

Sebastian Schindler

**Strategische Planung von Technologieketten
für die Produktion**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 294

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2014

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.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2015

ISBN 978-3-8316-4434-6

Printed in Germany
Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Mitglied der Institutsleitung am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München (TUM).

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh, den Leitern des *iwb*, für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit. Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, dem Seniorprofessor für Produktentstehung am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn, möchte ich mich für die Übernahme des Korreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit recht herzlich bedanken.

Darüber hinaus bedanke ich mich herzlich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des *iwb*, die während meiner Zeit am Institut zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Besonders hervorheben möchte ich die sehr gute Zusammenarbeit mit meinen Kolleginnen und Kollegen der Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik.

Mein ausdrücklicher Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Kai Magenheimer sowie Herrn Jan-Fabian Meis für die wertvollen Hinweise und die gründliche Durchsicht meiner Arbeit. Außerdem möchte ich weiter Frau Dr.-Ing. Saskia Reinhardt, Herrn Dr.-Ing. Florian Karl, Herrn Dr.-Ing. Johannes Pohl, Herrn Dr.-Ing. Jörg Egbers sowie Herrn Tobias Maier für die fachlichen, humorvollen und immer wertvollen Diskussionen danken.

Schließlich gilt mein besonderer Dank meinen Eltern und meinem Bruder Florestan, der auch durch seinen fachlichen Input einen großen Anteil am Entstehen dieser Arbeit hat. Nicht zuletzt danke ich herzlichst Kathrin, die mir durch ihre immerwährende Unterstützung den Rücken freigehalten und so wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

München, im Juni 2014

Sebastian Schindler

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XIII
Formelzeichen	XVII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Untersuchungsrahmen	4
1.2.1 Begriffsdefinitionen	4
1.2.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereichs	10
1.3 Zielsetzung der Arbeit	15
1.4 Praktische Anwendung der Methodik	16
1.5 Aufbau der Arbeit	16
2 Stand der Forschung	19
2.1 Allgemeines	19
2.2 Technologiestrategie produzierender Unternehmen	19
2.3 Arten von Kriterien zur Beurteilung von Technologien	21
2.3.1 Klassifizierung der Arten von Kriterien	21
2.3.2 Modellierung der Arten von Kriterien	23
2.4 Ansätze zur Planung von Technologien	27
2.5 Ansätze zur Planung von Technologieketten	29
2.6 Ansätze zur Planung von Fertigungsfolgen	31
2.7 Ableitung des Handlungsbedarfs	34
3 Anforderungen an die Methodik	39
3.1 Allgemeines	39
3.2 Allgemeine Anforderungen an die Methodik	39
3.3 Praktische Anforderungen für die Anwendung	40
4 Bewertung von Technologien und Technologieketten	43
4.1 Allgemeines	43
4.2 Relevante Bewertungskriterien	43
4.3 Technologiereife	45

4.3.1	Allgemeines	45
4.3.2	Bestehende Ansätze	46
4.3.3	Bewertung der bestehenden Ansätze	51
4.3.4	Bestimmung der Reife	54
4.4	Wirtschaftlichkeit	61
4.4.1	Allgemeines	61
4.4.2	Bestimmung der Wirtschaftlichkeit	61
4.5	Technologiepotenzial	70
4.5.1	Allgemeines	70
4.5.2	Bestimmung des Technologiepotenzials	71
4.6	Technische Machbarkeit	76
4.6.1	Allgemeines	76
4.6.2	Bestimmung der technischen Machbarkeit	77
5	Methodik zur strategischen Planung von Technologieketten	81
5.1	Allgemeines	81
5.2	Übersicht über die Methodik	81
5.3	Schritt 1: Technologiestrategie und Produktdefinition	83
5.3.1	Allgemeines	83
5.3.2	Definition der Technologiestrategie	83
5.3.3	Definition der Produktionsaufgabe	83
5.4	Schritt 2: Technologieidentifikation und -vorauswahl	86
5.4.1	Allgemeines	86
5.4.2	Technologieidentifikation und -beschreibung	87
5.4.3	Technologiegröbbewertung und -vorauswahl	89
5.5	Schritt 3: Generierung von Technologieketten	91
5.5.1	Allgemeines	91
5.5.2	Wechselwirkungen innerhalb der Technologiekette	91
5.5.3	Bestehende Methoden	93
5.5.4	Bewertung der bestehenden Methoden	95
5.5.5	Methode zur Generierung von Technologieketten	98
5.6	Schritt 4: Bewertung der Technologieketten	103
5.7	Schritt 5: Interpretation und Auswahl	106
6	Anwendung der Methodik	109
6.1	Allgemeines	109
6.2	Anwendungsbeispiel	109
6.2.1	Beschreibung des Anwendungsbeispiels	109
6.2.2	Schritt 1: Technologiestrategie und Produktdefinition	109
6.2.3	Schritt 2: Technologieidentifikation und -vorauswahl	111
6.2.4	Schritt 3: Generierung von Technologieketten	112
6.2.5	Schritt 4: Bewertung der Technologieketten	115
6.2.6	Schritt 5: Interpretation und Auswahl	125
6.3	Bewertung der entwickelten Methodik	126

6.3.1	Technisch-wirtschaftliche Bewertung	126
6.3.2	Beurteilung der Anforderungen	127
6.3.3	Fazit	129
7	Zusammenfassung und Ausblick	131
A	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien	133
B	Detaillierte Ergebnisse der Bestimmung der Technologiereife des Anwendungsbeispiels	143
C	Detaillierte Ergebnisse der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit des Anwendungsbeispiels	145
D	Detaillierte Ergebnisse der Bestimmung des Technologiepotenzials des Anwendungsbeispiels	147
E	Betreute Studienarbeiten	149
	Literaturverzeichnis	151

Abbildungsverzeichnis

1.1	Einflussfaktoren auf ein produzierendes Unternehmen in Anlehnung an ZAEH ET AL. (2009) und WIENDAHL ET AL. (2007)	1
1.2	Zeitliche Entwicklung der Reife und des Wettbewerbspotenzials einer Technologie in Anlehnung an SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985)	3
1.3	Ausschnitt einer Technologiekette zur Fertigung eines Funktionsträgers in Anlehnung an FALLBÖHMER (2000)	6
1.4	Grundaktivitäten des Technologiemanagements und wesentliche Aufgaben der Technologieplanung in Anlehnung an SCHUH ET AL. (2011c) und KLAPPERT (2006)	11
1.5	Unterschiedliche Planungshorizonte der strategischen und operativen Technologieplanung in Anlehnung an EVERSHEIM (1996)	13
1.6	Vorgehen zur festlegung von Technologiekette, Fertigungsfolge und Produktionsstruktur in Anlehnung an REINHART & SCHINDLER (2012)	14
1.7	Aufbau der Arbeit und Strukturierung der Kapitel .	17
2.1	Vor- und Nachteile der beiden Positionierungsformen der technologischen Führerschaft und der technologischen Präsenz in Anlehnung an CORSTEN ET AL. (2006), DOWLING & HÜSING (2002) und PORTER (1999) . .	21
2.2	Modellierung von Unsicherheiten mittels Fuzzy-Logik und Wahrscheinlichkeitstheorie in Anlehnung an REINHART ET AL. (2011c)	26
2.3	Übersicht über die bestehenden Ansätze zur Bewertung und Planung von Technologien, Technologieketten sowie Fertigungsfolgen	35

3.1	Allgemeine und praktische Anforderungen an die Methodik zur strategischen Planung von Technologieketten	41
4.1	Konzept des Technologielebenszyklus und enthaltene Entwicklungsstufen in Anlehnung an FORD & RYAN (1981) und TIEFEL (2007)	46
4.2	Technology Readiness Level (TRL) der National Aeronautics and Space Administration (NASA) zur Beurteilung der Reife von Komponenten in der Luft- und Raumfahrt in Anlehnung an MANKINS (1995)	47
4.3	Beispielhafte Darstellung eines Reife-Profiles nach BROUSSEAU ET AL. (2009)	49
4.4	Übersicht über die bestehenden Ansätze zur Bestimmung der Reife von Produkten, Projekten und Technologien	52
4.5	Übersicht des Reifemodells zur Bestimmung des jeweiligen Reife-Fortschritts in den sieben Reifegradstufen	57
4.6	Übersicht über die vier Schritte der Methode zur Bestimmung der Technologiereife	59
4.7	Transformationsprozess durch eine Technologiekette zur Leistungserstellung in Anlehnung an WÖHE & DÖRING (2010) und SPUR (1998)	62
4.8	Systematisierung der Herstellkosten nach VOEGELE & SOMMER (2012)	63
4.9	Übersicht des Modells zur Bestimmung der Herstellkosten	64
4.10	Abschätzung der Entwicklungskosten für eine Technologiekette auf Basis des Reifemodells	66
4.11	Übersicht über die vier Schritte der Methode zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit	68
4.12	Bestimmung des Technologiepotenzials anhand technologischer Leistungsparameter in Anlehnung an WALENTOWITZ ET AL. (2009)	72
4.13	Übersicht über die vier Schritte der Methode zur Bestimmung des Technologiepotenzials	74

4.14	Zuordnung der technologischen Leistungsparameter der Technologiekette zur Bestimmung des Technologiepotenzials in Anlehnung an WALLENTOWITZ ET AL. (2009)	75
4.15	Werkstoff-, Produktions- und Produktmerkmale zur Bestimmung der technischen Machbarkeit	78
4.16	Übersicht über die vier Schritte der Methode zur Bestimmung der technischen Machbarkeit	79
5.1	Übersicht über die fünf Schritte der Methodik zur strategischen Planung von Technologieketten	82
5.2	Innovative Produktbestandteile in der Erzeugnis- bzw. Produktstruktur in Anlehnung an die DIN 199 (2002)	85
5.3	Beispiele für die Zuordnung von Technologien und Bauteil-Features anhand der Referenztechnologiekette	86
5.4	Technologiesteckbrief zur Beschreibung von im Rahmen der Technologiefrüherkennung identifizierten Technologien am Beispiel des Planschleifens	88
5.5	Technologieradar für die Grobbewertung der einzelnen Technologien und Zuordnung zu Bauteil-Features in Anlehnung an REINHART ET AL. (2012)	90
5.6	Arten von Wechselwirkungen innerhalb einer Technologiekette	92
5.7	Übersicht über bestehende Ansätze zur Generierung von alternativen Technologieketten	96
5.8	Übersicht über die vier Schritte der Methode zur Generierung alternativer Technologieketten	98
5.9	Zusammenführung der Modelle der Technologiereife, der Wirtschaftlichkeit und des Technologiepotenzials im Rahmen der Technologiefinbewertung	104
5.10	Histogramm des Eignungsgrads alternativer Technologieketten als Ergebnis der Technologiefinbewertung in Anlehnung an REINHART ET AL. (2011b)	105
5.11	Vergleich der Histogramme der Technologiekettenalternativen	106

5.12	Kippszenario zur Ermittlung der Einflusstärke von Faktoren auf das Bewertungsergebnis am Beispiel Materialpreis	107
6.1	Produktbeschreibung und Bauteil-Features der herzustellenden Wendeschneidplatte für die Hartmetallbearbeitung	110
6.2	Technologiegröbbewertung und -vorauswahl der im Rahmen des Technologie-Screenings identifizierten Alternativen zur Herstellung der verschiedenen Bauteil-Features der Wendeschneidplatte für die Hartmetallbearbeitung	111
6.3	Abbildung der Wechselwirkungen 1. Art zwischen den Bauteil-Features A bis E der Wendeschneidplatte für die Hartmetallbearbeitung	112
6.4	Abbildung der Wechselwirkungen 2. Art zwischen den Technologien T_1 bis T_6 zur Herstellung der Wendeschneidplatte für die Hartmetallbearbeitung	113
6.5	Abbildung der Wechselwirkungen 3. Art zwischen den Technologien T_1 bis T_6 zur Herstellung der Bauteil-Features A bis E der Wendeschneidplatte für die Hartmetallbearbeitung	114
6.6	Ergebnis der deterministischen Reifebestimmung der einzelnen Technologien der Technologiekette α	116
6.7	Übersicht über die Histogramme der Technologiereife für die einzelnen Technologien und die resultierende Technologiekette α	117
6.8	Ergebnis der deterministischen Reifebestimmung der Technologieketten α , γ und ζ	118
6.9	Übersicht über die Histogramme der Reife für die Technologiekette α , γ und ζ	118
6.10	Übersicht über die deterministische Berechnung der Herstellstückkosten der Technologiekette α	119
6.11	Übersicht über die deterministische Berechnung der Entwicklungskosten der Technologiekette α	120
6.12	Übersicht der Herstell- und Entwicklungskosten der Technologiekette α betrachtet für 10 Perioden	121

