

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik  
der Technischen Universität München

***Adaptive Logistikplanung auf Basis eines  
standardisierten, prozessorientierten  
Bausteinkonzepts***

Michael Johannes Schedlbauer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades  
eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. B.-R. Höhn

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. A. Günthner
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart

Die Dissertation wurde am 12.03.2008 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 19.05.2008 angenommen.

Herausgegeben von:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner

**fml** – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Technische Universität München

Zugl.: Dissertation, München, TU München 2008

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.

Layout und Satz: Michael Schedlbauer

Copyright © Michael Schedlbauer 2008

ISBN: 978-3-9811819-7-5

Printed in Germany 2008

# Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München vor dem thematischen Hintergrund des Bayerischen Forschungsverbundes „Supra-adaptive Logistiksysteme (ForLog)“.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner gilt mein außerordentlicher Dank für die vielfältigen, interessanten Aufgabenstellungen während meiner Zeit am Lehrstuhl, die wohlwollende Förderung sowie nicht zuletzt die Möglichkeit zur Promotion.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, Ordinarius am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), möchte ich mich für die Übernahme des Korreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernd-Robert Höhn, Leiter der Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebebau (fzg), danke ich für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Mein besonderer Dank geht ferner an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Lehrstuhls, die durch vielfältige Unterstützung sowie ein sehr angenehmes Arbeitsumfeld zum Gelingen der Dissertation beigetragen haben. Besonders nennen möchte ich hierbei Julia Boppert, Johannes Wulz, Rupert Reif, Janina Durchholz und Dennis Walch. Dieser Dank erstreckt sich in gleicher Weise auf alle Studenten, die mit ihren Arbeiten wertvolle Beiträge geliefert haben.

Danken möchte ich auch allen Industriepartnern im Forschungsverbund ForLog für die immer angenehme und konstruktive Zusammenarbeit.

Der größte Dank geht jedoch an meine Mutter und meine Schwester, die mir immer die Kraft gegeben haben, meine Ziele zu verwirklichen und dabei jederzeit unterstützend zur Seite standen. Euch möchte ich diese Arbeit widmen.

München, im Mai 2008

Michael Schedlbauer



# Zusammenfassung

In einer Zeit des kontinuierlichen Wandels nimmt die Handlungskomplexität für die Protagonisten automobiler Wertschöpfungsnetzwerke beständig zu. Sie resultiert im Wesentlichen aus den durch Globalisierung, gesättigte Märkte, volatile Kundennachfrage, verkürzte Produktlebenszyklen sowie steigende Modell- und Variantenzahlen geschaffenen Umfeldbedingungen. Um dem daraus resultierenden Wettbewerbsdruck begegnen und den Unternehmenserfolg auf den weltweiten Absatzmärkten auch unter Nutzung neuer Beschaffungsmärkte sicherstellen zu können, bedarf es leistungsfähiger Logistikkonzepte und -systeme, die den Herausforderungen des zunehmend turbulenteren Umfelds mit erhöhter Adaptivität begegnen.

Im Rahmen des Bayerischen Forschungsverbundes ForLog wurde in diesem Zusammenhang die Vision der Supra-Adaptivität entwickelt, die die aufwandsarme und unternehmensübergreifende Fähigkeit zur Anpassung an dynamische Veränderungen bezeichnet. Dieses Ziel lässt sich jedoch nur erreichen, wenn bereits die Logistikplanung adaptiv gestaltet ist, um auf die rasch wechselnden Randbedingungen effektiv und effizient reagieren zu können. Ziel der Arbeit ist daher die Entwicklung eines ganzheitlichen, adaptiven Logistikplanungskonzepts vor dem Hintergrund der Aufgabenstellungen der automobilen Logistikplanung, das zu einer Reduzierung der Planungszeiten bei gleichzeitiger Steigerung der Planungsqualität beiträgt. Hierzu werden zunächst die Anforderungen an das Konzept und dessen Gestaltungsprinzipien geklärt. Das adaptive Planungskonzept selbst wird unter Rückgriff auf systemtechnische Grundlagen als modellbasierte Vorgehensmethodik entwickelt, die sowohl die Gestaltung des Planungsprozesses als auch des Planungsgegenstandes auf Basis modularer Elemente beinhaltet. Dies trägt wesentlich zur Komplexitätsreduktion in der Logistikplanung bei und schafft Möglichkeiten zur Aufwandsminderung durch die Wiederverwendung erprobter Elemente. Die Zerlegung von Planungsprozessen in klar durch Aufgabe und zu erreichendes Ergebnis voneinander abgegrenzte, standardisierte Prozesselemente, erlaubt ferner deren Neu- und Rekombination zu individuellen Prozessketten und ermöglicht so die angestrebte Adaptivitätssteigerung in der Logistikplanung. Die verbesserte Abschöpfung und Bereitstellung von Planungswissen innerhalb dieser als Bausteine bezeichneten Elemente führt zu einer kontinuierlichen Fortentwicklung des Planungswissens und damit zur Verbesserung der Planungsqualität.

