

Stefan Müller

**Methodik für die entwicklungs-
und planungsbegleitende Generierung
und Bewertung von Produktionsalternativen**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 209

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2007

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 · 2008

ISBN 978-3-8316-0750-1

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utz.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	X
Verzeichnis der Abkürzungen und Akronyme	XI
Verzeichnis der Firmen und der Hersteller von Softwaresystemen	XVI
Verzeichnis der Formelzeichen	XVII
1 Einleitung.....	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld	1
1.3 Begriffsdefinitionen	7
1.4 Aufgabenstellung und Zielsetzung	10
1.5 Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraums.....	11
1.5.1 Allgemeines	11
1.5.2 Produktspektrum.....	12
1.5.3 Produktionsarten und -prinzipien.....	12
1.5.4 Modularisierung und Wandlungsfähigkeit von Produktions- systemen.....	15
1.5.5 Grundlagen der Produktentwicklung und Produktionsplanung.....	17
1.5.6 Grundlagen des Wissensmanagements.....	18
1.5.7 Aspekte der Rechnerunterstützung	19

1.5.8 Zusammenfassung.....	21
1.6 Vorgehensweise	22
2 Stand der Forschung und Technik.....	23
2.1 Allgemeines.....	23
2.2 Methoden und Ansätze der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung.....	23
2.2.1 Allgemeines.....	23
2.2.2 Produktentwicklung	23
2.2.3 Produktionsplanung.....	26
2.2.4 Parallele bzw. integrierte Produktentwicklung und Produktions- planung.....	28
2.2.5 Ausgewählte Forschungsansätze zur frühen Planung von Produktionsverfahren	33
2.2.6 Zusammenfassung.....	40
2.3 Methoden und Ansätze der Bewertung	41
2.3.1 Allgemeines.....	41
2.3.2 Kosten- und Leistungsrechnung.....	42
2.3.2.1 Allgemeines.....	42
2.3.2.2 Kostenstrukturen	43
2.3.2.3 Zeitbezug der Kostenrechnungssysteme	44
2.3.2.4 Umfangsbezug der Kostenrechnungssysteme	46
2.3.2.5 Zusammenfassung.....	47
2.3.3 Kostenkalkulation.....	48
2.3.4 Prozesskostenrechnung	50
2.3.5 Investitionsrechnung	54

2.3.6	Ergänzende Methoden und Ansätze des Kostenmanagements.....	56
2.3.7	Qualitative Bewertung	57
2.3.8	Entwicklungs- und planungsbegleitende Bewertung.....	59
2.3.8.1	Allgemeines	59
2.3.8.2	Grundlegende Methoden.....	59
2.3.8.3	Ausgewählte Forschungsansätze	61
2.3.9	Zusammenfassung	75
2.4	Gesamtfazit	76
3	Anforderungen an die Methodik und Konzeption der Methodik.....	79
3.1	Allgemeines	79
3.2	Anforderungen an die Methodik.....	79
3.2.1	Allgemeines	79
3.2.2	Integrative Anforderungen.....	80
3.2.3	Kontinuitätsanforderungen	81
3.2.4	Anforderungen an die Abbildung und Nutzung von Wissen.....	82
3.2.5	Einführungs- und anwendungsorientierte Anforderungen	83
3.3	Konzeption der Methodik	85
4	Einführung der Methodik.....	87
4.1	Allgemeines	87
4.2	Partialmodelle der Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen.....	88
4.2.1	Allgemeines	88
4.2.2	Modell zur Abbildung von Wissen über Produktionsverfahren	88

4.2.3	Modell zur Abbildung von Interdependenzen und Alternativen.....	94
4.2.3.1	Allgemeines.....	94
4.2.3.2	Abbildung von Relationen zwischen Produkt und Produktionsverfahren	95
4.2.3.3	Abbildung von Wechselwirkungen zwischen Produktionsverfahren	101
4.2.4	Ressourcen- und produktionsverfahrensorientiertes Modell zur reifenden Kostenbewertung.....	106
4.2.4.1	Allgemeines.....	106
4.2.4.2	Ermittlung von Verfahrenszeiten auf der Basis von Erfahrungswissen	109
4.2.4.3	Ermittlung von Verfahrenszeiten auf der Basis von historischen Daten.....	109
4.2.4.4	Ermittlung von Verfahrenszeiten auf der Basis von mathematischen Funktionen.....	113
4.2.4.5	Kombination der Zeitermittlungsvarianten und Verdichtung zur Kostenbewertung.....	115
4.2.5	Modell zur Bewertung qualitativer Aspekte	118
4.2.6	Modell zur Bewertung von Einmalaufwänden.....	121
4.3	Kombination der Partialmodelle	124
4.4	Vorgehensweise zur Anwendung der Methodik	127
4.4.1	Allgemeines.....	127
4.4.2	Schritt 1: integrierte Produktdefinition	128
4.4.3	Schritt 2: Verfahrenskettendefinition.....	130
4.4.4	Schritt 3: Anpassung und Analyse der Verfahrensketten.....	133
4.4.5	Schritt 4: ganzheitliche Bewertung und Auswahl der Verfahrensketten	136
4.4.6	Zusammenfassung.....	138

4.5	Umsetzungs- und einführungsorientierte Aspekte.....	139
4.5.1	Allgemeines	139
4.5.2	Allgemeingültige Anforderungen an ein Rechnerwerkzeug	140
4.5.2.1	Generierung und Rückführung von Verfahrensketten.....	140
4.5.2.2	Abbildung und Nutzung von Planungswissen zur Produkt- und Verfahrenskonfiguration.....	141
4.5.2.3	Zeitliche und monetäre Bewertung.....	142
4.5.2.4	Reifende monetäre Bewertung.....	143
4.5.2.5	Qualitative Bewertung	144
4.5.2.6	Vergleich von Verfahrenskettenalternativen	144
4.5.2.7	Einbindung in die Prozess- und Informations- technologielandschaft	144
4.5.3	Vorgehensweise zur Auswahl eines Rechnerwerkzeugs.....	145
4.6	Zusammenfassung	149
5	Fallbeispiele	151
5.1	Allgemeines	151
5.2	Anwendung der Methodik in der Produktionsplanung.....	151
5.2.1	Ausgangssituation und Rahmenbedingungen	151
5.2.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	152
5.2.3	Lösungen und Ergebnisse	154
5.3	Anwendung der Methodik in der Montageplanung.....	160
5.3.1	Ausgangssituation und Rahmenbedingungen	160
5.3.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	161
5.3.3	Lösungen und Ergebnisse	162
5.4	Zusammenfassung	168

6	Bewertung von Aufwand und Nutzen.....	169
6.1	Allgemeines.....	169
6.2	Einmalaufwände.....	170
6.3	Kontinuierliche Aufwände.....	171
6.4	Monetärer Nutzen.....	171
6.5	Qualitativer Nutzen.....	172
6.6	Ganzheitliche Bewertung.....	173
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	175
8	Literaturverzeichnis.....	179
9	Anhang.....	207
9.1	Generische Produktelemente nach Owodunni.....	207
9.2	Ablaufdiagramm der Methodik.....	208
9.3	Anforderungs- bzw. Bewertungskatalog zur Auswahl von Rechnerwerkzeugen.....	213
9.4	Glossar.....	216

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

„Es sind nicht innovative Produkte oder Technologien allein, die erfolgreich machen. Innovative Geschäftsmodelle oder unternehmerische Prozesse sind ebenso eine ‚winning formula‘, ein Erfolgskonzept“ (GÖSCHEL 2006, S. 137 f.). Vor diesem Hintergrund sind auch im Bereich der Produktentwicklung und Produktionsplanung geeignete Ansätze zu entwerfen, die ein Teilelement eines derartigen Erfolgskonzepts darstellen. In diesem Zusammenhang konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen. In Form einer Methodik für die frühzeitige Identifikation von optimalen Produktionsverfahrensketten zur Herstellung von Produkten soll ein adäquater Lösungsansatz für die aktuellen Rahmenbedingungen dargeboten werden.

Eine detaillierte Beschreibung der aktuellen Rahmenbedingungen und welche Herausforderungen für die Unternehmen und die Wissenschaft aus diesen resultieren, wird in Abschnitt 1.2 dargestellt. Zur Formulierung der wesentlichen Grundlagen bietet Abschnitt 1.3 die notwendigen Begriffsdefinitionen. Die Aufgabenstellung und die Zielsetzung der zu erarbeitenden Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen thematisiert Abschnitt 1.4. Zur Fokussierung der Arbeit liefert Abschnitt 1.5 eine Darstellung und Eingrenzung des Betrachtungsraums. Abschließend wird in Abschnitt 1.6 die Vorgehensweise der Arbeit vorgestellt.

1.2 Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld

Damit Unternehmen heute und in Zukunft erfolgreich agieren können, müssen sie sich in einem multilateralen globalen Wettbewerb behaupten. Dieser ist mit einem „modernen Fünfkampf“ (MILBERG 2004A) in sich gegenseitig bedingenden „Disziplinen“ vergleichbar. Diese beschreibt MILBERG (2004A) mit den Schlagworten Kundennähe, Schnelligkeit, wirtschaftlicher Erfolg, Innovationskraft und Mitarbeiterorientierung. Die erfolgreiche Ausübung dieser von ihm so bezeichneten Disziplinen soll dazu führen, die aktuellen Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld zu meistern sowie unternehmerischen Erfolg zu erzielen (Abbildung 1).

1.2 Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld



Abbildung 1: Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld und Faktoren für den unternehmerischen Erfolg (in Anlehnung an MILBERG (2004A))

Eine Disziplin für die Unternehmen ist die *Kundennähe*. Ein prägnantes Beispiel aus der Automobilindustrie bieten die Ausführungen von REITHOFER (2003). Er beschreibt aus der Sicht der BMW Group die Bedeutung der Produktion in den jeweiligen Marktregionen. Das Prinzip „Produktion folgt dem Markt“ ermöglicht einerseits, dass maßgeschneiderte Produkte termingerecht in hoher Auslieferungsqualität zur Verfügung gestellt werden können. Andererseits soll durch die Präsenz in den Märkten deren Erschließung ermöglicht werden. So konnte die BMW Group z. B. nach der Inbetriebnahme des Werks in den Vereinigten Staaten von Amerika den Umsatz in zehn Jahren um ca. 500 % steigern. Dieses Beispiel zeigt, dass sich Unternehmen nicht mehr ausschließlich an lokal begrenzten Märkten und an deren Kunden orientieren können. Mehr denn je sind die Unternehmen gezwungen, auf die Anforderungen der Globalisierung zu reagieren. Diese impliziert u. a. neue Wettbewerber in den jeweiligen Regionen, aber gleichzeitig auch die Chance, neue Märkte zu „erobern“. Beispielsweise bietet vor dem Hintergrund der gesättigten Märkte Westeuropas die EU-Erweiterung gen Osten die Möglichkeit, zusätzliche Angebote zu platzieren und die existierende Nachfrage zu befriedigen (SCHUH 2005). Über dieses Beispiel hinausgehend bestimmen weitere Herausforderungen die Kundennähe. Aufgrund der teilweise gesättigten Märkte und der zunehmenden Individualisierungstendenzen in der Gesellschaft (REINHART & ZÄH 2003) ist es erforderlich, geeignete Produkte und Dienstleistungen anzubieten. Folglich sind die Unternehmen vor die neue Herausforderung gestellt, Produkte mit einem

hohen Variantenreichtum (Varianten: vgl. Glossar) und vielfach kurzen Lebenszyklen herzustellen (ZÄH ET AL. 2002).

Eine weitere Disziplin betrifft den Aspekt der *Schnelligkeit*. Dieser lässt sich in verschiedenen Sichtweisen beleuchten. Eine betrifft die schnelle Umsetzung einer Produktidee bis zum fertigen Produkt, beispielsweise durch integrierte Produktentwicklungsmethoden, wie sie von EHRENSPIEL (2003) entwickelt wurden. SPATH (2005) beschreibt, dass die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts u. a. davon abhängt, ob auf die dynamischen und turbulenten Märkte (WESTKÄMPER 2004) schnell reagiert werden kann. In diesem Zusammenhang ist eine effiziente und effektive Gestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation eine notwendige Voraussetzung, um unmittelbar auf Kundenanforderungen reagieren zu können. So stellt z. B. NYHUIS (2004) die Herausforderungen hinsichtlich beschleunigter Planungsprozesse und des daraus resultierenden Bedarfs an einer prozessorientierten Sicht des traditionellen Fabrikplanungsablaufs in den Vordergrund. Einen vergleichbaren Ansatz zur bestmöglichen Gestaltung von Unternehmensprozessen fordert PRITSCHOW (2004) in Form von baukastenorientierten Engineering-Prozessen. Nur durch eine optimale Gestaltung der Unternehmensprozesse kann der von WESTKÄMPER (2005) dargestellte Bedarf nach einer schnellen Umsetzung der Produkte in die Serienfertigung erreicht werden.

Die zweite Sichtweise in Bezug auf den Aspekt der Schnelligkeit adressiert die Forderung nach einer schnellen Adaption von Produktionssystemen (System: vgl. Glossar) und Technologien (SPATH 2005). Der marktseitigen Dynamik stehen vielfach eher statische Faktoren wie Maschinen und Anlagen, Aufbau- und Ablauforganisation sowie Personal gegenüber. Demzufolge wird es künftig nicht mehr ausreichend sein, die Auslastung zu maximieren oder die zeitlichen und technischen Verluste zu minimieren. Vielmehr erhält die Anpassung der Unternehmen und deren Strukturen eine wettbewerbsentscheidende Bedeutung (WESTKÄMPER 2004). Um diesen Herausforderungen zu begegnen, sind beispielsweise flexible sowie adaptive Produktionssysteme zu gestalten (REINHART 1997; REINHART 1999; REINHART 2000; SCHUH 2005).

Die dritte Sichtweise hinsichtlich der Schnelligkeit bezieht sich auf die gesamte Kette der Auftragsabwicklung. Für sämtliche Prozesse von der Angebotsannahme über die Produktion bis hin zur Auslieferung sind möglichst geringe Durchlaufzeiten anzustreben. Beispielsweise können mittels Rapid-Prototyping-Technologien bei geringen Stückzahlen zeitnah Produkte hergestellt werden (ZÄH ET AL. 2003C) oder mittels Hochgeschwindigkeitsverfahren die Produktion beschleunigt werden (UHLMANN 2004). Außerdem ist im Zusammenhang mit der Auftragsabwicklung zu berücksichtigen, dass Unternehmen künftig weniger als eine isolierte Fabrik bzw. als ein autonomes Werk

1.2 Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld

agieren, sondern die vernetzte Produktion mit vielschichtigen Interdependenzen eine bedeutende Rolle spielen wird (WESTKÄMPER 2005; SCHUH 2005; REINHART ET AL. 2006A). Insofern bezieht sich in Zukunft die Disziplin Schnelligkeit verstärkt auf Supply Chains (SC) und das damit verbundene Supply Chain Management (SCM).

Der *wirtschaftliche Erfolg* als eine weitere Disziplin repräsentiert eine Grundvoraussetzung für die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens. Auch die deutsche Industrie kann sich dem zunehmenden Wettbewerbs- und Kostendruck nicht entziehen. Das Thema der monetären Konkurrenzfähigkeit bzw. Kostensenkung ist speziell am Standort Deutschland mit seinen relativ hohen Lohnnebenkosten (BREUN & SUSANEK 2006) in den Mittelpunkt der Diskussionen gerückt (ZÄH 2004). Vielfach ist der Kostendruck so hoch, dass konventionelle, inkrementelle Rationalisierungsmaßnahmen nicht mehr ausreichen und stattdessen neue, revolutionäre Trends aufgegriffen werden müssen (ZÄH 2004). Vor dem Hintergrund, dass die Produkt- und Produktionskosten bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung und Produktionsplanung festgelegt werden, ist die Zielgröße Kosten (vgl. Glossar) nicht beliebig kurzfristig beeinflussbar (ZÄH ET AL. 2003B). Außerdem ist der wirtschaftliche Unternehmenserfolg nicht nur von der aktuellen Kostensituation geprägt. Vielmehr hängt er von vielschichtigen und langfristigen Faktoren ab, die beispielsweise WILDEMANN (2004) in einer Umfrage in 200 Industrieunternehmen ermittelt und nach ihrem Beitrag gewichtet hat: Qualität (25 % Beitrag zum Unternehmenserfolg), Preis (30 %), Service (15 %), Produktidentität (10 %) und Logistikleistung (20 %). Die Aufgabe jedes Unternehmens ist es, das optimale Zusammenwirken dieser Faktoren zu ermöglichen. Es sind qualitativ hochwertige Produkte zu konkurrenzfähigen Preisen herzustellen. Dies erfordert effektive sowie effiziente Produktentwicklungs-, Produktionsplanungs- und Produktionsprozesse.

Des Weiteren unterliegen produzierende Unternehmen einem hohen Innovationsdruck. Sie sind permanent gefordert, mittels *Innovationskraft* ihre Marktanteile zu sichern bzw. auszubauen. Gerade in Hochlohnländern ist es entscheidend, Innovationen und Veränderungen zum Bestandteil des Tagesgeschäfts zu erheben (SPATH 2005), da in der Innovationsfähigkeit ein „Schlüssel“ für die Konkurrenzfähigkeit von Unternehmen liegen kann. SPATH (2004) beschreibt die aktuelle Situation in Deutschland mit Schlagworten wie Lethargie, Stagnation und nur durchschnittlicher Innovationskraft im Vergleich zu den anderen großen Industrienationen. Jedoch sieht er im Punkt Innovationskraft auch Chancen, wenn Unternehmen *„mehr Mut zum Neuen, zum Anderen, zum Unbekannten aufbringen, denn nur wer neue Wege geht, hat die Chance, mit weniger Aufwand andere einzuholen oder gar zu überholen. Dieser Mut zu Neuem ist in allen Bereichen von Nöten – nicht nur in der Wirtschaft, auch in der Politik und seitens der gesamten Gesellschaft. Neues entsteht leider nicht von selbst, es muss gesucht werden, es muss erar-*

beitet und vielleicht auch erzwungen werden“. Diese Meinung aus Sicht der Forschung deckt sich auch mit Aussagen der Politik, wenn z. B. SCHIPANSKI (2004) die Konkurrenzfähigkeit der deutschen Volkswirtschaft im internationalen Wettbewerb in innovativen Techniken und Produkten hoher Wertschöpfung begründet sieht. Im Bereich der Produktionstechnik fasst UHLMANN (2004) die Innovationsfelder in den in Abbildung 2 dargestellten Domänen zusammen. Hierbei berücksichtigt er auch das Kernthema dieser Arbeit, integrierte Produkt- und Prozessentwicklung im Bereich der Prozessketten, als ein zentrales Innovationsfeld.

