

Prozess- und Operations- Management

Strategisches und operatives Prozessmanagement
in Wertschöpfungsnetzwerken

6., vollständig überarbeitete
und erweiterte Auflage

Bruno R. Waser · Daniel Peter



VERSUS

Prozess- und Operations- Management

**Strategisches und operatives Prozessmanagement
in Wertschöpfungsnetzwerken**

Prof. Bruno R. Waser · Prof. Dr. Daniel Peter

6., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

Versus · Zürich

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2020 Versus Verlag AG, Zürich

Weitere Informationen zu Büchern aus dem Versus Verlag unter www.versus.ch

Umschlagbild und Kapitelillustrationen: Susanne Keller

Satz und Herstellung: Versus Verlag · Zürich

Druck: Comunecazione · Bra

Printed in Italy

Gedruckt auf Magno Natural chlorfrei



Förderung nachhaltiger Waldwirtschaft
www.pefc.org

ISBN 978-3-03909-287-1 (Print)

ISBN 978-3-03909-787-6 (E-Book)

Vorwort zur 6. Auflage

Zweck dieses Buchs ist die fundierte Zusammenfassung aller relevanten und aktuellen Erkenntnisse zu Prozess- und Operations-Management mit dem Ziel einer umfassenden Einführung in das strategische und operative Management von Geschäftsprozessen im Allgemeinen und des Schlüsselprozesses Leistungserstellung im Speziellen. Dabei werden Unternehmen und ihre Wertschöpfungsnetzwerke aus einer integralen und prozessorientierten Sicht sowie unter Berücksichtigung relevanter Aspekte wie Internationalisierung, Digitalisierung, Nachhaltigkeit betrachtet.

In der vorliegenden 6. Auflage wurden verschiedene Themenfelder erweitert und vertieft. Unter anderem werden innovative Aspekte wie beispielsweise digitale Güter, Industrie 4.0, Chain of Custody aufgegriffen, um den aktuellen Entwicklungen in Bezug auf die Leistungsangebote und die Leistungserstellung Rechnung zu tragen.

Diese Publikation wurde erstellt, weil in dieser ganzheitlichen Sichtweise über die gesamte Themenbreite kein deutschsprachiges Buch verfügbar ist. Zu den einzelnen Themenbereichen ist jedoch eine grosse Auswahl an Literatur vorhanden (siehe Literaturverzeichnis).

Das vorliegende Buch basiert auf einem Skript für den Bachelor-Studiengang «Business Administration» an der Hochschule Luzern – Wirtschaft von Prof. Bruno R. Waser und themenspezifischen Ergänzungen durch Prof. Dr. Daniel Peter. Obwohl das Buch ursprünglich für das Grundstudium in Betriebswirtschaft verfasst wurde, eignet es sich – als fundierter Einstieg in das Thema Prozess- und Operations-Management – sowohl für Studierende anderer Aus- und Weiterbildungsveranstaltungen als auch für Personen in der Praxis.

Ein wesentliches Element zur Vertiefung einer Thematik bildet, neben der theoretischen Behandlung, der Praxisbezug. Entsprechend sind Praxisbeispiele und -konzepte ein wesentlicher Bestandteil dieses Buchs. Zusätzlich können ergänzende Informationen über die Buch-Website www.prozess-operationsmanagement.ch abgerufen werden. Für Dozierende werden auf Anfrage Lehrmaterialien (Powerpoint-Folien, Lernkontrollfragen) zur Verfügung gestellt.

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt verifiziert. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschliessen. Aus diesem Grund sind die in diesem Dokument enthaltenen Verfahren und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Die Autoren übernehmen infolgedessen keine daraus folgende oder sonstige Haftung.

Die Autoren bedanken sich für die vielen konstruktiven Rückmeldungen von Dozierenden und Studierenden der Hochschule Luzern – Wirtschaft wie auch anderer Hochschulen. Danken möchten wir ebenfalls dem Versus Verlag für die professionelle Begleitung des Buchprojekts. Speziell bedanken möchten wir uns bei Judith Henzmann für die ausgesprochen angenehme und kompetente Zusammenarbeit.

Prof. Bruno R. Waser, Prof. Dr. Daniel Peter

Inhaltsverzeichnis

Aufbau und Inhalt des Buches	13
Kapitel 1 Bedeutung der Leistungserstellung für die Wertschöpfung	17
1.1 Historische Entwicklung	18
1.1.1 Von der handwerklichen Produktion zum Fabrikssystem	18
1.1.2 Massenfertigung und Scientific Management	23
1.1.3 Prozessorientierung und Informationstechnologie	25
1.1.4 Globalisierung und Nachhaltigkeit	27
1.2 Leistungsströme in der Wirtschaft	28
1.2.1 Industrielle Unternehmen	30
1.2.2 Dienstleistungsunternehmen	31
1.2.3 Prozessorientierte Sicht	31
1.2.4 Güter	32
1.3 Geschäftsprozesse – Basis erfolgreicher Wertschöpfungsnetzwerke	34
1.3.1 Von der Wertkette zum Wertschöpfungsnetzwerk	35
1.3.2 Integration entlang der Wertschöpfungskette	37
1.3.3 De-Konstruktion von Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle	38
1.3.4 Prozessorientierte Managementsysteme	40
1.3.5 Unternehmenserfolg dank innovativen Prozessen	42

Kapitel 2 Grundlagen Prozess- und Operations-Management	47
2.1 Prozessmanagement	48
2.1.1 Realisierung einer strategiekonformen Prozessorganisation	49
2.1.2 Geschäftsprozesse als Kernkompetenz eines Unternehmens	52
2.1.3 Prozesshierarchie und -ebenen	54
2.2 Operations-Management	56
2.2.1 Unternehmensstrategie und Operations-Management	56
2.2.2 Strategien zur Leistungserstellung (Operations-Strategien)	58
2.3 ITO-Konzept	59
2.4 Ressourcen zur Leistungserstellung	61
2.5 Effektivität und Effizienz von Geschäftsprozessen	64
2.6 Kennzahlen zur Beurteilung der Leistungserstellung	64
2.7 Kennzahlensysteme	69
Kapitel 3 Überbetriebliche Leistungserstellungssysteme	73
3.1 Leistungserstellung in Wertschöpfungsnetzwerken	74
3.2 Eigenleistung oder Fremdbezug	75
3.2.1 Make-or-Buy oder Out-/Insourcing	75
3.2.2 Kriterien zur Entscheidungsfindung	76
3.2.3 Praxisbeispiel BMC	79
3.3 Internationalisierung von Wertschöpfungsnetzwerken	80
3.3.1 Stufentheorie der Internationalisierung	80
3.3.2 Ausprägung multinationaler Unternehmen	81
3.3.3 Gestaltung globaler Wertschöpfungsnetzwerke	82
3.3.4 Konfiguration von Wertschöpfungsnetzwerken	84
3.3.5 Praxisbeispiel Schindler	85
3.4 Supply Chain Management	87
3.4.1 SCOR-Modell	88
3.4.2 Bullwhip Effect	90
3.4.3 Efficient Consumer Response	91
3.5 Zusammenarbeit mit Lieferanten (Supplier Relationship Management)	92
3.5.1 Auswahl und Bewertung von Zulieferunternehmen	94
3.5.2 Klassifizierung Lieferanten (Beschaffungsportfolio-Matrix)	95
3.5.3 Bindungsformen mit Zulieferunternehmen	99
3.5.4 Ausprägung der Zusammenarbeit	99
3.6 IT-Einsatz im überbetrieblichen Leistungserstellungsprozess	101
3.6.1 Datenaustausch zwischen betrieblichen IT-Systemen	103
3.6.2 IT-Unterstützung des Supply Chain Management	103
3.6.3 Digitalisierung von Wertschöpfungsketten	105
3.6.4 Praxisbeispiel Dell	106

