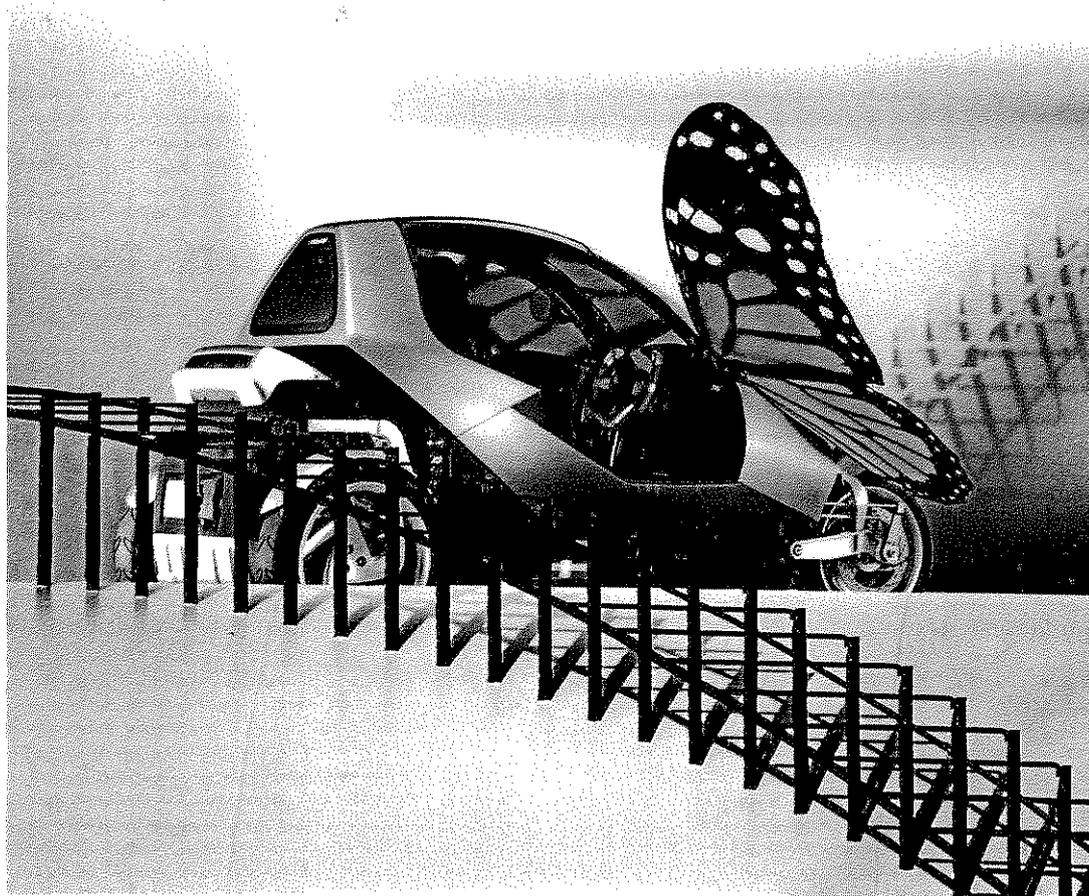


Herausgegeben von  
Hans Peter Degischer und Sigrid Lüftl

 WILEY-VCH

# Leichtbau

Prinzipien, Werkstoffauswahl und Fertigungsvarianten



**Die Herausgeber**

**Hans Peter Degischer**

Technische Universität Wien  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
und Werkstofftechnologie  
Karlsplatz 13/E308  
1040 Wien  
Österreich

**Sigrid Lüftl**

Technische Universität Wien  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
und Werkstofftechnologie  
Nichtmetallische Werkstoffe  
Favoritenstraße 9–11/E308  
1040 Wien  
Österreich

■ Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

**Bibliografische Information**

**Der Deutschen Nationalbibliothek**

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

© 2009 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Printed in the Federal Republic of Germany  
Gedruckt auf säurefreiem Papier

**Satz** le-tex publishing services GmbH, Leipzig  
**Druck** Strauss GmbH, Mörlenbach  
**Bindung** Litges & Dopf GmbH, Heppenheim

ISBN 978-3-527-32372-2

I  
1.1  
1.1.1  
1.1.2  
1.1.3  
1.1.4  
1.1.5  
1.1.6  
1.2  
1.2.1  
1.2.2  
1.2.3  
1.2.4  
1.2.5  
1.2.6  
1.3  
1.3.1  
1.3.2  
1.3.3  
1.3.4  
1.3.5  
1.3.6

Leichtbau.  
Copyright  
ISBN: 978

## Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Einleitung XI

Autorenverzeichnis XV

Abkürzungen XVII

<b>1</b>	<b>Leichtbauprinzipien</b>	<b>1</b>
1.1	Vorbild Natur	1
	<i>Helga Lichtenegger</i>	
1.1.1	Einleitung	1
1.1.2	Materialersparnis durch Hohlräume	2
1.1.3	Organische Fasern und Faserverbunde	5
1.1.4	Hierarchischer Aufbau	8
1.1.5	Funktionsgerechtes Wachstum und Anpassung	10
1.1.6	Ausblick für technische Konstruktionen	12
1.2	Berechnungs- und Design-Konzepte für den Leichtbau	14
	<i>Franz Rammerstorfer und Thomas Daxner</i>	
1.2.1	Einleitung	14
1.2.2	Einige Leichtbau-Berechnungsmethoden	15
1.2.3	Stabilitätsverlust – Knicken, Kippen, Beulen, Durchschlagen	20
1.2.4	Sandwich- und Laminat-Strukturen	33
1.2.5	Leichtbau-Konstruktionsprinzipien	37
1.2.6	Optimierung als Leichtbau-Konzept	43
1.3	Bauteilversagen	49
	<i>Wilfried Eichlseder</i>	
1.3.1	Einleitung	49
1.3.2	Ermüdungsvorgang	50
1.3.3	Nennspannung und tatsächliche Spannung	51
1.3.4	Werkstoffverhalten und Bemessungskenngrößen	54
1.3.5	Vergleichsspannungshypothesen	58
1.3.6	Beanspruchungs-Zeit-Verläufe	60

den sorgfältig  
 n Autoren,  
 em Fall,  
 Werkes, für die  
 rissen und  
 : Druckfehler

ek  
 k verzeichnet  
 hen National-  
 afische Daten

nbH & Co. KGaA,

der Übersetzung  
 ten. Kein Teil  
 iliche Genehmi-  
 der Form – durch  
 oder irgendein  
 ert oder in eine  
 e von Datenver-  
 mbare Sprache  
 erden. Die Wieder-  
 gen. Handelsnamen  
 n in diesem Buch  
 nahme, dass diese  
 zt werden dürfen.  
 ch dann um einge-  
 er sonstige gesetzlich  
 handeln, wenn sie  
 rkiert sind.

public of Germany  
 n Paper

ervices GmbH, Leipzig  
 Mittenbach  
 GmbH, Heppenheim

1.3.7	Betriebsfestigkeit-Lebensdauerberechnung	64	3.1.4	Eig
1.3.8	Wöhlerlinien durch Simulation	69	3.1.5	Ko:
1.3.9	Schlussfolgerungen und Ausblick	73	3.1.6	De
			3.1.7	Ve
			3.1.8	En
<b>2</b>	<b>Werkstoffangebot für den Leichtbau</b>	<b>77</b>	3.2	Pe
2.1	Werkstoffe	77		H
	<i>Hans Peter Degischer</i>		3.2.1	Ei
2.1.1	Einleitung	77	3.2.2	Pl
2.1.2	Werkstoffkategorien	80	3.2.3	P
2.1.3	Elastizitätseigenschaften	83	3.2.4	A
2.1.4	Festigkeit und plastische Verformung	88	3.3	U
2.1.5	Einfluss erhöhter Temperatur	94		E
2.1.6	Werkstoffschädigung und Bruch	97	3.3.1	E
2.1.7	Umgebungsbedingte Schädigungen	101	3.3.2	F
2.1.8	Zusammenfassung und Ausblick	103		I
2.2	Polymermatrix-Verbundwerkstoffe	105	3.3.3	U
	<i>Isabella Skrna-Jakl</i>			c
2.2.1	Einleitung	106	3.3.4	l
2.2.2	Materialaufbau	106	3.3.5	:
2.2.3	Fasermaterialien	107	3.3.6	:
2.2.4	Polymermatrix-Materialien	114	3.3.7	:
2.2.5	Materialparameter	120	3.3.8	:
2.2.6	Faser-Halbzeuge, Faser-Matrix-Halbzeuge und Stützstoffe	122	3.3.9	:
2.2.7	Materialverhalten	131		4
2.2.8	Schlussfolgerungen	137		4.1
2.3	Werkstoffauswahl	138		4.1.1
	<i>Cecilia Poletti und Hans Peter Degischer</i>			4.1.2
2.3.1	Einleitung	139		4.1.3
2.3.2	Werkstoffauswahl im Rahmen der Produktentwicklung	140		4.1.4
2.3.3	Materialeffizienz	142		4.1.5
2.3.4	Methodologie	144		4.1.6
2.3.5	Steifigkeit und Masse	145		4.1.7
2.3.6	Geometrie	154		4.2
2.3.7	Beispiel der Werkstoffauswahl für einen Fahrradrahmen	157		4.2.1
2.3.8	Beispiel multipler Anforderungen eines Otto-Motors	163		4.2.2
2.3.9	Zusammenfassung und Ausblick	171		4.2.3
<b>3</b>	<b>Fertigungstechnischer Leichtbau</b>	<b>173</b>		
3.1	Gießtechnik	173		
	<i>Leopold Kniewallner</i>			
3.1.1	Einleitung	173		
3.1.2	Formgieß-Verfahren	174		
3.1.3	Werkstoffgruppen für Gusskomponenten	179		

- 3.1.4 Eigenschaften von Gusslegierungen 183
- 3.1.5 Konstruktionsrichtlinien für Gussteile 184
- 3.1.6 Defekte in Gussteilen 187
- 3.1.7 Verbindungstechniken und Mischbauweisen mit Gussteilen 189
- 3.1.8 Entwicklungsbedarf und Ausblick 190
- 3.2 Pulvermetallurgische Leichtbauprodukte : 191  
*Herbert Danninger*
- 3.2.1 Einführung – Pulvermetallurgie (PM) 192
- 3.2.2 PM-Aluminium 195
- 3.2.3 PM-Titanwerkstoffe 209
- 3.2.4 Ausblick 210
- 3.3 Umformtechnischer Leichtbau 214  
*Bruno Buchmayr*
- 3.3.1 Einleitung 214
- 3.3.2 Herausforderungen an die Umformtechnik durch den stofflichen Leichtbau 215
- 3.3.3 Umformtechnische Umsetzung der konstruktiven Leichtbauprinzipien 217
- 3.3.4 Umformtechnischer Leichtbau ausgehend von Feinblech 219
- 3.3.5 Lokale Blechverstärkungskonzepte 223
- 3.3.6 Rohrbasierte Konzepte 226
- 3.3.7 Leichtbau im Bereich der Massivumformung 232
- 3.3.8 Numerische Simulation zur Verfahrens- und Produktoptimierung 240
- 3.3.9 Zusammenfassung und Ausblick 242
- 4 Bauteilfertigung 247**
- 4.1 Bauteilfertigung – Polymermatrix-Verbundwerkstoffe 247  
*Wolfgang Billinger*
- 4.1.1 Einleitung 247
- 4.1.2 Formwerkzeug 248
- 4.1.3 Laminataufbau 251
- 4.1.4 Aushärten 263
- 4.1.5 Qualitätskontrolle 266
- 4.1.6 Zusammenbau 268
- 4.1.7 Zusammenfassung und Ausblick 270
- 4.2 Mischbauweisen und Multimaterialkomponenten 271  
*Ulf Noster*
- 4.2.1 Einleitung 271
- 4.2.2 Einsatzbeispiele und Anforderungen 272
- 4.2.3 Zusammenfassung 277

<b>5</b>	<b>Rezyklierbarkeit</b>	279	6.3	Das And
5.1	Rezyklieren metallischer Werkstoffe	279	6.3.1	Einl
	<i>Michael Kettner und Hans Peter Degischer</i>		6.3.2	Anf
5.1.1	Einleitung	279	6.3.3	Wiel
5.1.2	Produktlebenszyklus	280	6.3.4	Entv
5.1.3	Primärmetalle und Sekundärlegierungen	283	6.3.5	Spez
5.1.4	Verwertung von metallischen Rest- und Altstoffen	285	6.3.6	Entv
5.1.5	Aluminium und Magnesium spezifische Situation	290		
5.1.6	Kreislaufwirtschaft	296	6.4	Fase Wolf
5.1.7	Schlussfolgerungen	299	6.4.1	Einl
5.2	Rezyklieren von unverstärkten und faserverstärkten Kunststoffen	301	6.4.2	Stru
	<i>Vasiliki-Maria Archodoulaki</i>		6.4.3	Triel
5.2.1	Stoffströme, gesetzliche Rahmenbedingungen	302	6.4.4	Inne
5.2.2	Verwertung von Kunststoffabfällen	303	6.4.5	Zusa
5.2.3	Rezyklieren von Faserverbundwerkstoffen	304		
5.2.4	Rezyklieren von Polyurethanen	313	<b>7</b>	<b>Inno</b> <i>Adol</i>
5.2.5	Ausblick	313	7.1	Innc
<b>6</b>	<b>Bauteilbeispiele aus dem Transport</b>	317	7.1.1	Innc Man
6.1	Sportwagenprototyp „Concept MILA“	317	7.1.2	Wett
	<i>Bruno Götzinger</i>		7.2	Die l
6.1.1	Einleitung	317	7.3	Die Inno
6.1.2	Vision	318	7.4	Wirt
6.1.3	Virtuelle Evolution	319	7.4.1	Diffi
6.1.4	Antriebskonzept	321	7.4.2	Der l
6.1.5	Modularer Spaceframe	322	7.4.3	Die (
6.1.6	Werkstoffauswahl und Einsatz	324	7.4.4	Die l
6.1.7	Basisstruktur des Konzepts	325		
6.1.8	Ausblick	326		
6.2	Prototypfahrzeug „CLEVER“	327		
	<i>Richard Kretz</i>			
6.2.1	Einleitung	328		
6.2.2	Historische Entwicklung und Stand der Technik	329		
6.2.3	Auswahl der Bauweise für CLEVER	332		
6.2.4	Package und Design	335		
6.2.5	Bearbeitung der Profile und Zusammenbau der Spaceframes	335		
6.2.6	Weitere Arbeiten der Partner	337		
6.2.7	Technische Daten des CLEVER Fahrzeugs	338		