Fertigungsverfahren	Maschinen	Werkzeuge
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hochgeschwindigkeitsbearbeitung ▪ Hartbearbeitung ▪ Ultrapräzisions- & Mikrobearbeitung ▪ Hybridverfahren ▪ Trockenbearbeitung ▪ Rapid Prototyping/Tooling 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stabkinematik (Hexapod, Dodekapod) ▪ selbstoptimierende Maschinen ▪ magnetofluidische Positioniersysteme ▪ innovative Maschinenkomponenten ▪ umkonfigurierbare Maschinen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovative Schneidstoffe ▪ Beschichtungstechnologien ▪ Werkzeuge zur integrierten Erkennung von Zustand und Prozesskenntnissen
Werkstoffe	Prozessketten	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ hochfeste Werkstoffe (Nickelbasis-, Titanlegierungen) ▪ Leichtbauwerkstoffe (geschäumte Metalle, Magnesium, Aluminium) ▪ Verbundwerkstoffe (FVK, MMC, verstärkte Keramiken) ▪ Sinterwerkstoffe (metallisch, keramisch) 	Verkürzung von Prozessketten durch: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verfahrenssubstitution ▪ Near-Net-Shape Technologien ▪ hochintegrierte Produktion ▪ integrierte Produkt- und Prozessentwicklung 	

Abbildung 2: Innovationsfelder in der Produktionstechnik (UHLMANN 2004)

MILBERG (2003) weitet den Bereich der Innovationsfelder bzw. deren Bedeutung aus. Er bezeichnet alles als Innovation, was mehr Kunden und in Konsequenz mehr Arbeitsplätze hervorbringt. Im Vergleich zu UHLMANN (2004) zählt er auch neue Produkte, den Zugang zu neuen Märkten und die Einführung von neuen Organisationsstrukturen zu Innovationen. Ähnlich steckt ZÄH (2003) das Feld der Innovationen ab und definiert sie als Megatrends der Produktionstechnik. Diese stellen Innovationsvisionen und damit Herausforderungen für einen Zeitrahmen bis ins Jahr 2050 dar. Die Innovationsfelder werden in die folgenden sechs Gebiete untergliedert (ZÄH 2003):

- Flexibilisierung der Organisationsformen (z. B. Kompetenznetzwerke mit transparenter Auftragsabwicklung)
- Modularisierung, Dezentralisierung, Standardisierung (z. B. Dezentralisierung der Intelligenz und Aufwärtskompatibilität der Anlagen)

1.2 Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld

- Vernetzung (z. B. vernetzte Entwicklungsteams, -werkzeuge und -prozesse)
- Digitalisierung (z. B. virtuelle Prototypen und Hardware-in-the-Loop-Simulation)
- neue Materialien und Prozesse (z. B. höhere Zerspankräfte, höhere Vorschubgeschwindigkeiten, intelligente Materialien und selbstadaptierende Systeme)
- Nachhaltigkeit (z. B. Umweltfreundlichkeit und Abbildung von Wissen (vgl. Glossar) in Bibliotheken)

Teilweise bedingt der Drang nach Innovationen allerdings eine gesteigerte Systemkomplexität, die es zu beherrschen gilt (WESTKÄMPER 2005). Beispielsweise ist die Integration der Domänen Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik im Bereich der mechatronischen Produktionsanlagen und -systeme von einer hohen Komplexität geprägt (GAUSEMEIER 2002).

Die fünfte Disziplin *Mitarbeiterorientierung* ist sowohl eine eigenständige als auch komplementäre Disziplin im Vergleich zu den anderen. Im Bestreben ein kontinuierlich erfolgreiches Unternehmen zu gestalten, ist der Mensch mit seinen Möglichkeiten hinsichtlich Individualität, Kreativität und Flexibilität ein entscheidender Schlüsselfaktor. Die Mitarbeiter sind beispielsweise in Form von Teamarbeit, Arbeitszeitmodellen und/oder Methodenunterstützung optimal zu fördern und zu fordern (SPATH 2005). SPATH (2004) propagiert, dass eine optimale bzw. ganzheitliche Arbeitsgestaltung entscheidend davon abhängen wird, wie gut die technisch-organisatorischen Systemelemente mit dem Menschen, als der stets wichtigsten Komponente des Arbeitssystems, zusammenwirken. Auch ZÄH (2004) beschreibt die Herausforderung einer zielgerichteten Unterstützung der Arbeitskräfte im Rahmen der Produktion. So soll der Mitarbeiter künftig bei seinen Routinetätigkeiten, wie dem Bereitstellen der Arbeitsdokumentationen, unterstützt werden. Dadurch wird die Konzentration auf seine primäre Aufgabe, das Ausführen des Produktionsprozesses, gefördert.

Zusammenfassend beschreibt MILBERG (2004B) das Unternehmen der Zukunft als das Triple-A-Unternehmen, das in höchstem Maße **agil**, **antizipativ** und **adaptiv** ist, wobei hier die geforderte Innovationskraft mit einbezogen wird. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit sollen die Innovationskraft im Sinne der frühzeitigen Gestaltung von ganzheitlichen und innovativen Verfahrensketten sowie die Bewertung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit der Verfahrensketten als Kernaspekte herausgegriffen werden. Die Konkurrenzfähigkeit von Unternehmen wird in starkem Maß davon abhängen, ob es gelingt, etablierte Ansätze in der Produktionstechnik mit Innovationen wirtschaftlich zu kombinieren. Es ist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Bewähr-

ten und dem Neuen zu finden. So gibt z. B. LEIBINGER (2004) zu bedenken, dass sich die Wirtschaftlichkeit bzw. die Marktposition von Unternehmen möglicherweise verschlechtert, wenn stets die maximale technologische Innovation angestrebt wird. Aus seiner Sicht müssen Ingenieure gleichzeitig über Innovations- und Kostendenken verfügen, um dem weltweiten Wettbewerb genügen zu können. Für LEIBINGER (2004) ist nicht nur das Gestalten einer genaueren, schnelleren oder gesteigerten Produktion eine kreative Fähigkeit, sondern auch die Entwicklung und Planung kostengünstiger Produkte.

1.3 Begriffsdefinitionen

Um für die Zielsetzung einer entwicklungs- und planungsbegleitenden Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen ein einheitliches Verständnis zu schaffen, ist zunächst eine Definition von hierfür relevanten Begriffen erforderlich. Im Rahmen der Arbeit sind nachfolgende Begriffe von essenzieller Bedeutung:

Produktentwicklung

In Anlehnung an EHRENSPIEL (2003, S. 146 ff. & S. 225 ff.) ist die Produktentwicklung ein Teilbereich der Produktentstehung, die den Lebenslauf eines Produkts von der Idee bis zur Auslieferung darstellt. Die Produktentwicklung umfasst Tätigkeiten, die ausgehend von den Anforderungen die geometrisch-stofflichen Merkmale eines technischen Produkts festlegen. Die Beschreibung und die Inhalte sind abhängig von der Art des zu entwickelnden Produkts. Außerdem ist die Zusammensetzung der an der Produktentwicklung beteiligten Unternehmensbereiche stark unternehmensspezifisch geprägt. Des Weiteren gilt es zu unterscheiden, ob es sich bei dem Entwicklungsobjekt um eine Neu-, Varianten- oder Anpassungskonstruktion (PAHL ET AL. 2005, S. 4) handelt. Im deutschsprachigen Raum bilden z. B. die VDI RICHTLINIE 2221 (1993) sowie das Werk von PAHL ET AL. (2005) eine methodische Grundlage für die Produktentwicklung. Die Modelle und Methoden der Produktentwicklung folgen i. d. R. den Hauptschritten „Ziel bzw. Problem klären“, „Lösungsalternativen generieren“ und „Entscheidung herbeiführen“ (LINDEMANN 2006, S. 45).

Produktionssystem

Nach EVERSHEIM (1992) ist unter einem Produktionssystem eine technisch, organisatorisch und teilweise kostenrechnerisch selbstständige Allokation von Potenzial- und Mittelfaktoren zu Produktionszwecken zu verstehen. Es ist, unabhängig von der Systemgröße und den vor- bzw. nachgelagerten Bereichen, durch folgende Elemente bestimmt (REFA 1990):

1.3 Begriffsdefinitionen

- Festlegung der Eingaben (Teile, Werkstoffe, Energie und Informationen (vgl. Glossar))
- Beschreibung der Ausgaben (Produkte, Abfälle, Energie, Informationen)
- Beschreibung der Arbeitsaufgabe (Arbeitsablauf inklusive des Zusammenwirkens zwischen Mensch und Betriebsmittel (vgl. Glossar))

Entsprechend wird die Struktur eines Produktionssystems durch die Anordnung der Arbeitsstationen und deren Verknüpfung im Stoff- und Informationsfluss beschrieben. Die Stationen des Systems können Maschinen, manuelle Arbeitsplätze oder automatisierte Anlagen sein. An diesen werden am Produkt Verfahren wie beispielsweise Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten oder Ändern der Stoffeigenschaften angewandt (MILBERG & REINHART 1996, S. 10-44 ff.).

Produktionsplanung

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit werden unter der Produktionsplanung die Tätigkeiten zur Gestaltung eines Produktionssystems verstanden. Die Begriffe Produktionsplanung und Produktionssystemplanung gelten als Synonyme, weshalb nachfolgend ausschließlich der Begriff Produktionsplanung verwendet wird. Es existieren diverse systematische Vorgehensbeschreibungen wie beispielsweise VDI 2221 (1993) oder REFA (1990). Diese umfassen folgende Subtätigkeiten: Analyse der Ausgangssituation, Konkretisierung der Planungsaufgaben, Grob- und Feinplanung des Produktionssystems, Systemeinführung sowie Systembetrieb.

Produktion

Unter dem Begriff Produktion ist i. A. die Kombination von Produktionsfaktoren zu verstehen (SCHUH 1996, S. 5-32 f.). Demnach beinhaltet die Produktion die Gesamtheit wirtschaftlicher, technologischer und organisatorischer Maßnahmen, die unmittelbar mit der Be- und Verarbeitung von Stoffen zusammenhängen (EVERSHEIM 1992). In dieser Arbeit – und beispielsweise im Unterschied zu WÖHE (2002, S. 329 f.) – umfasst der Begriff Produktion die Teilaspekte Fertigung und Montage (MILBERG & REINHART 1996, S. 10-44 ff.). Eine ähnliche Definition bietet WARNECKE (1995, S. 1 ff.), wonach die Produktion die Bereiche Teilefertigung und Montage beinhaltet. Hierbei umfasst die Teilefertigung die Herstellung von Einzelteilen für den Bereich Montage oder für die direkte Lieferung an den Kunden.

Produktionsverfahren

Ein Produktionsverfahren bezeichnet ein Verfahren zur Herstellung von geometrisch bestimmten festen Körpern. Es sind u. a. Verfahren zum Fügen oder Ändern von Stoff-

eigenschaften eingeschlossen (DIN 8580 2003). Häufig wird analog auch der Begriff der Produktionstechnologien verwendet (z. B. KNOCHE (2005)), wobei im Rahmen dieser Arbeit dem ersten Begriff der Vorzug gewährt wird.

Produktionsprozess

Im Vergleich zu Produktionsverfahren weisen Produktionsprozesse einen höheren Detaillierungs- und Konkretisierungsgrad auf. Ein Produktionsprozess ist durch definierte Betriebsmittel sowie konkrete Prozessparameter festgelegt und bezieht sich i. d. R. auf einen spezifischen Produktionsschritt an einem Produkt (vgl. KNOCHE (2005, S. 5 ff.)).

Produktionsalternativen

Hinsichtlich des Begriffs Produktionsalternativen (Alternativen: vgl. Glossar) gilt folgende Eigendefinition im Zuge dieser Arbeit: Eine Produktionsalternative entspricht einer Kette von Produktionsverfahren, die eine andere solche Kette gleichwertig ersetzen kann. Eine Produktionsverfahrenskette besteht aus elementaren generischen Verfahrenselementen bzw. Verfahrensschritten, die zur Herstellung eines Produkts erforderlich sind. Insofern bezeichnen Produktionsalternativen Verfahrensketten, bei denen sich mindestens ein generisches Element von der Vergleichsbasis unterscheidet.

Integration

Integration bedeutet im Kontext der Arbeit, dass die Prozesse der Produktentwicklung und Produktionsplanung ablauf- und aufbauorganisatorisch zusammengefasst sind. Folglich wird die funktionale Trennung der beiden Bereiche aufgehoben und der Ansatz geht über die herkömmliche Definition der Integration im Sinne einer „engen Zusammenarbeit“ hinaus (GRUNWALD 2002, S. 12). EVERSHEIM ET AL. (1995) sprechen z. B. von einer integrierten Entwicklung und Planung, wenn die Definition des Produktes und des entsprechenden Produktionssystems weitestgehend zeitparallel und inhaltlich aufeinander abgestimmt erfolgen. Somit arbeiten bei der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung alle am Erstellungsprozess beteiligten Abteilungen und die betroffenen Spezialisten eng und unmittelbar zusammen (EHRLENSPIEL 2003, S. 188).

Generierung

Im Zuge dieser Arbeit ist die Generierung von Produktionsalternativen mit den Begriffen Gestaltung, Definition oder Planung von Produktionsalternativen gleichzusetzen.

Bewertung

Die Bewertung von Produktionsalternativen geht in dieser Arbeit über den Aspekt der rein betriebswirtschaftlichen Betrachtung hinaus. Bezüglich dieser ist die Bewertung

1.4 Aufgabenstellung und Zielsetzung

eine betriebswirtschaftliche Regel, nach der Gegenständen Geldbeträge zugeordnet werden (GUDEMANN 1992). In dieser Arbeit sollen aber sowohl monetäre als auch weitere quantitative (z. B. zeitliche) und qualitative Kriterien (z. B. Risiken) in die Bewertung einbezogen werden.

Obige Begriffe stellen die wesentlichen für diese Arbeit dar. Alle weiteren Begriffe, die hinsichtlich der Arbeit relevant sind, werden im Kontext eingeführt.

1.4 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Folgenden wird die Aufgabenstellung und Zielsetzung präzisiert. Die Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen soll geeignete Antworten auf die aktuellen Herausforderungen im Wettbewerbsumfeld (Abschnitt 1.2) bieten. Im Speziellen sollen die Disziplinen „Innovationskraft“, „Schnelligkeit in der Planung“ und „wirtschaftlicher Erfolg“ unterstützt werden (vgl. Abbildung 1).

Entsprechend diesen Rahmenbedingungen ist es das vorrangige Ziel, in Bezug auf die Entwicklung und Planung neuer Produkte bei Serien- und Massenproduzenten eine neue Vorgehensweise zur frühzeitigen Generierung und Identifikation von optimalen Produktionsverfahrensketten zu schaffen. Hierbei konzentriert sich die Methodik vor allem auf Unternehmen, die bisher keine systematische Generierung und explizite Bewertung von Produktionsalternativen vorgenommen haben, sondern diese vielmehr erfahrungsbasiert auf der Basis von Produktkonzepten und -entwürfen projektiert oder existierende Arbeitspläne kopiert und adaptiert haben. Auf dieser Grundlage gilt es, diverse nachfolgend beschriebene Teilziele zu erreichen (Abbildung 3):

Ausgehend von Produktskizzen und unscharfen Produktinformationen sollen Verfahrensketten geplant werden können, die die aktuellen Produktionsmöglichkeiten eines Unternehmens abbilden und zugleich neue, innovative Technologien berücksichtigen. Im Gegensatz zum heute vielfach praktizierten Kopieren und Adaptieren existierender Arbeitspläne sollen grundsätzlich neue, alternative Verfahrensketten erarbeitet werden können. Parallel zur Erarbeitung dieser sollen die zu erwartenden Kosten bewertet werden können, um nicht nur innovative Lösungen zu erarbeiten, sondern gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Außerdem soll die Planung von Verfahrensketten dazu genutzt werden, um aus der Sicht der Produktionsplanung aktiv und optimierend in die Produktentwicklung eingreifen zu können. Dies setzt eine enge Wechselbeziehung der beiden Domänen voraus und soll den üblichen Einfluss der Produktentwicklung auf die Produktionsplanung in der entgegengesetzten Wirkrichtung ergänzen.

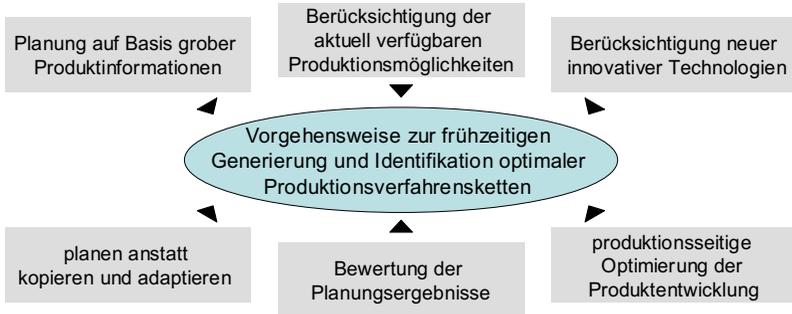


Abbildung 3: Zielsetzung der Arbeit

Im Rahmen dieser Zielsetzung soll bei der Planung von Produktionsverfahrensketten ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Aspekten Innovation, Innovationsrisiko sowie Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Somit soll sowohl der Anspruch der Technologieführerschaft am Standort Deutschland als auch die internationale Konkurrenzfähigkeit gestärkt werden. Operativ sollen durch die zu entwickelnde Methodik Verfahrensketten erarbeitet und identifiziert werden, die eine optimale Grundlage für die detaillierte Produktionsprozessplanung bieten.