Kapitel 4 Materialwirtschaft und Logistik	109
4.1 Funktionsbereich Materialwirtschaft und Logistik	110
4.2 Informationslogistik	111
4.3 Materialarten	113
4.4 Effiziente und effektive Nutzung materieller Ressourcen	115
4.4.1 Kreislaufwirtschaft basierend auf Cradle to Cradle	117
4.4.2 Praxisbeispiel Freitag lab.ag	119
4.5 Klassifizierung mittels ABC- und XYZ-Analyse	120
4.6 Lager	124
4.6.1 Arten von Lagerbeständen	124
4.6.2 Zweck/Nutzen eines Lagers	125
4.6.3 Aufwand eines Lagers	126
4.6.4 Lagerhaltungsmodelle	127
4.6.5 Lagerstrategien bzw. -verfahren	128
4.7 Bestandsmanagement	129
4.7.1 Just-in-Time und Just-in-Sequence	129
4.7.2 Kanban	131
4.7.3 E-Procurement	131
4.7.4 Praxisbeispiel Bossard	133
4.8 Logistischer Fluss	134
4.8.1 Warenumschat und Transportstufen	135
4.8.2 Transportmittel	137
4.8.3 Transportbehälter	138
Kapitel 5 Innerbetriebliche Leistungserstellungssysteme	141
5.1 Merkmale von Leistungserstellungssystemen	142
5.1.1 Charakterisierung von Leistungserstellungssystemen	143
5.1.2 Hauptobjekt der Leistungserstellung	144
5.1.3 Varianz/Individualität der Leistung	144
5.1.4 Struktur/Komplexität der Leistung	145
5.1.5 Initiierung der Leistungserstellung	145
5.1.6 Dauer Initiierung bis Auslieferung	146
5.1.7 Tiefe der Leistungserstellung	147
5.1.8 Wiederholfrequenz der Leistungserstellung	147
5.1.9 Umfang/Menge (Losgrösse)	148
5.1.10 Organisation der Leistungserstellung	149
5.2 Innovative Leistungserstellungssysteme	150
5.2.1 Massenproduktion bei Ford	151
5.2.2 Toyota-Produktionssystem	154
5.2.3 Gruppenarbeit bei Volvo Uddevalla	157
5.2.4 Logistikfokussierte Fabrik in Smartville	161

5.3	Konzepte zur effektiven und effizienten Leistungserstellung	163
5.3.1	Lean Production	164
5.3.2	Ganzheitliche Produktionssysteme	165
5.4	IT-basierte Konzepte zur Leistungserstellung	167
5.4.1	Computer Integrated Manufacturing (CIM)	168
5.4.2	Industrie 4.0	171
Kapitel 6 Strukturierung und Konzipierung des Leistungsangebots		175
6.1	Identifizierung von Artikeln	176
6.1.1	Nummernsysteme	177
6.1.2	Globales Identifikationssystem GS1	179
6.1.3	Radio Frequency Identification (RFID)	181
6.1.4	Kennzeichnung von Artikeln	182
6.2	Produktmodell	183
6.2.1	Produktstruktur	183
6.2.2	Stückliste	185
6.3	Gestaltung des Leistungsangebots	186
6.4	Bedeutung der Planungs- und Entwicklungsphase für den Produktlebenszyklus	187
6.5	Reduktion der Time-to-Market durch Simultaneous Engineering . . .	190
6.6	Erhöhung von Individualisierung und Nutzungsdauer durch Modularisierung	191
6.7	Erhöhung der Wertschöpfung durch hybride Leistungsangebote . . .	193
6.8	Praxisbeispiele Produktgestaltung aus betriebswirtschaftlicher Sicht .	195
6.8.1	Swatch	195
6.8.2	Thermoplan	197
Kapitel 7 Planung und Steuerung der Leistungserstellung		199
7.1	Unternehmerische Ziele der Planung und Steuerung der Leistungserstellung	200
7.1.1	Aufgaben der Planung und Steuerung der Leistungserstellung	200
7.1.2	Geschäftsplanung	201
7.1.3	Absatz- und Produktionsgrobplanung (S&OP)	202
7.1.4	Master-Produktionsplanung (MPS)	203
7.1.5	Materialbedarfsplanung	205
7.1.6	Ermittlung der optimalen Losgrösse	206
7.1.7	Termin- und Kapazitätsplanung	208
7.1.8	Steuerung und Kontrolle der Leistungserstellung	215
7.2	Konzepte zur Planung und Steuerung der Leistungserstellung	217
7.2.1	Programmgesteuerte Leistungserstellung (Push-Prinzip) . . .	217
7.2.2	Absatzgesteuerte Leistungserstellung (Pull-Prinzip)	219
7.2.3	Praxisbeispiel Mettler-Toledo	221

7.3	Potenziale IT-gestützter Planung und Steuerung	223
7.3.1	IT-Systeme für die Planung und Steuerung der Ressourcen	223
7.3.2	Zielsetzung contra Zielerreichung	226
	Kapitel 8 Prozessqualität und Prozessoptimierung	229
8.1	Qualitätssysteme in der Leistungserstellung	230
8.2	Definition von Qualität	231
8.3	Qualitätsmanagement-Norm ISO 9001	232
8.4	Total Quality Management	233
8.5	Das EFQM-Modell für nachhaltigen Erfolg	235
8.5.1	Konzept und Aufbau des EFQM-Modells	236
8.5.2	Bewertungskriterien des EFQM-Modells	237
8.5.3	RADAR-Logik basierend auf dem PDCA-Zyklus	238
8.6	Gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen	240
8.6.1	Nachhaltigkeit	240
8.6.2	Instrumente zur Implementierung und Beurteilung von Nachhaltigkeit	242
8.6.3	Internationale Normen zur Sicherstellung von Nachhaltigkeit	243
8.6.4	Chain of Custody	246
8.6.5	Berichterstattung	248
8.6.6	Praxisbeispiel Remei	249
8.7	Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Geschäftsprozessen	251
8.7.1	Process Performance Management (PPM)	251
8.7.2	Wertstromanalyse	252
8.7.3	Prozess-Benchmarking	253
8.8	Konzepte zur Geschäftsprozessoptimierung	256
8.8.1	Business Process Reengineering (BPR)	257
8.8.2	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)	257
8.8.3	Six Sigma	258
	Kapitel 9 Berechnung ausgewählter Leistungskennzahlen	261
	Glossar	267
	Literaturverzeichnis	297
	Abkürzungsverzeichnis	301
	Stichwortverzeichnis	303
	Die Autoren	315

Aufbau und Inhalt des Buches

Das Fachgebiet «Prozess- und Operations-Management» wird oft vor dem Hintergrund eines produzierenden Unternehmens (Hersteller von Investitions- oder Konsumgütern) und hauptsächlich auf einer operativen Ebene betrachtet. Die Problemstellungen im Rahmen des strategischen und operativen Managements von Geschäftsprozessen im Allgemeinen und des Leistungserstellungsprozesses im Besonderen werden jedoch nicht nur in Produktionsbetrieben, sondern auch in Dienstleistungsunternehmen angetroffen. Dies unter Berücksichtigung der Realitäten, dass einerseits alle unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten funktionierenden Organisationen über einen operativen Bereich verfügen und andererseits Leistungsangebote heute eine Kombination von Dienst- und Sachleistungen sind. Im Weiteren ist zu beachten, dass eine starke Verflechtung zwischen dem Industrie- und Dienstleistungssektor besteht und produzierende Betriebe für viele Dienstleistungsunternehmen wichtige Partner in ihren Wertschöpfungsnetzwerken darstellen.

Mit dem zunehmend internationalen Wettbewerb wird die effiziente und effektive Gestaltung des Leistungserstellungsprozesses, als Hauptprozess der Wertschöpfungskette einer Marktleistung, zur zentralen Herausforderung für Unternehmen. Im Rahmen der Globalisierung verlagern sich Absatz- wie auch Beschaffungsmärkte zunehmend in attraktivere Wachstumsregionen. Diese Veränderungen erfordern von den Unternehmen strategische Entscheidungen bezüglich der optimalen Gestaltung ihrer Wertschöpfungsnetzwerke, unter Berücksichtigung der Unternehmensstandorte, der Beschaffungs- und Absatzmärkte sowie der unter-

nehmensspezifisch relevanten Wettbewerbsfaktoren wie Qualität, Preis, Zeit, Flexibilität, Service und vor allem auch Innovation und Technologie. Entsprechend gehen Experten davon aus, dass die Bedeutung des Prozess- und Operations-Managements in den nächsten Jahren markant steigen wird.

Aus diesen Gründen wird im Rahmen dieses Buches Prozess- und Operations-Management aus einer integralen **am Markt, den Ressourcen und den Wertschöpfungsketten orientierten Sicht** sowie aus einer **strategischen und operativen Perspektive** behandelt.