6.13	Übersicht über die Histogramme der Herstellstückkosten für die Technologiekette α , γ und ζ	122
6.14	Übersicht über die Histogramme der Kapitalwerte für die Technologiekette α , γ und ζ	123
6.15	Übersicht über die Zuordnung der technologischen Leistungsparameter zu den einzelnen Technologien der Technologiekette α	123
6.16	Übersicht über die Histogramme der Technologiepotenziale für die Technologiekette α , γ und ζ	125
6.17	Übersicht über die Histogramme der Eignungsgrade für die Technologiekette α , γ und ζ	126
6.18	Beurteilung der Erfüllung der an die Methodik zur strategischen Planung von Technologieketten gestellten Anforderungen	128
A.1	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 1: Grundlagenforschung . .	134
A.2	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 2: Machbarkeitsstudie . . .	135
A.3	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 3: Technologieentwicklung .	136
A.4	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 4: Technologiedemonstrator	137
A.5	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 5: Integration in Betriebsmittel (Teil 1)	138
A.6	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 5: Integration in Betriebsmittel (Teil 2)	139
A.7	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 6: Produktionsstruktur (Teil 1)	140
A.8	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 6: Produktionsstruktur (Teil 2)	141

A.9	Fragebogen zur Reifebestimmung von Produktionstechnologien - Reifegradstufe 7: Serieneinsatz	142
B.1	Detaillierte Ergebnisse der Reifebestimmung der einzelnen Technologien und Technologieketten α , γ und ζ des Anwendungsbeispiels	143
B.2	Übersicht über die Histogramme der Technologiereife für die einzelnen Technologien und die resultierende Technologiekette γ	144
B.3	Übersicht über die Histogramme der Technologiereife für die einzelnen Technologien und die resultierende Technologiekette ζ	144
C.1	Übersicht über die deterministische Berechnung der Herstellstückkosten der Technologiekette γ und ζ . .	145
C.2	Übersicht der Herstell- und Entwicklungskosten der Technologiekette γ betrachtet für 10 Perioden	146
C.3	Übersicht der Herstell- und Entwicklungskosten der Technologiekette ζ betrachtet für 10 Perioden	146
D.1	Übersicht über die Zuordnung der technologischen Leistungsparameter zu den einzelnen Technologien der Technologiekette γ	147
D.2	Übersicht über die Zuordnung der technologischen Leistungsparameter zu den einzelnen Technologien der Technologiekette ζ	147
D.3	Darstellung des Technologiepotenzials der Technologieketten α , γ und ζ anhand der S-Kurve	148

Tabellenverzeichnis

2.1	Merkmale zur Klassifikation von Kriterien in Anlehnung an KREBS (2012), RIMPAU (2010) und MÖLLER (2008)	23
2.3	Übersicht der Möglichkeiten zur Modellierung unterschiedlicher Arten von Kriterien in Anlehnung an KREBS (2012) und REINHART ET AL. (2011c)	24
5.1	Zulässige Produktionsabläufe nach Berücksichtigung von Wechselwirkungen 1. Art	101
5.3	Alternative Technologieketten als Ergebnis der Generierung unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen 1. bis 3. Art	102
6.1	Zulässige Produktionsabläufe für die Herstellung der Wendeschneidplatte für die Hartmetallbearbeitung nach Berücksichtigung von Wechselwirkungen 1. Art	113
6.3	Alternative Technologieketten zur Herstellung der Wendeschneidplatte für die Hartmetallbearbeitung unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen 1. bis 3. Art als Ergebnis der Generierung	115

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AHP	Analytic Hierarchy Process
BF	Bauteil-Feature
BGK	Beschaffungsgemeinkosten
bsph.	beispielhaft
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CMM	Capability Maturity Model
CNC	Computerized Numerical Control
d. h.	das heißt
DGR	Deutsche Gesellschaft für Risikomanagement e. V.
DIN	Deutsches Institut für Normung
EK	Entwicklungskosten
engl.	englisch
ESA	European Space Agency
et al.	et alii
FEK	Fertigungseinzelkosten
FGK	Fertigungsgemeinkosten
FK	Fertigungskosten
FSK	Fertigungsstückkosten
ggf.	gegebenenfalls
ggü.	gegenüber

HK	Herstellkosten
HSK	Herstellstückkosten
i. A.	im Allgemeinen
i. d. R.	in der Regel
i. W.	im Wesentlichen
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
K. o.	Knocked out
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MA	Mitarbeiter
MEK	Materialeinzelkosten
Mg	Chemisches Zeichen für Magnesium
MGK	Materialgemeinkosten
MK	Materialkosten
MRL	Manufacturing Readiness Level
MSK	Materialstückkosten
MSS	Mitarbeiterstundensatz
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NC	Numerical Control
NPV	Net Present Value
o. Ä.	oder Ähnliches
OEM	Original Equipment Manufacturer
OSD	Office of the Secretary of Defense
PCMM	Process Capability Maturity Model
PE	Produktentwicklung
PEP	Produktentstehungsprozess
PKD	Polykristalliner Diamant
PLZ	Produktlebenszyklus
PMI	Project Management Institute
PPIM	Process Pair Interface Model

PT	Personentage
ROI	Return on Investment
SE	Simultaneous Engineering
sog.	sogenannte
SOP	Start of Production
SPP	Strategische Produktplanung
Tab.	Tabelle
TFA	Technologiefrühaufklärung
TLZ	Technologielebenszyklus
TM	Technische Machbarkeit
TMA	Technology Maturity Assessment
TP	Technologiepotezial
TR	Technologiereife
TRC	Technology Readiness Calculator
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens
TRL	Technology Readiness Level
TSS	Technologiestundensatz
TUM	Technische Universität München
u. a.	unter anderem
u. U.	unter Umständen
v. a.	vor allem
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WC-Co	Chemisches Zeichen für Wolframcarbid-Cobalt-Hartmetalle
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

Formelzeichen

Griechische Buchstaben

Einige der in dieser Arbeit verwendeten Formelzeichen werden mit verschiedenen Bedeutungen verwendet. Die jeweilige Bedeutung sowie die zugehörige Einheit ergeben sich entweder aus dem Kontext oder werden im Text erläutert.

$\alpha, \beta, \gamma \dots$	Technologieketten
α_L	Lernfaktor
$\varphi_{E,TK}$	Eignungsgrad einer Technologiekette
$\overline{\varphi_E}$	Mittelwert des Eignungsgrad der Technologiekette
φ_{LF}	Potenzial des technologischen Leistungsparameters
φ_{TK}	Potenzial der Technologiekette

Lateinische Buchstaben

$A, B, C \dots$	Bauteil-Feature des herzustellenden Produktes
$a, b, c \dots$	Baugruppen eines Produktes
a	Anzahl relevanter technologischer Leistungsparameter
$A_{i,TK}$	Anforderungen an die Technologiekette
A_t	Auszahlungen der Periode t
Al	Chemisches Zeichen für Aluminium
E_t	Einzahlungen der Periode t
EK_T	Entwicklungskosten der Technologie
EK_{TK}	Entwicklungskosten der Technologiekette
$F_{i,TK}$	Fähigkeiten der Technologiekette i

f_{Work}	Bedienverhältnis
FSK_{TK}	Fertigungsstückkosten der Technologiekette
GW_{LF}	Grenzwert des technologischen Leistungsparameters
HSK_{TK}	Herstellstückkosten der Technologiekette
I	Input eines Transformationsprozesses
i	Laufvariable für die Höhe der Reifegradstufe
i_{NPV}	Kalkulationszinssatz
$i_{NPV,TK}$	Kalkulationszinssatz der Technologiekette
I_t	Investition zum Zeitpunkt t
K_{Energy}	Energiekosten
K_{Invest}	Investitionskosten
K_{Labour}	Personalkosten
$K_{License}$	Lizenzkosten
$K_{Material}$	Kosten für Werk- und Hilfsstoffe
$K_{Service}$	Dienstleistungskosten
K_{Supply}	Kosten für Zulieferteile
$K_{ValueAdd}$	Kosten für bereits erfolgte Wertschöpfung
l	Kantenlänge
M_{BFR}	Bauteil-Feature-Relation-Matrix
M_T	Reife der Technologie
M_{TBFR}	Technologie-Bauteil-Feature-Relation-Matrix
M_{TK}	Reife der Technologiekette
M_{TR}	Technologie-Relation-Matrix
NPV_{TK}	Kapitalwert der Technologiekette
$M_{Material}$	Werkstoffmerkmale
$M_{Product}$	Produktmerkmale
$M_{Production}$	Produktionsmerkmale
$m_{TRL,i}$	Reife-Fortschritt der Technologie in der Reifegradstufe i
$m_{TRL,TK,i}$	Reife-Fortschritt der Technologiekette in der Reifegradstufe i

Max	Maximaler Wert der Wahrscheinlichkeitsverteilung
MSK_{TK}	Materialstückkosten der Technologiekette
Min	Minimaler Wert der Wahrscheinlichkeitsverteilung
n	n -te Technologie einer Technologiekette
O	Output eines Transformationsprozesses
P_{LF}	Position des technologischen Leistungsparameters
$q_{k,i}$	Gewichtungsfaktor der Bewertungskriterien i
$q_{M,i}$	Gewichtungsfaktor der Reifegradstufe i
$q_{TK,\phi,i}$	Gewichtungsfaktor des technologischen Leistungsparameters i
R_z	Schartigkeit
s	Standweg
u	Stückzahl
u_t	für die Periode t prognostizierte Stückzahl
t_F	Fertigungszeit
T	Betrachtungszeitraum
T_E	Einsatztemperatur
T_i	Technologie i
V_G	Volumen des Hartmetall-Grundkörpers
V_S	Volumen des PKD-Schneideinsatzes
W	Wirtschaftlichkeit
WW	Wahrscheinlichster Wert der Wahrscheinlichkeitsverteilung
x	Zähler für das x -te herzustellende Produkt

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Im Zuge der Globalisierung stehen produzierende Unternehmen im weltweiten Wettbewerb zueinander (BULLINGER 2009). Die Wettbewerbsfähigkeit und der Erfolg wird erheblich davon bestimmt, wie Unternehmen im Kontext sich ändernder Rahmenbedingungen, wie gesteigerten Kundenanforderungen (LINDEMANN ET AL. 2003), erzielbaren Materialpreisen (WANNENWETSCH 2010), neu am Markt verfügbaren Produktionstechnologien (LICHTENTHALER 2008) oder dem Vorhandensein von Konkurrenten (PORTER 1999), agieren können.

Abb. 1.1 zeigt eine Übersicht von potenziellen Einflussfaktoren auf produzierende Unternehmen. Während externe Einflussfaktoren, wie die Veränderung der Wettbewerbssituation oder konjunkturelle Einflüsse, aus dem Unternehmensumfeld stammen und i. d. R. nicht verändert werden können (COOPER 1979), sind interne Einflussfaktoren, wie bspw. der Einsatz von im Unternehmen verfügbaren Technologien oder das Know-how der Mitarbeiter, in Grenzen veränderbar und können durch das Unternehmen selbst festgelegt werden (ZAEH ET AL. 2009). Interne Einflussfaktoren sind daher von enormer Bedeutung für die unternehmerische Wettbewerbsfähigkeit (BOLZ 2008). Eine Vielzahl der internen sowie externen Einflussfaktoren ist nicht konstant (ZAEH ET AL. 2009), sondern verändert sich mit der Zeit und unterliegt einer gewissen Unsicherheit, was den Planungsprozess erschwert (LANZA ET AL. 2012).