Zum Erreichen der Zielsetzung ist eine Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen zu erarbeiten. Vor dem Hintergrund, dass die Zuordnung von Verfahren zu Produktionsaufgaben nicht algorithmierbar bzw. automatisierbar ist (SPUR & STÖFERLE 1994), gewinnt ein systematisches Vorgehen an Bedeutung. Die Notwendigkeit hierzu wird von SPUR (1996) betont, indem er feststellt, dass die Entscheidungsfindung hinsichtlich Produktionsverfahren keine isolierte Handlung darstellt, sondern vielmehr ein kontinuierlicher und äußerst iterativer Prozess in den Unternehmen ist (SPUR 1996).

1.5 Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraums

1.5.1 Allgemeines

Der Abschnitt 1.5 stellt die Bereiche dar, auf denen die Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen basiert und grenzt die nicht detailliert betrachteten Bereiche ab. Teilweise wird auch auf grundlegende Themengebiete eingegangen, die für das Gesamtverständnis hilfreich sind. Im Speziellen werden die Themenkomplexe Produktspektrum (Abschnitt 1.5.2),

1.5 Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraums

Produktionsarten und -prinzipien (Abschnitt 1.5.3), Modularisierung und Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen (Abschnitt 1.5.4), Grundlagen der Produktentwicklung und Produktionsplanung (Abschnitt 1.5.5) sowie Grundlagen des Wissensmanagements (Abschnitt 1.5.6) behandelt. Da die Prozesse der Produktentwicklung und Produktionsplanung vielfach durch Informationstechnologie (IT) unterstützt werden, geht Abschnitt 1.5.7 einleitend auf den Aspekten der Rechnerwerkzeuge ein. Es wird ein Überblick darüber gegeben, welche Arten von Rechnerwerkzeugen zum aktuellen Zeitpunkt zur Verfügung stehen und auf welche Art und Weise diese die Tätigkeiten der Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen unterstützen können.

1.5.2 Produktspektrum

Die Methodik wird für physische Produkte, d. h. Bauteile oder Baugruppen konzipiert. Hierbei fokussiert die Methodik Bauteile oder Baugruppen, an denen ausgehend von einem Basiszustand zahlreiche Produktionsverfahren ausgeführt werden, um Schritt für Schritt die geforderten Charakteristika zu erreichen. Die Produktionsverfahren umfassen hierbei sowohl Fertigungs- als auch Montageverfahren. Eine systematische Planung von Verfahrensketten kann jedoch nur dann Potenziale bieten, wenn eine hohe Anzahl an alternativen Produktionsverfahren zur Herstellung der Bauteile und Baugruppen existiert. In Konsequenz adressiert die Methodik Produkte, die eine umfassende Planungsphase erfordern, zumal viele Freiheitsgrade in Bezug auf die Planung von Verfahrensketten bestehen.

Beispiele für geeignete Produkte zur Validierung und Anwendung der Methodik bietet Kapitel 5. Zum einen wird die Methodik bezüglich eines Bauteils (Turbinenkomponente) und zum anderen hinsichtlich einer Baugruppe (Scheibenbremse) angewendet.

1.5.3 Produktionsarten und -prinzipien

Die Arbeit bezieht sich auf die Planung von Produkten, die in Serien- und Massenproduktion hergestellt werden. Die Serienproduktion ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Produkt mehrfach nacheinander und in hohen Stückzahlen hergestellt wird. Die Massenproduktion ist im Vergleich dazu durch einen sich permanent wiederholenden Produktionsprozess beschrieben, der einem festgelegten Standardablauf folgt (REICHWALD & DIETEL 1991, S. 438). Im Rahmen der Serien- und Massenproduktion adressiert die Methodik sowohl Fertigungsverfahren – Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und Stoffeigenschaften ändern (DIN 8580 2003) – als auch Montage- und Handhabungsverfahren entsprechend der DIN 8593 (2003) bzw. der VDI RICHTLINIE 2860 (1990). Mittels der Methodik soll vorrangig die am besten geeignete Produktions-

alternative für neue Produkte entwickelt und ausgewählt werden. Es müssen primär die geeigneten Produktionsverfahren identifiziert werden (MILBERG & REINHART 1996, S. 10-1 ff.). Infolge der Fokussierung der Arbeit auf die Serien- und Massenproduktion werden die identifizierten Produktionsverfahren im Rahmen der Prinzipien Werkstatt-, Gruppen- und Fließproduktion (Abbildung 4) umgesetzt (WARNECKE 1996, S. 9-66 ff.; DOLEZALEK & WARNECKE 1981, S. 129 ff.).

		Produktionsart				
		Einzelproduktion	Serienproduktion			Massenproduktion
			Kleinserien	Mittelserien	Großserien	
Stückzahl (ca.)		1-10	10-100	100-1.000	1.000-100.000	> 100.000
Produktionsprinzip	Baustellenproduktion	●	◐			
	Werkstattproduktion	●	●	◐		
	Gruppenproduktion		●	●	◐	
	Fließproduktion				◐	●

Legende: ● – geeignet ◐ – eingeschränkt geeignet ◻ – betrachteter Ausschnitt

Abbildung 4: Betrachteter Ausschnitt der Produktionsarten und -prinzipien

Um hinsichtlich der für die Arbeit relevanten Produktionsprinzipien ein grundlegendes Verständnis zu schaffen, soll vertiefend zu Abbildung 4 auf die diversen Organisationsprinzipien, -formen und -typen mit dem dazugehörigen Materialfluss eingegangen werden (Abbildung 5). Dadurch wird die Basis geschaffen, geplante Verfahrensketten dahingehend überprüfen zu können, ob sie organisatorisch innerhalb des geplanten bzw. existierenden Produktionssystems realisiert werden können.

Die *Werkstattproduktion* ist im Wesentlichen durch ein Verrichtungsprinzip im Rahmen des zeitlichen Ablaufs der Losfertigung gekennzeichnet. Diese erfordert die Vollendung der Operationen am gesamten Los, bis anschließend die Werkstücke zur nachfolgenden Produktionseinrichtung transportiert werden (CORSTEN 2004 S. 30 f.; ADAM 2001, S. 5 ff.). Die andere Extremausprägung stellt die *Fließproduktion* dar. Die Produktion nach dem Flussprinzip (DOLEZALEK & WARNECKE 1981, S. 138; CORSTEN 2004 S. 31 f.) ist i. d. R. so gestaltet, dass ein optimaler Materialfluss erreicht wird. Jedes Werkstück durchläuft eine vorgegebene Maschinenfolge. Die räumliche Anordnung der Produktionsstellen entspricht der Reihenfolge der zu durchlaufenden Operationen (z. B. Kreis-, Linien- oder U-Form). Die einzelnen Produktionsoperationen sind zeitlich möglichst so aufeinander abgestimmt, dass ihr Zeitbedarf der Taktzeit entspricht. In diesem Produktionsprinzip ist ein hoher Grad der Arbeitsspezialisierung entsprechend den Grundprinzipien des Taylorismus' (vgl. Glossar) üblich. Einen Zwischentyp zwischen Werkstatt-

1.5 Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraums

und Fließproduktion ist die *Gruppenproduktion* (MILBERG & REINHART 1996, S. 10-12). Diese ist durch die räumliche Zusammenfassung verschiedenartiger Betriebsmittel zu Funktionsgruppen gekennzeichnet, wobei die Gruppen intern zumeist dem Flussprinzip und übergreifend dem Verrichtungsprinzip folgen. Produziert wird i. d. R. in Losen, wobei eine zeitliche Überlappung der Lose möglich ist. Flexible Fördermittel sind eine Voraussetzung für die wirtschaftliche Gruppenfertigung. Des Weiteren ist die *Inselproduktion* als eine Variante der Gruppenproduktion zu nennen (GÜNTHER & TEMPELMEIER 2003, S. 105 ff.). Hierbei werden Produktkomponenten, Werkstücke oder Baugruppen, die ähnliche Produktionsanforderungen und -spezifika aufweisen, in Teile- bzw. Produktionsfamilien zusammengefasst. Innerhalb dieser Familien sind die zur Herstellung benötigten Betriebsmittel und Arbeitsplätze in einer räumlichen und organisatorischen Einheit zusammengefasst und folgen zumeist dem Flussprinzip. Eine andere Variante der Gruppenproduktion sind *flexible Produktionssysteme* (GÜNTHER & TEMPELMEIER 2003, S. 17, 234 ff.). Diese bestehen i. d. R. aus mehreren Computer-Numerical-Control-gesteuerten (CNC-gesteuerten) Maschinen, die durch ein automatisiertes Transportsystem verbunden und mit automatischen Spann- und Beladeeinrichtungen ausgestattet sind. Die diversen automatisierten Maschinen werden zumeist von gemeinsam genutzten Werkstückspeichern beliefert. Die Prozesssteuerung und -überwachung übernimmt ein integriertes IT-System. Flexible Produktionssysteme finden vor allem im Bereich der Klein- bis hin zur Großserienproduktion Anwendung.

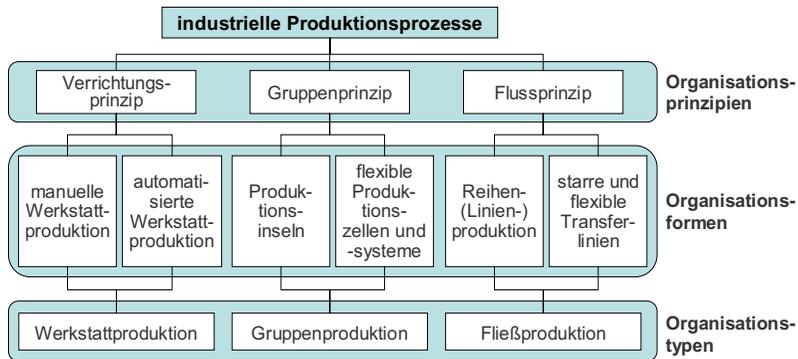


Abbildung 5: Organisation von Produktionssystemen (in Anlehnung an WIENDAHL (2005, S. 29 ff.))

Aufgrund der Fokussierung der Arbeit auf die Generierung von Verfahrensketten stellen Organisationsprinzipien sowie Steuerungs- und Logistikstrategien nur einen Randaspekt dar. Durch die Methodikanwendung werden die grundlegenden produktionstechnischen

„Weichen“ gestellt, auf deren Basis im Anschluss die Organisation, Steuerung und Logistik detailliert werden. Jedoch sind z. B. die Organisationsformen frühzeitig – in Verbindung mit möglichen Steuerungsprinzipien in der Auftragsabwicklung (vgl. GOLDRATT & COX (1987), ADAM (2001), CORSTEN (2004), NEBL (1998) oder WIEN-DAHL (1996)) – in die Überlegungen bei der Planung von Verfahrensketten einzubeziehen. Diese Überlegungen können die Grundlage dafür bilden, beispielsweise ein wertstromorientiertes Produktionssystem (ROTHER 2000) zu gestalten.

1.5.4 Modularisierung und Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen

Im Rahmen dieses Abschnitts soll eine kurze Darstellung der für die Arbeit relevanten Aspekte der Modularisierung und Wandlungsfähigkeit erfolgen. Der Begriff „Modularisierung“ wurde ursprünglich im Rahmen der Produktentwicklung für die Gestaltung modularer Produkte geprägt. SPIES (1997) entwickelte z. B. eine Methode, mit der eine montagegerechte Produktstruktur unter Berücksichtigung der Entwicklungsabläufe erzielt werden kann. Mittels autonomer Produktmodule und deren Kombinierbarkeit ist es möglich, variantenreiche Serienprodukte wirtschaftlich zu produzieren. Weitere Ansätze, die der Modularisierung der Produkte und damit der Festlegung der Montage-reihenfolge bzw. der Produktionslinie dienen, fasst NEUHAUSEN (2001) zusammen. Den Zusammenhang modularer Produkte z. B. mit einer modularen Montage beschreibt WESTKÄMPER (2001). Von ihm wird ein schnelles und kostengünstiges Umrüstkonzept auf der Grundlage einer modularen Systemarchitektur vorgeschlagen, das die Herstellung modularer Produkte erlaubt.

Weitere Ansätze, die sich mit der Gestaltung von modularen Betriebsmitteln auseinandersetzen, zielen auf deren Austauschbarkeit und Standardisierung ab. Es wurden Ansätze zur Gestaltung von standardisierten, generischen und rekonfigurierbaren Bearbeitungsmaschinen und Vorrichtungen erforscht. HEISEL & MICHAELIS (1998) oder auch ONORI ET AL. (1999) beschreiben die modulare Gestaltung von Werkzeugmaschinen und Montagesystemen. Außerdem waren neue Produktionsmodule für einen schnellen Werkzeug- bzw. Palettenwechsel und -transport sowie hochflexible Fertigungssysteme der Gegenstand von Forschungsarbeiten (KOREN ET AL. 1999). Als weiteres Beispiel dient das Projekt „Highly Productive and Reconfigurable Manufacturing Systems“ (HIPARMS) (TÖNSHOFF ET AL. 2001).

Modulare Betriebsmittel stellen insofern eine Grundlage für die Gestaltung wandlungsfähiger Produktionssysteme dar. Die Wandlungsfähigkeit (REINHART 1997; REINHART 1999; REINHART 2000; ZÄH ET AL. 2004) der Produktion bzw. von Produktionssystemen

1.5 Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraums

setzt sich definitionsgemäß aus den Elementen Flexibilität und Reaktionsfähigkeit zusammen. Der Begriff Flexibilität umfasst hierbei die Beherrschung von Szenarien, die bei der Planung bereits berücksichtigt werden. Die Reaktionsfähigkeit bezieht sich auf lösungsneutrale Anpassungspotenziale eines Unternehmens in einem turbulenten Umfeld, die im Bedarfsfall schnell und kostenarm aktiviert werden können (ZÄH ET AL. 2005A).

Die Aspekte der Modularisierung und Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen bieten im Rahmen der Methodik einen konzeptionellen Ansatz bzw. einen „Enabler“ für die Generierung von alternativen Verfahrensketten. Deshalb gilt es an dieser Stelle, die generischen Strukturmaßnahmen (in Anlehnung an EVERSHEIM & TERHAAG (1999)) zur Anpassung von Produktionsstrukturen und -prozessen einzuführen (Tabelle 1).

	Strukturmaßnahme	Darstellung	Erläuterung
1	Integration/ Modularisierung		mehrere Prozesse zusammenfassen bzw. Prozesse in mehrere Teilprozesse trennen
2	Parallelisierung		Prozesse parallelisieren, die ursprünglich in Sequenzen abliefern
3	Kooperation		Prozesse extern verlagern
4	Verlagerung		einen ganzen Prozess oder Teile eines Prozesses in einen anderen Prozessstrang verlegen
5	Eliminierung		einen Prozess ersatzlos streichen
6	Substitution		einen Prozesses durch einen anderen/veränderten Prozess ersetzen
7	Reihenfolgebildung		Sequenzen zweier oder mehrerer Prozesse ändern
8	Duplizierung		gleichartige Prozesse mehrerer Prozessstränge zusammenfassen bzw. einen Prozess auf gleichartige Prozesse in verschiedenen Strängen aufteilen
9	Veränderung der Ressourcenzuordnung		neue Ressourcen zu einem Prozess zuordnen, Ressourcen ersetzen, Ressourcen abziehen
10	Gestaltung neuer Prozesse		einen neuen Prozesses einführen

Tabelle 1: Strukturmaßnahmen (in Anlehnung an EVERSHEIM & TERHAAG (1999))

Die zehn möglichen generischen Strukturmaßnahmen bieten einen Baukasten zur Optimierung von Strukturen und Prozessen. Somit können die generischen Strukturmaßnahmen als eine Grundlage für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung von Produktionsalternativen aufgegriffen werden.

1.5.5 Grundlagen der Produktentwicklung und Produktionsplanung

Die vorliegende Arbeit soll sich hauptsächlich auf die Planung von Verfahrensketten für neue Produkte beziehen. Vor diesem Hintergrund sind die Planungsarten Neu-, Ähnlichkeits- und Variantenplanung relevant (EVERSHEIM 1996, S. 7-76). Hierbei soll es keine Restriktion darstellen, ob die jeweilige Verfahrenskette mit dem existierenden Maschinenpark eines Unternehmens realisiert werden kann oder ob Investitionen in neue Maschinen zu tätigen sind. Inhaltlich bezieht sich die Methodik, wie in Abbildung 6 dargestellt, auf die entsprechenden Teilbereiche des Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsprozesses, die miteinander in Wechselwirkung stehen.

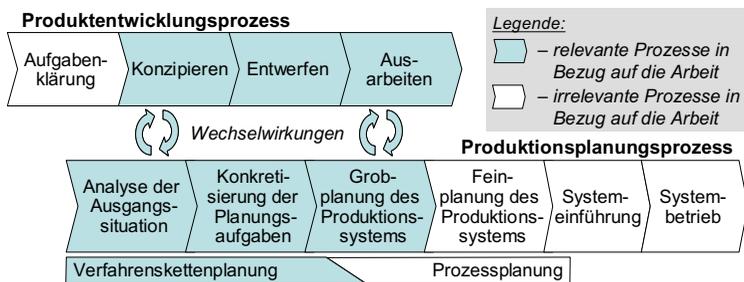


Abbildung 6: Relevante Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsprozesse in Bezug auf die Arbeit (in Anlehnung an VDI RICHTLINIE 2221 (1993) und REFA (1990))

In Verbindung mit dem Produktentwicklungsprozess, der im Vergleich zum Produktionsplanungsprozess i. d. R. früher startet und endet, wird hauptsächlich auf die Phasen „Konzipieren“, „Entwerfen“ und „Ausarbeiten“, wie in der VDI RICHTLINIE 2221 (1993) dargestellt, eingegangen. In die erste Phase der Aufgabenklärung greift die Methodik nicht direkt ein, da hier die Produktidee geplant, die Anforderungen ermittelt und die Informationen eingeholt werden, aber noch keine potenziellen Verfahrensketten gebildet werden. Die Relevanz der Methodik ist ab der Phase der Konzeption gegeben, da hier eine integrative Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen Nutzeneffekte, wie z. B. Vorschläge für optimierte Produktgeometrien, erzeugen kann.