Das Buch besteht aus acht Kapiteln, Berechnungshinweisen von ausgewählten Kennzahlen und einem detaillierten Glossar:

- Kapitel 1: Bedeutung der Leistungserstellung für die Wertschöpfung
- Kapitel 2: Grundlagen Prozess- und Operations-Management
- Kapitel 3: Überbetriebliche Leistungserstellungssysteme
- Kapitel 4: Materialwirtschaft und Logistik
- Kapitel 5: Innerbetriebliche Leistungserstellungssysteme
- Kapitel 6: Strukturierung und Konzipierung des Leistungsangebots
- Kapitel 7: Planung und Steuerung der Leistungserstellung
- Kapitel 8: Prozessqualität und Prozessoptimierung
- Kapitel 9: Berechnung ausgewählter Leistungskennzahlen
- Glossar

Kapitel 1 gibt eine Einführung in die Thematik Prozess- und Operations-Management, indem der Begriff in der historischen Entwicklung verortet wird. Moderne Unternehmen sind im Rahmen von Leistungsströmen in ein Netzwerk von verschiedenen Partnern eingebunden und bilden dadurch ein Wertschöpfungsnetzwerk. Die verschiedenen Akteure des Wertschöpfungsnetzwerks werden detailliert vorgestellt. Ausgetauscht werden im Rahmen des Netzwerks unterschiedliche Wirtschaftsgüter. Diese umfassen sowohl Sach- und Dienstleistungen wie auch digitale Produkte, wobei diese von den Unternehmen entlang von Wertschöpfungsketten bereitgestellt werden. Gerade innovative Unternehmen schaffen heute Wettbewerbsvorteile, indem die Wertschöpfungsnetzwerke de-konstruiert werden und sich dadurch neue Geschäftsmodelle definieren lassen.

Das **Kapitel 2** nimmt eine Definition der beiden konstitutiven Elemente Prozessmanagement und Operations-Management vor. Dabei wird die strategische Bedeutung beider Konzepte für die Erreichung und die Festigung von nachhaltig erfolgreichen Wettbewerbspositionen dargelegt. Neben der Präsentation der verschiedenen Prozessebenen wird auch ein Schwerpunkt auf die Verbindung von Kernkompetenzen mit den Prozessen diskutiert. Aufbauend auf der Definition von Operations-Management wird die Operations-Strategie als Begriff eingeführt und anhand von konkreten Praxisbeispielen illustriert.

Leistungen werden heute vorwiegend in Wertschöpfungsnetzwerken, welche aus mehreren Akteuren bestehen, erstellt. Im **Kapitel 3** wird das Konzept des Managements der Zulieferkette (Supply Chain Management) eingeführt. Zudem

werden fokussierte Vertiefungen bezüglich Eigenleistung oder Fremdbezug wie auch der Internationalisierung von Wertschöpfungssystemen vorgenommen. Ebenfalls wird die Intensität der Kooperation zwischen den verschiedenen Akteuren des Leistungserstellungszusammenhangs thematisiert und die Möglichkeiten des IT-Einsatzes dargestellt.

In den **Kapiteln 4 und 5** wird der Fokus der Betrachtung von der überbetrieblichen Perspektive in das Unternehmen verschoben. So werden die Themen Materialwirtschaft und Logistik durch den Gegenstand (Materialarten sowie logistischer Fluss) sowie durch wesentliche Instrumente (ABC-Analyse, XYZ-Analyse, Produktgruppenportfolio, Zweck und Formen von Lagern sowie das Bestandsmanagement) eingeführt. Für die Gestaltung der innerbetrieblichen Leistungssysteme stehen mehrere konzeptionelle Möglichkeiten zur Verfügung. Obwohl sich die verschiedenen möglichen Leistungserstellungssysteme durch arbeitsorganisatorische wie informationstechnische Entwicklungen (u. a. Lean Production, Industrie 4.0) in den letzten Jahrzehnten teilweise drastisch geändert haben, sind in Unternehmen abhängig vom Leistungsangebot weiterhin verschiedenste Ausprägungen (Handwerk/Manufaktur, hochautomatisierte Massenproduktion, Gruppenarbeit für komplexe Produkte/Projekte) anzutreffen.

Die Produktgestaltung sowie die Planung und Steuerung der Leistungserstellung wird in den **Kapiteln 6 und 7** vertieft behandelt. Die Strukturierung und Konzipierung des Leistungsangebots wird aus einer betriebswirtschaftlichen Perspektive aufgegriffen. Dabei werden die Themen Nummernsystem, Produktmodell sowie die Gestaltung des Leistungsangebots thematisiert. Ebenfalls werden Möglichkeiten zur Reduktion der Time-to-Market durch Simultaneous Engineering, die Möglichkeit der Individualisierung durch Modularisierung sowie die Potenziale von Produkt-Dienstleistungs-Kombinationen zur Stärkung der unternehmerischen Wettbewerbsposition dargestellt. Die Planung und die Steuerung der Leistungserstellung wird als mehrstufiger Prozess eingeführt und weiter ausdifferenziert. Dabei stehen die Fragen der Ermittlung der optimalen Losgrösse, der Termin- und Kapazitätsplanung usw. im Vordergrund der Betrachtung. In einem abschliessenden Punkt wird der IT-Einsatz im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung dargelegt.

Im **Kapitel 8** wird der Qualitätsbegriff definiert, und es werden verschiedene Qualitätsmanagementkonzepte (u. a. ISO-Normenreihe, EFQM-Modell) eingeführt. Der Stellenwert der ökonomischen, sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit ist in den letzten Jahren in den Vordergrund der Betrachtung getreten. Zur Erreichung der angestrebten Ziele müssen die Geschäftsprozesse anhand relevanter Leistungskennzahlen sowie Benchmarking beurteilt und optimiert werden. Diese Fragestellungen werden ebenfalls im Kapitel 8 behandelt.

Im Anhang des Buches findet sich sowohl eine umfassende und kommentierte Zusammenstellung der wichtigsten Leistungskennzahlen für das Prozess- und Operations-Management als auch ein detailliertes Glossar der wichtigsten Begriffe.



Kapitel 1

Bedeutung der Leistungserstellung für die Wertschöpfung

In diesem Kapitel werden die wichtigsten historischen Entwicklungsetappen von der handwerklichen Fertigung hin zu globalen, nachhaltigen Leistungserstellungssystemen präsentiert. Zudem wird aufgezeigt, dass die Leistungen heute zunehmend in einem Netzwerk von verschiedenen Akteuren erstellt werden und zwischen den Akteuren unterschiedliche Leistungsströme bestehen. Abschließend wird der Zusammenhang zwischen den Wertschöpfungsketten, den Prozessen und dem Unternehmenserfolg dargelegt.

1.1 Historische Entwicklung

Wer an Leistungserstellung und speziell Produktion denkt, meint oft industrielle Unternehmen und deren Produkte. Deren Erzeugnisse wie Autos und Flugzeuge, Computer und Fernseher, Mobiltelefone und digitale Produkte haben unsere Lebenswelt stark verändert. Dies ist jedoch nur ein Teil der Wahrheit. Historisch gesehen haben nicht die Produkte, sondern viel stärker die Produktionsmethoden den Fortschritt bestimmt. Die Entwicklung des Fabriksystems und der Transportsysteme sowie in den letzten Jahrzehnten der Informations- und Kommunikationstechnologien haben den Lauf der Geschichte stärker beeinflusst, als uns die oft an Schlachten und einzelnen Herrschergestalten festgemachte Historie ahnen lässt.

Das heutige hohe Leistungsniveau der Wirtschaft ist nicht zuletzt das Ergebnis einer 250-jährigen Entwicklungsgeschichte, welche mit der industriellen Revolution begonnen hat. Durch unzählige Erfindungen und Innovationen konnte eine wirtschaftliche Entwicklung realisiert werden, welche eine zunehmend bessere Lebensgrundlage für viele Menschen darstellt. Die Herausforderung liegt dabei in einer nachhaltigen Weiterentwicklung im Interesse aller gesellschaftlichen Anspruchsgruppen der jeweiligen Volkswirtschaften.

Die bisherige und künftige Entwicklung kann in verschiedene Perioden unterteilt werden, die in den nächsten Abschnitten vorgestellt werden.

