

Engelbert Westkämper · Carina Löffler

# Strategien der Produktion

Technologien, Konzepte und  
Wege in die Praxis

---

# Strategien der Produktion

---

Engelbert Westkämper · Carina Löffler

# Strategien der Produktion

Technologien, Konzepte und Wege in die  
Praxis

Engelbert Westkämper  
Stuttgart, Deutschland

Carina Löffler  
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-662-48913-0  
DOI 10.1007/978-3-662-48914-7

ISBN 978-3-662-48914-7 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
([www.springer.com](http://www.springer.com))

---

## Vorwort

Europas verarbeitende Industrie verliert seit 50 Jahren permanent Anteile an der gesamten Wertschöpfung. In Folge dieser Entwicklung stieg die Arbeitslosigkeit in den europäischen Ländern mit gravierenden Folgen für die Menschen und die Gesellschaften. Viele Unternehmen in Europa erlebten die Auswirkungen der Finanz- und Konjunkturkrisen. Die letzte Krise von 2008 und 2009 ist in manchen Ländern noch nicht überwunden und erhöhte die Schulden der öffentlichen Hand. Ferner stellen wir seit der letzten Krise einen Rückgang der Investitionen in Sachanlagen fest, deren Wirkung zu einer Überalterung der Produktionseinrichtungen und Fabriken führt.

Auf der positiven Seite steht ein stetiges Wachstum der Ausgaben für Forschung und Entwicklung. Die wissenschaftlichen Publikationen sind so hoch wie nie zuvor. Offensichtlich gelingt ihr Transfer in reale Wertschöpfung nicht ausreichend. Eine der Ursachen der Entwicklung liegt wohl in Geschäftsoperationen mit kurzfristigen Ergebnissen. Eine strategische Planung für langfristige Entwicklungen gibt es zwar im Bereich der Produkte und Märkte, ist aber in der Produktion allenfalls bei großen Unternehmen zu finden.

Dieses Buch möchte denen, die Unternehmen und ihre industrielle Produktion entwickeln, Anregungen für strategische Orientierungen geben. Das Buch gründet sich auf die Tätigkeiten der Autoren in der Wirtschaft sowie auf Vorlesungen von Herrn Professor Westkämper an den Universitäten Braunschweig und Stuttgart, zu denen Frau Dr. Löffler große Beiträge geleistet hat. Uns interessierte vor allem der Bezug zur Praxis und die Praktikabilität der Konzepte. Dies haben wir auch den Studierenden des Maschinenbaus vermittelt. Das Buch ist eine Sammlung von Visionen, Technologien, Konzepten und Methoden, welche die Strukturen der Produktion verändern und einen langen Atem brauchen, bis sie umgesetzt werden.

Es hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, soll aber Ideen und Ansätze liefern. Wir haben uns bemüht, in das Buch alle neueren Ansätze für strategische Entwicklungen in der Produktion einzubeziehen, sollten wir aber etwas übersehen haben, so bitten wir um Nachsicht. In das Buch haben wir strategische Überlegungen und Wege zur Fabrik der Zukunft aus intensiven Diskussionen in Stuttgart, Brüssel, Mailand und anderen Orten einbezogen und diese zu neuen Rahmenkonzepten weiterentwickelt.

Neue Konzepte wie beispielsweise die Cyber-Physischen-Produktionssysteme der Initiative Industrie 4.0 haben das Potential grundlegender Strukturveränderungen und kön-

nen vielleicht in der Historie als 4. Industrielle Revolution bezeichnet werden. Sie bedürfen aber der konkreten Umsetzung in die Praxis. Bei derartigen intensiven Diskussionen wird aber oftmals übersehen, dass es außerhalb einer „Industrie 4.0“ noch andere Felder und Konzepte gibt, um zusätzliche Wertschöpfung zu gewinnen und möglicherweise sind die aktuellen Visionen noch nicht weitgreifend genug. Deshalb wird in diesem Buch ein grundsätzliches Systemverständnis als neues Paradigma der Produktion angenommen, welches vielleicht das seit 100 Jahren bekannte Paradigma des Taylorismus ersetzt oder erweitert.