Im Zusammenhang mit dem Produktionsplanungsprozess soll die Methodik in den Phasen „Analyse der Ausgangssituation“, „Konkretisierung der Planungsaufgaben“ sowie „Grobplanung des Produktionssystems“ (Planungssystematik nach REFA (1990)) ansetzen. Da sich die zu entwickelnde Methodik auf die frühe Phase der grundlegenden Verfahrenskettenplanung konzentrieren soll, ist die Phase der „Feinplanung des Produk-

1.5 Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraums

tionssysteme“ nicht mehr von Bedeutung, da hier die Prozesse im Detail geplant werden (Planung von Betriebsmitteln, Werkzeugen, Vorrichtungen und Prozessparametern). Letztendlich werden aus der Phase der Grobplanung die Verfahrensketten an die Prozessplanung übergeben, um sie dort zu detaillieren. Die Phasen Systemeinführung und -betrieb werden nicht explizit inhaltlich in die Methodik eingeschlossen, da diese sich hauptsächlich mit der Auswahl der spezifischen Produktionsmittel beschäftigen.

1.5.6 Grundlagen des Wissensmanagements

Unter dem Begriff Wissensmanagement werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die das Ziel haben, Wissen effizienter zu nutzen (KLOCKE ET AL. 2005). Demzufolge schließt das Wissensmanagement organisatorische, personelle und technische Maßnahmen mit ein (PROBST ET AL. 2006). Es umfasst hierbei die von PROBST ET AL. (2006) formulierten sowie von DOMBROWSKI & TIEDEMANN (2004) aufgegriffenen operativen Bausteine, die in Abbildung 7 zu sehen sind.

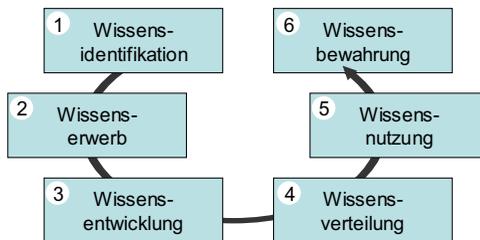


Abbildung 7: Operative Bausteine des Wissensmanagements

Zur Wissensidentifikation werden gezielt unternehmensinterne und -externe Aspekte herangezogen. Es gilt festzustellen, welches Wissen bereits verfügbar ist, und es sind Quellen zu identifizieren, mit denen zielorientiert Wissenslücken geschlossen werden können. Im Bereich des Wissenserwerbs soll externes Wissen beschafft werden, wohingegen die Wissensentwicklung die Erarbeitung von neuem Wissen innerhalb eines Unternehmens bezweckt. Die Wissensverteilung adressiert das Verfügbarmachen von Wissen im Unternehmen. Dadurch sind die Grundlagen geschaffen, um das Wissen im Rahmen von Entscheidungen und Handlungen zu nutzen. Schlussendlich gilt es im Zuge der Wissensbewahrung, Wissensverluste im Unternehmen zu vermeiden.

Dass der Erfahrungsrückfluss und das Wissensmanagement eine entscheidende Bedeutung für Unternehmen besitzen, zeigen sowohl WESTKÄMPER (2006) hinsichtlich des Datenmanagements (Daten: vgl. Glossar) in der Digitalen Fabrik (vgl. Glossar) als auch

KLOCKE ET AL. (2005) bezüglich des technologischen Wissensmanagements. In dieser Arbeit soll das Thema Wissensmanagement als Ansatz aufgegriffen werden. Es sollen Lösungen dargeboten werden, die bei der entwicklungs- und planungsbegleitenden Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen Wissen zur Verfügung stellen und das erarbeitete Planungs- und Bewertungswissen langfristig sichern. Demzufolge werden die operativen Bausteine des Wissensmanagements aus Abbildung 7 in Teilbereichen unterstützt.

1.5.7 Aspekte der Rechnerunterstützung

Es existiert eine Vielzahl an Rechnerwerkzeugen zur Unterstützung der Produktentwicklung und Produktionsplanung. In diesen Domänen werden mehr und mehr Werkzeuge der Digitalen Fabrik eingesetzt, wie beispielsweise LINNER (2002) sie beschreibt. Viele Industrieunternehmen streben die so genannte Virtuelle Produktion (vgl. Glossar) an, die als die durchgängige Planung, Evaluierung und Steuerung von Produktionsprozessen und deren Anlagen mit Hilfe digitaler Methoden und Werkzeuge definiert ist (REINHART ET AL. 1999). Das Ziel hierbei ist es, die Vorgehensweisen sowie die Planungsobjekte Produkt und Prozess zu optimieren. Die Digitale Fabrik ist in diesem Kontext das Bindeglied zwischen der realen und der Virtuellen Produktion und beinhaltet die erforderlichen Methoden und Werkzeuge (ZÄH ET AL. 2003A; ZÄH & MÜLLER 2004). Insofern bietet die Digitale Fabrik Potenziale hinsichtlich der schnellen und interdisziplinären Zusammenarbeit bzw. der Integration von Produktentwicklung und Produktionsplanung.

Am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München (*iwb*) wurde die Virtuelle Produktion im Zuge der Forschungstätigkeiten in die Handlungsfelder „Methoden zur Umsetzung und zum Einsatz der Digitalen Fabrik“, „Benutzerschnittstellen“ (vor allem Techniken der Immersion und Interaktion) und „Werkzeuge der Digitalen Fabrik“ untergliedert (ZÄH ET AL. 2005B). Das gesamte Spektrum der aktuellen Methoden, Werkzeuge und Benutzerschnittstellen der Virtuellen Produktion zeigt zusammenfassend Abbildung 8. An dieser Stelle wird nicht auf alle Elemente aus Abbildung 8 eingegangen, sondern auf die einschlägige Literatur verwiesen (LINNER 2002; BÄR 2004; FUSCH 2005; VDI RICHTLINIE 4499 2006).

Digitale Werkzeuge können eine maßgebliche Unterstützung hinsichtlich der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit bieten. Zum einen können die hinterlegten Informationen und die Funktionalitäten der Rechnerwerkzeuge genutzt werden, um die Entwicklung und Planung der Objekte Produkt, Verfahren, Prozesse, Ressourcen, Organisationsformen oder Steuerungssysteme zu unterstützen. Zum anderen werden vielfach

1.5 Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraums

Funktionalitäten zur Verfügung gestellt, um die jeweiligen Objekte hinsichtlich der Zeiten, Kosten und qualitativen Kriterien bewerten zu können. Des Weiteren können die digitalen Werkzeuge i. d. R. in den verschiedenen Phasen der Produktentwicklung, Produktionsplanung sowie Produktion kontinuierlich und übergreifend eingesetzt werden (Abbildung 8).

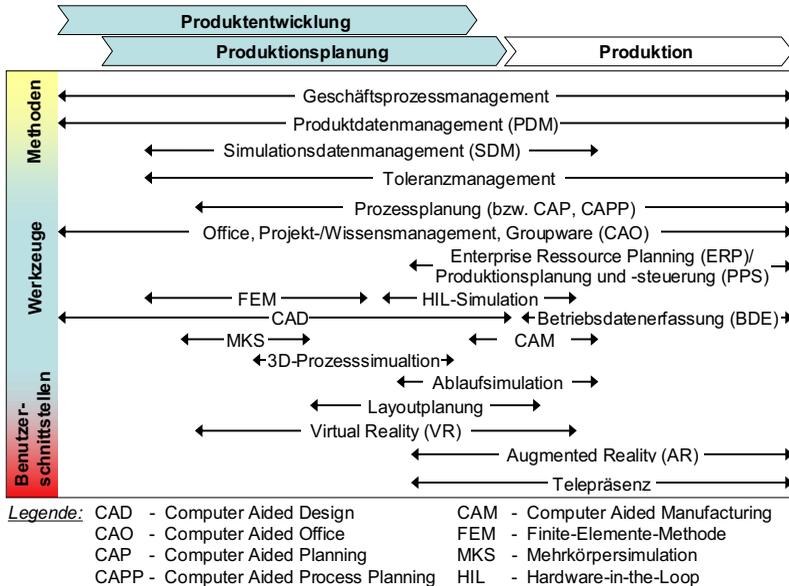


Abbildung 8: Benutzerschnittstellen, Werkzeuge und Methoden der Virtuellen Produktion (in Anlehnung an ZÄH ET AL. (2005C); REINHART ET AL. (2006B))

Die diversen Synthese- und Analyseschritte eines Produktentwicklungs- und Planungsprozesses, die FELDMANN (1997) exemplarisch für die integrierte Montagesystemplanung beschrieben hat, können rechnerisch unterstützt werden. Im Sinne der Aufgabenstellung können Kombinationen unterschiedlicher Rechnerwerkzeuge Möglichkeiten bieten, die Produkt- und Produktionsdaten schrittweise zu erarbeiten und entsprechend zu analysieren. Hierbei sind vor allem Systeme des Produktdatenmanagements (PDM), des Enterprise Resource Planning (ERP), des Computer Aided Planning (CAP) und des Computer Aided Process Planning (CAPP) zu nennen. Die PDM-Systeme dienen in diesem Zusammenhang dem zielgerichteten Umgang mit Produktdaten, wie z. B. der Produktstruktur (SCHÖTTNER 1999). Demgegenüber fokussieren ERP-Systeme die im Unternehmen verfügbaren Ressourcen, um eine optimierte Auftragsabwicklung

sicherzustellen (LUCZAK ET AL. 2004). Da die Generierung und die Bewertung von Produktionsalternativen jedoch nicht nur das Produkt und die verfügbaren Ressourcenaspekte zu berücksichtigen hat, spielen auch CAP- und CAPP-Werkzeug eine bedeutende Rolle. Diese werden im Wesentlichen dazu genutzt, um z. B. im Zuge einer manuellen Konfiguration (vgl. Glossar) oder einer automatisierten wissensbasierten Unterstützung (vgl. Glossar), die Elemente Produkt, Prozess und Ressource zu kombinieren und die Prozessparameter festzulegen.

Das Spektrum an möglichen unterstützenden Rechnerwerkzeugen zur Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen ist somit sehr breit gefasst. Da die Unternehmen durch die spezifischen Anforderungen, Produkte und bereits existierenden Rechnerwerkzeuge gänzlich unterschiedlichen Voraussetzungen unterliegen, kann es keine Zielsetzung der Arbeit sein, einen fixierten Vorschlag der Rechnerunterstützung darzubieten. Einen ähnlichen Sachverhalt präsentieren beispielsweise auch BERLAK (2003) sowie SCHUH & GIERTH (2006) im Bereich der Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Hier werden keine vordefinierten Lösungsvorschläge angeboten, sondern der individuelle Weg eines Unternehmens hin zur PPS-Unterstützung aufgezeigt. In ähnlicher Weise bietet Kapitel 4 einen Leitfaden, durch den eine unternehmensindividuelle Rechnerunterstützung zur Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen abgeleitet werden kann.

1.5.8 Zusammenfassung

Die in dieser Arbeit zu entwickelnde Methodik bezieht sich schwerpunktmäßig auf die Serien- und Massenproduktion von Produkten mit einem hohen technologischen Anspruch sowie einer Vielfalt an Verfahrensalternativen. Hierbei wird vorrangig die Planung innovativer Verfahrensketten für neue Produkte betrachtet, da bewusst eine Abkehr vom reinen Kopieren und Adaptieren bekannter Lösungen erfolgen soll. Entsprechend diesen Randbedingungen soll die Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen sowohl im Produktentwicklungs- als auch im Produktionsplanungsprozess „verankert“ werden. Das Konzept der Integration soll in diesem Zusammenhang einen maßgeblichen Einfluss ausüben, so dass die Tätigkeiten in Verbindung mit der Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen auf einer unternehmensbereichsunabhängigen, funktionsintegrierten und prozessorientierten Basis erfolgen. Neben dieser fundamentalen Einordnung wurden die wesentlichen Aspekte zu den Themenbereichen Modularisierung und Wandlungsfähigkeit, Wissensmanagement sowie Rechnerunterstützung erläutert, um zum einen eine breite Grundlage für die Entwicklung der Methodik zu schaffen und zum anderen den Betrachtungsraum der Arbeit abzugrenzen.

1.6 Vorgehensweise

Nach der Einleitung (Kapitel 1) mit der Darstellung der aktuellen Trends und Herausforderungen, der Definition von Begriffen, der Fokussierung bezüglich der Arbeit sowie der Aufgabenstellung und Zielsetzung wird im folgenden Kapitel 2 der Stand der Forschung und Technik erläutert. Die Betrachtung konzentriert sich auf die Bereiche der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung sowie der Bewertungsmethoden. Auf der Basis einer Zusammenfassung und der Ausarbeitung der daraus resultierenden Defizite werden die spezifischen Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik (Kapitel 3) dokumentiert und auf der Grundlage der Zielsetzung präzisiert. Darauf basierend erfolgt die Konzeption der Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen (Abschnitt 3.3). Hier wird das „Gerüst“ der Methodik erarbeitet und dargestellt, um im Folgenden die Methodik detailliert mit allen relevanten Elementen zu beschreiben (Kapitel 4). Kapitel 5 veranschaulicht die exemplarische Anwendung der Methodik mittels zweier Fallbeispiele. Entsprechend den Resultaten aus der exemplarischen Anwendung folgt eine Bewertung von Nutzen und Aufwand (Kapitel 6) hinsichtlich der Einführung und Anwendung der Methodik. Eine Zusammenfassung und ein Ausblick (Kapitel 7) schließen die Arbeit ab. Abbildung 9 präsentiert den Aufbau der Arbeit:

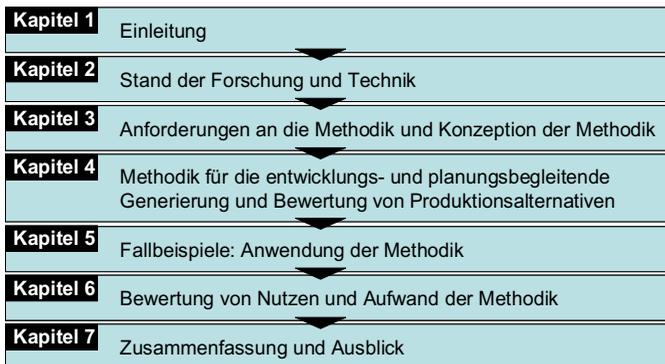


Abbildung 9: Überblick über die Inhalte und den Aufbau der Arbeit

Bei der Entwicklung der Methodik wird ein induktiver Ansatz verfolgt. Das heißt, auf der Basis von Analysen und Beobachtungen aus bestehenden wissenschaftlichen Ansätzen und aktuellen industriellen Vorgehensweisen wird eine allgemeingültige Methodik erarbeitet.

2 Stand der Forschung und Technik

2.1 Allgemeines

Nachdem in Abschnitt 1.5 der Betrachtungsraum abgegrenzt und einige Themenbereiche einführend erläutert wurden, beschreibt dieses Kapitel die vorrangigen Grundlagen für die Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen. Abschnitt 2.2 veranschaulicht den Stand der Forschung und Technik hinsichtlich der Geschäftsprozesse (vgl. Glossar) der konventionellen, d. h. sequenziellen, sowie der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung. Anschließend wird in Abschnitt 2.3 auf die grundlegenden Bewertungsmethoden und die spezifischen wissenschaftlichen Ansätze zur Bewertung von Produktionsalternativen eingegangen. Es werden Vorgehensweisen beschrieben, die eine quantitative (insbesondere monetäre) und qualitative Bewertung von Produktionsalternativen bzw. von alternativen Verfahrensketten anstreben. Das Kapitel wird durch eine Zusammenfassung in Form eines Gesamtfazit (Abschnitt 2.4) abgeschlossen, in dem die Handlungsfelder in Bezug auf die Arbeit erörtert werden.

2.2 Methoden und Ansätze der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung

2.2.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten werden zuerst die grundlegenden Vorgehensweisen im Rahmen der Produktentwicklung (Abschnitt 2.2.2) und der Produktionsplanung (Abschnitt 2.2.3) dargestellt. Darauf aufbauend bietet Abschnitt 2.2.4 einen Überblick über Ansätze, welche die beiden Domänen integrieren. Anschließend geht Abschnitt 2.2.5 primär auf Forschungsansätze ein, die sich im Schwerpunkt oder in Teilbereichen mit der Planung von Verfahrensketten auseinandersetzen. Eine Zusammenfassung zum Themenbereich der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung bietet Abschnitt 2.2.6.

2.2.2 Produktentwicklung

Die Tätigkeiten im Rahmen der Produktentwicklung bzw. Konstruktion lassen sich grob in die Phasen *Planung*, *Konzeption*, *Entwurf* und *Ausarbeitung* unterteilen (vgl. Abschnitt 1.5.5 bzw. Abbildung 6). Die VDI RICHTLINIE 2221 (1993) und die VDI

2.2 Methoden und Ansätze der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung

RICHTLINIE 2222 (1997) (Abbildung 10) bieten eine strukturierte Vorgehensweise, um „zweckgerichtet Forschungsergebnisse und Erfahrungen auszuwerten und anzuwenden sowie ausgehend von einer Aufgabenstellung die zur Herstellung und Nutzung eines Produkts notwendigen Informationen zu erarbeiten und in eine Festlegung der Produktdokumentation“ münden zu lassen (VDI RICHTLINIE 2221 1993, S. 39 f.). Im Wesentlichen gilt es die in Abbildung 10 ersichtlichen sieben Tätigkeiten auszuführen, um die entsprechenden Ergebnisse bzw. Dokumente zu erarbeiten. Hierbei werden die unterschiedlichen Hierarchieebenen *Produkt*, *Modul* und *Bauteil* nach dem Prinzip top-down betrachtet. Eine Unterstützung bei der Ausführung der jeweiligen Schritte kann beispielsweise der Vorgehenszyklus nach EHRENSPIEL (2003, S. 81 ff.) bieten, der die einzelnen Schritte in die Phasen *Aufgabenklärung*, *Lösungssuche* und *Lösungsauswahl* unterteilt.