Die Evaluation des Konzepts wird an Hand der Planung der Materialbereitstellung und -versorgung in der automobilen Endmontage durchgeführt.

# Abstract

In a time of incessant change, the key players (protagonists) in automobile value creation-networks are continuously faced with increasing levels of complexity. These complexities are rooted in the, due to globalization: satiated markets, volatile customer demand, shortened product-life-cycles, and increasing number of product-models and -variations. This raises the need for improved logistical-concepts and -systems, in order to cope with the resulting competition and to ensure success for companies in global markets and novel procurement markets. Increased adaptivity counters challenges in these turbulent environments.

The vision of Supra-Adaptivity was developed, as part of the Bavarian research collaboration ForLog, in response to the afore-mentioned problem statement. In this context, Supra-Adaptivity can be defined as the business-to-business and resource-minimal ability to adjust to dynamic challenges. This goal however, can only be obtained when existing logistics-planning already contains a certain degree of adaptivity, so as to effectively and efficiently react to the continuously changing framework. The goal of this dissertation is therefore the development of a holistic and adaptive concept for logistics-planning. Embedded in the tasks and challenges of logistics-planning in the automotive industry, this concept supports a reduction of planning times whilst simultaneously increasing the quality of planning. The development of this concept thus requires the illustration of respective requirements and definition of the key configuration principles. The adaptive planning concept itself will be developed as a methodical model-based course of action, with the help of regressing unto systematical and technical fundamentals. This development process incorporates both the creation of the planning process and the planning components as modular elements, significantly reducing the level of planning-complexity and providing ways to minimize the required effort by applying proven and tested elements. Splitting the planning processes into assignments and attained objectives and clearly distinguishing them as independent and different process elements, allows an arbitrary combination of the elements to create individual process chains and consequently helps increase the adaptivity of logistics planning. The improved absorption and allocation of planning know-how, in this module-based elements approach, leads to a continuing development of the planning know-how and so to improved quality of planning.

The concept will be evaluated in the automotive final assembly, based on the planning of material-provision and -supply.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation .....	1
1.2 Zielsetzung .....	3
1.3 Vorgehensweise und Struktur der Arbeit .....	5
<b>2 Handlungsfeld automobiler Logistikplanung</b> .....	<b>7</b>
2.1 Logistik .....	7
2.2 Logistikplanung .....	8
2.3 Charakteristika automobiler Logistikplanung .....	10
2.3.1 Planungsgegenstand .....	11
2.3.2 Auslöser, Randbedingungen und Phasen .....	12
2.3.2.1 Auslöser planerischer Aktivitäten .....	12
2.3.2.2 Randbedingungen und Einflüsse .....	13
2.3.2.3 Phasen der Logistikplanung .....	13
2.3.3 Aufgabenstellungen .....	15
<b>3 Automobile Logistikplanung im turbulenten Umfeld</b> .....	<b>21</b>
3.1 Treiber des Wandels .....	22
3.1.1 Individualisierung und resultierende Variantenmehrung .....	22
3.1.2 Zunehmende Dynamik .....	23
3.1.3 Globalisierung .....	24
3.1.4 Neuaufteilung der Wertschöpfung - Netzwerkbildung .....	25
3.1.5 Wertschöpfungsorientierung / Lean Production .....	26
3.2 Adaptivität als Konsequenz .....	27
<b>4 Anforderungen und Gestaltungsprinzipien adaptiver Logistikplanung</b> .....	<b>31</b>