Wir wünschen den Lesern viel Vergnügen mit diesem Buch und manche Anregung für die tägliche Arbeit, vor allem, wenn damit erreicht werden soll, dass diese ein Schritt zur Erreichung langfristiger Ziele der Unternehmen ist.

Engelbert Westkämper und Carina Löffler

---

## Geleitwort

Porsche steht für das Design, die Entwicklung und Herstellung exklusiver Sportwagen. Herausragende Qualität, Zuverlässigkeit und Performance in den Grenzbereichen der Technik sind unser Markenzeichen.

Mit unseren Produkten haben wir große Erfolge erzielt. Allein dieses Jahr haben wir in den harten Wettbewerben des Langstrecken-Rennsport – in Le Mans sowie der Marken- und Fahrer-Weltmeisterschaft – Ausdauer und technische Höchstleistung bewiesen und damit die Wettbewerbe gewonnen.

In unseren Märkten konnten wir in den vergangenen Jahren mit unseren klassischen und neuen Modellen überdurchschnittliches Wachstum erreichen. Unser Ziel ist es, mit unseren Produkten im Rennsport wie im Alltag an der Weltspitze zu bleiben.

Dazu brauchen wir eine Produktion, die zu Spitzenleistungen in den Technologien, Prozessen und der Organisation fähig ist. Wir suchen deshalb permanent nach kontinuierlichen Verbesserungen und strategischen Ansätzen im eigenen Haus und entlang der gesamten Prozesskette. Für Porsche ist die Produktion ein maßgeblicher Erfolgsfaktor, den wir durch strategisches Handeln langfristig absichern.

Bei Porsche haben wir einen intensiven Strategieprozess verankert und werden diesen konsequent im ganzen Unternehmen fortsetzen. Im Jahr 2013 haben wir unser Strategieprogramm in der Produktion neu aufgesetzt. Für unsere Vision, der Maßstab für die Produktion exklusiver Sportwagen zu sein, haben wir eindeutige Ziele, konkrete Maßnahmen, verbindliche Termine und klare Verantwortlichkeiten festgelegt.

Perfektion und Leidenschaft bestimmt unser Handeln, um das Beste aus Manufaktur und Serienproduktion für unsere Kunden herauszubringen.

Wir setzen auf Teamleistung und synergetische Effekte nicht nur in einzelnen Prozessen, sondern im gesamten System über den Lebenslauf unserer exklusiven Produkte hinweg.

Das wichtigste bei uns sind die Menschen, unsere Kunden, Mitarbeiter und Partner, denen wir die besten technischen Mittel zur Verfügung stellen, um Herausragendes zu leisten und zu erleben. Die Faszination und der Enthusiasmus für unsere Marke, unsere Produkte und unsere Produktion spiegeln sich bei unseren Mitarbeitern in ihrer täglichen Arbeit wider.

Heute und in Zukunft stehen wir vor großen Herausforderungen aus den globalen Trends mit ihren massiven Auswirkungen auf die Unternehmen. Individualisierung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit – um nur einige der großen Themen zu nennen – fordern Effizienz, Wandlungsfähigkeit und Flexibilität. Antworten finden wir in der Anwendung zukünftiger Technologien und Konzepte sowohl in unseren Produkten als auch in der Produktion.

Dieses Buch ist ein wichtiger Beitrag, der auch uns Anregungen für die Entwicklung unserer Produktion liefert. Ich wünsche uns eine offene Diskussion um strategische Orientierungen zukünftiger Produktionen nicht nur im eigenen Haus, sondern in der gesamten deutschen und europäischen Wirtschaft.

A handwritten signature in black ink, reading "Oliver Blume". The signature is written in a cursive, flowing style.

