

***Forschungsberichte***

---

***iwb***

***Band 159***

***Stefan Grunwald***

***Methode zur Anwendung der  
flexiblen integrierten Produkt-  
entwicklung und Montageplanung***

---

***herausgegeben von  
Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart***

---

***Herbert Utz Verlag***

**UTZ**

# Forschungsberichte iwb

Berichte aus dem Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften  
der Technischen Universität München

herausgegeben von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart  
Technische Universität München  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme  
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist  
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

Zugleich: Dissertation, München, Techn. Univ., 2001

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

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2002

ISBN 3-8316-0095-3

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München  
Tel.: 089/277791-00 · Fax: 089/277791-01

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Wandel des Unternehmensumfeldes .....	1
1.2	Herausforderungen für Produktionsunternehmen.....	3
1.3	Konsequenzen für Produktentwicklung und Montageplanung.....	5
1.4	Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	7
1.5	Vorgehensweise .....	9
<b>2</b>	<b>Entwicklungsprozesse für Produkte und Montageanlagen .....</b>	<b>11</b>
2.1	Begriffsklärung und Betrachtungsumfang .....	11
2.2	Eigenschaften von Geschäftsprozessen in Produktentwicklung und Montageplanung.....	13
2.2.1	Unsicherheit in Produktentwicklung und Montageplanung.....	13
2.2.2	Komplexität in Produktentwicklung und Montageplanung.....	14
2.2.3	Dynamik in Produktentwicklung und Montageplanung .....	16
2.2.4	Potenziale und Randbedingungen in Produktentwicklung und Montageplanung.....	18
2.3	Defizite und Handlungsfelder.....	19
<b>3</b>	<b>Anforderungen an die Methodik.....</b>	<b>23</b>
3.1	Anforderungen an die Modellierung flexibler integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse .....	23
3.2	Anforderungen an die Einführung flexibler integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse .....	23
3.3	Anforderungen an Einsatz und Weiterentwicklung flexibler integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse .....	24
<b>4</b>	<b>Stand der Forschung und Technik.....</b>	<b>25</b>
4.1	Prozess- und Objektorientierung.....	25

4.2	Produktentwicklungsprozesse .....	29
4.2.1	Methodische Entwicklungsvorgehensweisen .....	29
4.2.2	Entwicklungsmethoden und -werkzeuge.....	30
4.3	Montageplanungsprozesse .....	32
4.3.1	Methodische Montageplanungsvorgehensweisen .....	32
4.3.2	Montageplanungsmethoden und -werkzeuge.....	34
4.4	Parallelisierte und integrierte Produktentwicklungs- und Produktions- planungsprozesse .....	35
4.4.1	Parallelisierte Entwicklung und Planung .....	35
4.4.2	Integrierte Entwicklung und Planung .....	38
4.5	Strukturierung von Produkten, Montagevorgängen und Montageanlagen.....	42
4.6	Modellierung von Entwicklungs- und Planungsprozessen .....	48
4.7	Einführung modellbasierter Entwicklungs- und Planungsprozesse .....	51
4.7.1	Bedeutung der Methodeneinführung .....	52
4.7.2	Vorbereitung und Qualifizierung der vorhandenen Umgebung .....	53
4.7.3	Anpassung von Entwicklungsprozessen an vorhandene Umgebungen .....	57
4.8	Einsatz und Weiterentwicklung modellbasierter Entwicklungs- und Planungsprozesse.....	58
4.8.1	Organisationsmodelle zur Beherrschung komplexer dynamischer Entwicklungs- und Planungsprozesse .....	58
4.8.2	Flexible Konfiguration von Entwicklungs- und Planungsprozessen.....	61
4.8.3	Koordination und Regelung modellbasierter Entwicklungs- und Planungsprozesse.....	63
4.8.4	Erfahrungsrückfluss anhand modellbasierter Entwicklungs- und Planungsprozesse.....	66
4.9	Zusammenfassung und Fazit .....	69

---

<b>5</b>	<b>Modellierung flexibler integrierter Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozesse</b> .....	<b>71</b>
5.1	Einleitung.....	71
5.1.1	Steigerung von Flexibilität und Reaktionsfähigkeit in Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozessen .....	71
5.1.2	Steigerung von Effektivität und Effizienz in Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozessen .....	73
5.1.3	Vorbereitung der Einführung einer flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung.....	74
5.2	Generische integrierte Prozessbausteine.....	75
5.2.1	Aufbau eines Prozessbausteins .....	75
5.2.2	Klassifizierung von Prozessbausteinen .....	78
5.2.3	Detaillierung, Spezialisierung und Variantenbildung von Prozessbausteinen .....	79
5.3	Flexible Prozessnetze.....	81
5.3.1	Vernetzung von Prozessbausteinen.....	82
5.3.2	Strukturierung flexibler Prozessnetze.....	83
5.4	Gestaltungsobjekte Produkt, Montagevorgang und Montageanlage.....	85
5.4.1	Strukturierung der Gestaltungsobjekte .....	85
5.4.2	Abbilden der Gestaltungsobjektzustände .....	87
5.4.3	Bewertung der Abhängigkeiten von Gestaltungsobjektzuständen.....	88
5.5	Werkzeuge und Kompetenzen im flexiblen integrierten Prozess .....	89
5.5.1	Klassifizierung von Entwicklungs- und Planungswerkzeugen.....	90
5.5.2	Klassifizierung von Personalkompetenzen .....	91
5.6	Prozess-, Werkzeug- und Kompetenzbaukästen.....	92
5.6.1	Aufbau eines Prozessbaukastens .....	93