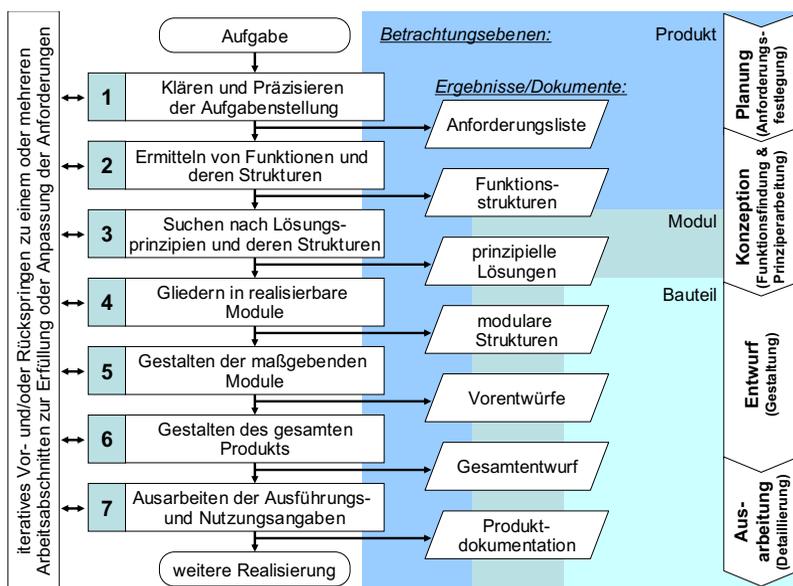


Abbildung 10: Konstruktionsphasen (in Anlehnung an VDI RICHTLINIE 2221 (1993) und VDI RICHTLINIE 2222 (1997))

Eine Vertiefung der Richtlinien bieten z. B PAHL ET AL. (2005), die einen Methodenbaukasten zum Entwickeln und Konstruieren zur Verfügung stellen. Es werden die Grundlagen für das strukturierte Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren dargestellt. Zusätzlich zur Beschreibung der Vorgehensweisen werden auch konkrete Gestaltungsregeln dokumentiert, wie beispielsweise Regeln für die optimale Kraftübertragung

zwischen zwei Bauteilen. Ähnliche Dokumentationen präsentieren HUBKA & EDER (1992) sowie KOLLER (1998). Auf diesen Werken gründen viele wissenschaftliche Arbeiten. Als Beispiele können Methoden für die Definition und die Handhabung kundenseitiger Anforderungen (AHRENS 2000) oder Ansätze zur Restrukturierung in der Entwicklung und Konstruktion (LINDEMANN & STETTER 1997) genannt werden.

Eine detaillierte Vorgehensbeschreibung inklusive einer anwendungsgerechten Methodendarstellung bietet LINDEMANN (2006, S. 45 ff.) in Form des Münchener Vorgehensmodells. Es beinhaltet die Elemente *Ziel planen*, *Ziel analysieren*, *Problem strukturieren*, *Lösungsideen ermitteln*, *Eigenschaften ermitteln*, *Entscheidungen herbeiführen* und *Zielerreichung absichern* (Abbildung 11).

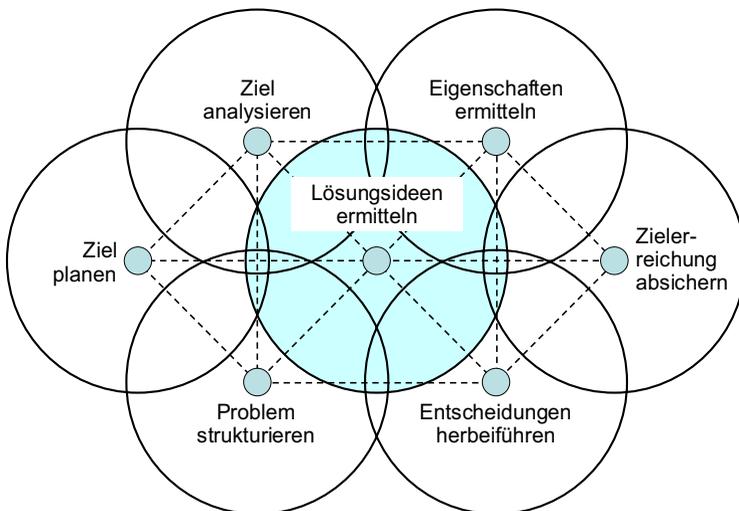


Abbildung 11: Münchener Vorgehensmodell (LINDEMANN 2006, S. 46)

Im Gegensatz zu vielen anderen Ansätzen verdeutlicht das Münchener Vorgehensmodell, dass die Produktentwicklung i. d. R. keiner streng sequenziellen Logik folgt. Vielmehr wird der netzwerkorientierte Charakter des Problemlösungsprozesses, der eine flexible Kombination der Elemente des Vorgehensmodells zulässt, herausgestellt (LINDEMANN 2006, S. 45 ff.).

Weitere Beschreibungen zu Vorgehensweisen und Methoden der Produktentwicklung bieten z. B. GAUSEMEIER ET AL. (2001) oder FRANKE ET AL. (2006). Die Autoren betrachten vertiefend bzw. ergänzend u. a. die folgenden Themenbereiche:

2.2 Methoden und Ansätze der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung

- Entwicklung mechatronischer Produkte
- Entwicklung individualisierter Produkte
- integrierte Produktentwicklung (vgl. Abschnitt 2.2.4)
- Unterstützung durch Rechnerwerkzeuge (z. B. CAD-, FEM -, MKS-, VR- und AR-Systeme)

2.2.3 Produktionsplanung

Die Aufgaben der Produktionsplanung sind eng mit den Ergebnissen der Produktentwicklung verknüpft und repräsentieren die Voraussetzung für die Produktion. Auf der Grundlage der definierten Produkte und deren Charakteristika gilt es, das geeignete Produktionssystem mit den entsprechenden Produktionsverfahren und -prozessen festzulegen. In Verbindung mit dem in der Arbeit verwendeten Begriff der Produktionsplanung wird auch häufig von den Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung gesprochen. Im Zuge der Arbeit gelten die Begriffe *Arbeitsvorbereitung* und *Produktionsplanung* als Synonyme. Eine eindeutige Abgrenzung der Begriffe existiert in der Literatur nicht. Die Arbeitsvorbereitung untergliedert sich in die Bereiche Arbeitsplanung und -steuerung (EVERSHEIM 1997).

Die Arbeitssteuerung beschäftigt sich mit den dispositiven und überwachenden Aspekten der Produktion. Demgegenüber behandelt die Arbeitsplanung alle einmalig auftretenden Tätigkeiten, die unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit die produktionstechnische Realisierung eines Produkts betreffen. Die Arbeitsplanung gliedert sich wiederum in die Elemente Arbeitsablauf- und Arbeitssystemplanung (REFA 1991) auf. Die Arbeitsablaufplanung erstreckt sich von der Auswahl von Verfahrensalternativen, was einen Betrachtungspunkt der Arbeit darstellt, über die Planung der Produktionsprozesse bis zur Programmierung von Numerical Control Codes (NC-Codes). Im Zuge der Prozessplanung werden die Reihenfolgen der Prozesse definiert. Die Prozesse werden durch die Zuordnung von Ressourcen, Werkzeugen sowie Spannmitteln und die Untergliederung in Teilprozesse spezifiziert. Die Arbeitssystemplanung beinhaltet hingegen die Produktionsmitteleinsatz-, Produktionsmitteleinsatzinvestitions-, Personal-, Lager- und Transportplanung sowie die Festlegung des Produktionslayouts (MILBERG & REINHART 1996, S. 10-1 ff.). Zusammenfassend hat die Arbeitsplanung die in Abbildung 12 ersichtlichen Aufgaben zu erfüllen.

3 Anforderungen an die Methodik und Konzeption der Methodik

3.1 Allgemeines

In diesem Kapitel werden in Abschnitt 3.2 die konkreten Anforderungen an die Methodik illustriert. Ausgehend von der Zielsetzung der Arbeit (Abschnitt 1.4) und den existierenden Ansätzen hinsichtlich der integrierten Planung und der Bewertung (Kapitel 2) werden die für die Methodikentwicklung relevanten Kriterien zusammengefasst.

Darauf aufbauend beinhaltet Abschnitt 3.3 die Konzeption der Methodik. Hierbei werden die wesentlichen erforderlichen Elemente, wie z. B. Modelle oder Vorgehensbeschreibungen, erläutert, um die in Abschnitt 3.2 postulierten Anforderungen erreichen zu können.

3.2 Anforderungen an die Methodik

3.2.1 Allgemeines

Wie in Abschnitt 1.4 dargestellt wurde, ist es das vorrangige Ziel dieser Arbeit, für die Entwicklung und Planung neuer Produkte bei Serien- und Massenproduzenten eine Methodik zur frühzeitigen Generierung und Identifikation optimaler Produktionsverfahrensketten zur Verfügung zu stellen. Die mit dieser primären Zielsetzung einhergehenden Teilziele (Abbildung 3) korrelieren mit den Anforderungen, die an die Methodik zu stellen sind. Um die Anforderungen zu komplettieren, sind die Erkenntnisse aus der Analyse des Standes der Forschung und Technik in der Anforderungsdefinition zu berücksichtigen.

Abbildung 26 zeigt einen Überblick über die einzelnen Anforderungen der vier wesentlichen Anforderungskategorien im Hinblick auf die vorliegende Arbeit. Im Rahmen der Erarbeitung der Methodik müssen die Anforderungen bezüglich der Integration (Abschnitt 3.2.2), der Kontinuität (Abschnitt 3.2.3), der Abbildung und Nutzung von Wissen (Abschnitt 3.2.4) sowie der Einführung und Anwendung (Abschnitt 3.2.5) erfüllt werden.

3.2 Anforderungen an die Methodik

integrative Anforderungen	Kontinuitätsanforderungen
integrierte Bildung und Auswahl von Verfahrensketten	frühzeitige Bewertung bereits in der Konzeptphase
Unterstützung der Kostensensibilität in der PE	kontinuierliche Verfahrenskonkretisierung
gesteigerte Einflussmöglichkeit der PP auf die PE	kontinuierliche Bewertung
Anforderungen an die Abbildung und Nutzung von Wissen	einführungs- und anwendungsorientierte Anforderungen
dynamischer Wissensaufbau inkl. Speicherung	Leitfaden zur Einführung der Methodik
Verfügbarmachen von mitarbeitergebundenem Kosten- und Verfahrenswissen	Leitfaden zur Anwendung der Methodik

Legende: PE – Produktentwicklung; PP – Produktionsplanung

Abbildung 26: Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik

3.2.2 Integrative Anforderungen

Eine wesentliche, übergeordnete Anforderung an die Methodik ist es, die Integration zwischen Produktentwicklung und Produktionsplanung bezüglich der Gestaltung optimaler Produkte und Verfahrensketten zu steigern. Dies ist eine Grundvoraussetzung, um wirtschaftliche Produktionssysteme definieren zu können. Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Erfahrungen in der produzierenden Industrie bescheinigen deutliche Fortschritte hinsichtlich der Integrationsaspekte. Die Produktionsplanung ist jedoch vielfach immer noch primär produktgetrieben. In Konsequenz legt die Produktentwicklung zumeist die Randbedingung für die Produktionsplanung fest und die Produktionsplanung hat relativ geringe Einflussmöglichkeiten hinsichtlich der Produktgestaltung. Im Folgenden sind die einzelnen Partialanforderungen der Methodik in Bezug auf die Integration dargestellt:

Eine Anforderung ist es, die *Bildung von Verfahrensketten und deren Auswahl in integrierten Teams* voranzutreiben. Nur dadurch, dass die Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen in sehr enger Verzahnung von Produktentwicklung und Produktionsplanung erfolgt, können die spezifisch optimalen Verfahren für geplante Produkte erarbeitet werden.

Eine *Unterstützung der Kostensensibilität in der Produktentwicklung* ist ebenfalls als Anforderung zu nennen. Vielfach kann in der Industrie, trotz aller Bestrebungen hinsichtlich einer gesteigerten Integration der Unternehmensbereiche, die Tendenz erkannt

werden, dass die Produktentwicklungsbereiche primär produktfunktionalitätsorientiert agieren. Eine Berücksichtigung produktionstechnischer Aspekte und der damit verbundenen Kosten findet oftmals nicht ausreichend oder zu spät statt. Daher soll in dieser Arbeit ein verstärktes Maß an Kostensensibilität bezüglich produktionstechnischer Konsequenzen durch Entscheidungen in der Produktentwicklung gefördert werden.

Demzufolge spiegeln sich auch Erwartungen an die Methodik hinsichtlich einer *gesteigerten Einflussmöglichkeit der Produktionsplanung auf die Produktentwicklung* wider. Die Produktionsplanung soll aktiv auf die Entwicklung des Produktes einwirken können. Beispielsweise sollen seitens der Produktionsplanung konkrete konstruktionsbezogene Vorschläge eingebracht werden können, die eine Hilfestellung bieten, um produktionstechnisch kritische Punkte zu eliminieren bzw. die Produktionskosten zu reduzieren. Im Rahmen der produkt- und produktionsbezogenen Entscheidungsfindung sollen hierbei sowohl monetäre als auch qualitative Argumente einbezogen werden.

3.2.3 Kontinuitätsanforderungen

Die Methodik soll die Anforderungen hinsichtlich eines kontinuierlichen Planungs- und Bewertungsprozesses in Bezug auf Produktionsalternativen unterstützen. Hierbei steht die Genauigkeit bei der Bewertung von Verfahrensketten in Relation zur Güte der verfügbaren Informationen und zu dem Aufwand, der im Rahmen der Bewertung betrieben wird. Die in diesem Zusammenhang relevanten einzelnen Anforderungen werden nachfolgend beschrieben.

Ein wichtiger Aspekt ist es, eine möglichst *frühzeitige Bewertung der Kosten in Bezug auf die Verfahrensketten bereits in der Konzeptphase* der Produktentwicklung zu ermöglichen. Es ist hinlänglich bekannt, dass Kosten bereits in frühen Entwicklungs- und Planungsphasen festgelegt werden (bis zu ca. 70 %), sich aber erst in späten Phasen auswirken. Demgegenüber entstehen nur ca. 5 % der Kosten in der frühen Produktentwicklung (EHRENSPIEL 2003, S. 582). Infolge dieser Kostenverursachungs- und Kostentstehungsdivergenz ist es eine Anforderung an die Methodik, die Bewertung der Produktionsalternativen bereits im Konzeptstadium der Produktentwicklung und Produktionsplanung zu ermöglichen, um rechtzeitig Einfluss auf die kostenrelevanten Parameter zu nehmen. In frühen Entwicklungs- und Planungsphasen, in denen nur unscharfe Informationen über das Produkt (z. B. Skizzen) und das Produktionssystem (z. B. aktuell existierende Verfahren) verfügbar sind sowie noch viele unterschiedliche Alternativen zu bewerten sind, darf deren Bewertung keinen hohen Aufwand verursachen. Außerdem soll in den frühen Phasen mit relativ geringem Zeitaufwand ein maximaler Umfang an sinnvollen Alternativen in Betracht gezogen werden können, um die

3.2 Anforderungen an die Methodik

wirtschaftlichen Alternativen vorzuselektieren. Im Zuge des geforderten geringen Bewertungsaufwands muss hier mit einer relativ geringen Bewertungsgenauigkeit gerechnet werden, was infolge der unscharfen Eingangsinformationen akzeptabel ist. Im Rahmen der Bewertung von Produktionsalternativen müssen sowohl monetäre als auch weitere quantitative (z. B. Prozesssicherheitskennwerte) und qualitative Aspekte (z. B. Innovationsgrad von neuen Technologien und damit verbundene Alleinstellungsmerkmale) berücksichtigt werden.

Da über eine frühe Bewertung der Planungsergebnisse eine grobe Vorauswahl erreicht wird, soll entlang der Planungsphase bzw. der Anwendung der Methodik eine *kontinuierliche Verfahrenskonkretisierung* unterstützt werden. Im Verlauf der Produktentwicklungs- und Planungsphasen nimmt die Konkretisierung der verfügbaren Informationen zu. Die Schritt für Schritt konkreteren Informationen sollen genutzt werden, um den Detaillierungsgrad der Verfahrensausprägungen zu steigern und Grobarbeitspläne zu erzeugen. Nach einer Identifikation der maßgeblichen Verfahren in frühen Phasen gilt es, die Basis für die Detaillierung zu betriebsmittelspezifischen Produktionsprozessen bzw. Produktionsprozessketten zu schaffen.

Analog zur kontinuierlichen Verfahrenskonkretisierung hat die Methodik parallel eine *kontinuierliche Bewertung* der Lösungsalternativen zu unterstützen, da die Bewertung von Produktionsalternativen keinen diskreten Vorgang darstellt. Die in frühen Phasen initiierte Erstbewertung soll über alle weiteren Phasen hinweg weitergeführt bzw. detailliert werden, um eine reife Bewertung zu ermöglichen. In frühen Phasen sollen mit einem relativ geringen Zeitaufwand und auf der Grundlage der wenigen verfügbaren Informationen erste Aussagen hinsichtlich der Entscheidung erzeugt werden. Im Verlauf der Entwicklungs- und Planungstätigkeiten soll der gesteigerte Grad der verfügbaren Informationen bezüglich Produkt und Produktionsalternativen permanent mit in die Bewertung eingebracht werden, um deren Aussagegehalt und Genauigkeit zu steigern. Diese kontinuierliche Vorgehensweise soll die Identifikation der wirtschaftlich optimalen Produktionsalternative ermöglichen. Somit soll der maximale Lösungsraum schrittweise auf das sinnvolle und relevante Maß reduziert werden.

3.2.4 Anforderungen an die Abbildung und Nutzung von Wissen

Eine wichtige Anforderung an die Methodik ist es, dass im Rahmen der Bewertung vor allem neue Technologien und deren Integration in das Produktionssystem gefördert werden. Beispielsweise SPECHT ET AL. (2003) beschreiben, dass neue Technologien die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beeinflussen. Die Methodik soll geeignete Werkzeuge für ein effizientes und effektives Verfahrenswissensmanagement zur Verfü-

4 Einführung der Methodik

4.1 Allgemeines

In diesem Kapitel sollen schrittweise die erforderlichen Teilelemente und deren Zusammenwirken für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen dargestellt werden. Die zu entwickelnde Methodik konzentriert sich auf Produktionssysteme im Rahmen der Serien- und Massenproduktion, wobei der Aspekt der Neuplanung von Verfahrensketten in Wechselwirkung mit der Produktentwicklung im Zentrum der Betrachtung steht. Die Vorteile der Prinzipien *Ähnlichkeits-* und *Variantenplanung* sollen so weit wie möglich genutzt werden, da auch die Erfahrungen aus so genannten „Best Practices“ genutzt werden sollen. Die Verfahrenskettenplanung in Bezug auf neue Produkte soll an ähnliche, existierende Teile angelehnt werden können, um verfügbares Produktionswissen sinnvoll nutzen zu können. Hierzu ist es von essenzieller Bedeutung, das Produktspektrum eines Serien- und Massenproduzenten geeignet zu klassifizieren bzw. zu strukturieren. Damit kann das existierende Verfahrenswissen bei der Planung neuer Verfahrensketten für neue Produkte verfügbar gemacht werden. Des Weiteren ist es ein Partialziel der Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen, auf der Grundlage von quantitativen bzw. monetären sowie qualitativen Kriterien die optimalen Verfahrensketten zu identifizieren. Im Speziellen sollen Verfahrensinnovationen und die damit verbundenen Potenziale im Rahmen der Produktion in die kontinuierliche Bewertung einbezogen werden.