1.1.1 Von der handwerklichen Produktion zum Fabrikssystem

Die vorindustrielle Gesellschaft war von der landwirtschaftlichen und handwerklichen Lebensweise geprägt. Eine wichtige Voraussetzung für bahnbrechende Erfindungen und den Beginn der industriellen Revolution in Grossbritannien war die gesellschaftliche Entwicklung in Grossbritannien, die den anderen europäischen Ländern voraus war. So legte bereits 1215 die Magna Carta, eine der ersten Grundrechtserklärungen der Moderne, Bürgerrechte fest. Dadurch bekamen persönliche Freiheit und Rechtssicherheit früher als in anderen Ländern einen hohen Stellenwert. Die daraus resultierende gesellschaftliche Toleranz, vor allem auch gegenüber Freidenkern aus dem In- und Ausland, förderte zusammen mit der Einführung des Patentrechtes im Jahr 1624 die Entwicklung von neuartigen Verfahren und Maschinen zur Leistungserstellung.

Der englische Bürgerkrieg im 17. Jahrhundert hatte zudem die Abschaffung der absoluten Monarchie und die Errichtung einer Republik zur Folge. Dies führte zur Verteilung des Landes auf mehrere Tausend Grossgrundbesitzer. Der grosse Bedarf an Nahrungsmitteln einerseits und die Verfügbarkeit von Kapital andererseits förderte das unternehmerische Handeln in der Landwirtschaft, welches durch den

Einsatz von neuartigen Methoden und Maschinen zu Produktivitätssteigerungen und dadurch zu genügend und erschwinglichen Lebensmitteln führte. In der Folge wurden viele in der Feldbestellung arbeitende Menschen beschäftigungslos und versuchten mittels Heimarbeit ihren Lebensunterhalt zu bestreiten. Daraus entwickelte sich, neben dem Landwirtschaftssektor und dem freien Handwerk, eine ländliche Textilproduktion in Form eines Verlagssystems. Dies bedeutete, dass von Verleger bereitgestellte Rohstoffe (Wolle und Flachs) durch eine grosse Zahl verarmter Bauernfamilien, nach Bedarf und ohne soziale Absicherung, mittels Spinnen und Weben weiterverarbeitet wurden. Diese Heimarbeitenden bildeten denn auch ein wichtiges Arbeitskräftepotenzial für die neuen, zentralisierten Fabrikationsstätten in der beginnenden Industrialisierung.

Die vorindustrielle technische Produktion war bis ins 18. Jahrhundert eine handwerkliche Fertigung, wobei in organisatorischer Hinsicht das Zunftsystem bestimmend war. Die Zünfte bestimmten Herstellungsverfahren, Werkzeugarten, Werkzeuggebrauch, ja sogar die Produktionsmengen. Sie garantierten einerseits dem Handwerker soziale Bindung und die Sicherung seines Betriebs, andererseits hemmten sie die Erfindertätigkeit und den technischen Fortschritt.

Bindeglied zwischen handwerklicher Produktion im Sinne des Zunft- und Verlagssystems sowie der industriellen Produktion in Fabriken war das bereits stärker zentralisierte Manufaktursystem. Diese Manufakturen zeichneten sich durch räumliche Konzentration, Mechanisierung und einheitliche Arbeitsabläufe aus, die jedoch nur ab und bis zu einer bestimmten Produktionsmenge und mit entsprechendem Kapitaleinsatz erfolgreich betrieben werden konnten. Das dazu erforderliche Kapital kam hauptsächlich von den Eigentümern und Pächtern der Landwirtschaftsbetriebe, die einen Teil ihrer Erträge den Erfindern und den Neunternehmern zur Verfügung stellten.

Ein weiterer begünstigender Faktor für die industrielle Entwicklung in Grossbritannien war der Status Englands als Kolonialmacht. Wichtige Rohstoff- und Absatzmärkte konnten dadurch relativ einfach erschlossen werden. Teil dieser Entwicklung war das Vorhandensein von ausreichend Handelsschiffen und deren bewaffneter Schutz bei der Verteilung der Waren auf dem Weltmarkt.

Im Zuge eines stetigen Wachstums kam es in der britischen Baumwollindustrie, aufgrund steigender Löhne und der billigeren Konkurrenz aus Indien, zu Absatzproblemen, die mit der bestehenden Technik und Organisation der Manufakturen nicht gelöst werden konnten. Dies gab den Anstoss für Investitionen zur Erhöhung der Produktivität und dadurch zur Entwicklung von mechanischen Spinnmaschinen (durch Richard Arkwright und Samuel Crompton) sowie programmierbaren und maschinellen Webstühlen (durch Edmond Cartwright sowie Joseph-Marie Jacquard)¹.

¹ Joseph-Marie Jacquard verbesserte 1805 den von Edmond Cartwright 1785 entwickelten vollmechanisierten Webstuhl weiter, indem er Jacques de Vaucansons Steuerungstechnik basierend auf hölzernen Lochkarten in Cartwrights Maschine einbaute.

Alle betrieblichen Produktionsmittel dieser Zeit wurden mit Wasserkraft über Transmissionsriemen angetrieben. Der aufgrund der zunehmenden Mechanisierung zusätzlich erforderliche Energiebedarf konnte mit einer von Thomas Newcomen 1712 konstruierten und von James Watt 1764 weiterentwickelten leistungsfähigen Dampfmaschine befriedigt werden. Dieses neue Antriebssystem ermöglichte wiederum die Entwicklung produktiverer Maschinen, nicht nur für die Herstellung grosser Mengen von standardisierten Produkten, sondern auch für den Transport (Dampfeisenbahn und -schifffahrt) von Rohstoffen sowie Zwischen- und Fertigprodukten. Gleichzeitig entstand mit der Entwicklung des «Puddelofens» (1784) zur Erzeugung von Schmiedeeisen die Stahlindustrie, welche in der Folge wiederum die Entwicklung und Herstellung von Maschinen und Infrastrukturen (z. B. Eisenbahnnetz, Brücken) aus Eisen ermöglichte.

Mit der industriellen Revolution, die in Grossbritannien¹ ihren Ursprung hatte und zwischen 1780 und 1820 ihren Höhepunkt erreichte, änderten sich mit den neuen Produktionstechniken auch die Produktionsmethoden. Der Übergang von der Manufaktur zur Fabrik vollzog sich zuerst in der baumwollverarbeitenden Textilindustrie ab etwa 1800. Charakteristisch war neben technischen Merkmalen – wie Nutzung der Dampfmaschine als zentraler Antrieb für die weiterentwickelten Textilmaschinen – insbesondere das System der Arbeitsorganisation, d. h. die Ausrichtung der Arbeitsprozesse an den Maschinen unter Einbezug von vielen Arbeitskräften (v. a. Frauen und Kinder). Industrielle Arbeit wurde mit der Fabrik an einem Ort konzentriert und mit dem Takt der Maschinen synchronisiert. Wirtschaftliche Folgen dieser Entwicklung waren die kostengünstige Produktion grosser Mengen, der Rückgang der Preise industrieller Erzeugnisse und ein auf Massengüter eingestelltes Verteilungs- und Vermarktungssystem.

Die zunehmende Industrialisierung erforderte zunehmend mehr Energie, was unter anderem in einer (bis heute erkennbaren) massiven Reduktion der Waldflächen in Schottland resultierte. Mit der Entdeckung des fossilen Energieträgers Kohle und des Verfahrens, Steinkohle in Koks umzuwandeln, stand ein neuer, nahezu unbegrenzter und äusserst effektiver Brennstoff für den Antrieb von Dampfmaschinen sowie zur Herstellung von Eisen zur Verfügung.

Der technische Fortschritt brachte weitere Veränderungen und einen nachhaltigen Aufschwung in vielen Wirtschaftsbereichen mit sich. Neben der Textilindustrie wurden in der chemischen Industrie, der Nahrungsmittelindustrie und anderen Wirtschaftszweigen grosse Produktivitätsfortschritte erzielt. Die für die Massen-

¹ Die Schweiz gehörte, zusammen mit Belgien und noch vor Deutschland und Frankreich, zu den am frühesten industrialisierten Ländern. Belgien konnte sich auf reiche Vorkommen an Eisenerz und Steinkohle und ein starkes traditionelles Textilgewerbe stützen. Die Schweiz dagegen musste sich, aufgrund mangelnder Rohstoffe, auf Nischenprodukte bei der Textilherstellung (Leinen, Baumwolle, Seide, Wolle) konzentrieren. Deren Mechanisierung führte wiederum zum Aufbau der Maschinenindustrie (Textilmaschinen, Wasserturbinen und Generatoren) sowie der chemischen Industrie (Herstellung von Farbstoffen).

produktion erforderliche Konzentration von Produktionskapazitäten förderte den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur (Schienennetz und Schifffahrtskanäle) und forcierte die Urbanisierung und das Bauwesen. Gleichzeitig setzte die Produktion von Leuchtgas aus Steinkohle ein, was die Beleuchtung von privaten und öffentlichen Räumen ermöglichte.