4.1 Anforderungen an adaptive Logistikplanung .....	31
4.2 Komponenten des adaptiven Planungskonzepts .....	34
4.2.1 Systemtechnik.....	35
4.2.2 Modelle und Methoden .....	37
4.2.2.1 Modellbeschreibung und -erstellung .....	38
4.2.2.2 Vorgehensmodelle .....	39
4.2.3 Komponenten des Planungskonzepts.....	40
4.3 Ausgewählte Planungs- und Modellierungskonzepte .....	41
4.3.1 Prozesskettenbasierte Planung .....	41
4.3.2 Prozessorientierte integrative modulare Planung.....	43
4.3.3 Methode zur integrierten Produktentwicklung und Montageplanung.....	44
4.3.4 Digitale Fabrik / Virtuelle Produktion .....	45
4.3.5 Partizipativ-kooperative Planung.....	47
4.3.6 Zusammenfassung und Bewertung .....	48
4.4 Gestaltungsprinzipien des adaptiven Logistikplanungskonzepts ..	51
4.4.1 Modularisierung .....	52
4.4.2 Prozessorientierung .....	55
4.4.3 Objektorientierung.....	56
4.4.4 Standardisierung.....	56
4.4.5 Kundenorientierung.....	57
4.4.6 Mitarbeiterorientierung und Wissensmanagement.....	57
4.4.7 Zusammenfassung und Konzeptgrundlagen .....	58
<b>5 Konzept der adaptiven Logistikplanung .....</b>	<b>61</b>
5.1 Darstellung des Gesamtkonzepts.....	62



5.2 Aufbau des Planungsmodells .....	65
5.2.1 Gesamtdarstellung .....	65
5.2.1.1 Entwicklung der Modellarchitektur .....	66
5.2.1.2 Zielebene .....	68
5.2.1.3 Handlungsebene .....	70
5.2.1.4 Prozessebene .....	71
5.2.2 Planungsauslöser .....	72
5.2.3 Planungsbegleitende Randbedingungen .....	73
5.2.4 Bausteine .....	74
5.2.4.1 Planungsbausteine.....	74
5.2.4.2 Prozessbausteine.....	76
5.2.4.3 Zusammenfassung.....	78
5.3 Modell des Planungsgegenstands – Objektmodell .....	79
5.3.1 Gesamtdarstellung .....	79
5.3.1.1 Vorgehen bei der Modellierung .....	80
5.3.1.2 Ebenenmodell .....	82
5.3.1.3 Modulschnittstellen.....	83
5.3.2 Technikmodule.....	85
5.3.2.1 Allgemeine Beschreibung .....	85
5.3.2.2 Attribute.....	86
5.3.3 Prozessmodule .....	89
5.3.3.1 Allgemeine Beschreibung .....	89
5.3.3.2 Attribute.....	90
5.3.3.3 Prozessmodul Stationsebene .....	93
5.3.3.4 Prozessmodul Gruppenebene .....	93

5.3.3.5	Prozessmodul Bereichsebene .....	95
5.3.3.6	Prozessmodul Fabrikebene .....	95
5.3.3.7	Prozessmodul Netzwerkebene .....	95
5.3.4	Standortmodul.....	96
5.3.5	Zusammenfassung .....	96
5.4	Gestaltung des Vorgehensmodells.....	97
5.4.1	Gesamtdarstellung.....	97
5.4.2	Phase 0 – Vorgehensmodell zur Prozessstandardisierung.....	99
5.4.3	Phase 1 – Vorgehensmodell zur Planungsvorbereitung .....	102
5.4.4	Phase 2 – Vorgehensmodell zur Planungsdurchführung .....	104
5.4.5	Phase 3 - Vorgehensmodell zum Planungsabschluss .....	106
5.5	Prozessorientierte Wissensbasis.....	107
5.5.1	Planungsbaukasten .....	107
5.5.2	Modulsammlung.....	108
5.5.3	Referenzprozessmodelle .....	108
5.6	Zusammenfassung .....	109
<b>6</b>	<b>Umsetzung und Evaluation .....</b>	<b>111</b>
6.1	Implementierung des adaptiven Planungskonzepts .....	111
6.1.1	Auswahl des Einführungsprojektes .....	112
6.1.2	Vorbereitung und Durchführung des Einführungsprojektes .....	112
6.2	Modellanwendung am Beispiel schlanker Bereitstell- und Versorgungsplanung in der Montage .....	113
6.2.1	Grundlagen der Bereitstell- und Versorgungsplanung .....	113
6.2.2	Prämissen für das Planungsvorgehen .....	115
6.2.3	Beplanung der Bereitstellung .....	116

