeichnet. Er ist Fellow in der Society of Manufacturing Engineers (SME) und Fellow der RWTH Aachen. Professor Klocke leitete das Projekt INBENZHAP federführend für den internationalen Benchmark.

M.Sc. Christian Dülme

Jahrgang 1986, studierte im Rahmen eines Dualen Studiums an der Universität Paderborn Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau. Seit Oktober 2013 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut bei Prof. Gausemeier im Team „Strategische Planung und Innovationsmanagement“. Seine Forschungsschwerpunkte sind Industrie 4.0, Potentialfindung und Produktstrategie, insbesondere die Rekonfiguration von Produktportfolios. Er arbeitet in diesen Bereichen an zahlreichen Forschungs- und Industrieprojekten. Herr Dülme war im Projekt INBENZHAP zuständig für die Vorausschau und führte Expertengespräche schwerpunktmäßig in Brasilien, China, Deutschland und Japan durch.



M.Sc. Daniel Eckelt

Jahrgang 1988, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Innovations- und Entwicklungsmanagement an der Universität Paderborn. Seit Januar 2013 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut bei Prof. Gausemeier im Team „Strategische Planung und Innovationsmanagement“. Seine Forschungsschwerpunkte sind Industrie 4.0, strategisches IP-Management und Innovationsmanagement in Multi-Stakeholder-Organisationen. Er arbeitet in diesen Bereichen an zahlreichen Forschungs- und Industrieprojekten sowie in der Politik- und Gesellschaftsberatung. Herr Eckelt koordinierte das Projekt INBENZHAP und war zuständig für die Vorausschau. Er führte Expertengespräche schwerpunktmäßig in Brasilien, China, Deutschland und Japan durch.



Dipl.-Inform. Dipl.-Wirt.Inform. Patrick Kabasci

Jahrgang 1985, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologiemanagement am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen. Er ist weiterhin Produktmanager für Wissensmanagementsysteme bei der KEX Knowledge Exchange AG. Er führte zahlreiche Beratungsprojekte im Themenfeld Technologiemanagement und Industrie 4.0/Internet der Dinge bei Unternehmen aus u. a. den Branchen Bau, Automotive, und Luft- und Raumfahrt durch. Sein Forschungsschwerpunkt ist das Technologiescanning im Umfeld disruptiver Technologien. Herr Kabasci koordinierte im Projekt INBENZHAP die Durchführung des internationalen Benchmarks und führte Expertengespräche schwerpunktmäßig in den USA, Singapur, China und Japan durch.



Dr. Martina Kohlhuber



Jahrgang 1975, ist seit Februar 2013 Wissenschaftliche Referentin bei acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften im Bereich Technologien und koordiniert die acatech-Themennetzwerke Produktentwicklung und Produktion, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sowie Nanotechnologie. Sie studierte Soziologie und Gesundheitswissenschaften in Regensburg, Bamberg und Ulm und promovierte in Public Health an der Universität Bielefeld. Sie arbeitet bei acatech in der Politikberatung zu neuen Technologien und in verschiedenen Begleitprojekten zum Thema Industrie 4.0. Frau Dr. Kohlhuber war im Projekt INBENZHAP zuständig für die Informationsdiffusion und den Wissenstransfer.

M.Sc. Nico Schön



Jahrgang 1986, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau/Fahrzeugtechnik an der RWTH Aachen. Seit 2013 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologiemanagement am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen. In den Jahren 2013 bis 2016 führte er zahlreiche Beratungsprojekte bei Industriekunden im Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilzuliefer- und der Nahrungsmittelindustrie durch. Seine Themenschwerpunkte sind die Konzeption und Umsetzung von Technologiemanagement-Prozessen, insbesondere zu den Themen Technologiestrategie sowie Technology Intelligence. Herr Schön war im Projekt INBENZHAP insbesondere für die Durchführung verschiedener Länderanalysen des internationalen Benchmarks zuständig. Er führte schwerpunktmäßig Expertengespräche in Deutschland, den USA, Japan und Südkorea durch.