Obwohl die neue Organisationsform eines arbeitsteiligen, mechanisierten Fabriksystems bald auch theoretisch begründet wurde, beispielsweise durch Charles Babbage (u. a. Erfinder der ersten mechanischen Rechenmaschine¹) in «On the Economy of Machinery and Manufactures» im Jahr 1832, entstanden die meisten technischen Erfindungen dieser Zeit ohne direkten Beitrag der Wissenschaft. Sie beruhten auf der Arbeit von Erfindern und Konstrukteuren, die sich die notwendigen theoretischen Kenntnisse meist im Selbststudium erarbeitet haben. Nur zögernd wandte sich die akademische Wissenschaft der technischen Entwicklungsarbeit zu. Daraus entstanden die Ingenieurwissenschaften, die jedoch erst Anfang des 20. Jahrhunderts als solche Anerkennung fanden.

Mit den sozialen und ökologischen Folgen der Industrialisierung haben sich damals nur wenige auseinandergesetzt. So wurden durch diese Entwicklung viele Handwerks- und Heimarbeitsplätze vernichtet, was in den betroffenen Regionen zu Einkommensverlusten und zu Protesten, mit teilweiser Zerstörung der neuen Maschinen², führte. Zugleich verschlechterten sich durch die Fabrikarbeit und die Urbanisierung³ die Arbeits- und Lebensbedingungen. Frauen- und Kinderarbeit waren die Regel, überlange Arbeitszeiten und hohe Arbeitsintensität, gepaart mit katastrophalen Lebensumständen (geringe Arbeitssicherheit, hohe Lärmbelastigung, Beeinträchtigung der Luftqualität, Abfall in Flüssen und Strassen, schlechte hygienische Situation), führten zu Unfällen, Krankheiten und in der Folge zu einer überdurchschnittlichen Sterblichkeit⁴.

1 Charles Babbage entwickelte in den Jahren 1820 bis 1822 die erste mechanische Rechenmaschine «Difference Engine No. 0» sowie fünfzehn Jahre später zusammen mit Ada Lovelace, die u. a. für die Programmierung verantwortlich war, die «Analytical Engine», einen Vorläufer des modernen Computers.

2 Neben den «Maschinenstürmen» in England (Luddismus) kam es zu ähnlichen Protesten in anderen von der Industrialisierung betroffenen Regionen wie in Deutschland (Weberaufstand) und der Schweiz (Usterbrand).

3 Zwischen 1800 und 1870 verdoppelten sich die Einwohnerzahlen der Städte. 1850 lebten über 50 Prozent der Bevölkerung Britanniens in urbanen Regionen. Die grössten Städte (mehr als 100 000 Einwohner) waren damals London, Birmingham, Edinburgh, Glasgow, Liverpool und Manchester.

4 Diese gesellschaftliche Entwicklung widerspiegelte sich wiederum in der Literatur, so beispielsweise in Charles Dickens' «Oliver Twist», Mary Shelleys «Frankenstein», Upton Sinclairs «The Jungle».

«Die Menschen sind in Folge dieser Einflüsse sehr bald aufgerieben. Die meisten sind mit vierzig Jahren arbeitsunfähig, einige wenige halten sich bis zum fünfundvierzigsten, fast gar keine bis zum fünfzigsten Jahre. Dies wird, ausser durch allgemeine Körperschwäche, zum Teil auch noch durch eine Schwächung des Gesichts hervorgebracht, welche die Folge des Mulespinnens ist, wobei der Arbeiter seine Augen auf eine lange Reihe feiner, parallel laufender Fäden heften und sie dadurch sehr anstrengen muss. Aus 1600 Arbeitern, die in mehreren Fabriken in Harpur und Lanark beschäftigt wurden, waren nur zehn über 45 Jahre.»

Friedrich Engels, 1845 in «Die Lage der arbeitenden Klasse in England»

Diese unmenschlichen Arbeits- und Lebensbedingungen hatten heftige Auseinandersetzungen zur Folge. Die zunächst noch rechtlosen Arbeitenden traten in den Arbeitskämpfen erstmals als geschlossene Gruppe auf. Dies führte zur Gründung von emanzipatorischen Bewegungen (Gewerkschaften, Frauenrechtsbewegung, neue politische Parteien, Genossenschaften) und durch deren Engagement zu neuen sozialen und politischen Rechten (Bürgerrechte, Sozialgesetzgebungen).¹

Dabei ist hervorzuheben, dass es schon damals Unternehmer gab, die sich ihrer gesellschaftlichen Verantwortung bewusst waren. So beispielsweise Robert Owen (1771–1858), der sich vom Lehrling in einem Textilgeschäft zum Fabrikleiter einer Spinnerei in Manchester hocharbeitete. 1799 konnte er in der Nähe von Glasgow die Baumwollspinnerei in Lanark übernehmen und führte aus der Überzeugung, dass schlechte Arbeitsbedingungen keine positive Voraussetzung für eine effektive Produktion sind, menschenwürdige Anstellungsbedingungen² ein. Durch Owens soziale wie auch technische Massnahmen entwickelte sich New Lanark von einer wenig erfolgreichen Textilfabrik zu einem Musterbetrieb für die gesamte damalige Wirtschaft.

1 Der erkämpfte freie Samstagnachmittag förderte wiederum die Freizeitaktivitäten. So entstanden in dieser Zeit die ersten Fussballvereine (1857 FC Sheffield) sowie erste Einrichtungen des Massentourismus (Seebäder wie beispielsweise Blackpool).

2 Die erste mechanische Baumwollspinnerei Schottlands wurde ab 1784 unter der Leitung von David Dale (Owens Schwiegervater) und Richard Arkwright (Entwickler der mechanischen Spinnmaschine) in Lanark südlich von Glasgow errichtet. Mit der Übernahme durch Robert Owen verkürzte er die Arbeitszeit von üblichen 13 bis 14 Stunden auf 10,5 Stunden und verbot die Arbeit durch Kinder unter zehn Jahren. Er liess eine Werkssiedlung mit Schule, Arztpraxis, Sparkasse, Genossenschaftsladen (Konsum) mit Bäckerei, Versammlungsräumen und Werkswohnungen bauen. In New Lanark erhielten die Kinder Schulunterricht und die Arbeitenden Abendkurse, Kulturangebot, kostenlose Gesundheitsvorsorge und Lebensmittel zum Selbstkostenpreis.

1.1.2 Massenfertigung und Scientific Management

Der Übergang von der ersten zur zweiten industriellen Revolution am Ende des 19. Jahrhunderts wurde wiederum durch neue Technologien und Energiesysteme geprägt. Ein entscheidender Schritt in der Entwicklung der industriellen Produktion war die Erfindung des Elektrodynamos (Patentanmeldung durch Werner von Siemens 1866) und der Verbrennungskraftmaschine (Patentanmeldung durch Rudolf Diesel 1892). Durch die Nutzung neuer fossiler Brennstoffe (Erdöl statt Kohle) und den Einsatz elektromechanischer Antriebsmaschinen wurde es möglich, die Produktivität erneut zu vervielfachen. Diese zweite industrielle Revolution wurde von der elektromechanischen Automatisierung und Rationalisierung der Arbeitsabläufe bestimmt.