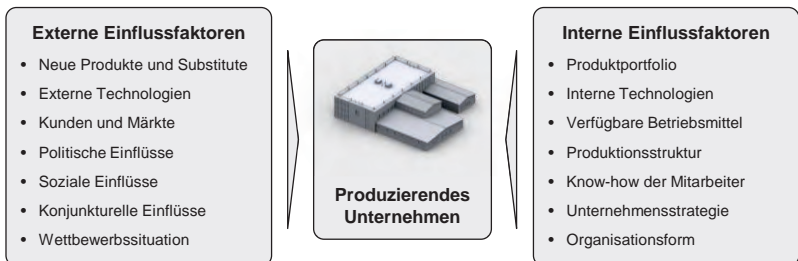


Abb. 1.1: Einflussfaktoren auf ein produzierendes Unternehmen in Anlehnung an ZAEH ET AL. (2009) und WIENDAHL ET AL. (2007)

Beispiele für derartige Einflussfaktoren sind die Innovationszyklen von Produkten und Technologien (NYHUIS ET AL. 2008; GUNDLACH ET AL. 2010), Forderungen nach Nachhaltigkeit (SELIGER 2012), die zunehmende Kombination von Produkten und Dienstleistungen (MEIER & UHLMANN 2012), soziale Einflüsse aus der Gesellschaft, wie gesteigerte Anforderungen an die Ressourceneffizienz von Maschinen und Anlagen (ERHARDT & PASTEWSKI 2010), oder sich ändernde Kundenbedarfe (DU ET AL. 2005).

In der wissenschaftlichen Literatur werden diese dynamischen Rahmenbedingungen als *turbulentes Unternehmensumfeld* bezeichnet (REINHART ET AL. 1999; WIENDAHL ET AL. 2007; ELMARAGHY & WIENDAHL 2009). Um in einem derartig unsicheren Umfeld bestehen zu können, sind v. a. Unternehmen an Hochlohn-Standorten gefordert, ständig zu überprüfen, ob die in der Leistungserstellung eingesetzten Produktionstechnologien zukünftigen Anforderungen genügen (MILBERG 2005; KLOCKE 2009a; SCHUH ET AL. 2011a). Den internen und externen *Technologien* aus Abb. 1.1 kommen eine immense Bedeutung zu, da diese Auswirkungen auf die strategische Ausrichtung eines Unternehmens haben (SPECHT & BERNTSEN 2009; ZAHN 2004; SPATH 2004).

Eine erfolgversprechende Möglichkeit, Wettbewerbsvorteile zu erschließen, ist das Streben nach Technologieführerschaft (PORTER 1999). Hierbei gilt es, Technologien einzusetzen, die einerseits ein realisierbares Potenzial versprechen, sich von der Konkurrenz abzusetzen (GAUSEMEIER ET AL. 2011; ARDILIO & LAIB 2008), andererseits aber ausreichend weit entwickelt und ausgereift sein müssen, um erfolgreich produzieren zu können (WÖRDENWEBER & WICKORD 2008). Die evolutionäre Entwicklung dieser Eigenschaften einer Technologie kann in Form eines Technologielebenszyklus beschrieben werden (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985). Abb. 1.2 zeigt beispielhaft die schematischen Verläufe der Reife und des Wettbewerbs- bzw. Technologiepotenzials.

Je geringer die Reife einer Technologie ist, desto höher sind mit ihrem Einsatz verbundene technische und organisatorische Risiken (VALERDI & KOHL 2004; MANKINS 1995). Werden im Rahmen der Produktion unausgereifte Technologien eingesetzt, können Mehrkosten bspw. durch die Produktion von fehlerhaften Teilen oder den übermäßigen Verbrauch von Ressourcen entstehen (NEUGEBAUER 2008), die es zu vermeiden gilt (BENES & GROH 2010). Für den wirtschaftlichen Einsatz müssen Technologien daher ein angemessenes Maß an Reife aufweisen und ausreichend beherrscht werden (SCHUH ET AL. 2011e). Ein Nachteil ausgereifter Technologien ist jedoch, dass das mit ihnen verbundene Wettbewerbspotenzial äußerst gering ist, da sie keine Differenzierungsmöglichkeit zu konkurrierenden Unternehmen bieten (TIEFEL 2007). In Abhängigkeit des aktuellen Entwicklungsstands können einer Technologie daher unterschiedliche, strategische Rollen zugewiesen werden (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985).

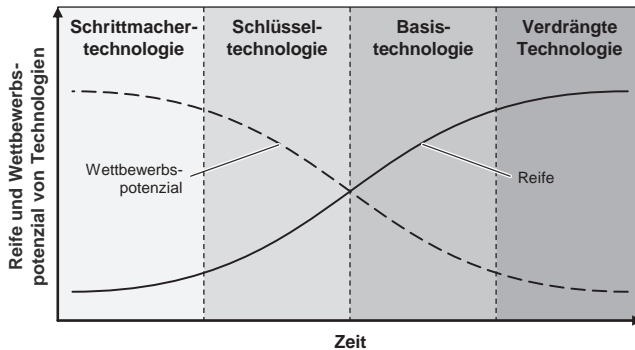


Abb. 1.2: Zeitliche Entwicklung der Reife und des Wettbewerbspotenzials einer Technologie in Anlehnung an SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985)

Während *Schrittmacher-* oder *Schlüsseltechnologien* ein erhebliches Potenzial besitzen, sich vom Wettbewerb abzusetzen, weisen *Basistechnologien* keine Differenzierungsmerkmale auf (HEUBACH ET AL. 2008). Letztere werden i. d. R. durchgehend in einer Branche eingesetzt, da sie frei am Markt verfügbar und für jedes Unternehmen zugänglich sind. Finden *verdrängte Technologien* Anwendung, zu denen am Markt Substitute existieren, welche die Produktionsaufgabe in besserer Art und Weise, d. h. bspw. kostengünstiger oder qualitativ hochwertiger, bewerkstelligen, entstehen sogar Nachteile für das Unternehmen (SCHUH ET AL. 2011e).

Die Technologieführerschaft kann nur erreicht werden, wenn ein signifikanter Wissensvorsprung gegenüber dem Wettbewerb existiert (PORTER 1999). Unternehmen müssen daher danach streben, v. a. neue Technologien in der Produktion einzusetzen (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Der Wechsel zum richtigen Zeitpunkt zur richtigen Technologie ist aus Wettbewerbsicht entscheidend (ABELE & REINHART 2011; SCHRAFT ET AL. 1996). Um einen maximalen Wissensvorsprung bei kalkulierbarem Risiko zu erzielen, ist festzustellen, ab welchem Zeitpunkt eine neue Technologie einsatzfähig ist. Anschließend muss untersucht werden, wann der Wechsel auf diese neue Technologie vor dem Hintergrund der laufenden Produktion stattfinden sollte (KLAPPERT 2006).

Bei der Herstellung von Produkten kommen i. d. R. eine Vielzahl an Fertigungs- und Montageverfahren zum Einsatz, was zu einem weiteren Aspekt führt, welcher bei der strategischen Technologieplanung zu berücksichtigen ist (EVERSHEIM ET AL. 2005; FIEBIG 2004). Die Reihenschaltung von einzelnen Technologien wird in der wissenschaftlichen Literatur als *Technologiekette* bezeichnet (FALLBÖHMER 2000).

Die einzelnen Verfahren einer Technologiekette beeinflussen sich aufgrund komplexer Wechselwirkungen z. T. gegenseitig (DENKENA ET AL. 2005; SCHUH & KNOCH 2005; BIERMANN ET AL. 2013). Wird zu Beginn der Herstellung eines Bauteils bspw. ein gusstechnisches Verfahren eingesetzt, so sind nachgelagerte Schweißoperationen u. U. nicht oder nur mit erhöhtem Aufwand möglich (DEINZER & RETHMEIER 2006). Aufgrund dieser Wechselwirkungen und der Auswirkungen auf die Chancen und Risiken innerhalb der Technologiekette kommt der Entscheidung für oder gegen eine einzelne Technologie eine immense Bedeutung zu (HIRT ET AL. 2012; DENKENA & HENNING 2008). Die einzelnen Verfahren einer Technologiekette dürfen daher nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, sondern sind immer im Gesamtverbund zu sehen.

Als Resultat des oben beschriebenen turbulenten Unternehmensumfelds existiert ein sich zeitlich veränderndes Spektrum an momentan und zukünftig verfügbaren Technologien (ZAEH ET AL. 2009; FOSTER 1986), das es bei der Planung einer Technologiekette zu berücksichtigen gilt. Aus strategischer Sicht ist neben der Weiterentwicklung bestehender Technologien daher ständig zu überprüfen, ob die in der Produktion eingesetzten Verfahren und Technologieketten zukünftigen Anforderungen genügen oder ob Alternativen existieren, die die Produktionsaufgabe besser bewerkstelligen (KLAPPERT 2006). Hierzu muss in erster Linie die Eignung von Technologien und Technologieketten in Abhängigkeit des sich zeitlich verändernden Unternehmensumfelds beurteilt werden. Dabei sind die für die strategische Planung von Technologieketten relevanten Einflussfaktoren und Bewertungskriterien zu identifizieren (ABELE & REINHART 2011).

1.2 Untersuchungsrahmen

1.2.1 Begriffsdefinitionen

1.2.1.1 Allgemeines

Im Rahmen der Planung von Technologieketten existiert eine Reihe von Begriffen und Definitionen, die in der wissenschaftlichen Literatur z. T. unterschiedlich verwendet werden. Außerdem werden in der Technologieplanung unterschiedliche Sichtweisen und Detaillierungsgrade (SCHUH ET AL. 2011e) verwendet. Für ein einheitliches Verständnis ist eine klare Definition der Begrifflichkeiten unabdingbar. Daher werden im Folgenden die für diese Arbeit zentralen Begriffe eingeführt und erläutert.

1.2.1.2 Technologie

In der wissenschaftlichen Literatur wird unter einer Technologie das naturwissenschaftliche Wissen verstanden, das notwendig ist, um Lösungswege für technische Probleme zu erarbeiten (PERILLIEUX 1987; BULLINGER 1996; WOLFRUM 2000). Eine Technologie entspricht in erster Linie dem Know-how über die Anwendung und wird in Form einer Technik¹ (z. B. in einer Werkzeugmaschine) physisch umgesetzt (BULLINGER 1994). Je nach Sichtweise lassen sich verschiedene Arten von Technologien unterscheiden und anhand diverser Klassifizierungsansätze² einteilen (VOIGT 2008).

Hinsichtlich der wettbewerbsstrategischen Bedeutung wurden u. a. bereits Schrittmacher-, Schlüssel-, Basistechnologien und verdrängte Technologien eingeführt (siehe Abb. 1.2). Bezüglich des Einsatzgebiets lassen sich Technologien in Produkt- und Produktionstechnologien unterscheiden (BULLINGER 1996; GERPOTT 2005; VOIGT 2008). Produkttechnologien entsprechen dem technischen Wissen, das zur Darstellung von einer oder mehreren Funktionen eines Produkts notwendig ist. Produktionstechnologien (Verfahrens- bzw. Prozessstechnologien) werden zur Herstellung von Produkten oder Komponenten eingesetzt. SPUR (2008) versteht unter einer Produktionstechnologie die Lehre der Umwandlung und Kombination von Produktionsfaktoren in Produktionsprozessen unter Nutzung materieller, energetischer und informationstechnischer Wirkflüsse. Je nach Hersteller- oder Anwendersicht können Produktionstechnologien als Produkttechnologien angesehen werden (VOIGT 2008; SCHUH ET AL. 2011e). Produktionstechnologien werden weiter in Primär- und Sekundärtechnologien unterteilt (MÜLLER 2007). Während Primärtechnologien direkt zur Wertschöpfung am Produkt beitragen, haben Sekundärtechnologien keinen wesentlichen Wertschöpfungsanteil und werden i. d. R. nur für Unterstützungsfunktionen (z. B. Reinigen oder Handhaben) eingesetzt.

