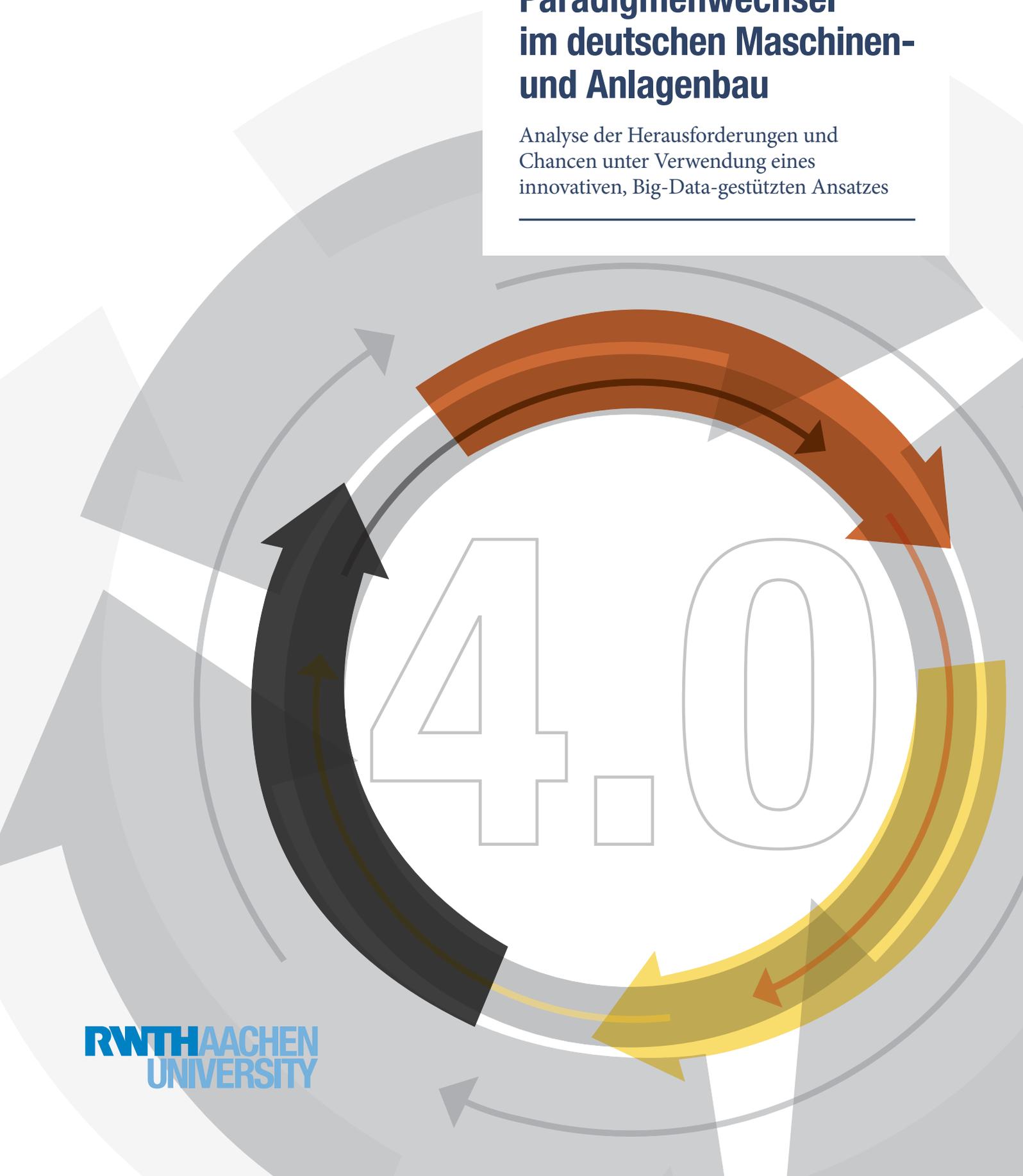


Paradigmenwechsel im deutschen Maschinen- und Anlagenbau

Analyse der Herausforderungen und Chancen unter Verwendung eines innovativen, Big-Data-gestützten Ansatzes



4.0

© 2015 Andersch AG Wirtschaftsprüfungs-
gesellschaft. Alle Rechte vorbehalten.
Ohne Zustimmung des Herausgebers ist
insbesondere eine Vervielfältigung, auto-
matisierte Datenverarbeitung oder sonstige
Weiterverarbeitung nicht gestattet.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie
entsprechen dem Kenntnisstand der Autoren
zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Die
Ergebnisse und Handlungsempfehlungen
haben informativen Charakter und dienen
nicht als unmittelbare Entscheidungsgrund-
lage. Für eine individuelle Beratung wenden
Sie sich an die genannten Ansprechpartner.



Paradigmen- wechsel

ANDERSCH STUDIENREIHE

Die »vierte industrielle Revolution« (»INDUSTRIE 4.0.«) bringt grundlegende Umwälzungen für industriell geprägte Unternehmen mit sich und führt zur Entstehung neuer Geschäftsmodelle, Wettbewerber, Produkte und Substitute. Die vorliegende Studie analysiert die Herausforderungen und Potenziale, die sich für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau ergeben, und leitet Lösungsansätze zur Erhaltung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit ab.

Die vorliegende Publikation ist Teil der Andersch-Studienreihe »Branchen im strukturellen Wandel«.

Herausgeber

Andersch AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
Neue Mainzer Straße 80
60311 Frankfurt am Main

In Kooperation mit

RWTH Aachen
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke
Prodekanin der Fakultät für Maschinenwesen

RWTH Aachen University Dennewartstraße 27
52068 Aachen

Illustrationen

Jan Bazing

Frankfurt am Main, Juni 2015



Übersicht

Ein Weckruf für die deutsche Industrie

Der Maschinen- und Anlagenbau gilt als eine der deutschen Vorzeigedisziplinen und trägt maßgeblich zum Status Deutschlands als »Exportüberschuss-Weltmeister« bei. Doch der gegenwärtige strukturelle Umbruch läutet einen umfassenden Paradigmenwechsel ein – neue Wettbewerber und Produkte sowie veränderte Geschäftsmodelle drängen auf den Weltmarkt.

Eine kritische Bestandsaufnahme verdeutlicht: Der Technologievorsprung deutscher Unternehmen schwindet, und ein Großteil von ihnen droht bei der notwendigen Anpassung an die neuen Heraus- und Anforderungen der »INDUSTRIE 4.0« zurückzufallen. Um seine führende Position nicht zu verlieren und im anziehenden globalen Wettbewerb weiter tonangebend mithalten zu können, besteht für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau akuter Handlungsbedarf.

Zur Gewährleistung einer nachhaltigen Zukunftsfähigkeit müssen sich auch deutsche Unternehmen – ebenso wie die Forschungslandschaft und die Politik hierzulande – kritisch mit grundlegenden Fragen auseinandersetzen: Inwieweit sind die bisherigen Erfolgsmodelle auch im INDUSTRIE 4.0-Zeitalter noch tragfähig? Inwiefern müssen sie durch neue Ansätze

ergänzt bzw. grundlegend verändert werden? Welche Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren begünstigen den künftigen Erfolg?

Die vorliegende Studie identifiziert folgende wesentliche Herausforderungen im neuen, INDUSTRIE 4.0-geprägten Umfeld:

ÜBERSICHT DER HERAUSFORDERUNGEN

MARKTENTWICKLUNG

- Substituierung bestimmter »deutscher« Kernkompetenzen
- Zunehmender Preisdruck
- Kürzere Produktlebenszyklen/ steigender Engineering-Aufwand
- Individualisierungsbedarf (»mass customization«)

WETTBEWERBSPOSITION

- Umfassende Veränderung der Wettbewerbsstruktur (»vendor changes«)
- Technologische Aufholgeschwindigkeit insbesondere asiatischer Wettbewerber
- Vordringen asiatischer Wettbewerber in Auslandsmärkte (Absatz, Produktion)
- Aufkommen neuer Wettbewerber aus dem IT-/Technologieumfeld

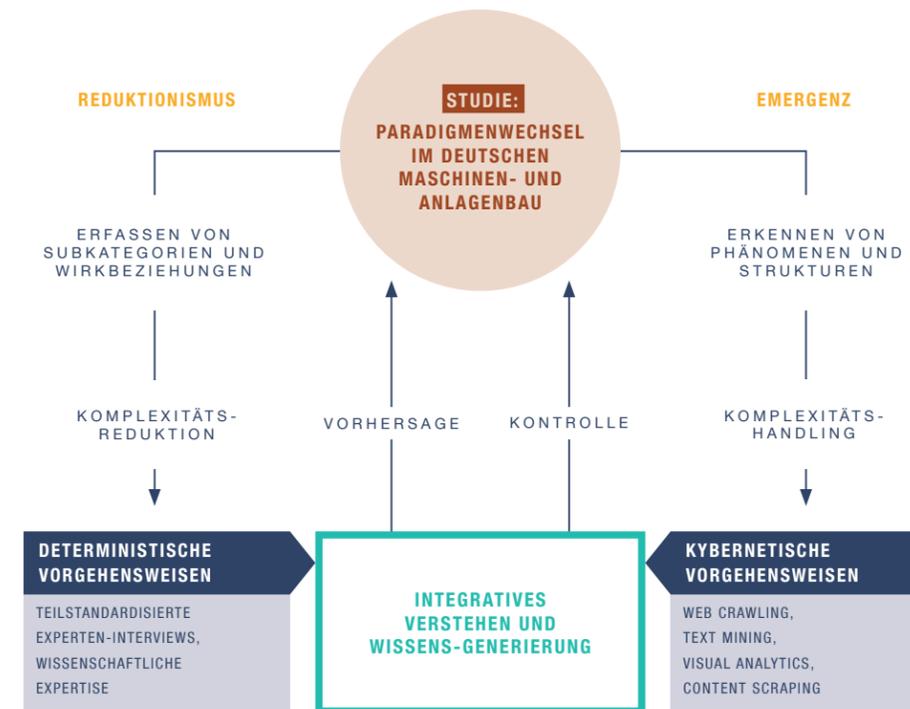
UNTERNEHMENSSPHÄRE

- Einseitige Wachstumsstrategien
- Unzureichende Unternehmensgröße/-ausrichtung für umfassende Systementwicklung
- Eingeschränkter geografischer Fokus
- Spätes Interesse an INDUSTRIE 4.0

MARKTUMFELD

- Investitionsbedarf (v. a. Infrastruktur)
- Fehlende Standards im Industrie 4.0-Kontext
- Enger regulatorischer Rahmen
- keine national ausgerichtete Ausbildung
- Hohes Lohnstückkostenniveau
- Demografischer Wandel

KOMPLEXES SOZIO-TECHNISCHES STUDIENDESIGN



Soziotechnisches Studien- und Untersuchungsdesign (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

Die vorliegende Studie zeichnet sich vor allem durch ihr neuartiges, Big-Data-gestütztes Analyseverfahren aus, das klassische Methoden der Nutzung qualitativer empirischer Ansätze sowie Befragungen mit innovativen und computergestützten quantitativen Analysen großer Datenbestände verbindet.

Basierend auf der Befragung führender Vertreter des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus wurde ein aktuelles Stimmungsbild gezeichnet sowie die brancheninterne Sicht auf Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen der deutschen Industrie im globalen Wettbewerb ermittelt. Rückgekoppelt über die Big-Data-Analyse flossen diese Ergebnisse ergänzend in die vorliegende Studie ein. In mehreren Iterationsschritten wurden acht Kern-Hypothesen extrahiert und formuliert, welche die Grundlage der Studie bilden.

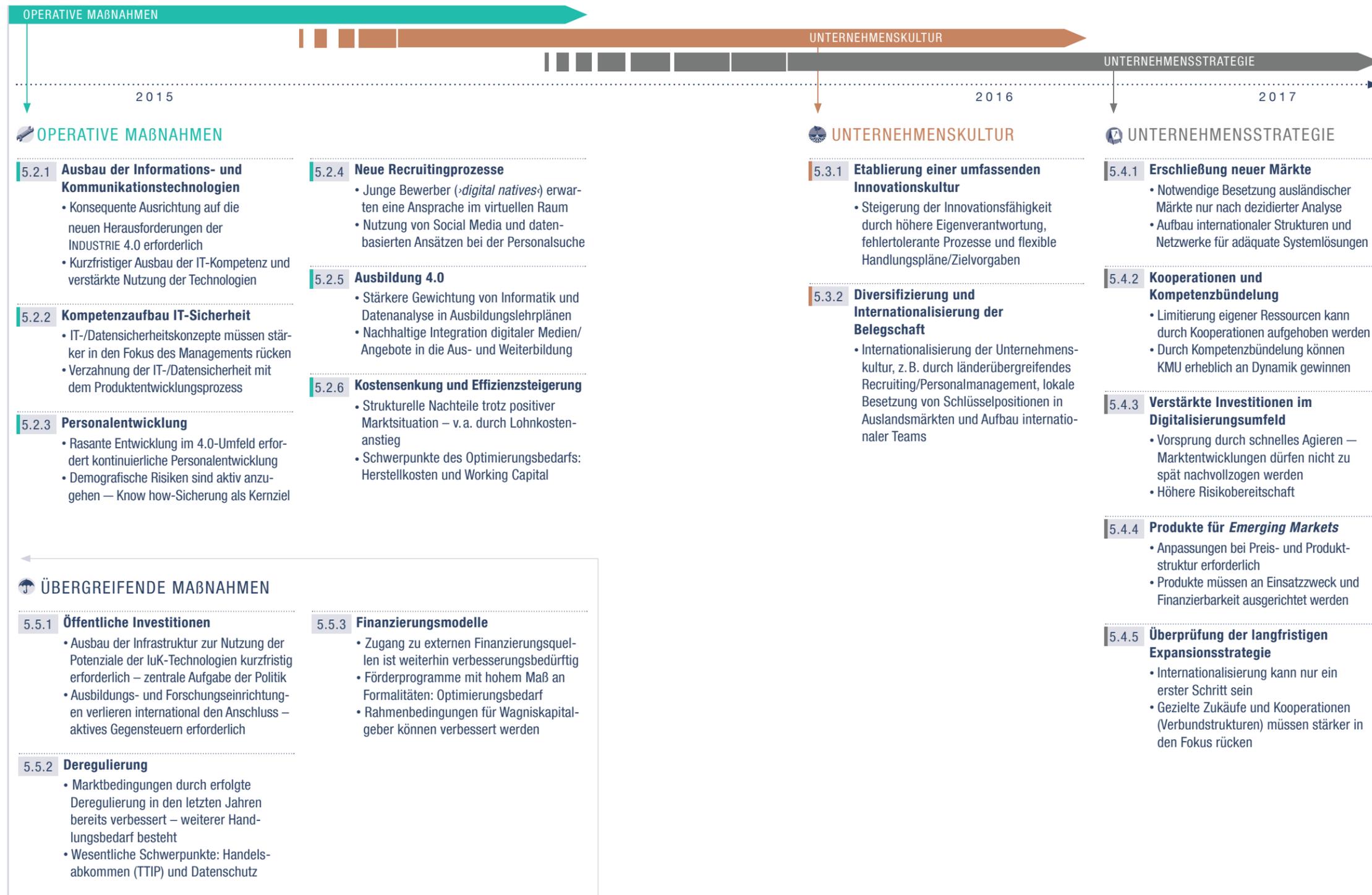
Die vierte industrielle Revolution prägt neue Erfolgsfaktoren: Sie ist gekennzeichnet durch

fortschreitende Digitalisierung, umfassende Vernetzung aller Komponenten, intelligente Nutzung riesiger Datenmengen, Notwendigkeit dezentraler Steuerungskonzepte und intelligente, (teil-)autonome Systeme. Der durch die Globalisierung zusätzlich beschleunigte steigende Wandel zeichnet sich durch Konnektivität von Menschen, Organisationen und Technologien aus – und erzeugt damit dringenden Handlungsbedarf.

Die in der vorliegenden Studie präsentierten Lösungsansätze bzw. Handlungsempfehlungen bestehen teils aus konkret und kurzfristig umsetzbaren operativen Maßnahmen, teils aus Handlungsempfehlungen zur nachhaltigen Ausrichtung der Unternehmensentwicklung auf die Herausforderungen der INDUSTRIE 4.0; diese Empfehlungen betreffen insbesondere die strategische Positionierung und die Unternehmenskultur.

Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen im internationalen Vergleich zu wahren und nachhaltig zu sichern, sollte durchgehend ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt und auch mittel- und langfristig wirkende Maßnahmen so frühzeitig wie möglich angestoßen werden.

Konkret wurden folgende Handlungsfelder identifiziert (vgl. Kapitel 5.0):



Inhaltsverzeichnis

1.0 Die Studie im Überblick	12
1.1 Vorwort	15
1.2 Progressives Studiendesign	17
2.0 Märkte im Wandel	20
2.1 Ein Weckruf für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau. .22	
2.2 Export-Weltmeisterschaft: Wie lange bleibt Deutschland noch Titelverteidiger?	28
2.3 Kritische Größe eines deutschen Erfolgsmodells	32
3.0 Entstehung neuer Wettbewerber	36
3.1 Die Verfolgungsjagd hat begonnen	38
3.2 Entstehung einer neuen Klasse von Wettbewerbern.	42
3.3 Forschungsführerschaft unter Druck	46
4.0 Kulturelle Faktoren	52
4.1 Deutsche Veränderungsscheu	54
4.2 Internationalisierung von innen heraus	58
5.0 Handlungsempfehlungen	64
5.1 Handlungsempfehlungen – Übersicht	68
5.2 Operative Maßnahmen	70
5.3 Unternehmenskultur	76
5.4 Unternehmensstrategie	80
5.5 Übergreifende Maßnahmen	84
6.0 Anhang.	88
6.1 Über die Autoren	90
6.2 Studiendesign	92
6.3 Literatur	98



1.0

**Die Studie
im Überblick**

1.0

Ausgangsbasis, zentrale Erkenntnisse und progressives Studiendesign



1.1 Vorwort

Vorsprung im Wandel?

Aktuelle Wirtschaftsdaten belegen: Im Laufe des vergangenen Jahrzehnts hat sich Deutschland vom »kranken Mann« Europas zum Exportüberschuss-Weltmeister entwickelt. Der deutschen Industrie gelang es, die globale Wirtschaftskrise vergleichsweise schnell zu überwinden: vor allem durch Exporte in neue Wachstumsmärkte sowie vertikale und horizontale Ausweitung der Wertschöpfungsketten, insbesondere durch Angebote von Dienstleistungen und Systementwicklung.

Dank der ergänzten Produktportfolios und hohen Reputation in den Bereichen Qualität und Präzision konnten auch die vergleichsweise hohen deutschen Lohnkosten (als wesentliches Hemmnis im globalen Wettbewerb) in der Vergangenheit teilweise ausgeglichen und Produkte erfolgreich vertrieben werden. Flankierende politische Maßnahmen — insbesondere Reformen im Sozial- und Arbeitsrecht — bildeten in den letzten Jahren einen weiteren wichtigen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im globalen Markt.

Der auf kollektiven Anstrengungen beruhende aktuelle Erfolg Deutschlands tritt angesichts der getrüben konjunkturellen Lage vieler Nachbarstaaten umso deutlicher hervor, birgt jedoch auch die Gefahr einer Fehl Wahrnehmung eigener Unantastbarkeit: Die globalen technologischen Entwicklungen und das Entstehen neuer Wettbewerber setzen das bestehende deutsche Wirtschaftsmodell zunehmend unter Druck.

Makroökonomische, insbesondere regulatorische Einflussfaktoren — wie die Energiepreise, die Einführung eines Mindestlohns sowie der hohe Fachkräftemangel, der durch die Möglichkeit zum Renteneintritt ab 63 verschärft wird — stellen weitere zentrale Herausforderungen für deutsche Unternehmen dar.

Der Maschinenbau steht vor einem Paradigmenwechsel

Industrielle Revolutionen brachten stets tiefgreifende Veränderungen in der Anbieterstruktur mit sich. Die deutsche Wirtschaft ist mit vielfältigen Herausforderungen konfrontiert: Mit der INDUSTRIE 4.0 gewinnt die Informatik als Disziplin auf allen Ebenen extrem an Bedeutung. Die im Bereich IT traditionell stark aufgestellten US-amerikanischen Unternehmen verfügen nicht nur in hohem Maße über Expertise und kulturelle Verankerung, sondern auch über die Fähigkeit, fortlaufend marktfähige (IT-)Produkte und Geschäftsmodelle zu entwickeln (S. 42 ff.). Zugleich drängen zunehmend technologiebasierte Branchen-Neulinge in die Industrie und operieren — ähnlich wie die ebenfalls erstarkenden Wettbewerber aus Asien — unter hochflexiblen Rahmenbedingungen (S. 38 ff.).

Traditionelle Erfolgsstrategien verlieren an Wirksamkeit

Deutsche Unternehmen haben in den letzten Jahren stark auf internationale Expansion gesetzt, dabei aber — angesichts krisenbedingt unter Druck stehender Absätze — teilweise erheblich zu wenig in INDUSTRIE 4.0-tragfähige Technologien investiert. Damit setzen sie sich der Gefahr aus, im globalen Wettbewerb zurückzufallen.

Erschwerend kommt hinzu, dass die bisherigen Strategien, mit denen die deutsche Wirtschaft die globale Wirtschaftskrise überwinden konnte — insbesondere ihre Exportstärke in Richtung der neuen Wachstumsmärkte in Übersee — nach und nach an Schlagkraft verlieren (S. 22 ff.): Chinesische Unternehmen sind aufgrund deutlich gesteigerter Produktionszahlen zunehmend in der Lage, ihren Heimatmarkt alleine zu bedienen. Parallele Leistungs- und Qualitätssteigerungen ermöglichen ihnen die Belieferung der wachstumsstarken Schwellenmärkte sowie einen Vorstoß

in den Westen. Weil es von hoher Präzision und Qualität geprägt ist, ist das deutsche Produktportfolio oft im Hochpreissegment positioniert — und damit nicht ausreichend auf die spezifischen Bedürfnisse dieser neuen Wachstumsmärkte in den Schwellenländern ausgerichtet.

Auch die — u. a. im Bereich Robotik — starken japanischen und südkoreanischen Wettbewerber orientieren sich zunehmend global.



Dabei drängen asiatische Wettbewerber nicht nur absatzseitig in westliche Märkte: Um ihre Kompetenzen zu erweitern und ihre Marktanteile zu steigern, übernehmen sie verstärkt europäische Anbieter, die über ausgeprägtes Spezialwissen verfügen, und erhalten so Zugriff auf etablierte Fertigungs- und Vertriebsstrukturen vor Ort.

Bislang unzureichende Wahrnehmung des INDUSTRIE 4.0-getriebenen, strukturellen Umbruchs

Informations- und Kommunikationstechnologien werden zu einem zentralen Erfolgsfaktor (S. 42 ff.). Der Handlungsrahmen sowohl jüngerer Großkonzerne wie GOOGLE oder AMAZON als auch etablierter Unternehmen wie APPLE beschränkt sich dabei nicht länger auf ihre originären Kerngebiete der Internetdienste bzw. Hardware- und Software-Erstellung: Geräuscharm, aber kontinuierlich

erwächst dem traditionellen Maschinenbau eine Gruppe neuer Wettbewerber. Diese meist jüngeren, *digital-born* Unternehmen erweitern ihr Produkt- und Leistungs-Portfolio schnell und konsequent durch eine Mischung aus eigenen Entwicklungen, Kooperationen und gezielten Übernahmen.

Das Fundament der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bilden die innovativen kleinen und mittelständischen Unternehmen; aufgrund ihrer begrenzten Größe können diese jedoch selten als Systemanbieter auftreten (S. 32 ff.). Auch ihre bislang geringe internationale Aufstellung schränkt die Handlungsfähigkeit empfindlich ein, zumal der deutsche Binnenmarkt in hohem Maße gesättigt ist und Absatzwachstum im Wesentlichen eine Steigerung des Auslandsabsatzes erfordert. Zudem fehlen den deutschen Unternehmen häufig die für eine umfassende Einführung von INDUSTRIE 4.0-Technologien erforderlichen Investitionsmittel.

Zeit zu handeln

Ungeachtet positiver Wirtschaftsdaten besteht für Deutschland somit ein keinesfalls zu unterschätzender, realer Handlungsdruck, der innovative Lösungen und umfassende Deregulierungen kurzfristig erforderlich macht. Die bisherige Umsetzungsgeschwindigkeit reicht nicht mehr aus, um die Konkurrenz im globalen Wettbewerb auf Distanz zu halten. Deutsche Unternehmen investieren teils hohe Beträge in Forschung und Entwicklung, sehen sich aber häufig durch den regulatorischen Rahmen hierzulande eingeschränkt — mit der Folge, dass nichteuropäische Anbieter die originäre Markteinführung innovativer Produkte und Technologien übernehmen und sich schneller im globalen Markt etablieren (S. 44 ff.).

Dieser tiefgreifende, technologie- und wettbewerbsgeprägte Umbruch erfordert in Deutschland ein Umdenken bei der technologischen Neuausrichtung. Die vorliegende Studie beleuchtet den Paradigmenwechsel im Detail und formuliert Lösungsansätze zur Erhaltung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.

1.2 Progressives Studiendesign

Der Ausgangspunkt des für die vorliegende Untersuchung entwickelten progressiven Studiendesigns sind die bestehenden Defizite klassischer Analyseverfahren: Die Position deutscher Unternehmen und ihre Stärken und Schwächen im globalen Wettbewerb zu analysieren, rührt an den Kern unternehmerischen und politischen Selbstverständnisses; bei derart emotional wie politisch aufgeladenen Themen aber besteht selbst bei breit angelegten, klassischen Interview-/Fragebogen-Techniken die Gefahr, dass subjektive Einzelmeinungen die Ergebnisse prägen und so deren Aussagekraft schwächen.

Aus diesem Grunde basiert die vorliegende Studie auf einem neuartigen Analyseverfahren, das klassische Methoden der qualitativen empirischen Sozialforschung mit innovativen Verfahren der quantitativen, computer-gestützten Analyse großer Datenbestände (*Big Data Analytics*) verbindet.

Big-Data-Analysen, als spezielle Form der datengetriebenen Verfahren, unterscheiden sich von bisherigen Ansätzen im Wesentlichen durch die systematische Analyse großer Volumina hochveränderlicher, stark heterogener Daten. Die Analyse einer derart umfangreichen Datenmenge hat den Vorteil, dass sie einer Verzerrung der Ergebnisse durch einzelne Interessen und Standpunkte vorbeugt und eine weitestgehende Objektivierung der Analyseergebnisse ermöglicht. Zugleich macht sie Multi-Kausalitäten und Wirkungszusammenhänge sichtbar. Die solchermaßen breit angelegte Analyse der Ist-Situation bildet die Grundlage für eine Ableitung tragfähiger Maßnahmen zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit.

Für die vorliegende Studie wurden zunächst führende Vertreter des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus befragt, um ein aktuelles Stimmungsbild sowie eine brancheninterne Sicht auf Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen der deutschen In-

dustrie im globalen Wettbewerb zu gewinnen. Rückgekoppelt über die Big-Data-Analyse flossen diese Ergebnisse ergänzend in die vorliegende Studie ein.

In mehreren Iterationsschritten wurden acht Kern-Hypothesen extrahiert und formuliert. Mittels eines computer-linguistischen *pre-processing* der Primärquellen zur quantitativen Verifizierung wurden sog. *word clouds* — entlang der Dimensionen ›technologisch‹, ›ökonomisch‹ und ›politisch/sozio-kulturell‹ — ermittelt, welche die Grundlage für weiterführende Datenanalyse-Verfahren bildeten.

Der für die vorliegende Studie zusammengestellte Datenkorpus umfasst weit über 1 Mio. wissenschaftliche Publikationen, populärwissenschaftliche Primärquellen und Fachzeitschriften mit weltweiter Verbreitung. Etablierte Wissenschaftsplattformen wie CITESEER sowie ein darauf gestütztes, systematisches *data scraping* geeigneter Primärquellen bilden das Fundament der Textauswahl.

Auswahl und Aufbau der Hypothesen

Zunächst wurden 63 vorliegende Studien sekundär-analytisch einbezogen, um ein erstes Set an Hypothesen zu erstellen. Zur Validierung und Ergänzung jenes Satzes an Ausgangs-Hypothesen, der der Big-Data-Analyse zugrunde liegt, wurde mit Experten ein jeweils 60-minütiges, teilstandardisiertes Interview geführt. Die befragten Experten sind führende Vertreter deutscher Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus und konnten durch ihre Position und langjährige Branchen-Erfahrung eine fundierte Innenperspektive auf die grundsätzliche Ausrichtung und wirtschaftliche Roadmap ihrer jeweiligen Unternehmen ermöglichen. In die Befragung einbezogen wurden sowohl traditionelle Branchen Zweige (deren althergebrachte Produkte und Produktionsweisen sich in grundlegendem Umbruch befinden) als auch Vertreter verschiedenster — teils

hochdynamischer — Branchen wie dem Spezialmaschinenbau und der Automatisierungstechnik.

Hypothesengestütztes Vorgehen

Auf Basis der Primärquellen und unter Einbringung der fachlichen Expertise der Studien-Autoren wurde ein Satz an Ausgangs-Hy-

pothesen generiert. Über die Rückkopplung von Phasen der Hypothesen-Generierung und Datensammlung wurden die Hypothesen iterativ weiterentwickelt, durch wechselnde Phasen von Prädiktion und Evidenzmessung auf Basis des Datenkorpus verfeinert und mittels der identifizierten Keywords abgeglichen sowie angereichert.

HYPOTHESENGESTÜTZTES VORGEHEN

Basierend auf Vorstudien und einer Evaluation von wissenschaftlichen und branchenspezifischen Veröffentlichungen werden Hypothesen identifiziert

BEISPIEL: Validierung oder Falsifizierung der identifizierten Hypothesen durch Messung relevanter Kennzahlen

IDENTIFIKATION UND MESSUNG VON RELEVANTEN KENNZAHLEN ZUR HYPOTHESENVALIDIERUNG

KENNZAHL (AUSBILDUNG)

ANZAHL WISSENSCHAFTLICHER VERÖFFENTLICHUNGEN DEUTSCHER HOCHSCHULEN IM BETRACHTUNGSZEITRAUM BEZÜGLICH DER KERN-TECHNOLOGIEN IN INDUSTRIE 4.0

KENNZAHL (PATENTE)

ANZAHL ANGEMELDETER PATENTE DEUTSCHER UNTERNEHMEN IN BEZUG AUF KERN-TECHNOLOGIEN VON INDUSTRIE 4.0

HYPOTHESE

DEUTSCHLAND IST LEITANBIETER VON INDUSTRIE 4.0-TECHNOLOGIEN

Hypothesenbasiertes Vorgehen mit anschließendem Big-Data-Verfahren (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

Im Ergebnis wurde das folgende Set wesentlicher Kern-Hypothesen entwickelt, das den Ausgangspunkt der vorliegenden Studie bildete:

1. *»Deutschland hat entscheidende Entwicklungen der Digitalisierungs-Ära und der resultierenden 4.0-Konsequenzen zu spät erkannt.«*
2. *»Die deutschen Produkte treffen zu wenig die zentralen Bedürfnisse der Schwellenländer.«*
3. *»Die KMUs, die oftmals ›hidden champions‹ und ein deutsches Erfolgsmodell sind, haben nicht die hinreichende Größe für die unter INDUSTRIE 4.0 erforderlichen Systementwicklungen.«*
4. *»AMAZON, GOOGLE und junge Technologie-Konglomerate entstanden nicht in Deutschland. Sie werden aber zunehmend zur Konkurrenz für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau.«*
5. *»Der aktuelle Vorsprung schwindet, da die Aufholgeschwindigkeiten der Wettbewerber – z. B. aus China und Südkorea – unterschätzt werden.«*
6. *»Deutschland bleibt in der Forschung im Maschinen- und Anlagenbau nicht mehr lange führend.«*
7. *»Deutsche Unternehmen stellen sich zu wenig international auf, das betrifft Unternehmenskulturen sowie Kompetenzprofile der Mitarbeiter.«*
8. *»Etablierte deutsche Unternehmen scheuen Veränderung hinsichtlich ihrer Geschäftsfelder, ihres Produktportfolios und ihrer Zielmärkte.«*

Im Folgenden wurden die Hypothesen mit den zuvor skizzierten Analyseverfahren verifiziert bzw. falsifiziert.