Ausgehend von England und Schottland begann das Fabrikssystem auch in andere Länder auszustrahlen. Wichtig wurde insbesondere die Entwicklung der Massenproduktion in den lange unter enormem Arbeitskräftemangel leidenden Vereinigten Staaten von Amerika ab Mitte des 19. Jahrhunderts. Die technische Entwicklung ermöglichte zugleich eine Steigerung der Komplexität der Produkte¹ und der Produktionsprozesse. Unabdingbare Voraussetzung war die entsprechende Entwicklung und Verbreitung präziser und schnell arbeitender Werkzeugmaschinen. Bereits ab 1890 fand eine Automatisierung von Arbeitsprozessen statt. Durch die Spezialisierung der Funktionen von Werkzeugmaschinen konnten die Arbeitsschritte stetig vereinfacht und automatisiert werden. Ausserdem wurden die Werkzeuge wie auch die Materialien verbessert. So führten auf der Pariser Weltausstellung im Jahr 1900 die Amerikaner Frederick W. Taylor und Maunsel White ihren Schnelldrehstahl (bestehend aus Chrom und Wolfram) vor, welcher eine Steigerung der Schnittgeschwindigkeit von 60 Fuss pro Minute auf 300 bis 400 Fuss pro Minute ermöglichte und die Leistung der Werkzeugmaschinen um ein Mehrfaches erhöhte. Parallel zur Weiterentwicklung der betrieblichen Produktionsmittel wurde auch das Telefon- und Telegraphennetz durch die Edison Electric Light Co. (später Edison General Electric Co.) und Westinghouse Electric Company (mit dem Erfinder Nikola Tesla) ausgebaut.

Der Betriebsingenieur Frederick Winslow Taylor (1856–1915) setzte sich – aufbauend auf Vorleistungen anderer Ingenieure, die seit den 1880er Jahren in der American Society of Mechanical Engineers (ASME) erbracht worden waren – 1895 in seiner Schrift «The Principles of Scientific Management» mit der Rationalisierung von Arbeitsabläufen wissenschaftlich auseinander. Sein Konzept basiert auf der Idee der Zerlegung der Arbeitsabläufe in planerische und ausführende Tätigkeiten. Letztere wurden weiter in kleine beherrschbare Teilschritte unterteilt. Durch die Analyse und Standardisierung der Arbeitsabläufe sowie das Eliminie-

¹ Konsumgüter wie Uhren, Nähmaschinen, Motorfahrzeuge sowie Investitionsgüter wie Maschinen und Schienenfahrzeuge.

ren von überflüssigen Bewegungen und versteckten Pausen konnte der Output weiter maximiert werden.

Zugleich erforderte die rasante Zunahme von Einwanderern in die Vereinigten Staaten von Amerika, die Lebensmittelherstellung zu industrialisieren. Mit der Einführung einer auf Förderanlagen basierenden Fließbandarbeit in den Schlachthöfen von Cincinnati und Chicago wurde eine weitere drastische Rationalisierung in der Organisation der industriellen Produktion vorbereitet. Herausragendes Beispiel für diesen Wandel wurde die Massenfertigung in der amerikanischen Automobilindustrie. Die durch Henry Ford initiierte Einführung der Fließbandproduktion für die Ford-T-Modelle ab dem Jahre 1914 ermöglichte eine kostengünstige Massenproduktion von Automobilen (siehe 5.2.1 «Massenproduktion bei Ford», S. 151). Zugleich veränderten sich die Arbeitsbedingungen, einerseits durch die Aufteilung der Arbeit auf einzelne repetitive mechanische und manuelle Bewegungsabläufe sowie andererseits durch eine Verkürzung der Arbeitszeiten und Erhöhung der Löhne. Dies hatte den positiven Nebeneffekt, dass ein vermehrter Konsum von erschwinglichen Massengütern möglich wurde. Aufgrund der erhöhten Nachfrage konnten wiederum die Produktionskapazitäten ausgeweitet und neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Mit der Weiterentwicklung und dem ökonomischen Erfolg der Fließbandproduktion durchlief die westliche Industrieländerwelt in den Folgejahren eine stürmische Phase der Rationalisierung. Auf breiter Front wurden die Erkenntnisse von Henry Ford sowie die Ideen von Frederick W. Taylor in der Industrie eingeführt und die betriebliche Leistungserstellung zunehmend nach wissenschaftlichen Erkenntnissen organisiert. Dies auch für die Produktion von Waffen während der beiden Weltkriege, deren menschenverachtende Ideologien und zerstörerische Kräfte eine konstruktive gesellschaftliche Entwicklung auf Jahrzehnte hinaus hemmten.

Umso mehr entwickelte sich die Wirtschaft ab Mitte des 20. Jahrhunderts, mit entsprechender Nachfrage nach Konsumgütern, Tourismus und Medien. In Zusammenhang mit der Massenproduktion wurden neue Methoden wie statistische Qualitätskontrollen, Materialbedarfsplanung, Lernkurvenkonzept, Netzplantechnik, Prognoserechnungen usw. entwickelt und eingesetzt. Parallel dazu gewann der Einsatz von Rechenanlagen zur elektronischen Datenverarbeitung (EDV) zunehmend an Bedeutung.

1.1.3 Prozessorientierung und Informationstechnologie

Mit der Verbreitung der Massenproduktion wurde neben der Wirtschaftlichkeit die Qualität der Leistungserstellung immer wichtiger. Die immer höher werdenden Anforderungen an die Fertigungsgenauigkeit und Produktivität konnten nur durch numerisch gesteuerte (NC-)Maschinen befriedigend gelöst werden. Der deutsche Computerpionier Konrad Zuse (1910–1995) baute 1936 die erste programmgesteuerte Rechenanlage (Z1). Als 1938 die Atomspaltung gelang, neigte sich das Zeitalter, in dem die mechanische Welt als Modell galt, dem Ende zu. Mit der grundlegenden Idee, die Geometrie eines aerodynamischen Profils durch Zahlen auszudrücken und diese Zahlen direkt zur Steuerung einer Werkzeugmaschine zu verwenden, löste John T. Parsons Ende der 1940er Jahre in den USA das Problem der Fertigungstoleranzen. Unterstützt vom elektromechanischen Rechenlocher IBM 602A, entwickelte Parsons Datensätze zum Anfertigen von zweidimensionalen Schablonen für die Formbestimmung bei der Herstellung von Hubschrauber-Rotorblättern. 1948 erhielt Parsons von der amerikanischen Luftwaffe den Auftrag, für die Flügelprofile eines neuen Hochgeschwindigkeitsflugzeuges eine in drei Achsen numerisch gesteuerte Fräsmaschine zu entwickeln. In Zusammenarbeit mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelte seine Firma die erste numerische Maschinensteuerung.

Durch den direkten Übergang von der elektromechanischen Relais-Technik zur elektronischen Halbleitertechnik – das heisst ohne den im Maschinenbau problematischen Zwischenschritt der Röhrentechnik – kam Anfang der 1960er Jahre der Durchbruch zugunsten der NC-Maschinen. Sie erwiesen sich insbesondere in der Fertigung von Klein- und Mittelserien als besonders flexibel und wirtschaftlich. Die Rationalisierungseffekte, die durch programmgesteuerte Maschinen erzielt wurden, erlaubten eine Überwachung von mehreren Maschinen durch eine Person, was angesichts des Arbeitskräftemangels bei Facharbeitern aus der Sicht des Unternehmens eine besondere Entlastung darstellte. Zusammen mit der Technik der Verkettung von Maschinen über Fördereinrichtungen wurde dadurch eine breite industrielle Entwicklung in Richtung einer automatisierten Fabrik angestoßen.

Parallel zur rasanten Entwicklung der Mikroelektronik¹ und Datenverarbeitung setzte sich ab den 1950er Jahren der Computereinsatz nicht nur in der Fertigung (DNC, CNC) sondern auch in der Planung und Steuerung der Produktionsabläufe (PPS-Systeme) durch. Gleichzeitig wurden computergestützte Hilfsmittel (CAE-/CAD-Systeme) für die Entwicklung und Konstruktion von Produkten entwickelt

¹ 1945 bis 1947 wurde der Transistor durch William B. Shockley, John Bardeen und Walter H. Brattain in den Bell Laboratories entwickelt, wofür sie im Jahr 1956 den Nobelpreis für Physik erhielten. Der integrierte Schaltkreis (Integrated Circuit) wurde 1958 von Jack Kilby bei Texas Instruments entwickelt; im Jahr 2000 wurde ihm dafür der Nobelpreis für Physik verliehen.

und eingesetzt. In der Folge wurden in den 1980er Jahren CIM-Konzepte (siehe 5.4.1 «Computer Integrated Manufacturing (CIM)», S. 168) entwickelt, welche den direkten Austausch von Daten zwischen Entwicklung/Konstruktion, Produktion und Administration ermöglichten.