6.3	Das „R2R“ Motorrad	340
	<i>Andreas Bilek</i>	
6.3.1	Einleitung	340
6.3.2	Anforderungen und Produkte	341
6.3.3	Wichtige Kenngrößen	342
6.3.4	Entwicklungsziele	343
6.3.5	Spezielle Ausführungen	345
6.3.6	Entwicklungsbedarf und Ausblick	349
6.4	Faserverstärkte Polymere im Flugzeugbau	350
	<i>Wolfgang Billinger</i>	
6.4.1	Einleitung	350
6.4.2	Strukturelle Komponenten	351
6.4.3	Triebwerkskomponenten	357
6.4.4	Innenraumkomponenten	358
6.4.5	Zusammenfassung und Ausblick	359
<b>7</b>	<b>Innovation und Innovationsmanagement</b>	<b>361</b>
	<i>Adolf Stepan and Beate Edl</i>	
7.1	Innovation	361
7.1.1	Innovation und Verantwortung für Innovationen als zentrale Managementaufgabe	362
7.1.2	Wettbewerb und Innovationsprozesse	364
7.2	Die Erfolgsfaktorenforschung und ihre Ergebnisse	366
7.3	Die Rolle der Selektionsumgebung und managementorientierte Innovationskonzepte	369
7.4	Wirtschaftlichkeitsüberlegungen	374
7.4.1	Diffusion von Innovation	374
7.4.2	Der Produktlebenszyklus	376
7.4.3	Die Conjoint-Analyse	377
7.4.4	Die Lernkurven	378
	<b>Register</b>	<b>385</b>

## 7 Innovation und Innovationsmanagement

*Adolf Stepan and Beate Edl*

### Kurzfassung

Seit den Arbeiten von Schumpeter über das Phänomen Innovation, ist das Interesse an Innovationen, dem damit einhergehenden Innovationsprozess und den Möglichkeiten diesen zu managen stetig gestiegen. Erfolgreiches Innovieren kann auf verschiedenste Weise stattfinden: Was wird innoviert – Produkte vs. Prozesse? Woher kommt der Anstoß zur Innovation – supply-push vs. demand-pull? Handelt es sich um eine radikale oder eine inkrementelle Innovation?

Im folgenden Kapitel soll die Entwicklung von Innovation im Kontext der Selektionsumgebung – dem Umfeld in der sich die Innovation entwickelt – besprochen werden. Des Weiteren wie sich verschiedene Anreizsysteme (Förderungen, Patente) auf die Innovationsfähigkeit von Unternehmungen auswirken sowie die Betrachtung von Innovationen in Bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit. Wie eine Innovation am Markt reüssiert, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Einige methodische Hinweise, die beim Managen von Innovationen zur Anwendung gelangen und für eine rasche Diffusion förderlich sind, wie Produktlebenszyklus, Conjoint-Analysen, Lernkurven etc. werden erläutert. Letztendlich findet Innovation aber immer in der Praxis statt – learning by doing kann durch nichts ersetzt werden, aber effizienter verlaufen, wenn man Hintergründe kennt und sich die Erfahrung Dritter, die in Theorie und Fallstudien enthalten ist, zu nutzen weiß.

### 7.1 Innovation

Für die effektive Gestaltung des Innovationsprozesses ist ein tieferes Verständnis zentraler Phänomene des Prozesses erforderlich. Nur so erkennt man, was und wie etwas managebar ist, wo Führung eingreifen kann und wie hoch der zu erwartende Aufwand für eine Innovation ist. Entscheidend ist, woher das auslösende Signal für eine Innovation kommt – von Ergebnissen der Grundlagenforschung, die nur eine kleine Gruppe von Spezialisten kennt und versteht, bis zu Forderun-

gen vom Markt für längst fällige Verbesserungen, reicht hier die Palette. Innovationen im Leichtbau werden einerseits vom Marktbedarf (Verminderung der Betriebsenergie), andererseits von gesellschaftlichen Gesichtspunkten (Ökologie, Energieverbrauch) stimuliert, treten aber auch als technology-push durch neue Werkstoffe, neue Herstellungsverfahren und neue Konstruktionsmöglichkeiten auf. Von großer Relevanz ist weiter, wie die Umgebung, die die Innovation aufnehmen und befördern soll – die Selektionsumgebung – aussieht, gestaltet und mit für die Diffusion der Innovation maßgeblichen Informationen versorgt werden kann. Innovation als Managementaufgabe ist ein relativ junges Forschungsgebiet, das sich aus der Innovationstheorie herausgebildet hat und dessen moderner Ursprung mit dem von Schumpeter entworfenen Entrepreneurship-Paradigma beginnt [1, 2]. In Anlehnung an dieses Paradigma verstehen wir auch heute unter Innovation eine bisher noch nie da gewesene qualitative und/oder quantitative Kombination von Inputfaktoren, die neue und verbesserte Wertschöpfungsmöglichkeiten für die Wirtschaft bietet und sich letztlich aus dem Umsatzprozess<sup>1)</sup> vollständig finanzieren muss [3].

Innovieren ist heute eine *conditio sine qua non* für die Wirtschaft und dementsprechend ist in Analogie zur „Sorgfalt des ordentlichen Kaufmannes“ von einer Verantwortung des Managements für den Innovationsprozess zu sprechen. Abschnitt 7.1 geht daher auf das Innovationsparadigma und auf die unterschiedlichen Rahmenbedingungen ein. In Abschnitt 7.2 werden Faktoren, die für ein erfolgreiches Innovieren in Unternehmen wichtig sind, besprochen. Typen von Innovationen und die Selektionsumgebung werden in Abschnitt 7.3 dargestellt und diskutiert und in Abschnitt 7.4 werden schließlich methodische Ansätze zur Bewertung von Innovationen und zur Gestaltung des Innovationsmanagements aufgezeigt.

#### 7.1.1

##### Innovation und Verantwortung für Innovationen als zentrale Managementaufgabe

Mit den bahnbrechenden Arbeiten von Schumpeter über den dynamischen Charakter der Wirtschaft hat die Jagd nach dem Erfolgsindikator Nummer 1, der erfolgreichen Innovation, bewusst begonnen. Dabei mutet es wie ein Widerspruch in sich an, wenn man versucht Kreativität zu zähmen und nachzuvollziehen, wie Schumpeter den Innovator sieht. Er ist nicht notwendigerweise der Erfinder oder der Eigentümer einer Unternehmung, aber ein unruhiger Geist, der immer nach Verbesserungen Ausschau hält, neue Faktorenkombinationen, neue Anwendungen und neue Märkte sucht, Freude am Umsetzen von Ideen, am Gestalten und am Lösen von Problemen hat und paradoxerweise nicht in erster Linie am Profit interessiert ist. Mit anderen Worten ist er ein Entrepreneur, der durch konstruktive Destruktion (*creative destruction*) [4] zum Erfolg kommt. Mit dieser mystischen Beschreibung kann man natürlich keine dynamische Wirtschaftstheorie begrün-

1) Umsatzprozess ist hier sehr weit zu verstehen, wenn Innovationen im Bereich der staatlich gemanagten Infrastruktur betrachtet

werden (z. B. im Gesundheitswesen, wo Innovationen über regulierte Tarife und Steuern finanziert werden).

den, ges  
ten.

Schui  
novatio  
bis heu  
Er ist a  
aus Eige  
tem gef  
prozess  
– den E  
auch Mi  
nanzier  
auch Fr

Die V  
und nic  
derunge  
nahmer  
ganisati  
kert. Es  
nisiatio

Die b  
als Schl

(a) I

(b) I

t

(c) I

ε

Neue R  
brauchs  
ter falle  
Organis  
oder Ze

Aus S  
Finanzi  
zuminde  
strukturu  
von star

Heute  
zwar th  
sequenz  
den and  
neuen I  
und Ko  
neuer S

den, geschweige denn daran denken, managebare Innovationsprozesse zu gestalten.

Schumpeter ist jedoch auch der Erste, der Gestaltungsempfehlungen für den Innovationsprozess in Form von Suchfeldern und Rahmenbedingungen angibt, die bis heute die Sprache, in der über Innovation gesprochen wird, geprägt haben. Er ist außerdem der Erste, der sehr deutlich klar macht, dass die Finanzierung aus Eigenkapital künftig unzureichend sein wird und dass auch das Bankensystem gefordert ist, mit Krediten einen Beitrag zur Finanzierung des Innovationsprozesses zu leisten. Damit hat Schumpeter die Innovation und den Unternehmer – den Entrepreneur – zweifach vom Eigentümerdenken gelöst. Erstens können auch Manager Entrepreneure und damit Innovatoren sein und zweitens ist die Finanzierung nicht mehr an Eigenkapital gebunden, sondern umfasst zwangsläufig auch Fremdkapital [5] und heute auch staatliche Förderungen.

Die Verantwortung für den Innovationsprozess wurde ursprünglich individuell und nicht systematisch wahrgenommen; heute übernimmt auch der Staat für Förderungen und die Gestaltung von Rahmenbedingungen und Infrastrukturmaßnahmen Verantwortung. Im Kanon der modernen Organisationstheorie und Organisationsentwicklung ist Verantwortung für den Innovationsprozess fest verankert. Es obliegt der Unternehmensführung, dem Innovationsprozess in der Organisation angemessenen Raum zu geben [6].

Die berühmten Schumpeter'schen Suchfelder – deren Benennung heute noch als Schlagworte ubiquitär sind – waren:

- (a) Produktinnovationen: Produkte, die es so noch nicht gegeben hat.
- (b) Prozessinnovationen: Prozesse, die bisher noch nicht ausgeführt bzw. getestet wurden.
- (c) Marktinnovationen: Damit ist das Erschließen neuer Märkte, Anwendungen und Vermarktungsformen gemeint.

Neue Rohstoffe und Vorprodukte: Inputs, die noch nicht entdeckt oder deren Gebrauchsfähigkeit noch nicht entdeckt waren oder erst geschaffen wurden. Hierunter fallen ganz besonders neue Werkstoffe.

Organisationale Innovationen und neue Wettbewerbsstrategien, wie das Schaffen oder Zerstören eines Monopols.

Aus Schumpeters Sicht wären heute noch Finanzmärkte mit neuen Formen der Finanzierung des Absatzes einzubeziehen. Auch wurde von Schumpeter nicht – zumindest nicht explizit – die Bedeutung von staatlichen Investitionen in die Infrastruktur (Verkehr, Kommunikation, etc.) erwähnt, obwohl er kein strikter Gegner von staatlichen Interventionen in das Wirtschaftsgeschehen war.

Heute erkennen wir, dass Schumpeters Suchfelder überschneidend sind, was zwar theoretisch nicht befriedigend ist, aber für die praktische Arbeit kaum Konsequenzen hat. Was für den einen (Anbieter) eine Produktinnovation ist, kann für den anderen (Käufer) eine Prozessinnovation sein. Ähnlich verhält es sich auch mit neuen Materialien, der Durchdringung aller Geschäftsbereiche mit Informations- und Kommunikationstechnologien sowie mit der Entdeckung neuer Märkte und neuer Strategien. Werkstoffbezogene Innovationen werden über unterschiedliche

technologische Ansätze erreicht: Durch die Entwicklung neuer Materialien, im Allgemeinen verbunden mit neuen Herstellungstechnologien (z. B. LD-Stahlherstellung). Neue Formgebungen ermöglichen nicht nur neue Produkte (z. B. Spaceframe-Technologie), sondern auch Werkstoffsubstitutionen (Al-Gussteile statt Guss-eisen). Selbst unter Beibehaltung des Werkstoffs sind durch die neuen Konstruktionsmöglichkeiten (Gestaltungsoptimierungen) Innovationen möglich. Alle in den Innovationsprozess involvierten Personen sind gefordert, die zunehmende Auswahl an technologischen Möglichkeiten zu erkennen und systematisch auf die Markttauglichkeit zu evaluieren. Reuter [7] stellt Methoden für die Werkstoffauswahl für den Maschinenbau zusammen.

Aus Punkt (c), dem kreativen Organisieren des Wettbewerbsauftritts von Unternehmungen und der Strategiefindung, kann man auch eine bemerkenswerte weitere Aufteilung der Verantwortung für den Innovationsprozess sehen. Haben wir bisher von einer Teilung der Verantwortung für Innovationen zwischen Eigentümer und Manager gesprochen, so kommt noch vielfach der Consultant dazu: Viele Unternehmungen delegieren die Verantwortung für die Strategiefindung heutzutage an möglichst renommierte Berater. Dahinter steckt in vielen Fällen ein nicht unproblematisches Rechtfertigungsdenken des verantwortlichen Managements, eine Scheu, die Verantwortung für einschneidende Veränderungen im Produktionsprogramm oder in den Produktionsprozessen selbst zu tragen oder schlicht und einfach zu wenig Kapazität, um eine Strategie selbst zu entwickeln. Problematisch ist dies nicht nur wegen der hohen Kosten für renommierte externe Berater, sondern auch wegen der oft „gebrandeten“ Einheitsstrategie, die hier modulartig top-down über das zu beratende Unternehmen oder den zu verändernden Geschäftsbereich gestülpt wird.