5.6.2	Aufbau eines Werkzeugbaukastens.....	94
5.6.3	Aufbau eines Kompetenzbaukastens.....	95
5.7	Zusammenfassung.....	97
<b>6</b>	<b>Einführung und Anwendung flexibler integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse .....</b>	<b>99</b>
6.1	Vorgehensmodell zur Einführung und Anwendung flexibler integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse .....	99
6.2	Makrozyklus der integrierten Produktentwicklung und Montageplanung .....	101
6.2.1	Einleitung.....	101
6.2.2	Vorentwicklung.....	102
6.2.3	Zielfindung.....	102
6.2.4	Konzepterarbeitung .....	103
6.2.5	Moduldefinition.....	104
6.2.6	Modulentwicklung und -detaillierung .....	104
6.2.7	Optimierung .....	105
6.3	Modell zur Einführung flexibler integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse.....	105
6.3.1	Prinzipien der Einführung .....	105
6.3.2	Analyse der Prozesse und des Entwicklungs- und Planungs- potenzials (E1) .....	107
6.3.3	Ableich von Potenzial, Randbedingungen und Einführungs- maßnahmen (E2).....	107
6.3.4	Aufbau eines Werkzeug- und Kompetenzbaukastens (E3).....	112
6.3.5	Konfiguration eines unternehmensspezifischen Prozessbaukastens (E4) .....	112
6.3.6	Konfiguration produkt- und montagespezifischer Prozessmodelle (E5)..	116
6.4	Modell zum Einsatz und zur Weiterentwicklung flexibler integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse .....	120

---

6.4.1	Prinzipien und Vorüberlegungen für den Einsatz.....	120
6.4.2	Grobplanung projektspezifischer Entwicklungs- und Planungs- prozesse (A1) .....	123
6.4.3	Situative Feinplanung projektspezifischer Entwicklungs- und Planungsprozesse (A2) .....	125
6.4.4	Durchführung projektspezifischer Entwicklungs- und Planungs- prozesse (A3) .....	126
6.4.5	Koordination und Regelung projektspezifischer Entwicklungs- und Planungsprozesse (A4) .....	129
6.4.6	Erfahrungsaufbau und Weiterentwicklung der Prozessbausteine (A5) ...	134
6.5	Zusammenfassung.....	138
<b>7</b>	<b>Rechnerwerkzeug und Praxisbeispiele.....</b>	<b>139</b>
7.1	Rechnerwerkzeug Process Design Tool (PDT) .....	139
7.2	Verifizierung der Methodik anhand von industriellen Praxisbeispielen .....	142
7.2.1	Fallstudie 1: Einführung und Anwendung eines Referenzentwicklungsprozesses für Fahrzeugdachsysteme .....	142
7.2.2	Fallstudie 2: Einführung und Anwendung flexibler integrierter Prozesse zur Entwicklung und Planung eines Reisebussitzrahmens .....	146
7.2.3	Fallstudie 3: Einführung flexibler Prozesse für integrierte Produkt- und Prozessanalysen bei einem Automobilhersteller .....	148
7.3	Zusammenfassende Bewertung der Praxisbeispiele .....	151
<b>8</b>	<b>Bewertung von Aufwand und Nutzen.....</b>	<b>154</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>157</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>158</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>183</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>187</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Wandel des Unternehmensumfeldes

Die produzierende Industrie unterliegt einem sich stetig verschärfenden, globalen Wettbewerb (UHLMANN 1998, S.14ff). Umfang und Geschwindigkeit der Veränderungen in Markt, Gesellschaft und Technik, haben Dimensionen erreicht, die mit dem traditionellen Denken und konventionellen Methoden nur noch unzureichend bewältigt werden können (EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. VI; PFEIFFER & DÖGL 1990, S. 255ff; REINHART 2000, S. 20ff). Ein sichtbares Zeichen für diese Umfeldturbulenz sind die Konjunkturzyklen der Weltwirtschaft, die von ehemals sieben bis zehn Jahren Länge immer kürzer werden und von Sondereinflüssen bestimmt werden (REINHART 1999A, S. 14).

Abbildung 1-1 zeigt die wesentlichen Umfeldfaktoren, die maßgeblichen direkten oder indirekten Einfluss auf das Wirtschaften von Produktionsunternehmen haben.