Aus Sicht der Fabrikplanung werden Produktionstechnologien in Fertigungs-, Montage- und Logistiktechnologien unterteilt (WIENDAHL ET AL. 2009). Fertigungstechnologien umfassen alle Fertigungsprozesse bzw. -verfahren nach DIN 8580 (2003) und werden in sechs Hauptgruppen unterteilt. Zu den Montagetechnologien zählen sämtliche Verfahren, die für den Zusammenbau von Einzelteilen und Baugruppen notwendig sind (LOTTER 2006). Logistiktechnologien beziehen sich auf die raum-zeitliche Bereitstellung von Objekten im

¹ Eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Begriffen Technologie und Technik sowie eine Abgrenzung lassen sich bei PEIFFER & PEIFFER (1992), BINDER & KANTOWSKY (1996), SPUR (1998), LICHTENTHALER (2002) oder SCHÖNING (2006) finden. Der Zusammenhang zwischen Theorie, Technologie, Technik und Innovation wird von SPECHT & BECKMANN (1996) oder LAUBE (2009) beschrieben.

² Eine umfangreiche Übersicht über die Klassifikation und Systematisierung unterschiedlicher Technologiearten liefert GERPOTT (2005).

Rahmen der Beschaffung, der Produktion, der Distribution und der Entsorgung (WIENDAHL ET AL. 2009). Aus Sicht des Einsatzgebietes betrachtet die wissenschaftliche Literatur neben Produkt- und Produktionstechnologien auch noch weitere Technologiearten, wie bspw. Werkstoff- (RUGE & WOHLFAHRT 2007) oder Informationstechnologien (MOCH 2011).

Unter dem Begriff *Technologie* werden in dieser Arbeit Produktionstechnologien zur Herstellung eines Produktes verstanden. Hierzu zählen sowohl Fertigungs- als auch Montagetechnologien³.

1.2.1.3 Technologiekette

Unter dem Begriff der Technologiekette wird in der wissenschaftlichen Literatur die abstrakte, sequentielle Aneinanderreihung von Produktionstechnologien, also Fertigungs- und Montagetechnologien, zur Herstellung eines Funktions-trägers, wie beispielsweise eines Produkts oder einer Komponente, verstanden (FALLBÖHMER 2000; KNOCH 2005; KLOCKE & WILLMS 2007). Abb. 1.3 zeigt, wie die Wertschöpfung an einem Funktionsträger durch eine Technologiekette beginnend mit einem Rohteil oder Halbzeug über definierte Zwischenzustände in einen festgelegten Endzustand erbracht wird. Der Ausgangszustand einer Technologie stellt dabei gleichzeitig den Eingangszustand der nachfolgenden Technologie dar. Die Festlegung einer Technologiekette ist betriebsmittelunabhängig und unternehmensneutral, weshalb Transport-, Handhabungs-, Lager- oder Prüfschritte nicht berücksichtigt werden (TROMMER 2001).

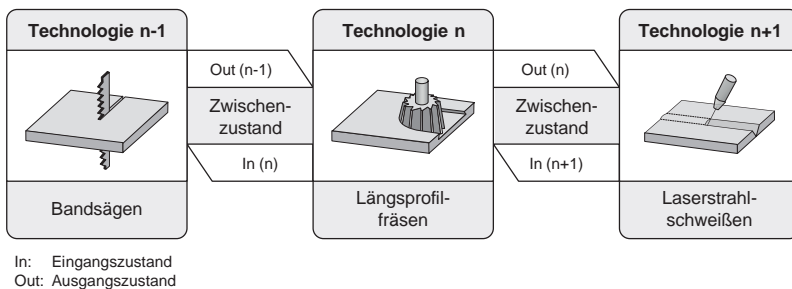


Abb. 1.3: Ausschnitt einer Technologiekette zur Fertigung eines Funktionsträgers in Anlehnung an FALLBÖHMER (2000)

³ Logistiktechnologien, wie sie WIENDAHL ET AL. (2009) vorgeschlagen, werden explizit nicht betrachtet.

In dieser Arbeit entspricht der Begriff *Technologiekette* der Reihenschaltung von einzelnen Produktionstechnologien gemäß der Definition nach FALLBÖHMER (2000). Dabei erfolgt die Verkettung der einzelnen Technologien unabhängig von den einzusetzenden Betriebsmitteln, weshalb keine Lager-, Handhabungs-, Transport- oder Prüfschritte betrachtet werden. Im Rahmen der Produktion eines physischen Produktes sind i. d. R. mehrere Komponenten, welche mit unabhängigen Technologieketten hergestellt werden, zu fügen. Aus diesem Grund können Technologieketten parallel durchlaufen werden, müssen aber den Anforderungen des Fügeprozesses genügen, d. h. sie müssen verbunden werden können.

1.2.1.4 Betriebsmittel

Nach VDI-Richtlinie 2815 werden unter Betriebsmitteln⁴ alle technischen Geräte, Einrichtungen, Maschinen und Anlagen verstanden, die der betrieblichen Leistungserstellung dienen (VDI 2851 1987). Betriebsmittel können in eine Reihe von Arten, wie Ver- und Entsorgungsanlagen, Mess- und Prüf- oder Lagermittel gegliedert werden. Die Realisierung der Produktionsaufgabe basiert auf der Zuordnung der Technologien zu den vorhandenen Betriebsmitteln. Nach WIENDAHL ET AL. (2009) lassen sich Betriebsmittel aus Sicht der Fabrikplanung in Fertigungs-, Montage- und Logistikmittel unterteilen. Fertigungsmittel werden zur Durchführung der Fertigungsaufgaben durch den Einsatz von Fertigungstechnologien verwendet. Während Montagemittel der Realisierung von Montagetechnologien dienen, werden Logistikmittel eingesetzt, um Logistiktechnologien umzusetzen.

In dieser Arbeit wird unter dem Begriff *Betriebsmittel* die Gesamtheit aller Geräte, Einrichtungen, Maschinen und Anlagen zur Leistungserstellung verstanden, denen Technologien zugeordnet werden können. Hierzu zählen demnach lediglich Fertigungs- und Montagemittel nach WIENDAHL ET AL. (2009).

1.2.1.5 Fertigungsfolge

Fertigungsfolgen basieren grundsätzlich auf zuvor aufgestellten Technologieketten und sind produktionsmittelbezogen, da den einzelnen Technologien konkrete Betriebsmittel (z. B. Fräsen auf dem 5-Achsen-Bearbeitungszentrum)

⁴ Synonym zu „Betriebsmittel“ werden in der wissenschaftlichen Literatur auch die Begriffe Produktionsmittel oder Ressource verwendet. Der Begriff Ressource stellt aus Sicht der Fabrikplanung eine Erweiterung dar, da er zusätzlich menschliche Einsatzkräfte, Geldmittel und Rohstoffe umfasst (WIENDAHL ET AL. 2009).

zugeordnet werden (SCHELL 1996; TROMMER 2001). Fertigungsfolgen berücksichtigen neben den einzelnen Zwischenzuständen auch die im Materialfluss befindlichen Lager-, Handhabungs-, Transport- und Prüfschritte (BRECHER ET AL. 2005). Daher werden Fertigungsfolgen auch als das Bindeglied zwischen Konstruktion und Produktionsplanung bezeichnet, weil erst durch sie die einzelnen Bauteil-Features mit der realen Produktionsumgebung verknüpft werden.

Für den Begriff *Fertigungsfolge* wird in dieser Arbeit die Definition nach TROMMER (2001) verwendet, wonach diese die Zuordnung der einzelnen Technologien einer Technologiekette zu konkreten Betriebsmitteln festlegt und dabei die im Materialfluss befindlichen Lager-, Handhabungs-, Transport- und Prüfschritte beinhaltet.

1.2.1.6 Produktionsstruktur

In der wissenschaftlichen Literatur existiert keine einheitliche Definition des Begriffs der Produktionsstruktur (DOHMS 2001). Durch die Produktionsstruktur wird die Produktion in Bereiche und Segmente untergliedert (ERLACH 2010). Die Produktionsstruktur beinhaltet die organisatorische Zuordnung der Fertigungsart (z. B. Einzel-, Serien- und Massenfertigung) und die Verknüpfung der einzelnen Betriebsmittel (HERNÁNDEZ MORALES 2002). In Abhängigkeit des Detaillierungsgrads bezieht sich die Produktionsstruktur auch auf die räumliche Positionierung von betrieblichen Struktureinheiten, wie bspw. Maschinen oder Arbeitsplätzen (WIENDAHL ET AL. 2009), weshalb sie das Fabriklayout beeinflusst. In dieser räumlichen Struktur werden neben dem Materialfluss auch das Fertigungsprinzip (z. B. Werkstatt-, Fließ- oder Baustellenprinzip) sowie Medien- und Informationsflüsse abgebildet (WIENDAHL ET AL. 2009).

In dieser Arbeit wird unter dem Begriff *Produktionsstruktur* die räumliche Anordnung und Verknüpfung der eingesetzten Betriebsmittel unter Berücksichtigung der Fertigungsfolge verstanden. Die Produktionsstruktur entspricht aus dieser Sichtweise dem Feinlayout nach der Definition von WIENDAHL ET AL. (2009) bzw. dem Produktionslayout nach der Definition von HERNÁNDEZ MORALES (2002).

1.2.1.7 Reife

Die Begriffe der Reife und der Technologiereife werden in der wissenschaftlichen Literatur im Kontext der strategischen Planung von Produktionstechnologien synonym verwendet (TIEFEL 2007; WÖRDENWEBER & WICKORD 2008), eine klare Definition existiert jedoch nicht. Die Reife gilt als Maß für den Entwicklungsstand einer Technologie.

Somit bildet die Reife einer Technologie deren Leistungsfähigkeit und noch für die Anwendung aufzuwendende Kapazitäten ab (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985; VALERDI & KOHL 2004; HEUBACH ET AL. 2008). Wie bereits in Abb. 1.2 dargestellt wurde, nimmt die Reife⁵ einer Technologie im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten bspw. durch Unternehmen oder Forschungsinstitute im Laufe der Zeit kontinuierlich zu (FORD & RYAN 1981).

In dieser Arbeit wird unter dem Begriff *Reife* der aktuelle Entwicklungsstand einer Technologie im Bezug auf deren technische und organisatorische Anwendbarkeit in der Serienproduktion verstanden.

1.2.1.8 Technologiepotenzial

Für das Potenzial einer Technologie existiert in der wissenschaftlichen Literatur keine allgemeingültige Definition. REMINGER (1990) versteht unter dem Potenzial einer Technologie sowohl das Risiko als auch die Chance, Wettbewerbsvorteile zu erringen. BULLINGER (1994) beschreibt das Potenzial als die Eigenschaft einer Technologie, sich von Konkurrenten zu differenzieren. Grundsätzlich besitzen Technologien ein hohes Wettbewerbspotenzial, wenn sie im Sinne der Kernkompetenz maßgeblich für den unternehmerischen Erfolg und damit die Entwicklung der Marktposition sind (SCHUH ET AL. 2011e; WÖRDENWEBER & WICKORD 2008; PFEIFFER & DÖGL 1986). BOOS ET AL. (2011) zählen zu dem Potenzial von Technologien die Erzeugung neuer Produkte, die Steigerung der Produktqualität und die Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Betriebsmitteln. BULLINGER (1996) hebt die Möglichkeit der Verbesserung von Produkteigenschaften durch den Einsatz von potenzialträchtigen Technologien hervor sowie die Senkung von Durchlaufzeiten und Kosten, was sich positiv auf die Produktivität auswirkt (SCHUH ET AL. 2011b). SCHÖNING (2006) unterscheidet im Bezug auf Technologien das Technologie-, Nutzen- und Marktpotenzial, wobei das Technologiepotenzial die Leistungsfähigkeit beschreibt.

Unter dem Begriff *Technologiepotenzial* werden in dieser Arbeit diejenigen Fähigkeiten und Eigenschaften einer Technologie verstanden, die einen wesentlichen technologischen Nutzen bei deren Anwendung bringen. Das Technologiepotenzial bezieht sich daher ausschließlich auf die technologische Leistungsfähigkeit⁶.