2.0

**Märkte im
Wandel**

2.1

Ein Weckruf für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau



Deutschland läuft Gefahr, zu stark an traditionellen Erfolgskonzepten festzuhalten und den Anschluss an entscheidende Entwicklungen der Digitalisierungs-Ära zu verlieren. Mit dem Aufkommen preisgünstiger Substitute drohen deutsche Kernkompetenzen an Bedeutung zu verlieren. Deutsche Anbieter werden wegen (Over-)Engineerings ihres bestehenden Angebots zunehmend in Hochpreismischen verdrängt. Unterdessen beschäftigen sich andere Nationen — wie die USA, aber auch aufstrebende asiatische Staaten — auf breiter gesellschaftlicher Ebene mit den Trends der Zukunft.

Die vierte industrielle Revolution bestimmt weltweit die Entwicklung im Maschinenbausektor. Ihre zentralen Elemente sind umfassende Vernetzung sowie Einsatz dezentraler, (teil-)autonomer Systeme — vor allem in Produktion, Einkauf und Logistik, aber auch in anderen Unternehmensbereichen. Dieser Trend wird durch die anhaltende Globalisierung weiter verstärkt.

Bereits 2011 prägte die Bundesregierung den Begriff **INDUSTRIE 4.0** und erklärte die Entwicklung zum Schwerpunkt ihrer Hightech-Strategie. Aufgrund der Komplexität und Medienwirksamkeit des Memos zeichnete sich zwischenzeitlich ein Kompetenzgerangel zwischen mehreren Bundesministerien ab. Bis heute wurden jedoch noch keine wesentlichen Aktionspläne angestoßen.

Zudem scheint die vierte industrielle Revolution noch nicht die Breite der deutschen Industrieunternehmen erreicht zu haben. So erklärten 2014 lediglich 27% der befragten deutschen kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), eine konkrete Vorstellung von **INDUSTRIE 4.0** als Gegenstand, Trendsetter und Zukunftsperspektive zu haben [1]. Dies ist insofern von Bedeutung, als Innovationen in Deutschland in der Vergangenheit stark von leistungsfähigen, diversifizierten und flexiblen KMU vorangetrieben wurden.

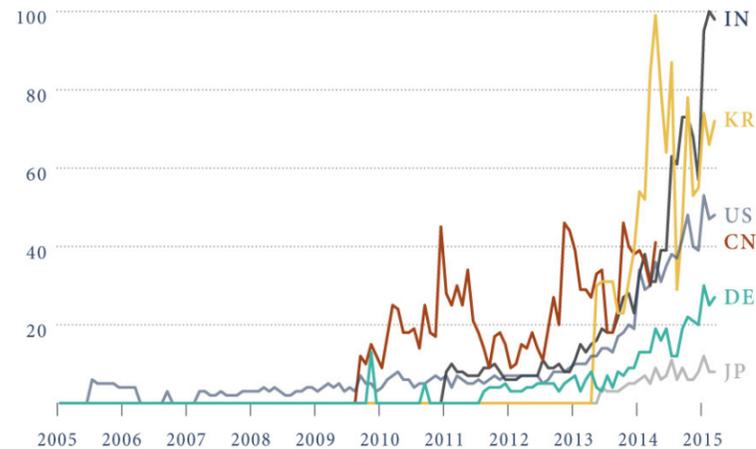
Unterdessen schreitet die globale Entwicklung im **INDUSTRIE 4.0**-Kontext mit hoher Geschwindigkeit voran — sollte die deutsche Industrie weiter ins Hintertreffen geraten, könnten sich mögliche Einbußen der Bruttowertschöpfung bis 2025 alleine im deutschen Maschinenbausektor auf bis zu 31 Mrd. Euro belaufen [2][3].

Deutsche Kernkompetenzen verlieren an Bedeutung

Bislang herrschte in der deutschen Wirtschaft die Meinung vor, ein belastbarer Wettbewerbsvorteil könne gewährleistet werden durch Investitionen und Entwicklungen in traditionellen Anwendungsbereichen, gepaart mit hohem Know how in Nischen-Segmenten. In der Tat waren entsprechende Erfolge bisher weitgehend unabhängig von der Entwicklung im Bereich IT.

Kerndisziplinen wie Präzision und Effizienzsteigerung bilden die Grundlage des globalen Erfolgs deutscher Maschinenbauer. Doch die von deutschen Unternehmen zur Exzellenz getriebenen, »optimalen *performance-engines*« [1] verlieren im Zuge der **INDUSTRIE 4.0** an Bedeutung. Denn ein entscheidendes Merkmal des aktuellen Technologiewandels ist die Vernetzung von Informationssystemen in Form eines »Internets der Dinge«, das enorme Datenmengen in großer Geschwindigkeit generiert und analysiert, auf dieser Basis intelligente Optimierungen ermittelt und weitgehend automatisiert umsetzt.

Aufgrund von Konnektivität, ständiger Verfügbarkeit diverser Informationsquellen sowie anderer **INDUSTRIE 4.0**-getriebener Entwicklungen werden optimale *performance-engines* nahezu obsolet: Während hohe Qualität früher vor allem durch exzellente Abläufe, hochqualitative Maschinen und hervorragend ausgebildetes Personal realisiert wurde, können Fehler nun mittels Big-Data-basierter Verfahren, also durch Analyse der Prozessdaten mit anschließender Kompensation von Fertigungsintoleranzen während des Ferti-

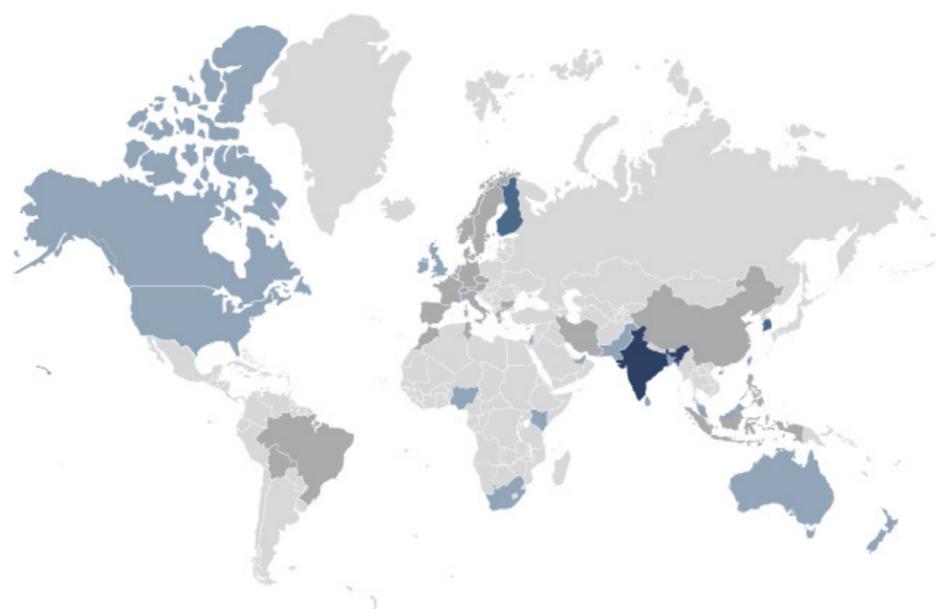


Interesse an der Technologie des »Internet of Things« in ausgewählten Staaten (Normierung anhand des Maximalwertes der Suchanfragen gemessen auf einer prozentualen Skala): Die Spitzenposition Südkoreas deckt sich mit dem dortigen Ausbau des mobilen Breitbandnetzes. In Deutschland spielt es — ebenso wie Japan — noch eine untergeordnete Rolle. Die USA zeigten bereits 2005 ein erstes Interesse an Cloud-basierten Lösungen auf Basis eines »Internets der Dinge«. (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen, Darstellung auf Basis von Google Trend Analysis)

gungsprozesses in Echtzeit minimiert werden: Qualität stellt nach wie vor ein wichtiges Kaufkriterium dar, kann aber durch datengetriebene Verfahren mit geringerem Aufwand an Hardware, Ausstattung und Werkzeugpräzision erreicht werden. Das Vordringen von

3D-Druck-Verfahren in die verschiedenen Technologie- und Produktionsbereiche verstärkt diese Entwicklung weiter, zumal dort im laufenden Prozess jederzeit nachgesteuert werden kann. Damit laufen Fertigungen im klassischen Sinne, in denen sich deutsche Hersteller führende Positionen erarbeitet haben, Gefahr, in bestimmten Bereichen ins Hintertreffen zu geraten.

Gerade *Low-Cost*-Alternativen könnten sich zu einer ernststen Bedrohung für den deutschen Maschinenbau entwickeln. So werden es die Entwicklungen im 3D-Druck schon bald ermöglichen, Spezialbauteile komplexer Geometrie zu überschaubaren variablen Kosten zu produzieren. Mit 3D-Druck-Verfahren lassen sich Produkte überdies ohne großen Aufwand sehr flexibel und auf Kunden zugeschnitten realisieren. In Deutschland ist das Interesse am 3D-Druck jedoch bislang eng begrenzt auf sehr spezifische Bereiche, etwa medizinische oder sonstige Spezialanwendungen mit geringen Stückzahlen. Viele andere — vor allem technische — Bereiche haben das Potenzial dieser Entwicklungen noch nicht erkannt. Insbesondere wird übersehen, dass die wachsende technische Reife der Verfahren diese zunehmend auch »serientauglich« macht.



Weltweites Interesse an »Big Data« und dem »Internet der Dinge«; die Farbintensität verdeutlicht die jeweilige Stärke des Interesses. (Quelle: Google Trend Analysis)

Nachholbedarf in Theorie und Praxis

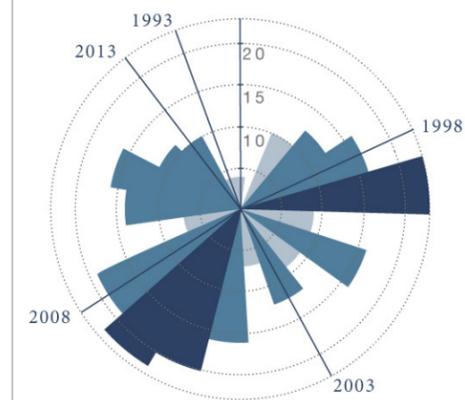
Wenngleich teils unter anderem Namen diskutiert, sind 4.0-Anwendungen in anderen Industrienationen bereits seit längerem präsent. Ein Vergleich der Publikationsaufkommen belegt, dass die INDUSTRIE 4.0 dort deutlich früher Einzug in den wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Diskurs gehalten hat als in Deutschland. So wurde in den USA bereits 2006 ein Programm der *US National Science Foundation* (NSF) gestartet, das cyberphysische Systeme als eine Schlüsseltechnologie zukünftiger Entwicklungen identifizierte.

Besonders im angelsächsischen Raum etablierten sich innerhalb der vergangenen zehn Jahre umfassende Web- und Big-Data-Anwendungsmöglichkeiten, welche die Grundlage von Großkonzernen wie GOOGLE, AMAZON, FACEBOOK und APPLE sowie unzähliger Start-ups bilden und sich inzwischen fließend bis in die Bereiche der Robotik erstrecken. Sie stützen kulturell auf etablierten IT-Konzernen wie IBM, MICROSOFT, HP, CISCO oder INTEL. Die neuen Schwerpunkte liegen im Einsatz von Big Data und umfassender Vernetzung aller Bereiche — bis hinein in die klassische Produktion.

Großes öffentliches Interesse an der digitalen Revolution besteht nicht nur in den USA, sondern auch in den asiatischen Wachstumsmärkten: In Südkorea zeigt sich dies u. a. an der Initiierung großer Forschungsschwerpunkte sowie indirekt am massiven Ausbau der Breitbandinfrastruktur; auch China hat beträchtliche Forschungsgelder zur Verfügung gestellt.

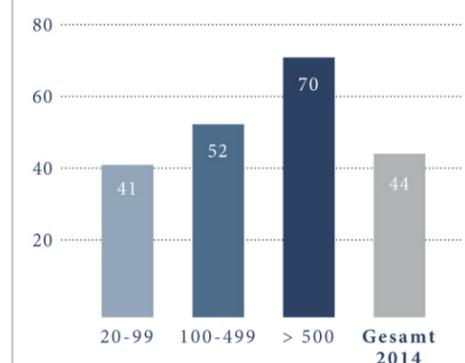
Im noch jungen Markt der sog. »Maschine-zu-Maschine«- bzw. »M2M«-Kommunikation verzeichnen China und Südkorea bereits heute die größten Zuwachsraten; die Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung befinden sich dort bereits in der praktischen Anwendung [4]. Neben den zuvor zitierten Umfrageergebnissen verdeutlicht auch eine Statistik über Standardisierungs-Aktivitäten in Deutschland das bislang geringe deutsche Interesse am globalen Technologiewandel (vgl. Abb.). Obwohl die deutsche Industrie

fehlende Standards übereinstimmend als eines der zentralen Hemmnisse bei der Implementierung der INDUSTRIE 4.0 wahrnimmt, konnten in Deutschland diesbezüglich bisher keine vergleichbaren Fortschritte erzielt werden wie etwa in den USA, wo die Standardisierungsbemühungen deutlich weiter fortgeschritten sind.



Standardisierungsbemühungen im deutschen Maschinenbau: Die Farben repräsentieren (von hellblau nach dunkelblau) steigende Aktivität im Bereich der Standardisierung. Die dunklen Areale liegen in den »Halbphasen« vor den großen Rezessionen. Deutlich zu erkennen sind die Einbrüche nach der sog. Dotcom-Blase sowie nach der Wirtschaftskrise 2008. (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen; Big-Data-Verfahren)

Hinzu kommt ein weiterer Aspekt: Cloud-Dienste werden hierzulande insbesondere aufgrund von Sicherheitsbedenken bisher in vergleichsweise geringem Umfang genutzt [5] [6]. Allein im europäischen Vergleich belegte Deutschland 2014 hier Rang 24.



Nutzer von *Cloud Computing* nach Unternehmensgröße (% Anteil der Unternehmen). (Quelle: BITKOM)

Dieser Rückstand könnte sich für die deutschen Unternehmen in der zunehmend IT-getriebenen Wirtschaft zu einem weiteren ernsthaften Wettbewerbsnachteil entwickeln, denn vor allem KMU können die Beschaffung und den Betrieb anspruchsvoller IT-Ressourcen oft nicht aus eigener Kraft stemmen. Dies hat z.B. zur Folge, dass sie weniger Simulationssoftware einsetzen, weil sie sich hochspezialisierte Softwarepakete nicht leisten können. Simulationssoftware aber bildet eine entscheidende Basis für Innovationen: Sie ermöglicht ›gefahrlos‹ Experimentieren und Entwickeln und macht umfangreiche und langwierige praktische Analysen überflüssig. Oftmals bestehen jedoch Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit oder Unkenntnis über die konkreten Vorteile, die deutsche Unternehmen bisher von einer aktiven Nutzung von Cloud-Diensten abhalten.

Auch von führenden deutschen Unternehmen wurde ein Übergang von Technologie- hin zu Mischkonzernen, die eine breite Aufstellung und Expertise in Bereichen der Datenanalytik aufweisen, in Deutschland häufig noch nicht oder erst spät vollzogen. Dies zeigt sich etwa in der Tatsache, dass Bereiche wie *Business Intelligence* oder Datenanalyse bisher verbreitet als Spezialdisziplinen für IT-Firmen angesehen werden und nicht (auch) als Betätigungsfeld für deutsche Industrieunternehmen.

»Die Basis der heutigen INDUSTRIE 4.0 bilden die vor 20-30 Jahren entwickelten Digitalisierungs-Technologien. Dieses Feld haben die deutschen Unternehmen seitdem jedoch weitgehend den USA überlassen.«

Kai Büntemeyer, CEO, KOLBUS GmbH & Co. KG

Doch zunehmend setzt ein Umdenken ein: Etwa 30% der KMU planen entsprechende Mittel ein. Große Industriekonzerne haben den Trend mehrheitlich früher erkannt, hier wurde die Entwicklung entsprechender Konzepte — etwa unter verwandten Bezeichnungen wie dem von Siemens geprägten ›*condition monitoring*‹ — bereits begonnen (wenngleich meist noch nicht vollständig um-

gesetzt). Auch die großen deutschen Automobilkonzerne adressieren das Thema seit längerer Zeit, da ihre zukunftsorientierte Branche in mehrfacher Hinsicht betroffen ist: Zum einen etabliert INDUSTRIE 4.0 neue Paradigmen in der Fertigung, zum anderen entstehen durch die Vernetzung von Fahrzeugen und Smartphones, Fahrzeugen unter einander (›*car2car*‹) bzw. Fahrzeugen mit Infrastruktur (›*car2infrastructure*‹) neue Konstrukte, die der Etablierung eines ›Internets der Dinge‹ in ihrem Segment sehr nahe kommen — und dem Endkunden neue Anwendungsmöglichkeiten erschließen [7].

Kundennähe als Differenzierungsmerkmal

Eine zentrale Herausforderung für KMU des deutschen Maschinenbaus liegt darin, neuartige Technologien — wie die Verarbeitung großer Datenmengen — mit ihren Geschäfts- und Innovationsprozessen in Einklang zu bringen. Das in Big-Data-Technologien liegende Innovationspotenzial zu nutzen, wird bereits in naher Zukunft von entscheidender Bedeutung für den Erfolg von Unternehmen beim (End-)Kunden sein. Über gezielte Kooperationen könnten sich Unternehmen hier einen schnellen Zugriff auf neue Kompetenzen und Ressourcen ermöglichen.

Ein wichtiger Faktor für die erfolgreiche Platzierung von Produkten am Markt ist dabei die unmittelbare Berücksichtigung von Kundenwünschen innerhalb der Innovationsprozesse. Die Beispiele APPLE und AMAZON verdeutlichen, wie der Einsatz leistungsstarker, Big-Data-basierter Plattformen die Analyse, Auswertung und Vorhersage von Kundenbedürfnissen ermöglicht.

Vergleichbare Ansätze sind auch für den Maschinen- und Anlagenbau vorstellbar, wenngleich eine Anpassung an die vorliegenden Rahmenbedingungen (Käufergruppen, geringe Stückzahlen etc.) erfolgen müsste. In dem Maße, in dem es immer einfacher wird, die Kundenbedürfnisse im Rahmen einer erfolgreichen Innovationsstrategie automatisiert zu erfassen und zu berücksichtigen, steigt umgekehrt die Anforderung, maßgeschneiderte Produkte bereitzustellen.

Die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus hängt vor diesem Hintergrund entscheidend davon ab, inwieweit er den informationstechnischen Trends zur Weiterentwicklung des eigenen Portfolios folgen kann und tatsächlich folgt.

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)

OPERATIVE MAßNAHMEN S.70 ff.		UNTERNEHMENSSTRATEGIE S.80 ff.	
5.2.1	Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien ✓	5.4.1	Erschließung neuer Märkte
5.2.2	Kompetenzaufbau IT-Sicherheit ✓	5.4.2	Kooperationen und Kompetenzbündelung ✓
5.2.3	Personalentwicklung	5.4.3	Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld ✓
5.2.4	Neue Recruitingprozesse	5.4.4	Produkte für <i>Emerging Markets</i>
5.2.5	Ausbildung 4.0	5.4.5	Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie
5.2.6	Kostensenkung und Effizienzsteigerung		
UNTERNEHMENSKULTUR S.76 ff.		ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN S.84 ff.	
5.3.1	Etablierung einer umfassenden Innovationskultur ✓	5.5.1	Öffentliche Investitionen
5.3.2	Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft	5.5.2	Deregulierung
		5.5.3	Finanzierungsmodelle

2.2

Export-Weltmeisterschaft: Wie lange bleibt Deutschland noch Titelverteidiger?

Die globalen Marktanteile deutscher Maschinenbau-Exporte drohen sich rückläufig zu entwickeln, da sie nicht auf die zentralen Industrieanforderungen der Schwellenländer ausgelegt sind. Sie verlieren durch zunehmende Verdrängung in gehobene Segmente an preislicher Wettbewerbsfähigkeit, während kürzere Lebenszyklen und hoher F&E- bzw. Customizing-Aufwand parallel zu sinkenden Margen führen.

Deutsche Unternehmen haben in den vergangenen Jahren erfolgreich große Wachstums- und Schwellenmärkte erschlossen. Insbesondere die Exporte in die BRICS-Staaten konnten deutlich gesteigert werden. Über 50 % der deutschen Exporte in die BRICS-Staaten entfallen auf den Maschinenbau sowie auf dessen zentrale Zielbranche, die Automobilindustrie. Auch die Marktanteile deutscher Unternehmen in den BRICS-Staaten sind im Maschinenbau (mit 13–21 %) und im Fahrzeugbau (mit 10–30 %) gegenüber anderen Marktsegmenten ebenfalls relativ hoch. Gleichwohl ist die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produkte zunehmend bedroht [8][9].

Der Bekanntheitsgrad deutscher Maschinenbau-Unternehmen, ihre Reputation und die Basis ihres Erfolgs liegen in Produkten höchster Qualität und Stabilität, bekannt als deutsche ›Wertarbeit‹. Die Fokussierung auf historische, zumal weitgehend gesättigte Zielmärkte ermöglicht dabei kaum noch reales Wachstum — Produkte werden zwar turnusmäßig ersetzt, Absatzsteigerungen sind jedoch kaum erreichbar. Für reales Absatzwachstum müssen deshalb neue, junge Märkte mit geringer Marktsättigung erschlossen werden. Deutsche Produkte sind aber für diese Märkte vor allem aufgrund ihrer Preisniveaus derzeit wenig attraktiv. In den *Emerging Markets* sind die qualitativen Vorteile deutscher Produkte zwar bekannt, oft sind deren höhere Beschaffungskosten jedoch weder finanzierbar noch stehen sie in einem vertretbaren Verhältnis zum angestrebten Einsatz.

German (Over-)Engineering

Die Ursachen für den drohenden Rückgang deutscher Exporte sehen Experten vor allem

darin, dass die Kundenanforderungen an Produktqualität und Preisniveau in Schwellenländern andere sind als in den gesetzten Märkten. Während im deutschen Heimatmarkt Qualität, Service und Systemintegration — in jedem Falle aber ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis — wesentliche Wettbewerbsvorteile darstellen, genügen in Schwellenländern für den vor Ort geplanten Einsatz (auch mittelfristig) oftmals mittlere Produktqualitäten zu möglichst günstigen Preisen den Anforderungen [10].

»Unsere Produkte unterliegen der Gefahr eines einseitigen ›German Over-Engineering‹: Die sehr komplexen, hochqualitativen Lösungen sind bei uns für Losgröße -1 und individualisierte Produktion wichtig, in *Emerging Markets* aber nicht. Wir haben einen zu starken Produktfokus auf Hochlohnländer.«

Dr. Michael Wenzel, Geschäftsführer,
Reis GmbH & Co. KG Maschinenfabrik

Asiatische Wettbewerber, die sich im Bereich Qualität sukzessive steigern, verfügen hier durch Preisvorteile über eine immer stärkere Ausgangsposition im Wettbewerb um die neuen Wachstumsmärkte. Durch steigende Produktionszahlen und -effizienz sind insbesondere chinesische Unternehmen zunehmend in der Lage, ihren Heimatmarkt in geeigneter Weise zu bedienen und selbst anspruchsvollen Kundenanforderungen gerecht zu werden.

Seit einigen Jahren werden deutsche Produkte daher zunehmend in schmäler werdende Hochpreislücken verdrängt, die nicht auf die primären Industriebedürfnisse in den



Schwellenmärkten abzielen. Dies wird auch an der Exportstatistik Deutschlands sichtbar: Hochtechnologie-Produkte konnten hier in den vergangenen Jahren nicht im selben Maße wachsen wie der Gesamtexport.

Auch die kürzer werdenden Produktlebenszyklen und die sinkenden Erträge bei steigendem Engineering-Aufwand stellen dabei wesentliche Herausforderungen für deutsche Unternehmen dar.

Parallel dazu fällt die noch geringe Erschließung des Exports durch deutsche IT(-nahe) Produkte auf: In den neuen digitalen Marktfeldern befindet sich Deutschland im globalen Exportvergleich auf Rang 28. Diese Produktgruppe macht jedoch einen wachsenden Anteil am weltweiten Exportmarkt aus. Um ihre aktuelle Führungsposition auf Dauer halten zu können, müssen sich deutsche Unternehmen daher auch mit IT-nahen Produkten stärker positionieren [11].

Entscheidend ist, zugleich Produktlinien hoher Qualität und Individualisierung nicht nur beizubehalten, sondern auszubauen und weiterzuentwickeln: So bewirkt die 4.0-Entwicklung in den westlichen Märkten den weiteren Anstieg individualisierter Produkte und damit indirekt auch ihrer Produktionssysteme.

Zudem verbleiben *Emerging Markets* nicht dauerhaft in ihrem jetzigen Übergangsstadium, sondern etablieren sich mehr und mehr, wodurch ihre Anforderungen schrittweise ansteigen. Während also der Drang der

westlichen Märkte nach Individualisierbarkeit von Produkten heute eine große Hürde für eine kostengünstige Massenproduktion für den Schwellenländermarkt darstellt, eröffnet genau diese Anforderung die größten Chancen für deutsche Unternehmen, nicht nur mittel-, sondern auch langfristig in den *Emerging Markets* Fuß zu fassen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass in bereitgestellte Produkte und Dienstleistungen deutscher Unternehmen dann neue Technologien der Digitalisierung integriert werden.

MASCHINEN



GESAMT



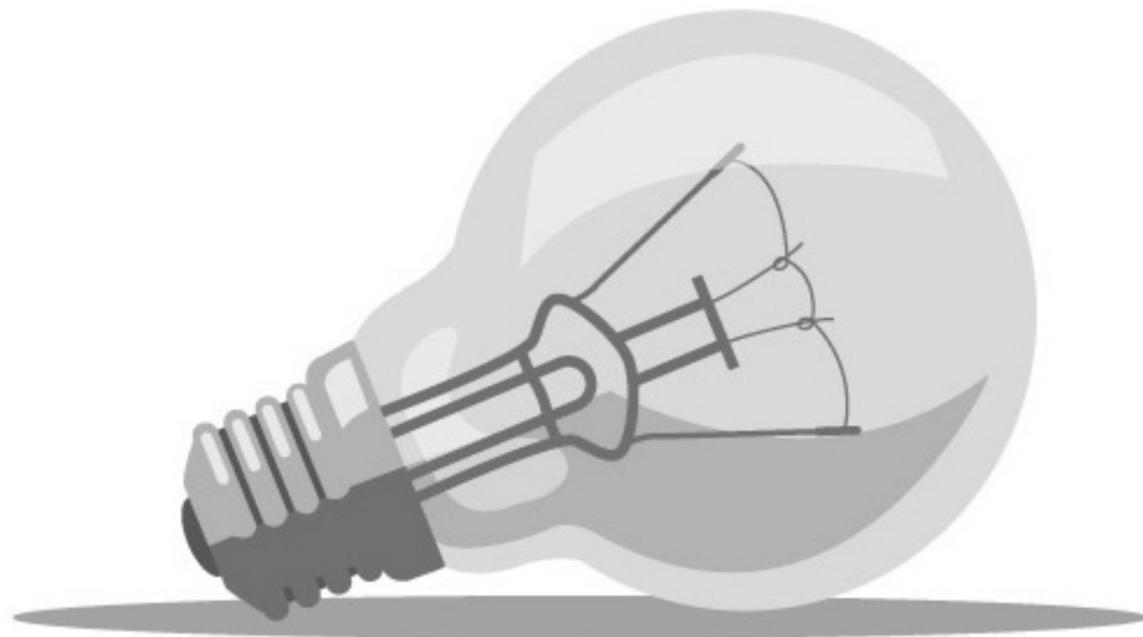
Abnehmerländer deutscher Exporte (%): In nahezu allen Branchen werden rund zwei Drittel der Güter in kleineren und aufstrebenden Nationen abgesetzt. (Quelle: Statistisches Bundesamt)

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)

OPERATIVE MAßNAHMEN S.70 ff.		UNTERNEHMENSSTRATEGIE S.80 ff.	
5.2.1	Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien	5.4.1	Erschließung neuer Märkte ✓
5.2.2	Kompetenzaufbau IT-Sicherheit	5.4.2	Kooperationen und Kompetenzbündelung
5.2.3	Personalentwicklung	5.4.3	Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld
5.2.4	Neue Recruitingprozesse	5.4.4	Produkte für <i>Emerging Markets</i> ✓
5.2.5	Ausbildung 4.0	5.4.5	Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie
5.2.6	Kostensenkung und Effizienzsteigerung ✓		
UNTERNEHMENSKULTUR S.76 ff.		ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN S.84 ff.	
5.3.1	Etablierung einer umfassenden Innovationskultur	5.5.1	Öffentliche Investitionen
5.3.2	Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft ✓	5.5.2	Deregulierung
		5.5.3	Finanzierungsmodelle

2.3

Kritische Größe eines deutschen Erfolgsmodells



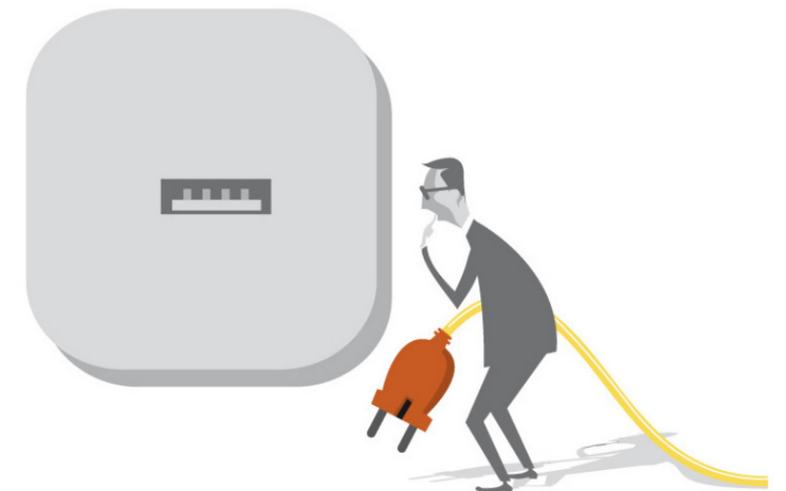
Die fortschreitende Globalisierung der Industriemärkte verändert die bisherigen Rahmenbedingungen teils grundlegend. Die auch im makroökonomischen Kontext zunehmenden Verschiebungen stellen KMU vor größere Herausforderungen als diversifizierte, global agierende Großkonzerne. Unter anderem haben KMU nicht die hinreichende Größe für umfassende Systementwicklungen. Zudem sind sie Marktschwankungen in ihren Hauptsegmenten unmittelbar ausgesetzt. Nicht zuletzt infolge langjähriger Stagnation des europäischen Heimatmarktes sind ihre Investitionsmittel gegenwärtig begrenzt. Geraten jedoch die KMU als wesentliche Stütze der deutschen Wirtschaft ins Hintertreffen, beeinträchtigt dies mittelfristig die gesamte deutsche Industrielandschaft.

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) bilden das Rückgrat der deutschen Wirtschaft und sind ein wesentlicher Bestandteil des »deutschen Erfolgsmodells«. Neben ihrem hohen volkswirtschaftlichen Beitrag — die Hälfte aller Arbeitsplätze entfällt auf KMU — stellen sie eine große Zahl sog. »hidden champions«. Diese der breiten Öffentlichkeit wenig bekannten Unternehmen (mit einem Umsatz über 50 Mio. Euro und über 500 Mitarbeitern) verfügen in ihrem jeweiligen Segment über eine führende Position im globalen Markt. Sie zeichnen sich meist durch hohe Kundennähe, gezielte F&E-Investitionen und hohe Innovationskraft aus. Rund 1.400 mittelständische deutsche Unternehmen gelten in ihrem jeweiligen Marktsegment als weltweit führend [12][13].

So waren es in der Vergangenheit gerade mittelständische Unternehmen, die sich selbst in makroökonomischen Krisenzeiten vergleichsweise stabil entwickelten. Auch die globale Finanzmarktkrise konnten deutsche KMU vergleichsweise schnell überwinden und erreichten ihr Vorkrisenniveau im Schnitt nach zwei Jahren wieder. Wesentliche Erfolgstreiber waren ihre Innovationskraft und Flexibilität, flankiert durch politische Lenkungsmaßnahmen wie die Ermöglichung von Kurzarbeit [14][15].

Warum geraten insbesondere KMU zunehmend in Bedrängnis?