Resümee aus dem Schumpeter'schen Entrepreneurship-Paradigma aus heutiger Sicht: Schumpeter hat mit seiner dynamischen Sicht des Wirtschaftsprozesses unser Verständnis für die Wirtschaft radikal verändert sowie Denkmuster und die Terminologie geprägt. Die Innovationstheorie ist heute ein, wenn nicht das zentrale Fach der Wirtschaftstheorie. Die konsequente Kontrolle von Input, Throughput und Output ist eine wichtige Quelle für Innovationen. Bezeichnungen wie Produkt- und Prozessinnovationen sind fester Bestandteil der Wirtschaftssprache, ebenso wie die creative destruction, wie Schumpeter den Innovationsprozess später so treffend zusammenfassend charakterisierte.

### 7.1.2

#### Wettbewerb und Innovationsprozesse

In den 1960er und 1970er Jahren haben sich in Europa die Märkte grundlegend verändert. Aus den Märkten der Nachkriegswirtschaft, auf denen von Investitionsgütern bis zu Konsumgütern alles knapp war, wurde eine Wettbewerbswirtschaft, in der die Nachfrager die Macht übernahmen. Innovationen waren gefragt, um auf zunehmend internationalisierten Märkten reüssieren zu können. Das Thema Innovation wurde immer bedeutender. Auf den Nachkriegsmärkten waren produktivitätssteigernde Innovationen zur Versorgungssicherung und zum Aufbau

der Indust  
herausrag  
chen Zeits  
ren weltbe  
Auswirkun  
tivität des  
den USA i  
die Stahlbr  
Hearings)  
die drei gr  
werke, das  
USA war e  
bezeichnet

Für Mar  
verstehen.  
benenfalls  
gen und di  
es entstan  
schaft Mit  
die Unterr  
betreiben.  
Institutor  
unter Ums  
nicht erfol  
ne zu spät  
dass man  
Gebiet zu  
nur als Hi  
instrumen  
Investitor  
tungsmög  
formen de  
wobei aus

2) "... the f  
a produc  
Our basi  
at the rat  
On a tric  
per hour'  
the three  
- the Bee  
hearth), i  
not the p  
genius n  
research  
was deve  
perfected

der Industrie gefragt. Besonders Stahl spielte damals in der Weltwirtschaft eine herausragende Rolle. In einer der weltweit führenden wirtschaftswissenschaftlichen Zeitschriften erschien 1966 ein Artikel, der Österreich und das LD-Verfahren weltberühmt machte. In diesem Artikel wird die Innovation LD-Stahl und die Auswirkungen dieser Innovation auf den US-Stahlmarkt analysiert. Die Produktivität des in Österreich patentierten LD-Verfahrens war 4-mal so hoch als die in den USA installierten open-hearth Prozesse. Obschon in den späten 1950er Jahren die Stahlbranche der USA mit peinlichen, öffentlichen Untersuchungen (Kefauver Hearings) konfrontiert war, dauerte es bis in die Mitte der 1960er Jahre, bis auch die drei großen, den Markt mit mehr als 50% der Kapazität dominierenden Stahlwerke, das Verfahren übernommen hatten. Der Verlust für die Volkswirtschaft der USA war enorm – in der Literatur wurde das Ausmaß dieser Ignoranz als kriminell bezeichnet<sup>2)</sup>

Für Manager von Innovationen ist es nicht unerheblich, die Rolle des Staats zu verstehen. Einmal, um zu erkennen warum gefördert wird und weiter, um gegebenenfalls effizientes Lobbying betreiben zu können. Weltweit wurden Regierungen und die Wirtschaftspolitik der Bedeutung des Themas Innovation gewahr und es entstanden unzählige nationale Förderinstitutionen, um der heimischen Wirtschaft Mittel zum Innovieren zuzuführen und Rahmenbedingungen zu schaffen, die Unternehmungen ermutigen sollten, das riskante Geschäft des Innovierens zu betreiben. Die Verantwortung, die der Staat und zunehmend auch supranationale Institutionen wie die EU hier übernehmen, besteht darin, dass Unternehmungen unter Umständen zu (geförderten) Innovationen verleitet werden, die sich dann als nicht erfolgreich herausstellten. Ursache dafür kann eine zu geringe Förderung, eine zu späte Förderung oder das Setzen falscher Anreize sein. Grundsätzlich gilt, dass man sich niemals von einer Förderung dazu verleiten lassen darf auf einem Gebiet zu investieren, von dem man nicht überzeugt ist. Was gefördert wird, darf nur als Hinweis für interessante Forschungsfelder gelten. Die Palette der Förderinstrumente ist sehr breit: Sie erstreckt sich von direkten Projektförderungen über Investitionszuschüsse bis hin zur indirekten Förderung durch steuerliche Gestaltungsmöglichkeiten. Staatliche Interventionen laufen heute in Europa über Plattformen der EU. Das Thema Innovation and Growth wird von der EU<sup>3)</sup> forciert, wobei aus wissenschaftlicher Sicht das Henne-Ei Problem noch nicht eindeutig

2) "... the best open hearth practice results in a production rate of 39 to 40 tons per hour. Our basic oxygen furnaces have produced at the rate of 106 tons per hour this month. On a trick heat basis we have hit 160 tons per hour". Und weiter: "It is noteworthy that the three mayor revolutions in steelmaking – the Bessemer, Siemens Martin (open hearth), and basic oxygen processes – were not the product of American inventive genius nor the output of giant corporate research laboratories. The oxygen process was developed in continental Europe and perfected by the employees of a nationalized

enterprise, in a war-ravaged country, with a total steel ingot capacity of about 1 million tons – by a firm that was less than one – third the size of a single plant of the United Steel Corporation." Die Firma, von der hier die Rede ist war die VOEST.

3) So wurde zu Beginn der turnusmäßigen Präsidentschaft Frankreichs 2008 eine große Konferenz zum Thema „Knowledge for Growth: European Strategies in Global Economy“ veranstaltet und Themen zum Zusammenhang von Innovation und Wachstum, Innovation und globale Netzwerke etc. vorrangig behandelt [8–10].

lien, im All-  
stahlherstel-  
B. Spacefra-  
statt Guss-  
Konstruktio-  
Alle in den  
nende Aus-  
sch auf die  
erkstoffaus-  
ts von Un-  
rkenswerte  
nen. Haben  
wischen Ei-  
sultant da-  
gegiefindung  
elen Fällen  
chen Mana-  
rungen im  
ragen oder  
entwickeln.  
erte externe  
lie hier mo-  
ändernden  
aus heuti-  
tsprozesses  
ter und die  
ht das zen-  
t, Through-  
ungen wie  
ftssprache,  
rozess spä-

undlegend  
investitions-  
wirtschaft,  
gefragt, um  
Das Thema  
waren pro-  
im Aufbau

gelöst ist: Folgt das Wachstum der Innovation oder bringt Wachstum Innovationen hervor? Das Problem ist insofern nicht trivial, als kostspielige Mitnahmeeffekte damit verbunden sind. Erfolgreiche, kompetente Unternehmungen würden auch ohne Förderung innovieren (d. h. man könnte die dort konsumierten Mittel einer anderen Verwendung zuführen oder sparen) und bei Unternehmungen, die nur innovieren, weil gefördert wird, stellt sich die Kompetenzfrage (Sind die Mittel dort richtig angelegt?). Sinnvoll ist Förderung nur dann, wenn ein offensichtliches Risiko, wie bei innovativen Gründungen und Gründungen aus Ergebnissen der Grundlagenforschung, die a priori nicht mit einer freundlichen, d. h. aufgeklärten Selektionsumgebung rechnen können, vorhanden ist. Ähnliches gilt für die Innovationspolitik in Konzernen und die Verteilung von Forschungsbudgets in großen Unternehmungen. Ein sehr erfolgreicher Manager-Entrepreneur der deutschen Automobilindustrie favorisiert ein Modell, das es Abteilungsleitern erlaubt, ca. 15% ihres Budgets spontan, d. h. ohne Investitions- oder Projektanträge zu verwenden, um plötzlich auftauchende Ideen rasch auszuprobieren und konkret zu testen. 20% wären zuviel, 10% zu wenig, 15% sind gerade der richtige Anreiz für innerbetriebliche Entrepreneure. Auch hier liegt eine Form der indirekten Förderung vor, allerdings auf einer privaten Konzernebene.

Zur Identifikation der Beurteilung lohnender künftiger Forschungsfelder gibt es nur wenige systematische Ansätze. Einer davon ist Technologie-Monitoring und umfasst methodische Auswertungen der Literatur und Datenbanken (Technologie-Entwicklungsmonitoring), Wettbewerbsbeobachtung (Technologie-Politikmonitoring), Überprüfung des eigenen Wissens und der Kapazitäten, die zur Umsetzung im Vergleich zu Wettbewerbern zur Verfügung stehen (Technologie-Strukturmonitoring) und einen Prozess zur Generierung von strategischen Optionen. Ein derartiges Monitoring ist vor allem für nationale und supranationale Organisationen, aber auch für große Unternehmungen sinnvoll [11].

Zusammenfassend kann zur Rolle der nationalen und supranationalen Förderungen oder Innovationssysteme gesagt werden, dass Projektförderungen fast immer zu „me too“ Innovationen führen und indirekte Förderungen, die innovierenden Unternehmungen mehr Freiheiten lassen, zu bevorzugen sind. In jedem Fall sind aber Investitionen in die Knowledge-Infrastruktur von Unternehmungen und eines Staats sinnvoll. Dies umfasst einerseits Investitionen in alle Stufen des Bildungssystems und andererseits leistbare und steuerlich geförderte Fortbildung der Humanressourcen.

## 7.2

### Die Erfolgsfaktorenforschung und ihre Ergebnisse

Die Entmystifizierung des Innovationsprozesses hat mit Schumpeter begonnen und setzt sich heute mit Corporate Entrepreneurship fort. Innovieren wird als zentrale Funktion der Unternehmung gesehen, die in Organisation und Organisationsentwicklung zu berücksichtigen ist. Die Erfolgsfaktorenforschung leistet hierzu wichtige Beiträge [12–14].

Die Innovat  
gische Aufgab  
beschrieben w  
möglichst kon  
Routinen gena  
licher Geschw

Es sind dies

1. Konfigur
2. Lernen,
3. Rekonfig

zu (1) Konfigu  
**operativ** In  
**strategisch** In  
Während die  
definierten Pr  
nen, die als Pr  
passen. Dazu  
die methodisc  
satz [15].

zu (2) Lernen  
legt: internes  
ne Kommuni  
und anderen  
tenmärkten g  
tretenden We  
Manager aus  
gen erhoben:  
die genaue K  
herrschaft d  
vationen soll  
garantieren sich

zu (3) Rekon  
Rückkoppelu  
fördert und z  
Umwelt der U  
Besonders  
ternehmung.  
der Unterneh  
Grundgerüst

- 4) Wir folgen d  
N. B. Samme

Die Innovationsfähigkeit von Unternehmungen sicherzustellen, ist eine strategische Aufgabe, die am einfachsten durch den Dynamic Capability View-Ansatz beschrieben wird, der auf Teece *et al.* [14] zurückgeht. Zur Sicherstellung eines möglichst kontinuierlichen flows an Innovationen werden in die Organisation drei Routinen genannte Prozesse implementiert, die regelmäßig, aber mit unterschiedlicher Geschwindigkeit systematisch durchlaufen werden.

Es sind dies:

1. Konfiguration,
2. Lernen,
3. Rekonfiguration<sup>4)</sup>.

zu (1) Konfiguration: Diese Routinen zerfallen in zwei Subroutinen:

**operativ** Innovations-Prozessmanagement,  
**strategisch** Innovations-Portfoliomanagement.

Während die erste Routine bekannte Elemente des Projektmanagements von wohl definierten Projekten umfasst, dient die zweite Routine dem Auffinden von Optionen, die als Projekte optimal zur Ausrichtung und Ausstattung der Unternehmung passen. Dazu gehören u. U. neben Technologie-Monitoringansätzen auch Ansätze, die methodisch dem financial engineering entlehnt sind, wie der real options Ansatz [15].

zu (2) Lernen: Auch diese Routine wird zweckmäßigerweise in zwei Ströme zerlegt: internes Lernen und externes Lernen (von Kunden), wobei vor allem die interne Kommunikation und die Kommunikation mit Kunden, potenziellen lead usern und anderen Marktinstitutionen, sowohl auf Absatzmärkten als auch auf Lieferantenmärkten gemeint ist. Immerhin kommen die meisten neu in den Markt eintretenden Wettbewerber von einem dieser beiden Märkte. Ein sehr erfolgreicher Manager aus der Aluminiumindustrie hat dies zum Postulat für neue Entwicklungen erhoben: Für den Erfolg einer Neuentwicklung sind drei Säulen maßgeblich, die genaue Kenntnis des Absatzmarkts bzw. des Produkts, die vollkommene Beherrschung der Fertigungsprozesse und die intime Kenntnis des Materials. Innovationen soll man nur dort suchen, wo man sich mindestens zweier dieser Erfolgsgaranten sicher sein kann – die dritte Kompetenz kann man erarbeiten.

zu (3) Rekonfiguration: Hier ist eine Unternehmenskultur zu schaffen, die die Rückkoppelung via 2a) und 2b) auf 1a) und 1b) nicht nur erlaubt, sondern auch fördert und zu einer laufenden Anpassung der Routinen an die Kompetenz und Umwelt der Unternehmung aufruft.