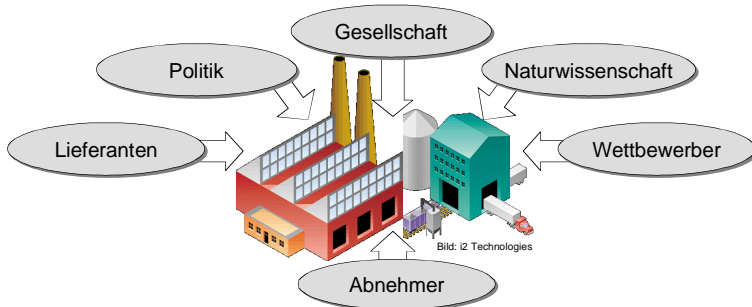


Abbildung 1-1: Umfeldeinflüsse auf das Wirtschaften von Produktionsunternehmen

Produktionsunternehmen müssen sich im Bereich **Gesellschaft** auf demographische Veränderungen, steigende Einkommen und Ausbildungsstände und Wunsch zur Mitbestimmung einstellen (z.B. BLEICHER 1996, S. 15ff; HUNDT 2000, S. 208ff).

Im Bereich **Politik** sind beispielhaft Grenzöffnungen, Änderungen in der Gesetzgebung, der Fiskal-, Währungs- und Kreditpolitik und der Ein- und Ausfuhrbesteuerung in immer kürzeren Zyklen zu nennen (REINHART 2000, S. 20; WIESHEU 2000, S. N6ff).

Die **Naturwissenschaft und Technik** bringt ferner neue Werkstoffe, Methoden, Technologien und Verfahren hervor (z.B. Internet oder Solar-Antriebe), die neue Anwendungsfelder eröffnen (LINDEMANN & REICHWALD 1998, S. 1; MILBERG 2000, S. 313).

**Wettbewerber** induzieren durch ihr teilweise nicht prognostizierbares Verhalten weitere Unsicherheitsfaktoren (z.B. durch Produktoffensiven). Marktanteile verändern sich, neue Märkte entstehen (z.B. Osteuropa, China, Südamerika) und üben zunehmenden internationalen Wettbewerbsdruck aus (SCHULZ-WOLFGGRAMM 2000, S. 43; SPÄTH 2000, S. N21ff, WESTKÄMPER 1999B, S. 131ff).



Die **Lieferanten** (bzw. der Beschaffungsmarkt) erhöhen ebenfalls die Unsicherheit durch ihr nur bedingt kalkulierbares Verhalten. Kapitalmarkt-Analysten beeinflussen indirekt immer mehr das Wirtschaften von Produktionsunternehmen und Shareholder bestehen zunehmend auf die Berücksichtigung ihrer Werte (z.B. HUNDT 2000, S. 205ff).

Und schließlich stellen die **Abnehmer** mit ihrem Verhalten einen weiteren Unsicherheitsfaktor dar. Die Öffnung neuer Märkte bringt neue Mengengerüste mit sich. Ferner hat sich der einstige Verkäufermarkt zu einem Käufermarkt gewandelt. Damit einher gehen steigende Anforderungen an die Produktindividualität und den Service, was sich in zunehmendem "Innovations- und Variantendruck" äußert (MILBERG 2000, S. 321, WESTKÄMPER 1999B, S. 131ff).

All diese Umfeldturbulenzen führen zu abnehmender Nachhaltigkeit des Markterfolgs und damit der Wettbewerbsfähigkeit von Produktionsunternehmen (LULAY 1999, S. 1).

Ein Beispiel dafür ist das SIEMENS Halbleiterwerk in North Tyneside. Die feierliche Eröffnung fand im Mai 1997 statt, die darauffolgende Stilllegung nach nur 16 Monaten Betriebszeit. Die Preise der dort gefertigten Speicherbausteine waren von der Entscheidung zum Bau des Werkes bis zur Schließung um 95% gefallen (lt. Pressemitteilung der SIEMENS AG, 31. Juli 1998).

Ein zweites Beispiel ist die Akquisition von ROVER durch den Automobilhersteller BMW im Jahr 1993. Zunächst von Analysten als überragender strategischer Schachzug bezeichnet, hat diese Übernahme bis zum Wiederverkauf im Frühjahr 2000 die wirtschaftliche Eigenständigkeit von BMW bedroht. Die Entwicklungszeiten bei ROVER waren zu lang und die Fabriken nicht auf dem Stand der Technik, um durch eine Modelloffensive die erhofften Umsatzerlöse zu erwirtschaften. Ferner war eine wichtige Kalkulationsgrundlage durch den Anstieg des Pfund-Kurses zunichte gemacht worden (lt. Pressemitteilungen BMW, März 2000).

Diese zunehmende Dynamik und Unsicherheit bildet in Theorie und Praxis den Gegenstand zahlreicher Diskussionen. Auf der einen Seite sollte jedes Unternehmen zu seiner Umwelt eine "stabile und positive Beziehung" erhalten (MILBERG 2000, S. 325). Auf der anderen Seite bilden sich in jedem Unternehmen Strukturen heraus, die die Tendenz haben, konstant zu bleiben. Verändert sich die Umwelt und will das Unternehmen seine Beziehungen zur Umwelt konstant halten, ergibt sich automatisch der Zwang zur Veränderung. *„Wir haben also die fast paradox anmutende Situation, dass sich Unternehmen permanent ändern müssen, um die Stabilität ihrer Beziehungen zu ihrer (...) Umwelt zu erhalten. Gleichzeitig müssen sie es aber schaffen, bei aller Veränderung ihre identitätsgebenden Strukturen und Werte zu bewahren“* (MILBERG 2000, S. 325).