In diesem Zusammenhang werden in Abschnitt 4.2 die erforderlichen Partialmodelle der Generierung und Bewertung eingeführt. Die Verbindung dieser Partialmodelle und deren Zusammenwirken wird in Abschnitt 4.3 dargestellt. Die ganzheitliche Vorgehensweise mit ihren ablauf- und aufbauorganisatorischen Aspekten wird in Abschnitt 4.4 veranschaulicht. Darauf aufbauend werden in Abschnitt 4.5 umsetzungs- und einführungsorientierte Aspekte – insbesondere die Unterstützung durch Rechnerwerkzeuge – adressiert. Das Resultat ist ein Leitfaden zur systematischen Einführung und Umsetzung der rechnerunterstützten Methodik, bevor Abschnitt 4.6 eine Zusammenfassung des Kapitels bietet.

4.2 Partialmodelle der Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen

4.2.1 Allgemeines

Die Abschnitte 4.2.2 bis 4.2.6 beschreiben die einzelnen für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung erforderlichen Partialmodelle. Im Einzelnen werden das Modell zur Abbildung von Wissen über Produktionsverfahren (Abschnitt 4.2.2), das Modell zur Berücksichtigung von Interdependenzen, das ressourcen- und produktionsverfahrenorientierte Modell zur reifenden Kostenbewertung (Abschnitt 4.2.4), das Modell zur Bewertung qualitativer Aspekte (Abschnitt 4.2.5) und das Modell zur Bewertung von Einmalaufwänden (Abschnitt 4.2.6) eingeführt. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 4.3 dargestellt, wie diese im Sinne der ganzheitlichen Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen verbunden werden.

4.2.2 Modell zur Abbildung von Wissen über Produktionsverfahren

Die Hauptaufgabe des Modells zur Abbildung von Wissen über Produktionsverfahren ist es, für die Produktentwicklung und Produktionsplanung relevantes Wissen verfügbar zu machen (Abschnitt 1.5.6). Wissen gilt mittlerweile als ein Produktionsfaktor und eine erfolgsentscheidende Einflussgröße für die Zukunft von Industrieunternehmen (EVERSHEIM 2001; BULLINGER ET AL. 2006). Dies bedeutet, dass die Voraussetzungen für einen effektiven und effizienten Umgang mit Wissen – z. B. nach HANEL (2001) oder PROBST ET AL. (2006) – geschaffen werden müssen, um relevante Informationen definiert erzeugen, speichern, verteilen und anwenden zu können. Hierfür soll ein Modell in Form eines Baukastensystems für Wissen aufgebaut werden. Durch das hinterlegte Wissen soll die Bewertung, Auswahl und Konkretisierung von Produktionsverfahren sowie die Detaillierung und Optimierung von Produkten maßgeblich unterstützt werden. Insbesondere ist es essenziell, das bei den Mitarbeitern in der Produktentwicklung und der Produktionsplanung verfügbare Wissen transparent darzustellen und in der Struktur des Modells zu bündeln, um es für künftige Entwicklungs- und Planungsaufgaben nutzbar zu machen. Informationstechnisch kann dieses Modell z. B. in einer Datenbank abgelegt werden. Eine prototypische Umsetzung wird in Abschnitt 5.3 beschrieben.

Der Ansatz zur Abbildung von Produktionsverfahren basiert darauf, dass jedes Produktionssystem elementare Produktionsverfahren umfasst, die mit konkreten Betriebsmitteln ausgeführt werden. Der Grundgedanke besteht darin, diese elementaren Produktionsverfahren mit entwicklungs- und planungsrelevanten Informationen zu verknüpfen.

Hierzu ist es in einem ersten Schritt erforderlich, eine Struktur zu definieren, die ein gezieltes und reproduzierbares Ablegen und Wiederfinden von Informationen erlaubt. Normen wie die DIN 8580 (2003) (Fertigungsverfahren), die DIN 8593 (Fügen) oder die VDI RICHTLINIE 2860 (1990) (Montage und Handhaben) bzw. deren zugrunde liegenden Strukturbäume können für diesen Zweck genutzt werden (Abbildung 28), da sie in vielen Unternehmen bekannt und akzeptiert sind. Die abgebildeten Hierarchien erlauben es, die elementaren Produktionsverfahren in den untersten Ebenen – z. B. unter thermischem Abtragen mit elektrischen Funken (Abbildung 28) – einzugliedern und an dieser Stelle eine Anbindung von Entwicklungs- und Planungswissen zu tätigen. Die damit verbundenen Informationen gilt es, im spezifizierten Strukturmodell bzw. in potenziellen Datenbanken gezielt abzuliegen.

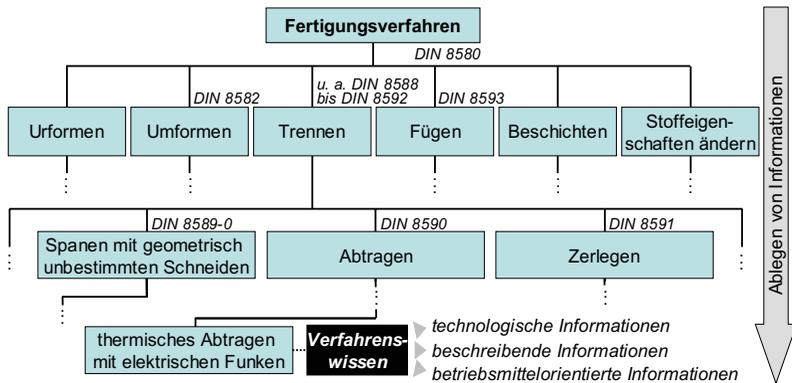


Abbildung 28: Strukturierungsansatz zur Abbildung und Nutzung von Wissen über Produktionsverfahren

Bei einer firmenspezifischen Umsetzung der Methodik sind diese Strukturbäume in Anlehnung an die DIN-Normen und/oder VDI-Richtlinien zumeist an die Rahmenbedingungen des Unternehmens anzupassen. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Strukturierungsansatz die betriebliche Realität abbildet und damit die Identifikation der Mitarbeiter mit diesem gewährleistet ist. Des Weiteren können die elementaren Produktionsverfahren auf der Basis dieser Strukturierung mit den relevanten Informationen für die Produktentwicklung und Produktionsplanung verknüpft werden.

Zur Strukturierung der Informationen zu Produktionsverfahren bei Planungsaufgaben werden folgende drei Grundarten gebildet (vgl. Abbildung 28):

4.2 Partialmodelle der Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen

- technologische Informationen, wie z. B. zulässige Geometrien für den Eingangszustand bzw. erzielbare Ausgangsgeometrien des Verfahrens
- beschreibende Informationen, wie z. B. die textuelle Beschreibungen zur Ausführung des Verfahrens
- verfahrensrelevante, betriebsmittelorientierte Informationen, wie z. B. Leistungskennwerte

Durch diese Grundarten der relevanten Informationen lässt sich eine Referenzinformationsstruktur zu den diversen Produktionsverfahren ableiten. Abbildung 29 zeigt eine Referenzinformationsstruktur für technologische Informationen, welche die verfahrens- bzw. technologielevanten Parameter und Charakteristika repräsentiert. Die Referenzinformationsstruktur in Form des Entity-Relationship-Diagramms ist an das generische Modell von KNOCHE (2005) zur Beschreibung von Fertigungstechnologien angelehnt.

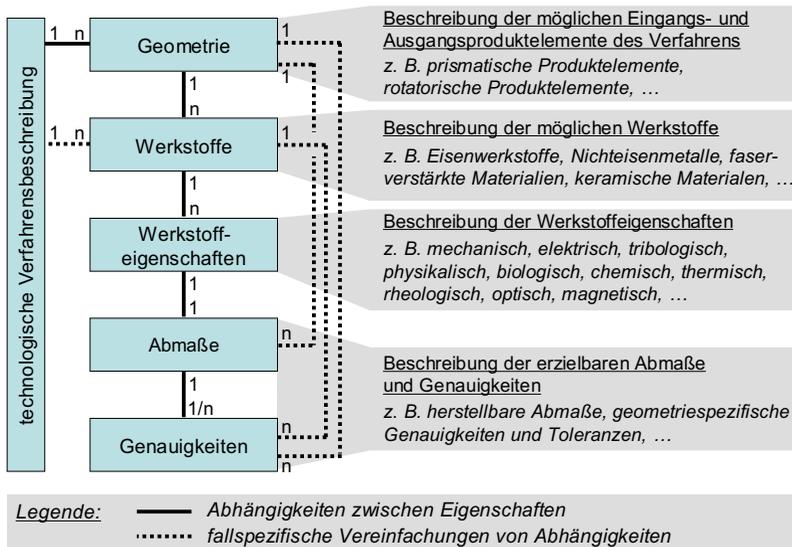


Abbildung 29: Referenzinformationsstruktur für die Abbildung von technologischen Informationen (in Anlehnung an KNOCHE (2005, S. 107))

Abbildung 29 veranschaulicht die wesentlichen Informationen zur technologieorientierten Verfahrensbeschreibung. Es ist ersichtlich, dass die verschiedenen beschriebenen Elemente untereinander Abhängigkeiten aufweisen und damit nicht getrennt voneinander betrachtet werden können. Ein Beschreibungselement sind die Geometrien eines

5 Fallbeispiele

5.1 Allgemeines

In diesem Kapitel werden zwei exemplarische Anwendungen der entwickelten Methodik dargestellt. Diese haben zum einen im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Validierung der Methodik gedient und zum anderen sind die Erkenntnisse aus den Fallbeispielen in die Weiterentwicklung der Methodik eingeflossen (induktiver Ansatz). Insofern waren die Methodenentwicklung und die exemplarischen Anwendungen durch ein iteratives Zusammenwirken charakterisiert.

Das Fallbeispiel in Abschnitt 5.2 beschreibt die Umsetzung und Anwendung aller in Kapitel 4 vorgestellten Elemente der Methodik. Im Gegensatz hierzu konzentriert sich das Fallbeispiel in Abschnitt 5.3 im Wesentlichen auf die folgenden Elemente der Methodik: das Modell zur Abbildung von Wissen über Produktionsverfahren, das Modell zur reifenden Kostenbewertung sowie die Entwicklung eines prototypischen Rechnerwerkzeugs. Infolge der unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen (z. B. zur Verfügung stehende Kapazitäten) und Bedarfe (z. B. Bedarf hinsichtlich eines Verfahrensbaukastens, der eine reifende Kostenbewertung erlaubt) ist eine skalierte Anwendung der Methodik erforderlich gewesen. Dadurch sollte auch gezeigt werden, dass die Methodik an die individuellen Anforderungen und die zur Verfügung stehenden Investitionsmittel angepasst werden kann. Abschließend bietet Abschnitt 5.4 eine Zusammenfassung und ein Fazit zu den beiden Fallbeispielen.

5.2 Anwendung der Methodik in der Produktionsplanung

5.2.1 Ausgangssituation und Rahmenbedingungen

Das Unternehmen des ersten Fallbeispiels stellt Komponenten für Luftfahrtantriebe her. Im Rahmen des Fallbeispiels werden Turbinenschaufeln betrachtet, bei denen die Halbzuge aus hoch-warmfesten Gusslegierungen bestehen. Diese durchlaufen Wertschöpfungs-schritte wie diverse mechanische, Wärmebehandlungs-, Beschichtungs- und Fügeverfahren. Von den Turbinenschaufeln werden unterschiedliche Varianten (mehr als 100) hergestellt, wobei diese Varianten jeweils der Mittel- (ca. 100 bis 1.000 Stück pro Jahr) bis Großserienproduktion (ca. 1.000 bis 100.000 Stück pro Jahr) zuzuordnen sind. Die diversen Turbinenschaufeln lassen sich in diesem Fall in vier Produktklassen einteilen. Die Betriebsmittel zur Herstellung unterliegen unterschiedlichen Fertigungsprinzi-

5.2 Anwendung der Methodik in der Produktionsplanung

pien. Je nach Fertigungsverfahren folgen die Bereiche den Prinzipien Werkstatt-, Gruppen- oder Fließfertigung. Die Wärmebehandlungsöfen sind z. B. durch das Prinzip der Werkstattfertigung gekennzeichnet, da die Bauteile bei Ofenprozessen in großen Losgrößen abgearbeitet werden. Demgegenüber sind die mechanischen Fertigungsverfahren zumeist in einer Linie, ähnlich einer Fließfertigung, angeordnet.

Für die Anwendung der Methodik sind die Unternehmensbereiche Produktentwicklung und Produktionsplanung relevant gewesen. Die Produktentwicklung gliedert sich in die Vorentwicklung, welche die grundlegenden Konzepte entwickelt und festlegt, sowie die Konstruktion, welche die Bauteile Schritt für Schritt detailliert und die Merkmale definiert. Die Produktionsplanung ist ebenfalls in zwei Bereiche unterteilt. Zu Beginn der Produktionsplanung werden die groben Arbeitspläne definiert und die Fertigungskosten abgeschätzt. Das Ergebnis sind grobe Arbeitspläne, die im Wesentlichen durch das Suchen ähnlicher Bauteile, das Kopieren der entsprechenden Arbeitspläne und das auf Mitarbeiterwissen basierte Anpassen an die Anforderungen der zu entwickelnden/produzierenden Produkte entstehen. Die Kostenschätzungen durch die Mitarbeiter stellen die Grundlage für die Angebote an Kunden dar. Bei einem erfolgreichen Angebotsprozess werden die groben Arbeitspläne in die Detailplanung übergeben, bei der detaillierte Arbeitspläne inklusive der Prozessparameter erarbeitet werden.

5.2.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Bedingt durch das ähnliche teilbasierte Kopieren und Adaptieren von Grobarbeitsplänen sind vor allem Potenziale hinsichtlich einer systematischen Vorgehensweise zum Generieren von alternativen Verfahrensketten und dem bewussten Vorausdenken aller existierenden Möglichkeiten zu finden gewesen. Die hieraus resultierende Innovationsdynamik sollte die Technologieführerschaft des Unternehmens bezüglich der praktizierten Verfahrensketten langfristig unterstützen.

Im Zuge der Umsetzung der systematischen, standardisierten und transparenten Vorgehensweise der Methodik sollte außerdem veranschaulicht werden, inwieweit die Integration zwischen den Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsbereichen gestärkt werden kann. Zu diesem Zweck sollte das existierende Produktionswissen für die Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen verfügbar gemacht werden. Beispielsweise galt es, standardisierte Verfahrensmodule abzubilden. Letztendlich sollten im Fallbeispiel die Potenziale einer methodischen, modulatorientierten Vorgehensweise im Vergleich zu einer am Mitarbeiterwissen orientierten Verfahrenskettengestaltung gezeigt werden. Des Weiteren war es die Intention, die kontinuierliche und integrierte Vorgehensweise für eine systematische und reife Kostenbewertung zu nutzen. Zu-

sätzlich zu den methodischen Elementen des Fallbeispiels sollte auch eine potenzielle Unterstützung durch Rechnerwerkzeuge untersucht werden. Im Speziellen waren gezielt geeignete Rechnerwerkzeuge zu identifizieren und zu validieren.

Für das Erreichen dieser Zielsetzung sollten die erforderlichen Partialmodelle der Methodik aufgebaut werden. Für das spezifische Unternehmen waren produktseitig die existierenden Produktklassen und deren Strukturen mit ihren Funktionen, Produktelementen und Subelementen zu analysieren und zu definieren. Produktionsseitig musste eine Struktur hinsichtlich der Verfahren des Unternehmens aufgebaut werden. Auf dieser Grundlage waren die maßgeblichen Verfahren zu identifizieren und für diese die entsprechenden Verfahrensmodule zu benennen. Darauf folgend sollte mittels der in Abschnitt 4.2.3 vorgestellten Teilelemente der Methodik für die verschiedenen Produktklassen eine Produkt-Primärverfahren-Matrix mit den diversen Relationen zwischen Produktelementen und Verfahren gestaltet werden.

In einem nächsten Schritt sollten die im Rahmen der Methodikanwendung aufgebauten Strukturen und Wissensbasen anhand eines ausgewählten Entwicklungs- und Planungsfallbeispiels validiert werden. Dazu wurde ein Referenzbauteil – in diesem Fall eine Baugruppe einer Turbinenschaufel – definiert. Für dieses sollte mittels der Methodik in Zusammenarbeit mit Angestellten des Unternehmens und auf der Grundlage rudimentärer Informationen aus der frühen Planungsphase eine grobe Verfahrenskette generiert werden. Als Eingangsinformationen standen Skizzen zu den zwei Bauteilen der Baugruppe, Beschreibungen zu einzelnen Produktelementen (z. B. Lochreihen für die Zuführung von Kühlluft), Hinweise für erforderliche Beschichtungen und die Festlegung des hoch-warmfesten Gusswerkstoffs zur Verfügung. Die auf dieser Grundlage methodisch generierte Verfahrenskette sollte mit dem tatsächlichen Arbeitsplan, der kurz vor der Serienreife stand, verglichen werden. Des Weiteren waren mittels einer prototyphaften Arbeitsplandatenbasis die zu erwartenden Fertigungskosten auf der Grundlage historischer Daten sowie mittels mathematischer Funktionen zu bewerten. Außerdem sollten beispielhaft Produktionsalternativen generiert werden, von denen durch eine monetäre und qualitative Bewertung die optimale Verfahrenskettenalternative zu bestimmen war.

Abschließend sollten nach einem erfolgreichen Test der Methodik die vordefinierten Anforderungen an potenzielle Rechnerwerkzeuge genutzt werden, um die unternehmensspezifischen Anforderungen an ein Rechnerwerkzeug zur Umsetzung der Methodik zu definieren und so eine rechnerunterstützte Umsetzung der Methodik anzubahnen. Abbildung 56 zeigt zusammenfassend die im Fallbeispiel abgebildeten und angewendeten Teilbereiche der Methodik aus Kapitel 4.