Die Branchen, in denen sich deutsche KMU als führend etabliert haben, lassen sich ins-



besondere dem klassischen Maschinen- und Anlagenbau zuordnen. Hier dominieren jedoch in zunehmendem Maße IT-gestützte Systeme und Verfahren die neuen Herangehensweisen. Die im INDUSTRIE 4.0-Kontext erforderlichen Investitionen in Systementwicklung und -ausbau übersteigen häufig die Möglichkeiten eines einzelnen KMU. Auch größere mittelständische Unternehmen scheuen die Investitionskosten und verfügen in der Regel selbst nicht über entsprechende IT-Fachkräfte bzw. -Strukturen. Ihre Zurückhaltung bei der Nutzung externer Ressourcen, etwa einer Cloud, verschärft das Problem und führt zu Wettbewerbsnachteilen gegenüber ausländischen KMU. So belegen verschiedene aktuelle Studien, dass diejenigen Unternehmen, die auf Cloud-Dienste zurückgreifen, vielfach höhere Wachstumsraten realisieren

als Unternehmen, die sich ›offline‹ bzw. nur im Rahmen eigener IT-Ressourcen bewegen [16][23].

Hinzu kommt, dass zunehmend Systemlösungen dominieren, d.h. komplexe Leistungen, die die gesamten Bedürfnisse eines Kunden (und nicht nur einzelne Elemente davon) bedienen. So erwarten Kunden für ihre Produktideen, Online-Kataloge oder Bestellsysteme etwa immer häufiger einen (webbasierten) Konfigurator. Ein weiteres Beispiel für die Schaffung ausgereifter Systemlösungen bildet die Einführung von Compliance-Management-Systemen, die maßgeschneiderte Lösungen wie die Etablierung eines After-Sales-Managements bieten. Zu den Gewinnern bezüglich INDUSTRIE 4.0-Technologien gehören vor diesem Hintergrund Systemintegratoren und -anbieter. KMU sind meist in einem eher produktorientierten Segment tätig und können daher in der Regel selbst nicht als Systemanbieter auftreten. Hier sind neue Verbundstrukturen und das Bilden gezielter Kooperationen bzw. externer Kompetenzaufbau erforderlich, damit KMU ihre Marktanteile dauerhaft halten können.

»Systemlösungen sind für KMU schwieriger zu realisieren als für größere Unternehmen; verschärft wird dies noch dadurch, dass die ›Systeme‹ immer größer werden und die ›Systemhülle‹ in einem globalisierten und hochvernetzten Wettbewerb größer gedacht werden muss als früher.«

Kai Büntemeyer, CEO, KOLBUS GmbH & Co. KG

Dies gilt umso mehr, als die erarbeitete Marktposition deutscher KMU wesentlich auf ihrem Know how beruht — was sie aufgrund ihrer begrenzten Größe zu gefragten Übernahmezielen insbesondere für asiatische Wettbewerber macht. Die fortschreitende Globalisierung wird diese Entwicklung weiter vorantreiben.

Zugleich entstehen rasant wachsende neue Technologiebereiche — wie die Nano-, Bio- oder Informationstechnologie — mit dem

Ziel, alte Geschäftsmodelle (zumindest in Teilen) zu ersetzen. Insbesondere hier ist die Präsenz deutscher KMU deutlich schwächer; die in diesen neuen Branchen aktiven Unternehmen sind vielfach nicht mehr in Europa beheimatet. Deutsche KMU und junge Start-ups verfügen nur bedingt über die nötigen Ressourcen, um gezielt neue, internationale Märkte zu erschließen [17].

Bio- und Nanotechnologien sind Megatrends mit weitreichender Bedeutung für den technologischen Fortschritt insgesamt. Vielfältige Anwendungsgebiete liegen etwa in der Bionik, der mobilen Robotik, in schwarmbasierten Systemen und in der Heim-Automatisierung. Insbesondere zur Jahrtausendwende ist die Zahl der Publikationen im Biotechnologie-Kontext stark angestiegen. Die Anwendungsbereiche der Biotechnologie erweitern sich zusehends: Während in den 1990er Jahren noch Begriffe wie *nature* die zentrale Rolle spielten, finden sich unter den Bereichen der Biotechnologie inzwischen außerdem Begriffe wie *engineering*, *pattern*, *process* oder *control*. Um zukunftsfähig zu sein, müssen die Ingenieurwissenschaften in Deutschland auf diesen Paradigmenwechsel — und die damit einhergehenden erweiterten Anwendungsbereiche der Biotechnologie — erheblich stärker reagieren. Auch hier stehen KMU vor besonderen Herausforderungen im Aufbau entsprechender Kompetenzen.

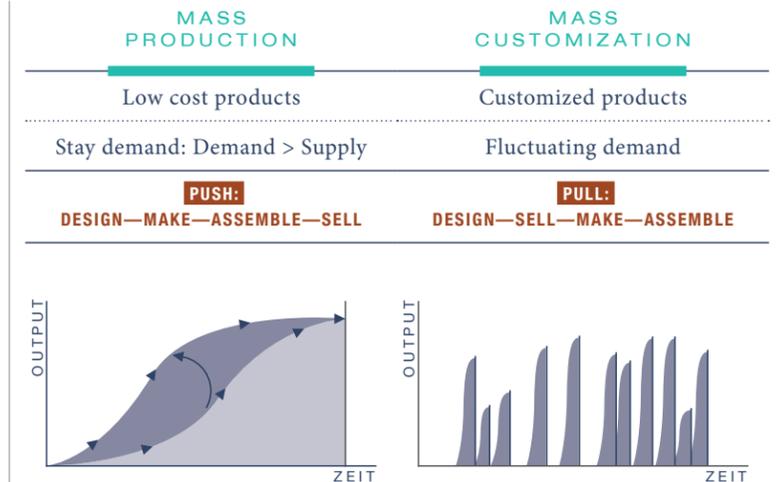
Eine weitere Herausforderung liegt in der erforderlichen Veränderung der Zeitskalen von Produktlinien: Bestehende Produktionssysteme arbeiten besonders wirtschaftlich, wenn sie auf die Produktion von Mittel- bis Großserien ausgelegt sind. Hier wird eine optimale Ausnutzung von Skaleneffekten erreicht [18]. Das gilt insbesondere für KMU und ihre — in der Regel weniger zahlreichen — Produkte, die über einen längeren Zeitraum hinweg vertrieben werden sollen. Entscheidende Bedeutung kommt hier dem ›Ramp-up‹ zu, dem Anlauf-Management einer Produktion bzw. eines Produkts. Dabei wird eine Produktionsstätte aufwändig dahingehend optimiert, ein angefordertes Produkt möglichst schnell, effizient und kostengünstig produzieren zu können. Der klassische Ansatz sieht hierin

eine zeitlich abgrenzbare Phase mit definiertem Start- und Endpunkt.

Die INDUSTRIE 4.0 verändert den Ramp-up-Prozess erheblich: Bereits in den vergangenen Jahrzehnten geriet die zuvor skizzierte Perspektive durch den Übergang von ›mass production‹ zu ›mass customization‹ ins Wanken — ein einzelnes Modell (Produkt) besitzt heute oft mehrere hundert Optionen, die vom Kunden frei gestaltet werden können.

Vor diesem Hintergrund kann heute längst nicht mehr von der Ramp-up-Phase eines einzelnen, abgrenzbaren Produkts gesprochen werden. Vielmehr entsteht — parallel zur Anzahl der möglichen Produktvarianten — eine multiple Ramp-up-Phase, bestehend aus einem Bündel separater Ramp-up-Prozesse [19].

Mit einer »Technik zur Automatisierung der Losgröße -1« zu vergleichbaren oder konkurrenzfähigen Preisen verändert sich das Bild nochmals: Jedes Produkt ist dann ›per Konstruktion‹ ein Einzelstück. Das Ramp-up



Ramp-up im Übergang von ›mass production‹ zu ›mass customization‹, die Ramp-up-Phasen werden mehr, verkürzen sich aber. (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

verschmilzt damit vollständig mit dem Produktionsprozess. Das erfordert nicht nur die Entwicklung komplett neuer Theorien, sondern auch komplett neue organisatorische Abläufe in den Unternehmen sowie damit verbundene Investitionen.

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)

OPERATIVE MAßNAHMEN S.70 ff.		UNTERNEHMENSSTRATEGIE S.80 ff.	
5.2.1	Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien	5.4.1	Erschließung neuer Märkte
5.2.2	Kompetenzaufbau IT-Sicherheit	5.4.2	Kooperationen und Kompetenzbündelung ✓
5.2.3	Personalentwicklung ✓	5.4.3	Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld
5.2.4	Neue Recruitingprozesse	5.4.4	Produkte für <i>Emerging Markets</i>
5.2.5	Ausbildung 4.0	5.4.5	Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie
5.2.6	Kostensenkung und Effizienzsteigerung		
UNTERNEHMENSKULTUR S.76 ff.		ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN S.84 ff.	
5.3.1	Etablierung einer umfassenden Innovationskultur ✓	5.5.1	Öffentliche Investitionen ✓
5.3.2	Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft ✓	5.5.2	Deregulierung ✓
		5.5.3	Finanzierungsmodelle ✓

3.0

**Entstehung
neuer Wett-
bewerber**

3.1

Die Verfolgungsjagd hat begonnen



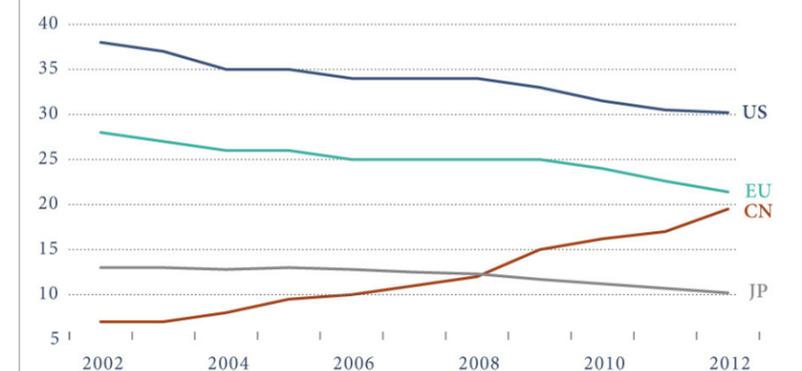
Industrielle Revolutionen waren stets von umfassenden Veränderungen in der Anbieterstruktur gekennzeichnet. Ändern sich ein Markt oder seine Rahmenbedingungen, so haben ›Angreifer‹ meist einen gewichtigen Vorteil gegenüber dem ›Titelverteidiger‹: Es müssen keinerlei Rücksichten etwa auf langjährig bestehende Kunden- oder Lieferantenstrukturen, gewachsene Standorte und Prozessabläufe, Mitarbeiter- oder Tarifstrukturen genommen werden, da diese noch nicht oder erst gering ausgeprägt sind. Dies begünstigt ausländische, insbesondere asiatische Wettbewerber mit hoher (technologischer wie qualitativer) Aufholgeschwindigkeit sowie Branchenneulinge aus dem Technologie-, IT- oder Kommunikationssektor.

Noch ist Deutschland führender Exporteur in 16 der 32 Branchen des Maschinen- und Anlagenbaus. Auch wenn die Wachstumsdynamik Chinas in den letzten Jahren abnahm, lag China mit seinem erzielten Exportzuwachs zwischen 2008 und 2013 durchgehend vor Deutschland und den USA. Bedingt durch den schwachen Euro erholte sich der deutsche Export 2014 mit einem Plus von 3,7%, während China nur 3,4% Wachstum verzeichnete – langfristig wird China den deutschen Export allerdings weiter überholen [20]-[24].

Zudem scheint China, ebenso wie Südkorea, das Potenzial der vierten industriellen Revolution erkannt zu haben. So stieß die chinesische Regierung u. a. ein umfassendes Programm zur Entwicklung cyber-physischer Systeme an. Dessen ambitioniertes Ziel – der Aufbau einer grundlegenden Infrastruktur für ein umfassendes ›Internet der Dinge‹ bis zum Jahre 2015 – geht an Stringenz deutlich über die Ansätze der von der Bundesregierung gestarteten Hightech-Initiativen hinaus. Im Tätigkeitsbericht der chinesischen Regierung vom 16. März 2015 liegt ein besonderer Fokus auf der Ausarbeitung des Aktionsplan ›Internet Plus‹, die Verbindung von mobilem Internet, dem Cloud Computing, Big Data, dem Internet der Dinge usw. mit der modernen Fertigungsindustrie voranzutreiben, die gesunde Entwicklung des elektronischen Handels, des industriellen Internets sowie der Online-Finanzgeschäfte zu fördern und die Internetunternehmen anzuleiten, ihren internationalen Marktanteil auszubauen. Der chinesische Staat hat bereits einen Fonds in Höhe

von 40 Mrd. Yuan (ca. 5,9 Mrd. Euro) für die Anleitung der Investitionen in die Existenzgründung in den neuen Industrien errichtet; es gilt, mehr Geldmittel zu integrieren und zu beschaffen, um die Innovation der Industrien anzuspornen und zu fördern. Zeitgleich verabschiedete auch Südkorea ein gezieltes Programm zur Verknüpfung von IT-Technologien und Fertigungsprozessen. China und Südkorea schließen im Bereich der Forschung und Entwicklung zunehmend auf [25]-[27].

Gestärkt durch wachsende Binnenmärkte und hohe Absatzzahlen in ihren jeweiligen Ländern verfügen die aufstrebenden asiatischen Wettbewerber über das erforderliche Kapital zur Erweiterung ihrer Produktportfolios und

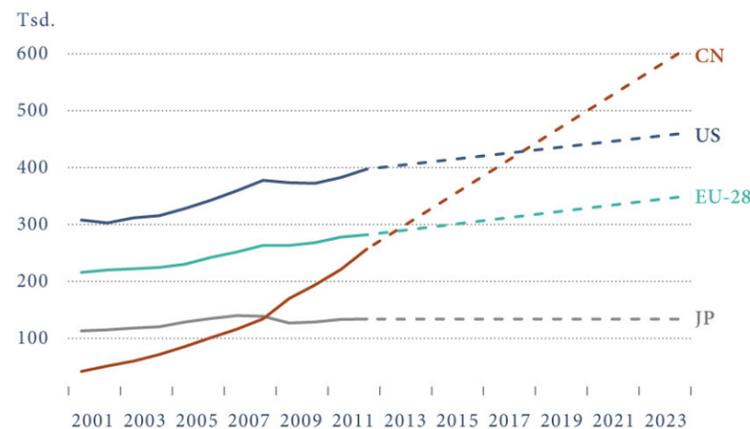


Entwicklung des Exports 2007-2012: China, die USA und Deutschland dominieren den Weltmarkt, Deutschland jedoch mit nachlassender Dynamik. China und die USA konnten sich nach 2008 schneller erholen. China wächst seitdem mit einer ungebremsten Dynamik. (Quelle: World Trade Organization)

Technologien sowie zur regionalen bzw. globalen Expansion, während vor allem europäische Hersteller in den vergangenen Jahren angesichts gesättigter Heimatmärkte vermehrt an Wachstumsgrenzen stießen oder teilweise sogar Umsatzrückgänge hinnehmen mussten.

Zur richtigen Zeit am richtigen Ort

Ein weiterer strategischer Vorteil asiatischer Wettbewerber liegt im Zeitpunkt ihres Aufstiegs: Der wirtschaftliche Aufschwung insbesondere Chinas und Südkoreas fiel bereits in die Digitalisierungsära; viele der Unternehmen zählen zu den sog. ›born digitals‹, denen der Wechsel zu 4.0-Ansätzen leichter fällt, da keinerlei Rücksicht auf bestehende Strukturen genommen werden muss. Nicht zuletzt der regulatorische Rahmen — etwa hinsichtlich staatlicher Auflagen im Bereich Sicherheit und Datenschutz — ist in den aufstrebenden Märkten verhältnismäßig liberal gestaltet. Zudem schützen viele der jungen Märkte heimische Anbieter z.B. durch Verhängung von Strafzöllen und Auflagen wie etwa *Local-Content-Quoten*.



Weltweite F&E-Ausgaben: Das wachsende Tempo Chinas zeigt sich nicht nur im Export. Chinesische Unternehmen haben (vor allem seit 2008) kontinuierlich ihre Forschungsausgaben gesteigert. Nach aktuellen Schätzungen ist China bereits 2014 zur zweitstärksten Nation hinter den USA aufgerückt und wird diese bis 2020 überholt haben. (Quelle: OECD)

Eine andere ostasiatische Hightech-Nation spielt im INDUSTRIE 4.0-Kontext demgegenüber bisher eine vergleichsweise geringe Rolle: Wie Deutschland gehört Japan zu den technologisch führenden Wirtschaftsnationen — z.B. auf dem Gebiet der Robotik —, konnte bislang jedoch keinen globalen Durchbruch

auf dem Gebiet der INDUSTRIE 4.0 erzielen. Strukturell weist die Konservativität etablierter japanischer Maschinen- und Anlagenbauer gewisse Ähnlichkeiten zu deutschen Traditionsunternehmen auf; zugleich steht Japan vor ähnlichen makroökonomischen Herausforderungen wie Deutschland, etwa dem demografischen Wandel. China und Südkorea hingegen können als ›junge Wilde‹ andere Vorgehensstrategien wählen.

Einen Vorsprung gegenüber Deutschland besitzt Japan im Bereich innovativer Mensch-Maschine-Schnittstellen und im Bereich humanoider bzw. human-zentrierter Robotik: In Japan sind Roboter nicht nur rationale Hightech-Produkte, sondern genießen hohe gesellschaftliche Akzeptanz, die auf dem komplexen Zusammenspiel verschiedener sozialer, politischer und kultureller Faktoren beruht. Ein enges Interagieren von Mensch und Maschine stößt deshalb in der japanischen Gesellschaft kaum auf Vorbehalte. So überrascht nicht, dass es Japan ist, das derzeit die weitest entwickelten humanoiden Roboter hervorbringt und sich in diesem neuen Wachstumssegment positioniert [28][29].

Entwicklungsland Deutschland

Deutschland weist Defizite in der Infrastruktur für moderne Informations- und Kommunikationstechnologien auf: Während bei der Internet-Abdeckung hierzulande immer noch ›weiße‹ oder zumindest ›graue‹ Flecken existieren, sind in Südkorea schon seit 2012 Bandbreiten von 1 Gigabit pro Sekunde Standard. Mit Investitionen von rd. 1,1 Milliarden Euro will Südkorea bis 2020 das mobile Netz der fünften Generation (5G) kommerziell etablieren – bereits heute gilt Südkorea als globaler Benchmark hinsichtlich der nationalen Netzanbindung und -verfügbarkeit [30]. Südkorea bietet schon heute die geeignete Infrastruktur für ein ›Internet der Dinge‹ (das auf schnellen Datentransfer großer Informationsmengen angewiesen ist), während in Deutschland vergleichbare Ausbaustufen frühestens für 2018 zu erwarten sind [31]. Dabei sind schnelle, moderne Informations- und Kommunikations-Technologien (IKT) unverzichtbare Grundvoraussetzung für die

Vernetzung intelligenter Produktionsstätten. So besitzen im IKT-Bereich tätige asiatische Unternehmen — wie der Netzbetreiber CHINA MOBILE oder aber SAMSUNG und HTC — eine deutlich höhere Kompetenz in Feldern der Digitalisierung und dadurch auch eine deutlich höhere Dominanz als deutsche Unternehmen. Zugleich haben lediglich acht der globalen Top 100 Hightech-Firmen ihre Zentrale in Europa; einzig Nordamerika ist in dieser Hinsicht noch führend neben Asien vertreten.

Die Erfolge der chinesischen B2B-Plattform ALIBABA oder der chinesischen Suchmaschine BAIDU in Asien verdeutlichen, wie das US-amerikanische Innovationsmodell von asiatischen Anbietern im Digitalisierungskontext importiert — und ggf. auch erfolgreich exportiert — wird [32][33].

Während die asiatischen Länder im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien den deutschen Standards weit voraus sind, liegt der Vorsprung auf deutscher Seite in der Entwicklung industriell hochspezialisierter Güter [34]. Die Exportanteile zeigen jedoch, dass beispielsweise China durchaus in der Lage ist, den vorhandenen Vorsprung Deutschlands anzugreifen [21].

Deutschlands bisherige Eigen-/Fremdwahrnehmung verleitet zum Stillstand

Deutschlands positive Bewertung als wirtschaftlich starke Nation beruht nicht zuletzt auf der Schwäche vieler europäischer Nachbarstaaten sowie dem hohen Exportüberschuss, hohen Steuereinnahmen und historisch niedriger Arbeitslosigkeit. Zudem hat Deutschland die globale Wirtschafts- und Finanzmarktkrise im europäischen Vergleich überdurchschnittlich schnell überwunden.

»Wir sind nicht so stark wie wir glauben — die Noch-Führungsposition im Export ist Ursache der überoptimistischen Einschätzung.«

Dr. Michael Wenzel, Geschäftsführer, Reis GmbH & Co. KG Maschinenfabrik

Diese positive Bewertung Deutschlands orientiert sich jedoch ausschließlich am Status quo und verleitet dazu, die wachsenden Herausforderungen auszublenden. Die geringe Verankerung Deutschlands in den aufstrebenden IT-Märkten, die fehlende internationale Ausrichtung der KMU und ihre Schwäche in der Entwicklung von Systemlösungen beeinträchtigen die Positionierung im globalen Markt der Zukunft.

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)

OPERATIVE MAßNAHMEN S.70 ff.		UNTERNEHMENSSTRATEGIE S.80 ff.	
5.2.1	Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien ✓	5.4.1	Erschließung neuer Märkte ✓
5.2.2	Kompetenzaufbau IT-Sicherheit	5.4.2	Kooperationen und Kompetenzbündelung ✓
5.2.3	Personalentwicklung	5.4.3	Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld
5.2.4	Neue Recruitingprozesse	5.4.4	Produkte für <i>Emerging Markets</i> ✓
5.2.5	Ausbildung 4.0	5.4.5	Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie ✓
5.2.6	Kostensenkung und Effizienzsteigerung ✓		
UNTERNEHMENSKULTUR S.76 ff.		ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN S.84 ff.	
5.3.1	Etablierung einer umfassenden Innovationskultur ✓	5.5.1	Öffentliche Investitionen ✓
5.3.2	Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft ✓	5.5.2	Deregulierung ✓
		5.5.3	Finanzierungsmodelle

3.2

Entstehung einer neuen Klasse von Wettbewerbern



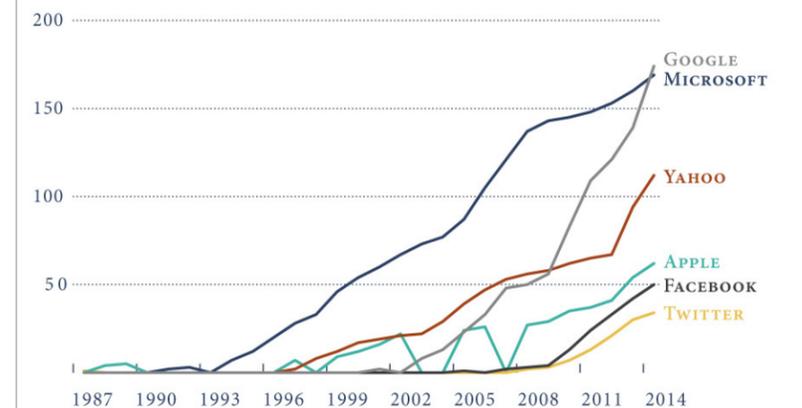
Eine neue Klasse von Anbietern drängt in den globalen Markt und droht, den künftigen Wettbewerbsdruck zu intensivieren. Insbesondere die binnen kurzer Zeit stark gewachsenen US-Großkonzerne mit IT-/Technologiehintergrund, darunter AMAZON und GOOGLE, erweitern fortlaufend ihre Geschäftsfelder und drohen, auch für den klassischen Maschinenbau mittelfristig zu Herausforderern zu werden.

Vergleichsweise junge IT-Großkonzerne beweisen gegenwärtig, wie schnell sie außerhalb ihres Kerngeschäfts liegende, neue Geschäftszweige erschließen können: AMAZON etwa gliederte innerhalb kürzester Zeit E-Reader, Smartphones und den Streaming-Markt erfolgreich in sein Produktportfolio ein. Zugleich verfolgt der Online-Versandhändler eine aggressive Expansionspolitik und steigert einerseits durch rigorose Hardware-Subventionierung, andererseits durch gezielte Übernahmen seine Marktanteile in signifikantem Maße [35].

AMAZON tätigt hohe Investitionen in experimentelle Forschungsvorhaben und nimmt dabei — motiviert durch den prognostizierten Langzeiterfolg infolge Wettbewerbsverdrängung — auch Verluste in Kauf: So stieg 2014 (jeweils gegenüber dem Vorjahr) der Umsatz um 20%, während das Betriebsergebnis um mehr als 75% zurückging. Trotz des hohen operativen Verlusts investierte AMAZON 40% mehr in die Bereiche Technologie und inhaltliche Forschung & Entwicklung; der F&E-Anteil des Online-Händlers beläuft sich inzwischen auf 10% des Umsatzes. Die dahinterstehende Strategie ist vordergründig die »Marktführerschaft durch Innovation«, im Weiteren auch die Stärkung der eigenen Marktposition durch Eroberung bzw. Besetzung der jeweiligen Vertriebskanäle und der dahinterstehenden Technologieanbieter. Dabei spielt vor allem der Zugang zu Kunden- und Verhaltensdaten (Big Data) eine zentrale Rolle — neue Schwerpunkte des Konzerns liegen u. a. im Bereich der vernetzten Heimautomatisierung [36][37].

Auch GOOGLE erschließt parallel zu seinem Kerngeschäft diverse neue Geschäftsfelder und ist heute weit mehr als ein Suchmaschi-

nen-Anbieter und Web-Dienstleister. Die temporäre Übernahme der Mobilfunksparte von MOTOROLA durch GOOGLE zeigt, dass zunehmend diejenigen Geschäftsfelder ins Visier genommen werden, die zur Generierung kundenrelevanter Daten selbst notwendig sind [38]. Die fortschreitende Vernetzung und Digitalisierung hält in allen Bereichen Einzug und erweitert die Geschäftsfelder von GOOGLE entsprechend. Allein im Jahr 2013 übernahm GOOGLE in sieben Monaten sieben Robotik-Hersteller [39], darunter das renommierte Unternehmen BOSTON DYNAMICS. Mit dem GOOGLE CAR — Prototyp 2014 — betritt GOOGLE erstmals das Automobilsegment und entwickelt Lösungen für das autonome Fahren [39]-[41]. Denkbar ist eine dauerhafte Etablierung als Fahrzeugausrüster zur nachhaltigen Sicherung der Datenressourcen. Vergleichbare



Anzahl der Unternehmensübernahmen von GOOGLE: Erkennbar ist ein anhaltender Aufwärtstrend. GOOGLE vergrößert nicht nur sein originäres Geschäftsfeld, sondern dringt zunehmend in neue Bereiche vor. Neben bedeutenden Übernahmen im IT-Umfeld (u. a. YouTube, Android, Picasa) übernahm GOOGLE in den vergangenen zwei Jahren eine Vielzahl kleiner hochinnovativer Robotik-Hersteller und forscht aktiv in verschiedenen Gebieten mobiler Robotik und allgemeiner Automatisierungstechnik. Analysen zeigen vergleichbare Trends bei den »jungen« IT-Konzernen. (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

Ansätze sind in der Unterhaltungselektronik zu erkennen, wo verstärkt GOOGLE-Software eingesetzt wird [42].

Das Verschwimmen von Grenzen

Das Beispiel GOOGLE verdeutlicht den Trend verschwimmender Branchengrenzen, insbesondere die Aufhebung der Grenzen zwischen IT- und technologiebasierten Branchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau. Versinnbildlicht wurde dies durch das enge Zusammenrücken von Computerfirmen und Autobauern auf der IT-Messe CES im Januar 2015 [43]. Obwohl das primäre Interesse von GOOGLE eher dem Zugang zu Daten als dem Fahrzeugbau gelten mag, hat sich GOOGLE als Innovationstreiber positioniert. Eine ähnliche Vorgehensweise wird auch für APPLE vermutet [44]. Für deutsche KMU des Maschinen- und Anlagenbaus ist dieser Schritt entscheidend: Neben einer neuen Wettbewerbslandschaft würde dies zugleich eine

»Die Kooperationsfähigkeit von Software und Mechanik wird über den Produkterfolg in der Fertigung der Zukunft entscheiden. Somit hat die Kompatibilität von Schnittstellen, Software und Betriebssystemen oberste Priorität.«

Prof. Dr. Gunter Dueck, ehem. CTO, IBM Deutschland im Handelsblatt-Gespräch [1]



Veränderung der »big players« auf Kundenseite und eine Bewegung innerhalb der wichtigsten Zielbranche sowie ihrer Zuliefererunternehmen nach sich ziehen.

Vor allem jedoch zeichnet sich in Zeiten technologischen Umbruchs eine massive Veränderung der Anbieterstruktur ab: Zu sog. »vendor changes« kommt es, wenn eine aufstrebende Technologie auf anderes Know how zurückgreift als die bestehenden. Um ein autonomes Fahrzeug zu schaffen, ist nicht die Kompetenz im klassischen Automobilbau (Hardware) entscheidend — diese kann nach Bedarf erworben werden — von zentraler Bedeutung ist vielmehr die Kompetenz in komplexer, echtzeitfähiger Datenanalyse [45].

Überwindung der System- und Branchengrenzen

Die Gefahr liegt in der Betrachtung zu geringer Systemgrenzen: Wettbewerbsdruck wird vor allem aus der Richtung vergleichbarer Unternehmen, insbesondere der Peer Group (gekennzeichnet durch gleiche Zielmärkte, -segmente, -regionen und/oder Unternehmensgrößen), erwartet. Dass aber neue Herausforderer möglicherweise aus anderen Bereichen erwachsen könnten, wie etwa die »digital-born enterprises«, steht bisher noch kaum im Fokus der Wettbewerbsanalyse [45]. Dies liegt nicht nur in einer eingeschränkten Perspektive, sondern ist auch darin begründet, dass die Kompetenz moderner Datentechnik nicht in ausreichendem Maße Beachtung findet: Neue Herausforderer sind auf Basis ihrer Expertise im Sammeln von Daten und hoher Investitionsbereitschaft in der Lage, sich schnell und effizient Wissen über fachfremde Branchen anzueignen [46][47].

Kein rein amerikanischer Vorsprung

Die führende Position der USA im Bereich der IT-Technologien wird durch die Nachahmeranstrengungen aufstrebender Industrieländer wie China und Südkorea zunehmend herausgefordert. Die breite Einsatzbarkeit dieser Technologien — etwa im Bereich der Unterhaltungsindustrie oder des Online-Shoppings — ermöglicht es ihren Anwendern, in kürze-

rer Zeit marktfähige Produkte zu generieren. Deutschland besitzt hohe Kompetenzen im IT-Bereich, und viele Theorie-Beiträge stammen aus deutschen Forschungsinstituten; gleichwohl liegt der Schwerpunkt der Kompetenzen zur Entwicklung marktfähiger Produkte und Geschäftsmodelle nach wie vor eher in den klassischen Bereichen. SAP stellt in dieser Hinsicht eine — wenn auch markante — Ausnahme dar, die diese Regel bestätigt.

Ein auffälliges Merkmal der aufstrebenden technologiebasierten US-Großkonzerne ist ihr starkes Engagement im Bereich der Grundlagenforschung; dabei profitieren sie von einem innovationsfördernden Umfeld, zu dem sie umgekehrt ihrerseits aktiv beitragen. Dazu gehören — neben Ausbildungsqualität, Kreativität und einer Grundoffenheit — auch die notwendigen Rahmenbedingungen in Gestalt von Zeit, Raum und grünem Licht für das Experimentieren mit neuen Herangehensweisen und Produkten. Zugespitzt formuliert: Das vielbeschworene »schwäbische Tüftler-Gen« kann sich nicht praktisch entfalten, wenn etwa Produktionsanlagen bereits voll ausgelastet und durchgehend in Betrieb sind.

»Das Erfolgsgeheimnis der USA liegt darin, dass sie es immer hervorragend vermocht haben, IT nicht nur zu beherrschen, sondern sie auch in marktfähige Produkte umzusetzen.«

Stefan Gerlach, Abteilungsleiter, Fraunhofer IAO

Innovationsfördernde Arbeitsmodelle wie etwa der »80/20«-Ansatz von GOOGLE (ein Tag pro Woche zur Ideenentwicklung/-verfolgung [48]) stellen zusätzliche Investitionen in eine forschungsorientierte Unternehmenskultur dar.