Dr. Oliver Blume

Vorsitzender des Vorstands Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft

---

## Die Autoren

**Dr.-Ing. Carina Löffler** arbeitete nach ihrem Maschinenbaustudium im Team von Professor Westkämper und hat an der GSaME (Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering) der Universität Stuttgart 2011 mit Auszeichnung in einer Thematik zur strategischen Produktionsstrukturplanung im Automobilbau promoviert. Anschließend war sie für die strategische Planung von Auslandsproduktionen in der Automobilindustrie tätig. An der Universität Stuttgart betreute sie die Vorlesungen zu „Strategien der Produktion“. Seit 2013 gehört sie zur Strategieentwicklung Produktion der Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft in Stuttgart.

**Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper** war viele Jahre in der Forschung und Wissenschaft auf dem Gebiet der Produktionstechnik und des Managements der Produktion an den Universitäten in Braunschweig und Stuttgart sowie als Leiter des Fraunhofer-Institutes IPA in Stuttgart tätig. Er war einer der Gründer und Sprecher der GSaME an der Universität Stuttgart. Er gilt als Visionär der Produktion und trug mit seinen Anregungen maßgeblich zum EU-Forschungsprogramm „Factory of the Future“ sowie anderen Konzepten der Wirtschaft bei. Langjährige Industrienerfahrung und seine wissenschaftlichen Arbeiten flossen in seine Vorlesungen an den Universitäten in Braunschweig und Stuttgart auch zum Thema „Strategien der Produktion“ ein.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
	Literatur .....	9
<b>2</b>	<b>Re-Industrialisierung der verarbeitenden Industrie</b> .....	11
	Literatur .....	24
<b>3</b>	<b>Technologiepolitik für das System Produktion</b> .....	25
	3.1 Technologie als Leitmotiv einer strategischen Produktionsentwicklung ..	26
	3.2 Strategische Planung für Wertschöpfung .....	31
	3.3 Einordnung in das Planungsgeschehen im Unternehmen .....	35
	Literatur .....	42
<b>4</b>	<b>Das System Produktion unter dem Einfluss globaler Megatrends</b> .....	45
	4.1 Vom Taylorismus zum System Produktion .....	46
	4.2 Megatrends und Wandlungstreiber .....	50
	4.2.1 Megatrends mit Wirkung auf die Produktion .....	50
	4.2.2 Wandlungstreiber .....	54
	4.3 Das erweiterte System Produktion .....	56
	4.4 Strategische Zielsetzungen zur Entwicklung des Systems Produktion ..	62
	Literatur .....	70
<b>5</b>	<b>Visionen und strategische Konzepte für das System Produktion</b> .....	71
	5.1 Technologien für die Wertschöpfung .....	74
	5.1.1 Optimierung von Basis-Technologien .....	76
	5.1.2 Technologien mit strukturverändernder Wirkung .....	83
	5.1.2.1 Produkttechnologien .....	86
	5.1.2.2 Produktionstechnologien .....	93
	5.1.2.3 Systemtechnologien .....	98
	5.1.2.3.1 Verkürzung von Prozessketten .....	98
	5.1.2.3.2 Systemtechnologien für Technische Intelligenz	100
	5.1.2.3.3 Prozesskette in der Produktionsgestaltung ..	103