Die computergesteuerte Automatisierung veränderte die Anforderungen an die Organisation und die Qualifikation der Mitarbeitenden. In der 1990 durch Womack et al. veröffentlichten MIT-Studie «The Machine that Changed the World» wurde aufgezeigt, dass japanische Unternehmen im Vergleich zu ihren westlichen Konkurrenten qualitativ wesentlich besser und kostengünstiger produzierten. Die höhere Produktivität von rund 30 Prozent begründete sich vor allem in einer effizienteren und effektiveren Prozess- und Arbeitsorganisation. Als Folge begrenzter Ressourcen sowie der Notwendigkeit zur Fertigung von kleinen Losgrößen für den Binnenmarkt hatten japanische Unternehmen Produktionskonzepte entwickelt, welche durch die Optimierung der Produktions- und Zulieferprozesse sowie durch ein hohes Qualitätsbewusstsein und eine hohe Flexibilität der Mitarbeitenden einen wettbewerbsentscheidenden Vorteil in den Exportmärkten erzeugten. Das im Westen unter dem Namen «Lean Production» bekannte Produktionssystem wurde erstmals im japanischen Toyota-Konzern durch den Produktionschef Taiichi Ohno eingeführt (siehe 5.2.2 «Toyota-Produktionssystem», S. 154).

Seit Beginn der 1980er Jahre sahen sich, aufgrund des Erfolgs der japanischen Konsumgüterindustrie, viele westliche Unternehmen gezwungen, die Prinzipien der schlanken Produktion zu übernehmen und anzuwenden. Dadurch kamen die auf den Prinzipien des Scientific Management basierenden funktionalen Aufbauorganisationen unter Druck und wurden vermehrt durch prozessorientierte Konzepte abgelöst. Dabei stand eine ganzheitliche Sicht der Leistungserstellung im Vordergrund, bei der die eigenen Geschäftsprozesse Teile eines übergeordneten Wertschöpfungsnetzwerkes sind. Begleitet wurde die Einführung prozessorientierter Organisationskonzepte durch rasante technologische Entwicklungen in den Bereichen Miniaturisierung (Mikrotechnologie¹), Informations- und Kommunikationstechnologien sowie neuartige Verfahren und Materialien. Diese beinhalteten wiederum beträchtliche Innovationspotenziale für Produkt- und Prozessinnovationen und lösten zusammen mit den Ende des zweiten Jahrtausends beginnenden globalen Veränderungen eine neue Dynamik in der Wirtschaft aus.

1 Dank der Mikrotechnologie lassen sich nicht nur kleine, sondern auch günstige und energiesparende Geräte bauen. Die verschiedenen Teilgebiete der Mikrotechnologie entwickeln sich mit ähnlich hoher Schnelligkeit. Das Tempo beschreibt das bekannte Moore'sche Gesetz für die Mikroelektronik. Nach ihm verdoppelt sich die Anzahl der Funktionen und damit die Leistungsfähigkeit von integrierten Schaltkreisen alle 18 Monate. Dies bei gleichbleibendem Preis.

1.1.4 Globalisierung und Nachhaltigkeit

Mit dem Zusammenbruch des Sowjet-Imperiums und der Öffnung Chinas Ende des 20. Jahrhunderts wurden auch die internationalen Handelshemmnisse schrittweise abgebaut. Zusammen mit der zunehmenden Verbreitung des World Wide Web sowie einer leistungsfähigen Logistik wurde die Grundlage für eine dynamische Internationalisierung und Globalisierung der Wirtschaft geschaffen.

Ein wesentlicher Meilenstein in der Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie war 1989 die Entwicklung des HyperText Transfer Protocol (HTTP) sowie des Uniform Resource Locator (URL), basierend auf dem im Jahr 1969 aus dem Arpanet¹ entstandenen Internet, durch Physiker des Forschungszentrums CERN in Genf unter der Leitung von Tim Berners-Lee. Durch diese weltweite Vernetzung wurden und werden, zusammen mit den gleichzeitig stattfindenden Entwicklungen in anderen Technologiebereichen, neue Möglichkeiten zur Gestaltung von innovativen Geschäftsmodellen geschaffen.

Die andauernde Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien beeinflusst und verändert die Strukturen und Prozesse der globalen Wertschöpfungsnetzwerke (siehe 1.3.3 «De-Konstruktion von Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle», S. 38). Die weltweite Verfügbarkeit von Informationen und somit auch Produkt- und Prozessdaten, welche in Verbindung mit innovativen Leistungserstellungssystemen und neuartigen Prozesstechnologien/Fertigungsverfahren² genutzt werden können, bieten grosse Potenziale und vielfältige Chancen in Zusammenhang mit der Flexibilisierung und Individualisierung von Produkten und Prozessen. Zugleich nimmt der Anteil an digitalen Produkten zu, was wiederum die Kostenstrukturen (Entwicklungskosten vs. Reproduktions- und Vertriebskosten) und somit die Geschäftsmodelle entscheidend beeinflusst.

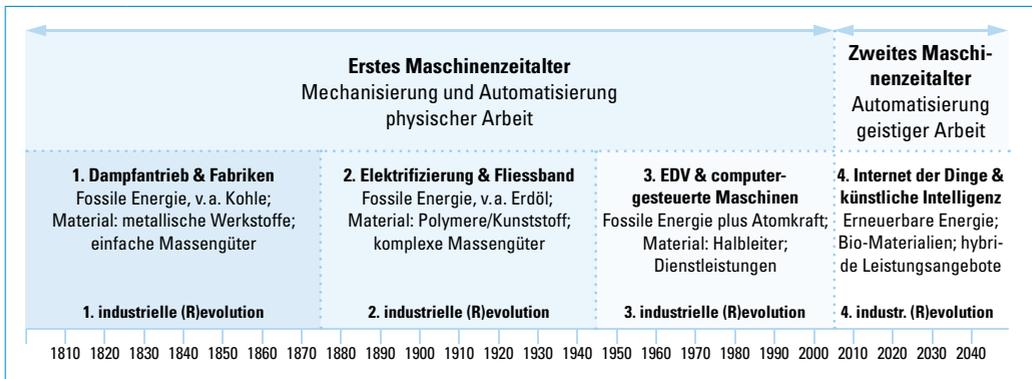
Mit der Integration der Technologiekonzepte Internet of Things, Big Data und Artificial Intelligence wird ein neues «Maschinenzeitalter» eingeläutet. Waren die drei Entwicklungsstufen seit der industriellen Revolution geprägt von der Mechanisierung und Automatisierung physischer Arbeit, wird diese vierte Stufe zunehmend die geistige Arbeit automatisieren.

Bedingt durch die globale wirtschaftliche Entwicklung steigt der weltweite Verbrauch an natürlichen Ressourcen, was zur Verknappung nicht erneuerbarer Rohstoffe und verstärkter Belastung der Umwelt führt. Die daraus resultierenden

- 1 Das ARPANET war ein Projekt der Advanced Research Project Agency (ARPA) des US-Verteidigungsministeriums. Es wurde zur Vernetzung von Universitäten und Forschungseinrichtungen benutzt. Ziel des Projekts war zunächst, die knappen Rechenkapazitäten der teuren Grossrechner sinnvoll zu nutzen, zuerst in den USA, später weltweit.
- 2 Treiber dieser Entwicklung sind aus heutiger Sicht Produktionssysteme basierend auf vernetzten «intelligenten» Maschinen und Robotern bzw. Konzepten wie «Industrie 4.0» sowie Fertigungstechnologien wie beispielsweise additive Fertigung bzw. «3D-Druck».

Engpässe sowie die negativen Auswirkungen auf die Umwelt erfordern sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen eine effiziente und effektive Nutzung der verfügbaren materiellen Ressourcen (siehe 4.4 «Effiziente und effektive Nutzung materieller Ressourcen», S. 115). Deshalb wird eine nachhaltige Leistungserstellung entsprechender Leistungsangebote im Sinne der gesellschaftlichen Verantwortung von Unternehmen zu einer Notwendigkeit. Dabei helfen neue Technologien («Cleantech»), qualitativ und ökologisch bessere Leistungsangebote mit weniger Ressourcen und Emissionen herzustellen.