Besonders hervorgehoben wird immer wieder das Innovationsklima in der Unternehmung. Hellmann [16] hat es in nachvollziehbarer Weise als Spiel zwischen der Unternehmensleitung und den kreativen MitarbeiterInnen formuliert und das Grundgerüst für die Gestaltung des Unternehmensklimas dargestellt.

4) Wir folgen dabei der Darstellung von N. B. Sammer, W. Wirtz, O. Schilke [12].

MitarbeiterInnen bekommen Aufgaben zugeteilt und werden dafür bezahlt, dass sie sich auf deren erfolgreiche Erledigung konzentrieren. Dabei kommt es vor, dass sie durch die Umgebung und Tätigkeit zu Ideen inspiriert werden, die von ihrer Haupttätigkeit abweichen. Die Reaktionen der Unternehmensleitung und die darauf folgenden Reaktionen der MitarbeiterInnen können in vier Gruppen zusammengefasst werden:

- Die Unternehmensleitung setzt Incentives und/oder zwingt die MitarbeiterInnen, sich auf die Hauptaufgabe zu konzentrieren. Dies wird umso leichter gelingen, wenn die Verwertungsrechte beim Unternehmen liegen und nicht bei den MitarbeiterInnen. Die MitarbeiterInnen geben nach – ihre Innovationen werden unterdrückt.
- Die MitarbeiterInnen und die Unternehmensleitung bleiben stur, es kommt zur Trennung und die abgespaltene Gruppe verfolgt ihre neuen Ziele, z. B. durch eine Gründung. Dies wird nur der Fall sein, wenn die MitarbeiterInnen von ihrem Erfolg oder vom (relativen) Misserfolg bei der ihnen von der Unternehmensleitung zugewiesenen Aufgabe überzeugt sind. Möglich wird dies jedoch nur dann, wenn die Unternehmung keine Verwertungsrechte an den neuen Ideen haben. Innovationen entstehen außerhalb der Unternehmung.
- Unternehmensleitung gibt nach, erlaubt den MitarbeiterInnen ihre Ideen zu verfolgen und stellt die Ressourcen bereit (Intrapreneurship-Lösung).
- Die Unternehmensleitung macht bei einer Unternehmensgründung mit und es entsteht ein Start-up (wenn MitarbeiterInnen die Verwertungsrechte besitzen) oder ein reines Spin-off Unternehmen, wenn die Verwertungsrechte bei der Unternehmung liegen.

Aus diesem Modell wird die prinzipielle Rolle der Verwertungsrechte ersichtlich. Liegen diese bei den MitarbeiterInnen und entwickeln sich die maßgeblichen Teile der Selektionsumgebung sehr vorteilhaft, werden Unternehmensgründungen zur Durchsetzung von Innovationen sehr wahrscheinlich, da diese auch die bessere berufliche Alternative für MitarbeiterInnen darstellen. Falls die Verwertungsrechte bei der Unternehmung liegen, werden Gründungen zum Durchsetzen von Innovationen deutlich gebremst. Die Unternehmung verzichtet auf eine Abweichung vom Kerngeschäft und erhofft sich aber dafür Vorteile für das Kerngeschäft. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist es daher attraktiv, die Erteilung von Verwertungsrechten für die MitarbeiterInnen zu fördern und für die Unternehmungen ist dies oft die einzige Möglichkeit, hervorragende MitarbeiterInnen zu halten.

Daraus ergeben sich interessante Fragen und Herausforderungen für die Organisation einer innovativen Unternehmung: Bottom-up Innovationen (Innovationen durch MitarbeiterInnen) sind bis zu welchem Grad erlaubt oder erwünscht? Und welche Form der Innovation? Zumeist sind es nur Verbesserungen, also inkrementelle Innovationen aus den bestehenden/zugewiesenen Aufgaben heraus (Produkte und Prozesse) oder kann es auch eine Innovation sein, die vom Core-

business zwe  
einsteigt: Wie

Patentrechte

### 7.3

#### Die Rolle der

Die Selektion  
eingeführt: “  
a trial, it be  
whether it is  
oder nutzend  
die Innovativ  
Die Organisa  
in der Regel  
to Business)  
Faktormärkte  
tion (vor-) fir  
geschaffen w  
triebs oder K  
den Wert der  
und externe -  
her dominier  
Diffusionspr  
sich für jede  
Boden [18] u  
was natürlich  
schlossen, d.  
offenen Inno  
Bedeutung. E  
gebung geno  
die Anwendu  
(untergeordn  
scheitern. Di  
nen, die vom  
hat aber auch

Die Darste  
klus über der  
reichen der S  
erwartenden

Innovation v  
Ausgehend  
nell in der n

business zwar inspiriert ist, aber von diesem wegführt? Und wenn man darauf einsteigt: Wie sind die Incentives zu gestalten?

Patentrezepte gibt es keine – jeder Fall muss einzeln behandelt werden [6].

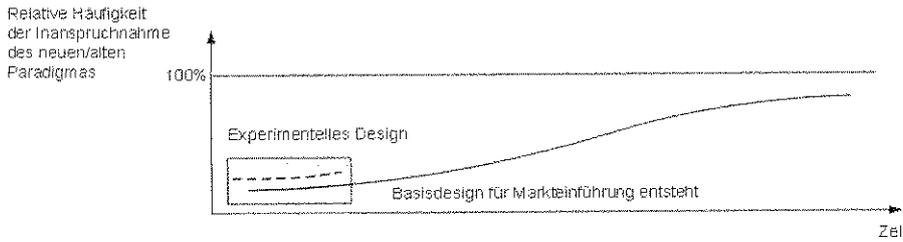
### 7.3

#### Die Rolle der Selektionsumgebung und managementorientierte Innovationskonzepte

Die Selektionsumgebung wurde in die Diskussion von Nelson und Winter [17] eingeführt: "... a necessary condition for survival of an innovation is that, after a trial, it be perceived as worthwhile by the organisations that directly determine whether it is used or not...". Dies ist für gewöhnlich der Fall, wenn die Nutzer oder nutzenden Institutionen den Wert höher einschätzen als die Kosten, die für die Innovation anfallen bzw. den Preis, der für die Innovation zu bezahlen ist. Die Organisationen, die über die Aufnahme einer Innovation entscheiden, sind in der Regel Konsumenten am point of sale, Unternehmungen in B2B (Business to Business) Märkten und die Öffentliche Hand. Wesentlich ist aber auch, ob die Faktormärkte sich auf die Produktion der Innovation einstellen, ob die Produktion (vor-) finanziert werden kann, ob eventuell Infrastrukturmaßnahmen dafür geschaffen werden und allem voran, ob die interne Selektionsumgebung des Betriebs oder Konzerns den zu erwartenden Nutzen (die zu erwartenden Erlöse) über den Wert der Kosten zu stellen vermag. In Abb. 7.3.1 sind wichtige Layer – interne und externe – der Selektionsumgebung dargestellt. Es wird die Ablösung eines bisher dominierenden Paradigmas durch eine neues dargestellt. Sie verläuft, wie viele Diffusionsprozesse S-förmig, darf aber nicht mit dem Produktlebenszyklus, der sich für jede Produktgeneration neu entwickelt, verwechselt werden. Metcalfe und Boden [18] unterscheiden zwischen interner und externer selection environment, was natürlich nur sinnvoll ist, wenn der R&D Prozess einer Unternehmung geschlossen, d. h. stark vertikal organisiert ist. Unter der Netzwerkperspektive einer offenen Innovationsumgebung [19, 20] verliert diese Unterscheidung wieder an Bedeutung. Ein Produkt wie das Auto kann längst alle Hürden der Selektionsumgebung genommen haben und ein profitables Produkt darstellen, dennoch kann die Anwendung eines neuen Materials (z. B. zelluläres Aluminium [21]) bei einigen (untergeordneten) Komponenten an der internen Selektionsumgebung (vorläufig) scheitern. Die Selektionsumgebung ist prinzipiell gestaltbar, z. B. für Innovationen, die vom Markt nicht, noch nicht oder nicht in dieser Form erwartet werden, hat aber auch eine eigene Dynamik.

Die Darstellung der Selektionsumgebung erfolgt unter einem Technologiezyklus über der Zeitachse, die einzelnen Zeilen entsprechen dabei wichtigen Teilbereichen der Selektionsumgebung mit den für einen Zeitpunkt typischerweise zu erwartenden Zuständen, Situationen und Reaktionen, die für die Bewertung der Innovation von Bedeutung sind.

Ausgehend von Schumpeters Konzeption der Innovation haben sich konzeptionell in der methodischen Diskussion zwei Innovationstypen herauskristallisiert,



<b>Technologiephasen:</b>	„spekulative“ Zukunftstechnologie Forschung		State-of-the-Art-Technologie Entwicklung
<b>Innovationsphasen:</b>	Invention	Basisinnovation	Verbesserung u. Scheininnovation
	hohe Produktinnovationsraten		Prozessinnovationen dominieren
	technology-push tendenziell stärker		market-pull tendenziell stärker
	Innovationen erzeugen Wachstum		Wachstum fordert Innovationen
<b>Wettbewerbsklima:</b>	relative Ruhe, gegenseitige Information, gemeinsame Projekte, Forschungsförderung, Innovationswettbewerb	Turbulenzen, Know-how- Vorsprünge werden verteidigt, Technologieüber- tragungsbeschränkungen, Auslotung der Economies of Scope	Verdrängungswettbewerb, Absprachen, Kostenwettbewerb, Economies of Scale wichtig
<b>Markte:</b>	Innovatorenmärkte		Adoptorenmärkte
	Anbieter für alle Branchen	Shake-out-Prozesse (Marken, Unternehmungen), Merger	Anbieter spezialisiert auf Branchen
<b>Preispolitik, Preise:</b>	stark divergierend, kostenorientiert	Segmentierung, marktorientiert	gezielte Preispolitik, Berücksichtigung von Erfahrungskurven
<b>Produkt/Komponenten:</b>	Produkte und Komponenten häufig von einem Anbieter	Entmischung von Märkten für Komponenten und für Produkte	
	kurze Produktlebenszyklen mit ausgeprägter Einführungsphase	Make-or-buy-Entscheidungen MES wichtig	lange Produktlebenszyklen mit ausgeprägter Reife- und Reifephase
<b>Produktion/Kapazität:</b>	Werkstätten und Klein- serienfertigungen		Großserien- und Massenfertigungen
	Engpässe möglich	Überschusskapazitäten entstehen	Anbieter spezialisiert auf Branchen
<b>Organisation:</b>	flexibel, chaotisch, „Adhokokratie“	Delegation, Ausbildung von Linien und Stäben	Tendenz zur Bürokratie
<b>Finanzierung:</b>	Eigenmittel, Förderungen, strategische Allianzen	Kapitalmarkt, venture capital, Fremdfinanzierung	Umsatzfinanzierung

Abb. 7.3.1 Selektionsumgebung: Evolution einer Technologie über der Zeit.

die für das tiefere Verständnis und für das Management von Innovationen von Bedeutung sind: supply-push und demand-pull.

Die Charakterisierung supply-push – demand-pull (ähnlich auch technology-push – market-pull) betrifft die Richtung, aus der das Signal für die Innovation kommt. Betrachtet man die Selektionsumgebung und ihre Agenten, erkennt man

sofort, dass die in Form des / forschung, au schlag, so ist e gegeben. Die sind umso gr raten oder bei trie) setzen si Das Timing is die ein (techr Moment kein sen Innovatio nehmen könn chen (und sic frastrukturun Gelingt es jec polähnlichen die Umsetzur sign (Basisim Gültigkeit hat Abfolge von I Basisinnovati ne Kleinserie wird auf der l für die Umspielen in di eine wichtige sind. Es ist t Eintreten vor am Markt he winnt. Die Ir zu sinken, al prozessen ni on des Prodt vermarkten, Produktleber kommt hier a Abhängigkei um von der l Der Mana lich geringer selbst als lat eingeführtes zen und sein artige Entw