5.2	Visionen und Konzepte für das System Produktion . . . . .	104
5.2.1	Wandlungsfähige Produktion . . . . .	107
5.2.1.1	Struktur des Systems Produktion . . . . .	108
5.2.1.2	Ansätze der Wandlungsfähigkeit im Stuttgarter Unternehmensmodell . . . . .	110
5.2.1.3	Kontinuierliche und partizipative Planung . . . . .	113
5.2.1.4	Technische Aspekte der Wandlungsfähigkeit . . . . .	120
5.2.1.5	Zukunftsvisionen der Wandlungsfähigkeit . . . . .	125
5.2.1.6	Wirtschaftlichkeit . . . . .	127
5.2.2	Vernetzte Produktion . . . . .	127
5.2.2.1	Vision Virtueller Fabriken . . . . .	128
5.2.2.2	Höchstleistungsfabriken für die flexible Serienfertigung . . . . .	135
5.2.2.3	Fabriken mit regionalen Wurzeln . . . . .	138
5.2.2.4	Emotionale Fabriken in regionalem Umfeld . . . . .	143
5.2.2.5	Globale Vernetzung . . . . .	146
5.2.2.6	Innerbetriebliche Vernetzung und Kollaboration . . . . .	148
5.2.2.7	Netzwerkgestaltung und -adaption . . . . .	150
5.2.3	Digitale Produktion . . . . .	156
5.2.3.1	Cyber-Physische Produktion Industrie 4.0 . . . . .	157
5.2.3.2	Engineering und Management in digitaler Umgebung . . . . .	162
5.2.3.3	Administration in digitaler Umgebung . . . . .	168
5.2.3.4	Smart Factory . . . . .	172
5.2.3.5	Architektur des Internets für das System Produktion . . . . .	177
5.2.4	Lernfähige Produktion . . . . .	184
5.2.4.1	Mit Lerntheorien zur lernfähigen Produktion der Zukunft . . . . .	185
5.2.4.2	Das Gesetz des Lernens . . . . .	190
5.2.4.3	Lernen in der virtuellen Fabrik . . . . .	194
5.2.5	Nachhaltigkeit im Lebenszyklus des Systems Produktion . . . . .	202
5.2.5.1	Nachhaltigkeit des Systems Produktion . . . . .	202
5.2.5.2	Strategien aus dem Life Cycle Ansatz . . . . .	212
5.2.5.3	Services über den Lebenslauf . . . . .	218
5.2.5.4	Ökonomische Bewertung des Life Cycle Ansatzes . . . . .	223
	Literatur . . . . .	228
<b>6</b>	<b>Implementierung von Strategien in das System Produktion . . . . .</b>	<b>239</b>
6.1	Migrationswege zur Umsetzung der Konzepte in die betriebliche Praxis . . . . .	242
6.1.1	Technologien . . . . .	242
6.1.2	Wandlungsfähigkeit . . . . .	243
6.1.3	Vernetzung . . . . .	244
6.1.4	Digitalisierung . . . . .	246
6.1.5	Lernfähigkeit . . . . .	247
6.1.6	Nachhaltigkeit im Life Cycle . . . . .	248

---

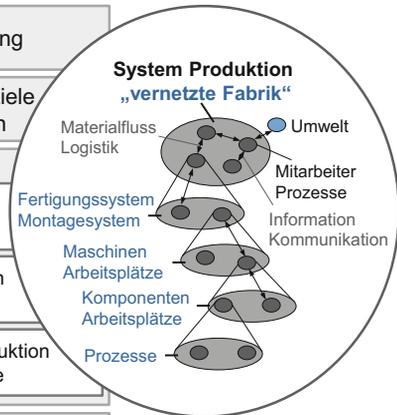
6.2	Planungsprozesse und Vorgehensweisen zur Gestaltung des Systems	
	Produktion	249
6.2.1	Ist-Analyse	250
6.2.2	Technologiekalender	255
6.2.3	Struktur- und Leistungsplanung	259
	6.2.3.1 Strukturplanung vernetzter Produktionen	260
	6.2.3.2 Standortentwicklungsplanung	264
	6.2.3.3 Arbeitsplatzgestaltung für neue Technologien	268
	6.2.3.4 Infrastrukturentwicklung	268
6.3	Ressourcenplanung	270
	6.3.1 Forschungs- und Entwicklungsplanung	271
	6.3.2 Investitionsplanung	272
	6.3.3 Infrastrukturplanung	276
	6.3.4 Planung der Beschäftigung	276
6.4	Bewertung im Rahmen einer langfristigen Entwicklungsplanung	278
6.5	Methoden und Tools	280
6.6	Strategieumsetzung und Konsequenzen in der Aufbauorganisation	286
	Literatur	289
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>291</b>
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>297</b>

## Die Produktion braucht Zukunft

### Zusammenfassung

Unternehmen haben bei der Gestaltung ihrer Produktion einen weiten Handlungsspielraum. Sie brauchen gerade in der heutigen Zeit Orientierungslinien, um sich für die Zukunft richtig aufzustellen und ihre Entwicklung auf langfristige Ziele auszurichten. Das Buch zeigt Wege in die Zukunft mit einem erweiterten Verständnis des Systems Produktion und vielen technischen und organisationalen Optionen. Das Einführungskapitel stellt den gesamten Rahmen des Buchs und die behandelten Themengebiete dar, um den Leser in die strategischen Ansätze einzuführen.