⁵ Anhand der Reife lässt sich die Anwendbarkeit einer Technologie für den wirtschaftlichen Einsatz in der Serienproduktion abschätzen (KRÖLL 2007). Da die Reife negativ mit dem technischen und organisatorischen Risiko, das beim Einsatz einer Technologie besteht, korreliert (WESTKÄMPER & BALVE 2009; NONN 2009; VELLA ET AL. 2010), müssen Unternehmen stets darauf achten, Technologien einzusetzen, die ein Mindestmaß an Reife aufweisen (WOLFRUM 2000).

⁶ Weitere Potenziale von Technologien, wie bspw. die indirekte Beeinflussung von Absatzmärkten, werden hierbei nicht betrachtet.

Dies kann bspw. die Fähigkeit sein, unterschiedliche Materialien bearbeiten oder bestimmte Toleranzen fertigen zu können.

1.2.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereichs

1.2.2.1 Technologieplanung als Teil des Technologiemanagements

WESTKÄMPER & BALVE (2009) definieren das Technologiemanagement als die Organisation von Anwendung neuer technologischer Erkenntnisse zur Unterstützung der Unternehmensziele und -strategien. In ihrem Ordnungsrahmen von Produktion und Management nennen BOOS ET AL. (2011) das Technologiemanagement als einen von neun essentiellen Unternehmensprozessen. Da Technologien einen wesentlichen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen haben, müssen diese schnell und kundenorientiert entwickelt, eingesetzt und rechtzeitig substituiert werden (SCHUH ET AL. 2011b). Dabei ist es das Ziel des Technologiemanagements, benötigte Produkt-, Material und Produktionstechnologien zum richtigen Zeitpunkt und zu verhältnismäßigen Kosten verfügbar zu machen (GAUSEMEIER ET AL. 2006; BULLINGER 1996). Nach BULLINGER (2002) integriert das Technologiemanagement die Planung, Gestaltung, Optimierung, Einsatz und Bewertung von technischen Produkten und Prozessen. Letztere beinhalten im Wesentlichen Technologien zur Erfüllung der Produktionsaufgabe. Eine der Kernaufgaben des Technologiemanagements ist dabei die Bereitstellung von geeigneten Methoden und Vorgehensweisen (ABELE 2006; SPATH 2004).

Abb.1.4 zeigt die von SCHUH ET AL. (2011c) formulierten Grundaktivitäten des Technologiemanagements sowie die wesentlichen Aufgaben der Technologieplanung (KLAPPERT 2006). Im Rahmen der Technologiefrüherkennung werden frühe Entwicklungen in relevanten Technologiefeldern wahrgenommen (WELLEN-SIEK ET AL. 2011). Darauf aufbauend gilt es in der Technologieplanung, konkrete Vorgaben für die Entwicklung und den Einsatz von Technologien abzuleiten (SCHUH ET AL. 2011d). In der Technologieentwicklung und -verwertung werden die Vorgaben aus der Technologieplanung umgesetzt und die Anwendungstauglichkeit sichergestellt (KLAPPERT ET AL. 2011). Somit operationalisiert die Technologieplanung die von der Technologiestrategie festgelegten Unternehmensziele und repräsentiert das Bindeglied zwischen Technologiefrüherkennung und Technologieentwicklung sowie -verwertung (SCHUH ET AL. 2011b). Die von HAAG ET AL. (2011) beschriebene Technologiebewertung kommt dabei in verschiedenen Phasen und Aspekten der Technologieplanung zur Anwendung.



Abb. 1.4: Grundaktivitäten des Technologiemanagements und wesentliche Aufgaben der Technologieplanung in Anlehnung an SCHUH ET AL. (2011c) und KLAPPERT (2006)

1.2.2.2 Strategische und operative Technologieplanung

EVERSHEIM (1996) unterteilt die Technologieplanung in eine strategische und eine operative Komponente. Während bei der strategischen Technologieplanung die Effektivität im Vordergrund steht, fokussiert die operative Technologieplanung die Effizienz (SCHRAFT ET AL. 1996). Die von SCHUH ET AL. (2011d) beschriebene Technologieplanung im Rahmen des Technologiemanagements ist vornehmlich der strategischen Technologieplanung zuzuordnen.

Die *strategische Technologieplanung* soll die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens erhalten und ausbauen (FIEBIG 2004). Dies erfolgt in erster Linie durch die Erzeugung von Produkt- und Prozessinnovationen⁷ (BULLINGER ET AL. 2012; SCHRAFT ET AL. 1996). Dazu müssen neu entwickelte Technologien den Übergang von der Invention, also der bloßen Erfindung einer Sache, zur Innovation schaffen (HAUSCHILDT & SALOMO 2011; COOPER 1979). HAUSCHILDT & STAUDT (1996) zählen zu den Erfolgsfaktoren für eine Innovation u. a. das Technologieniveau eines Unternehmens, dessen zentraler Bestandteil neben der Produkttechnologie und der Informationsverarbeitung v. a. die Produktionstechnologie ist. Die strategische Technologieplanung formuliert in diesem Zusammenhang Handlungsanweisungen für den zukünftigen Einsatz von Technologien (EVERSHEIM 1996). Dazu sind zunächst für die Produktion relevante Technologien zu identifizieren und zu analysieren, um auf dieser Basis eine Technologiestrategie formulieren zu können. Typische Beispiele hierfür

⁷ In diesem Zusammenhang ist unter dem Begriff Prozessinnovation der erfolgreiche Einsatz einer neuen Produktionstechnologie zu verstehen.

sind die Pionier- oder die Imitationsstrategie⁸ (KLAPPERT 2006; BULLINGER 1994). Neben der Formulierung und der Entwicklung der Strategie zählt GERPOTT (2005) u. a. aber auch Technologieentscheidungen sowie die Planung der Umsetzung⁹ zu den Aufgaben der strategischen Technologieplanung.

Bei der *operativen Technologieplanung* erfolgt die Umsetzung der in der strategischen Technologieplanung formulierten Zielsetzungen (SCHRAFT ET AL. 1996). Da die operative Technologieplanung die konkrete Umsetzung der Produktionsaufgabe zum Ziel hat, werden hier tendenziell kurzfristige Planungsaufgaben (EVERSHEIM 1996), wie bspw. die Zuordnung von Fertigungsschritten zu Betriebsmitteln (WILLMS 2008), behandelt. EVERSHEIM (1996) unterscheidet in diesem Zusammenhang die Technologiegrob- und -feinplanung. Während die Technologiegrobplanung eine Vorauswahl der vorhandenen Technologienalternativen beinhaltet, wird die abschließende Entscheidung für oder gegen eine Technologie in der Technologiefinplanung getroffen. Da die Gestaltung von Technologieketten der operativen Technologieplanung zuzuordnen ist, wird diese im Rahmen der strategischen Planung bisher nicht thematisiert (FALLBÖHMER 2000). Die vorliegende Arbeit soll daher die Planung von Technologieketten bereits im Rahmen der strategischen Technologieplanung anstoßen, um die vorhandenen Potenziale, wie bspw. die Verbesserung der Planungssicherheit (ABELE & REINHART 2011), zu erschließen.

Abb. 1.5 zeigt die unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Planungshorizonte der strategischen und operativen Technologieplanung. Da die operative Technologieplanung die Festlegung von Technologien für die konkrete Produktionsaufgabe zum Ziel hat, fokussiert sie tendenziell kurzfristige Planungshorizonte. Die für diese Aufgabe notwendigen Informationen, wie zu fertigenden Stückzahlen, einzusetzende Materialien oder die Geometrie der Produkte, sind i. d. R. bekannt und beschrieben (FALLBÖHMER 2000). Deshalb sind die mit der operativen Technologieplanung verbundenen Planungsunsicherheiten zwar vorhanden (TROMMER 2001), jedoch im Vergleich zu strategischen Fragestellungen relativ gering (EVERSHEIM 1996). Aufgrund des kurzfristigen Charakters können für die operative Technologieplanung lediglich die im Unternehmen verfügbaren (internen) Technologien berücksichtigt werden. Da die strategische Technologieplanung auf den langfristigen Planungshorizont hin ausgerichtet ist, sind die mit der Planung verbundenen Unsicherheiten, wie bspw. die Verfügbarkeit von Planungsdaten und -informationen, relativ hoch. Aus langfristiger

⁸ BULLINGER (1994) identifiziert im Wesentlichen die vier Varianten der Pionier-, Imitations-, Nischen- und Kooperationsstrategie, wobei PORTER (1999) im Sinne der Technologieführerschaft die Pionierstrategie hervorhebt. LÖFFLER (2008) unterscheidet weiter die First- und Second-Mover-Strategie, bei denen in Abhängigkeit der Technologiereife ein Aufspringen auf bereits emergierende Trends noch möglich ist (GASSMANN & BADER 2011).

⁹ Diese Beschreibung entspricht der Definition der Technologiegrobplanung aus Sicht von EVERSHEIM (1996).

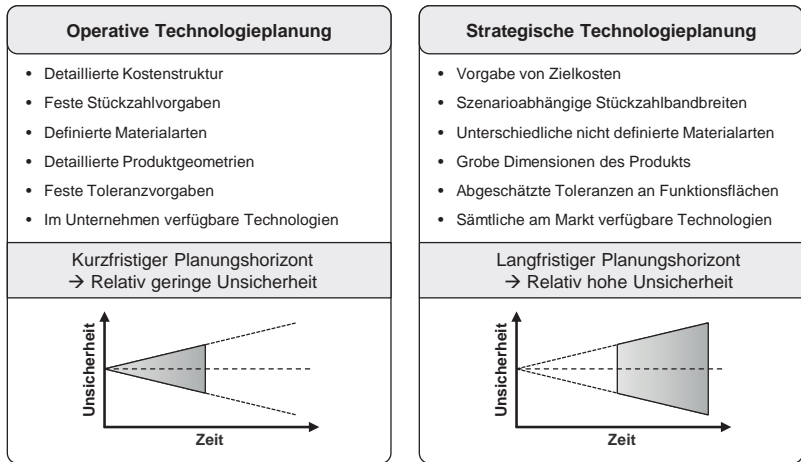


Abb. 1.5: Unterschiedliche Planungshorizonte der strategischen und operativen Technologieplanung in Anlehnung an EVERSHEIM (1996)

Sicht können bspw. Materialien noch nicht genau festgelegt und zu produzierende Stückzahlen oder geometrische Abmessungen der Produkte nur grob abgeschätzt werden (SCHMITZ 1996). Zur Bewältigung der Produktionsaufgabe können im Rahmen der strategischen Technologieplanung neben den internen auch externe Technologien berücksichtigt werden. Diese müssen zum Zeitpunkt der Planung nicht im Unternehmen verfügbar sein, da aufgrund des langfristigen Planungshorizonts noch die Möglichkeit besteht, das für die Anwendung notwendige Know-how aufzubauen und die für die Umsetzung erforderliche Struktur zu schaffen. Dieses Potenzial ist bei der strategischen Planung von Technologieketten zu berücksichtigen, da hierdurch zusätzlich Handlungsoptionen geschaffen werden.

1.2.2.3 Logische Einordnung der Planung von Technologieketten

Um die Rahmenbedingungen bei der strategischen Planung von Technologieketten logisch einordnen zu können, zeigt Abb. 1.6 das Vorgehen zur Gestaltung der Produktionsstruktur, welches in dieser Arbeit in drei wesentliche Schritte eingeteilt wird. Die Planung der Technologiekette stellt den ersten Schritt in der Festlegung der Produktionsreihenfolge dar. In dieser frühen Phase werden in Abhängigkeit der Unternehmensziele alternative Technologien identifiziert

(MÖHRLE & ISENMANN 2008). Diese werden bspw. hinsichtlich deren Auswirkungen auf das zukünftig zu fertigende Produkt oder auf die Fabrik, in der die Produktion erfolgen soll, bewertet und ausgewählt (DENKENA ET AL. 2008). Anschließend werden alternative Technologieketten generiert und die am besten geeignete Alternative ausgewählt (MÜLLER 2007). Die Zuordnung der zu diesem Zeitpunkt produktionsmittelunabhängigen Reihenfolge von Technologien zu den einzelnen Betriebsmitteln, bspw. im Sinne der Fertigungsfolge (TROMMER 2001), findet im zweiten Schritt der Planung statt. Hierbei gilt es festzulegen, wie die verschiedenen Technologien realisiert werden sollen, d. h. auf welchen Industrierobotern, Universalmaschinen oder Bearbeitungszentren sie umzusetzen sind (ZÄH ET AL. 2010).