6.2.3.1	Bestimmung der Kundenanforderungen .....	117
6.2.3.2	Bestimmung des Bereitstellprinzips .....	119
6.2.3.3	Bestimmung des Behälters .....	122
6.2.3.4	Bestimmung des Bereitstellhilfsmittels .....	126
6.2.3.5	Bestimmung der Bereitstellart .....	128
6.2.3.6	Iteration .....	130
6.2.4	Beplanung der Versorgung .....	130
6.2.4.1	Bestimmung der Versorgungsart .....	131
6.2.4.2	Bestimmung des internen Zwischenpuffers .....	133
6.2.4.3	Bestimmung des internen Versorgungsprozesses.....	136
6.2.4.4	Bestimmung des externen Versorgungsprozesses.....	137
6.2.5	Zusammenfassung .....	138
6.3	Objektmodell der Bereitstell- und Versorgungsplanung .....	140
6.4	Kontinuierliche Pflege und Weiterentwicklung.....	142
<b>7</b>	<b>Planungsunterstützung durch digitale Werkzeuge.....</b>	<b>143</b>
7.1	Anforderungen an adaptive Planungswerkzeuge.....	143
7.2	Planungsleitfaden – Idealtypische Konzeption .....	145
7.2.1	Zukünftige Planung im Netzwerk .....	147
7.2.2	Bewertung und Zusammenfassung .....	147
7.3	Planungsleitfaden – Prototypische Umsetzung .....	148
7.3.1	Anforderung und Aufbau .....	148
7.3.2	Planungsvorgehen .....	150
7.3.2.1	Phase 0 .....	151
7.3.2.2	Phase 1 und Phase 2.....	156
7.3.2.3	Phase 3.....	159

7.3.3 Fazit.....	160
7.4 Kopplung eM-Planner und Virtual Reality-Werkzeug .....	161
7.5 Ablaufsimulation .....	162
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>165</b>
8.1 Zusammenfassung der Arbeit.....	165
8.2 Ausblick .....	167
<b>9 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>169</b>
<b>10 Anhang.....</b>	<b>179</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Wachstum der weltweiten Automobilmärkte bis 2015 [Oli-06].....	1
Abbildung 1-2: Vorgehensweise und Struktur der Arbeit.....	5
Abbildung 2-1: Gliederung der Unternehmenslogistik [Gün-07a] .....	8
Abbildung 2-2: Zielgrößen der Logistik und Logistikplanung .....	9
Abbildung 2-3: Elemente der Logistikplanung .....	10
Abbildung 2-4: Auslöser automobiler Logistikplanung (in Anlehnung an [Gün-05]) .....	12
Abbildung 2-5: Vereinfachte Darstellung eines Wertschöpfungsnetzwerkes (in Anlehnung an [Pil-99]).....	15
Abbildung 2-6: Zeitliche Einordnung der Logistikplanungsumfänge in der Automobilindustrie an Hand des PEP .....	16
Abbildung 3-1: Vorgehensweise.....	21
Abbildung 3-2: Anstieg des Wertschöpfungsanteils der Zulieferindustrie im Zeitraum 2002 bis 2015 [VDA-05] .....	25
Abbildung 3-3: Dimensionen der Komplexität in der Automobilindustrie [Fra-07] .....	27
Abbildung 4-1: Anforderungen an ein adaptives Logistikplanungskonzept .....	34
Abbildung 4-2: Planungs- und Objektsystem (angelehnt an [Wie-05]) .....	35
Abbildung 4-3: Systemterminologie und -hierarchisierung .....	36
Abbildung 4-4: Reales System und Modellbildung .....	38
Abbildung 4-5: Kernbestandteile des Planungskonzepts .....	40
Abbildung 4-6: Prozessorientiertes Planungsvorgehen [Kuh-07] .....	42
Abbildung 4-7: Ganzheitliches Planungskonzept für Netze [Hor-04] .....	44
Abbildung 4-8: Betrachtungsschwerpunkte der integrierten Produktentwicklung und Montageplanung [Gru-01] .....	45
Abbildung 4-9: Hierarchisch aufgebautes Prozessmodell [VDI4499] .....	46