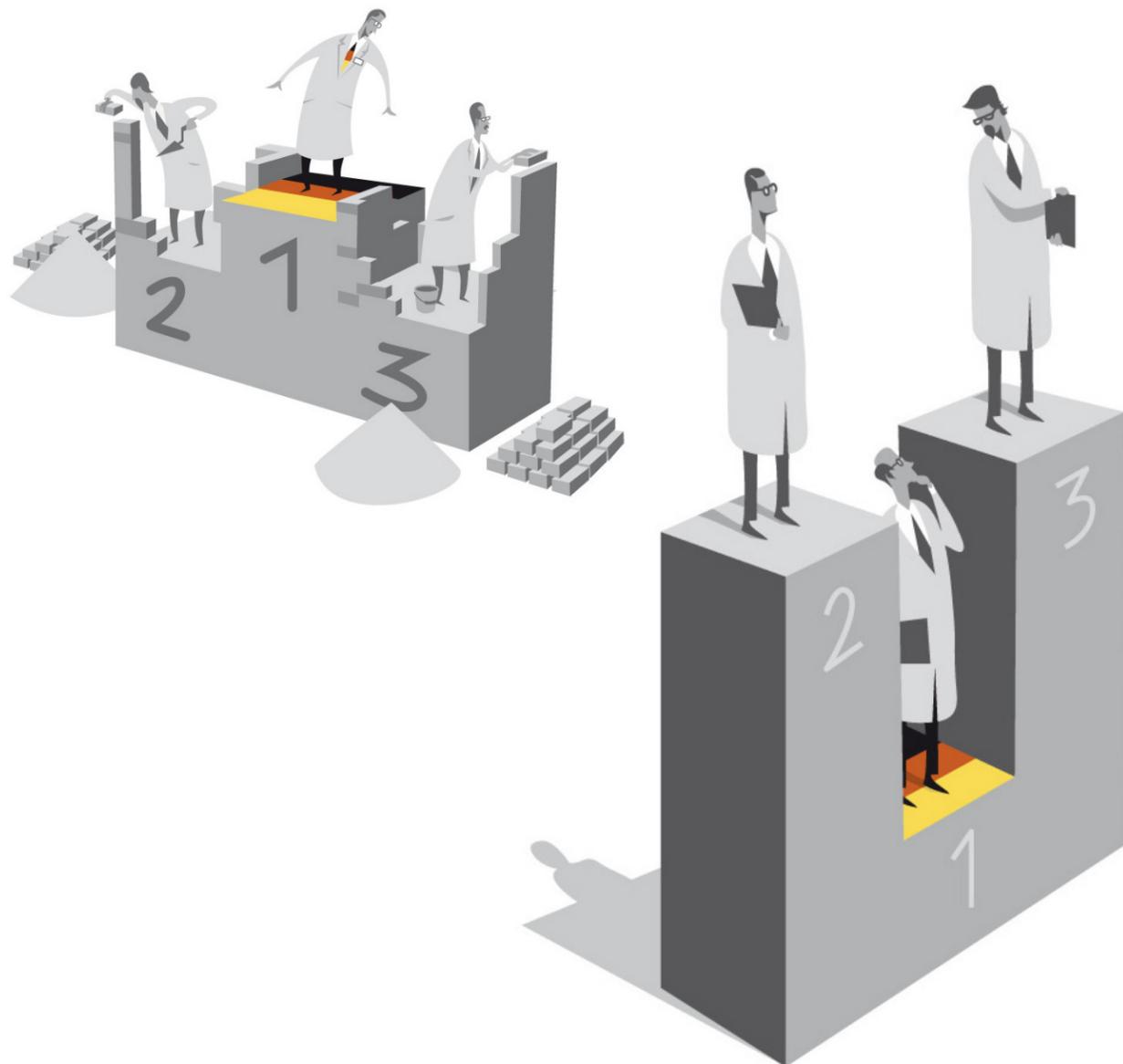
Ein weiterer Schlüssel liegt in hoher Fehlertoleranz: Innovationen entstehen dort, wo kreativ und experimentell vorgegangen wird; dabei sind Misserfolge unvermeidlich und deshalb in Kauf zu nehmen. Bei der Herausbildung fehlertoleranter Prozesse sind nicht nur die USA Deutschland deutlich voraus. Auch junge aufstrebende Industrienationen haben hier Vorteile, weil sie nicht an den technologischen Errungenschaften der Vergangenheit festhalten, sondern auf deren Basis neue Technologien entwickeln.

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)

OPERATIVE MAßNAHMEN S.70 ff.		UNTERNEHMENSSTRATEGIE S.80 ff.	
5.2.1	Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien ✓	5.4.1	Erschließung neuer Märkte
5.2.2	Kompetenzaufbau IT-Sicherheit ✓	5.4.2	Kooperationen und Kompetenzbündelung ✓
5.2.3	Personalentwicklung ✓	5.4.3	Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld ✓
5.2.4	Neue Recruitingprozesse	5.4.4	Produkte für Emerging Markets
5.2.5	Ausbildung 4.0	5.4.5	Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie
5.2.6	Kostensenkung und Effizienzsteigerung		
UNTERNEHMENSKULTUR S.76 ff.		ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN S.84 ff.	
5.3.1	Etablierung einer umfassenden Innovationskultur ✓	5.5.1	Öffentliche Investitionen
5.3.2	Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft	5.5.2	Deregulierung
		5.5.3	Finanzierungsmodelle

3.3

Forschungs- führerschaft unter Druck



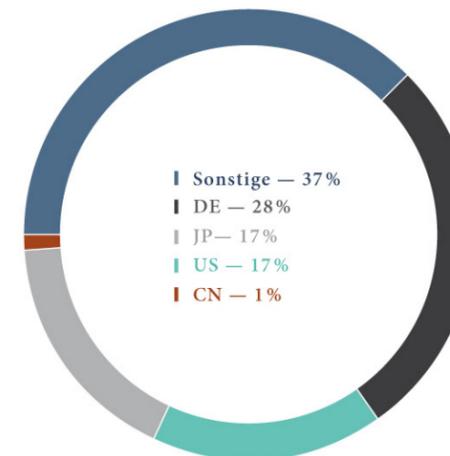
Sollten die gegenwärtigen Entwicklungen unverändert weitergehen, so wird Deutschland in der Forschung im Maschinen- und Anlagenbau nicht mehr lange führend bleiben.

Beunruhigende Hinweise auf einen allmählichen Führungswechsel in der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung liefert z. B. die Analyse der deutschen Exporte in wichtige Industrieregionen: Hier musste der Maschinenbau in jüngster Zeit einen — von der Entwicklung der Weltwirtschaft weitestgehend entkoppelten — Rückgang hinnehmen [49].

der Informationstechnologie zu realisieren sein werden, ist von der deutschen Industrie zu lange ignoriert worden. So verwundert es nicht, dass IT-Technologien hierzulande — anders als etwa in den USA — kulturell eher schwach verankert sind.

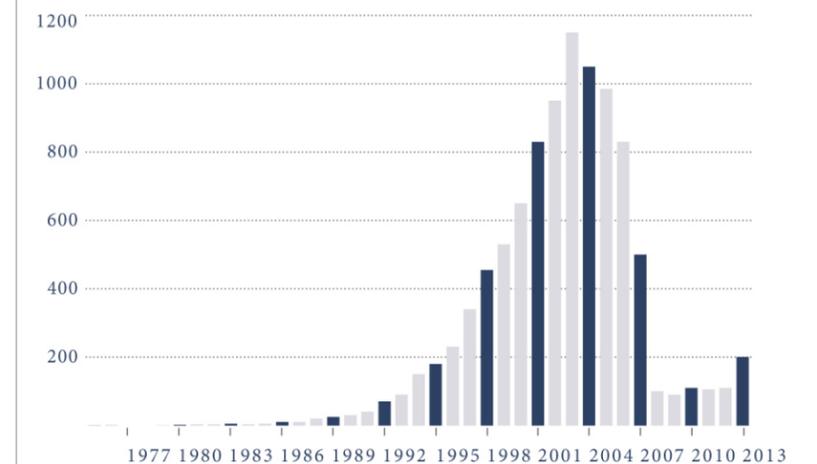
Statistiken belegen eine unangenehme Wahrheit

Deutschlands Vorsprung gegenüber US-amerikanischen Wettbewerbern und aufstrebenden Industrienationen wie China schwindet. Durch die Kopplung von Wirtschaft und Wissenschaft sind bei Krisen, wie der vergangenen Finanzkrise, sowohl die Unternehmen als auch die universitäre Forschung betroffen. Ein nicht unerheblicher Teil der deutschen Forschung in angewandten technischen Gebieten ist industriefinanziert, entweder direkt oder durch Kooperationen mit Industrie, die von BMBF, BMWi und EU finanziert werden. Investieren nun Unternehmen weniger in die



Patentanmeldungen der letzten zehn Jahre: Deutschland ist hier zwar führend vertreten, die dargestellte Statistik spiegelt jedoch nicht wider, welcher Anteil der Patente international erfolgreich war. So stammen nur ca. 8% der auf dem US-Markt genutzten Patente aus Deutschland. (Quelle: Eurostat)

Der grundlegende Zusammenhang zwischen der Technologieführerschaft in den Informations- und Kommunikationstechnologien einerseits und der Marktführerschaft im Maschinen- und Anlagenbau andererseits wird immer deutlicher. Auch diejenigen Bereiche der Produktion, die bisher von direkten Auswirkungen der vierten industriellen Revolution unberührt schienen, sehen sich zunehmend mit begleitenden Technologien wie *Data Mining* oder 3D-Druck-Verfahren konfrontiert. Die Tatsache, dass zentrale Innovationen zukünftig nur durch Exzellenz in



Anzahl wissenschaftlicher Publikationen aus Deutschland mit 4.0-Bezug (z.T. mittels verwandter Begriffe): Zu Beginn der 2000er Jahre wurden aufgrund des breiten Einzugs von Webtechnologien hohe Forschungsaktivitäten im Bereich der vernetzten Systeme verzeichnet, nach der Wirtschaftskrise wurde daran nicht mehr in gleichem Maße angeknüpft. (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen; Big-Data-Verfahren)

Forschung, so wirkt sich das in Deutschland wie bei einem Domino-Effekt auch sofort auf die Universitäten aus. In anderen Nationen ist der Effekt aufgrund einer geringeren Vernetzung der Ingenieur-Lehrstühle mit der Industrie nicht so stark — hier liegt tatsächlich eine gewisse Gefahr: So bedeutend industriefinanzierte Forschung für wirtschaftliches Fortkommen ist — die Kopplung von Wirtschaft und Wissenschaft führt dazu, dass Letztere in wirtschaftlichen Schwächephasen in Mitleidenschaft gezogen wird. In der deutschen Industrie herrscht vielfach noch immer der Glaube vor, Investitionen in die traditionellen Bereiche der Ingenieurwissenschaften stellten auch weiterhin einen Garanten für eine global konkurrenzfähige Produktion dar; F&E-Projekte werden entsprechend ausgerichtet. So konzentrierten sich die deutschen Unternehmen auf Themen

des Komplexes INDUSTRIE 4.0 im Wesentlichen zu Zeiten der Dotcom-Blase.

Wie die Auswertung einer großen Anzahl wissenschaftlicher Primärquellen ergab, beschäftigte sich die deutsche Forschung insbesondere in jüngster Zeit vergleichsweise wenig mit den Themen der vierten industriellen Revolution. Nochmals verstärkt wird diese Tendenz dadurch, dass die Investitionen in Forschung & Entwicklung infolge der Finanzkrise zuletzt ohnehin stark rückläufig waren [50].

Eine weitere Ursache dafür, dass die deutsche Forschungsführerschaft in Gefahr ist, liegt in der unzureichenden internationalen Ausrichtung Deutschlands: Insbesondere KMU hegen noch immer große Vorbehalte, ihren Wissensvorsprung zu nutzen, um den Sprung auf die internationale Ebene zu wagen. Globale Aktivitäten erweitern nicht nur den eigenen Markt, sondern bilden auch eine zentrale Grundlage für einen industrienahen technologischen Erkenntnisgewinn und -austausch. Sollten die KMU dem Trend zum globalen Engagement auch künftig nicht stärker folgen, wird dies weitreichende Folgen für die bisherige Technologieführerschaft deutscher Maschinen- und Anlagenbauer nach sich ziehen.

Ein Blick auf Statistiken wissenschaftlicher Veröffentlichungen in den großen Industrienationen zeigt: Deutschland rangiert zwar unter den führenden Nationen — aber nur in absoluten Zahlen. Bezieht man die Werte auf das BIP, so ergibt sich ein ganz anderes Bild: Die (in absoluten Zahlen führenden) USA belegen hier nur Rang 7; Deutschland folgt auf Rang 8. Zugleich werden zwei weitere Entwicklungen deutlich: zum einen die rasante Aufholjagd der *Emerging Markets* wie Brasilien (auch als Wissenschaftsstandort), zum anderen die Tatsache, dass die sog. »klassische Triade« führender Wirtschaftsmächte (USA, Deutschland und Japan) im Begriff ist, nach und nach ins Hintertreffen zu geraten.

Die deutschen Ausgaben für Forschung & Entwicklung liegen zwar direkt hinter denen der USA, Chinas und Japans und damit auf führendem Niveau [51]. Häufig vereiteln jedoch in Deutschland bzw. der EU der regu-

latorische Rahmen und/oder die öffentliche Meinung die rasche Einführung neuer, innovativer Produkte — mit der Folge, dass stattdessen andere Industrienationen, etwa die USA, die Markteinführung übernehmen und sich schneller im globalen Markt etablieren können.

Ein symptomatisches Beispiel hierfür bildet der Bereich »autonome Fahrzeuge«: So begrenzt das internationale »Wiener Übereinkommen« das beim fahrerlosen Fahren zulässige Tempo auf 10 Stundenkilometer [52][53]. Dieses Abkommen wurde von den USA aber nie ratifiziert und beschränkt deshalb im Ergebnis vor allem europäische Hersteller. Die deutsche Industrie und die Bundesregierung mögen insoweit zwar Änderungen wünschen, diese können aber von der UN-Wirtschaftskommission nicht kurzfristig umgesetzt werden. Technologisch standen die notwendigen Kompetenzen hierzulande schon vor Jahren bereit: Autonomes Lastwagenfahren wurde 2009 erstmals von Deutschland vorgeführt und trotz erfolgreicher Tests hierzulande vorläufig nicht weiterverfolgt — während Google in den USA autonome Fahrzeuge seit 2012 offiziell, d. h. mit Straßenzulassung, unter realen Bedingungen testet [54].

Zum schleichenden Verlust der deutschen Forschungsführerschaft trägt auch das Problem bei, dass in jüngerer Zeit große deutsche Infrastrukturprojekte selten in angemessenem — insbesondere nicht im veranschlagten — Zeitrahmen umgesetzt wurden. Ganz gleich, inwieweit politisch getriebene Fehlalkulationen hauptsächlich sein mögen: Das in der internationalen Presse gezeichnete Bild Deutschlands ist zunehmend das eines umsetzungs- und planungsschwachen Landes.

Unterdessen wurde in China die Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Peking und Shanghai innerhalb von drei Jahren aus dem Boden gestampft — mit einer Schienenausdehnung von über 1.300 km und rund 20 Bahnhöfen, von denen die Mehrzahl größer ist als das deutsche Bahnprojekt »Stuttgart 21«. Außerdem entsteht in der (50 km südwestlich von Peking gelegenen) Region Daxing gegenwärtig ein Flughafen für 130 Mio. Passagiere

jährlich, der voraussichtlich 2018 fertiggestellt wird. Eine Vielzahl weiterer ähnlicher Beispiele findet sich weltweit.

Dabei griffe es zu kurz, die Ursachen der hiesigen Verzögerungen auf hohe Standards bei der demokratischen Meinungsbildung zu reduzieren: Die Wahrnehmung im Ausland diagnostiziert bei Deutschland zunehmend Schwierigkeiten im Management großer, hochkomplexer Projekte. Zudem gehen in der Außenwahrnehmung technische Entwicklungen in Deutschland eher in Richtung »Optimierung von Komponenten«, als dass sie von »Systemdenken« geprägt wären.

»Für die Frage wirtschaftlicher Stabilität und Technologieführerschaft ist das Ergebnis entscheidend. Dieses attestiert Handlungsunfähigkeit und unzureichende Umsetzungsgeschwindigkeit, die sich eine Nation mit dem eigenen Anspruch an eine Technologieführerschaft im Zuge des globalen Wettbewerbs nicht dauerhaft leisten kann.«

Claus Bolza-Schünemann, Vorstandsvorsitzender, Koenig & Bauer AG

State of the art und Zukunft

Die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Interviews mit Branchenvertretern ergaben ein differenziertes Bild hinsichtlich des Forschungsstandorts Deutschland: Die aktuellen deutschen Produkte werden durchaus als führend wahrgenommen — und die ihnen zugrunde liegende Theorie- und Modellbildung als *state-of-the-art*. Ihre Zukunftsprognose fällt jedoch weniger optimistisch aus. Hauptgründe hierfür sehen die befragten Experten darin, dass IT noch zu wenig als Zukunftstreiber des deutschen Maschinenbaus wahrgenommen wird sowie in der fehlenden Orientierung der deutschen Industrie an internationalen Standards und Vorgehensmodellen. Auch werde die Aufstiegsdynamik etwa Chinas unterschätzt, was allerdings auch daran liegen dürfte, dass relevante chinesische Publikationen erst seit

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN WELTWEIT

LAND	BIP 2014 (USD BILL.)	VERÖFFENTLICHUNGEN (2008-2014)		RELATION VERÖFFENTLICHUNGEN ZU BIP	
		ANZAHL	RANG	WERT	RANG
US	17,42	9.133	1	524	8
UK	2,95	3.351	2	1.138	1
FR	2,85	2.263	3	795	5
IN	2,05	2.150	4	1.049	2
BR	2,35	2.061	5	876	4
IT	2,15	1.638	6	763	6
CA	1,79	1.604	7	897	3
DE	3,86	1.541	8	399	9
CN	10,38	1.302	9	125	13
AU	1,44	836	10	579	7
RU	1,86	722	11	389	10
JP	4,62	699	12	151	12
KR	1,42	328	13	231	11
MX	1,28	132	14	103	14
ID	0,89	87	15	98	15

Anzahl an den Veröffentlichungen 15 wirtschaftsstarker Nationen im INDUSTRIE 4.0-Kontext (i) in absoluten Zahlen sowie (ii) bezogen auf das BIP des jeweiligen Landes (BIP zu jeweiligen Preisen): Die USA liegen zwar bezüglich der absoluten Anzahl auf dem ersten Platz, bezogen auf ihre Wirtschaftsstärke jedoch nur auf dem achten Rang. *Emerging Markets* – insbesondere Indien – lassen westliche Industrienationen wie Deutschland, die USA und Japan teilweise hinter sich. (Quelle: IWF; Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen; Big-Data-Verfahren)

jüngerer Zeit standardmäßig auf Englisch erscheinen und so nun auch in Deutschland wahrgenommen werden können.

Die befragten Branchenvertreter trauen insbesondere der US-Forschungslandschaft zu, dass sie auch weiterhin eine führende Position einnehmen wird und sich so zu einer zusätzlichen Herausforderung für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau entwickeln könnte. Fertigungsprozesse allerdings haben in den USA traditionell keine zentrale Rolle in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung gespielt; auf diesem Gebiet wurde die Forschungsführerschaft Deutschlands durch die USA bislang nie ernsthaft bedroht. Durch die starke IT-Komponente, die immer tiefer in den Bereich der Fertigungsprozesse vordringt, steigt in den USA jedoch die Relevanz der Forschung auch zu diesen Prozessen.

Es ist ein Wertewandel zu beobachten, der sich etwa in der Gründung neuer Forschungszentren zu ›cyber-physical systems‹ zeigt (die Schwerpunktforschung begann in den USA 2006). Befördert wird diese Entwicklung nicht zuletzt durch die — weltweit unerreichte — Fähigkeit der USA, neue Bedarfe und darauf basierende Geschäftsmodelle zu generieren.

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)	
<p> OPERATIVE MAßNAHMEN S.70 ff.</p> <p>5.2.1 Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien</p> <p>5.2.2 Kompetenzaufbau IT-Sicherheit</p> <p>5.2.3 Personalentwicklung ✓</p> <p>5.2.4 Neue Recruitingprozesse</p> <p>5.2.5 Ausbildung 4.0 ✓</p> <p>5.2.6 Kostensenkung und Effizienzsteigerung</p>	<p> UNTERNEHMENSSTRATEGIE S.80 ff.</p> <p>5.4.1 Erschließung neuer Märkte</p> <p>5.4.2 Kooperationen und Kompetenzbündelung</p> <p>5.4.3 Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld</p> <p>5.4.4 Produkte für <i>Emerging Markets</i></p> <p>5.4.5 Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie</p>
<p> UNTERNEHMENSKULTUR S.76 ff.</p> <p>5.3.1 Etablierung einer umfassenden Innovationskultur ✓</p> <p>5.3.2 Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft ✓</p>	<p> ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN S.84 ff.</p> <p>5.5.1 Öffentliche Investitionen ✓</p> <p>5.5.2 Deregulierung</p> <p>5.5.3 Finanzierungsmodelle</p>

4.0
Kulturelle
Faktoren

4.1

Deutsche Veränderungsscheu



Etablierte deutsche Unternehmen scheuen nicht selten eine Veränderung ihrer Produktportfolios, Geschäftsfelder und/oder Zielmärkte — obwohl genau solche Veränderungen die unverzichtbare Grundlage einer nachhaltigen Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit bilden.

In Deutschland werden neue Trends oftmals (zu) spät erkannt oder so lange zurückgestellt, bis sie einen hohen Verbreitungsgrad erfahren haben. Der Ausbau der Breitbandnetze, autonomes Fahren oder intelligente Stromnetze seien dabei beispielhaft in Erinnerung gerufen. Es entbehrt nicht einer gewissen Ironie, dass das Selbstbewusstsein des deutschen Unternehmertums — sonst eine Stärke und wichtige mentale Voraussetzung für Erfolg — hier offensichtlich eine kontraproduktive Wirkung entfaltet: indem es die in dieser Hinsicht unangebrachte Selbstsicherheit begünstigt.

Dies betrifft zunächst die Auswahl der Absatzmärkte: Deutsche Unternehmen konzentrieren sich noch immer stark auf die BRICS-Staaten — obwohl die Exporte dorthin stagnieren oder gar rückläufig sind [56]. Demgegenüber wird die Suche nach neuen Märkten zurückhaltend betrieben, weil etwa die ASEAN-Staaten Thailand, Indonesien, Malaysia und die Philippinen als Exportmärkte gewisse Risiken bergen. Politische Unruhen können zu vorübergehenden Einschränkungen oder gar wirtschaftlichem Stillstand führen, wie das Beispiel Thailands oder der anhaltende Ukraine-/Russland-Konflikt zeigen. Ein weiteres Problem ist die Instabilität mancher Währungen. Insgesamt empfinden Europäer die kulturellen Unterschiede gegenüber den BRICS-Staaten als geringer als diejenigen gegenüber den ASEAN-Staaten, etwa hinsichtlich von Kommunikations-Konventionen, divergierenden Vorstellungen von Produkten und Produktqualität sowie von Rechtsgrundlagen [57][58].

Des Weiteren stellt sich die Frage, inwieweit sich das Produktportfolio eines Unternehmens für Schwellenmärkte eignet. Betrachtet man beispielsweise Niveau und Entwicklung des Anteils von Hochtechnologie-Produkten am deutschen Gesamt-Exportabsatz, so stellt

DEUTSCHE MASCHINENEXPORTE
NACH REGIONEN

REGION	EXPORTE (IN € MRD.)	ANTEIL (IN %)	VERÄNDERUNG 2013-2014 (IN %)
Europa	83,2	54,9	2,8
EU-28	65,3	43,1	7,3
EURO-19	39,6	26,1	4,3
Asien	38,9	25,7	0,8
Nordamerika	16,6	11	5,1
Lateinamerika	6,6	4,4	-9,1
Afrika	4,4	2,9	-0,9
Australien/Ozeanien	1,8	1,2	-10,1
Gesamt	151,5	100	1,7

Die westlichen Märkte beidseits des Nordatlantiks waren ein stabilisierendes Element für den deutschen Maschinenexport 2014, während Exporte nach Asien nur leicht anstiegen und in den Schwellenregionen Lateinamerika und Afrika teilweise deutliche Einbuße erlitten. (Quelle: VDMA)

man fest, dass der mit teuren Spezialmaschinen und -anlagen erwirtschaftete Anteil dauerhaft bei deutlich unter 20% liegt [59]. Eine Fokussierung auf hochausgereifte Produkte fördert die Exporte in Schwellenmärkte also eher in geringem Maße. Die Notwendigkeit für Unternehmen, ihr Portfolio zu erweitern, wird noch deutlicher, wenn man die bisherigen primären Abnehmerländer deutscher Exportgüter betrachtet: Diese sind nur zu einem geringen Teil an Hochtechnologie-Produkten interessiert. Die Wettbewerber aus China, Südkorea und Japan hingegen verfügen in ihren jeweiligen Produktpaletten fast ausnahmslos über preisgünstige Einstiegsmodelle, um diese Schwellenmärkte gezielt zu bedienen.

Vor diesem Hintergrund sollten die Portfolios der Unternehmen um preiswertere Produkte erweitert werden. In diesem Zusammenhang bestehen zwei zentrale Barrieren: Zum einen definieren sich deutsche Unternehmen über einen hohen Qualitätsanspruch. Nicht nur entsprächen ›billigere‹ und/oder ›einfachere‹



Produkte deshalb nicht ihrem gewünschten Marken- und Unternehmens-Image; vielmehr brächte dies auch eine von den Unternehmen als zentral empfundene Gefahr mit sich: dass ihre jeweilige Marke geschwächt werden und dies wiederum den Absatz teurerer Produkte in den verbliebenen Hochpreismärkten erschweren könnte. Die Absätze im Hochpreis-Segment machen jedoch den zentralen Teil der Unternehmensgewinne aus.

Zum anderen ist die Platzierung deutscher Produkte im Hochpreis-Segment großteils auch eine Folge des — im internationalen Vergleich hohen — hiesigen Lohnniveaus. Wie eine Analyse des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) belegt, liegen die Arbeitskosten im deutschen verarbeitenden Gewerbe (ebenso wie in der Schweiz, Belgien und den skandinavischen Ländern) weiterhin auf globalem Höchstniveau [60]. Auch die sehr hohe Produktivität (hier belegt Deutschland global Rang 6) kann diesen Faktor nur teilweise ausgleichen: Im Schnitt ist die deutsche Industrie um 15% produktiver, operiert jedoch mit durchschnittlich 24% höheren Arbeitskosten, sodass sich für

Deutschland ein in Summe überdurchschnittlich hohes Lohnstückkosten-Niveau ergibt. Doch für eine dauerhafte Senkung des Lohnstückkosten-Niveaus besteht wenig Spielraum: Das Gesamt-Arbeitsvolumen hat sich seit dem Jahr 2000 zwar kaum verändert, wurde jedoch mittels Leih- und Teilzeitarbeit auf einen größeren Personenkreis verteilt. In der Folge sind in vielen Bereichen die Löhne in einem Maße gesunken, dass Tarifierhöhungen vielfach nicht einmal Inflationsverluste ausgeglichen haben; dies wirkt sich auch nachteilig auf die deutsche Volkswirtschaft aus (u.a. bei Binnenkonsum, Steuereinnahmen und Sozialversicherungen). Ein Ergebnis dieser Entwicklung ist die gestiegene Anzahl subventionierter Löhne, die zu Intransparenz und Marktverzerrungen führt und die Entwicklung nachhaltiger Strategien erschwert. Angesichts der krisenbedingten Lohnzurückhaltung der Tarifparteien, der erfolgten Einführung eines branchenübergreifenden Mindestlohns und der zunehmenden Regulierung der Zeitarbeit besteht kaum noch Potenzial zur Senkung der Lohnstückkosten.

Der INDUSTRIE 4.0-Kontext bietet eine Chance zum Erhalt der deutschen Wettbewerbsfähigkeit auf Unternehmensebene: umfassende Automatisierung (»Smart Factory«).

Deutschland als »very fast follower«?

Die für die vorliegende Studie befragten Experten schätzen die Innovationsfähigkeit Deutschlands in der gegenwärtigen Phase weltweiter wirtschaftlicher Neupositionierung übereinstimmend als »derzeit nicht hoch genug« ein. So vielschichtig die Wirkzusammenhänge sind, so vielfältig sind auch die denkbaren Maßnahmen: Zum einen mahnen die Experten eine umfassende Deregulierung an, weil das aktuelle Umsetzungstempo in Deutschland schlicht nicht mehr ausreicht, um im globalen Wettbewerb zu bestehen. Zum anderen bleibt zu berücksichtigen, dass eine etablierte Industrienation nie das Veränderungstempo »junger Wilder« aufweisen kann, sodass ein dahingehender Vergleich bereits im Ansatz zu kurz greift. Die Lösung kann daher nur sehr begrenzt darin liegen, die aktuellen Erfolgsmodelle aufstrebender

Länder zu kopieren. Demgegenüber kann eine erfolgreiche Strategie darin bestehen, als »very fast follower« zu agieren (d.h. als ein »sehr schneller Verfolger« des Innovators/Marktführers).

Jedoch machen sich die zuvor diskutierten fehlenden »experimentellen Spielräume« zunehmend bemerkbar. In den vergangenen Jahren hat sich unter steigendem Globalisierungsdruck die Effizienz deutscher Anlagen nochmals erhöht, mit wirtschaftlichem Erfolg, aber zulasten der Freiräume und Flexibilität. Um die Innovationsfähigkeit deutscher

»Unsere Schwäche in Deutschland ist die hohe Regelungsintensität, denn sie bremst uns in der erforderlichen zügigen Anpassung an veränderte Märkte und Produkte.«

Klaus Winkler, Vorsitzender der Geschäftsführung, Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH

Unternehmen zu erhöhen, muss verstärkt ein Klima der Neugier und der experimentellen Freiheit Einzug halten und müssen die erforderlichen Ressourcen bereitgestellt werden.

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)			
	OPERATIVE MAßNAHMEN	S. 70 ff.	
5.2.1	Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien		
5.2.2	Kompetenzaufbau IT-Sicherheit		
5.2.3	Personalentwicklung	✓	
5.2.4	Neue Recruitingprozesse	✓	
5.2.5	Ausbildung 4.0	✓	
5.2.6	Kostensenkung und Effizienzsteigerung		
	UNTERNEHMENSSTRATEGIE	S. 80 ff.	
5.4.1	Erschließung neuer Märkte		✓
5.4.2	Kooperationen und Kompetenzbündelung		
5.4.3	Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld		
5.4.4	Produkte für Emerging Markets		✓
5.4.5	Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie		✓
	UNTERNEHMENSKULTUR	S. 76 ff.	
5.3.1	Etablierung einer umfassenden Innovationskultur		✓
5.3.2	Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft		✓
	ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN	S. 84 ff.	
5.5.1	Öffentliche Investitionen		
5.5.2	Deregulierung		
5.5.3	Finanzierungsmodelle		✓



4.2

Internationalisierung von innen heraus



Deutschland stellt sich noch zu wenig international auf — dieser Befund betrifft die Unternehmenskulturen ebenso wie die Kompetenzprofile der Mitarbeiter.

Bewertung des Status quo

In den vergangenen Jahren weckte Deutschland verstärkt das Interesse hochqualifizierter Fachkräfte im Ausland. Die Zuwanderer sind meist deutlich jünger als der deutsche Bevölkerungsdurchschnitt und sehr gut qualifiziert. Für die technologieintensive, forschungsorientierte — aber überalterte — Wirtschaft Deutschlands leisten sie einen wesentlichen Beitrag zur Fachkräftesicherung und nachhaltigen Wertschöpfung [61][62]. Im internationalen Vergleich ist die Migration von Arbeitskräften nach Deutschland allerdings noch immer eher schwach ausgeprägt [25] und vermag daher nur sehr begrenzt die Umsatzeinbußen zu verringern, die der erhebliche Fachkräftemangel hervorruft.

Eine 2014 veröffentlichte Hochrechnung ergab, dass sich die resultierenden Umsatzeinbußen alleine im deutschen Mittelstand auf rund 31 Mrd. Euro belaufen, zumal über 300.000 Stellen nicht besetzt werden können. Bereits zuvor galt der Fachkräftemangel als wesentliche »Achillesferse« des deutschen Mittelstands; durch die jüngste Reform des Renteneintrittsalters wurde die Herausforderung weiter verschärft [63][64].