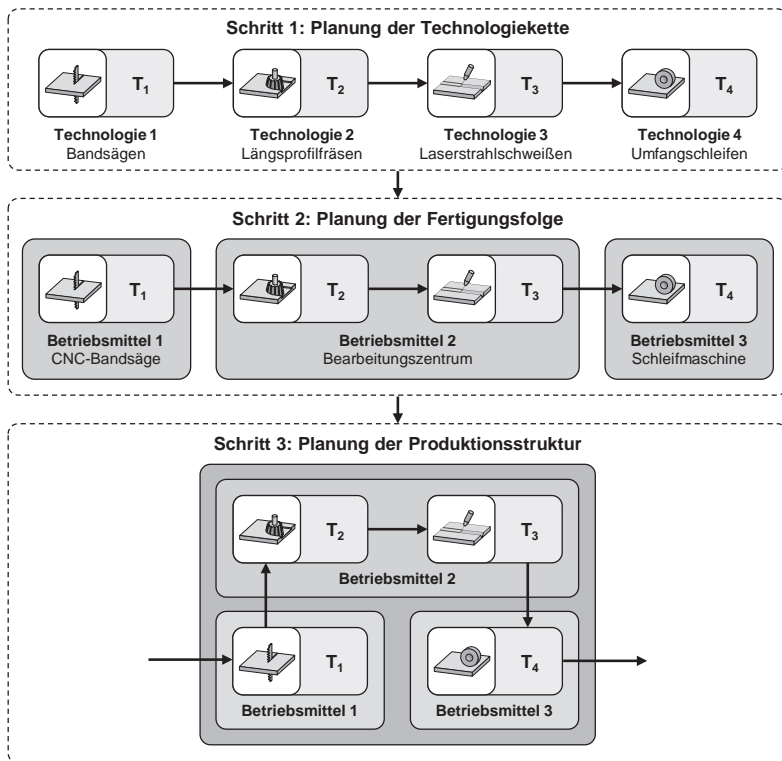


Abb. 1.6: Vorgehen zur festlegung von Technologiekette, Fertigungsfolge und Produktionsstruktur in Anlehnung an REINHART & SCHINDLER (2012)

Die finale Anordnung der einzelnen Betriebsmittel sowie deren Verknüpfung zu Systemen im Sinne des Feinlayouts, wie bspw. zu Fertigungsinseln oder Montagelinien (HERNÁNDEZ MORALES 2002), findet während des dritten Schritts statt. In diesem Rahmen werden insbesondere Material-, Informations- und Medienflüsse berücksichtigt (HEINECKER 2006), um die optimale Gestaltung der Produktionsstruktur zu erhalten (WIENDAHL ET AL. 2009).

In dieser Arbeit wird grundsätzlich die strategische Planung der Technologieketten thematisiert, wobei grundlegende Einflüsse aus der Planung der Fertigungsfolge sowie der Produktionsstruktur berücksichtigt werden sollen, soweit sie relevant sind und in dieser frühen Phase vorliegen.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, produzierende Unternehmen bei der Auswahl der Technologieketten im Rahmen der strategischen Technologieplanung methodisch zu unterstützen. Dabei bezieht sich die Planung der Technologieketten auf die Auswahl der einzelnen Technologien, die Generierung alternativer Technologieketten sowie die finale Gestaltung der am besten geeigneten Lösung.

Im Sinne der Technologieführerschaft nach PORTER (1999) gilt es, bei der Festlegung der Technologieketten v. a. diejenigen Technologien auszuwählen, die ein entsprechendes Technologiepotenzial aufweisen (SCHÖNING 2006). Um das vorhandene Potenzial abrufen zu können, müssen Technologien ausreichend ausgereift sein. So können technische sowie organisatorische Risiken minimiert werden und die Technologie wirtschaftlich in der Produktion eingesetzt werden (VELLA ET AL. 2010; VALERDI & KOHL 2004). Da durch die Auswahl der Technologieketten die zukünftigen produktionstechnischen Weichen gestellt werden, ist diese Entscheidung ein zentraler Aspekt für den wirtschaftlichen Erfolg von produzierenden Unternehmen (ABELE & REINHART 2011; SCHUH ET AL. 2011d).

Wie in Abschnitt 1.1 beschrieben wurde, ist die Planung von Technologieketten von einer Reihe sich zeitlich verändernder Einflussfaktoren abhängig, welche bei der strategischen Technologieplanung einbezogen werden müssen (FIEBIG 2004). Auf dieser Basis sind die für die Auswahl der Technologien und Technologieketten relevanten Kriterien (im Folgenden Bewertungskriterien) zu identifizieren. Weiter ist zu untersuchen, wie die Bewertungskriterien ermittelt und für eine belastbare Entscheidungsfindung zusammengeführt werden können. Hierbei sind Unsicherheiten, die der strategischen Planung anhaften, zu berücksichtigen und abzubilden (GUNDLACH & BECKER 2010). Vor der Zielsetzung, produzierende Unternehmen bei der strategischen Planung von Technologieketten methodisch zu unterstützen, ergeben sich für die vorliegende Arbeit folgende Teilziele:

- Strategische Planung, d. h. Generierung, Bewertung und Auswahl, von Technologieketten
- Abbildung der mit dem Einsatz einer Technologiekette verbundenen Chancen und Risiken
- Gewährleistung der wirtschaftlichen Anwendbarkeit der zu entwickelnden Modelle und Methoden

1.4 Praktische Anwendung der Methodik

Zielgruppe für die Anwendung der Methodik sind die Technologieplaner von produzierenden Unternehmen. Diesen dient die Methodik, Technologieketten für die Produktion im Rahmen der strategischen Technologieplanung festzulegen und hierbei neue, noch nicht im Unternehmen verfügbare Technologien zu berücksichtigen. Zentraler Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Beurteilung des Entwicklungsstandes der einzelnen Technologien, um technische und organisatorische Risiken abschätzen zu können. Des Weiteren dient die Methodik dazu, verschiedene Technologiekettenalternativen in der strategischen Planung miteinander zu vergleichen und auf Basis einer belastbaren Bewertung die beste Lösung auszuwählen. Da Technologieketten i. d. R. in der Serien-, Sorten- und Massenfertigung festzulegen sind (MÜLLER 2007; WÖHE & DÖRING 2010), fokussiert der Anwendungsbereich der Methodik die Fertigungsprinzipien der Insel-, Gruppen- und Fließfertigung nach WIENDAHL (2010).

1.5 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist sieben Kapitel gegliedert, deren Aufbau in Abb. 1.7 dargestellt ist. In Kapitel 1 wurden bereits die Ausgangssituation und die Motivation für die vorliegende Arbeit beschrieben. Darauf aufbauend wurden der Untersuchungsbereich eingegrenzt und die Zielsetzung beschrieben. Kapitel 2 beschreibt die Grundlagen der strategischen Technologieplanung und führt die in diesem Rahmen relevanten Arten von Kriterien ein. Schwerpunktmäßig werden bestehende operative und strategische Ansätze zur Planung von Technologien, Technologieketten und Fertigungsfolgen erläutert, um daraus den Handlungsbedarf für diese Arbeit abzuleiten. Auf Basis des Handlungsbedarfs werden in Kapitel 3 allgemeine und praktische Anforderungen an die Methodik und deren Anwendung formuliert. Kapitel 4 führt die im Rahmen der strategischen Planung von Technologieketten relevanten Bewertungskriterien ein und beschreibt anschließend die in dieser Arbeit entwickelten Modelle zu deren Modellierung und Bestimmung. Anschließend wird in Kapitel 5 die Methodik zur strategischen Planung von Technologieketten entwickelt und deren fünf

Schritte detailliert erläutert. Hierbei wird beschrieben bei welchen Schritten die zuvor eingeführten Bewertungskriterien einfließen und wie diese zusammengeführt werden. Neben der Bestimmung und Aggregation der Bewertungskriterien werden alternative Technologieketten generiert, bevor die am besten geeignete Lösung auf Basis einer Analyse und Interpretation der Bewertungsergebnisse ausgewählt wird. In Kapitel 6 wird die Methodik anhand eines Anwendungsbeispiels ausgeführt und praktisch umgesetzt. Hierbei erfolgt eine Bewertung von Aufwand und Nutzen der Methodik anhand der gewonnenen Erfahrungen sowie der zuvor aufgestellten allgemeinen und praktischen Anforderungen aus Kapitel 3. Abschließend fasst Kapitel 7 die vorliegende Arbeit zusammen. Darauf aufbauend werden Weiterentwicklungsmöglichkeiten beschrieben und Ideen für zukünftige Forschungsaktivitäten dargestellt.

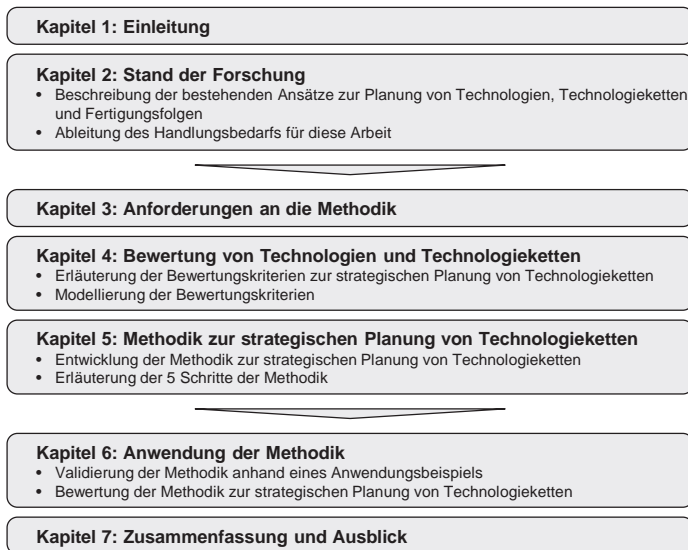


Abb. 1.7: Aufbau der Arbeit und Strukturierung der Kapitel

Seminarberichte IWB

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Seminarberichte IWB sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utzverlag.de, www.utzverlag.de

- 1 Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung**
115 Seiten - ISBN 3-931327-01-9
- 2 Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt**
82 Seiten - ISBN 3-931327-02-7
- 3 Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung**
110 Seiten - ISBN 3-931327-03-5
- 4 Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte**
134 Seiten - ISBN 3-931327-04-3
- 5 Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung**
95 Seiten - ISBN 3-931327-05-1
- 6 Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung**
86 Seiten - ISBN 3-931327-06-0
- 7 Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-07-9
- 8 Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**
130 Seiten - ISBN 3-931327-08-7
- 9 Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**
120 Seiten - ISBN 3-931327-09-5
- 10 3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**
90 Seiten - ISBN 3-931327-10-8
- 11 Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
110 Seiten - ISBN 3-931327-11-6
- 12 Autonome Produktionssysteme**
100 Seiten - ISBN 3-931327-12-4
- 13 Planung von Montageanlagen**
130 Seiten - ISBN 3-931327-13-2
- 14 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 15 Flexible fluide Kleb-/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung**
80 Seiten - ISBN 3-931327-15-9
- 16 Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart**
80 Seiten - ISBN 3-931327-16-7
- 17 Industriekeramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-17-5
- 18 Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen**
165 Seiten - ISBN 3-931327-18-3
- 19 Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung**
85 Seiten - ISBN 3-931327-19-1
- 20 Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen – Plug & Play – Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**
105 Seiten - ISBN 3-931327-20-5
- 21 Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen**
95 Seiten - ISBN 3-931327-21-3
- 22 Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
95 Seiten - ISBN 3-931327-22-1
- 24 EDM Engineering Data Management**
195 Seiten - ISBN 3-931327-24-8
- 25 Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**
152 Seiten - ISBN 3-931327-25-6
- 26 Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten - ISBN 3-931327-26-4
- 27 Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten - ISBN 3-931327-27-2
- 28 Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten - ISBN 3-931327-28-0
- 29 Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlussseminar**
156 Seiten - ISBN 3-931327-29-9
- 30 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 31 Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten - ISBN 3-931327-31-0
- 32 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 33 3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten - ISBN 3-931327-33-7
- 34 Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten - ISBN 3-931327-34-5
- 35 Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten - ISBN 3-931327-35-3
- 36 Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten - ISBN 3-931327-36-1
- 37 Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätsteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
95 Seiten - ISBN 3-931327-37-X
- 38 Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**
128 Seiten - ISBN 3-931327-38-8
- 39 Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**
130 Seiten - ISBN 3-931327-39-6
- 40 Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen**
160 Seiten - ISBN 3-931327-40-X
- 41 Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**
146 Seiten - ISBN 3-89675-041-0
- 42 Stückzahlflexible Montagesysteme**
139 Seiten - ISBN 3-89675-042-9
- 43 Produktivität und Verfügbarkeit - ...durch Kooperation steigern**
120 Seiten - ISBN 3-89675-043-7
- 44 Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von Mikrobautteilen**
125 Seiten - ISBN 3-89675-044-5
- 45 Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**
173 Seiten - ISBN 3-89675-045-3
- 46 Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation**
108 Seiten - ISBN 3-89675-046-1