Abbildung 4-10: Wissenspotenzial einer Gruppe [Gäs-06].....	47
Abbildung 4-11: Bewertung der Planungskonzepte.....	49
Abbildung 4-12: Modellkategorien der Planungskonzepte .....	49
Abbildung 4-13: Gestaltungsprinzipien des adaptiven Logistikplanungskonzepts .....	51
Abbildung 4-14: Merkmale guter Modularisierung [Pom-96] .....	53
Abbildung 4-15: Optimale Anzahl an Modulen [Pom-96].....	54
Abbildung 4-16: Vorteile der Prozessmodularisierung (in Anlehnung an [Gru- 01]) .....	58
Abbildung 5-1: Darstellung des Gesamtkonzepts.....	62
Abbildung 5-2: Darstellung der grundlegenden Zusammenhänge am Beispiel eines isolierten Prozessschritts .....	67
Abbildung 5-3: Ebenen des Planungsmodells .....	68
Abbildung 5-4: Zieldefinition und -evaluierung auf der Zielebene.....	69
Abbildung 5-5: Einordnung von Planungsbaustein und Prozessbaustein .....	71
Abbildung 5-6: Attribute der Klasse Planungsauslöser.....	73
Abbildung 5-7: Attribute der Klasse Randbedingung.....	74
Abbildung 5-8: Hauptattribute der Elementklasse Planungsbaustein .....	76
Abbildung 5-9: Exemplarische Darstellung eines Prozessbausteins .....	77
Abbildung 5-10: Hauptattribute der Elementklasse Prozessbaustein .....	78
Abbildung 5-11: Eigenschaften von Planungs- und Prozessbausteinen .....	79
Abbildung 5-12: Phasen der Modellierung (angelehnt an [Kem-04] .....	81
Abbildung 5-13: Ebenenmodell .....	82
Abbildung 5-14: Schnittstellen der Prozess- und Technikmodule.....	84
Abbildung 5-15: Schematische Darstellung des Technikmoduls Schubmaststapler.....	86

---

Abbildung 5-16: Attribute Technikmodul.....	87
Abbildung 5-17: Schematische Darstellung eines Prozessmoduls auf Stationesebene am Beispiel einer Depalettiereinheit .....	90
Abbildung 5-18: Prozessmodul Gruppenebene.....	94
Abbildung 5-19: Vorgehensmodell der adaptiven Planung.....	98
Abbildung 5-20: Vorgehensmodell Phase 0 .....	100
Abbildung 5-21: Vorgehensmodell Phase 1 .....	103
Abbildung 5-22: Vorgehensmodell Phase 2 .....	104
Abbildung 5-23: Schematisches Vorgehen in den Phasen 1 / 2.....	105
Abbildung 5-24: Vorgehensmodell Phase 3 .....	106
Abbildung 5-25: Darstellung des Planungskonzepts .....	109
Abbildung 6-1: Planungsraum der Bereitstell- und Versorgungsplanung (in Anlehnung an [VDI3639]) .....	114
Abbildung 6-2: Prozessbausteine des Planungsbausteins Bereitstellplanung mit Input- und Outputdaten (in Anlehnung an [Pla-07a]).....	117
Abbildung 6-3: Veränderung des Werkerdreiecks bei unterschiedlichen Formen der Informationsdarstellung: (I) zentraler Bildschirm (nicht dargestellt); (II) Auftragsliste am Fahrzeug .....	119
Abbildung 6-4: Matrix zur Festlegung der Verbauposition und des Bereitstellorts .....	120
Abbildung 6-5: Einteilung der möglichen Bereitstellprinzipien .....	120
Abbildung 6-6: Prozessbaustein „Bereitstellprinzip“: Vorgehen zur Festlegung des Bereitstellprinzips .....	121
Abbildung 6-7: Behälterlose Bereitstellung (re.) gegenüber Bereitstellung im Großladungsträger [Hei-07].....	123
Abbildung 6-8: Minimierung des Flächenbedarfs durch Auswahl geeigneter Kleinladungsträger [Hei-07].....	124
Abbildung 6-9: Prozessbaustein „Behälter“: Vorgehen zur Festlegung des Behälters .....	125