M.Sc. Stephan Schröder



Jahrgang 1987, studierte Maschinenbau mit der Fachrichtung Energietechnik an der RWTH Aachen. Seit Oktober 2014 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologiemanagement am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie in Aachen. Im Rahmen seiner Tätigkeit führte er zahlreiche Beratungs- und Entwicklungsprojekte im Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilindustrie sowie in diversen weiteren Branchen durch. Seine Forschungsschwerpunkte sind der strategische Technologieeinkauf und agile Entwicklungsmethoden in der Technologieentwicklung. Herr Schröder war im Projekt INBENZHAP insbesondere für die Durchführung verschiedener Länderanalysen des internationalen Benchmarks zuständig. Er führte schwerpunktmäßig Expertengespräche in Deutschland, China, Japan und Südkorea durch.

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Markus Wellensiek

Jahrgang 1978, studierte Maschinenbau mit dem Schwerpunkt »Kraftfahrwesen« und Wirtschaftswissenschaften an der RWTH Aachen. Er leitet die Abteilung Technologiemanagement des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen. Er ist weiterhin Vorstand der KEX Knowledge Exchange AG. Er hat langjährige Beratungserfahrung in der Konzeption und Implementierung von Technologiemanagementprozessen. Dies beinhaltet die Früherkennung, die Bewertung und die strategische Planung von Technologien. Er verantwortet zahlreiche Beratungs- und Forschungsprojekte und ist Autor verschiedener Beiträge zu unterschiedlichen Aspekten des Technologiemanagements. Im Rahmen des Projekts INBENZHAP war Herr Wellensiek mit für die Konzeption und Ausrichtung des Projekts sowie die laufende Ergebnissicherung des Benchmarks verantwortlich.



Außerdem danken wir für ihre Mitarbeit:

Ahmed Chekir, Min Kyu Cho, Alexander Craemer, Bastian Fränken,
Michael Franz, Julian Fremann, Fabian Frie, Thomas Froitzheim,
Christoph Gronemeyer, Andreas Gützlaß, Thomas Hempel,
Simon Hülke, Peer Lohöfener, Melanie Luckert, Jan-Philipp Prote,
Dr.-Ing. Christina Reuter, Julia Schäffer, Lukas Schmidt,
Torben Schmitz, Brit Sharon, Peik Uhr, Patrick von Platen, Nils Werner,
Alexander Wittenbrink, Carsten Witthohn, Andre Wördemann

Impressum

Erscheinungsjahr 2016

Erscheinungsort Paderborn, Aachen

Herausgeber

Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn

Werkzeugmaschinenlabor WZL der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

Verfasser

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dr. h.c. Fritz Klocke

M.Sc. Christian Dülme

M.Sc. Daniel Eckelt

Dipl.-Inform. Dipl.-Wirt.Inform. Patrick Kabasci

Dr. Martina Kohlhuber

M.Sc. Nico Schön

M.Sc. Stephan Schröder

Gestaltung Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn

Satz www.heilmeyerundsergau.com

Druck Komplan Biechteler GmbH & Co. Kg

Bildnachweise

Titelbild, Bild 2-2 bis 2-7, Bild 3-4, Bild 3-6: Heyko Stöber

Bild 3-3, Bild 3-8: Fotolia (Cybrain, freshidea, olly, ChaotiC_Photography, Kadmy, rcx, Nme-dia, Sonar, Andrea Danti, Photobank, Stefan Schurr, Victoria, Nikolai Sorokin)

ISBN: 978-3-942044-87-5

©2016



Gefördert vom



Betreut vom



HEINZ NIXDORF INSTITUT
UNIVERSITÄT PADERBORN

Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn
Fürstenallee 11
33102 Paderborn
Telefon +49 (0) 5251 | 60 62 67
Telefax +49 (0) 5251 | 60 62 68
www.hni.uni-paderborn.de



Werkzeugmaschinenlabor WZL
RWTH Aachen
Steinbachstraße 19
52074 Aachen
Telefon +49 (0) 241 | 80-27400
Telefax +49 (0) 241 | 80-22293
www.wzl.rwth-aachen.de