5.2 Anwendung der Methodik in der Produktionsplanung

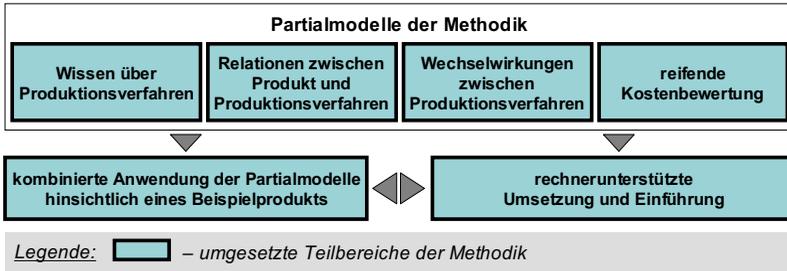


Abbildung 56: Umgesetzte Teilbereiche der Methodik im ersten Fallbeispiel

5.2.3 Lösungen und Ergebnisse

Zur Umsetzung der Methodik galt es, das wesentliche *Wissen über Produktionsverfahren* aufzunehmen und zu dokumentieren. In Kooperation mit den Produktionsplanungsabteilungen des Unternehmens wurden auf der Grundlage von Arbeitsplananalysen die Primärverfahren des Unternehmens – z. B. Schleifen – identifiziert und in einer hierarchischen Struktur angelegt (vgl. Abschnitt 4.2.2). Im Unternehmen existierten zum Betrachtungszeitpunkt 24 unterschiedliche Primärverfahren. Diesen wurden die wesentlichen entwicklungs- und planungsrelevanten Informationen hinterlegt.

Des Weiteren wurde durch Interviews mit Mitarbeitern der Produktentwicklung das betrachtete Spektrum an Turbinenschaukeln auf der Basis des Einsatzbereichs in vier Klassen unterteilt (Differenzierung nach Hochdruck- und Niederdruckbereich sowie nach statischem und rotatorischem Einsatz im Triebwerk). Die vier Produktklassen wurden anschließend hinsichtlich Funktionen und Produktelementen differenziert und dokumentiert. Dadurch wurde es möglich, die Produkt- und Verfahrensstrukturen in einer Produkt-Primärverfahren-Matrix abzubilden (Abbildung 57) und damit die *Relationen zwischen Produkt und Produktionsverfahren* darzustellen.

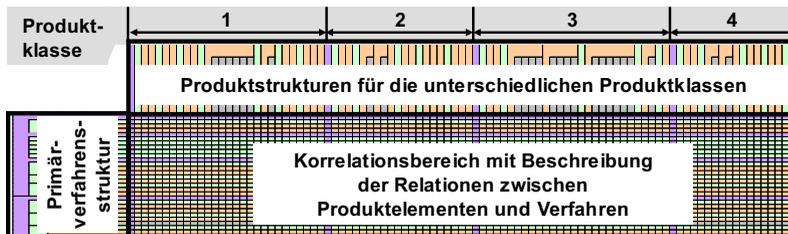


Abbildung 57: Produkt-Primärverfahren-Matrix bezüglich des ersten Fallbeispiels

6 Bewertung von Aufwand und Nutzen

6.1 Allgemeines

Die Fallstudien in Kapitel 5 zeigen die industrielle Relevanz einer Einführung und Anwendung der Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen. Basierend auf den Erfahrungen der Fallbeispiele wird in diesem Kapitel die Nutzen/Aufwand-Relation in Bezug auf die Methodik dargestellt. Hierbei wird sowohl auf einmalige Aufwände für die Einführung (Abschnitt 6.2) als auch auf laufende Aufwände (Abschnitt 6.3) für die Nutzung der Methodik eingegangen. Diesen werden die monetären (Abschnitt 6.4) und die qualitativen Nutzeneffekte (Abschnitt 6.5) gegenübergestellt, um eine ganzheitliche Aussage in Bezug auf die Einführung und die Nutzung der Methodik (Abschnitt 6.6) zu erhalten.

Eine absolut objektive quantitative Bewertung hinsichtlich der Aufwände, Nutzeneffekte und qualitativen Aspekte wäre jedoch nur durchführbar, wenn zum Vergleich ein identisches Entwicklungs- und Planungsprojekt ohne die Unterstützung der Methodik ausführbar wäre. Doch dies ist nicht realistisch und wirtschaftlich untragbar. Deshalb beziehen sich die folgenden Abschnitte auf eine Gegenüberstellung im Rahmen einer Modellrechnung für ein fiktives, aber durchaus charakteristisches Unternehmen. Da es sich ausschließlich um eine Modellrechnung handelt, wird an dieser Stelle auf eine dynamische Investitionsrechnung verzichtet. Vielmehr sollen die wesentlichen Aspekte in Form einer statischen Betrachtung dargelegt werden. Für diese firmenunspecifische Modellrechnung gelten die in Tabelle 4 visualisierten Annahmen und Rahmenbedingungen, die teilweise auf Erfahrungen aus Industrieprojekten beruhen.

Beschreibung der Annahmen/Rahmenbedingungen	Ausprägung
Stundensatz unternehmensinterner Mitarbeiter	80,- €
Stundensatz externer Berater	160,- €
Arbeitsstunden eines Mitarbeiters pro Monat	160 h
Anzahl der involvierten Produktentwickler und Produktionsplaner	40
Zeitanteil zur Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen in Relation zur Arbeitszeit der Produktentwickler und Produktionsplaner	50%
Zeitanteil der Rechnerwerkzeugnutzung der Produktentwickler und Produktionsplaner im Zuge der Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen	50%
jährliche Fertigungskosten bezogen auf das gesamte Produktspektrum des Unternehmens	20.000.000 €

Tabelle 4: Annahmen und Rahmenbedingungen der Modellrechnung

6.2 Einmalaufwände

Die nachfolgend aufgeführten Zahlenwerte im Bereich der Aufwands- und Nutzenaspekte sind fiktiv. Sie basieren jedoch auf Interviews in der Industrie und bei Softwareanbietern, so dass sie durchaus repräsentativ für typische Unternehmen sind.

6.2 Einmalaufwände

Für die Umsetzung und Einführung der Methodik sind einmalige und initiiierende Aufwände zu tätigen. Diese werden in Tabelle 5 aufgeführt.

Aufwandsart	Beschreibung	Aufwand
interner und externer Aufwand zur firmenspezifischen Anpassung der Methodik	2 MA à 3 MM	76.800 €
Aufbereitung der Unternehmensdaten und Generierung von mathematischen Zeitfunktionen	2 MA à 2 MM	51.200 €
Analyse der Anforderungen hinsichtlich der Rechnerunterstützung und systematische Bestimmung eines geeigneten Rechnerwerkzeugs	2 MA à 2 MM	51.200 €
Lizenzkosten	40 Softwarelizenzen à 3.750 €	150.000 €
Implementierungs- bzw. Installationsaufwand	1 MA à 1 MM und 1 MA à 1 MM (extern)	38.400 €
Schulungsaufwand	10 MA à 0,5 MM und Schulungspauschale (20.000 €)	84.000 €
gesamte Einmalaufwände		451.600 €

Legende: MA – Mitarbeiter; MM – Mannmonat

Tabelle 5: Einmalaufwände zur Umsetzung der Methodik

Zur Anwendung der in dieser Arbeit unspezifisch formulierten Methodik ist diese an die spezifischen Anforderungen des Unternehmens anzupassen. Es müssen beispielsweise die Ausprägungen der Methodik festgelegt und Schnittstellen zu den existierenden Geschäftsprozessen generiert werden. Hierfür wird abgeschätzt, dass zwei Mitarbeiter (MA) zu je drei Mannmonaten (MM) beschäftigt sind. Weiterhin sind die unternehmensinternen Daten für die Methodik aufzubereiten und mathematische Funktionen für die Bestimmung von Zeitfunktionen müssen erarbeitet werden. Die übrigen Einmalaufwände beziehen sich auf rechnerwerkzeugbedingte Aufwände, die auf der Analyse der Anforderungen, der systematischen Auswahl, der Beschaffung von Lizenzen, der Installation und der Schulung bezüglich des Rechnerwerkzeugs basieren.

6.3 Kontinuierliche Aufwände

Zusätzlich zu den einmaligen Aufwänden sind zur rechnerunterstützten Ausübung der Methodik weitere, kontinuierlich anfallende Aufwände zu berücksichtigen. Diese beziehen sich jeweils auf Jahreszyklen und sind in Tabelle 6 dargestellt.

Aufwandsart	Beschreibung	Aufwand
Optimierung der Methodik sowie Aufwand für die Datengenerierung und -pflege	1 MA zu 50 %	76.800 €
Wartungskosten der Rechnerwerkzeuge (20 % der Lizenzkosten entspricht einem üblichen Wartungskostenfaktor)	40 Lizenzen à 20 % • Lizenzkosten	30.000 €
Betriebskosten der Rechnerwerkzeuge	40 Lizenzen à 500 €	20.000 €
gemittelte jährliche Hardwarekosten	40 Rechner à 1.000 € in 4 Jahren	10.000 €
gesamte kontinuierliche Aufwände pro Jahr		136.800 €

Legende: MA – Mitarbeiter

Tabelle 6: Kontinuierliche Aufwände zur Anwendung der Methodik

Für die Anwendung der Methodik sind laufende Aufwände einzuplanen, um sowohl die Methodik kontinuierlich zu optimieren als auch die erforderlichen Daten (z. B. für die Ermittlung von Zeiten aus historischen Daten) zu pflegen. Die weiteren, in Tabelle 6 genannten Aufwandskriterien beziehen sich auf einen potenziellen Einsatz eines Rechnerwerkzeugs. Hierbei ist mit kontinuierlichen Aufwänden für die Wartung (z. B. Aktualisierung von Lizenzen), für den Betrieb (z. B. anteilige Kosten für die Einbindung in die existierende IT-Infrastruktur) und für die Hardware, die für das Betreiben der Softwarelizenzen erforderlich ist, zu rechnen.

6.4 Monetärer Nutzen

Die Nutzeneffekte beziehen sich ebenfalls auf jährliche Zeiträume. Ein wesentlicher quantitativer Nutzeneffekt ist in der Steigerung der Planungseffizienz anzunehmen. Durch die modulatorientierte und standardisierte Vorgehensweise in der Planung ist im Vergleich zu einer ähnlichkeitbasierten Vorgehensweise in der Produktionsplanung durch Kopieren ein geringfügig erhöhter zeitlicher Aufwand zu erwarten, da Arbeitspläne aktiv durch die Mitarbeiter konfiguriert werden müssen. Jedoch können durch die Anwendung der Methodik deutliche Zeiteinsparungen in den darauf folgenden Planungsphasen erwartet werden, da durch die gezielte Abbildung von Wissen und die teilautomatisierte Bewertung von Zeiten und Kosten die Planungseffizienz um minimal

6.5 Qualitativer Nutzen

5 % gesteigert werden kann. Diese These wird durch die Erfahrungen innerhalb der Fallbeispiele und Interviews in Unternehmen gestützt.

Ein weiterer zu erwartender monetärer Nutzen ergibt sich aus der Reduktion der Fertigungskosten durch die Möglichkeit der Planung wirtschaftlicherer Verfahrensketten infolge der Methodik. Dadurch, dass systematisch alle möglichen und relevanten Produktionsalternativen in die Überlegungen mit einbezogen werden, können auf der Basis der Erfahrungen aus der Methodikumsetzung in den Fallbeispielen Einsparpotenziale erwartet werden. Dieser Aspekt wird durch die gesteigerten Integrationsgrade zwischen der Produktentwicklung und der Produktionsplanung verstärkt. Folglich erscheint eine Reduktion der Fertigungskosten um 1 % für die Optimierung des Gesamtsystems als konservative Schätzung (Tabelle 7).

Nutzenart	Beschreibung	Nutzen
Steigerung der Planungseffizienz um 5 % von 40 MA, die zur Hälfte ihrer Arbeitszeit die Methodik nutzen	40 MA zu 50 % • 5 %	153.600 €
Reduktion der Fertigungskosten um 1 % aufgrund der generierten besseren Verfahrensketten (bezogen auf das gesamte Produktspektrum)	20.000.000 € • 1 %	200.000 €
gesamte Nutzeneffekte pro Jahr		353.600 €

Legende: MA – Mitarbeiter

Tabelle 7: Monetäre Nutzeneffekte der Anwendung der Methodik

Weitere Potenziale können u. U. bei Unternehmen realisiert werden, die neben dem eigenen Produktspektrum Fremdbauteile zur Auslastung der Kapazitäten fertigen. Hierbei ist die Erstellung von Angeboten oftmals sehr aufwändig, da bereits nahezu komplette Arbeitspläne für eine Abgabe von Angeboten erstellt werden müssen. In diesem Zusammenhang ermöglicht die Methodik mit ihren Modellen eine reife Bewertung von Verfahrensketten, was wiederum eine Optimierung von Kosten und Zeiten zur Erstellung von Angeboten zulässt.

6.5 Qualitativer Nutzen

Die Nutzeneffekte der Methodik sind jedoch nicht ausschließlich im monetären Bereich zu finden. Auch qualitative Nutzeneffekte, die sich kurzfristig nicht direkt monetär messen lassen, sich aber mittel- bis langfristig auch in monetären Vorteilen auswirken, können durch den Einsatz der Methodik verwirklicht werden. Diese Verbesserungspotenziale werden im Rahmen einer nutzwertanalytischen Darstellung in Tabelle 8 präsen-

iwb Forschungsberichte Band 1–121

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. J. Milberg und Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Band 1–121 erschienen im Springer Verlag, Berlin, Heidelberg und sind im Erscheinungsjahr und den folgenden drei Kalenderjahren erhältlich im Buchhandel oder durch Lange & Springer, Otto-Suhr-Allee 26–28, 10585 Berlin

- 1 *Streifinger, E.*
Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel
1986 · 72 Abb. · 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 *Fuchsberger, A.*
Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen
1986 · 90 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 *Maier, C.*
Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrierobotern
1986 · 77 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 *Summer, H.*
Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen
1986 · 74 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 *Simon, W.*
Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen
1986 · 141 Abb. · 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 *Büchs, S.*
Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung
1986 · 74 Abb. · 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 *Hunzinger, I.*
Schneiderodierte Oberflächen
1986 · 79 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 *Pilland, U.*
Echtzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen
1986 · 54 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 *Barthelmeß, P.*
Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung
1987 · 70 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 *Reithofer, N.*
Nutzungssicherung von flexibel automatisierten Produktionsanlagen
1987 · 84 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-18440-6
- 11 *Diess, H.*
Rechnerunterstützte Entwicklung flexibel automatisierter Montageprozesse
1988 · 56 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18799-5
- 12 *Reinhart, G.*
Flexible Automatisierung der Konstruktion und Fertigung elektrischer Leitungssätze
1988 · 112 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 *Bärstner, H.*
Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion
1988 · 74 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 *Groha, A.*
Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 *Riese, K.*
Klipsmontage mit Industrierobotern
1988 · 92 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6
- 16 *Lutz, P.*
Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung
1988 · 44 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3
- 17 *Klippel, C.*
Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems
1988 · 86 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0
- 18 *Rascher, R.*
Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung
1989 · 110 Abb. · 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9
- 19 *Heusler, H.-J.*
Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 *Kirchknopf, P.*
Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 *Sauerer, Ch.*
Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 *Karstedt, K.*
Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigungsautomatisierung
1990 · 92 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7
- 23 *Peiker, St.*
Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems
1990 · 66 Abb. · 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0
- 24 *Schugmann, R.*
Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage
1990 · 71 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0
- 25 *Wiba, P.*
Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 *Eibelshäuser, P.*
Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 *Prasch, J.*
Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 *Teich, K.*
Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der Produktion
1990 · 52 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-52764-8
- 29 *Pfrang, W.*
Rechnergestützte und graphische Planung manueller und teilautomatisierter Arbeitsplätze
1990 · 59 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-52829-6
- 30 *Tauber, A.*
Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente der Montageplanung
1990 · 93 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-52911-X
- 31 *Jäger, A.*
Systematische Planung komplexer Produktionssysteme
1991 · 75 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-53021-5
- 32 *Hartberger, H.*
Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme
1991 · 58 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-53326-5
- 33 *Tuzek, H.*
Inspektion von Karosserieteilen auf Risse und Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung
1992 · 125 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-53965-4
- 34 *Fischbacher, J.*
Planungsstrategien zur störungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten
1991 · 60 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-54027-X
- 35 *Moser, O.*
3D-Echtzeitkollisionsschutz für Drehmaschinen
1991 · 66 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-54076-8
- 36 *Naber, H.*
Aufbau und Einsatz eines mobilen Roboters mit unabhängiger Lokomotions- und Manipulationskomponente
1991 · 85 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-54216-7
- 37 *Kupec, Th.*
Wissensbasiertes Leitsystem zur Steuerung flexibler Fertigungsanlagen
1991 · 68 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-54260-4
- 38 *Maulhardt, U.*
Dynamisches Verhalten von Kreissägen
1991 · 109 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-54365-1
- 39 *Götz, R.*
Strukturierte Planung flexibel automatisierter Montagesysteme für flächige Bauteile
1991 · 86 Abb. · 201 Seiten · ISBN 3-540-54401-1
- 40 *Koepfer, Th.*
3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung - ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsteilung
1991 · 74 Abb. · 126 Seiten · ISBN 3-540-54436-4
- 41 *Schmidt, M.*
Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme
1992 · 108 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-55025-9
- 42 *Burger, C.*
Produktionsregelung mit entscheidungsunterstützenden Informationssystemen
1992 · 94 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-55187-5
- 43 *Hoßmann, J.*
Methodik zur Planung der automatischen Montage von nicht formstabilen Bauteilen
1992 · 73 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-5520-0
- 44 *Petry, M.*
Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmbaukastens für robotergeführte Klebprozesse
1992 · 106 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-55374-6
- 45 *Schönecker, W.*
Integrierte Diagnose in Produktionszellen
1992 · 87 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-55375-4
- 46 *Bick, W.*
Systematische Planung hybrider Montagesysteme unter Berücksichtigung der Ermittlung des optimalen Automatisierungsgrades
1992 · 70 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-55377-0
- 47 *Gebauer, L.*
Prüfuntersuchungen zur automatisierten Montage von optischen Linsen
1992 · 84 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55378-9
- 48 *Schräfer, N.*
Erstellung eines 3D-Simulationssystems zur Reduzierung von Rüstzeiten bei der NC-Bearbeitung
1992 · 103 Abb. · 161 Seiten · ISBN 3-540-55431-9
- 49 *Wiesbacher, J.*
Methoden zur rationalen Automatisierung der Montage von Schnellbefestigungselementen
1992 · 77 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-55512-9
- 50 *Garnich, F.*
Laserbearbeitung mit Robotern
1992 · 110 Abb. · 184 Seiten · ISBN 3-540-55513-7
- 51 *Eubert, P.*
Digitale Zustandsregelung elektrischer Vorschubantriebe
1992 · 89 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-44441-2
- 52 *Glaas, W.*
Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung
1992 · 67 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-55749-0
- 53 *Helmi, H.J.*
Ein Verfahren zur On-Line Fehlererkennung und Diagnose
1992 · 60 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-55750-4
- 54 *Lang, Ch.*
Wissensbasierte Unterstützung der Verfügbarkeitsplanung
1992 · 75 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55751-2
- 55 *Schuster, G.*
Rechnergestütztes Planungssystem für die flexibel automatisierte Montage
1992 · 67 Abb. · 135 Seiten · ISBN 3-540-55830-6
- 56 *Bomm, H.*
Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum Investitionscontrolling komplexer Produktionssysteme
1992 · 87 Abb. · 195 Seiten · ISBN 3-540-55964-7
- 57 *Wendt, A.*
Qualitätssicherung in flexibel automatisierten Montagesystemen
1992 · 74 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-56044-0
- 58 *Hansmaier, H.*
Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung
1993 · 67 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-56053-2
- 59 *Dilling, U.*
Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch Wirtschaftssimulationen
1993 · 72 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56307-5