sofort, dass die Managementlasten ungleich verteilt sind. Kommt die Innovation in Form des Aufzeigens neuer Möglichkeiten aus dem Bereich der Grundlagenforschung, aus Forschungslabors oder von einer Forschungsfirma als Produktvorschlag, so ist die Aufmerksamkeit der Selektionsumgebung zunächst nur bedingt gegeben. Die Anstrengungen, die Aufmerksamkeit auf den Märkten zu erlangen sind umso größer, je besser die wirtschaftliche Lage ist. Bei hohen Wachstumsraten oder bei dominanten Unternehmungen (siehe das Beispiel der Stahlindustrie) setzen sich neue und oft radikale Innovationen nur schwer am Markt durch. Das Timing ist denkbar schlecht, niemand will sich mit Neuerungen beschäftigen, die ein (technisches und wirtschaftliches) Risiko in sich bergen und für die im Moment keine Notwendigkeiten gesehen werden. Eine bedeutende Rolle für diesen Innovationstyp spielen dann große Unternehmungen, die das Risiko auf sich nehmen können, oder aufgrund des innovativen Images Herausforderungen suchen (und sich diese auch leisten können). Interessanterweise sind dabei auch Infrastrukturunternehmungen der Öffentlichen Hand von strategischer Bedeutung. Gelingt es jedoch, radikale Innovationen umzusetzen, dann führt dies zu monopolähnlichen Zuständen, die temporär Bestand haben. Der technology-push bzw. die Umsetzung der ersten supply-push Innovationen führt dann zu einem Basisdesign (Basisinnovation), das mehr oder weniger lange in dieser prinzipiellen Form Gültigkeit hat. Daran schließen sich vor allem Verbesserungsinnovationen, die die Abfolge von Produktgenerationen bestimmen. Da für die ersten Generationen der Basisinnovation oft auch eigene Prozesse zu entwerfen sind, um zumindest eine Kleinserienfertigung zu starten, die minimale Qualitätsanforderungen erlaubt, wird auf der Umsetzungsebene oft ein kleiner Schwarm von Prozessinnovationen für die Umsetzung ausgelöst. Bei der Preisbildung für den Innovationspartner spielen in dieser Phase noch Kostenersätze unter Einbeziehung von Lernkurven eine wichtige Rolle, da Marktpreise noch nicht oder nicht eindeutig beobachtbar sind. Es ist typisch, dass mit dem Grad der Marktdurchdringung und mit dem Eintreten von Wettbewerbern in den Markt sich nicht nur gut beobachtbare Preise am Markt herausbilden, sondern auch der Kostenwettbewerb an Bedeutung gewinnt. Die Innovationsraten, auch jene der Verbesserungsinnovationen, beginnen zu sinken, aber die Innovationsintensität bei den Produktions- und Distributionsprozessen nimmt zu [22]. Oft entschließen sich Produktinnovatoren die Produktion des Produkts aufzugeben und stattdessen Prozessinnovationen erfolgreich zu vermarkten. Für den Aufbau von Kapazitäten analog zum Marktwachstum stellen Produktlebenszykluskurven ein wichtiges Instrument dar. Besondere Bedeutung kommt hier auch der Minimum Efficient Scale (MES) zu. Darunter versteht man in Abhängigkeit vom Stand der Technik jene Kapazität, die unbedingt erforderlich ist, um von der Kosten- und Qualitätsseite her am Markt bestehen zu können [6, 23].

Der Managementaufwand im Bereich des demand-pull ist hingegen wesentlich geringer einzuschätzen. Die Aufforderung zur Innovation kommt vom Markt selbst als latente Nachfrage oder von einer Unternehmung, die bereit ist, ein gut eingeführtes Produkt weiter zu entwickeln. Der Markt hat das Produkt, seinen Nutzen und seinen Gebrauch verinnerlicht und versteht Weiterentwicklungen. Derartige Entwicklungen werden auch inkrementelle Innovationen genannt. Typisch

technologie  
 bewerb,  
 wichtig  
 art auf  
 von  
 dukte  
 nszyklen mit  
 e- und  
 en  
 iert auf  
 krate  
 rig  
 ionen von  
 echnology-  
 Innovation  
 kennt man

dafür sind Bemühungen in Richtung schneller (produktiver), reiner (qualitätssteigernde Innovationen) und kleiner (Trend zur Miniaturisierung). Bei sehr starkem Wettbewerb dominieren zahlenmäßig demand-pull Innovationen. Supply-push scheint weniger oft vorzukommen, tendiert dann jedoch dazu radikale Innovationen hervorzubringen. Unter einer radikalen Innovation versteht man ein Produkt oder einen Markt mit monopolistischen Zügen. Inkrementelle Innovationen sind durchführbar unter Beibehaltung vieler Parameter der betrieblichen Organisation. Bei radikalen Innovationen (vor allem bei Prozessinnovationen) ändert sich sehr viel. Radikale Innovationen müssen daher mit stärkerem Widerstand rechnen als inkrementelle Innovationen<sup>5)</sup> [24].

Das Innovationsmanagement konkreter Innovationen unterscheidet sich vor allem durch die Qualität (Vollständigkeit) der Selektionsumgebung und die Beobachtbarkeit der Signale, die von der Selektionsumgebung kommen. Da supply-push Innovationen von den etablierten Selektionsumgebungen nicht vorausgesehen werden, bedarf es intensiver Informationspolitik, um die Möglichkeiten der Innovation auf den relevanten Märkten zu signalisieren. Die Abgrenzung des relevanten Markts erfolgt dabei immer durch den potenziellen Nutzer und ist bestimmt durch die Substitute bzw. bisherigen Lösungen zur Befriedigung dieser Bedürfnisse. Bei besonders radikalen Innovationen müssen diese Bedürfnisse auch erklärt und damit geweckt werden, um sich Schicht für Schicht durch die potenziellen Konsumenten zu arbeiten. Je kleiner die Institution ist, die den technology-push hervorbringt, desto schwieriger bis aussichtslos ist das Unterfangen. Starke Partner, wie dem Procurement verpflichtete, oft staatsnahe Infrastrukturunternehmen oder starke Industriepartner (lead user) sind hier unerlässlich. Romantische Erfolgsstorys, wie der Erfolg von Microsoft oder der geniale Wurf von Google sind leider die Ausnahme und nicht die Regel. Lead user sind auch auf der market-pull Seite des Innovationsspektrums bei den dort vorherrschenden inkrementellen Innovationen von Vorteil.

Leitner [25] zeigt in einer großen empirischen Arbeit quer über alle Branchen, wie erfolgreiche (vorwiegend radikale) Innovationen sich in wichtigen Phasen des Innovationsprozesses und in der Selektionsumgebung darstellen. Quelle für die Innovationen waren immer hoch motivierte Mitarbeiter mit guten Kontakten zum Markt und zur scientific community. Dementsprechend ergab sich auch ein Übergang von market-pull gegenüber supply-push, der aber insgesamt nicht signifikant war. Über die Zeit betrachtet, scheinen die 1970er Jahre dem technology-push verhaftet, während in den 1990er Jahren market-pull häufiger anzutreffen war. 50% der Innovationen waren übrigens das Ergebnis einer gezielten Suche, 20% wurden auf den Zufall zurückgeführt.

Als wichtigster Erfolgsfaktor für die kritische Schwelle der Markteinführung war immer eine frühzeitige Einbindung von „innovativen Pilotkunden“, vor allem im

5) So wird für die Deutsche Wirtschaft vermutet, dass sie zu stark auf inkrementelle Innovationen ausgerichtet ist, die in wenigen reifen Technologien zur Anwendung kommen. Für radikale Innovationen reichen

die gesetzlichen Rahmenbedingungen bezüglich der Risikotragung in Deutschland kaum aus. Hier wäre tatsächlich ein Europa der unterschiedlichsten Geschwindigkeiten (Stammzellengesetzgebung) gegeben.

B2B Bereich  
Losgrößen  
Praxistest  
wird gene  
Bei Beglei  
leichter ge  
Zusammen  
orte nach

Die dur  
Jahre wur  
Zeitdauer  
allen Fälle  
ments for  
ihren Trib  
vention zu  
1,5 Jahren  
gravieren  
Innovatio  
50% der F  
timonial.  
der Bemü  
terner Wi

In mel  
Markteinf  
sprechen  
durchaus  
chen dur  
häufiger  
sind. Je k  
novations  
das erfolg  
Vorsprun  
tionen, de  
weisen di  
dazu, das  
dass sich  
nicht un

Die Pr  
her wird  
aber auch  
benen Fa  
noch seit  
sche Hir  
sind, beh

B2B Bereich. Sie waren nicht nur erste Kunden mit ökonomisch interessanten Losgrößen, sondern bei der Weiterentwicklung der 1. Generation im erweiterten Praxistest von Bedeutung und damit auch Partner bei der Risikotragung. Auch wird generell das scaling-up von Kleinserien- zur Massenfertigung unterschätzt. Bei Begleitung der Produktion durch Prozessinnovationen werden diese Hürden leichter genommen und es stellte sich sogar heraus, dass durch das spezifische Zusammenwirken von Produkt- und Prozessinnovationen auch Hochlohnstandorte nachhaltig abgesichert werden können.

Die durchschnittlichen Entwicklungszeiten betragen 62 Monate. Für die 1990er Jahre wurde eine Verkürzung auf 40 Monate festgestellt – grundsätzlich wurde die Zeitdauer immer unterschätzt, d. h. die geplanten Entwicklungszeiten wurden in allen Fällen überschritten. Trotz Anwendung eines professionellen Projektmanagements forderten überraschende neue Ergebnisse oder Veränderungen der Umwelt ihren Tribut. 1,5 Jahre vergingen im Durchschnitt mit dem „scaling up“ der Invention zur marktfähigen Innovation bzw. zum Prototypenbau und nach weiteren 1,5 Jahren wurde die Gewinnschwelle erreicht. Die Finanzierung war nirgends ein gravierendes Problem; es wurde wenig Fremdkapital aufgenommen und nur eine Innovation wurde mit Venture Capital realisiert. Förderungen wurden in mehr als 50% der Fälle beansprucht, weniger zur Stärkung der Finanzkraft, sondern als Testimonial. Die Zuerkennung wurde als externes Gutachten über die Sinnhaftigkeit der Bemühungen verstanden und dementsprechend vielfach zur Überwindung interner Widerstände eingesetzt!

In mehr als der Hälfte der Fälle haben Wettbewerber auf die erfolgreiche Markteinführung mit eigenen Produkten/Innovationen reagiert, aber mit entsprechender Verzögerung. In dieser Zeit war es für innovative Unternehmungen durchaus möglich, Monopolrenten zu lukrieren. Diese Innovationsrenten entsprechen durchaus den Intentionen des Patentsystems. Patentierungen werden umso häufiger zum Schutz der Innovation herangezogen, je einfacher die Innovationen sind. Je komplexer die Innovation, desto mehr Patente sind zum Schutz des Innovationskomplexes notwendig, desto mehr Angriffspunkte sind aber auch für das erfolgreiche Umgehen von Patenten gegeben. In Anbetracht des zeitlichen Vorsprungs, des Know-how-Vorsprungs für die weitere Entwicklung von Generationen, der mit der Patentierung verbundenen Offenlegungspflicht, der Funktionsweisen der Innovation und bestimmte lead user Konstellationen führen dann oft dazu, dass auf Patentierung verzichtet wird. Das sind auch wichtige Gründe dafür, dass sich Patentstatistiken für internationale Vergleiche der Innovationsfähigkeit nicht uneingeschränkt heranziehen lassen.

Die Praxis lehrt uns am meisten über das Management von Innovationen – daher wird auch die Lektüre von guten Fallstudien, wie sie in der Arbeit von Leitner, aber auch in den von Albach für die Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Fallstudiensammlung [26] zu finden sind, ausdrücklich empfohlen. Dennoch seien im folgenden Abschnitt, quasi zusammenfassend, ein paar methodische Hinweise und Instrumente, die für das Innovationsmanagement nützlich sind, behandelt.

litätsstei-  
starkem  
ply-push  
nnovatio-  
Produkt  
nen sind  
nisation.  
sich sehr  
chnen als

ich vor ak-  
die Beob-  
upply-pu-  
sgesehen  
der Inno-  
s relevan-  
bestimmt  
er Bedürf-  
e auch er-  
e potenzi-  
chnology-  
en. Starke  
unterneh-  
Romanti-  
on Google  
er market-  
mentellen

Branchen,  
hasen des  
lle für die  
akten zum  
ein Über-  
signifikant  
push ver-  
war. 50%  
% wurden

hrung war  
r allem im

ungen  
Deutschland  
ein Europa  
indigkeiten  
geben.

## 7.4 Wirtschaftlichkeitsüberlegungen

Zu Beginn einer neuen Technologie steht die Invention, die anfangs nur eine Idee für ein neues Produkt oder einen neuen Prozess darstellt ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Einsatzfähigkeit am Markt. Erst bei der Umsetzung der Invention in ein diffusionsfähiges Produkt kann von einer Innovation gesprochen werden. Diese Überführung der Idee in eine marktfähige Innovation erfordert den Einsatz von Ressourcen, durch den sich ein erwarteter Nutzen in der Zukunft ergibt. Unter Wirtschaftlichkeit verstehen wir das Verhältnis von monetär bewertetem Nutzen zu monetär bewertetem Ressourceneinsatz. Um die Wirtschaftlichkeit von Innovationen beurteilen zu können, müssen wir diese daher immer im Spannungsfeld von Kosten und Erlösen betrachten, da erst durch eine umfassende Auseinandersetzung mit beiden Seiten eine Entscheidung getroffen werden kann, ob und inwieweit eine Innovation Vorteile bringt.

### 7.4.1 Diffusion von Innovation

Die Diffusion im Kontext des Innovationsmanagements beschreibt die in mehreren Phasen ablaufende Inanspruchnahme von neuen Produkten oder Prozessen in der Gesellschaft – ausgehend davon, dass die Durchdringung des Paradigmas durch neue Innovationen in Form einer S-Kurve verläuft (siehe Abschnitt 7.3) – entspricht die Aufteilung der Käufer typischen Phasen des Diffusionsprozesses, wie in Abb. 7.4.1 dargestellt.