<b>1</b> Einführung Produktion braucht Zukunft	<b>2</b> Re-Industrialisierung
<b>3</b> Technologiepolitik Strategische Planung	<b>4</b> Megatrends und Ziele System Produktion
<b>5</b> Visionen und strategische Konzepte	
Technologien für die Wertschöpfung	Wandlungsfähige Produktion
Vernetzte Produktion	Digitale Produktion Industrie 4.0
Lernfähige Produktion	Nachhaltige Produktion im Life Cycle
<b>6</b> Strategieimplementierung	<b>7</b> Zusammenfassung und Ausblick

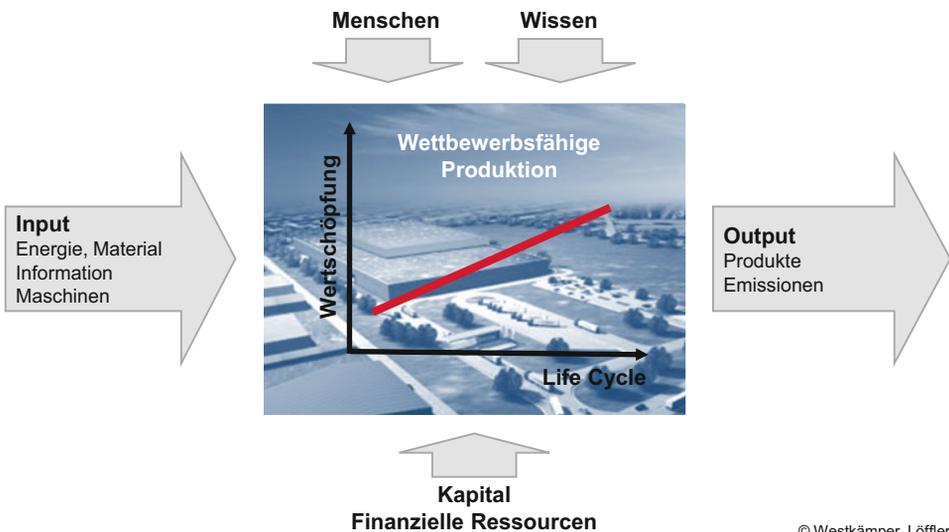


© Westkämper, Löffler

Die industrielle Produktion ist das Herz der Wirtschaft in den westlichen Ökonomien. Sie ist ein Transformationsprozess, bei dem aus natürlichen Ressourcen unter Verwendung von Wissen in Fabriken höherwertige Produkte erzeugt werden, für die es eine Nachfrage in Haushalten und in Industriebetrieben gibt. Der Transformationsprozess kann als ein Prozess der Wertschöpfung verstanden werden, der von Menschen unter Zuhilfenahme von Werkzeugen und Maschinen ausgeführt wird (Abb. 1.1). Der technische Fortschritt der Werkzeuge und Maschinen, die zur Herstellung der Produkte eingesetzt werden, beeinflusst die Effizienz der Fabriken und ihre ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungsgrade nachhaltig.

Wertschöpfung durch eine Wandlung der eingesetzten Ressourcen zu brauchbaren Produkten ist die Basis des ökonomischen Systems und des Lebensstandards industrialisierter Regionen in der Welt. Die Regionen stehen dabei miteinander im Wettbewerb. Während früher die Verfügbarkeit von Ressourcen der wichtigste Erfolgsfaktor war, so sind es heute nicht nur die Ressourcen, sondern auch das Wissen um die Technologien zur Erzeugung wettbewerbsfähiger Produkte. Es besteht ein globaler Wettbewerb um die Ressourcen und um das Wissen zu ihrer Verarbeitung. In einer Zeit der schnellen Verbreitung von Wissen wird aus letzterem ein zeitlicher Wettbewerb, bei dem diejenigen gewinnen werden, die grundlegende neue Erkenntnisse schneller in marktfähige und kundenspezifische Lösungen transferieren und diese auf rationellste Weise liefern können.