- 60 *Strohmayr, R.*
**Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von
Zubringeinrichtungen**
1993 · 80 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-56652-X
- 61 *Glas, J.*
**Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer
Zellenrechnersoftware**
1993 · 80 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-56890-5
- 62 *Stetter, R.*
**Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur
Effizienzsteigerung des Industrierobereinsatzes**
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1
- 63 *Dirndorfer, A.*
Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57031-4
- 64 *Wiedemann, M.*
**Simulation des Schwingungsverhaltens spanender
Werkzeugmaschinen**
1993 · 81 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-57177-9
- 65 *Woenckhaus, Ch.*
**Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-
Layoutoptimierung**
1994 · 81 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-57284-8
- 66 *Kummetsteiner, G.*
**3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur
Planung manueller Montagesysteme**
1994 · 62 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-57535-9
- 67 *Kugelmann, F.*
**Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen
Automatisierung von Produktionssystemen**
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57549-9
- 68 *Schwarz, H.*
**Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-
Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik**
1994 · 96 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-57577-4
- 69 *Viethen, U.*
Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen
1994 · 70 Abb. · 142 Seiten · ISBN 3-540-57794-7
- 70 *Seehuber, M.*
**Automatische Inbetriebnahme
geschwindigkeitsadaptiver Zustandregler**
1994 · 72 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-57896-X
- 71 *Amann, W.*
**Eine Simulationsumgebung für Planung und Betrieb von
Produktionssystemen**
1994 · 71 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-57924-9
- 72 *Schöpf, M.*
**Rechnergestütztes Projektinformations- und
Koordinationssystem für das Fertigungsvorfeld**
1997 · 63 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58052-2
- 73 *Welling, A.*
**Effizienter Einsatz bildgebender Sensoren zur
Flexibilisierung automatisierter Handhabungsvorgänge**
1994 · 66 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-580-0
- 74 *Zetlmayer, H.*
**Verfahren zur simulationsgestützten
Produktionsregelung in der Einzel- und
Kleinserienproduktion**
1994 · 62 Abb. · 143 Seiten · ISBN 3-540-58134-0
- 75 *Lindt, M.*
Auftragsleittechnik für Konstruktion und Arbeitsplanung
1994 · 66 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58221-5
- 76 *Zipper, B.*
**Das integrierte Betriebsmittelwesen · Baustein einer
flexiblen Fertigung**
1994 · 64 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58222-3
- 77 *Rath, P.*
**Programmierung und Simulation von Zellenabläufen in
der Arbeitsvorbereitung**
1995 · 51 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58223-1
- 78 *Engel, A.*
**Strömungstechnische Optimierung von
Produktionssystemen durch Simulation**
1994 · 69 Abb. · 160 Seiten · ISBN 3-540-58258-4
- 79 *Zäh, M. F.*
Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen
1995 · 95 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-58624-5
- 80 *Zwanzer, N.*
**Technologisches Prozeßmodell für die
Kugelschleifbearbeitung**
1995 · 65 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-58634-2
- 81 *Romanow, P.*
**Konstruktionsbegleitende Kalkulation von
Werkzeugmaschinen**
1995 · 66 Abb. · 151 Seiten · ISBN 3-540-58771-3
- 82 *Kahlenberg, R.*
**Integrierte Qualitätssicherung in flexiblen
Fertigungszellen**
1995 · 71 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-58772-1
- 83 *Huber, A.*
**Arbeitsfolgenplanung mehrstufiger Prozesse in der
Harzbearbeitung**
1995 · 87 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-58773-X
- 84 *Birkel, G.*
**Aufwandsminimierter Wissenserwerb für die Diagnose in
flexiblen Produktionssystemen**
1995 · 64 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-58869-8
- 85 *Simon, D.*
**Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung
und logistisches Störungsmanagement**
1995 · 77 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-58942-2
- 86 *Nedeljkovic-Groha, V.*
**Systematische Planung anwendungsspezifischer
Materialflußsteuerungen**
1995 · 94 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-58953-8
- 87 *Rockland, M.*
**Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in
Montageanlagen**
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58999-6
- 88 *Linner, St.*
Konzept einer integrierten Produktentwicklung
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1
- 89 *Eder, Th.*
**Integrierte Planung von Informationssystemen für
rechnergestützte Produktionssysteme**
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6
- 90 *Deutsche, U.*
**Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung in
mittelständischen Unternehmen**
1995 · 80 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-59337-3
- 91 *Dieterle, A.*
Recyclingintegrierte Produktentwicklung
1995 · 68 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-60120-1

- 92 *Hechl, Chr.*
Personalorientierte Montageplanung für komplexe und variantenreiche Produkte
1995 · 73 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Albertz, F.*
Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen - Gestellstrukturen
1995 · 83 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60608-8
- 94 *Trunzer, W.*
Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgesensoren
1996 · 101 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-60961-X
- 95 *Fichtmüller, N.*
Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme
1996 · 83 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-60960-1
- 96 *Trucks, V.*
Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen
1996 · 64 Abb. · 141 Seiten · ISBN 3-540-60599-8
- 97 *Schäffer, G.*
Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme
1996 · 71 Abb. · 170 Seiten · ISBN 3-540-60958-X
- 98 *Koch, M. R.*
Autonome Fertigungszellen - Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung
1996 · 67 Abb. · 138 Seiten · ISBN 3-540-61104-5
- 99 *Moctezuma de la Barrera, J.L.*
Ein durchgängiges System zur computer- und rechnergestützten Chirurgie
1996 · 99 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-61145-2
- 100 *Geyer, A.*
Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung
1996 · 84 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-61495-8
- 101 *Ebner, C.*
Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement unter Verwendung von Felddaten
1996 · 67 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-61678-0
- 102 *Pischelsrieder, K.*
Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion
1996 · 74 Abb. · 171 Seiten · ISBN 3-540-61714-0
- 103 *Kähler, R.*
Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen variantenreichen Kleinprodukten
1997 · 62 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-62024-9
- 104 *Feldmann, Ch.*
Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung
1997 · 71 Abb. · 163 Seiten · ISBN 3-540-62059-1
- 105 *Lehmann, H.*
Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem
1997 · 96 Abb. · 191 Seiten · ISBN 3-540-62202-0
- 106 *Wagner, M.*
Steuerungintegrierte Fehlerbehandlung für maschinennahe Abläufe
1997 · 94 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-62656-5
- 107 *Lorenzen, J.*
Simulationsgestützte Kostenanalyse in produktorientierten Fertigungsstrukturen
1997 · 63 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-62794-4
- 108 *Krönert, U.*
Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitsuche und Standardisierung
1997 · 53 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-63338-3
- 109 *Pfersdorf, I.*
Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur Organisation des industriellen Service
1997 · 74 Abb. · 172 Seiten · ISBN 3-540-63615-3
- 110 *Kuba, R.*
Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion
1997 · 77 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-63642-0
- 111 *Kaiser, J.*
Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozeß mit Produktmodellen
1997 · 67 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-63999-3
- 112 *Geyer, M.*
Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und Arbeitssystemgestaltung
1997 · 85 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-64195-5
- 113 *Martin, C.*
Produktionsregelung - ein modularer, modellbasierter Ansatz
1998 · 73 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-64401-6
- 114 *Löffler, Th.*
Akustische Überwachung von automatisierter Fügeprozesse
1998 · 85 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-64511-X
- 115 *Lindermeier, R.*
Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen
1998 · 84 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-64686-8
- 116 *Koehler, J.*
Präzeorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit Großserienfertigung
1998 · 75 Abb. · 185 Seiten · ISBN 3-540-65037-7
- 117 *Schuller, R. W.*
Leitfäden zum automatisierten Auftrag von hochviskosen Dichtmassen
1999 · 76 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-65320-1
- 118 *Debuschewitz, M.*
Integrierte Methodik und Werkzeuge zur herstellungsorientierten Produktentwicklung
1999 · 104 Abb. · 169 Seiten · ISBN 3-540-65350-3
- 119 *Bauer, L.*
Strategien zur rechnergestützten Offline-Programmierung von 3D-Laseranlagen
1999 · 98 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-65382-1
- 120 *Pfob, E.*
Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
1999 · 69 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-65525-5
- 121 *Spitznagel, J.*
Erfahrungsgleiteite Planung von Laseranlagen
1999 · 63 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-65896-3

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@utz.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 Dichtungs montage 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 - Produktivitätssteigerung 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 - Flexibel 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 3-89675-069-0
- 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 Kapselfel 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 · Schlank 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

Forschungsberichte iw b

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

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

- 122 Schneider, Burghard
Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile
1999 · 183 Seiten · 98 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-559-5
- 123 Goldstein, Bernd
Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung
1999 · 170 Seiten · 65 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-546-3
- 124 Mößner, Helmut E.
Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme
1999 · 164 Seiten · 67 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-585-4
- 125 Gräser, Ralf-Gunter
Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern
1999 · 167 Seiten · 63 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-603-6
- 126 Trossin, Hans-Jürgen
Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik
1999 · 162 Seiten · 75 Abb. · 11 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-614-1
- 127 Kugelmann, Doris
Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern
1999 · 168 Seiten · 68 Abb. · 2 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-615-X
- 128 Diesch, Rolf
Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen
1999 · 160 Seiten · 69 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-618-4
- 129 Lulay, Werner E.
Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen
1999 · 182 Seiten · 51 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-620-6
- 130 Murr, Otto
Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen
1999 · 178 Seiten · 85 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-636-2
- 131 Macht, Michael
Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping
1999 · 170 Seiten · 87 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-638-9
- 132 Mehler, Bruno H.
Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnerverbänden
1999 · 152 Seiten · 44 Abb. · 27 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-645-1
- 133 Heitmann, Knut
Sichere Prognosen für die Produktionsoptimierung mittels stochastischer Modelle
1999 · 146 Seiten · 60 Abb. · 13 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-675-3
- 134 Blessing, Stefan
Gestaltung der Materialflußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen
1999 · 160 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-690-7
- 135 Abay, Can
Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik
2000 · 159 Seiten · 46 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-697-4

- 136 Brandner, Stefan
Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken
 2000 · 172 Seiten · 61 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-715-6
- 137 Hirschberg, Arnd G.
Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung
 2000 · 165 Seiten · 49 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-729-6
- 138 Reek, Alexandra
Strategien zur Fokuspositionierung beim Laserstrahlschweißen
 2000 · 193 Seiten · 103 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-730-X
- 139 Sabbah, Khalid-Alexander
Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen
 2000 · 148 Seiten · 75 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-739-3
- 140 Schliffenbacher, Klaus U.
Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken
 2000 · 187 Seiten · 70 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-754-7
- 141 Sprengel, Andreas
Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung
 2000 · 144 Seiten · 55 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-757-1
- 142 Gallasch, Andreas
Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion
 2000 · 150 Seiten · 69 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-781-4
- 143 Cuiper, Ralf
Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen
 2000 · 168 Seiten · 75 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-783-0
- 144 Schneider, Christian
Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion
 2000 · 180 Seiten · 66 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-789-X
- 145 Jonas, Christian
Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen
 2000 · 183 Seiten · 82 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-870-5
- 146 Willnecker, Ulrich
Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen
 2001 · 175 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-891-8
- 147 Lehner, Christof
Beschreibung des Nd:Yag-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss
 2001 · 205 Seiten · 94 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0004-X
- 148 Rick, Frank
Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen
 2001 · 145 Seiten · 57 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0008-2
- 149 Höhn, Michael
Sensorgeführte Montage hybrider Mikrosysteme
 2001 · 171 Seiten · 74 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0012-0
- 150 Böhl, Jörn
Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung
 2001 · 179 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0020-1
- 151 Bürgel, Robert
Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben
 2001 · 185 Seiten · 60 Abb. · 10 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0021-X
- 152 Stephan Dürrschmidt
Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion
 2001 · 914 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0023-6
- 153 Bernhard Eich
Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung
 2001 · 132 Seiten · 48 Abb. · 6 Tabellen · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0028-7

- 154 Wolfgang Rudorfer
Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
 2001 · 207 Seiten · 89 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0037-6
- 155 Hans Meier
Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe
 2001 · 162 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0044-9
- 156 Gerhard Nowak
Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
 2001 · 203 Seiten · 95 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0055-4
- 157 Martin Werner
Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
 2001 · 191 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0058-9
- 158 Bernhard Lenz
Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung
 2001 · 150 Seiten · 47 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0094-5
- 159 Stefan Grunwald
Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung
 2002 · 206 Seiten · 80 Abb. · 25 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0095-3
- 160 Josef Gartner
Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen
 2002 · 165 Seiten · 74 Abb. · 21 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0096-1
- 161 Wolfgang Zeller
Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen
 2002 · 192 Seiten · 54 Abb. · 15 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0100-3
- 162 Michael Loferer
Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
 2002 · 178 Seiten · 80 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0118-6
- 163 Jörg Fährer
Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
 2002 · 176 Seiten · 69 Abb. · 13 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0124-0
- 164 Jürgen Höppner
Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler
 2002 · 132 Seiten · 24 Abb. · 3 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0125-9
- 165 Hubert Götte
Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
 2002 · 258 Seiten · 123 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0126-7
- 166 Martin Weißberger
Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
 2002 · 210 Seiten · 86 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0138-0
- 167 Dirk Jacob
Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
 2002 · 200 Seiten · 82 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0142-9
- 168 Ulrich Roßgorderer
System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
 2002 · 175 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0154-2
- 169 Robert Klingel
Anziehverfahren für hochfeste Schraubverbindungen auf Basis akustischer Emissionen
 2002 · 164 Seiten · 89 Abb. · 27 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0174-7
- 170 Paul Jens Peter Ross
Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung
 2002 · 144 Seiten · 38 Abb. · 38 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0191-7
- 171 Stefan von Praun
Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess
 2002 · 250 Seiten · 62 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0202-6

- 172 Florian von der Hagen
Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen
 2002 · 220 Seiten · 104 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0208-5
- 173 Oliver Kramer
Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe
 2002 · 212 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0211-5
- 174 Winfried Dohmen
Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme
 2002 · 200 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0214-X
- 175 Oliver Anton
Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsenster Montagesysteme
 2002 · 158 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0215-8
- 176 Welf Broser
Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
 2002 · 224 Seiten · 122 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0217-4
- 177 Frank Breitingner
Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
 2003 · 156 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0227-1
- 178 Johann von Pieverling
Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
 2003 · 163 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0230-1
- 179 Thomas Baudisch
Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
 2003 · 190 Seiten · 67 Abb. · 8 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0249-2
- 180 Heinrich Schieferstein
Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
 2003 · 132 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0251-4
- 181 Joachim Berlak
Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
 2003 · 244 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0258-1
- 182 Christian Meierlohr
Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
 2003 · 181 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0292-1
- 183 Volker Weber
Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken
 2004 · 210 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0330-8
- 184 Thomas Bongardt
Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
 2004 · 170 Seiten · 40 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0332-4
- 185 Tim Angerer
Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
 2004 · 180 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0336-7
- 186 Alexander Krüger
Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
 2004 · 197 Seiten · 83 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0371-5
- 187 Matthias Meindl
Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing
 2005 · 222 Seiten · 97 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0465-7
- 188 Thomas Fusch
Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie
 2005 · 190 Seiten · 99 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0467-3

- 189 Thomas Mosandl
Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme
 2005 · 182 Seiten · 58 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0471-1
- 190 Christian Patron
Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung
 2005 · 150 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0474-6
- 191 Robert Cisek
Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen
 2005 · 200 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0475-4
- 192 Florian Auer
Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
 2005 · 160 Seiten · 65 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0485-1
- 193 Carsten Selke
Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
 2005 · 137 Seiten · 53 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0495-9
- 194 Markus Seefried
Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
 2005 · 216 Seiten · 82 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0503-3
- 195 Wolfgang Wagner
Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion
 2006 · 208 Seiten · 43 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0586-6
- 196 Christopher Ulrich
Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
 2006 · 178 Seiten · 74 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0590-4
- 197 Johann Härtl
Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
 2006 · 140 Seiten · 55 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0611-0
- 198 Bernd Hartmann
Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
 2006 · 208 Seiten · 105 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0615-3
- 199 Michael Schilp
Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
 2006 · 130 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0631-5
- 200 Florian Manfred Grätz
Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
 2006 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0643-9
- 201 Dieter Eireiner
Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
 2006 · 214 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0650-1
- 202 Gerhard Volkwein
Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
 2007 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 Sven Roeren
Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
 2007 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 Henning Rudolf
Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
 2007 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 Stella Clarke-Griebsch
Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
 2007 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 Michael Ehrenstraßer
Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage
 2008 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0743-3

- 207 Rainer Schack
Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
2008 · 248 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 Wolfgang Sudhoff
Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
2008 · 276 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 Stefan Müller
Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
2008 · 240 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 Ulrich Kohler
Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
2008 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0753-2