Information und Kommunikation sind dabei zu Engpässen für schnelles und richtiges Entscheiden geworden (WARNECKE 1998, S. 65). Erst wenn man abschätzen kann, welche Einflussfaktoren für die Entwicklung des Unternehmens relevant sind und wie es auf Veränderungen reagieren kann, wird es gelingen, die Chancen eines turbulenten Umfeldes zu nutzen und dessen Risiken zu beherrschen (MILBERG 2000, S. 324ff).

## 1.2 Herausforderungen für Produktionsunternehmen

In Anbetracht der geschilderten Problematik des turbulenten Umfelds gilt es die Frage zu klären, wie Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit erhalten können.

So postulieren viele Autoren aus Wissenschaft und Industrie, dass die Unternehmen eine innere **Wandlungsfähigkeit** entwickeln müssen. Entlang des gesamten Produktlebenszyklus müssen entsprechende technische, organisatorische und personelle Lösungsansätze erarbeitet werden (EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. VI; HARTMANN 1997, S. 18ff; KLOCKE 1998, S. 81; REINHART ET AL. 1998, S. 1f; UHLMANN & SCHRÖDER 1998, S. 180ff; WARNECKE ET AL. 1998A, S. 87ff; WESTKÄMPER 1999B, S. 131f; WIENDAHL & HERNÁNDEZ 2000, S. 38ff).

REINHART ET AL. (1999A, S. 31ff) fordern, dass Unternehmen künftig ihre Strukturen und Prozesse qualifizieren müssen, um *flexibel* innerhalb vorgedachter Dimensionen agieren und *reaktionsschnell* jenseits vorgedachter Szenarien reagieren zu können. Nach REINHART (2000, S. 24ff) lässt sich Wandlungsfähigkeit wie folgt definieren:

- *Wandlungsfähigkeit* beschreibt die Fähigkeit von Unternehmen, sich hinsichtlich Anforderungen des Umfelds anzupassen, die nicht unbedingt geplant und vorhersehbar waren. Die Dimensionen, in denen Veränderungen stattfinden, müssen nicht vorher bekannt gewesen sein. Das Potenzial der Wandlungsfähigkeit wird dabei gebildet aus *Flexibilität* und *Reaktionsfähigkeit*.
- *Flexibilität* kann als die Eigenschaft eines Systems betrachtet werden, die sich aus der Fähigkeit ableitet, anpassbar zu sein an wechselnde, jedoch spezifische Anforderungen innerhalb eines gewissen Intervalls.
- *Reaktionsfähigkeit* bezeichnet das Potenzial, auf eingetretene unvorhersehbare Ereignisse erfolgreich zu reagieren und sich diesen neuen Situationen anpassen zu können.

Im Rahmen empirischer Untersuchungen erfolgreicher Unternehmen konnte REINHART (2000, S. 31ff) fünf Fähigkeiten ableiten, die *wandlungsfähige Unternehmen* aufweisen:

- Fähigkeit zur Kooperation
- Fähigkeit zum kreativen Gestalten
- Fähigkeit zur ständigen Veränderung und zum immerwährenden Lernen
- Fähigkeit zur transparenten Gestaltung der Wirkzusammenhänge
- Fähigkeit zum Management von Erfahrungen

Wenn es durch diese Fähigkeiten gelingt, die Wandlungsfähigkeit des Unternehmens zu erzeugen, können aktuelle Markttrends noch spät in Entwicklungsprojekte einbezogen werden, auf Wettbewerberaktionen kann schneller reagiert werden und Innovationen können schneller in Produkte und Prozesse einfließen (MILBERG 1998, S. 11). „Das schnelle Erkennen und Umsetzen der dynamischen und sprunghaften Entwicklungen des Umfeldes muss als Zentrum zukünftiger Strategien gelten.“ (WARNECKE 1997, S. 1ff).

Dies bedeutet jedoch nicht, dass die klassischen Erfolgsfaktoren an Bedeutung verlieren. Die Internationalisierung des Wettbewerbs übt einen zunehmenden *Kostendruck* auf Unternehmen aus. Kontinuierliche Produktivitätsfortschritte werden ebenso wie steigende *Produktqualität* zum „Hygienefaktor“. In den letzten 20 Jahren hat sich die Kostenstruktur bei technischen Lösungen in der Investitionsgüterindustrie beispielsweise erheblich in Richtung Engineering-Aufwände verlagert, von 30% (1980) auf über 50% (2000) (WUCHERER 2000, S. 249). Entscheidend ist damit ein weiterer Faktor für das unternehmerische Handeln: die *Effizienz* bzw. die *Wirtschaftlichkeit*. Denn nicht genutzte Flexibilität verursacht unnötige Fixkosten. Andererseits immer nur zu *reagieren* anstatt *flexibel vorauszuplanen* kann auch nicht wirtschaftlich sein. So gilt es, ein der Situation angemessenes Verhältnis *zwischen Flexibilität und Reaktionsfähigkeit* einzustellen (s. Abbildung 1-2).