Abbildung 6-10: Matrix Bereitstellhilfsmittel .....	126
Abbildung 6-11: Mitfahrender Materialwagen (li.) und Durchlaufregal auf Rollen (re.) aus Standardelementen [Kab-06] .....	127
Abbildung 6-12: Prozessbaustein „Bereitstellhilfsmittel“ Vorgehen zur Festlegung des Bereitstellhilfsmittels .....	128
Abbildung 6-13: Prozessbaustein „Bereitstellart“: Vorgehen zur Festlegung der Bereitstellart .....	129
Abbildung 6-14: Prozessbausteine adaptiver Versorgungsplanung mit Input- und Outputdaten (in Anlehnung an [Pla-07b]) .....	131
Abbildung 6-15: Standardanlieferformen .....	134
Abbildung 6-16: Supermarkt zur verbauortnahen Teilebereitstellung in der automobilen Endmontage [Kab-06] .....	135
Abbildung 6-17: Standard-Versorgungskonzepte in der Automobilindustrie [Bau- 07] .....	137
Abbildung 6-18: Standardisiertes Vorgehen zur Bereitstell- und Versorgungsplanung .....	138
Abbildung 6-19: Objektmodell zur Bereitstell- und Versorgungsplanung.....	140
Abbildung 7-1: Schematische Darstellung der Sollkonzeption des Planungsleitfadens .....	146
Abbildung 7-2: Schematische Darstellung der Demonstrator-Anwendung.....	149
Abbildung 7-3: Startbildschirm.....	150
Abbildung 7-4: Datenpflege .....	151
Abbildung 7-5: Pflege Randbedingungen und Einflüsse .....	152
Abbildung 7-6: Pflege Planungsauslöser.....	153
Abbildung 7-7: Pflege Prozessbausteine.....	154
Abbildung 7-8: Pflege Planungsbausteine.....	154
Abbildung 7-9: Pflege Cluster.....	155
Abbildung 7-10: Pflege Werkzeuge .....	156



Abbildung 7-11: Neuanlage Planungsprojekt .....	156
Abbildung 7-12: Bearbeitung Planungsbaustein.....	157
Abbildung 7-13: Auswahl gültiger Randbedingungen zu Prozessbaustein.....	158
Abbildung 7-14: Bearbeitung Prozessbaustein.....	158
Abbildung 7-15: Review .....	159
Abbildung 7-16: Bidirektionale Kopplung Prozessplanungssystem – Virtual Reality .....	162
Abbildung 10-1: Nomenklatur der UML .....	179
Abbildung 10-2: Logistikteilprozesse [VDI3600] .....	180



## Abkürzungen

AfA	Abschreibungen für Abnutzung
AR	Augmented Reality
APS	Advanced Planning and Scheduling
BRIC	Brasilien, Russland, Indien, China
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CKD	Completely Knocked Down
CoC	Center of Competence
CRM	Customer Relation Management
DIN	Deutsches Institut für Normung
EAI	Enterprise Application Integration
EDM	Engineering Data Management
EKTM	Einzelkomponententechnikmodul
ERM	Entity-Relationship-Modell
ERP	Enterprise Resource Planning
GLT	Großladungsträger
ID	Identifikationsnummer
JIS	Just in Sequence
JIT	Just in Time
KLT	Kleinladungsträger
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
KPZ	Kompetenzzelle
LDL	Logistikdienstleister
Lkw	Lastkraftwagen
LoD	Level of Detail
MKTM	Mehrkomponententechnikmodul
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
OEM	Original Equipment Manufacturer (=Fahrzeughersteller)
PDM	Product Data Management
PEP	Produktentstehungsprozess
Pkw	Personenkraftwagen
QM	Qualitätsmanagement
SADT	Structured Analysis and Design Technique

SE	Systems Engineering
SCM	Supply Chain Management
SKD	Semi Knocked Down
SOP	Start of Production
TF	Teilefamilie
TPS	Toyota Produktionssystem
UML	Unified Modeling Language
WoW	Warehouse-on-Wheels
XML	Extensible Markup Language

# 1 Einführung

## 1.1 Ausgangssituation

In einer Zeit, in der der Wandel als einzige Konstante erscheint, sehen sich viele Industriezweige der täglichen Herausforderung gegenüber, mit den rasch wechselnden Anforderungen und Randbedingungen ihrer globalisierten Umwelt Schritt zu halten. Die Automobilindustrie zählt hierbei zu den anspruchsvollsten Wettbewerbsfeldern weltweit. Aufgrund der zunehmenden Dynamisierung erwächst für die Protagonisten der Zwang, sich immer schneller an die Bedürfnisse der regional fragmentierten Märkte anzupassen, die von zu erschließenden Wachstumsmärkten bis hin zu gesättigten Käufermärkten reichen (Abbildung 1-1).