Erfordernis der Internationalisierung von Ausbildung und Beruf

Mit der zunehmenden Anerkennung ausländischer Berufsabschlüsse und dem europaweit initiierten Bologna-Prozess zur internationalen Harmonisierung von Studienabschlüssen wurden auf politischer Ebene bereits die Weichen gestellt, um die Eingliederung ausländischer Fach- und Spitzenkräfte zu erleichtern. Deutschland zählt mittlerweile innerhalb der OECD zu den Ländern mit den niedrigsten Hürden für die beschäftigungsorientierte Zuwanderung hochqualifizierter Fachkräfte. Dennoch ist in vielen Bereichen die wirtschaftliche Öffnung Deutschlands letztlich noch nicht in Gesellschaft und Un-

ternehmen angekommen. So bestehen etwa in vielen deutschen Unternehmen noch immer kaum Rekrutierungsprozesse, die auf ausländische Fachkräfte zugeschnitten wären. Auch werden vollständig in englischer Sprache gehaltene Studiengänge in Deutschland bisher nur selten angeboten.

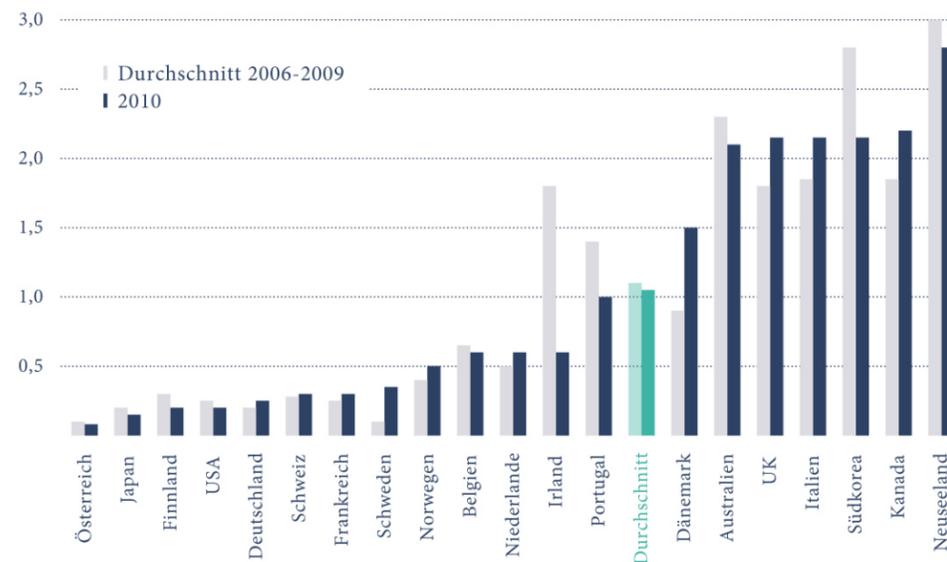
Aufgrund solcher (schwer zu quantifizierenden) gesellschaftlichen Barrieren zählt Deutschland — trotz im Übrigen guter Rahmenbedingungen — innerhalb der OECD noch immer zu den Ländern mit der geringsten Quote an dauerhafter Einwanderung und internationalen Studierenden [65]. Umgekehrt ist auch die Anzahl derjenigen deutschen Studierenden, die Teile ihres Studiums im Ausland verbringen und so interkulturelle Kompetenzen erwerben, noch weiter ausbaufähig: Laut einer Studie des Deutschen Akademischen Austauschdiensts (DAAD) und der Bertelsmann Stiftung sind unter den auslandsmobilen Studierenden weltweit knapp 5% Deutsche; gemessen an der Gesamtzahl aller deutschen Studierenden liegt Deutschland damit im Mittelfeld [66]. Weltweit stammen 53% aller internationalen Studierenden aus asiatischen Ländern, mit China an der Spitze. Auch osteuropäische Länder weisen eine große Anzahl international mobiler Studierender auf — z. B. Rumänien mit ca. 35%.

Unternehmenskulturelle Barrieren

Die grundlegenden Barrieren für eine stärkere Internationalisierung liegen oftmals in den Unternehmen selbst: Gerade unter den KMU stehen viele der Rekrutierung von Personal aus dem Ausland eher skeptisch gegenüber. Zu den Gründen hierfür zählt, dass die mit einer solchen Rekrutierung verbundenen Formalitäten meist als zu kompliziert und die mangelnden Deutschkenntnisse potenzieller Bewerber oftmals als eine unüberwindbare Hürde für eine Einstellung empfunden werden [62].

Weil viele KMU nicht hinreichend international aufgestellt sind, beschränken sich ihre professionellen Erfahrungen mit anderen Kulturkreisen nicht selten strikt auf das für ihre Geschäftsabläufe notwendige Maß. Das Potenzial, das Migranten für den deutschen Arbeitsmarkt bieten, ist daher bislang nur teilweise erschlossen. Da (ungeachtet des Anerkennungsgesetzes vom April 2012) im Ausland erworbene Abschlüsse häufig unverändert nicht anerkannt werden, arbeiten viele Migranten in Berufen, für die sie überqualifiziert sind; lediglich 30% von ihnen gehen einem ihrer Qualifikation entsprechenden Beruf nach [67].

einem beträchtlichen Teil auch außerhalb Deutschlands liegen — ist das Integrieren internationaler Perspektiven in das Produktdesign ein so zentraler Faktor für wirtschaftlichen Erfolg. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Erkenntnis »production follows market« ist eine auf kulturelle Diversität ausgelegte Unternehmensstrategie von großem Vorteil. So produzieren etwa deutsche Fahrzeughersteller in zunehmendem Umfang direkt in China, Südamerika und in anderen Gegenden weltweit, in denen die großen neuen Kundengruppen beheimatet sind.



Dauerhafte Arbeitsmigration pro 1.000 Einwohner in ausgewählten OECD-Ländern (hellblau: Durchschnitt 2006-2009, dunkelblau: 2010). Von den insgesamt hohen Migrationsströmen profitieren vor allem Australien, Großbritannien, Südkorea, Kanada sowie Neuseeland. Die dauerhafte Arbeitsmigration Deutschlands ist bisher vergleichsweise gering, 2014 (hier nicht aufgeführt) zeigte sich gemäß den Zahlen des Bundesinnenministeriums erstmals ein Trendwechsel. (Quelle/Darstellung: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen; Big-Data-Verfahren, Daten: OECD)

Vor dem Hintergrund all dessen ist *Diversity* (Diversität, Vielfalt), insbesondere kulturelle, eine Lösung nicht nur für die demografische Entwicklung Deutschlands: Teams, die aus sehr verschiedenartigen Menschen bestehen, finden oft innovativere und kreativere Lösungen [68][69]. Ihre unterschiedlichen Erfahrungen und Perspektiven generieren zwanglos und von selbst eine Vielzahl alternativer Herangehensweisen. Gerade weil die deutschen Unternehmen massiv auf Exporte angewiesen sind — ihre Zielgruppen also zu

Einer aktuellen Marktbefragung in KMU der Ingenics AG und des Fraunhofer IAO [70] zur Arbeitsgestaltung in der INDUSTRIE 4.0 zufolge werden insbesondere die Kompetenzen, die auf eine Erhöhung der Handlungssicherheit und die aktive Prozessverbesserung ausgerichtet sind, als besonders wichtig eingeschätzt. Deren Aufbau erfordert organisationsstrukturelle Freiräume sowie eine Organisationskultur, die durch Offenheit und Lust auf Veränderungen und experimentelle Annäherung an Kompetenzziele geprägt ist.

Zentrale Aufgabe der Arbeitsforschung und der Personalarbeit in Unternehmen ist die Entwicklung und Erprobung von Organisations- und Gestaltungsmodellen, die ein hohes Maß an Autonomie mit dezentralen Führungs- und Steuerungsformen kombinieren. Diese gestehen den Beschäftigten erweiterte Entscheidungs- und Beteiligungsspielräume sowie Möglichkeiten zur Belastungsregulation zu und eröffnen zugleich Optionen für flexibles Arbeitshandeln [71][72].

Als ein Vorreiter einer modernen Personalarbeit ist das Steuerungs- und Automatisierungstechnikunternehmen FESTO aus Esslingen am Neckar zu nennen. FESTO erarbeitet aktuell Lösungen dazu, wie sich die am Markt geforderte höhere Flexibilität in der Personalplanung umsetzen lässt. So entwickelt Festo etwa gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung eine App namens KAPAFLEXCY, mit der Mitarbeiter ihre Arbeitseinsätze dezentral und flexibilisiert untereinander abstimmen können [73].

Expertenmeinungen aus der deutschen Industrie-Praxis

Anders als etwa in den USA hat die Informatik in Deutschland bislang nicht recht Einzug in die Kerngebiete der klassischen Ingenieurwissenschaften gehalten. So stößt das Gebiet der »künstlichen Intelligenz« — das überall dort absolut grundlegend und unverzichtbar ist, wo komplexe technische Systeme in Echtzeit sinnvolle Entscheidungen fällen sollen — hierzulande eher auf Skepsis.

Deutschland hat — ungeachtet seiner vielfältigen, in Richtung auf eine umfassende internationale Öffnung seiner Gesellschaft gehenden Bemühungen — noch einen weiten Weg vor sich. Beide Teile der vorgenannten Aussage lassen sich mit einer Vielzahl von Beispielen belegen, von denen im Folgenden nur einige skizziert werden sollen:

Inzwischen verfügen viele junge Deutsche über gute Englischkenntnisse. Spezialisten be-



stätigen übereinstimmend, dass vor allem die Hemmschwelle in der Kommunikation deutlich gesunken und die Kommunikationsfähigkeit deutlich gestiegen ist: Hier wirken sich Einflüsse der Digitalisierungsära aus, die zur Ausbildung des Typus ›digital natives‹ [74][75] geführt haben, einhergehend mit internationalen Bekanntenkreisen durch Social Media. Diese Generation junger Deutscher verfügt damit über gute Voraussetzungen; derzeit besteht jedoch die Gefahr, dass die unverändert wenig international ausgerichtete deutsche Bildungs- und Unternehmenskultur diese Voraussetzungen nicht aufgreifen oder ihre Nutzung sogar unbewusst behindern könnte.

»Neue internationale Kooperationsmodelle wären nötig, werden aber noch nicht beherrscht: Es liegt wohl an der zutiefst mittelständischen Kultur, die sich mit anderen Wertesystemen und Geschäftsgebaren schwer tut. ›Business-Multi-Kulti‹ wäre Pflicht, ist aber nicht die Stärke deutscher KMU.«

Klaus Winkler, Vorsitzender der Geschäftsführung, Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH

Auch ein Blick auf unsere Hochschulen zeigt, dass Deutschland noch nicht international genug aufgestellt ist. Zwar bieten die führenden technischen Universitäten Deutschlands mittlerweile einen gemeinsamen MOOC (*Massive Open Online Course*, einen kostenlosen und weltweit online zugänglichen Kurs), dennoch führen die meisten der technischen und naturwissenschaftlichen Hochschulen nahezu jede ihrer Grundlagenvorlesungen fast ausschließlich in deutscher Sprache durch. Vollständig in englischer Sprache gehaltene Studiengänge werden in Deutschland bisher nur vereinzelt angeboten. Dies führt dazu, dass ausländische Studierende — wenn überhaupt — erst zum Master-Studium an eine der deutschen Universitäten wechseln, da auf der Ebene (anders als im Grundstudium) die deutsche Sprache zumindest teilweise nicht von Anfang an beherrscht werden muss. Nach abgeschlossenem Studium kehren internationale Master-Studierende Deutschland in

vielen Fällen wieder den Rücken. Umfragen zeigen, dass diese Studierenden sich in anderen Ländern höhere berufliche Chancen ausrechnen — obwohl sie gleichzeitig die wirtschaftliche Stärke Deutschlands als sehr hoch bewerten. Die bisherige enge Kopplung von deutscher Hochschulausbildung und Arbeitswelt an die Beherrschung der deutschen Sprache ist ein Hemmschuh in dem Bemühen, talentierte ausländische Studierende langfristig an deutsche Hochschulen und später an deutsche Unternehmen zu binden.

Denn auf diese Weise bleibt eine zentrale Chance zur Rekrutierung und Sicherung der — gerade aufgrund des demografischen Wandels — dringend benötigten Fachkräfte ungenutzt. Internationale Studierende ziehen (teure) Universitäten im englischsprachigen Ausland bislang vielfach vor, obwohl die deutschen Ingenieurstudiengänge in aller Welt hochgeachtet sind — und in der Regel dazu noch frei von Studiengebühren. Die skandinavischen Länder und die Niederlande haben insoweit bereits vor Langem reagiert und unterrichten — standardmäßig oder bei Bedarf — in englischer Sprache. Als erste der großen deutschen technischen Universitäten plant die TU München eine Umstellung ihres gesamten Master-Programms auf die englische Sprache.

Die Liste der Versäumnisse beim Thema Internationalisierung reicht bis in die Wissenschaftskultur: Während in den Naturwissenschaften bereits seit vielen Jahrzehnten durchgehend auf Englisch publiziert wird, waren in den Ingenieurwissenschaften Veröffentlichungen in englischsprachigen Fachjournalen noch bis vor wenigen Jahren deutlich unterrepräsentiert. Diese Tatsache ist umso bemerkenswerter, als die deutschen Forschungsinstitute äußerst leistungsstark sind; erfreulicherweise hat die DFG-Exzellenzinitiative hier — als Nebeneffekt — einen Wandel ausgelöst bzw. unterstützt.

Bisher scheitert die Besetzung deutscher Führungspositionen mit internationalen Spezialisten an der Sprachhürde: Insbesondere in den — vielfach familiengeführten — KMU stellt englischsprachiges Führungspersonal

die absolute Ausnahme dar. Dass die Englischkenntnisse in deutschen Leitungsetagen oftmals dürftig sind, wird gerne tabuisiert und stattdessen eine ›hidden agenda‹ verfolgt: Statt einzugestehen, dass die — beidseitige — Sprachbarriere tatsächlich oft das zentrale Problem bildet, werden andere Argumente angeführt, um eine internationale Kandidatensuche und Besetzung gar nicht erst in Erwägung ziehen zu müssen.

Internationale Mitarbeiter stehen den neuen Zielmärkten häufig näher und können gerade aufgrund ihrer Herkunft die Bedarfe etwa von Schwellenländern besonders gut erfassen. Durch ein Integrieren ihrer Fachkenntnisse und kulturellen Prägung lassen sich die — von Hause aus ›deutschlastigen‹ — Unternehmenskulturen strategisch massiv stärken. Nicht zuletzt erleichtern internationale Mitarbeiter entscheidend die Suche nach Partnern und den Aufbau von Netzwerken in neuen Märkten.

Deshalb werden multikulturelle Belegschaften als ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für exportorientierte deutsche Unter-

nehmen betrachtet. Im Übrigen erschließen Internationalisierungsstrategien nicht nur internationale Märkte, helfen beim Aufbau neuer Kundengruppen und steigern die Innovationsfähigkeit, sondern verbessern auch das Image einer Organisation [76]. Eine umfassende Strategie zur Internationalisierung ist daher heute elementarer Bestandteil nachhaltigen Personalmanagements in Unternehmen.

KORRESPONDIERENDE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN (VGL. KAPITEL 5.0)

OPERATIVE MAßNAHMEN <small>S. 70 ff.</small>		UNTERNEHMENSSTRATEGIE <small>S. 80 ff.</small>	
5.2.1	Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien	5.4.1	Erschließung neuer Märkte
5.2.2	Kompetenzaufbau IT-Sicherheit	5.4.2	Kooperationen und Kompetenzbündelung
5.2.3	Personalentwicklung ✓	5.4.3	Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld
5.2.4	Neue Recruitingprozesse ✓	5.4.4	Produkte für <i>Emerging Markets</i>
5.2.5	Ausbildung 4.0	5.4.5	Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie
5.2.6	Kostensenkung und Effizienzsteigerung		
UNTERNEHMENSKULTUR <small>S. 76 ff.</small>		ÜBERGREIFENDE MAßNAHMEN <small>S. 84 ff.</small>	
5.3.1	Etablierung einer umfassenden Innovationskultur	5.5.1	Öffentliche Investitionen ✓
5.3.2	Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft ✓	5.5.2	Deregulierung
		5.5.3	Finanzierungsmodelle

5.0

**Handlungs-
empfehlungen**

5.0

Handlungs- empfehlungen



5.1

Handlungsempfehlungen – Übersicht

Die vorliegende Studie skizziert die entscheidenden Entwicklungen und Veränderungen von Produkten und Märkten, vor denen der deutsche Maschinen- und Anlagenbau an der Schwelle zur vierten industriellen Revolution (INDUSTRIE 4.0) steht. Unsere Analysen belegen: Es besteht unmittelbarer Handlungsbedarf.

Nachfolgend sind die Ergebnisse hinsichtlich der Dringlichkeit bzw. gebotenen Geschwindigkeit ihrer Umsetzung verdichtet: Ein Teil skizziert anstehende Maßnahmen ganz konkreter operativer Natur, die deshalb kurzfristig umsetzbar sind. Ein weiterer Teil umfasst Handlungsempfehlungen zur nachhaltigen Ausrichtung der Unternehmensentwicklung auf die Herausforderungen der INDUSTRIE 4.0; diese Empfehlungen betreffen insbesondere die strategische Positionierung sowie die Unternehmenskultur.

Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen im internationalen Vergleich zu wahren und nachhaltig zu sichern, sollte durchgehend ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden; so sollten selbst mittel- und langfristig wirkende Maßnahmen so frühzeitig wie möglich angestoßen werden:



5.2

Operative Maßnahmen



5.2.1 Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien

Nach aktuellen Erkenntnissen ist der gegenwärtig noch bestehende deutsche Vorsprung im Maschinen- und Anlagenbau bisher mittel- und langfristig keineswegs gesichert. Vielmehr ist hierzu ein Paradigmenwechsel erforderlich: Die Produkte und Prozesse müssen umfassend die neuen Möglichkeiten nutzen und berücksichtigen, die die Digitalisierung und die Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) bieten. Dabei gilt es, die bei manchen noch vorherrschende Sichtweise zu überwinden, nach der die Leistungsstärke der Produkte auch in Zukunft vor allem durch exzellente, mechanisch basierte und bestenfalls elektronische Kompetenzen gesichert werde, und zwar weitgehend unabhängig von Entwicklungen in der Informatik bzw. den IuK-Technologien.

Vor dem Hintergrund des gebotenen Paradigmenwechsels müssen wichtige Weichenstellungen für die neuen technischen Konzepte der INDUSTRIE 4.0 energisch in Angriff genommen werden. Die Vernetzung aller Systemkomponenten führt zu neuen Modellen von Intelligenz in technischen Systemen: Deren Steuerungsinnovationen und Kontrollstrukturen liegen zunehmend nicht mehr in der zentralistischen Kontrolle, sondern in dezentral agierenden, verteilten teilautonomen Systemen [45]. Das umfasst gleichermaßen Bereiche der Produktion — durch Modelle heterogener kooperativer Robotik in der Fertigung — wie Produkte und deren Features (z. B. autonom steuernde Fahrzeuge, *Smart Grids*, *E-Health*).

IT-basierte Systeme bilden heute eine wichtige Grundlage des Innovationsprozesses: Maschinen werden längst nicht mehr basierend auf Tabellenbüchern konstruiert, sondern auf Basis komplexer Computer-Applikationen und umfassender Simulationen, teils in ausgefeilten 3D-Umgebungen wie *Caves* oder *Virtual Theatres* [77]. Die für die Gestaltungsprozesse notwendige Software muss — ebenso wie weitere Ressourcen wie etwa Rechnerleistung (*High Performance Computing*, HPC) — stärker auf die flexiblen, hochskalie-

renden Cloud-Lösungen umgestellt werden anstatt weiterhin den Ausbau eigener kleiner Rechenzentren zu betreiben, von denen absehbar ist, dass sie immer stärker hinter den jeweils aktuellen technischen Anforderungen zurückbleiben werden [78].

Innovationen werden künftig im Wesentlichen nicht mehr auf Basis vorhandener Expertise ›offline‹ generiert werden, sondern mittels neuartiger IuK-Technologien bis hin zu *crowd*-basierten Modellen. Die fortschreitende umfassende Digitalisierung der Wissensbestände ermöglicht es den Marktteilnehmern, bei Wettbewerbern bestehende Wissensvorsprünge nicht nur in ungeahnter Geschwindigkeit aufzuholen, sondern bisher führende Wissensträger sogar zu überholen. Diese enorme Chance besteht jedoch in geradezu egalitärer Weise symmetrisch für alle: So können Schwellenländer auf diese Weise aufholen; zugleich können etablierte Anbieter konkurrierende Konzepte schnell erfassen und in eigene Produkte und Dienstleistungen integrieren.

Vor diesem Hintergrund lautet eine klare Empfehlung an die deutschen Unternehmen, kurzfristig zielgerichtet die IT-Kompetenzen auszubauen und in allen Unternehmensbereichen verstärkt IuK-Technologien nachhaltig zu nutzen.

5.2.2 Kompetenzaufbau IT-Sicherheit

Die gebotene teilweise Öffnung der internen IT-Systeme weckt bei vielen die Angst, die Hoheit über die eigenen Daten zu verlieren oder gar zum Angriffspunkt von Cyber-Angriffen zu werden. Diese Sorgen sind nicht gänzlich unberechtigt, zumal viele Unternehmen bisher nicht über umfassende IT-Sicherheitskonzepte verfügen — vor allem mittlere und kleinere Unternehmen, denen häufig die erforderlichen Mittel fehlen, um eine voll ausgestattete IT-Abteilung neuesten Sicherheitsstandards zu unterhalten. Wie Bundesinnenminister Thomas de Maizière unlängst hervorhob, hat der technische Fortschritt vielerorts auch eine höhere Verwundbarkeit mit sich gebracht [79].

5.2.1

5.2.2

Der jüngste »Entwurf eines Gesetzes zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme« hat nach Meinung von Experten noch nicht das Potenzial, maßgeblich zur Steigerung der IT-Sicherheit beizutragen; zudem sind gegen ihn auch verfassungsrechtliche Bedenken geäußert worden. Vor diesem Hintergrund sind die Unternehmen umso mehr gefordert, auf die neuen Herausforderungen schnellstmöglich zu reagieren und eigenständig tätig zu werden.

Die Schutzbedürftigkeit der Unternehmen — und ein entsprechender Handlungsdruck für diese — ergibt sich zum einen hinsichtlich des »klassischen« IT-Umfelds (in Teilen bzw. überwiegend digital ablaufende Prozesse im Verwaltungsbereich, Buchhaltung und Controlling, mitarbeiterbezogene Daten, interne Kommunikation, Patente und Entwürfe, digital gesteuerte Telefonanlagen etc.), zum anderen hinsichtlich der integrierten Produktionsnetzwerke.

Ein neues Einfallstor für Cyber-Angriffe stellen dabei Kontroll- und Steuerungsmechanismen und die »Maschine-zu-Maschine-Kommunikation« dar, die eine wesentliche Errungenschaft der »smart factories« bilden und zunehmend digital erfolgen. Konkret gefährdet sind sie als Ansatzpunkte für ein Abgreifen von Daten (etwa im Rahmen gezielter Industriespionage) oder umgekehrt für einen schädigenden Eingriff in Unternehmensabläufe. Ein solcher Eingriff kann etwa auch Sicherheitssysteme dazu veranlassen, ein Unternehmensnetzwerk komplett stillzulegen. Insbesondere diese sensiblen Schnittstellen innerhalb der integrierten Produktionswerke gilt es gezielt zu schützen.

In diesem Zusammenhang ist ein weiterer Aspekt zu berücksichtigen: Deutsche Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus setzen weltweit hohe Qualitätsstandards, die eine wesentliche Basis des Erfolges dieser Branche darstellen; deshalb muss der Begriff »Qualität« künftig die IT-Sicherheit dieser Produkte zwingend mit einschließen (»security by design«). Dabei sollte IT-Sicherheit keinesfalls als bloße Option in der Preisliste verstanden werden; vielmehr wird sie kundenseitig zu-

nehmend als integraler Bestandteil qualitativ hochwertiger Produkte vorausgesetzt.

IT-Sicherheit muss demzufolge innerhalb der Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus zu einer zentralen Aufgabe erklärt werden. Der Handlungsbedarf besteht hier sehr kurzfristig: zum einen, um sicherzustellen, dass die unternehmensinternen Daten vor dem Zugriff von außen geschützt sind; zum anderen, weil das Thema IT/Datensicherheit eng mit dem Produktentwicklungsprozess verzahnt werden muss — denn nur so kann gewährleistet werden, dass die Produkte eine hohe Prozesssicherheit aufweisen und sogar Anforderungen erfüllen, die erst künftig relevant werden. Vor allem für die Verzahnung mit dem Produktentwicklungsprozess sind Spezialisten notwendig, die ggf. auch im Rahmen von Kooperationen (siehe Kap. 5.4.2) an das betroffene Unternehmen gebunden werden können; andernfalls muss das Unternehmen den Zugriff auf solche Kompetenzen durch den Aufbau unternehmenseigener Ressourcen sicherstellen.

In diesem Kontext können Cloud-Lösungen zur Kostenersparnis und Flexibilisierung beitragen, etwa indem im Rahmen von Komplettpaketen oder punktuellen Anwendungen Software-Angebote (auch im Bereich Datensicherung bzw. -schutz) über die Cloud genutzt werden. Vor allem verglichen mit mittelständischen produzierenden Unternehmen sind Cloud-Anbieter um ein Vielfaches stärker gegen Cyber-Angriffe geschützt. Mit Blick auf die Wahrung der Vertraulichkeit ausgelagerter Daten bieten zertifizierte europäische Anbieter Vorteile gegenüber ihren außereuropäischen Wettbewerbern (Vergleichbarkeit der Anbieter u. a. über TÜV-Zertifikate oder ISO-Normen), während US-Sicherheitsbehörden z. B. Zugriff auf in den USA betriebene Rechenzentren haben. Zudem sollte auf eine eigene Verschlüsselung der ausgelagerten Daten geachtet werden, wenngleich auch dies keinen vollkommenen Schutz zu bieten vermag.

5.2.3 Personalentwicklung

Das sich wandelnde, INDUSTRIE 4.0-getriebene Umfeld bringt massive Veränderungen

hinsichtlich der konkreten Anforderungen und Aufgaben zur Entwicklung des Bereichs *Human Resources* (»HR«) mit sich. Die rasanten Veränderungsgeschwindigkeit der neuen Entwicklungen erfordert zum einen Früherkennungsverfahren zur Identifizierung neuer Qualifizierungsanforderungen, zum anderen entsprechende Aus- und Weiterbildungsstrategien, die eine kontinuierliche Personalentwicklung als »Normalfall« enthalten: Die Unternehmen müssen ihre Mitarbeiter auf neue, variable (Produktions-)Strukturen vorbereiten und sie dazu gezielt und kontinuierlich aus- bzw. weiterbilden.

Die Leistungssteigerungen im Bereich der künstlichen Intelligenz — der Grundlage der INDUSTRIE 4.0 — bringen Systeme immer höherer Intelligenz und (Teil-)Autonomie hervor. In hybriden Arbeitssystemen besteht künftig die Herausforderung eines möglichst reibungslosen Zusammenspiels zwischen menschlicher Arbeit, Maschinen/Robotern und virtuellen Agenten (komplementäre Dienste durch IT-Systeme). Die echtzeitorientierte Steuerung verändert Arbeitsinhalte, -prozesse und -umgebungen [80]. Moderne Personalentwicklung muss neuartige Formen der Kommunikation und Interaktion in kooperativen Mensch-Technik-Arbeitssystemen identifizieren und darauf basierend Lernszenarien sowie grundlegende Rollen- und Teamentwicklungsprozesse erarbeiten und bereitstellen.

Vielen Unternehmen sind diese — gerade auch den Bereich HR betreffenden — Anforderungen bisher nur unzureichend bewusst; angesichts des langfristig notwendigen internen Know hows haben diese Themen jedoch objektiv eine hohe Priorität und dürfen deshalb keinesfalls vernachlässigt werden.

Eine zentrale zusätzliche Herausforderung für die Personalentwicklung resultiert aus dem demografischen Wandel; sowohl die mit diesem Wandel verbundenen Probleme als auch die in ihm liegenden Chancen für den Wirtschaftsstandort Deutschland müssen stärker und konsequenter als bisher gesehen und berücksichtigt werden. Dazu zählen vor allem Demografiesensible Beschäftigungsmodelle, erweiterte Arbeitsautonomie und situations-

gerechte Unterstützung der Beschäftigten in der »Fabrik der Zukunft« sowie die Stärkung dieser Mitarbeiter beim Umgang mit neuen Technologien und Kooperationsformen. Auch hier sollten einschlägige Maßnahmen aktiv entwickelt und umgesetzt werden.

5.2.4 Neue Recruitingprozesse

Ob Großkonzerne oder klassische Mittelständler: Unternehmen jeglicher Größe konkurrieren in einem immer härteren internationalen Wettbewerb — einem »global war for talents« — um geeignete Mitarbeiter. Erschwert wird die Suche nach den benötigten Mitarbeitern durch mehrere Faktoren: für global agierende Unternehmen durch die gleichwohl verbleibende Heterogenität ihrer regionalen und nationalen Unternehmensteile; für KMU durch den Wettbewerb mit den *global players* ihrer Branche; für Unternehmen jeder Größe durch die zunehmende Diversifizierung der Erwerbsbiografien der potenziellen Arbeitnehmer (was ein flexibleres und individuelleres Recruiting erforderlich macht). Zudem kämpfen viele der deutschen »hidden champions« mit dem Nachteil, dass sie geografisch fernab der für potenzielle Arbeitnehmer attraktiven Metropolregionen liegen. Nicht zuletzt deshalb erweisen sich die klassischen Instrumente (Stellenausschreibungen, Recruiting-Messen, Assessment-Center) als immer weniger geeignet zur Anwerbung und Auswahl passender Fachkräfte.

Gleichzeitig bergen die Entwicklungen in der IuK-Technologie neue Chancen für die Personalsuche, wenngleich diese die Notwendigkeit neuer Recruiting-Prozesse mit sich bringen:

Die vielzitierten »digital natives« [74] — eine Generation, die seit frühester Kindheit von digitalen Technologien umgeben ist — drängen auf den Arbeitsmarkt [81]. Viele »digital natives« beschaffen sich Informationen praktisch ausschließlich über das Internet; auch für Aus- und Weiterbildungszwecke sowie zur Jobsuche nutzen sie das Internet als primäres Instrument. Die Affinität dieser Gruppe potenzieller Mitarbeiter zu digitalen Medien legt es nahe, den virtuellen Raum konsequent auch für die Vermittlung zwischen Ar-

beitgebern und potenziellen Arbeitnehmern zu nutzen. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch der Einsatz von Social Media für den Recruiting-Prozess, zum *Employer Branding* sowie allgemein zur Image-Werbung. Die hierfür notwendigen Kompetenzen müssen von den Unternehmen im HR-Bereich sichergestellt (oder andernfalls extern zugekauft) werden [82]. Ein wichtiger Trend im Bereich der Personalrekrutierung ist das sog. *active sourcing* [83]: In Abkehr von klassischen passiven Recruiting-Strategien (bei denen erwartet wird, dass der Arbeitssuchende sich bewirbt) ermitteln beim *active sourcing* umgekehrt die Unternehmen geeignete Bewerber und kontaktieren diese direkt und von sich aus; auf eine formale Bewerbung durch die Angesprochenen verzichten die Unternehmen dabei teilweise ganz.

Eine weitere Chance in der Personalrekrutierung liegt im Bereich von *Big Data Analysis*: Nutzer des *World Wide Web* hinterlassen bewusst wie unbewusst Spuren, die als *digital footprint* bezeichnet werden. Dieser kann herangezogen werden, um offene oder verborgene Talente und Fähigkeiten potenzieller Arbeitnehmer zu ermitteln sowie um zu bewerten, inwieweit solche möglichen Mitarbeiter und das suchende Unternehmen zusammenpassen könnten. Moderne Personaldienstleister verwenden bereits die im Internet zugänglichen Informationen, um Arbeitssuchende ergänzend zu charakterisieren und zu bewerten. Das Potenzial der *Big Data Analysis* liegt hierbei insbesondere in der Spezialisierung und Personalisierung der Daten(-auswertungen) im *Realtime-Modus*, z. B. um personalisierte Job-Angebote für Arbeitssuchende aus erhobenen Daten abzuleiten. Damit wird das *active sourcing* zielorientiert unterstützt.

5.2.5

5.2.5 Ausbildung 4.0

Um den Anforderungen einer vernetzten Industrie und Gesellschaft nicht nur gerecht zu werden, sondern die Antworten auf diese Herausforderungen vielmehr auch aktiv zu gestalten, ist es wichtig, die Inhalte und Lehrpläne der betrieblichen Ausbildung zu verändern — eine in Deutschland bisher zu wenig beachtete Notwendigkeit.