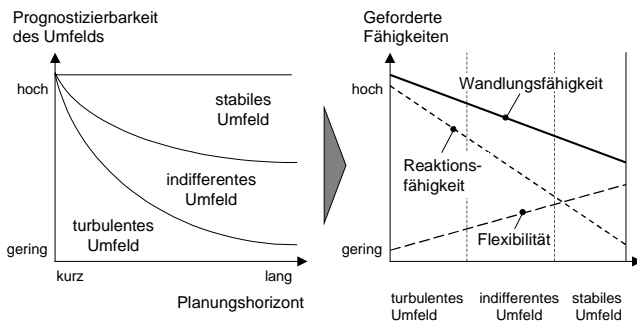


Abbildung 1-2: Zusammenhang zwischen dem Umfeld und der geforderten Flexibilität und Reaktionsfähigkeit (nach REINHART 2000, S. 39)

Eine zentrale Rolle spielt jedoch die *Zeit*, in der neue Produkte auf den Markt kommen („time-to-market“) (MILBERG 1998, S. 10). Nach einer Untersuchung von VESEY (1991, S. 23ff) erzielen High-Tech-Produkte bei einer um sechs Monate verspäteten Markteinführung 33% weniger Gewinn über einen Fünfjahreszeitraum im Vergleich zu einem "rechtzeitig" eingeführten Produkt. Demgegenüber führt eine Überschreitung des Entwicklungsbudgets um 50% nur zu einer um vier Prozent geminderten Gewinnspanne (VESEY 1991, S. 23ff; EISENHARDT & TABRIZI 1995, S. 84ff).

Aus dieser Zeitsensitivität folgt eine dreifache "Zeitfalle": Durch die kurzen Produktlebenszyklen ist der Bedarf zum Zeitpunkt des Markteintritts bereits gemindert. Die Entwicklungskosten müssen auf eine geringere Anzahl verkaufter Produkte umgelegt werden, wodurch der Produktpreis steigt. Zu diesem Zeitpunkt hat ein früher Markteinsteiger aber schon Lerneffekte realisiert, so dass er zu reduzierten Preisen anbieten kann.

Die zunehmende Macht der Kunden zwingt ferner zu neuen Trends, wie beispielsweise einer weitreichenden Individualisierung von Produkten. In Zukunft werden sogar kom-

plexe mechatronische Produkte exakt nach den Wünschen des Kunden gestaltet sein (PILLER 1998, S. 78). Diese Herausforderungen können nur äußerst flexible und reaktionsfähige Unternehmen bewältigen. Nur die Unternehmen können erfolgreich am Markt agieren, die ihre internen und externen Leistungsstrukturen spontan und schnell an neue Anforderungen anpassen (MILBERG 2000, S. 325).

Welche Unternehmensbereiche sind nun besonders gefordert, diesen Herausforderungen und ihren neuen Anforderungen gerecht zu werden?

### 1.3 Konsequenzen für Produktentwicklung und Montageplanung

Wenn es darum geht, schnell neue Anforderungen an ein Produkt und die Produktion umzusetzen, nehmen sowohl *Produktentwicklung* als auch *Produktionsplanung* Schlüsselrollen innerhalb des Produktlebenszyklus ein (vgl. EVERSHEIM ET AL. 1998, S. 429) (s. Abbildung 1-3).

„In einem (...) turbulenten Umfeld agieren die Konstrukteure (und Planer) in frühen Stadien der Entwicklung unter hoher Unsicherheit, was die Festlegung der zielkundenwirksamen Produkteigenschaften angeht“ (WHEELWRIGHT & CLARK 1994, S. 41). „Grundsätzlich gesehen gestaltet der Entwicklungsprozess ja die Zukunft – und diese Zukunft ist oft noch Jahre entfernt“ (WHEELWRIGHT & CLARK 1994, S. 24).

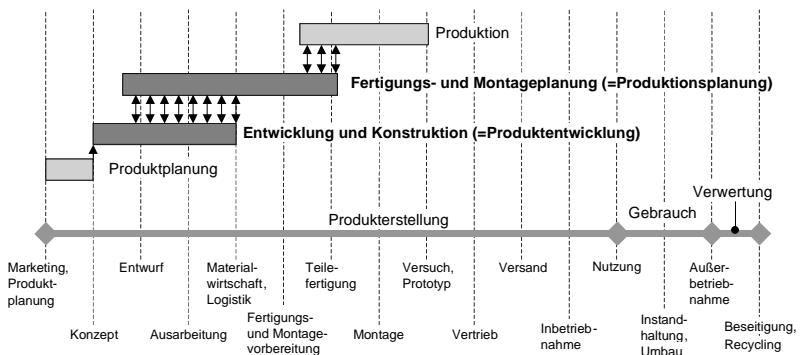


Abbildung 1-3: Einordnung von Entwicklung und Planung in den Produktlebenslauf

Aufgrund dieser Schlüsselrollen soll der Betrachtungsfokus der Arbeit auf den Tätigkeiten der *Produktentwicklung* und *Produktionsplanung* liegen. Die Produktionsplanung soll dabei auf die *Montageplanung* reduziert werden, die sich durch eine besonders hohe Komplexität und einen hohen Abstimmungsbedarf mit der Produktentwicklung auszeichnet. Ferner leistet die Konstruktion den höchsten Beitrag zur Kostenverantwortung und die Montage den höchsten Kostenverursachungsanteil (s. Abbildung 1-4).