- 47 Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation
131 Seiten - ISBN 3-89675-047-X
- 48 Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen
106 Seiten - ISBN 3-89675-048-8
- 49 Rapid Prototyping - Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung
150 Seiten - ISBN 3-89675-049-6
- 50 Rapid Manufacturing - Methoden für die reaktionsfähige Produktion
121 Seiten - ISBN 3-89675-050-X
- 51 Flexibles Kleben und Dichten - Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle
137 Seiten - ISBN 3-89675-051-8
- 52 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien
124 Seiten - ISBN 3-89675-052-6
- 53 Mischverbindungen - Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung
107 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 54 Virtuelle Produktion - Integrierte Prozess- und Produktsimulation
133 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 55 e-Business in der Produktion - Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele
150 Seiten - ISBN 3-89675-055-0
- 56 Virtuelle Produktion – Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug
150 Seiten - ISBN 3-89675-056-9
- 57 Virtuelle Produktion – Datenintegration und Benutzerschnittstellen
150 Seiten - ISBN 3-89675-057-7
- 58 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien
169 Seiten - ISBN 3-89675-058-7
- 59 Automatisierte Mikromontage - Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik
114 Seiten - ISBN 3-89675-059-3
- 60 Mechatronische Produktionssysteme - Genauigkeit gezielt entwickeln
131 Seiten - ISBN 3-89675-060-7
- 61 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen
- 62 Rapid Technologien - Anspruch – Realität – Technologien
100 Seiten - ISBN 3-89675-062-3
- 63 Fabrikplanung 2002 - Visionen – Umsetzung – Werkzeuge
124 Seiten - ISBN 3-89675-063-1
- 64 Mischverbindungen - Einsatz und Innovationspotenzial
143 Seiten - ISBN 3-89675-064-X
- 65 Fabrikplanung 2003 – Basis für Wachstum - Erfahrungen Werkzeuge Visionen
136 Seiten - ISBN 3-89675-065-8
- 66 Mit Rapid Technologien zum Aufschwung - Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder
185 Seiten - ISBN 3-89675-066-6
- 67 Mechatronische Produktionssysteme - Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvorgehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder
148 Seiten - ISBN 3-89675-067-4
- 68 Virtuelle Produktion - Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik
139 Seiten - ISBN 3-89675-068-2
- 69 Kooperationsmanagement in der Produktion - Visionen und Methoden zur Kooperation – Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation – Kooperation entlang der Wertschöpfungskette
134 Seiten - ISBN 3-98675-069-0
- 70 Mechatronik - Strukturndynamik von Werkzeugmaschinen
161 Seiten - ISBN 3-89675-070-4
- 71 Klebtechnik - Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten
ISBN 3-89675-071-2 - vergriffen
- 72 Fabrikplanung 2004 Erfolgsfaktor im Wettbewerb - Erfahrungen – Werkzeuge – Visionen
ISBN 3-89675-072-0 - vergriffen
- 73 Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion - Erwartungen – Erfahrungen – Entwicklungen
179 Seiten - ISBN 3-89675-073-9
- 74 Virtuelle Produktionssystemplanung - Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik
133 Seiten - ISBN 3-89675-074-7
- 75 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen
- 76 Berührungslose Handhabung - Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle
95 Seiten - ISBN 3-89675-076-3
- 77 ERP-Systeme - Einführung in die betriebliche Praxis - Erfahrungen, Best Practices, Visionen
153 Seiten - ISBN 3-89675-077-7
- 78 Mechatronik - Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen
155 Seiten - ISBN 3-89675-078-X
- 79 Produktionsmanagement
267 Seiten - ISBN 3-89675-079-8
- 80 Rapid Manufacturing - Fertigungsverfahren für alle Ansprüche
154 Seiten - ISBN 3-89675-080-1
- 81 Rapid Manufacturing - Heutige Trends – Zukünftige Anwendungsfelder
172 Seiten - ISBN 3-89675-081-X
- 82 Produktionsmanagement - Herausforderung Variantenmanagement
100 Seiten - ISBN 3-89675-082-8
- 83 Mechatronik - Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen
160 Seiten - ISBN 3-89675-083-6
- 84 Virtuelle Inbetriebnahme - Von der Kür zur Pflicht?
104 Seiten - ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 3D-Erfahrungsforum - Innovation im Werkzeug- und Formenbau
375 Seiten - ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 Rapid Manufacturing - Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 Produktionsmanagement - Schlink im Mittelstand
102 Seiten - ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 Mechatronik - Vorsprung durch Simulation
134 Seiten - ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 RFID in der Produktion - Wertschöpfung effizient gestalten
122 Seiten - ISBN 978-3-89675-089-1
- 90 Rapid Manufacturing und Digitale Fabrik - Durch Innovation schnell und flexibel am Markt
100 Seiten - ISBN 978-3-89675-090-7
- 91 Robotik in der Kleinserienproduktion – Die Zukunft der Automatisierungstechnik
ISBN 978-3-89675-091-4
- 92 Rapid Manufacturing - Ressourceneffizienz durch generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau
ISBN 978-3-89675-092-1
- 93 Handhabungstechnik - Innovative Greiftechnik für komplexe Handhabungsaufgaben
136 Seiten - ISBN 978-3-89675-093-8
- 94 iwv Seminarreihe 2009 Themengruppe Werkzeugmaschinen
245 Seiten - ISBN 978-3-89675-094-5
- 95 Zuführtechnik - Herausforderung der automatisierten Montage!
111 Seiten - ISBN 978-3-89675-095-2
- 96 Risikobewertung bei Entscheidungen im Produktionsumfeld - Seminar »Risiko und Chance«
151 Seiten - ISBN 978-3-89675-096-9
- 97 Seminar Rapid Manufacturing 2010 - Innovative Einsatzmöglichkeiten durch neue Werkstoffe bei Schichtbauverfahren
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-097-6

- 98 Handhabungstechnik · Der Schlüssel für eine automatisierte Herstellung von Composite-Bauteilen
260 Seiten · ISBN 978-3-89675-098-3
- 99 Abschlussveranstaltung SimuSint 2010 · Modulares Simulationssystem für das Strahlenschmelzen
270 Seiten · ISBN 978-3-89675-099-0
- 100 Additive Fertigung: Innovative Lösungen zur Steigerung der Bauteilqualität bei additiven Fertigungsverfahren
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-4114-7
- 101 Mechatronische Simulation in der industriellen Anwendung
91 Seiten · ISBN 978-3-8316-4149-9
- 102 Wissensmanagement in produzierenden Unternehmen
ISBN 978-3-8316-4169-7
- 103 Additive Fertigung: Bauteil- und Prozessauslegung für die wirtschaftliche Fertigung
ISBN 978-3-8316-4188-8
- 104 Ressourceneffizienz in der Lebensmittelkette
ISBN 978-3-8316-4192-5
- 105 Werkzeugmaschinen: Leichter schwer zerspanen! Herausforderungen und Lösungen für die Zerspanung von Hochleistungswerkstoffen
120 Seiten · ISBN 978-3-8316-4217-5
- 106 Batterieproduktion – Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher
108 Seiten · ISBN 978-3-8316-4221-2
- 107 Batterieproduktion – Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-4249-6

Forschungsberichte IWB

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Band 1–121, herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. J. Milberg und Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart, sind im Springer Verlag,
Berlin, Heidelberg erschienen

Forschungsberichte IWB ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utzverlag.de, www.utzverlag.de

- 122 *Burghard Schneider*: Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile
183 Seiten · ISBN 978-3-89675-559-9
- 123 *Bernd Goldstein*: Modellgestützte Geschäftsprozessgestaltung in der Produktentwicklung
170 Seiten · ISBN 978-3-89675-546-9
- 124 *Helmut E. Mößner*: Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme
164 Seiten · ISBN 978-3-89675-585-8
- 125 *Ralf-Gunter Gräser*: Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern
167 Seiten · ISBN 978-3-89675-603-9
- 126 *Hans-Jürgen Trossin*: Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik
162 Seiten · ISBN 978-3-89675-614-5
- 127 *Doris Kugelmann*: Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern
168 Seiten · ISBN 978-3-89675-615-2
- 128 *Ralf Diesch*: Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen
160 Seiten · ISBN 978-3-89675-618-3
- 129 *Werner E. Lulay*: Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen
190 Seiten · ISBN 978-3-89675-620-6
- 130 *Otto Murr*: Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen
178 Seiten · ISBN 978-3-89675-636-7
- 131 *Michael Macht*: Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping
170 Seiten · ISBN 978-3-89675-638-1
- 132 *Bruno H. Mehler*: Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnerverbänden
152 Seiten · ISBN 978-3-89675-645-9
- 133 *Knut Heitmann*: Sichere Prognosen für die Produktionsptimierung mittels stochastischer Modelle
146 Seiten · ISBN 978-3-89675-675-6
- 134 *Stefan Blessing*: Gestaltung der Materialflußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen
160 Seiten · ISBN 978-3-89675-690-9
- 135 *Can Abay*: Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik
159 Seiten · ISBN 978-3-89675-697-8
- 136 *Stefan Brandner*: Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken
172 Seiten · ISBN 978-3-89675-715-9
- 137 *Arnd G. Hirschberg*: Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung
165 Seiten · ISBN 978-3-89675-729-6
- 138 *Alexandra Reek*: Strategien zur Fokuspositionierung beim Laserstrahlschweißen
193 Seiten · ISBN 978-3-89675-730-2
- 139 *Khalid-Alexander Sabbah*: Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen
148 Seiten · ISBN 978-3-89675-739-5
- 140 *Klaus U. Schiffenbacher*: Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken
187 Seiten · ISBN 978-3-89675-754-8
- 141 *Andreas Sprenzel*: Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung
144 Seiten · ISBN 978-3-89675-757-9