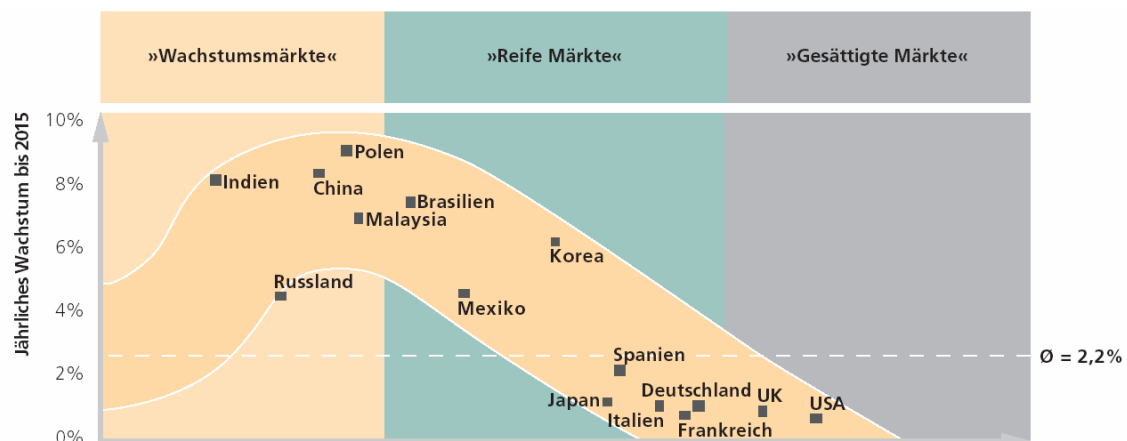


Abbildung 1-1: Wachstum der weltweiten Automobilmärkte bis 2015 [Oli-06]

Zur Sicherstellung des Unternehmenserfolgs führt dies zu einem vermehrten und in kürzeren Zeitzyklen zu erneuerndem Angebot an individualisierbaren Produkten und Leistungen, die es zudem den Kunden zur richtigen Zeit (Liefertermintreue), den richtigen Kosten (Wettbewerbsfähigkeit), in der richtigen Qualität (Zuverlässigkeit und Innovation), der richtigen Menge (Volumenflexibilität der Produktion) und mit den richtigen Services (Kundenbindung) anzubieten gilt. Gerade letztgenannte Punkte lassen wegen

ihrer Nähe zu der traditionellen Seven-Rights-Definition der Logistik nach Plowman [Plo-64] wiederum deren zentralen Stellenwert für den Markterfolg eines Unternehmens erkennen. Die ausgeprägte Kundenorientierung, die zu einer starken Segmentierung der Angebotspalette mit einer wachsenden Zahl an Fahrzeug- und Ausstattungsvarianten führt, in Verknüpfung mit der sinkenden Eigenfertigungstiefe der Automobilhersteller (Original Equipment Manufacturer - OEM), rückt daher zunehmend die automobilen Logistik in den Fokus der Unternehmen [Sim-05], gilt es doch, komplexe Wertschöpfungsnetzwerke zu betreiben, die sich verstärkt durch neue Sourcing-Regionen mit größeren Anlieferentfernungen auszeichnen [VDA-07, S. 204].

Die Logistik steht demnach vor der Aufgabe, diesen Wandel zu unterstützen, wenn nicht sogar als wesentlicher Enabler mit der Zielsetzung Supra-Adaptivität zu ermöglichen.

Supra-Adaptivität ist die Fähigkeit eines Systems, sich mit minimalem Aufwand und unternehmensübergreifend an dynamische Veränderungen anzupassen. Erreicht werden kann dies durch eine gezielte Kombination von Wandlungsfähigkeit, Vernetzungsfähigkeit und Mobilität im physischen wie vor allem auch im informatorischen und strukturellen Sinne [Gün-04].