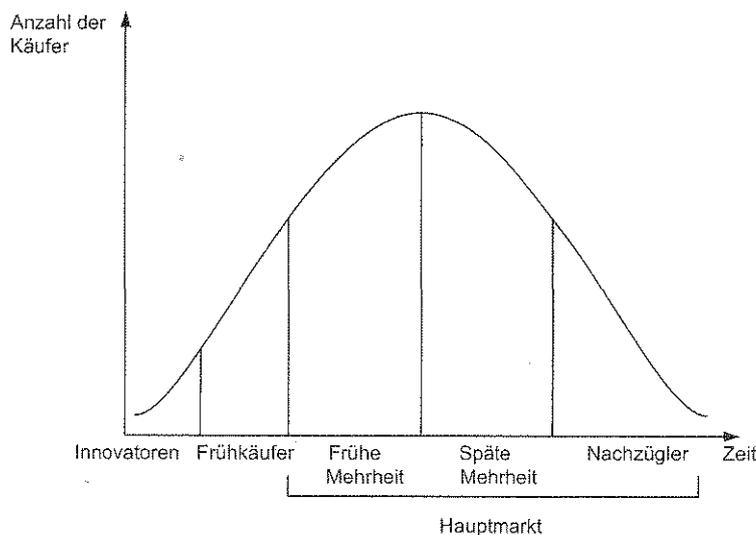


Abb. 7.4.1 Diffusionsprozess (nach [28]).

Man unter der Technologie Mehrheit von Personen, die Innovatoren verfügen nicht die die Fröhkä den Käufer nehmen so re Käufer späten Mehrheit Summe m jedoch ein ringere Ze verhält un Notwendig von den u erkennend tischer un leitet die A sivsten Di Nachzüge beinahe v ein stark v

Das qua Produktge mit zunel Produktgr te in komp

Die Ges genden Ei

- relk
- Kor
- Kor
- Teil
- Be

Die in Abl der relativ Performa ist die Be somit der auch die Produkts

Man unterteilt die Käufergruppen, in Abhängigkeit vom Anschaffungszeitpunkt der Technologie nach Innovatoren, Frühkäufern, der frühen Mehrheit, der späten Mehrheit und den Nachzüglern. Innovatoren nennt man die kleine Gruppe an Personen, die neue Technologien und Produkte kurz nach deren Markteintritt erwirbt. Innovatoren zeichnen sich durch ein hohes Maß an Risikobereitschaft aus und verfügen meist über ausreichende finanzielle Ressourcen, um mögliche Verluste, die mit der frühen Adoption einhergehen, auszugleichen. Die folgende Gruppe, die Frühkäufer, stehen in regem Austausch mit den ihnen potenziell nachfolgenden Käufergruppen, von denen sie als Referenzpersonen angesehen werden. Sie nehmen somit die Rolle eines Meinungsbildners ein, dessen Verhalten für andere Käufer maßgeblich für die Kaufentscheidung ist. Der Anteil der frühen und späten Mehrheit an den gesamten Käufern ist in etwa gleich groß und beträgt in Summe mehr als 50%. Im Gegensatz zur frühen Mehrheit hat die späte Mehrheit jedoch ein geringeres Maß an finanziellen Ressourcen zur Verfügung bzw. eine geringere Zahlungsbereitschaft, wodurch sie sich skeptischer gegenüber Neuheiten verhält und diese oftmals erst aufgrund von Gruppendruck oder ersatzbedingter Notwendigkeit angeschafft werden. Am schwierigsten erweist sich der Übergang von den unabhängigen, die Vorteile und Möglichkeiten einer neuen Innovation erkennenden Innovatoren und Frühkäufern zum „Hauptmarkt“, der sich pragmatischer und zurückhaltender verhält. Ist diese Hürde jedoch erstmals überwunden, leitet die Adoption der Innovation durch die frühe Mehrheit den Beginn der intensivsten Diffusionsphase auf dem relevanten Markt ein. Die letzte Gruppe, die als Nachzügler bezeichnet wird, kauft Innovationen erst, wenn diese das Paradigma beinahe vollständig durchlaufen haben – sie agieren traditionsbewusst und weisen ein stark von Erfahrungen geprägtes Verhalten auf [27, 28].

Das quantitative Verhältnis der Käufergruppen schwankt im Zeitablauf über die Produktgenerationen. Innovatoren-Käufer werden zwar nie verschwinden, aber mit zunehmend prinzipieller Akzeptanz werden sie relativierbar. Bei manchen Produktgruppen (Autos, Laptop, Handy) übernehmen auch Tester und Testberichte in kompetenten Medien ihre Funktion.

Die Geschwindigkeit der Diffusion durch den relevanten Markt hängt von folgenden Eigenschaften der Innovation ab:

- relativer Vorteil gegenüber bestehenden Produkten,
- Kompatibilität mit den Bedürfnissen des Konsumenten,
- Komplexität des Produkts,
- Teilbarkeit,
- Beobachtbarkeit der Adaption durch andere potenzielle Konsumenten.

Die in Abb. 7.4.1 gezeigten Phasen werden umso schneller durchlaufen, je größer der relative Vorteil der Innovation ist (wobei hier sowohl finanzielle als auch die Performance betreffende Vorteile gemeint sind), je mehr das Produkt in der Lage ist die Bedürfnisse des Nutzers zu befriedigen, je geringer die Komplexität und somit der Erklärungsbedarf ist, je höher die Teilbarkeit (auch zeitlich) und damit auch die Möglichkeit das Produkt zu testen ist und je stärker die Adoption des Produkts durch Dritte beobachtet werden kann (Referenzgruppentheorem) [28].

de  
ung  
ven-  
wer-  
den  
t er-  
erte-  
keit  
pan-  
Aus-  
n, ob

lehre-  
essen  
igmas  
7.3) –  
esses,

## 7.4.2

## Der Produktlebenszyklus

Während der Diffusion durchläuft das Produkt mehrere Phasen, die von unterschiedlichen Absatzmengen und damit auch unterschiedlichen Umsätzen geprägt sind. Die Abb. 7.4.2 zeigt den Produktlebenszyklus, beginnend mit der Einführungsphase über das Wachstum, die Reife, die Sättigung und schließlich die Degeneration. In der Einführungsphase wird das neue Produkt erstmals auf dem Markt angeboten – die Absatzmengen steigen zu Beginn nur langsam, da das Produkt noch unbekannt ist und oftmals Widerstände auf Seite der Kunden zu überwinden sind. In der Wachstumsphase beginnt das Produkt auf dem Markt zu diffundieren und man beobachtet einen progressiven Verlauf des Absatzes, der mit Beginn der Reifephase in einen degressiven Verlauf übergeht. In der Reifephase nimmt die Bedeutung der Produktdifferenzierung zu, da die Abgrenzung von der zunehmenden Konkurrenz an Bedeutung gewinnt. Die letzte Lebensphase des Produkts wird Degeneration genannt – in dieser Phase gehen die Absatzmengen zurück, das Sortiment wird gekürzt und das Produkt letztendlich vom Markt genommen. Von der Konzeption her kann der Lebenszyklus – zumindest bis zum Beginn der Degenerationsphase – als Integral über die Diffusionsfunktion (Abb. 7.4.1) gesehen werden. Über den Technologiezyklus reihen sich die einzelnen Produktlebenszyklen der Produktgenerationen aneinander. Da auf der Ordinate üblicherweise der Umsatz aufgetragen wird und der Preis bei zunehmenden Absatzmengen sinkt, entspricht der hier skizzierte konstante Umsatz durchaus steigenden Absatzmengen [29].

Der Produktlebenszyklus, wie er hier beschrieben wurde, stellt eine idealtypische Form dar – tatsächlich hängen die Verläufe jedoch von verschiedenen Faktoren ab, wie beispielsweise dem Zeitpunkt des Markteintritts, dem Produkttyp und dem Neuheitsgrad. Produkte mit hohem Neuheitsgrad haben meist eine längere Einführungsphase, da hier die bereits angesprochenen Widerstände von Seiten des Markts, die es zu überwinden gilt, höher sind. Folglich ist auch die Einführungsphase bei Unternehmen, die zuerst in den Markt eintreten sind, höher als bei nachfolgenden Unternehmen, deren Strategie auf Imitation ausgerichtet ist. Produkte mit geringem Neuheitsgrad werden hingegen zu Beginn eine rasche Ver-

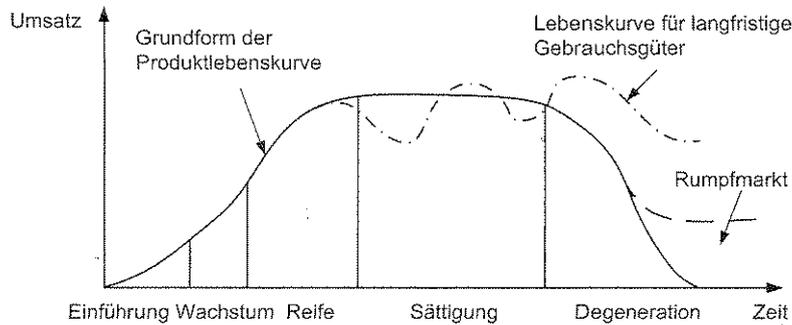


Abb. 7.4.2 Produktlebenszyklus (angelehnt an [29]).

Absatz

Abb. 7.4.3

breitung  
generatio  
Produkt  
Rumpfm  
Innovativ  
Eine an  
anzutreff  
Nutzungs  
stand ers  
auf [29].

7.4.3

Die Conjo

Wir haben  
dabei ges  
denen Fal  
Kauf führ  
joint-Mea  
Kaufentsc  
Ziel der C  
zum Gesa  
der Lage  
Es wird  
den Konst  
zusamme  
Zu Begi  
gner beer

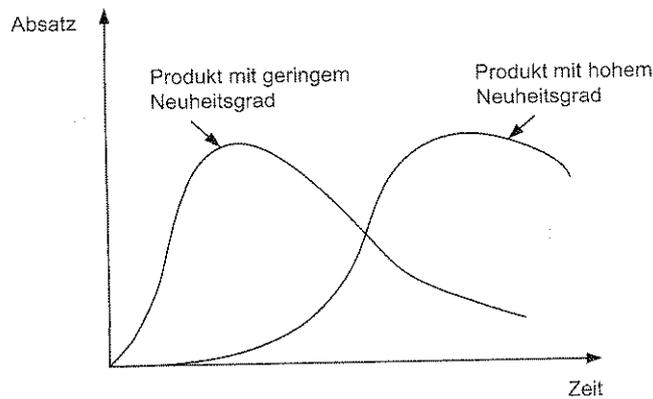


Abb. 7.4.3 Lebenszyklus bei unterschiedlichem Neuheitsgrad [30].

breitung erfahren, der nach einem früh erreichten Absatzmaximum eine lange Degenerationsphase folgt (Abb. 7.4.3) [30]. Es besteht auch die Möglichkeit, dass das Produkt nach Ende der Degenerationsphase bestehen bleibt und ein sogenannter Rumpfmärkte entsteht, das heißt, dass das Produkt trotz des Angebots an neuen Innovationen weiterhin von einem Teil der Konsumenten nachgefragt wird.

Eine andere Form der Produktlebenskurve ist auf dem Gebrauchsgütermarkt anzutreffen. Da Gebrauchsgüter im Gegensatz zu Verbrauchsgütern eine längere Nutzungsdauer aufweisen und meist in einem annähernd gleichen zeitlichen Abstand ersetzt werden, weist die Lebenskurve hierfür regelmäßige Schwankungen auf [29].

#### 7.4.3

#### Die Conjoint-Analyse

Wir haben die Einflussfaktoren auf die Diffusionsgeschwindigkeit aufgezeigt und dabei gesehen, dass die Entscheidung ein Produkt zu erwerben von vielen verschiedenen Faktoren abhängt. Eine Möglichkeit mehr über die Beweggründe, die zum Kauf führen zu erfahren, ist die Durchführung einer Conjoint-Analyse (auch Conjoint-Measurement). Jedem Produkt sind mehrere Attribute zuzuschreiben, die die Kaufentscheidung des Konsumenten in unterschiedlich hohem Maß beeinflussen. Ziel der Conjoint-Analyse ist es, den Beitrag der einzelnen Produkteigenschaften zum Gesamtnutzen zu ermitteln, um so ein Produkt anbieten zu können, das in der Lage ist die Bedürfnisse der Konsumenten bestmöglich zu decken.

Es wird davon ausgegangen, dass sich der Gesamtnutzen eines Produkts für den Konsumenten additiv aus den Teilnutzenwerten der einzelnen Eigenschaften zusammensetzt. Die Durchführung der Conjoint-Analyse erfolgt in fünf Schritten.

Zu Beginn werden die relevanten, voneinander unabhängigen, aber vom Designer beeinflussbaren Eigenschaften des Produkts definiert.

Im zweiten Schritt werden verschiedene Merkmalskombinationen zusammengestellt, die die Konsumenten im dritten Schritt bewerten müssen, sodass eine Reihung der Merkmalskombinationen vorgenommen werden kann. Aufgrund dieser Reihung können für jeden Konsumenten Teilnutzenwerte der Produkteigenschaften ermittelt und daraus Gesamtnutzenwerte sowie relative Wichtigkeiten abgeleitet werden.

Im letzten Schritt können diese individuellen Nutzenwerte schließlich zu Nutzenwerten für alle Individuen aggregiert werden.

Vor allem bei der Gestaltung neuer Produkte ist die Conjoint-Analyse eine gute Methode, um den Einfluss verschiedener Produktmerkmale, wie Material, Farbe, Gewicht, Funktionalität, Preis etc. auf die Gesamtnutzenbeurteilung des Konsumenten zu bestimmen und somit die Präferenzen des Kunden besser zu verstehen. In der Praxis bestehen neben dem hier angeführten noch zahlreiche weitere Verfahren der Conjoint-Analyse, die sich beispielsweise in der Erhebung und Bewertung der Stimuli unterscheiden [31].

Conjoint-Measurement kann als Methode der Wahl für das Design von Produkten und Produktklassen sowohl im Bereich der Konsumgüter als auch der Anlagegüter gesehen werden<sup>6)</sup>.