Dies betrifft vor allem die Kompetenzen im Bereich der Informatik. Die IuK-Technologien entwickeln sich rasant und durchdringen immer intensiver Wirtschaft und Gesellschaft; dadurch hat sich die Informatik gewandelt: von einer reinen Fachdisziplin zur Leitdisziplin einer modernen, vernetzten Gesellschaft. Ähnlich wie die Mathematik bereits seit jeher, ist die Informatik mittlerweile zentrale Grundlage aller technologischen Fächer — beide Disziplinen gehören heutzutage so zur Allgemeinbildung wie früher Latein oder Altgriechisch. Für schulische, universitäre und ausbildungsbezogene Curricula sollte deshalb der Anteil der Vermittlung von Informatik-Kenntnissen überprüft und ggf. ausgebaut werden [84] [92].

Neben der Vermittlung von Kenntnissen ist eine intensive Nutzung und methodische Einbeziehung der zur Verfügung stehenden Informationstechnologien im Rahmen der Ausbildung wünschenswert. Die umfassende Integration digitaler Medien in die berufliche Aus- und Weiterbildung — etwa in Gestalt der Nutzung von sog. *Massive Open Online Courses* (MOOCs) — bietet vielfältige innovative und individualisierte Lösungsmöglichkeiten und wird die Dynamik von berufsbildender und Hochschul-Ausbildung zukünftig erhöhen. Benötigt werden in diesem Zusammenhang nicht zuletzt auch Konzepte, wie die auf diese Weise erworbenen Kompetenzen anerkannt werden können.

Vor dem Hintergrund exponentiell wachsender Datenbestände wird die Fähigkeit zum adäquaten Umgang mit großen Datenmengen künftig zur essenziellen Kompetenz. Dabei haben sich die Kompetenzen im Bereich Datenanalyse in den letzten Jahren in vielen Fächern in die entgegengesetzte Richtung entwickelt — sie sind sogar gesunken. Der Umgang mit solchen Datenmengen — der aufgrund ihrer Masse, Heterogenität und Wachstumsgeschwindigkeit sowie ihres Transparenzgrades ein komplexer Gegenstand von Lehre und Forschung ist — wird in den nächsten Jahren zu einer immer wichtigeren Kompetenz zukünftiger Arbeitnehmer und ist deshalb ein unverzichtbares Element moderner und praxisnaher (Hochschul)Ausbildung.

Auch wenn die vorgenannten Punkte sich vor allem auf übergeordnete Lehrpläne beziehen, können und müssen entsprechende Schwerpunkte auch in der betrieblichen Ausbildung gesetzt werden. Seitens der Unternehmen ernstgenommene und (auch extern) offensiv beworbene Angebote, hier zusätzliches Wissen zu vermitteln, kann sich im zunehmenden Wettbewerb um geeignete Kandidaten auszahlen.

5.2.6 Kostensenkung und Effizienzsteigerung

Im Kontext der weiteren Entwicklung des Themas INDUSTRIE 4.0 ergibt sich — über die Erforderlichkeit von Maßnahmen zum notwendigen Ausbau der Kompetenzen hinaus — eine stetige Notwendigkeit zur kontinuierlichen Reduzierung der Kostenstrukturen, idealerweise über dauerhaft angelegte KVP-Projekte (Kontinuierlicher-Verbesserungsprozess). Kosteneffizienz muss ein wesentlicher Bestandteil des Selbstverständnisses eines jeden Unternehmens sein. Die gegenwärtig positive Situation im deutschen Maschinenbau darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass in der Branche unverändert strukturelle Nachteile bestehen, die durch den Anstieg der Lohnkosten weiter verschärft werden. Selbst aktuell positive Währungseffekte vermögen dies nicht dauerhaft zu kompensieren. Zudem steht — angesichts der Dynamisierung der Lieferketten sowie hinzukommender Wettbewerber — zu erwarten, dass der Kostendruck unverändert hoch bleiben wird. Wesentliche Maßnahmen zur Stabilisierung der Position des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus im internationalen Wettbewerb sind die *klassischen* Maßnahmen zur Kostensenkung und Liquiditätssteigerung, u. a.:

» **Working Capital Management:** Neben Optimierungen im Debitoren- und Kreditorenmanagement sind vor allem Maßnahmen im Bestandsmanagement ein wichtiger Fokus. Hier verspricht eine stärkere Integration von IT-Anwendungen bzw. der notwendige Kompetenzaufbau im Bereich IT gut nutzbare Synergien, da dies oft auch zu einem verbesserten Prozessverständnis führt, aus dem wiederum präziser ineinandergreifende Lieferketten ableitbar sind. Die daraus resultierenden Bestandsreduzierungen (bei den Posten Roh-, Hilfs- und Betriebs-

stoffe bzw. Unfertige Erzeugnisse) wirken sich unmittelbar positiv auf die Liquiditäts- und Ertragssituation des Unternehmens aus. Mittels einer Optimierung der Versandlogistik können analoge Verbesserungseffekte auch bei den Fertigerzeugnissen erzielt werden.

» **Reduzierung der Herstellkosten:** Die bestehenden Kalkulationen müssen regelmäßig auf mögliche Einsparpotenziale untersucht werden — im Grunde bezüglich eines jeden einzelnen Bauteils. Zielführend können dabei neben wertanalytischen Maßnahmen auch sog. *Make-or-buy*-Entscheidungen sein. Ebenso müssen die gegenüber den Lieferanten geltenden Einkaufspreise turnusmäßig überprüft werden, ggf. anhand einer Betrachtung größerer Baugruppen. *Single-source*-Beziehungen sind zu vermeiden — es sei denn, eine solche Vermeidung würde sich negativ auf die Produktqualität auswirken. Auch Prozessoptimierungen in der Fertigung bzw. Montage vermögen positive Kosteneffekte zu generieren.

» **Reduzierung der Entwicklungskosten:** Die Softwarelösungen im Bereich der 3D-CAD- oder *Virtual-Reality*-Programme sowie des 3D-Drucks entwickeln sich weiterhin dynamisch, sodass geprüft werden sollte, inwieweit mit deren Hilfe Entwicklungsprozesse weiter beschleunigt werden können (*rapid product development*).

» **Effizienzsteigerung:** Die weitere INDUSTRIE 4.0-Entwicklung wird eine zunehmende Datentransparenz und vor allem verbesserte Möglichkeiten zur zielgerichteten Aggregation und Auswertung der Daten mit sich bringen. Diese grundlegende Veränderung wird nahezu alle Bereiche der Unternehmen betreffen: Bisher (ungeachtet der im zurückliegenden Jahrzehnt bereits erreichten Effizienzverbesserungen) unverändert aufwändige Arbeiten werden eine weitere Beschleunigung erleben und dadurch weniger personelle Ressourcen erfordern. Hier gilt es, die Möglichkeiten der eigenen Systemlandschaft zielgerichtet auszuschöpfen und auszubauen, um den Wandel kontinuierlich mit vollziehen zu können. Dies ist zugleich auch ein Mittel, um den demografischen Herausforderungen der nächsten Jahre und Jahrzehnte zu begegnen.

5.2.6

5.3

Unternehmenskultur



5.3.1 Etablierung einer umfassenden Innovationskultur

Eine Innovationskultur im eigenen Unternehmen zu entwickeln ist für KMU von großer Bedeutung — insbesondere angesichts von Hemmnissen wie Expansionsschwierigkeiten, mangelnder internationaler Offenheit sowie Veränderungsresistenz [85].

Neue Technologien des Internet-Zeitalters proaktiv in bestehende Produkte zu integrieren kann weder effektiv noch effizient ›von oben‹ verordnet werden, etwa per Entscheidung der Geschäftsführung. Vielmehr sind Mechanismen erforderlich, die die Umsetzung der gesteckten Ziele im täglichen Handeln aller Mitarbeiter des Unternehmens verankern.

Einer der effektivsten Ansätze dazu ist das Fördern einer umfassenden Innovationskultur: Jeder Mitarbeiter soll in seiner täglichen Arbeit selbstständig nach Lösungen und Chancen suchen, um zum Erreichen der Innovationsziele bzw. zur Identifizierung und Ausnutzung von Innovationspotenzialen beizutragen. Innovationsförderndes Denken und Handeln auf Mitarbeiter-Ebene gezielt und systematisch zu stärken — und hierfür die grundlegenden Voraussetzungen zu schaffen — hilft, Veränderungsresistenzen zu beseitigen und den Blick für die notwendigen Weiterentwicklungen des Unternehmens und seiner Produktlinien zu schärfen. Neu hinzustoßende Mitarbeiter übernehmen dieses Verhalten als Teil der Unternehmenskultur, die sie kennenlernen; dies trägt wiederum dazu bei, die Innovationsfähigkeit des Unternehmens nachhaltig auf eine breite Basis zu stellen.

Zentrale Voraussetzung einer ausgeprägten Innovationskultur ist stets eine (unternehmensweit gepflegte) angemessene Toleranz gegenüber Fehlern — denn Innovationen gehen untrennbar mit Experimentieren und dem Beschreiten neuer Wege einher, woraus unvermeidbar auch Fehler und Misserfolge resultieren. In der Entwicklung fehlertoleranter Prozesse sind US-amerikanisch geprägte Unternehmenskulturen den deutschen voraus, u. a. weil die in US-Unternehmen

vorherrschenden Ausprägungen bei Diskussionsstil (Brainstorming vs. konfrontativ), Handlungsplänen (entlang großer Meilensteine vs. Detailplanung) und Meeting-Kultur (Handlungskoordination vs. Controlling) eine in höherem Maße flexible, experimentelle und jederzeit adaptierbare Denkweise hervorbringen. Deutsche Unternehmen sind daher gut beraten, sich stärker zu öffnen für experimentierfreudige Herangehensweisen wie *learning by doing* bzw. *trial and error*: u. a. indem ein auf das gesamte Unternehmen ausgerichteter Vorschlagswesen etabliert und dessen aktive Nutzung mit entsprechenden Anreizen gefördert wird sowie durch eine stärkere Bereitschaft seitens des Unternehmens, Wagnisse und damit auch zwangsläufig verbundene Misserfolge als notwendig zu akzeptieren.

5.3.2 Diversifizierung und Internationalisierung der Belegschaft

Um erfolgreich zu sein und zu bleiben, müssen Unternehmen ihre Geschäftstätigkeit in der Regel über regionale, nationale und kulturelle Grenzen hinweg ausdehnen. Diese Entwicklung betrifft sowohl Güter und Kapital als auch das sog. Humankapital; Internati-



5.3.1

5.3.2

onalisierung ist deshalb nicht auf wachsendes Engagement in Auslandsmärkten beschränkt, sondern umfasst in umgekehrter Richtung auch die Öffnung und Offenheit des Unternehmens gegenüber einer internationaleren Mitarbeiterschaft. Bislang in hohem Maße deutsch geprägte Unternehmen müssen eine stärker internationale Unternehmenskultur entwickeln, um zuzugswillige Fachkräfte aus dem Ausland im Allgemeinen und aus den sich entwickelnden neuen Märkten im Besonderen für sich zu gewinnen.

Zu den zentralen Voraussetzungen einer solchen Internationalisierung seitens der deutschen Unternehmen zählen Fremdsprachenkenntnisse, Kompetenzen in interkultureller Kommunikation, Kenntnisse und Respekt hinsichtlich der eigenen wie gegenüber fremden Kulturen, Kenntnis internationaler Märkte und ihrer Spezifika sowie die Fähigkeit, mit der daraus resultierenden höheren Komplexität umzugehen.

Studien belegen: Heterogenere, vielfältigere Teams erarbeiten meist bessere Ergebnisse als homogenere. Das Potenzial qualifizierter Mitarbeiter unterschiedlichen Hintergrunds — nach Geschlecht, Fachrichtung, Begabungen, Altersgruppe oder Kultur — sollte daher nicht nur aus demografischen Gründen genutzt werden. Auf dieser Basis bietet sich eine Vielzahl möglicher Maßnahmen an:

» **Lokale Besetzung von Schlüsselpositionen in Auslandsmärkten:** Ist die Geschäftsleitung ausländischer Tochterunternehmen mit dortigen Einheimischen besetzt und sind diese Geschäftsleitung und die Geschäftszweige des Tochterunternehmens in der lokalen (auswärtigen) Kultur verankert, so verbessert dies meist erheblich die Netzwerke einer solchen Geschäftsleitung und das Verständnis für die Markt- und Kundenbedürfnisse vor Ort.

» **Personalmanagement:** Fachkräfte können auch international gesucht und rekrutiert werden; dabei sollte die Integration der Mitarbeiter alle Unternehmensebenen und bereiche betreffen sowie Fach- wie Führungskräfte umfassen. Erhöhte Vielfalt (*Diversity*) — u. a. in internationaler und kultureller Hin-

sicht — ist eine wichtige Voraussetzung für die Steigerung der Innovationsfähigkeit von Unternehmen [86].

» **Internationale Teambildung:** Es sollten international agierende Teams gebildet und entwickelt werden, die ihre Meetings per Web-Konferenz abhalten und mithilfe spezialisierter Software (wie SHAREPOINT, GOOGLEDODS oder SUBVERSION) effektiv und reibungsarm international zusammenarbeiten.

» **Unternehmenssprachen:** Wie es in großen, international ausgerichteten Unternehmen — oder sogar ganzen Ländern wie Schweden, Norwegen oder den Niederlanden — längst üblich ist, sollten auch Teams international orientierter deutscher Unternehmen in der Lage sein bzw. in die Lage versetzt werden, ihre Prozesse möglichst souverän auch in englischer Sprache durchzuführen.

» **Flexibilisierung und Mitarbeiterbindung:** Flexible Arbeits(zeit)modelle können erheblich zu einer gemischten Teamstruktur beitragen. Um erfahrene Mitarbeiter möglichst lange im Unternehmen zu halten, sollten zudem gesundheitsbezogene Maßnahmen (wie Informations- und Präventivangebote) und einschlägige freiwillige Freizeitangebote (etwa Betriebssport) geschaffen werden.

» **Auslandserfahrung:** Einsätze, Dienstreisen sowie Aus- und Weiterbildungsangebote im Ausland bis hin zu einer Entsendung für einen gewisse Zeitraum (*Secondment*) helfen, die internationalen Kompetenzen der Mitarbeiter zu stärken, Sprachbarrieren abzubauen sowie etwaige kulturelle Berührungspunkte zu überwinden. Zudem kann im ‚*global war for talents*‘ die Aussicht auf Auslandseinsätze die Attraktivität eines Unternehmens für potenzielle Arbeitnehmer erheblich steigern. Allerdings ist gerade für den Erfolg längerer Aufenthalte eine umfassende Unterstützung des betreffenden Mitarbeiters vor allem bei den organisatorischen Aspekten entscheidend (Wohnungs- und ggf. Schulsuche, Integration des Lebenspartners vor Ort, Steuerrecht etc.).



5.4

Unternehmensstrategie



5.4.1 Erschließung neuer Märkte

Unter den verschiedenen Modellen der Unternehmensexpansion ist die in deutschen Unternehmen derzeit am stärksten diskutierte Form das Erschließen neuer, internationaler Märkte — denn angesichts des weitgehend gesättigten Binnenmarkts kann ein Wachstum meist nur noch im (außereuropäischen) Ausland erreicht werden. Zudem ist es zur Sicherung nachhaltiger Wettbewerbsfähigkeit im Sinne einer Risikostreuung notwendig, dass sich die Unternehmen auch international aufstellen.

Der Devise »production follows market« folgend, steigen für die Erzeuger adaptiver Güter die Vorteile, wenn sie den Kunden in nachfragestarke Regionen folgen und eine — auch im geografischen Sinne — kundennahe Produktion anstreben.

Die Auswirkungen und Handlungsempfehlungen, die sich daraus ergeben, bedürfen einer dezidierten Analyse, denn bei einer Gesamtbewertung spielen auch gegenläufige Effekte eine Rolle. So hat sich etwa eine kurzentschlossene Verlagerung von Produktionsvolumina in Niedriglohnländer bzw. *Emerging Markets* nicht immer als zielführend erwiesen, u. a. weil hierbei langfristige Entwicklungen — etwa bei den Lohn- oder Preisniveaus sowie Logistikkosten — oft nicht ausreichend berücksichtigt wurden [55] [87]. Wird eine Produktionsverlagerung in Aussicht genommen, sind also insbesondere mögliche langfristige Risiken zu beachten; außerdem müssen wichtige Zielmärkte auch auf Basis ihrer ökonomischen und politischen Gegebenheiten genauestens analysiert werden. Für all dies müssen entsprechende Kompetenzen unternehmensintern aufgebaut (oder extern zugekauft) werden.

Während die großen deutschen Konzerne inzwischen fast ausschließlich als multinationale Organisationen agieren und mit Produktion und Services in einer Vielzahl von Ländern vertreten sind, tun sich KMU insoweit noch schwer: Sie müssten hierzu neue, internationale Strukturen und/oder Netzwerke aufbauen, um adäquate Systemlösungen anbieten zu

können — gerade dies wird jedoch durch ihre oftmals primär national bzw. regional geprägte Firmenkultur erschwert.

5.4.2 Kooperationen und Kompetenzbündelung

Viele Unternehmen des klassischen Maschinen- und Anlagenbaus pflegen bisher unverändert die traditionelle Denkweise in langen Lebenszyklen und klassischen Entwicklungs- bzw. Geschäftsmodellen. Diese Tatsache macht die betreffenden Unternehmen im internationalen Vergleich weniger attraktiv und erschwert es ihnen, die zu ihrer Verstärkung erforderlichen Fachkräfte aus dem sehr dynamischen IT-Umfeld zu gewinnen.

Die von den Unternehmen dringend benötigten Kompetenzen in den Bereichen IuK-Technologien und IT-Sicherheit können zwar alternativ oder zusätzlich auch durch strukturierte Zusammenarbeit mit externen Spezialisten oder anderen Marktteilnehmern sichergestellt werden, u. a. durch Kooperationen und Kompetenzbündelung.

All diese Schritte erfordern jedoch ein erhebliches Maß an Offenheit, da sie darauf ausgerichtet sind, externe Expertise für die Weiterentwicklung des eigenen Kern-Know-hows zu nutzen.



5.4.1

5.4.2

Ansätze können hierbei sein:

» Bündelung bestehender, möglichst komplementärer Kompetenzen, um mit IT-erfahreneren Wettbewerbern besser konkurrieren zu können.

» Ausbau von Systemlösungen, und zwar nicht einzig mit Blick auf den Markterfolg beim Vertrieb von Produkten, sondern primär, um auf Basis systemorientierter Denkweisen veränderte Herangehensweisen bzw. neue Produktansätze für gesättigte Märkte zu entwickeln oder auch zusätzliche Märkte zu erschließen.

Bei der Suche nach geeigneten Kooperationspartnern sollten nicht nur etablierte Unternehmen in Betracht gezogen, sondern vielmehr auch ein Blick über den Tellerrand gewagt werden. Es ist in den letzten Jahren eine Vielzahl teils hochspezialisierter Unternehmen entstanden, die zwar oft noch als *Start-ups* gelten, aber im Zusammenspiel mit etablierten Unternehmen beträchtliche Dynamik und erheblichen Mehrwert in die Veränderungsprozesse einbringen können.

In diesem Kontext sollten deutsche Unternehmen auch prüfen, inwieweit sie sich an nationalen bzw. internationalen Zusammenschlüssen (z. B. der deutschen Initiative D21 oder dem US-geprägten IIC-Verbund [*Industrial Internet Consortium*]) aktiv beteiligen. Als absolutes Minimum sollte beobachtend verfolgt werden, wie sich diese Themen weiterentwickeln, um zumindest darauf reagieren zu können.

5.4.4

5.4.3 Verstärkte Investitionen im Digitalisierungsumfeld

Unternehmen, deren Geschäftsfelder ohnehin bereits durch Digitalisierung geprägt sind, müssen verstärkt in Forschung und Entwicklung in diesem Feld investieren — denn in positiver Hinsicht liegt der potentielle *return on investment* (ROI) dort oft besonders hoch; in negativer Hinsicht droht hier umgekehrt der Verlust von Marktanteilen, wenn Entwicklungen zu spät nachvollzogen werden. Demgegenüber müssen Unternehmen, die bisher eher digitalisierungsfern

aufgestellt sind, ihr Geschäftsfeld vor dem Hintergrund einer immer umfassenderen Digitalisierung aller Bereiche analysieren — denn als *early bird* haben sie noch die Chance, durch einen frühen Einsatz neuer IT-basierter Prozessmodelle wichtige Marktvorsprünge zu erzielen.

Ein wichtiges Argument für Investitionen im Umfeld der Digitalisierung liegt zudem in ihrer vergleichsweise einfachen Umsetzbarkeit, etwa in Gestalt des Einsatzes externer Ressourcen wie etwa Cloud für Dienst-Infrastrukturen, high-performance computing, *software as a service* und allgemeiner IT-Basisdienste. Zudem sind die Finanzierungsbedingungen für private und öffentliche Investitionen zurzeit ausgesprochen günstig [88].

Unabdingbare Grundlage derartiger Veränderungen ist jedoch auch ein partieller Mentalitätswandel in den betreffenden Unternehmen, wie u. a. Bundeskanzlerin Angela Merkel auf dem IT-Gipfel der Bundesregierung im Oktober 2014 betonte: »Auch im Silicon Valley geht es nicht ohne Risiko.« Die gesamte Wirtschaft müsse, so die Bundeskanzlerin, mehr Risikobereitschaft bei der Digitalisierung zeigen und auch Misserfolge hinnehmen [89].

5.4.4 Produkte für die *Emerging Markets*

Die deutschen Unternehmen dürfen sich durch ihre anhaltenden Export-Erfolge nicht dazu verleiten lassen, einzig auf ihre bestehenden Produkte zu setzen und sich bei Sicherheit (und idealerweise Ausbau) ihres derzeitigen technologischen Vorsprungs ausschließlich auf bereits existierende Konzepte, Modelle und Prozesse zu verlassen. Ähnlich wie ihre historischen Vorgänger bringt die vierte industrielle Revolution tiefgreifende Produkt- und Prozessveränderungen mit sich: durch umfassende neue Technologien und damit verbundene Veränderungen der gesamten Anbieterstruktur. Eine einseitige Fokussierung der deutschen Unternehmen auf ihre Erfolge der Vergangenheit gefährdet deshalb nicht nur ihre bisherige Technologieführerschaft; vielmehr riskieren sie viel

grundlegender, den Anschluss an die technologische Entwicklung insgesamt zu verlieren. Um tiefer in die Märkte der Schwellenländer einzudringen, müssen die Produktportfolios der deutschen Unternehmen dringend erweitert werden, und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Preis- als auch ihrer Produktstruktur (vgl. Kapitel 2.2). Obwohl eine Anpassung der Produkte an die lokalen Bedürfnisse große Chancen bietet, gaben 75 % der KMU im Jahr 2014 an, die Wünsche der Kunden in den Schwellenländern nicht recht zu kennen [90]. Das ist umso gravierender, als hochindividualisierte Maschinen — die bisher wichtigsten Exportprodukte deutscher Maschinenbauer — in der Mehrzahl der Schwellenländer Gefahr laufen, zu wenige Abnehmer zu finden.

Bislang sind viele deutschen Unternehmen unverändert auf Hightech-Maschinen spezialisiert, dabei bietet der Ausbau von Midtech-Produkten weitere Chancen [91]. Die in Deutschland traditionell verfolgte Maxime der extremen Qualitätsorientierung (»beste Qualität zum günstigsten Preis«) sollte in Richtung eines »Y-Modells« erweitert werden: Zusätzliche Produktlinien der — umgedrehten — Devise »bester Preis bei bestmöglicher Qualität« sind gefordert, weil diese sog. *frugal products* für den in Schwellenländern geplanten Einsatz vielfach ausreichen und noch finanzierbar sind [93].

5.4.5 Überprüfung der langfristigen Expansionsstrategie

Einige US-amerikanische Großkonzerne investieren in eine langfristige Expansionspolitik in Bezug auf Produkte und Dienstleistungen; dies ist ein Vorgehen, das hierzulande bislang wenig Beachtung erfährt — und im Einzelfall in der Tat auch nicht einfach umsetzbar ist. So liegt der Erfolg von GOOGLE oder AMAZON u. a. in deren Strategie starker Expansion begründet, insbesondere in neue Warengruppen und Dienstleistungen. Vielfach werden diejenigen Trends, die hinter der frühen INDUSTRIE 4.0-Entwicklung bzw. der neuen Digitalisierungsära stehen, zur Ursache für die Erweiterung des Unternehmensportfolios: Neue Produkte und Prozesse entstehen

teils zusätzlich, teils unter Verdrängung ihrer traditionellen Pendants.

In deutschen Unternehmen hingegen wird der Begriff »Expansionspolitik« bisher vorwiegend im Kontext der Internationalisierung von Unternehmen diskutiert, während bezüglich des Portfolios statt auf eine (womöglich gar aggressive) Wachstumspolitik mehr Wert auf den Cash Flow des Unternehmens gelegt wird. Eine Ursache hierfür liegt in der Tatsache, dass deutsche Unternehmenskulturen stärker auf Sicherheit als auf Expansion und Risiko ausgerichtet sind — eine Philosophie, die in Deutschland nicht zuletzt gesamtgesellschaftlich verankert ist.

Insbesondere deutsche KMU tun sich schwer mit jeglicher Expansion, und zwar aus einer Vielzahl von Gründen: Ihre wenig ausgeprägte internationale Aufstellung erschwert die geografische Expansion; ihre inhaltliche Ausrichtung auf ein eher begrenztes Segment erschwert ihre Expansion in weitere Produkte; ihre geringe Unternehmensgröße behindert den Auf- und Ausbau von Systemlösungen; ihre Firmenkultur ist oftmals eher konservativ geprägt. Hier sind neue Denkweisen und Verbundstrukturen notwendig, um Marktanteile zu halten oder gar hinzuzugewinnen.

5.4.5



5.5

Übergreifende Maßnahmen



Der Handlungsbedarf im Zuge der notwendigen Anpassung an die neue Welt der INDUSTRIE 4.0 und an deren Herausforderungen liegt überwiegend auf Seiten der Unternehmen. Gleichwohl sind die politischen Akteure und die Kapitalgeber gefordert, diesen Unternehmen auch den erforderlichen Handlungsrahmen im globalen Wettbewerb zu bieten, indem sie ihnen Starthilfe sowie den nötigen Freiraum geben sowie bestehende Wachstumshürden abbauen.

Allerdings verfügen die Schwergewichte des deutschen Industrie- bzw. Technologiesektors — die sämtlich auch Mitglied der PLATTFORM INDUSTRIE 4.0 sind — durch ihre ohnehin stark ausgeprägte globale Präsenz und Vernetzung, ihre Kapitalreserven und F&E- sowie IT-Kapazitäten nicht nur über Startvorteile bei der Umstellung auf die neue, INDUSTRIE 4.0-geprägte Welt; vielfach treiben sie diese sogar führend voran.

Die deutsche Industriepolitik muss stärker als bisher kleine und vor allem mittlere Unternehmen in ihren Fokus nehmen und hinreichende Grundlagen und Strukturen schaffen, um gerade diese Unternehmen in die Lage zu versetzen, den neuen Herausforderungen aktiv und erfolgreich zu begegnen.

5.5.1 Öffentliche Investitionen

Nicht nur die privaten, sondern auch die öffentlichen deutschen Investitionen sind im internationalen Vergleich gering. Berechnungen des DIW Berlin zeigen, dass die Investitionslücke in Deutschland heute 80 Mrd. Euro jährlich beträgt — was 3 % der deutschen Wirtschaftsleistung entspricht. An Investitionen fehlt es insbesondere in folgenden Bereichen:

» Infrastruktur-Investitionen

Infrastruktur-Investitionen fehlen sowohl in klassischen Bereichen (wie Verkehr) als auch in neueren, allen voran bei den modernen IuK-Technologien — dabei bilden diese eine Grundvoraussetzung für die Vernetzung intelligenter Produktionsstätten und damit für die gesamte INDUSTRIE 4.0-Entwicklung. Während Deutschland 2015 voraussichtlich eine durchschnittliche Bandbreite von nur 46 Mbit/s erreichen wird, sind etwa in Südkorea bereits seit 2012 Bandbreiten von 1 Gbit/s Standard, sodass dort schon jetzt die geeignete Infrastruktur für ein *Internet of Things* besteht. Auch im Bereich des Mobilfunks ist Südkorea Deutschland weit voraus [30]. Um den bishe-

rigen wirtschaftlichen Vorsprung Deutschlands zu erhalten, müssen die Infrastruktur-Investitionen hierzulande erheblich gesteigert werden — nicht zuletzt, um die Anbindung der oftmals außerhalb der Ballungszentren angesiedelten *hidden champions* deutlich zu verbessern und so ihre technologische Wettbewerbsfähigkeit und ihre Attraktivität als Arbeitgeber auch mittel- und langfristig zu sichern.

» Forschungsinvestitionen

In den USA wird zu cyber-physischen Systemen bereits seit 2006 geforscht (und zwar in großem Stil), zur Big-Data-Analyse seit 2010. Demgegenüber wurde die Hightech-Strategie der Bundesregierung erst 2011 veröffentlicht; umfassende Forschungsförderungsvorhaben im Bereich der INDUSTRIE 4.0 wurden in Deutschland erst 2014 gestartet. Während in den USA bereits auf den der INDUSTRIE 4.0 zugrunde liegenden Technologien (Daten und Konnektivität) aufsetzende Geschäftsmodelle und Unternehmen existieren, beginnen die deutschen Unternehmen mehrheitlich gerade erst damit, sich vertieft mit diesen Technologien zu beschäftigen.

5.5.1

Im öffentlichen Bereich Deutschlands sind die Investitionen in Infrastruktur ebenso wie die in Zukunftsmärkte und Megatrends gering. Das umfasst auch den immateriellen Bereich: Bei Forschung und Entwicklung ist der Kapitalstock langsamer angestiegen als in vielen anderen Ländern [59]. Zeitgleich steigen die Forschungsaufwendungen in anderen Teilen der Welt, insbesondere in China und Südkorea; diese Länder holen wissenschaftlich zunehmend auf.

» Bildungsinvestitionen

In kaum einem anderen europäischen Land sind Bildung und Ausbildung derart stark an die soziale Herkunft eines Kindes gekoppelt wie in Deutschland. Eine große Bedeutung kommt in diesem Kontext der Förderung von Menschen mit Migrationshintergrund zu. Das (im Kern hohe) Potenzial von Migranten für den Arbeitsmarkt (vgl. Kap. 4.2) ist hierzulande bislang nur unvollständig erschlossen.

Das deutsche Hochschulsystem ist seit Jahrzehnten überlastet. Eine Ursache für die deutsche Innovationsschwäche liegt auch in den Betreuungsrelationen (den Zahlenverhältnissen Lehrende/Studierende), die in Deutschland erheblich ungünstiger sind als in im Wissenschaftsbereich führenden Nationen. Klar ist: Die Förderung von Innovationen und Kreativität erfordert personalintensive, forschungs- und projektorientierte Unterrichtsmodelle. Die zugesagte Förderung durch Bund-Länder-Programme wird hingegen bestenfalls die Überlast des doppelten Abiturjahrgangs abfangen können und lindert lediglich die Symptome.

5.5.2

5.5.2 Deregulierung

Im Sommer 2012 haben die Regierungschefs der EU den »Pakt für Wachstum und Arbeitsplätze« beschlossen [94]. Diesem liegt — ebenso wie vergleichbaren nationalen Vorstößen — die Einschätzung zugrunde, dass Regulierungen die Wettbewerbsfähigkeit und in der Folge ein Wirtschaftswachstum eher behindern als befördern. Vor diesem Hintergrund kam es in den vergangenen Jahren insbesondere zum Abbau von Anbietermonopol-Regulierungen, meist im Zusammenhang mit der

Vollendung des europäischen Binnenmarktes; markante Beispiele bilden der Telekommunikationssektor, der Luftlinienverkehr und die Stromwirtschaft [95][96].