In den vergangenen hundert Jahren industrieller Produktion lag das Hauptinteresse des technischen Fortschrittes in der Effizienz der einzelnen Prozesse, um mit verbesserter technischer Leistung Vorteile im globalen Wettbewerb zu erzielen. Heute treten die Optimierung des gesamten Systems der Wertschöpfung und die Effizienz des Systems



**Abb. 1.1** Wertschöpfung durch industrielle Produktion

Produktion in den Mittelpunkt der Suche nach vorteilhaften Lösungen für den Erhalt und die Ausweitung der globalen Wettbewerbsfähigkeit. Der Bilanzrahmen des Transformationsprozesses Produktion erweitert sich dramatisch:

- von der Zentrierung auf innerbetriebliche Prozesse der Unternehmen auf ein gesellschaftliches System einschließlich der außerbetrieblichen Organisationen,
- von der Herstellung der Produkte zu einer Lebensdauer-Bilanz, in der alle Prozesse von der Geburt der Produkte bis zu ihrem Lebensende als Elemente des Systems Produktion enthalten sind,
- von der technischen Gestaltung der Produkte und Prozesse zu einer vernetzten und verteilten Produktion in einem umfassenden Informations- und Kommunikationssystem, in dem Informationen und Wissen jederzeit an jedem Ort aktuell zur Verfügung stehen.

Die wichtigste Kennzahl zur Bewertung der Effizienz ist zweifellos die erzielte Wertschöpfung pro Kopf im gesamten System Produktion. Das System Produktion bezieht sich auf die gesamte Kette der Leistungserstellung bis zum Lebensende der Produkte und schließt alle beteiligten Partner im Umfeld mit ein. Sie ersetzt die früher maßgebliche Kennzahl der „Produktivität“, die sich vor allem auf die technische Leistung und die zeitlichen Nutzungsgrade der Maschinen bezog. Da aber das System Produktion einen wesentlich vergrößerten Bilanzrahmen mit materiellen und immateriellen Leistungen umfasst, ist es notwendig, auch die Bewertungsskalen anzupassen, um Fortschritte messbar zu machen. Wertschöpfung bezieht auch die Verluste der Prozesse mit ein und kann deshalb ein Maßstab für die Effizienz des erweiterten Systems der Produktion sein.

In diesem erweiterten System der Produktion steht folglich die industriell erzeugte Wertschöpfung im Zentrum eines globalen Wettbewerbs. Sie ist damit ein Leistungsmaßstab für die Effizienz von Regionen und Nationen.

Die Produktion wird zu einem global vernetzten sozio-technischen System, dessen Ausprägung auch die umgebende Infrastruktur, den Ausbildungsbereich und den politischen Bereich umfasst (Abb. 1.2). Aus dem Wettbewerb einzelner Unternehmen wird somit ein Wettbewerb der Regionen um Wertschöpfung. Das ehemals starre und inflexible System Fabrik wandelt sich unter dem Einfluss digitaler Technologien zu einem dynamischen Wirtschaftssystem, dessen Aktionsraum Haushalte, Produzenten und Dienstleister umfasst.

Der Wohlstand von Regionen und Ländern ist auch in Zukunft abhängig von der Effizienz der industriellen Wertschöpfung, zu dessen Entwicklung auch die personellen Kompetenzen (Ausbildung), die öffentliche Infrastruktur und überbetriebliche Forschung maßgeblich beitragen. In einem dynamischen Umfeld, in dem sich die Unternehmen zweifellos bewegen, kann nur ein System überleben, welches in der Lage ist, sich anzupassen oder die Umgebung so zu gestalten, dass sie die Überlebensfähigkeit sichert. Das erfordert eine enge Kooperation zwischen den produzierenden Unternehmen und ihrer Umgebung. Grundlegende Veränderungen und Trends wirken sich nicht allein auf die handelnden Unternehmen, sondern auch auf ihre gesamte Umgebung aus. Dies wird besonders deut-