Die in Abschnitt 7.1.2 skizzierte Ignoranz des LD-Verfahrens hat den frühen Adoptoren satte Gewinne gebracht, was den Marktführern wiederum beträchtliche Marktanteilsverluste bzw. entgangene Einnahmen beschert hat.

#### 7.4.4

##### Die Lernkurven

Die Durchdringung des Markts und die Geschwindigkeit, mit der diese erfolgt, haben Auswirkungen auf die zu erwartenden Erlöse einer Innovation. Welche Einflüsse gibt es nun auf Seite der Kosten?

Der Beginn einer neuen Produktion ist von Unsicherheit und mangelnder Erfahrung der Arbeitskräfte geprägt. Mit zunehmender Anzahl an produzierten Einheiten verringern sich jedoch im Laufe der Zeit aufgrund der gewonnenen Erfahrung und der Übung die Fertigungszeiten, der Materialverschleiß nimmt ab, Fehler der Maschinen werden behoben usw. Dadurch sinken im Zeitverlauf die anfangs hohen zeitabhängigen Kosten pro Stück, bis sie am Ende der Lernphase ein annähernd stabiles Niveau erreichen. Dieser Lerneffekt kann grafisch in Form einer Lernkurve dargestellt werden. Eine Lernrate von 80% bedeutet, dass die Produktion der zweiten Einheit eines Produkts nur mehr 80% der ersten Einheit kostet, die vierte Einheit nur mehr 80% der zweiten – bei jeder Verdopplung der Produktion sinken somit die Kosten um 20% gegenüber der letzten Verdopplung. Die Lerneffekte betreffen jedoch nur die fertigungszeitabhängigen Stückkosten. Abhängig von der Lernrate weisen die Lernkurven eine stärkere oder

6) Zahlreiche Beispiele zur Anwendung der Conjoint-Analyse, z. B. in der Automobilindustrie, sind unter [www.simon-kucher.com](http://www.simon-kucher.com) zu finden.

schwäche  
auch die  
den zwar  
hinter de  
scher zu  
ist, könn  
sprung b  
tenführe  
Lernkurv  
wo klein  
sind. All  
den?<sup>7)</sup>

ys

bzw. in l

le

mit:

y

Man un  
heitsler  
bringun  
lichen I  
stellt [3  
wie auch  
die Lern  
schnitts  
Praxis d

Die A  
der Wri  
tagezeit  
mals w  
Verdopp  
nahme  
Eine  
fahrun

7) Weis  
sind

schwächere negative Steigung auf – je steiler die Steigung ist, umso größer sind auch die Lerneffekte [32]. Konkurrenten, die später in den Markt eintreten, werden zwar ebenso einer Lernkurve folgen, jedoch werden sie sich immer ein Stück hinter dem ersten Anbieter auf dieser bewegen, es sei denn, es gelingt ihnen rascher zu wachsen als der Marktführer. Wenn ein schnelleres Wachstum möglich ist, können später in den Markt eingetretene Unternehmen den Erfahrungsvorsprung bereits bestehender Produzenten aufholen, diese überholen und die Kostenführerschaft übernehmen. Abgesehen von der strategischen Bedeutung hat die Lernkurve große Relevanz für Preisverhandlungen im Bereich der Entwicklung, wo kleine Stückzahlen verhandelt und Marktpreise noch nicht gut beobachtbar sind. Allgemein kann die Funktion der Lernkurve wie folgt angeschrieben werden<sup>7)</sup>:

$$\gamma_x = \gamma_1 \cdot x^{-b} \quad (7.4.1)$$

bzw. in logarithmischer Form:

$$\lg \gamma_x = \lg \gamma_1 - b \cdot \lg x \quad (7.4.2)$$

mit:

- $\gamma_x$  Input für das  $x$ -te Stück
- $b$  Exponente für das Steigungsmaß der Kurve, bestimmt durch die Lernrate
- $\gamma_1$  Input für das erste Stück
- $x$  kumulierte Output-Menge

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen zwei Arten der Lernkurven: der Einheitslernkurve, die den Input für die jeweils letzte Einheit der kumulierten Ausbringungsmenge angibt, und der Durchschnittlernkurve, die den durchschnittlichen Input pro Stück der kumulierten Ausbringungsmenge über die Zeit darstellt [33]. In der Praxis ist die Durchschnittlernkurve von größerer Bedeutung, wie auch im Folgenden anhand eines Beispiels gezeigt wird. Abbildung 7.4.4 zeigt die Lernkurve bei einer Lernrate von 80% sowie die sich daraus ergebende Durchschnittlernkurve. Es wurde hier aus Gründen der einfacheren Handhabung in der Praxis die Darstellung im doppelt-logarithmischen Koordinatensystem gewählt.

Die Anfänge der Lernkurve fallen auf das Jahr 1925, wo Produktionsvorgänge der Wright-Patterson Air Force in Ohio untersucht und dabei Rückgänge der Montagezeit mit zunehmender Anzahl an Wiederholungen beobachtet wurden. Erstmals wurde das Modell der Lernkurve 1963 von Wright formuliert, der bei jeder Verdopplung der kumulierten Produktionsmenge eine prozentual konstante Abnahme der Fertigungszeit für ein Flugzeug um eine Stunde beschreibt.

Eine Erweiterung der Lernkurve stellt die 1966 von Henderson entwickelte Erfahrungskurve dar, die besagt, dass die Kosten in einem Unternehmen langfristig

7) Weitere modifizierte Formen der Lernkurve sind in Hieber [33] zu finden.

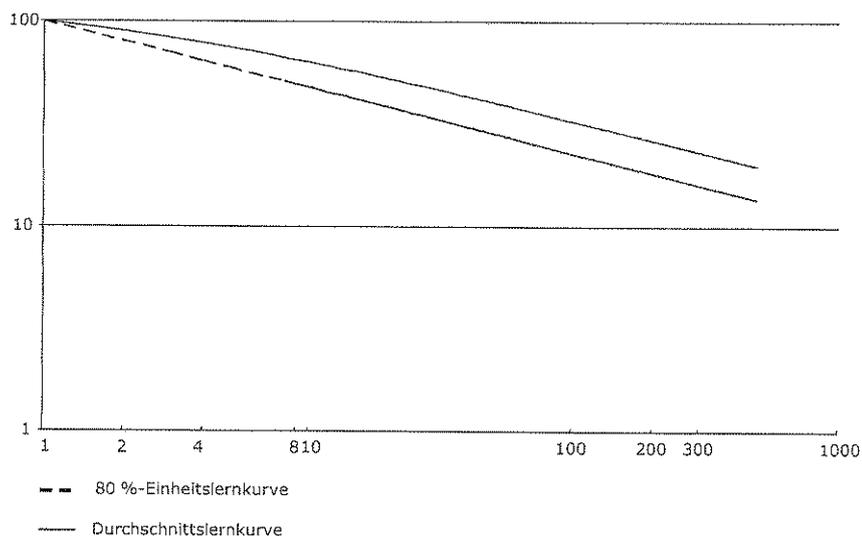


Abb. 7.4.4 Logarithmische Einheits- und Durchschnittslernkurve bei einer 80%-Lernrate.

die gleiche Entwicklung wie die Preise erfahren müssen. Der Effekt der Erfahrungskurve wurde von der Boston Consulting Group in verschiedenen Industriezweigen untersucht und man konnte eine Abnahme der wertschöpfungsrelevanten Kosten eines Produkts um 20–30% bei jeder Verdoppelung der kumulierten Produktionsmenge feststellen.

Lern- und Erfahrungskurve unterscheiden sich im Wesentlichen lediglich durch das Ausmaß der einbezogenen Kosten. Während die Lernkurve ausschließlich fertigungszeitabhängige Kosten, also direkte Fertigungskosten, berücksichtigt, inkludieren die Kosten bei der Erfahrungskurve alle beim Wertschöpfungsprozess anfallenden Kosten (mit Ausnahme von Vor- und Fremdleistungen), also auch Kosten für Verwaltung, Beschaffung etc. [33].

Wir wollen uns anhand eines Beispiels die Anwendung der Durchschnittslernkurven bei der Preisbestimmung ansehen. Ausgangspunkt sind die in Abb. 7.4.4 dargestellten Lernkurven – die Kosten betreffen dabei nur den fertigungszeitabhängigen Anteil. Die Unternehmung hat einen ersten Auftrag über 100 Stück des Produkts zum Preis von 54,5 GE pro Stück abgewickelt und möchte nun die Preisuntergrenze für einen Folgeauftrag über 200 Stück ermitteln.

Aus der Grafik lässt sich an der Durchschnittslernkurve ein Preis von 32,7 GE für 100 Stück und 23,2 GE für 300 Stück ablesen. Die fertigungsabhängigen Kosten betragen somit 60% der gesamten Kosten ( $32,7/54,5 = 0,6$ ). Wie hoch soll nun der Preis für die zusätzlichen 200 Stück angesetzt werden?

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} 300 \cdot 23,2 &= 6960 \\ 100 \cdot 32,7 &= 3270 \end{aligned} \right\} 6960 - 3270 = 3690 \\
 & \rightarrow \frac{3690}{200} = 18,45
 \end{aligned}$$

Für die Her-  
 gen Kosten  
 bereits 3270  
 3690 GE bz  
 von 21,8 GE  
 werden, wor  
 verhandlung

Bei der A  
 tig sind, we  
 Kleinserienf  
 Lernkurven  
 akkordreife  
 wieder abfla  
 abhängigen  
 planung, wo  
 teres wichtig  
 bei Anschlu  
 spiel gezeigt

Bei der en  
 se für unter  
 nicht alle Le  
 zukünftige  
 Lernen durc  
 kurzfristige  
 zess einsetzt

Es gibt Ar  
 in Verbindu  
 Markt sind d  
 neffekte sehr  
 Die sinkende  
 rer Preise w  
 Erreichen de  
 Zuwächsen  
 ginnen langs  
 werber auf d  
 Preises zur A  
 sem Zusamm  
 scheren Abs  
 Preises, wod  
 und diese sic  
 duktionskost  
 Preissenkung

8) Beispiel in A

Für die Herstellung von 300 Stück des Produkts würden 6960 GE an zeitabhängigen Kosten anfallen, wovon jedoch aufgrund des ersten Auftrags über 100 Stück bereits 3270 GE gedeckt sind. Somit bleiben für den neuen Auftrag Kosten von 3690 GE bzw. 18,45 GE pro Stück. Die zeitunabhängige konstante Komponente von 21,8 GE ( $54,5 - 32,7 = 21,8$ ) muss zum Stückpreis des Zusatzauftrags addiert werden, womit sich ein Preis von 40,25 GE ergibt, der als Ausgangspunkt bei Preisverhandlungen angenommen werden kann<sup>8)</sup>.

Bei der Anwendung von Lernkurven ist zu beachten, dass diese nur dann gültig sind, wenn auch tatsächlich ein Lerneffekt gegeben ist, was in der Regel auf Kleinserienfertigungen zutrifft. Bei der Vorbereitung zur Massenfertigung können Lernkurven eingesetzt werden, um festzulegen, ab wann ein Produktionsprozess akkordreif ist, d. h. ab wann die größten Lerneffekte erzielt sind und die Lernkurve wieder abflacht. Außerdem dienen sie zur Qualitätsverbesserung von erfahrungsabhängigen Entscheidungsmodellen im Operations Research und bei der Kostenplanung, wo versucht wird die Plankosten an die Lernkurven anzupassen. Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet ist die Überprüfung der Kalkulation, vor allem bei Anschlussaufträgen im Bereich der Forschung und Entwicklung, wie im Beispiel gezeigt wurde.

Bei der empirischen Ermittlung der Lernraten muss bedacht werden, dass diese für unterschiedliche Kostenarten und Tätigkeiten voneinander abweichen und nicht alle Lerneffekte, die in der Vergangenheit beobachtet werden konnten, auf zukünftige Prozesse übertragbar sind [32]. Außerdem ist zu bedenken, dass das Lernen durch Innovationen im Fertigungsprozess unterbrochen werden kann, die kurzfristige Kostenanstiege zur Folge haben können, bevor ein erneuter Lernprozess einsetzt [34].

Es gibt Ansätze, die den Effekt von Lernkurven mit dem Produktlebenszyklus in Verbindung zu setzen versuchen. Bei der Einführung eines neuen Produkts am Markt sind die Produktionskosten noch hoch – sie fallen jedoch aufgrund der Lerneffekte sehr rasch mit jeder Verdoppelung der kumulierten Ausbringungsmenge. Die sinkenden Produktionskosten können an die Konsumenten in Form niedrigerer Preise weitergegeben werden, was zu einem Anstieg des Absatzes führt. Mit Erreichen der Reifephase ist ein weiteres Senken der Kosten nur noch mit großen Zuwächsen der kumulierten Ausbringungsmenge erreichbar und die Absätze beginnen langsam zu stagnieren. In der Sättigungsphase drängen schließlich Mitbewerber auf den Markt – ein weiteres Senken der Produktionskosten und somit des Preises zur Ankurbelung des Absatzes ist nicht mehr möglich. Wenn man von diesem Zusammenhang ausgeht, führt eine Anhebung der Lerneffekte zu einem rascheren Absenken der wertschöpfungsrelevanten Kosten und in weiterer Folge des Preises, wodurch es zu einer Linksverschiebung der Produktlebenskurve kommt und diese sich über einen kürzeren Zeitraum erstreckt. Ob ein Absenken der Produktionskosten unmittelbar an den Konsumenten weitergegeben wird und ob die Preissenkungen den Absatz sofort anheben, ist natürlich zu bedenken [33].

8) Beispiel in Anlehnung an Haberstock [32].