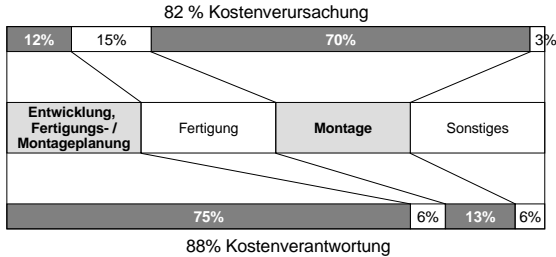


Abbildung 1-4: Stellhebel (in Anlehnung an LOTTER 1992)

*"Pioneers of the automobile industry practiced what is now called Simultaneous Engineering. Men like Henry Ford, Ransom Olds, Karl Benz, and Adam Opel did not limit themselves simply to designing products; they were product and process engineers who designed both cars and the factories that built them"* (EVANS 1990, S. 3f).

Diese beiden Fachdisziplinen sind wesentliche Stellhebel, um schnell marktkonforme Produkte anbieten zu können. Sie müssen daher optimal aufeinander abgestimmt sein (MILBERG 1998, S. 12ff; WEULE 1996). Die Montageplanung muss dabei sowohl mit der Serienmontage als auch mit den Entwicklungsabteilungen eng verzahnt operieren.

Ein Verlagern der Montage in Niedriglohnländer hat daher umfassende negative Auswirkungen. Gründe sind der Einflussverlust auf die Qualität, fehlender Wissenstransfer zur Entwicklung, erhöhter Koordinationsaufwand und verringerte Flexibilität (HUBBERT & REMMEL 1997, S. 32ff; LOTTER 1995; REINHART 1998B; WIENDAHL 1999, S. 1).

Folgendes Beispiel zeigt hingegen die Chancen eines vernetzten Arbeitens von Entwicklung und Planung. Die aktuelle 5er Baureihe von BMW ist die erste Großserienlimousine mit einem Aluminiumleichtbaufahrwerk. Um die gegenüber Stahl um ca. 45% geringere spezifische Dichte für eine Gewichtsreduzierung zu nutzen, mussten Nachteile wie die um 66% geringere Steifigkeit kompensiert werden. Nur durch eine intensive Zusammenarbeit von Produkt- und Verfahrensentwicklung, Montageplanung und Serienmontage konnten solche komplexen Leichtbauformen in Verbindung mit neuen Verfahren wie das Innen-Hochdruck-Umformen und Laserschweißen realisiert werden.

Ergebnisse empirischer Untersuchungen (s. Abbildungen 1-5 und 1-6) bestätigen, dass kurze Entwicklungszeiten bei hoher Effizienz erst durch eine frühzeitige Einbindung aller Abteilungen und eine intensive Zusammenarbeit möglich werden. BULLINGER (1990) erkannte, dass eine frühzeitige Zusammenarbeit zwar angestrebt, in der industriellen Praxis aber immer noch zu spät realisiert wird (s. Abbildung 1-7). Die Montageplanung kann so nur noch reagieren auf die Zwischenergebnisse, die die Konstruktion vorgibt (REINHART 1998A, S. 2). Ein gemeinsames Gesamtoptimum kann nicht erreicht werden. Ferner benötigen Unternehmen im zunehmend turbulenten Umfeld methodische Unterstützung, mit der sie ihre Prozesse flexibel gestalten und schnell auf neue Anforderungen reagieren können (LINDEMANN ET AL. 2000, S. 23ff).

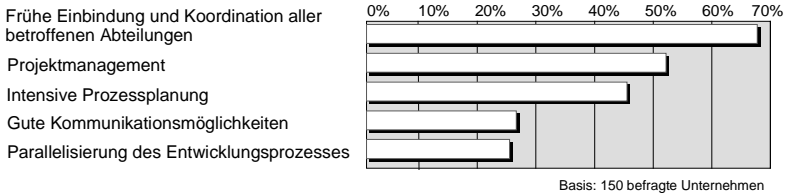


Abbildung 1-5: Maßnahmen zur Entwicklungszeitverkürzung (nach BULLINGER 1990)

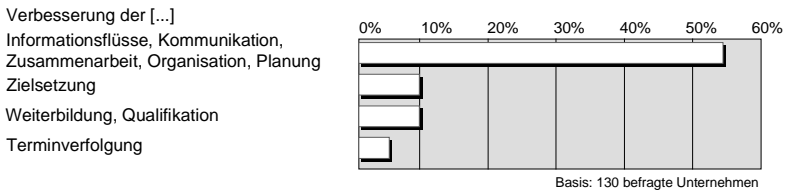


Abbildung 1-6: Maßnahmen zur Steigerung der Entwicklungseffizienz (nach EHRLENSPIEL 1993, S. 389ff)