Individuen und Unternehmen sind oftmals erst dann bereit, engagiert und innovativ zur wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes beizutragen, wenn sie sich in einem rechtlich und/oder wirtschaftlich gesicherten Rahmen sehen. Es darf jedoch nicht darüber hinweggesehen werden, dass Deutschland aufgrund seiner starken regulatorischen Prinzipien im globalen Wettbewerb immer weiter an Dynamik verliert. Bestehende Vorschriften behindern in zunehmendem Maße die deutsche Innovationsfähigkeit. Innovations-Hemmnisse bestehen noch in einer Vielzahl von Bereichen, von denen hier zwei exemplarisch angesprochen werden sollen:

» **Handelsabkommen:** Im vorgenannten Kontext sind — auf größerer Skala — auch internationale Regelungen wie das aktuell viel diskutierte TTIP-Freihandelsabkommen anzusiedeln. Der Wegfall von Zollschranken verschlankt zum einen bürokratische Prozesse. Die Reduzierung von Mehrfachrealisierung aufgrund heterogener Gesetzeslagen setzt zum anderen Geld frei für Investitionen in Infrastruktur und Forschung und Entwicklung und damit für Innovationen in den Unternehmen. Insbesondere das separate Freihandelsabkommen, das die USA 2015 mit den Staaten Ostasiens abschließen werden, stellt eine große Gefahr für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas dar [97][98].

» **Datenschutz:** Auch und gerade in einer immer stärker digitalisierten Gesellschaft müssen Fragen von Sicherheit und Datenschutz zwar ernstgenommen werden; zugleich werden jedoch diesbezüglich gelegentlich Anforderungen formuliert, die einer »Quadratur des Kreises« gleichkämen — denn datenbasierte Verfahren können ihre Wirksamkeit per Definition nur entfalten, wenn auch Daten zur Analyse bereitstehen. So sind Gesundheitsdaten einerseits höchstpersönlich und schützenswert; andererseits stellen sie die Grundlage für eine deutlich verbesserte und letztlich wieder individualisierte Medizindiagnostik dar. In

ähnlicher Weise zeichnen Sensordaten, die mittels Autos und anderer Verkehrsträger erhoben wurden, Aufenthalte und Bewegungen von Individuen auf; sie bilden die Grundlage eines sicheren, vorausschauend gestalteten und weitgehend staufreien Verkehrs. Deshalb sind umfassende Deregulierungen (auch in anderen Bereichen) notwendig — wenngleich selbstverständlich in einer Weise, die die Grundwerte einer Demokratie nicht aushöhlt. Deregulierung hat unbestreitbar Konsequenzen und generiert neue Herausforderungen, denn sie bringt stets ein Mehr an Selbstverantwortung des Einzelnen und der agierenden Teile der Gesellschaft mit sich. Allerdings wird Deutschland ohne eine massive Verschlankung überregulierter Prozesse zugunsten beschleunigter, flexiblerer Abläufe künftig kaum in der Lage sein, sich gegen die schnellen und wendigen neuen *Player* — insbesondere aus Fernost — zu behaupten. Es müssen neue Partizipationsmodelle entwickelt und evaluiert werden, die umfassend beschleunigte Verfahren bei gleichzeitiger Wahrung hoher demokratischer Standards ermöglichen.

5.5.3 Finanzierungsmodelle

Ungeachtet der positiven Entwicklungen an den Kapitalmärkten sehen sich KMU — zumindest subjektiv — einem beschränkten Zugang zu Investitionsmitteln ausgesetzt. So wird die Finanzierung gerade von im Wachstum befindlichen KMU vom Markt oft als zu risikoreich angesehen; selbst KMU, die etabliert sind, aber nur über eine vergleichsweise geringe Eigenkapitalquote verfügen, haben einen geringen Zugang zu externen Finanzierungsquellen. Der daraus resultierende Mangel an Investitionen führt dazu, dass viele KMU außerstande sind, Expansion und Systementwicklungen gleichzeitig zu realisieren [99].

Die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) umfasst mehr als 300 Programme, von der europäischen bis zur lokalen deutschen Ebene; allein die regionale Förderfibel der Investitionsbank Berlin umfasst über 80 Maßnahmen, von Investitionen in Betriebsmittel über arbeitsmarktpolitische Förderung bis hin zur Gründungsberatung [100]. Mögliche Lösungen für die Finanzie-

rungsschwierigkeiten von KMU liegen somit in einer Vielzahl von — teils staatlichen, teils privaten — Konzepten:

» **Modelle der Forschungsförderung:** Diese bleiben durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das BMWi und andere Ministerien als Investitionsbeihilfe bislang vielfach ungenutzt, ebenso wie EU-Gelder oder die Ziel-2-Förderung. Ursächlich hierfür sind u.a. Intransparenz in der Vergabe, vergleichsweise lange Antragsfristen bei unsicherem Ausgang, ein hohes Maß an Formalitäten oder notwendige Eigenanteile. Diese Hemmnisse führen häufig dazu, dass deutsche Firmen Potenziale und Angebote nicht ausreichend nutzen; hier besteht deutlicher Optimierungsbedarf.

» **Wagniskapital:** Die für private Kapitalgeber in Deutschland bisher noch bestehenden steuerlichen Nachteile sollen nun über steuerpolitische und rechtliche Initiativen abgebaut werden. Ein entsprechender Antrag wurde in den Bundesrat eingebracht, der u.a. einen staatlichen Zuschuss für private Investoren vorsieht, die sich an Wagniskapitalfonds beteiligen. Auch für Versicherungen und Pensionskassen sollen hieraus neue Investitionsanreize entstehen [105].

Doch dieses Problem trifft nicht Deutschland alleine — in den meisten EU-Ländern fehlt eine proaktive Investitionskultur. Ganz anders als in den USA: Dort investieren erfolgreiche Unternehmer ihrerseits in andere Unternehmen und betätigen sich damit als »*Business Angels*« für junge aufstrebende KMU; neue Projektideen werden hier bereits in frühen Phasen mit erheblichen Beträgen finanziert. Vor diesem Hintergrund steigt die Anzahl erfolgreicher Unternehmensgründungen in den USA kontinuierlich, während Deutschland im internationalen Vergleich gerade einmal eine Mittelposition erreicht; im Jahr 2012 gab es mehr Unternehmensschließungen als -gründungen. Eine Unternehmensgründung dauert in den USA im Schnitt sechs Tage, in Deutschland hingegen rund 15 Tage [101][102]. Hier können von der deutschen Politik forcierte, thematisch gezielte Maßnahmen mehr Dynamik schaffen; dies würde die hiesige Maschinenbaubranche mittelfristig deutlich voranbringen.

5.5.3



6.0 **Anhang**

Über die Autoren

Andersch

Tammo Andersch, WP, MBA

Tammo Andersch hat zahlreiche Zukunfts- und Restrukturierungskonzepte für namhafte Unternehmen unterschiedlichster Branchen und Größen entwickelt und sie bei der Umsetzung bis zum erfolgreichen *Turnaround* begleitet. Sein besonderer Schwerpunkt ist die Beratung mittelständischer, häufig inhabergeführter Unternehmen.

Bevor er die Andersch AG WPG gründete, war er knapp 20 Jahre für eine internationale Wirtschaftsprüfungsgesellschaft tätig, zuletzt als Verantwortlicher für die Restrukturierungsberatung in der EMEA-Region (Europa, Naher Osten und Afrika).

Karsten Schulze

Karsten Schulze verfügt über langjährige Expertise in der Beratung von Unternehmen in Umbruch- und Restrukturierungssituationen. Sein Schwerpunkt liegt in der Erstellung von Restrukturierungs- und Performancekonzepten sowie der Begleitung ihrer Umsetzung. Zu seinem Branchenschwerpunkt zählt die Industrie, insbesondere Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus.

Dorothee E. Fritsch

Dorothee Fritsch ist Expertin für Markt- und Wettbewerbsanalysen, vorwiegend im Rahmen von Reorganisations- und Restrukturierungsprojekten. Sie verfügt über breitgefächerte Branchenkenntnisse; ihre Hauptschwerpunkte liegen im Industriesektor, insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau sowie der Automobilindustrie, und im Konsumgüterbereich. Zudem hat Frau Fritsch eine Reihe internationaler Projekte begleitet.

Katharina Marquardt

Katharina Marquardt verfügt über langjährige Erfahrung in der Restrukturierungs- und Transaktionsberatung. Sie hat zahlreiche Kunden mit Restrukturierungsprojekten, Projekten zur strategischen Neuausrichtung und *Commercial-Due-Diligence*-Bewertungen unterstützt. Ihre Branchenschwerpunkte umfassen neben dem Maschinen- und Anlagenbau die Automobilindustrie sowie Druckereien und das Verlagswesen.



Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke

Sabina Jeschke ist Direktorin des Institutsclusters IMA/ZLW & IfU der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen. Sie ist Prodekanin der Fakultät für Maschinenwesen, RWTH-Fellow und Vorsitzende des Vorstands des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) Aachen. Zu ihren Forschungsschwerpunkten zählen Robotik und Automatisierungstechnik (INDUSTRIE 4.0, kooperative heterogene Robotik, Mensch-Maschine-Interaktion, verteilte künstliche Intelligenz, kognitive Systeme, Multiagentensysteme) sowie komplexe IT-Systeme (*Web-Service-Technologien*, *Cloud Computing*). Ihr Institutscluster basiert methodisch auf der Wissenschaftsphilosophie der Kybernetik. Es gehört zu den Vorreitern neuer, interdisziplinärer Analysemethoden im Feld Innovations- und Zukunftsforschung (Innovationsfelder, -faktoren und -kulturen, Trend-Monitoring). Im Mittelpunkt stehen dabei empirische und IT-gestützte Analyseverfahren via *Big Data Analytics*, *Data Mining* und *Text Mining*.

Dr.-Ing. Tobias Meisen

Tobias Meisen ist geschäftsführender Oberingenieur am Lehrstuhl für »Informationsmanagement im Maschinenbau« des Institutsclusters IMA/ZLW & IfU. In seiner Forschung beschäftigt er sich mit modernem Informationsmanagement in cyber-physischen Systemen und dem *Internet of Things*. Schwerpunkte bilden die Architektur und insbesondere die Interoperabilität technischer Systeme und Anwendungen (*Semantic Technologies*, *Artificial Intelligence*, *Machine Learning*) sowie die Informationsanalyse (*Data/Text Mining*, *Big Data Analytics*). Neben seiner Forschung unterstützt er gemeinsam mit seinem Team Fachausschüsse und Unternehmen zu den Themen »Big Data in der Produktion« und »Interoperabilität in einer INDUSTRIE 4.0«.

Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Christian Tummel

Christian Tummel leitet die Forschungsgruppe »*Agile Management & eHumanities*« des Zentrums für Lern- und Wissensmanagement im Institutscluster IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Anwendung datenanalytischer Verfahren (*Data/Text Mining*, *Big Data Analytics*) vor allem in den Sozial- und Gesellschaftswissenschaften. Im Vordergrund stehen hierbei der Einsatz computergestützter Verfahren und die systematische Verwendung digitaler Ressourcen (insbesondere Social Media) in diesen Disziplinen. Zudem erforscht Herr Tummel Einsatzszenarien und die Implementierung agiler Methoden, Prinzipien und Werte in organisationalen Strukturen.

Dipl.-Ing. Max Hoffmann, MBA

Max Hoffmann ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter am »Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau« (IMA)

der RWTH Aachen tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der interdisziplinären Forschung im Rahmen der Produktionstechnik. Er ist Spezialist im Einsatz informationstechnischer Verfahren wie der Datenexploration und Datenanalyse heterogener Datenquellen. Herr Hoffmann ist Mitglied des *Cluster of Excellence* für Produktionstechnik der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) und entwickelt hier Ontologien und Methoden der Datenanalyse zur Optimierung der dynamischen, ganzheitlichen Produktionsplanung und -steuerung unter Echtzeitbedingungen.

Prof. Dr. phil. Anja Richert

Anja Richert ist Juniorprofessorin für Agiles Management an der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen und Geschäftsführerin des Zentrums für Lern- und Wissensmanagement (ZLW) des Institutsclusters IMA/ZLW & IfU. Schwerpunkte ihrer Forschung und Arbeit liegen im agilen Management von Lern- und Wissensprozessen, der Erforschung und Entwicklung von *Mixed-Reality-Learning*-Konzepten sowie in der Entwicklung und Erprobung von *Data-Science*-gestützten soziotechnischen Forschungsdesigns für komplexe interdisziplinäre Untersuchungsgegenstände. Als Mitglied des *Cluster of Excellence* für Produktionstechnik der DFG ist Frau Richert verantwortlich für interdisziplinäre Wissenschaftskommunikation und spezialisiert auf *Foresight*-Prozesse und internationales Monitoring.

Studiendesign

Sozio-technisches Untersuchungsdesign

Anlass und Ausgangspunkt für die Konzeption des in der vorliegenden Studie verwendeten Big-Data-basierten Studiendesigns sind die beobachteten Defizite klassischer Analyseverfahren. Eine zentrale Schwierigkeit liegt in der Erfassung und Reduzierung individueller *biases* (subjektiver Prägungen) von Probanden, verbunden mit einer entsprechenden Ergebniskorrektur — gelingt dies nicht, so werden Meinungen zu ›Wahrheiten‹.

Bei hochemotionalen Themen wie der nationalen Wettbewerbsfähigkeit besteht die Gefahr, dass gefühlte Realitäten reproduziert werden, man einem Wunschdenken unterliegt oder politische Einflussnahme anstrebt, verbunden mit eigenen Erfahrungen und Zielen. Derartige Ziele sind vielfach Teil einer unzureichend kommunizierten ›*hidden agenda*‹. Vor diesem Hintergrund werden Verfahren gesucht, die — losgelöst von konservativen Prämissen sowie Randbedingungen — eine möglichst objektive Sicht auf den Untersuchungsgegenstand ermöglichen.

Big-Data-Analysen (als spezielle Form der datengetriebenen Verfahren) eröffnen hier neue Chancen. So unterscheiden sich Big-Data-Verfahren von herkömmlichen, statistisch motivierten Ansätzen vor allem darin, dass sich bereits mit der bloßen Anwendung der Methodik Ergebnisse erzielen lassen, die zumeist einen nennenswerten — wenn auch verborgenen — Wahrheitsgehalt aufweisen. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse sind gar nicht oder allenfalls in geringem Maße durch im Voraus definierte Prämissen beeinflusst bzw. verfälscht.

Dabei geht der Erkenntnisgewinn mittels Big-Data-Verfahren teilweise sogar über das angestrebte Ziel hinaus: Bereits vorhandene — zumeist in anderem Kontext entstandene — große Datenmengen werden verwertet, um

neue Erkenntnisse zu gewinnen. Zwar kann auch hier keine vollständige Objektivität erreicht werden — schließlich kann einzig das untersucht werden, was digitalisiert vorliegt; bestimmte Informationsquellen und/oder soziale Gruppen können somit unter- bzw. überrepräsentiert sein. Dennoch sind bei Big-Data-Verfahren die Datengrundlage und perspektivische Breite sowie die hieraus ableitbare Projizierbarkeit vorhandener Informationen um ein Vielfaches größer als bei klassischen Befragungstechniken: Bei der Anwendung von Big-Data-Verfahren werden in der Regel Datensätze erzeugt, deren Mächtigkeit in der Größenordnung ab 10.000 liegt. Die Generierung von Datensätzen geschieht hierbei vornehmlich auf Basis der Extraktion vorhandener Datensätze aus bestehenden Daten-Korpora sowie der Anwendung von *Crawling*-Verfahren, die regelmäßig darauf abzielen, das *World Wide Web* nach geeigneten Schlüsselbegriffen zu durchsuchen.

Zu den Schwächen bestehender Verfahren zählen neben der geringeren Datengrundlage oftmals die unzureichende Evaluation der getroffenen Aussagen oder Prämissen anhand von belastbaren statistischen Daten — die quantitativen Komponenten und ihre Validierung also —, da bei komplexen Fragestellungen in Ermangelung konsensfähiger harter quantitativer Kriterien meist qualitative Verfahren zum Einsatz kommen. Für die Erfassung von Langzeitentwicklungen zur Trend-Erkennung und Extrapolation, wie hier erforderlich, müssen deshalb normalerweise umfangreiche Panel-Studien betrieben werden. Dabei besteht ein grundsätzliches Problem der Echtzeitfähigkeit, eine Art Dopplereffekt sozio-technischer Studien: Solche meist mehrjährigen Verfahren sind zu langsam für die Erfassung wirtschaftlicher Entwicklungen — gerade angesichts immer kürzerer Innovationszyklen. Insbesondere in IT-getriebenen Bereichen liegt der Generationsbegriff bei ca. 3 – 5 Jahren. Die Ergebnisse liegen also zu einem Zeitpunkt vor, zu dem

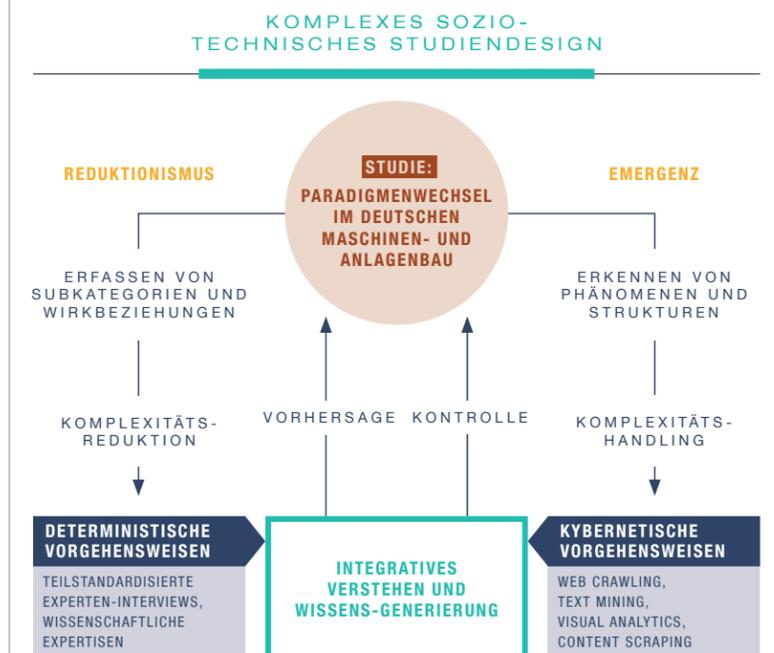
die entsprechende Ära bereits vergangen ist; sie können somit nicht mehr zu deren Gestaltung eingesetzt werden, sondern vermögen im Wesentlichen einzig einem retrospektiven Verständnis zu dienen. Auch hier leisten Big-Data-Verfahren wichtige Beiträge: In der Regel sind es hier nicht statische Zustände, die zu einem fixen Evaluationszeitpunkt untersucht werden (isolierter ›*snapshot*‹), sondern Zeitperioden und damit zeitliche Entwicklungen. Dabei werden Daten kontinuierlich generiert und aktualisiert. Trend-Erkennung und längerfristige Entwicklungen werden dabei mitgeliefert — vorausgesetzt, es besteht eine ausreichende digitale Datenlage für den betreffenden Untersuchungszeitraum.

Für die vorliegende Studie wurde ein sozio-technisches Untersuchungsdesign konzipiert, das klassische Verfahren der qualitativen empirischen Sozialforschung mit quantitativen Verfahren der Computerlinguistik und computergestützten Analyse großer Datenbestände (*Big Data Analytics*) verbindet:

- Paradigmatisch und auf der Makroebene betrachtet werden deterministische Vorgehensweisen — wie das Testen von Hypothesensets anhand massiver Datenkorpora — mit kybernetischen Herangehensweisen trianguliert, die Phänomene und Strukturen durch rückgekoppelte *Bottom-up*-Analysen der Datenbestände hervorbringen.

- Methodologisch und auf der Mikroebene betrachtet, sind jedoch beide ›Schablonen‹ der Analyse (Hypothesen sowie Phänomene/Strukturen) auf Basis desselben Forschungsstils entstanden. Dieser besteht im Grundsatz in der Erarbeitung von Konstrukten, die in empirischen Daten begründet sind (*Grounded Theory*), und ermöglicht somit die Triangulation der qualitativen Verfahren (der teilstandardisierten Experten-Interviews und der wissenschaftlichen Expertisen) sowie der quantitativen Verfahren (*Web Crawling*, *Content Scraping*, *Text Mining*, *Visual Analytics*). Dass der vorliegend gewählte Ansatz — ungeachtet seiner Stringenz und seines breiten Ansatzes — auch seine Tücken haben kann,

soll hier nicht verschwiegen werden: Das Kombinieren der beiden Verfahren (Experten-Interviews und Big-Data-Analyse) unterstellt ihre grundsätzliche Kombinierbarkeit. Konkret wird hier also angenommen, dass die auf Basis von Experten-Interviews entstehenden Hypothesen in ihrer grundsätzlichen Natur immer in befriedigendem Maße durch Big-Data-Verfahren gestützt werden können. Auch wenn das in der Regel zutrifft (weil *Data-/Text-Mining*-Verfahren eine hohe Wirkungsbreite haben), entstehen



Sozio-technisches Studien- und Untersuchungsdesign (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

durchaus Situationen, bei denen Big-Data-Verfahren als Indikatorengeber zwar Hinweise zur Beweisführung liefern können, jedoch keine abschließend belastbaren Aussagen hervorbringen, sodass die Beweisführung eher indirekt und wenig transparent ist: Würde etwa eine gefundene Hypothese lauten ›Südkorea überholt Deutschland im INDUSTRIE 4.0-Kontext‹, so fänden Big-Data-Verfahren auf Publikationsdatenbanken Hinweise auf die Richtigkeit dieser Hypothese

in Form einer umfangreichen Verwendung von Begrifflichkeiten, die mit INDUSTRIE 4.0 assoziiert sind. Gleichwohl könnte man die Frage, ob Südkorea im Bereich INDUSTRIE 4.0 Deutschland tatsächlich überholt, wohl einfacher bewerten und vor allem transparenter darstellen, indem man klassische ökonomische Variablen wie Umsatzzahlen, Firmen-Neugründungen, Bereitstellung von Risikokapital etc. in diesem Bereich analysiert.

In der vorliegenden Studie wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit insbesondere in der Visualisierung der zentralen Ergebnisse an diversen Stellen auf diese makroskopischen, wohlvertrauten Variablen zurückgegriffen, obwohl die eigentliche Beweisführung hinter den Kulissen auf Methoden des *Data-/Text-Mining* basierte. Führt man den Gedanken einer vernetzten Welt und frei verfügbarer Informationen fort, so lässt sich hier vielleicht bereits in naher Zukunft eine Trendwende erkennen.

Trotz der möglichen Unwägbarkeiten bei der Anwendung dieser datengetriebenen Verfahren überschreitet der hier angewendete Untersuchungsansatz durch die Integration von Big-Data-Methoden zur Hypothesen-Verifizierung und Prädiktionsanalyse aufgrund seiner Mächtigkeit in Bezug auf Datenneutralität und Langzeitperspektive maßgeblich bestehende klassische Ansätze.

Das Big-Data-Verfahren

Die Gestaltung eines Big-Data-Verfahrens folgt stets einem fünfstufigen Grundmuster, der sog. Big-Data-Pipeline, in deren Verlauf aus ursprünglich wertungsfreier Big Data aussagekräftige Smart Data gewonnen wird:

1. Akquisition: Die notwendige Datengrundlage für die Untersuchung einer gegebenen Fragestellung wird identifiziert. Sodann werden Verfahren ausgewählt, die eine Erschließung dieser Datengrundlage für eine anschließende Analyse ermöglichen; hier sind insbesondere Fragen der Datenzugänglichkeit zu klären. Anschließend wird die Datengrundlage (Datenkorpus) — wenn nicht bereits vorhanden oder greifbar — zunächst

generiert. Bereits im Voraus sind daher die *Hardware*-technischen Randbedingungen der benötigten Rechenkapazitäten zu klären (*storage capacity*, Zugang zu Ressourcen des *high-performance computing*). Für die Anwendung der beschriebenen Vorgehensweisen wurde im Rahmen der vorliegenden Studie ein massiver linguistischer Datenkorpus aufgebaut, der eine große Zahl berücksichtigter Primärquellen enthält (Analysezeitraum Januar 1980 bis Oktober 2014): Zählt man neben den rein wissenschaftlichen Publikationen auch populärwissenschaftliche Quellen hinzu, so wurden rund 1 Mio. Primärquellen herangezogen; aus diesen wurden wiederum rund 246 Mio. Nomen extrahiert. Im Zuge der iterativen Hypothesenüberarbeitung konnte auf Basis dieser Wortliste eine *Keyword*-Liste von ca. 900 Wörtern extrahiert werden. Da jedes der extrahierten Nomen des Wortkorpus über dezidierte Abhängigkeiten mit der jeweiligen Primärquelle verknüpft ist, konnten die besagten *Keywords* so ohne großen Aufwand mit dem massiven Bestand an Primärquellen in Verbindung gebracht werden.

2. Extraktion: Es werden Verfahren entwickelt, um die Datenbasis zu bereinigen, aufzubereiten sowie durch zusätzliche Informationen anzureichern: Hierbei werden z. B. Dopplungen erkannt und eliminiert; die Texte werden in Wörter segmentiert; die Bedeutung von Wortarten und Satzteilen muss unterschieden werden; Varianten derselben Grundform eines Wortes müssen bereinigt werden. *Script*-basiert werden für die verschiedenen Datenquellen an diese angepasste Verfahren durchgeführt, etwa die automatische Generierung bestimmter Metadaten aus den Texten. Da für viele Studien der internationale Vergleich eine zentrale Analysefrage darstellt, zählen zum benötigten Datenkorpus insbesondere Metadaten, die es ermöglichen, im weiteren Verlauf den Korpus zu zerlegen: etwa nach Herkunftsländern oder Autoren-Communities.

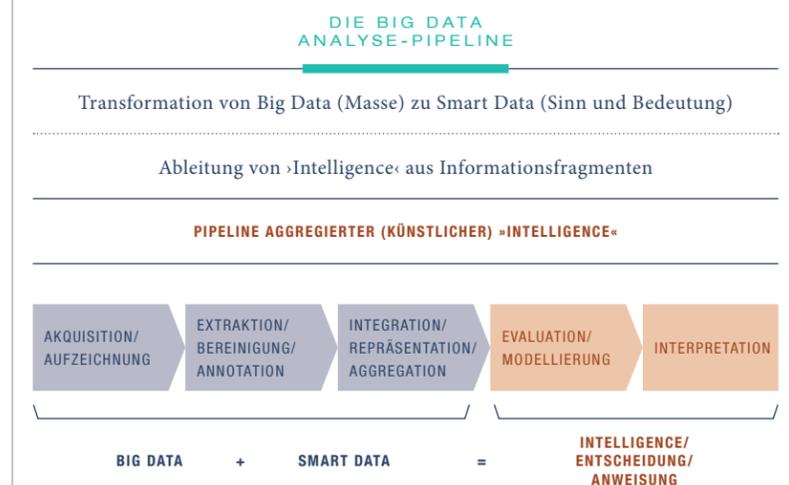
3. Integration: Das zentrale Element der datengetriebenen, statistischen Auswertungsverfahren — Big Data — ist der Aufbau einer Datenbankstruktur. Die Daten werden

anhand eines einheitlichen Informationsmodells integriert, um die Anwendung ganzheitlicher Analysemethoden zu ermöglichen. Dabei muss ein Format gefunden werden, das mit der Komplexität der heterogenen Datenquellen umgehen kann, ohne bei der Integration Informationen zu unterdrücken — was etwa entstehen kann, wenn bedeutungsähnliche, aber nichtgleiche Felder fusioniert werden.

4. Evaluation: Geeignete *Data-/Text-Mining*-Verfahren werden ausgewählt und ggf. adaptiert, um eine Analyse der Datenbasis hinsichtlich verschiedener aufgeworfener Hypothesen zu ermöglichen. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Wort- oder Phrasenhäufigkeit ausgewählter Schlüsselworte in einem Text oder einer Textgruppe in einem bestimmten Zeitraum; u. U. sind auch die Positionierungen der relevanten Begriffe zueinander von Bedeutung.

5. Interpretation: Zuletzt werden die Ergebnisse abgeglichen und interpretiert. Die zentrale Herausforderung liegt darin, aus den Worthäufigkeiten und ihren Rollen und Positionen im Text die verschiedenen Hypothesen zu stützen oder zu falsifizieren. Die Resultate führen in der Regel zu verfeinerten Analyseanfragen, d. h. die Schritte von Schritt (4) der Big-Data-Pipeline werden mit geeigneten Variationen wiederholt (kybernetischer *feedback loop*) und die Ergebnisse so verfeinert bzw. erhärtet oder umgekehrt falsifiziert. Ein Anstieg der Präsenz des Themenkomplexes INDUSTRIE 4.0 in Deutschland etwa muss sich in einem verstärkten Aufkommen von Veröffentlichungen, die sich der Thematik der INDUSTRIE 4.0 und angrenzenden Themen widmen, manifestieren. Mittels des *Visual-Analytics*-Ansatzes kann zu diesem Zweck zunächst eine repräsentative *word cloud* zur Thematik der INDUSTRIE 4.0 erzeugt werden (ein alternativer Zugang wäre die Entwicklung einer *word cloud* durch eine Experten-Community). Hierzu werden einerseits die wissenschaftlichen und populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen ermittelt, die in ihrem Textkörper explizit den Begriff ›INDUSTRIE 4.0‹ bzw. ›INDUSTRY 4.0‹ enthalten. Die Nutzerschnittstelle der verwendeten

Software (Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen) bietet entsprechende Such- und Ergebnismasken an. Die ermittelte Ergebnismenge kann anschließend in weiterführenden Analysen verfeinert und um weitere implizite Informationen angereichert werden. In einem nächsten Schritt werden die assoziierten Substantive zum Schlüsselbegriff ›INDUSTRIE 4.0‹ aus der Ergebnismenge extrahiert. Hierfür stehen unterschiedliche Verfahren aus den Bereichen des *cluster labeling* und des *name tagging* zur Verfügung. Das Ergebnis ist eine *word cloud* von Begriffen, die dem Begriff ›INDUSTRIE 4.0‹ assoziierte Begriffe und Wörter umfasst. Diese *word cloud* beinhaltet auch die Technologien und Methoden, die im Zusammenhang mit der INDUSTRIE 4.0 maßgeblich genannt werden. Durch Wiederholung des obigen Verfahrens für diese Begriffe und



Von Big Data zu Smart Data (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

eine erneute Zusammenführung wird so eine konsolidierte, kompakte *word cloud* erstellt, die letztendlich die zentralen Technologien und Methoden der INDUSTRIE 4.0 beschreibt hierbei stellt diese *word cloud* eine breite, allgemeine datenzentrierte Basis dar. Der internationale Vergleich wird möglich, wenn die zuvor beschriebene Erweiterung der Metadaten entlang von Autorenländern vorgenommen wird.

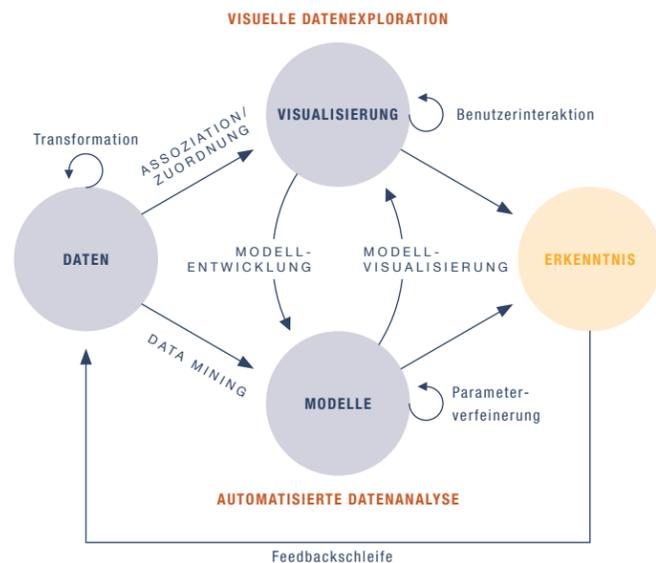
Visual Analytics

Um umfangreiche Daten zu analysieren, muss ein *Visual-Analytics*-Werkzeug [103] in der Lage sein, die zu visualisierenden Datensätze auszuwählen und verschiedene Ansichten für die Analyse zu definieren. Dabei werden nicht-relevante Informationen gefiltert und der Fokus auf die determinierenden Aspekte der Daten gelegt.