Erfah-  
ustrie-  
relevan-  
lierten

durch  
ich fer-  
inklud-  
ess an-  
Kosten

ttslern-  
b. 7.4.4  
zeitab-  
) Stück  
un die

32,7 GE  
Kosten  
un der

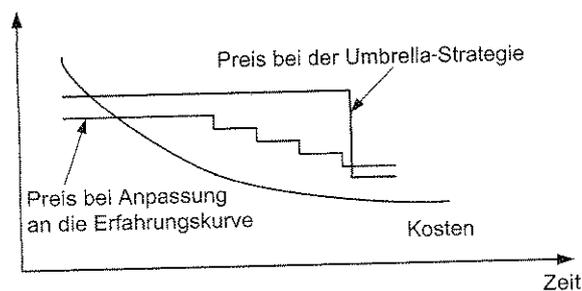


Abb. 7.4.5 Verschiedene Preisstrategien.

Für eine rasche Weitergabe der Kostenreduktion in Form von Preissenkungen an die Kunden spricht die sich dadurch ergebende Möglichkeit, potenzielle Konkurrenten abzuwehren. Passt ein Pionier-Unternehmen seine Preise an die, aufgrund der Erfahrungskurve sinkenden Kosten an, so werden Konkurrenzunternehmen dadurch am Markteintritt und somit am Lernen durch Erfahrung gehindert bzw. werden Unternehmen, die dennoch später in den Markt eingetreten sind und sich auf einer weniger günstigen Position der Erfahrungskurve befinden, wieder verdrängt (Abb. 7.4.5). Der Abwehreffekt, der mit einem niedrigeren Einführungspreis relativ zu den Stückkosten zunimmt, wird allerdings mit niedrigeren Stückdeckungsbeiträgen und niedrigeren kurzfristigen Gewinnen bezahlt [29].

Eine zu der kostenorientierten Preissenkung alternative Preisstrategie ist die sogenannte „Preisschirm“- oder „Umbrella“-Strategie. Hier werden die Preise trotz sinkender Stückkosten über einen langen Zeitraum auf konstant hohem Niveau gehalten, wodurch zwar einerseits hohe Stückgewinne erzielt werden, andererseits Nachahmer am Markt trotz höherer Kosten anbieten können. Das Pionier-Unternehmen hat jedoch jederzeit die Option die Preise zu senken und damit Konkurrenten wieder vom Markt zu verdrängen [29].

#### Literaturnachweis

- 1 Sundbo, J. (1995) Three paradigms in innovation theory. *Science and Public Policy*, 22(6), 399–410.
- 2 Stepan, A. (2006) Corporate Entrepreneurship, Cluster und Innovationsmanagement, in *Corporate Entrepreneurship* (hrsg H. Frank), Facultas Verlag, Wien, S. 209–230.
- 3 Stepan, A. (1993) Produktion und Technologie, in *Handwörterbuch der Betriebswirtschaftslehre*, 5. Aufl., Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, S. 3347–3358.
- 4 Schumpeter, J.A. (1980) *Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*, UTB 172, Francke, München.
- 5 Häupler, J., Stepan, A. (2002) Die Finanzierung von Unternehmensgründungen in *Praktiker-Handbuch Unternehmensfinanzierung* (hrsg D. Krimphove, D. Tytko), Schäffer-Poeschel, Stuttgart, S. 49–70.
- 6 Frank, H. (2006) *Corporate Entrepreneurship*, Facultas Verlag, Wien.
- 7 Reuter, M. (2007) *Methodik der Werkstoffauswahl*, C. Hanser Verlag, München.

- 8 Book of Abstracts Knowledge Management in France, 7–9 July 2006
- 9 Research on Innovation and the European Union, 7–9 July 2006
- 10 Challenges for the European Union (ERA), Report of the European Commission
- 11 Stepan, A. and Technological Approach: Opportunities and Challenges, 88, (hrsg. H. Frank), Facultas Verlag, Wien, pp. 1049–1060
- 12 Sammer, M. (2008) Innovation and the European Union, 18(7), 509–520
- 13 Dörndörfer, M. (2007) The Impact of the Factor Station, in *Success Factors for ZIB Spec*
- 14 Teece, D. Dynamic Capabilities, 18(7), 509–520
- 15 Brealey, R. Applications of the Principle of the Factor Station, Chap. 21
- 16 Hellman, C. How does it become a success factor? *Science & Public Policy*, 6, 399–410
- 18 Metcalfe, J. The primary epistemology and the social organization of science, P. Saviot, London.

- 8 Book of abstracts for the parallel sessions, Knowledge for growth – European strategies in the global economy, Toulouse, France, 7–9 July 2008.
- 9 Research and Entrepreneurship: A new innovation strategy for Europe. Conference of the French Presidency of the European Union, Toulouse, France, 7–9 July 2008.
- 10 Challenging Europe's Research: Rationales for the European Research Area (ERA). Report of the ERA Expert Group, European Commission, 2008.
- 11 Stepan, A., Ohler, F. (1988) *Business Cycles and Technical Monitoring – An Interactive Approach to Identify New Technological Opportunities in Cybernetics and Systems*, 88, (Hrsg R. Trappl), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 1049–1056.
- 12 Sammerl, N.B., Wirtz, W., Schilke, O. (2008) Innovationsfähigkeit von Unternehmen. *DWB*, 02/08, 131–158.
- 13 Dömötör, R., Franke, N., Hienerth, C. (2007) What a Difference a DV Makes. The Impact of Conceptualizing the Dependent Variable in Innovation Success Factor Studies. In: *Innovation Orientation, Innovativeness and Innovation Success* (eds H. Ernst, G. Gemünden), *ZfB Special Issue*, 2/2007, 23–46.
- 14 Teece, D.J., Pisano, G., Shuen, A. (1997) Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.
- 15 Brealey, R.A., Myers, S.C. (1988) Applications of Option Pricing Theory, in *Principles of Corporate Finance*, 3rd edn, Chap. 21, McGraw-Hill, Singapore.
- 16 Hellmann, T. (2007) When do employees become Entrepreneurs? *Management Science*, 53(6), 919–933.
- 17 Nelson, R.R., Winter, S.G. (1977) Search of useful theory of innovation. *Research Policy*, 6, 36–76.
- 18 Metcalfe, J.S., Boden, M. (1992) Evolutionary epistemology and the nature of technology strategy, in *Technological Change and Company Strategies: Economic and Sociological Perspectives* (eds R. Coombs, P. Saviotti, V. Walsh), Academic Press, London, pp. 49–71.
- 19 Chesbrough, H. (2003) *Open Innovation – The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, HBS press, Boston, MA.
- 20 Glynn, S. (2002) Constructing a selection environment: competing expectations for CFC alternatives. *Research Policy*, 31, 935–946.
- 21 Allan, P. (2007) *Innovation Management in Emerging Technologies – Case Study in Aluminium Foam Industry*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.
- 22 Utterback, J.M., Abernathy, W.J. (1975) A Dynamic Model of Process and Product Innovation. *OMEGA*, 3(6).
- 23 Besanko, D., Dranove, D., Shanley, M. (2000) *Economics of Strategy*, 2nd edn, John Wiley & Sons, Ltd, New York.
- 24 Harhoff, D. (2008) Innovation, Entrepreneurship und Demographie. *PWP*, 9, Sonderheft, 46–72.
- 25 Leitner, K.-H. (2003) Von der Idee zum Markt: die 50 besten Innovationen Österreichs. Erfolgsgeschichte der österreichischen Industrie zwischen 1975 und 2000, Böhlau, Wien.
- 26 Albach, H. (Hrsg) (1994) *Culture and Technical Innovation*. Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- 27 Dorf, R.C., Byers, T.H. (2005) *Technology Ventures, from the Idea to Enterprise*, 1st edn, McGraw Hill, New York, p. 247.
- 28 Busse von Colbe, W., Hammann, P., Laßmann, G. (1992) *Betriebswirtschaftstheorie 2, Absatztheorie*, 4. Aufl., Springer, Berlin, S. 42f.
- 29 Kilger, W. (1986) *Industriebetriebslehre*, Bd. I, Gabler, Wiesbaden, S. 123–127.
- 30 Simon, H. (1992) *Preismanagement, Analyse – Strategie – Umsetzung*, 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Gabler, Wiesbaden, S. 242–247.
- 31 Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (2006) *Multivariate Analysemethoden – eine anwendungsorientierte Einführung*, 11. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, S. 557–583.
- 32 Haberstock, L. (2004) *Kostenrechnung II, (Grenz-)Plankostenrechnung*, 9. neu bearbeitete Aufl., Erich Schmidt Verlag, Berlin, S. 163–170.

kungen  
lle Kon-  
lie, auf-  
zunter-  
ung ge-  
ingetre-  
urve be-  
iedrige-  
ngs mit  
nen be-

st die so-  
ise trotz  
1 Niveau  
ererseits  
er-Unter-  
Konkur-

alismus,  
TB 172,

Die Finan-  
zungen in  
sensfinan-  
J. Tytko),  
49–70.  
trepreneur-

Werkstoff-  
inchen.

- 33 Hieber, W.L. (1991) *Lern- und Erfahrungskurveneffekte und ihre Bestimmung in der flexiblen automatisierten Produktion*, Verlag Vahlen, München, S. 8–15.
- 34 Rosegger, G. (1996) *The Economics of Production@Innovation – An Industrial Perspective*, 3rd edn, Butterworth Heinemann, Oxford, p. 89.

## Register

### a

A-Scan-Methode  
 Abacafaser 11  
 Abkühlgeschwindigkeit  
 Abminderungsfaktor  
 Absatzmarkt 3  
 Abstandsgewebe  
 Abziehverfahren  
 Advanced Composite  
 Airbus 260, 35  
 Al siehe Aluminium  
 Al- $Al_2O_3$  205f  
 Al-Fe-Ce 206  
 Al-Fe-V 206  
 Al-Si-Legierung  
 Al-Zn-Mg-Cu  
 Alkoholyse 30  
 $Al_2O_3$  204  
 AlMgSi 237, 2  
 Altfahrzeugverwertung  
 Altschrott, sortiert  
 Altstoff 279ff  
 – Aluminium  
 – metallisch  
 Aluminium 1  
 – Bauteil 178  
 – Bedarf 290  
 – Gewinnung  
 – Gusseisenlegierung  
 – Gusskomponente  
 – Gusswerkstoff  
 – Halbzeug, kalt  
 205  
 – Karosserie  
 – Pulver 194  
 – Sandgießen  
 – Spaceframe  
 – Strangpressen  
 – Verbrauch



**Prof. Dr. Hans Peter Degischer** ist Leiter des Instituts für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie der Technischen Universität Wien. Seinem Doktorat in Technischer Physik an der TU Wien folgte eine Vertragsprofessur an der Universidad de Oriente/Venezuela. Neben nahezu 20-jähriger Mitarbeit am Österreichischen Forschungszentrum Seibersdorf war er mehrere

Jahre Gastwissenschaftler am Hahn-Meitner-Institut in Berlin und am CNRS Rhone-Alpes, und hatte sieben Jahre leitende Funktionen in der F&E der Aluminium Ranshofen GmbH inne. 1994 gründete er das Leichtmetall-Kompetenzzentrum Ranshofen (LKR) und kehrte 1995 als Univ. Professor für Grundlagen der Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung an die TU Wien zurück. Er ist Herausgeber der Bücher "Verbundwerkstoffe" und "Handbook of Cellular Metals" im gleichen Verlag und Autor zahlreicher Publikationen über die Charakterisierung von metallischen Werkstoffen.



**Dr. Sigrid Lüftl** ist seit 2000 als Projektassistentin am Institut für Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnologie der Technischen Universität Wien tätig. Nach dem Studium der Kunststofftechnik an der Montanuniversität Leoben und einigen Jahren in der Baubranche im Bereich F&E folgte die Dissertation an der Technischen Universität Wien mit Promotion 2005.

Sie beschäftigt sich derzeit mit den Auswirkungen künstlicher Alterung auf die Eigenschaften von Thermoplasten. Zu diesem Thema wirkt sie als auch Autorin und Coautorin von wissenschaftlichen Beiträgen in der fach einschlägigen Literatur.

**D**ieses Buch bietet Ingenieuren und Werkstoffwissenschaftlern die Erklärung der komplexen Zusammenhänge zwischen zahlreichen Leichtbaumöglichkeiten. Es führt didaktisch von Anforderungsprofilen, Simulation und Bauteilentwicklung zu Materialauswahl, Formgebung und Fertigungstechniken. An mehreren Beispielen aus Transport und Rennsport werden die Methoden und wechselseitigen Abhängigkeiten der Material- und Formwahl veranschaulicht.

#### Aus dem Inhalt:

##### Leichtbauprinzipien

- Vorbild Natur
- Mechanik für den Leichtbau
- Bauteilversagen

##### Werkstoffangebot

- Werkstoffe und Gebrauchseigenschaften
- Polymermatrix-Verbundwerkstoffe
- Werkstoffauswahl

##### Fertigungstechnischer Leichtbau

- Gießtechnik
- Pulvermetallurgie
- Umformverfahren

##### Bauteilfertigung

- Polymermatrix-Verbundwerkstoffe
- Mischbauweisen
- Multimaterialkomponenten

##### Rezyklierbarkeit

- Stoffliche Wieder- und Weiterverwertung

##### Bauteilbeispiele aus dem Transport

- Prototyp MILA
- Flugzeug mit faserverstärkten Polymeren
- Ready to Race (Motorrad)
- Prototypfahrzeug CLEVER

##### Wirtschaftlichkeit

- Innovationschancen und -hemmnisse

ISBN 978-3-527-32372-2



www.wiley-vch.de