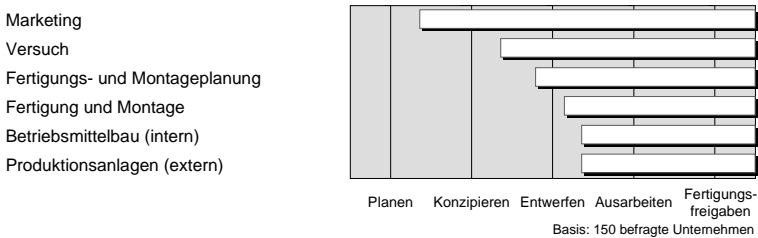


Abbildung 1-7: Zeitpunkt der Einbindung ausgewählter Abteilungen in Entwicklungsprozesse (BULLINGER 1990)

## 1.4 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die geschilderten empirischen Untersuchungen weisen in Verbindung mit Analysen des Berliner Kreises<sup>1)</sup> darauf hin, dass industrielle Entwicklungs- und Planungsprozesse immer noch deutliche Schwachstellen aufweisen (vgl. GRABOWSKI & GEIGER 1997). Die eingesetzten Methoden bieten dem Konstrukteur und Planer zu wenig inhaltliche und

<sup>1)</sup> Der Berliner Kreis ist ein Zusammenschluss von 26 Universitätsprofessoren. Er verfolgt das Ziel, Forschung und Lehre regelmäßig mit den Herausforderungen der Industrie abzustimmen und Unternehmen bei der Produktentwicklung methodisch zu unterstützen.

organisatorische Unterstützung, um mit den zunehmend komplexen, dynamischen und unsicheren Umfeldeinflüssen im Entwicklungs- und Planungsbereich umgehen zu können. Diese wiederum gefährden die Effizienz, sofern keine neue Art der Zusammenarbeit von Entwicklungs- und Planungsteams gefunden wird.

Neue wissenschaftliche Ansätze können jedoch nicht ohne weiteres umgesetzt werden. Durch die Verschiedenheit von Unternehmen und deren Entwicklungs- und Planungsprozesse müssen entsprechende Methoden stets „gelernt, betrieblich angepasst und (...) eingeführt werden“ (HOFMANN & BUNGARD 1995; GOUVINHAS & CORBETT 1999, S. 1167ff; MEERKAMM 1998, S. 3ff; PAHL & BEITZ 1997). ZANKER (1999) UND RITZÉN ET AL. (1999, S. 793ff) sehen die Methodeneinführung als „wichtige zukünftige Aufgabe von Forschung und Wissenschaft“. EVANS (1993) unterstreicht dies mit seiner Aussage: „The experience of many companies indicates, that the quality of the Concurrent Engineering implementation plan is more important than any other factor“.

Die Herausforderung besteht in der methodischen Beherrschung komplexer dynamischer Entwicklungs- und Planungsprozesse unter Berücksichtigung unternehmensspezifischer Ressourcen und Randbedingungen. Gesammelte Erfahrungen müssen dabei in die Prozessgestaltung zurückfließen (EVERSHEIM ET AL. 1998, S. 429ff; GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 149; LINDEMANN ET AL. 1999C; MINTZBERG 1991, S. 208; REINHART & GRUNWALD 2000, S. 351ff).

**Das Ziel der vorliegenden Arbeit soll daher sein, eine Methodik und ein Werkzeug zur durchgängigen Einführung, zum Einsatz und zur Weiterentwicklung flexibler integrierter Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozesse zu entwerfen** (s. Abbildung 1-8).

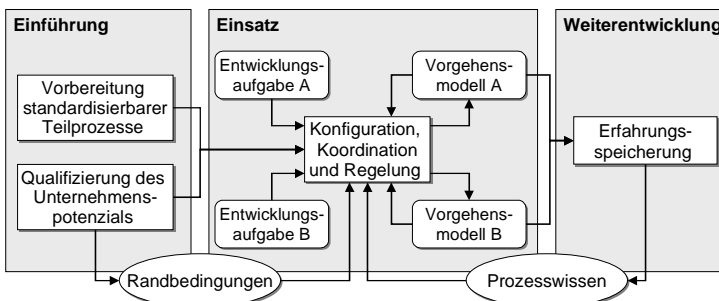


Abbildung 1-8: Einführung, Einsatz und Weiterentwicklung modellbasierter Entwicklungs- und Planungsprozesse

Diese Methodik muss aufwandsarm anwendbar sein aufgrund des häufig vorzufindenden Zeitdrucks in der industriellen Praxis (GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 113). Sie sollte dabei nicht nur Zeit- und Kostenaspekte, sondern auch inhaltliche Informationen berücksichtigen.

sichtigen. Ferner müsste sie vorhandene Integrationspotenziale ausschöpfen, um das eigentliche Kerngeschäft von Produktentwicklung und Montageplanung nicht durch Koordinationsaufwände zu belasten. Darüber hinaus müsste die Methodik gezielt Flexibilität und Reaktionsfähigkeit unterstützen, um der hohen Dynamik von Entwicklungs- und Planungsprozessen gerecht zu werden (EHRENSPIEL 1995, S. 8ff; EVERSHEIM ET AL. 1998, S. 429ff; GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 345; GRÄBLER 1999, S. 3; GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 56/92/150; LINDEMANN ET AL. 1999B, S. 30ff; LINDEMANN ET AL. 2000, S. 23ff; REINHART 1998A, S. 13ff; SCHUMANN 1994, S. 1; WHEELWRIGHT & CLARK 1994, S. 20).