VISUAL ANALYTICS

Der *Visual-Analytics*-Prozess ist charakterisiert durch die Interaktion zwischen Daten, Visualisierung, Modellen und den Benutzern

Visual Analytics benötigt die vorherige Überführung von Daten in unterschiedliche Repräsentationen (Informationsressourcen) zur weiterführenden Exploration



Visual Analytics zur interaktiven Datenexploration mit dem Benutzer (Quelle: Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

Unter *Visual Analytics* wird eine interdisziplinäre Methode verstanden, mit der Erkenntnisse aus extrem großen und komplexen Datensätzen gewonnen werden können. Im Zentrum stehen dabei interaktive visuelle Darstellungen. Das Verfahren kombiniert die Stärken automatisierter Datenanalyse mit der Fähigkeit des Menschen zur schnellen Erfassung von Mustern bzw. Trends. Das Datenmaterial wird mit entsprechenden *Text-Mi-*

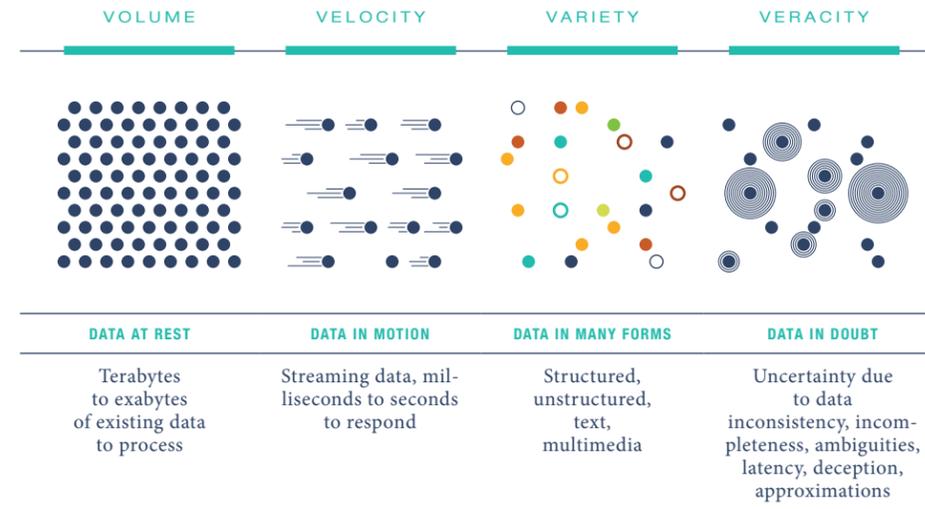
ning-Modellen — im Falle der vorliegenden Studie z. B. Frequenz- und Co-Okkurrenz-Modellen — visualisiert, sodass Einsichten in und Erkenntnisse über die vorher unübersichtlichen Datenstrukturen erzielt werden können [104].

Server-Cluster und Performance

Big-Data-Verfahren zeichnen sich aus durch (1) eine hohe Datenkomplexität, (2) die hohe Komplexität der eingesetzten Verfahren und (3) die Erwartung ›echtzeitfähiger‹ Berechnungs-Ergebnisse. Die Datenkomplexität wird dabei durch Anforderungen an Datenvolumen, Datenrate, Daten-Heterogenität und Datenqualität/-belastbarkeit charakterisiert, die von traditionellen Datenbanken, Serverstrukturen und algorithmischen Vorgehensweisen nicht abgedeckt werden können:

- **Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen und Datenbanken** in der Größenordnung von mehreren hundert Gigabyte Daten (**VOLUME**),
- **kurze Zyklen zur Bereitstellung komplexer Analyseergebnisse** auf Basis sich rasch verändernder Datenquellen (**VELOCITY**),
- **Integration einer Vielzahl verschiedener Datenquellen** unterschiedlicher Herkunft und Medientypen (**VARIETY**),
- **Einsatz wahrscheinlichkeitstheoretischer Modelle**: Aufgrund der inhärenten Unschärfen der Datenquellen bzw. Informationsextraktions- und -integrationsverfahren muss mit wahrscheinlichkeitsbasierten Modellen und Konfidenzen operiert werden (**VERACITY**).

Die Infrastruktur zur kontinuierlichen Analyse basiert auf dem Einsatz einer *virtual machine*, die die *Remote*-Verarbeitung großer Rechnerkapazitäten ermöglicht. Aufgrund der hohen Erfordernisse — insbesondere hinsichtlich des zugrundeliegenden Arbeitsspeichers — sowie der hohen Datenvolumina wurde für die vorliegende Studie nicht auf eine lokale, sondern auf eine *Cloud*-Lösung zurückgegriffen.



Die vier V der Big Data: Volume, Velocity, Variety, Veracity (Quelle: Darstellung nach Data Science Center, Adaption Nets 'n' Clouds Analytics, Aachen)

Literatur

- [1] R. Willhardt, "Wo Bauern den Autofirmen was vormachen", Handelsblatt, 26.09.2014. Deutsche Messe, „Wie weit sind wir? Die INDUSTRIE 4.0“, Whitepaper, Januar 2015. Verfügbar unter: http://files.messe.de/001-14/media/downloads/besucher/whitepaper-januar-2015-wie-weit-sind-wir.pdf?ns_campaign=hm15_NL5&ns_fee=0&src=asp-cu&typ=pdf&cid=410 [Abgerufen am: 27.02.2015].
- [2] N. Sommerfeldt, "Deutscher Wirtschaft droht feindliche Übernahme", Die Welt, 15.03.2015. Verfügbar unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/artic-le138427072/Deutscher-Wirtschaft-droht-feindliche-Uebernahme.html> [Abgerufen am: 15.03.2014].
- [3] Roland Berger Strategy Consultants, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI), "Die digitale Transformation der Industrie", 2015.
- [4] Siemens/MIT Technology Review/IDC/The Economist Intelligence Unit/GSMA, "Internet der Dinge: Fakten und Prognosen", 01.10.2014. Verfügbar unter: <http://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/digitalisierung-und-software/internet-of-things-fakten-und-prognosen.html> [Abgerufen am: 27.01.2015].
- [5] European Commission, Eurostat, 2014. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises [Abgerufen am: 31.03.2015].
- [6] BITKOM, "Cloud Computing wird Basistechnologie in vielen Unternehmen", BITKOM/KPMG, 2015. Verfügbar unter: http://www.bitkom.org/de/presse/8477_81706.aspx [Abgerufen am: 06.05.2015].
- [7] C. Schnell, "Die Branche erfindet sich neu", Handelsblatt, 28.10.2014.
- [8] G. Erber and M. Schrooten, "BRICS: Deutschland profitiert vom Wachstum in Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika – Wie lange noch?", 30.08.2012.
- [9] C. Römer, "Marktposition der deutschen Wirtschaft in den BRIC-Staaten", IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln, vol. 38, no. 3, S. 14, Jan. 2011.
- [10] Statistisches Bundesamt, Destatis, 2014. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de> [Abgerufen am: 31.12.2014]. TUHH, "Schwellenländer fordern 'good enough' Produkte zu erschwinglichen Preisen", 13.11.2013. Verfügbar unter: http://intranet.tuhh.de/aktuell/pressemitteilung_einzeln.php?id=9098 [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [11] Central Intelligence Agency (CIA), "The World Factbook", 2014. Verfügbar unter: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook> [Abgerufen am: 31.12.2014]. Institut der deutsche Wirtschaft Köln Consult GmbH, „Export Digital“, Studie 2014. Verfügbar unter: http://www.iwkoeln.de/_storage/asset/163609/storage/master/file/4417998/download/Google_Exportstudie.pdf [Abgerufen am: 30.01.2015].
- [12] P.I.A. Bögelein, "Weltmarktführer-Treffen in Schwäbisch Hall", Schwäbisches Tagblatt, 24.01.2012. Verfügbar unter: http://www.tagblatt.de/Home/nachrichten/wirtschaft/ueberregionale-wirtschaft_artikel-Weltmarktfuehrer-Treffen-in-Schwaebisch-Hall-_arid,161041.html [Abgerufen am: 29.01.2015].
- [13] B. Venohr, "Das Erfolgsmodell der deutschen Weltmarktführer", F. Langenscheidt/B. Venohr, Lexikon der deutschen Weltmarktführer, Köln, Neuauflage 2014. Verfügbar unter: http://static1.squarespace.com/static/548ac75ce4b0a10ad41f38e7/t/54ae8250e4b001655cb7359/1420722768457/141209_LWMF2_Venohr_Folder.pdf [Abgerufen am: 20.02.2015].
- [14] S. Kinkartz, "Wie Deutschland es durch die Krise schaffte", Deutsche Welle, 22.09.2013. Verfügbar unter: <http://www.dw.de/wie-deutschland-es-durch-die-krise-schaffte/a-16977435> [Abgerufen am: 20.12.2014].
- [15] F. Illing, "Deutschland in der Finanzkrise: Chronologie der Deutschen Wirtschaftspolitik 2007 - 2012", Wiesbaden, 2013.
- [16] M.P. du Rausas, J. Manyika, E. Hazan, J. Bughin, M. Chui, R. Said, "Internet matters: The Net's sweeping impact on growth, jobs, and prosperity", McKinsey & Company, Mai 2011. Verfügbar unter: http://www.mckinsey.com/insights/high_tech_telecoms_internet/internet_matters [Abgerufen am: 19.01.2015].
- [17] Arbeitskreis Mittelstand, "KMU und Innovation – Stärkung kleiner und mittlerer Unternehmen durch Innovationsnetzwerke", Wirtschafts- und sozialpolitischen Forschungs- und Beratungszentrum der Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn, Okt. 2004, Verfügbar unter: <http://library.fes.de/pdf-files/fo-wirtschaft/02998.pdf> [Abgerufen am: 19.01.2015].
- [18] A. O'Sullivan & S. M. Sheffrin, "Economics: Principles in Action", Pearson Prentice Hall, 2003.
- [19] S. Jeschke, "Distributed AI Models for Ramp-Up Processes — A Talk on Multi Agent Systems," presented at the ICRM - 2nd Int. Conf. on Ramp-up Management, CIRP, 13.06.2014.
- [20] M. Schäfer, "VDMA: Deutscher Maschinenbau bleibt führend im weltweiten Handel mit Maschinenbauerzeugnissen", VDMA, 12.06.2013. Verfügbar unter: <http://www.vdma.org/article/-/articleview/1710242> [Abgerufen am: 21.12.2014].
- [21] WTO, "Time Series on international trade" sowie WTO, „Die 20 größten Exportländer weltweit im Jahr 2013 (in Milliarden US-Dollar)“. Verfügbar unter: <http://stat.wto.org/StatisticalProgram/WSDBStatProgramHome.aspx?Language=E> [Abgerufen am: 14.01.2015].
- [22] Stefan Schultz, "Flaute Wirtschaft: China verfehlt Exportziel für 2014", Spiegel Online, 13.01.2015. Verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/china-exporte-weit-unter-erwartungen-a-1012664.html> [Abgerufen am: 13.01.2015].
- [23] Statistisches Bundesamt, "Deutsche Exporte im Jahr 2014: +3,7% zum Jahr 2013", Destatis, 09.02.2015. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/02/PD15_038_51.html [Abgerufen am: 04.05.2015].
- [24] IMF, "World Economic Outlook", 2015. Verfügbar unter: <http://www.imf.org> [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [25] "Tätigkeitsbericht der Regierung 2015", 17.03.2014. Verfügbar unter: http://german.china.org.cn/china/2015-03/17/content_35074299_6.htm [Abgerufen am: 23.12.2014].
- [26] K. Zühlke, "Industrie 4.0 hat deutlich zugelegt", BITKOM, 11.03.2014. Verfügbar unter: <http://www.elektroniknet.de/elektronikfertigung/strategien-trends/artikel/106580> [Abgerufen am: 22.12.2014].
- [27] DPA, "Deutschland bleibt Europameister im Erfinden – China holt auf", 26.02.2015. Verfügbar unter: <http://www.finanztreff.de/news/roundup-deutschland-bleibt-europameister-im-erfinden---china-holt-auf/10337113>. [Abgerufen am: 28.02.2015].
- [28] Martin Rathmann, "Kulturelle Unterschiede in der Robotik: Japan und Deutschland – Ein Überblick", Universität Duisburg-Essen, Duiburg-Essen, Jan. 2012.

- [29] Honda, "Asimo – The World's Most Advanced Humanoid Robot", 2015. Verfügbar unter: <http://asimo.honda.com/> [Abgerufen am: 13.11.2014].
- [30] Manager Magazin, "Ein Kinofilm pro Sekunde für Koreas Zukunft", 24.01.2014. Verfügbar unter: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/it/suedkorea-macht-das-mobile-internet-mit-5g-noch-schneller-a-945312.html> [Abgerufen am: 10.01.2015].
- [31] Deutsche Breitbandinitiative, "Deutsche Breitbandinitiative", 2015. Verfügbar unter: <http://breitbandinitiative.de> [Abgerufen am: 21.12.2014].
- [32] F. Diekmann, "Alibaba schafft Rekord-Börsengang", Spiegel Online, 19.09.2014. Verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/alibaba-boersengang-an-wall-street-wird-groesster-ipo-aller-zeiten-a-992668.html> [Abgerufen am: 25.11.2014]; DPA/Deutsche Börse/Reuters, "Alle wollen diese chinesische Aktie haben", Frankfurter Allgemeine Zeitung, 12.09.2014. Verfügbar unter: <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/aktien/alibaba-boersengang-chinesen-brechen-alle-rekorde-13149562.html> [Abgerufen am: 30.11.2014].
- [33] S. Weißenborn, "Wie Chinas IT-Giganten ins Autogeschäft drängen", Die Welt, 26.04.2015. Verfügbar unter: <http://www.welt.de/motor/article140039462/Wie-Chinas-IT-Giganten-ins-Autogeschaeft-draengen.html> [Abgerufen am: 25.04.2015].
- [34] R. Berger, "Industrie 4.0: Innovationsmotor für Europa", The Huffington Post, 30.07.2014/aktualisiert am 17.02.2014. Verfügbar unter: http://www.huffingtonpost.de/roland-berger/startup-daten-industrie-40-innovationsmotor-fuer-europa_b_5629968.html [Abgerufen am: 21.12.2014].
- [35] Buchreport, "Investitionen und Zuschussgeschäfte zehren am Amazon-Gewinn", 27.07.2012. Verfügbar unter: http://www.buchreport.de/nachrichten/online/online_nachricht/datum/2012/07/27/der-preis-des-preises.htm [Abgerufen am: 17.01.2015]
- sowie Buchreport, "Kommentar - Daniel Lenz über das Potenzial von Amazons Tablet „Kindle Fire“. Kindle oder die Kunst des Loss Leading", 29.09.2011. Verfügbar unter: http://www.buchreport.de/nachrichten/nachrichten_detail/datum/2011/09/29/kindle-oder-die-kunst-des-loss-leading.htm?no_cache=1&cHash=a76a581a70621f06591d7f9ebd73615e [Abgerufen am: 17.01.2015].
- [36] Amazon.com Inc., "Annual Report 2009" – "Annual Report 2014". Verfügbar unter: <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=97664&p=irol-reportsannual> [Abgerufen am: 22.12.2014].
- [37] A. Greil, "Amazon investiert in Smart Home", EM 09/2014. Verfügbar unter: http://www.elektromarkt.de/handel/amazon-investiert-in-smart-home_28430_de/ [Abgerufen am: 20.12.2014].
- [38] Wikipedia, "List of mergers and acquisitions by Google", Wikipedia, 2014. Verfügbar unter: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_mergers_and_acquisitions_by_Google [Abgerufen am: 20.12.2014].
- [39] J. Woll, "Google Einkaufsliste: 7 Roboter-Firmen in 7. Monaten", WinFuture, 15.12.2013. Verfügbar unter: <http://winfuture.de/news,79369.html> [Abgerufen am: 12.06.2014].
- [40] P. Weißenberg, "Google nimmt einfach keine Rücksicht", Handelsblatt, 16.10.2014. Verfügbar unter: <http://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/autonomes-fahren-google-nimmt-einfach-keine-ruecksicht/10841814.html> [Abgerufen am: 19.10.2014].
- [41] E. Gent, "Google reveals driverless car prototype", Engineering and Technology Magazine, 28.05.2014.
- [42] M. Engelen, „Was plant Google für die nächste Android-Version?“, Die Welt, 22.05.2015. Verfügbar unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article141328041/Was-plant-Google-fuer-die-naechste-Android-Version.html>[Abgerufen am: 25.05.2015] sowie „Hardware: Google entwickelt angeblich Unterhaltungselektronik“, Spiegel, 10.02.2012. Verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/hardware-google-entwickelt-angeblich-unterhaltungselektronik-a-814441.html> [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [43] T. Grünweg, "CES 2015: Wie Auto- und IT-Industrie ihre Claims abstecken", Spiegel Online, 09.01.2015. Verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/ces-2015-wie-auto-und-it-industrie-ihre-claims-abstecken-a-1011773.html> [Abgerufen am: 08.04.2015].
- [44] E. Taylor & E. Auchard, "Apple learning to make self-driving car – auto industry source", Reuters, 14.02.2015. Verfügbar unter: <http://in.reuters.com/article/2015/02/14/apple-autos-idINKBN0LI0IT20150214> [Abgerufen am: 08.04.2015].
- [45] S. Jeschke, "Kybernetik und die Intelligenz verteilter Systeme", IKT.NRW Cluster, Wuppertal, Dez. 2014.
- [46] Google, Google Trends Suche "Cloud", Google, 2014. Verfügbar unter: <http://www.google.de/trends/> [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [47] Google, "Google Trends Suche "Google Drive", Google, 2014. Verfügbar unter: <http://www.google.de/trends/> [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [48] A. Poistinett, J. Keuchel, H. Steuer, "Innovationen: Ein Tag für eigene Ideen", Handelsblatt, 30.12.2010.
- [49] VDMA, "Bericht zum Thema 'Deutscher Maschinenaußenhandel'", VDMA, 2014. Verfügbar unter: http://www.vdma.org/documents/105628/805395/Deutscher_Maschinenaussenhandel_201406.pdf/bc1d9c87-170e-4527-936b-838c1eac81d9 [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [50] VDMA, "Kennzahlen zu Forschung und Innovation im Maschinenbau", VDMA, Mai 2014. Verfügbar unter: <https://www.vdma.org/documents/105628/778064/Kennzahlen+zu+Forschung+und+Innovation+im+Maschinenbau/c508e111-74f7-44de-ac11-d575b2876e14> [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [51] Batelle, "2014 Global R&D Funding Forecast", Batelle – The Business of Innovation, Jan. 2013.
- [52] Bundesgesetzblatt Teil II von 1977, "Gesetz zu den Übereinkommen vom 8. November 1968 über den Straßenverkehr und über Straßenverkehrszeichen, zu den Europäischen Zusatzübereinkommen vom 1. Mai 1971 zu diesen Übereinkommen sowie zum Protokoll vom 1. März 1973 über Straßenmarkierungen". Verfügbar unter: http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&jumpTo=bgbl277s0809.pdf [Abgerufen am: 14.10.2014]. // United Nations/Economic Commission for Europe, "Report of the sixty-eighth session of the Working Party on Road Traffic Safety", UN, 17.04.2014. Verfügbar unter: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-145e.pdf> [Abgerufen am: 23.11.2014].
- [53] Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, "Convention on Road Traffic Done at Vienna on 8 November 1968", 1968, S. 66.
- [54] R. Kunze, R. Ramakers, K. Henning, S. Jeschke, "Organization and Operation of Electronically Coupled Truck Platoons on German Motorways", in Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Robotics and Applications (ICIRA 2009), Singapore, 16.-18.12.2009, 2009, vol. 5928, S. 135 ff.
- [55] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), „Neue Erkenntnisse zur Produktionsverlagerung und Infos zu strategisch fundierten Standortentscheidungen“, 16.04.2008. Verfügbar unter: http://www.vdi.de/uploads/media/2008-04-22-Studie_FHG_ISI_04.pdf [Abgerufen am: 31.12.2014].
- [56] Die Welt, "Bei BRIC ist der Ofen aus",

Welt Online, 14.10.2014. Verfügbar unter: <http://www.welt.de/regionales/niedersachsen/article133241521/Bei-BRIC-ist-der-Ofen-aus.html> [Abgerufen am: 18.10.2014].

[57] A. Staudacher, "Unruhen in Thailand bremsen die Wirtschaft", Kurier, 26.03.2014. Verfügbar unter: <http://kurier.at/wirtschaft/wirtschaftspolitik/unruhen-in-thailand-bremsen-die-wirtschaft/57.814.005> [Abgerufen am: 21.12.2014].

[58] G. Hofstede, G. J. Hofstede, M. Minkov, "Cultures and Organizations: Software of the Mind", 3rd ed. New York, USA, 2012.

[59] Statistisches Bundesamt, "Export, Import, Globalisierung – Deutscher Außenhandel", Destatis, 04.03.2015. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Aussenhandel/Gesamtentwicklung/AussenhandelWelthandel5510006139004.pdf?__blob=publicationFile [Abgerufen am: 20.03.2015].

[60] C. Schröder, "Produktivität und Lohnstückkosten der Industrie im internationalen Vergleich", IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln, vol. 4, Dez. 2013.

[61] Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration, "Erfolgsfall Europa? Folgen und Herausforderungen der EU-Freizügigkeit für Deutschland – Jahresgutachten 2013 mit Migrationsbarometer", Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration, Essen, Jan. 2013.

[62] S. Franken, "Internationale Mitarbeiter/-innen – Möglichkeiten der betrieblichen Nutzung und Gestaltung ihrer Potentiale", Charta der Vielfalt, 2013. Verfügbar unter: <http://www.charta-dervielfalt.de/service/publikationen/weltoffen-zukunftsaehig/instrumente-und-angebote/internationale-mitarbeiter-innen.html>. [Abgerufen am: 22.12.2014].

[63] Die Welt, "Fachkräftemangel kos-

tet Mittelstand Milliarden", Welt Online, 04.02.2014. Verfügbar unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/article124519719/Fachkraeftemangel-kostet-Mittelstand-Milliarden.html> [Abgerufen am: 22.12.2014].

[64] Ernst & Young, "Umsatzeinbußen im Mittelstand durch Fachkräftemangel", <http://pro-zeitwertkonto.de>, 2011. Verfügbar unter: <http://pro-zeitwertkonto.de/wp-content/uploads/2013/10/Umsatzeinbu%C3%9Fen.jpg> [Abgerufen am: 31.12.2014].

[65] T. Liebig, "Zuwanderung ausländischer Arbeitskräfte: Deutschland", OECD Publishing, 2013.

[66] S. Burkhart, U. Heublein, J. Richter, J. Kercher, N. Rohde, "Wissenschaft weltoffen 2014". Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag, 2014.

[67] Institut der deutschen Wirtschaft Köln, "Migranten – 16 Millionen Chancen", 2013. Verfügbar unter: <http://www.iwkoeln.de/en/infodienste/iwd/archiv/beitrag/migranten-16-millionen-chancen-104348> [Abgerufen am: 22.12.2014].

[68] D.E. Krause, "Kreativität, Innovation, Entrepreneurship". Springer Gabler, 2014.

[69] H. van Dijk, M. L. van Engen, D. van Knippenberg, "Defying conventional wisdom: A meta-analytical examination of the differences between demographic and job-related diversity relationships with performance", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 119, no. 1, S. 38–53, Sep. 2012.

[70] R. Sagt, "Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung?!", Fraunhofer IAO – BLOG, 08.04.2014.

[71] acatech, "Future Business Clouds. Cloud Computing am Standort Deutschland zwischen Anforderungen, nationalen Aktivitäten und internationalem Wettbewerb", acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V., 2014.

[72] W. Schröter, "Identität in der Virtualität: Einblicke in neue Arbeitswelten und „Industrie 4.0“", Beiträge zum 60. Geburtstag eines Netzwerkers. Mössingen-Talheim: Talheimer, 2014.

[73] S. Schikora, "Die Fabrik der Zukunft", Human Resources Manager. Verfügbar unter: <http://www.humanresourcesmanager.de/ressorts/artikel/die-fabrik-der-zukunft> [Abgerufen am: 09.01.2015].

[74] M. Prensky, "Digital Natives, Digital Immigrants", MCB University Press, vol. 9, no. 5, Okt. 2011.

[75] J. Palfrey & U. Gasser, "Born Digital: Understanding the First Generation of Digital Natives". Basic Books, 2008.

[76] S. Franken, "Stille Reserve. Potenziale hochqualifizierter Migranten für die deutsche Wirtschaft", *Personal*, vol. 5, S. 10 ff., 2011.

[77] E. Wiese, J.H. Israel, C. Zöllner, M. Mateescu, R. Stark, "3D-Skizzieren in virtuellen Umgebungen – Neue Wege für kreatives Problemlösen", presented at the 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, Berlin 2009, Düsseldorf, 2009, S. 110 ff.

[78] A.G. Carlyle, S.L. Harrell, P.M. Smith, "Cost-Effective HPC: The Community or the Cloud?", 2010 IEEE Second International Conference on *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*, 2010, S. 169 ff.

[79] B. Schmickler, "IT-Sicherheitsgesetz – ‚zahnloser Tiger‘", ARD Tagesschau, 20.03.2015. Verfügbar unter: <https://www.tagesschau.de/inland/it-sicherheitsgesetz-101.html> [Abgerufen am: 06.05.2015].

[80] H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig, "Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0", Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, April. 2013.

[81] Zentrum für Human Capital Management, "ZHCM – Newsletter", Feb.

2012. Verfügbar unter: http://sml.zhaw.ch/fileadmin/user_upload/management/zhcm/das_zentrum/newsletter/pdf/zhcm_newsletter_september_2012.pdf [Abgerufen am: 01.04.2015].

[82] Viracom Webmarketing, "Unternehmen erreichen digital natives nicht", Viracom Webmarketing, 30.07.2014. Verfügbar unter: <http://www.viracom.de/unternehmen-erreichen-digital-natives-nicht> [Abgerufen am: 04.01.2015].

[83] Institute for Competitive Recruiting, "Social Media Recruiting Report 2013", ICR, 2013. Verfügbar unter: http://www.competitiverecruiting.de/ICR-Social-Media-Recruiting-Report-2013.html#.VDKJYfl_vHU [Abgerufen am: 04.01.2015].

[84] B.D. Honegger, "Ist Java Script das neue Latein? Warum und welche Informatik in die Schule gehört. Keynote zum 30-Jahres-Jubiläum der Schweizer Informatik Gesellschaft", 25.06.2013. Verfügbar unter: <http://doebe.li/talks> [Abgerufen am: 01.06.2015].

[85] Microsoft, "Microsoft – Im Dialog mit Politik und Gesellschaft", 2011. Verfügbar unter: <https://www.microsoft.com/de-de/news/pressemitteilung.aspx?id=533326>

[86] F.W. Nerdinger, G. Blickle, N. Schaper, "Arbeits- und Organisationspsychologie". Springer, 2011.

[87] S. Scheuer, "Wirtschaft: Steigendes Lohnniveau in China lässt Firmen weiterziehen", SÜDKURIER Online, 24.10.2014. Verfügbar unter: <http://www.suedkurier.de/nachrichten/wirtschaft/themensk/Steigendes-Lohnniveau-in-China-laesst-Firmen-weiterziehen;art410950,7350510> [Abgerufen am: 06.01.2015].

[88] M. Fratzscher, "10 Thesen – Investitionen für mehr Wachstum. Eine Zukunftsagenda für Deutschland", *BerlinOeconomicus*, 24.06.2013. Verfügbar unter: <https://berlinoeconomicus.diw.de/blog/2013/06/24/10-thesen-investitionen->

fur-mehr-wachstum-eine-zukunftsagenda-fur-deutschland [Abgerufen am: 31.12.2014].

[89] RP, "Angela Merkel will nach dem IT-Gipfel mehr Digitales wagen", RP ONLINE, 22.10.2014. Verfügbar unter: <http://www.rp-online.de/digitales/angela-merkel-will-nach-dem-it-gipfel-mehr-digitales-wagen-aid-1.4611810> [Abgerufen am: 06.05.2015].

[90] C. Schlumpberger & T. Anslinger, "Falsche Produkte für Schwellenländer", Markt und Mittelstand, 13.02.2014. Verfügbar unter: <http://www.marktundmittelstand.de/nachrichten/kunden-maerkte/falsche-produkte-fuer-schwellenlaender-1203481> [Abgerufen am: 05.01.2015].

[91] S. Schaal, "Maschinenbau wird 2015 wieder wachsen", WirtschaftsWoche, 16.10.2014. Verfügbar unter: <http://www.wiwo.de/unternehmen/mittelstand/commerzbank-studie-maschinenbau-wird-2015-wieder-wachsen/10843196.html> [Abgerufen am: 05.01.2015].

[92] Handelsblatt, „Kolumne: Der Transformer – Eine Programmiersprache als zweite Fremdsprache“. Verfügbar unter: <http://www.handelsblatt.com/meinung/kolumnen/kurz-und-schmerzhaft/der-transformer-javascript-ist-das-neue-latein/10055416-2.html> [Abgerufen am: 28.05.2015].

[93] A. Graf, "Weniger bringt mehr: Firmen specken Produkte für Schwellenländer ab", Reutlinger General-Anzeiger, 19.03.2014. Verfügbar unter: <http://www.gea.de/nachrichten/wirtschaft/weniger+bringt+mehr+firmen+specken+produkte+fuer+schwellenlaender+ab.3618124.htm> [Abgerufen am: 05.01.2015].

[94] Europäische Kommission, "Pakt für Wachstum und Beschäftigung", European Commission, Basisinformation zu Modul 6 Währungsunion, 29.06.2012. Verfügbar unter: http://www.europarl.europa.eu/brussels/website/media/Basis/InternePolitikfelder/Sozial/Pdf/Pakt_Wachstum_Beschaeft_2012.pdf [Abgerufen am: 28.04.2015].

[95] F. Eder, "Wirtschaftsführer fordern kräftige Deregulierung", Welt Online, 25.06.2012. Verfügbar unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/article107259591/Wirtschaftsfuehrer-fordern-kraeftige-Deregulierung.html> [Abgerufen am: 15.01.2015].

[96] J. B. Donges, "Deregulierung, Soziale Marktwirtschaft", Konrad-Adenauer-Stiftung. Verfügbar unter: <http://www.kas.de/wf/de/71.10176> [Abgerufen am: 07.01.2015].

[97] Handelsblatt, "Der Aufstand der Autobosse", 26.01.2015.

[98] Handelsblatt, Reuters, "Freihandelsabkommen: Merkel mahnt bei TTIP zur Eile", Handelsblatt, 12.12.2014. Verfügbar unter: <http://www.handelsblatt.com/politik/international/freihandelsabkommen-merkel-mahnt-bei-ttip-zur-eile/11115698.html> [Abgerufen am: 22.12.2014].

[99] European Commission, "Die Finanzierung des Wachstums von KMU", 15.01.2007. Verfügbar unter: http://europa.eu/legislation_summaries/enterprise/business_environment/n26112_de.htm [Abgerufen am: 22.12.2014].

[100] H. Poganatz, "Loslegen mit der Förderfibel", Die ZEIT, 25.02.2011. Verfügbar unter: <http://www.zeit.de/2011/09/GS-Firmengruendung> [Abgerufen am: 01.02.2015].

[101] R. Sternberg, A. Vorderwülbecke, U. Brixy, "Unternehmensgründungen im weltweiten Vergleich – Länderbericht Deutschland 2013", GEM, Mai 2013.

[102] C. Miesenberger, "Wo Behörden Firmengründungen am schnellsten genehmigen", Impulse, 21.03.2012. Verfügbar unter: <http://www.impulse.de/gruendung/wo-behorden-firmengruendungen-am-schnellsten-genehmigen> [Abgerufen am: 02.01.2015].

[103] Visual-analytics, "What is Visual Analytics?", 2014. Verfügbar unter: <http://www.visual-analytics.eu/faq> [Abgerufen am: 30.12.2014].

[104] J.J. Thomas & K.A. Cook, "Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics", IEEE Computer Society Press, 2005.

[105] Handelsblatt, "Berlin will Start-ups stärker fördern", 28.04.2015, S. 23.

Über uns

Die Andersch AG Wirtschaftsprüfungs-
gesellschaft (*Andersch*) ist eine auf die
nachhaltige Bewältigung von herausfordern-
den Unternehmenssituationen spezialisierte
Beratungsgesellschaft.

Andersch unterstützt bei der Entwicklung
und Umsetzung tragfähiger Zukunfts-/
Performance- sowie Restrukturierungs-
konzepte. Ein weiterer Schwerpunkt ist die
Erstellung von unabhängigen Entschei-
dungsgrundlagen für angestrebte
(Re-)Finanzierungen.

Zu den Mandanten zählen vor allem mittel-
ständische, international agierende Unter-
nehmen, darunter viele namhafte Vertreter
des Maschinen- und Anlagenbaus.





Andersch AG
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

Neue Mainzer Straße 80
60311 Frankfurt am Main

Stephansplatz 2-6
20354 Hamburg

Speditionstraße 21-23
40221 Düsseldorf

info@andersch-ag.de
www.andersch-ag.de