Die grössten Zukunftschancen werden jene Unternehmen und Gesellschaften haben, denen es gelingt, materielle und immaterielle Ressourcen im Hinblick auf eine nachhaltige, das heisst ökologisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich konstruktive Entwicklung verantwortungsvoll einzusetzen. Entsprechend beruhen die Leistungsfähigkeit und der Erfolg von Unternehmen auf der kreativen und nachhaltigen Umsetzung neuester Erkenntnisse sowie auf an Umwelt und Gemeinwohl ausgerichteten Rahmenbedingungen.



▲ Abb. 1 Phasen und Merkmale der technologischen Entwicklung

1.2 Leistungsströme in der Wirtschaft

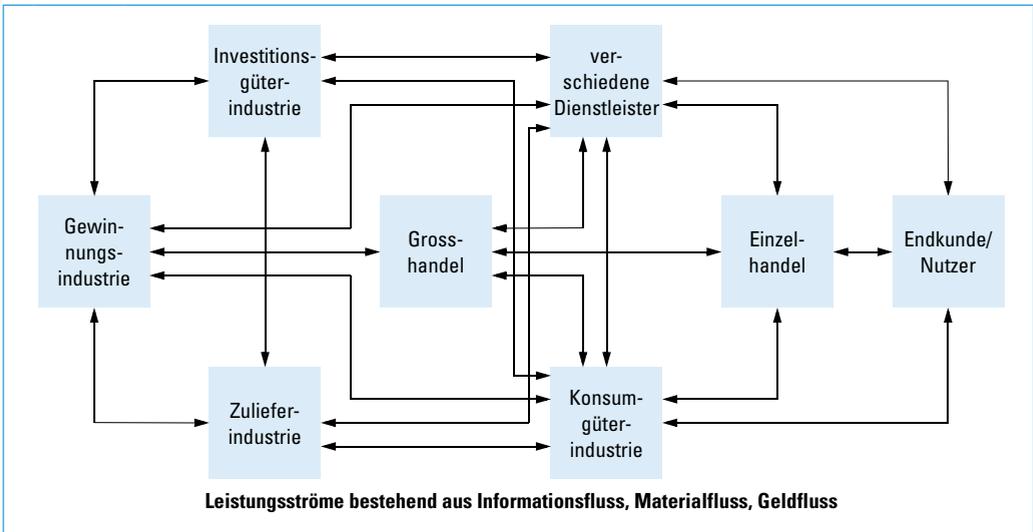
Die in einem Wirtschaftssystem involvierten Unternehmen lassen sich aus der Sicht der Leistungserstellung in verschiedene Unternehmenstypen unterteilen, die in unterschiedlichen Wertschöpfungsnetzwerken Leistungen zum Nutzen ihrer Kunden erbringen.

Die Leistungsangebote der einzelnen Unternehmen bestehen aus materiellen und immateriellen Produkten, welche sie in die vielfältigen Wertschöpfungssysteme einbringen. Wie ► Abb. 2 zeigt, pflegen alle Unternehmen beschaffungs- und absatzseitige Beziehungen mit zahlreichen unterschiedlichen Unternehmen.

Daraus resultiert eine zunehmende Verflechtung zwischen dem Industrie- und Dienstleistungssektor wie auch eine Verschmelzung von Sach- und Dienstleistungen in sogenannten hybriden Leistungsangeboten. Das heisst, immer mehr Industrieunternehmen bieten auch Dienstleistungen an und werden so zum Anbieter kompletter Leistungsangebote (siehe 6.7 «Erhöhung der Wertschöpfung durch hybride Leistungsangebote», S. 193). Zudem kaufen Sachgüter produzierende Unternehmen Vorleistungen aus anderen Bereichen, insbesondere auch von den Dienstleistungsunternehmen. Die Industrie wird dadurch für andere Branchen auch ein wichtiger Absatzmarkt und eine Drehscheibe für die Wertschöpfung. Durch diesen Effekt der Nettokäufe ist die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Industrie entsprechend höher, als es ihr eigener Beitrag zur Wertschöpfung ausdrückt.

Ein zunehmend wichtiger Aspekt ist dabei, nicht zuletzt in Bezug auf die Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen, die Definition und das Verständnis von Wertschöpfung. Dabei geht es um die Frage, inwieweit bei der Festlegung von Produktpreisen auch mittel- und langfristig entstehende Kosten (z.B. Umwelt- und Gesundheitsschäden) mit berücksichtigt werden. Heute werden entsprechende Kosten oft externalisiert, das heisst durch die Gesellschaft und nicht durch die Verursacher getragen.

Wertschöpfung entsteht, wenn Leistungsangebote so erstellt und genutzt werden, dass die Kunden jenen Preis dafür bezahlen, der die damit verbundenen betrieblichen und gesellschaftlichen, relevanten Kosten übersteigt.



▲ Abb. 2 Wichtigste Leistungserbringer und Leistungsströme (basierend auf einem Modell von Hässig 2000)

1.2.1 Industrielle Unternehmen

Der industrielle Sektor umfasst die Gesamtheit aller produzierenden Unternehmen, die Rohstoffe fördern und verarbeiten sowie Halbfabrikate und Fertigprodukte in Form von Konsum- oder Investitionsgütern herstellen.

Industrieunternehmen, aufgrund der erzeugten Güter auch Sachleistungsbetriebe genannt, lassen sich entsprechend ihrer Position in den wirtschaftlichen Leistungsströmen in folgende vier Gruppen von Leistungserbringern aufteilen:

1. **Gewinnungsindustrie:** Gewinnung und Aufbereitung von Primärrohstoffen (z. B. Erdöl, Kohle, Getreide) sowie Sekundärrohstoffen (rezyklierte/wiederaufbereitete Materialien) für die Wiederverwendung in einem neuen Wertschöpfungskreislauf (siehe 4.4.1 «Kreislaufwirtschaft basierend auf Cradle to Cradle», S. 117).
2. **Zulieferindustrie:** Verarbeitung von Rohmaterialien, Teilen und Baugruppen.
3. **Investitionsgüterindustrie:** Entwicklung und Herstellung von Investitionsgütern (z. B. Maschinen, Computer), welche während ihrer Nutzungszeit zur Erzeugung neuer Konsum- oder Investitionsgüter eingesetzt werden.
4. **Konsumgüterindustrie:** Entwicklung und Herstellung von Konsumgütern (z. B. Bekleidung, Lebensmittel), welche der direkten Bedürfnisbefriedigung dienen und für den Gebrauch oder Verbrauch (siehe 1.2.4 «Güter», S. 32) bestimmt sind.

Das wesentliche Merkmal industrieller Unternehmen ist eine identische Reproduzierbarkeit der Produkte, deren Herstellung auf klaren technischen Spezifikationen wie zum Beispiel Stücklisten, Rezepturen, Konstruktionszeichnungen, Arbeits- oder Operationsplänen beruhen. Ein weiteres Charakteristikum ist die Lagerbarkeit der erzeugten Sachgüter, das heisst die Trennung von Produktion und Konsum, wodurch eine (internationale) Handelbarkeit der Produkte möglich wird. Das gilt auch für technische Dienstleister, wie beispielsweise die Informatik- und Telekommunikationsbranche.

Obwohl in den 1970er Jahren in den westlichen Ländern der industrielle Sektor seinen Spitzenplatz in Sachen Beschäftigung an den Dienstleistungssektor abgegeben hat, ist die industrielle Wertschöpfung weiterhin essenziell für die einzelnen Volkswirtschaften. Dies nicht zuletzt aufgrund der bezüglich Wertschöpfung starken Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Sektoren. Im Weiteren kann eine zunehmende Verlagerung Richtung hochwertige Güter und industrielle Dienstleistungen (Engineering/F&E, Steuerung Zulieferketten bzw. Wertschöpfungsnetzwerke, Vermarktung, Services) festgestellt werden.¹

¹ So hat beispielsweise die Schweiz im OECD-Vergleich 2011 den dritthöchsten Anteil von qualifizierten Dienstleistungen in der Industrie. Zudem ist die Schweiz gemäss dem «WEF Global Competitiveness Report 2011–2012», gemessen an der Industrieproduktion pro Kopf, das am stärksten industrialisierte Land der Welt. Dies ist einerseits auf die starke Deindustrialisierung der anderen westlichen OECD-Länder zurückzuführen sowie andererseits auf die guten Rahmenbedingungen (duale Berufsbildung, flexibler Arbeitsmarkt, Innovationsfähigkeit, politische Stabilität) des Werkplatzes Schweiz.