Im Gegensatz zu konventionellen Vorgehensplänen soll unter Berücksichtigung unternehmensspezifisch vorhandener Potenziale, Randbedingungen und Prozesskenntnisse für jede Entwicklungsaufgabe ein spezifisches aber flexibles Vorgehensmodell konfiguriert werden. Damit können Produktionsunternehmen ihre Entwicklungs- und Planungsprozesse einerseits effizient, andererseits auch flexibel und reaktionsfähig gestalten.

## 1.5 Vorgehensweise

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit ist in Abbildung 1-9 dargestellt.

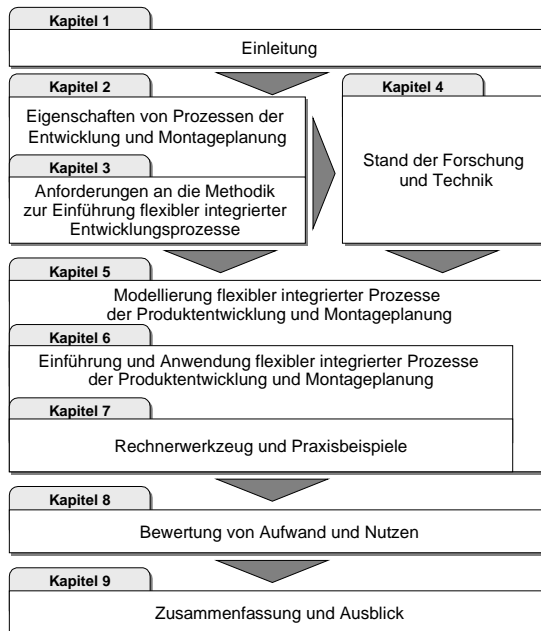


Abbildung 1-9: Überblick über die Inhalte der Arbeit



Ausgangspunkt ist mit Kapitel 1 eine Beschreibung der Umfeldsituation von Produktionsunternehmen. Daraus werden neue Anforderungen an Produktentwicklung und Montageplanung und entsprechende Problembereiche konventioneller Entwicklungs- und Planungsprozesse abgeleitet.

Aufbauend auf der erläuterten Aufgabenstellung und Zielsetzung der Arbeit werden in Kapitel 2 zunächst die wesentlichen Begrifflichkeiten definiert. Anschließend werden die Eigenschaften von Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozessen diskutiert, daraus die derzeit bestehenden Methodendefizite und der Handlungsbedarf abgeleitet.

Kapitel 3 beschreibt die daraus abgeleiteten Anforderungen an die Methodik zur Einführung integrierter flexibler Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozesse.

In Kapitel 4 wird auf bestehende Lösungen der Forschung eingegangen. Dazu werden die für die Arbeit grundlegende Ansätze aus den Bereichen Produktentwicklungs- und Montageplanungsmethodik, Simultaneous und Concurrent Engineering, Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung und montagegerechte Produktgestaltung aufgezeigt. Ferner werden spezifische Ansätze zur Modellierung, Einführung, zum Einsatz und zur Weiterentwicklung von Entwicklungs- und Planungsprozessen beschrieben und diskutiert.

Kapitel 5 stellt mit dem Prozessbaustein und den Prozess-, Werkzeug- und Kompetenzbaukästen das grundlegende neue Modell einer flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung vor.

Kapitel 6 beschreibt die Einführung und Anwendung dieses Modells. Es werden die einzelnen Schritte von der Unternehmensqualifizierung und Konfiguration unternehmens-, produkt- und anlagenspezifischer Prozesse über die Koordination und Regelung bis hin zur Weiterentwicklung der Prozesse detailliert erläutert.

In Kapitel 7 wird zum einen das entwickelte Rechnerwerkzeug *Process Design Tool PDT* zur flexiblen Konfiguration, Koordination und Steuerung integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse vorgestellt. Zum anderen beinhaltet das Kapitel die Verifizierung der Einführungs- und Anwendungsmethodik für flexible integrierte Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozesse anhand von Fallstudien aus unterschiedlichen industriellen Branchen.

In Kapitel 8 wird schließlich der Nutzen der entwickelten Methodik bewertet. Dazu werden zunächst die Vor- und Nachteile der Methodik gegenübergestellt und anschließend eine qualitative und quantitative Abschätzung vorgenommen.

In Kapitel 9 werden zum Abschluss die Kerninhalte der Arbeit in einer Zusammenfassung dargestellt und ein Ausblick auf weiterführende Forschungsgebiete gegeben.