- 142 **Andreas Gallasch:** Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion
150 Seiten - ISBN 978-3-89675-781-4
- 143 **Ralf Cuiper:** Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen
174 Seiten - ISBN 978-3-89675-783-8
- 144 **Christian Schneider:** Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-789-0
- 145 **Christian Jonas:** Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-870-5
- 146 **Ulrich Willnecker:** Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen
194 Seiten - ISBN 978-3-89675-891-0
- 147 **Christof Lehmer:** Beschreibung des Nd:YAG-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss
205 Seiten - ISBN 978-3-8316-0004-5
- 148 **Frank Rick:** Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen
145 Seiten - ISBN 978-3-8316-0008-3
- 149 **Michael Höhn:** Sensorgeführte Montage hybrider Mikrosysteme
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0012-0
- 150 **Jörn Böhl:** Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0020-5
- 151 **Robert Bürgel:** Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0021-2
- 152 **Stephan Dürrschmidt:** Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0023-6
- 153 **Bernhard Eich:** Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilerbereitstellung
136 Seiten - ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 **Wolfgang Rudorfer:** Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
207 Seiten - ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 **Hans Meier:** Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe
166 Seiten - ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 **Gerhard Nowak:** Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 **Martin Werner:** Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
191 Seiten - ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 **Bernhard Lenz:** Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung
162 Seiten - ISBN 978-3-8316-0094-6
- 159 **Stefan Grunwald:** Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0095-3
- 160 **Josef Gartner:** Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen
165 Seiten - ISBN 978-3-8316-0096-0
- 161 **Wolfgang Zeller:** Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0100-4
- 162 **Michael Loferer:** Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
178 Seiten - ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 **Jörg Fährer:** Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 **Jürgen Höppler:** Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0125-7
- 165 **Hubert Götte:** Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
258 Seiten - ISBN 978-3-8316-0126-4
- 166 **Martin Weissenberger:** Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0138-7
- 167 **Dirk Jacob:** Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0142-4
- 168 **Ulrich Roggoderer:** System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
175 Seiten - ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 **Robert Klingel:** Anziehverfahren für hochfeste Schraubverbindungen auf Basis akustischer Emissionen
164 Seiten - ISBN 978-3-8316-0174-5
- 170 **Paul Jens Peter Ross:** Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0191-2
- 171 **Stefan von Praun:** Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0202-5
- 172 **Florian von der Hagen:** Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-0208-7
- 173 **Oliver Kramer:** Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-0211-7
- 174 **Winfried Dohmen:** Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0214-8
- 175 **Oliver Anton:** Ein Beitrag zur Entwicklung telepräzenter Montagesysteme
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 **Welf Broser:** Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 **Frank Breitingner:** Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
156 Seiten - ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 **Johann von Pieverling:** Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
163 Seiten - ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 **Thomas Baudisch:** Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 **Heinrich Schieferstein:** Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
132 Seiten - ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 **Jochim Berlak:** Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 **Christian Meierlohn:** Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
181 Seiten - ISBN 978-3-8316-0292-6
- 183 **Volker Weber:** Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0330-5
- 184 **Thomas Bongardt:** Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
170 Seiten - ISBN 978-3-8316-0332-9

- 185 **Tim Angerer:** Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0336-7
- 186 **Alexander Krüger:** Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
197 Seiten - ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 **Matthias Meindl:** Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-0465-4
- 188 **Thomas Fusch:** Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0467-8
- 189 **Thomas Mosandl:** Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgssysteme
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-0471-5
- 190 **Christian Patran:** Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0474-6
- 191 **Robert Cisek:** Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0475-3
- 192 **Florian Auer:** Methode zur Simulation des Laserstrahlsschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
160 Seiten - ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 **Carsten Selke:** Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
137 Seiten - ISBN 978-3-8316-0495-1
- 194 **Markus Seefried:** Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 **Wolfgang Wagner:** Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 **Christopher Ulrich:** Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 **Johann Härtl:** Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
148 Seiten - ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 **Bernd Hartmann:** Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 **Michael Schlip:** Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0631-3
- 200 **Florian Manfred Grätz:** Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0643-6
- 201 **Dieter Eireiner:** Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-0650-4
- 202 **Gerhard Volkwein:** Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 **Sven Roeren:** Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 **Henning Rudolf:** Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 **Stella Clarke-Griech:** Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 **Michael Ehrenstraßer:** Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 **Rainer Schack:** Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 **Wolfgang Sudhoff:** Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 **Stefan Müller:** Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 **Ulrich Kohler:** Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 **Klaus Schlickeneder:** Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 **Niklas Möller:** Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 **Daniel Siedl:** Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrenbewegungen
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 **Dirk Ansoerg:** Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 **Georg Wünsch:** Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 **Thomas Oertl:** Strukturmekanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 **Bernd Petzold:** Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsente Mikromontage
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 **Lucas Papadakis:** Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 **Mathias Mörtl:** Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 **Sebastian Weig:** Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 **Tobias Hornfeck:** Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 **Hans Egermeier:** Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 **Matthäus Sigl:** Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlinterns
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 **Mark Harfensteller:** Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 **Jochen Werner:** Methode zur roboterbasierten förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 **Florian Hagemann:** Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0861-4

- 227 **Haitham Rashidy:** Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 **Wolfgang Vogl:** Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern
248 Seiten - ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 **Sonja Schedl:** Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 **Andreas Trautmann:** Bifocal Hybrid Laser Welding - A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 **Patrick Neise:** Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 **Christian Habicht:** Einsatz und Auslegung zeitenfensterbasierter Planungssysteme in überbetrieblichen Wertschöpfungsketten
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 **Michael Spitzweg:** Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0931-4
- 234 **Ulrich Münzert:** Bahnplanungsalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahlschweißen
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0948-2
- 235 **Georg Völlner:** Rührreißschweißen mit Schwerlast-Industrierobotern
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-0955-0
- 236 **Nils Müller:** Modell für die Beherrschung und Reduktion von Nachfrageschwankungen
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-0992-5
- 237 **Franz Decker:** Unternehmensspezifische Strukturierung der Produktion als permanente Aufgabe
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0996-3
- 238 **Christian Lau:** Methodik für eine selbstoptimierende Produktionssteuerung
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4012-6
- 239 **Sharif Rimpau:** Wissensbasierte Risikobewertung in der Angebotskalkulation für hochgradig individualisierte Produkte
268 Seiten - ISBN 978-3-8316-4015-7
- 240 **Michael Loy:** Modulare Vibrationswendelförderer für flexiblen Teilezuführung
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4027-0
- 241 **Andreas Eursch:** Konzept eines immersiven Assistenzsystems mit Augmented Reality zur Unterstützung manueller Aktivitäten in radioaktiven Produktionsumgebungen
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-4029-4
- 242 **Florian Schwarz:** Simulation der Wechselwirkungen zwischen Prozess und Struktur bei der Drehbearbeitung
282 Seiten - ISBN 978-3-8316-4030-0
- 243 **Martin Georg Prasch:** Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage
261 Seiten - ISBN 978-3-8316-4033-1
- 244 **Johannes Schlip:** Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4063-8
- 245 **Stefan Lutzmann:** Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahlschmelzens
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4070-6
- 246 **Gregor Branner:** Modellierung transienter Effekte in der Struktursimulation von Schichtbauverfahren
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4071-3
- 247 **Josef Ludwig Zimmermann:** Eine Methodik zur Gestaltung berührungslos arbeitender Handhabungssysteme
186 Seiten - ISBN 978-3-8316-4091-1
- 248 **Clemens Pörnbacher:** Modellgetriebene Entwicklung der Steuerungssoftware automatisierter Fertigungssysteme
280 Seiten - ISBN 978-3-8316-4108-6
- 249 **Alexander Lindworsky:** Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungsbegleitenden Steuerungstest
294 Seiten - ISBN 978-3-8316-4125-3
- 250 **Michael Mauderer:** Ein Beitrag zur Planung und Entwicklung von rekonfigurierbaren mechatronischen Systemen – am Beispiel von starren Fertigungssystemen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4126-0
- 251 **Roland Mark:** Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserieteilen in Presswerken auf Basis Neuronaler Netze
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4127-7
- 252 **Florian Reichl:** Methode zum Management der Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4128-4
- 253 **Paul Gebhard:** Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Rührreißschweißen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4129-1
- 254 **Michael Heinz:** Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgreifsysteme für die Mikrosystemtechnik
302 Seiten - ISBN 978-3-8316-4147-5
- 255 **Pascal Krebs:** Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4156-7
- 256 **Gerhard Straßer:** Greiftechnologie für die automatisierte Handhabung von technischen Textilien in der Faserverbundfertigung
290 Seiten - ISBN 978-3-8316-4161-1
- 257 **Frédéric-Felix Lacour:** Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen
222 Seiten - ISBN 978-3-8316-4162-8
- 258 **Thomas Hensel:** Modellbasierter Entwicklungsprozess für Automatisierungslösungen
184 Seiten - ISBN 978-3-8316-4167-3
- 259 **Sharif Zaidan:** A Work-Piece Based Approach for Programming Cooperating Industrial Robots
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-4175-8
- 260 **Hendrik Schellmann:** Bewertung kundenspezifischer Mengenflexibilität im Wertschöpfungsnetz
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4189-5
- 261 **Marwan Radd:** Workspace scaling and haptic feedback for industrial telepresence and teleaction systems with heavy-duty teleoperators
172 Seiten - ISBN 978-3-8316-4195-6
- 262 **Markus Ruhstorfer:** Rührreißschweißen von Rohren
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4197-0
- 263 **Rüdiger Daub:** Erhöhung der Nahttiefe beim Laserstrahl-Wärmeleitungsschweißen von Stählen
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-4199-4
- 264 **Michael Ott:** Multimaterialverarbeitung bei der additiven strahl- und pulverbettbasierten Fertigung
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4201-4
- 265 **Martin Ostgathe:** System zur produktbasierten Steuerung von Abläufen in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
278 Seiten - ISBN 978-3-8316-4206-9
- 266 **Imke Nora Kellner:** Materialsysteme für das pulverbettbasierte 3D-Drucken
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4223-6
- 267 **Florian Oefele:** Remote-Laserstrahlschweißen mit brillanten Laserstrahlquellen
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4224-3
- 268 **Claudia Anna Ehinger:** Automatisierte Montage von Faserverbund-Vorformlingen
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4233-5

- 269 **Tobias Zeilinger:** Laserbasierte Bauteillagebestimmung bei der Montage optischer Mikrokomponenten
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4234-2
- 270 **Stefan Krug:** Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce)
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4243-4
- 271 **Marc Lotz:** Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit beim Schwungrad-Reibschweißen durch modellbasierte Regelungsverfahren
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 **William Brice Tekouo Moutchiho:** A New Programming Approach for Robot-based Flexible Inspection systems
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4247-2
- 273 **Matthias Waibel:** Aktive Zusatzsysteme zur Schwingungsreduktion an Werkzeugmaschinen
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-4250-2
- 274 **Christian Eschey:** Maschinenspezifische Erhöhung der Prozessfähigkeit in der additiven Fertigung
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4270-0
- 275 **Florian Aull:** Modell zur Ableitung effizienter Implementierungsstrategien für Lean-Production-Methoden
270 Seiten - ISBN 978-3-8316-4283-0
- 276 **Marcus Hennauer:** Entwicklungsbegleitende Prognose der mechatronischen Eigenschaften von Werkzeugmaschinen
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4306-6
- 277 **Alexander Götzfried:** Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4310-3
- 278 **Saskia Reinhardt:** Bewertung der Ressourceneffizienz in der Fertigung
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4317-2
- 279 **Fabian J. Meling:** Methodik für die Rekombination von Anlagentechnik
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4319-6
- 280 **Jörg Egbers:** Identifikation und Adaption von Arbeitsplätzen für leistungsgewandelte Mitarbeiter entlang des Montageplanungsprozesses
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4328-8
- 281 **Max von Bredow:** Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und des Risikos unternehmensübergreifender Wertschöpfungskonfigurationen in der Automobilindustrie
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4337-0
- 282 **Tobias Philipp:** RFID-gestützte Produktionssteuerungsverfahren für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen
142 Seiten - ISBN 978-3-8316-4346-2
- 283 **Stefan Rainer Johann Braunreuther:** Untersuchungen zur Lasersicherheit für Materialbearbeitungsanwendungen mit brillanten Laserstrahlquellen
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4348-6
- 284 **Johannes Pohl:** Adaption von Produktionsstrukturen unter Berücksichtigung von Lebenszyklen
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4358-5
- 285 **Mathey Wiesbeck:** Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerführung
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4369-1
- 286 **Sonja Huber:** In-situ-Legierungsbestimmung beim Laserstrahlschweißen
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4370-7
- 287 **Robert Wiedenmann:** Prozessmodell und Systemtechnik für das lasterunterstützte Fräsen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4384-4
- 288 **Thomas Irenhauser:** Bewertung der Wirtschaftlichkeit von RFID im Wertschöpfungsnetz
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4404-9
- 289 **Jens Hatwig:** Automatisierte Bahnplanung für Industrieroboter und Scanneroptiken bei der Remote-Laserstrahlbearbeitung
196 Seiten - ISBN 978-3-8316-4405-6
- 290 **Matthias Baur:** Aktives Dämpfungssystem zur Ratterunterdrückung an spanenden Werkzeugmaschinen
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-4408-7
- 291 **Alexander Schober:** Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktursimulation
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-4415-5
- 292 **Matthias Glongerger:** Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4419-3
- 293 **Markus Kahner:** Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahlschmelzen (EBM)
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 **Sebastian Schindler:** Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4434-6