Die Erhöhung der Anpassungsfähigkeit sowie die Fähigkeit zur kontinuierlichen Weiterentwicklung insbesondere durch verbesserte Lernfähigkeit rücken dadurch in den Mittelpunkt logistischen Handelns. Die Beherrschung der hierfür durchzuführenden Aktivitäten ist durch entsprechende Planung [Str-05, S. 19] zu gewährleisten, wobei viele Industrieunternehmen sich verstärkt gezwungen sehen, ihre derzeit implementierten Planungsverfahren den Erfordernissen der Zukunft anzupassen [Str-05, S. 86]. Als zentral erweist sich hierbei der Faktor Zeit. Dies bezieht sich nicht allein auf die Forderung, die zunehmend anspruchsvolleren Logistiksysteme und deren inhärente Prozesse in sinkenden Zeiträumen zu planen, umzusetzen und im operativen Betrieb zu optimieren, sondern die Planung als kontinuierlichen Prozess zu begreifen, der erarbeitetes Wissen bewahrt, nutzt und fortentwickelt, zudem Unternehmensgrenzen überschreitet und alle Beteiligten der Wertschöpfungskette einbindet. Vorherrschendes, von einzelnen Anpassungserfordernissen getriebenes reaktives und oft nur bereichsweises Handeln ist durch proaktives Handeln zu ergänzen bzw. zu ersetzen. Dies erweist sich gerade in Hinblick auf derzeit übliche projektbasierte Arbeitsorganisationen als fordernd, da die damit verknüpfte Personalfuktuation Kontinuität und Weiterentwicklung erschwert statt fördert. Die Dimensionierung der bereitzustellenden Ressourcen und die Berücksichtigung der wirtschaftlichen Randbedingungen ist weiterer essentieller Gestaltungsbestandteil.

Um der Forderung nach Supra-Adaptivität nachzukommen, bedarf es eines neuen Verständnisses und neuer Methoden für die Logistikplanung, die Kontinuität, Netzwerkgeltung, Möglichkeiten zur Wissensbewahrung und -weiterentwicklung unter Nutzung der Möglichkeiten moderner Rechnerwerkzeuge in einem durchgängigen Konzept integrieren. Planung ist zu einer netzwerkweiten Gemeinschaftsaufgabe zu entwickeln, um alle relevanten Sachverhalte durch die Planungsexperten der beteiligten Unternehmen bzw. Unternehmensbereiche zu berücksichtigen und in die Lösungsfindung einfließen zu lassen. Um dies zu realisieren, sind geeignete Konzepte, Methoden und Werkzeuge zur effizienten Durchführung derartiger Planungsumfänge unentbehrlich. Die hierfür notwendige, intensive Kooperation der unterschiedlichsten Partner erfordert zudem eine Kultur des Vertrauens und der Offenheit, um die gemeinsamen Planungsziele erreichen zu können.

Es stellt sich somit die Frage, wie die einzelnen Beteiligten einer Wertschöpfungskette, die ihnen im Rahmen komplexer Planungsaufgaben zufallenden Umfänge in kürzeren Planungszeiten ohne Qualitäts- und Effizienzverluste bewältigen, hierzu auf notwendige Daten zugreifen, die Ergebnisse kommunizieren und das generierte Wissen bewahren und weiterentwickeln können.

## **1.2 Zielsetzung**

In Sinne dieser Fragestellung ist es Ziel der vorliegenden Arbeit, ein adaptives und zukunftsicheres Planungskonzept zu entwickeln, das unter Berücksichtigung verschiedener Planungshorizonte (strategisch / taktisch / operativ) und vor dem Hintergrund steigender Turbulenz die Steigerung von Effektivität und Effizienz in der Logistikplanung ermöglicht. Im Kontext der Logistikplanung wird die Zielgröße Adaptivität dabei als Eigenschaft definiert, in zunehmend kürzerer Zeit und unter Einsatz geringerer Personalressourcen hochqualitative Ergebnisse zu erarbeiten, um somit eine Steigerung der Reaktions- und Handlungsfähigkeit bezüglich geänderter Aufgaben und Randbedingungen zu erreichen. Es bedarf hierzu eines integrativen Lösungsansatzes, der die einzelnen Beteiligten eines Wertschöpfungsnetzwerkes unterstützt, die Elemente der logistischen Prozesskette und der damit verknüpften Strukturen innerhalb und außerhalb des jeweiligen Unternehmens auf das sich rasch ändernde Handlungsumfeld zeitoptimal und aufwandsminimal anzupassen. Der ganzheitliche Ansatz soll das bereits verfügbare Instrumentarium der Logistikplanung nicht um eine weitere Insellösung ergänzen, sondern ein durchgängiges Konzept durch Integration und Adaption bewährter Ansätze aufzeigen.

Unter Berücksichtigung der komplexen Abläufe innerhalb von Logistiksystemen empfiehlt sich daher eine auf die Aufgabenstellung abgestimmte, methodische

und modellbasierte Unterstützung der Planer. Durch die Methode wird ein zielorientiertes, strukturiertes Vorgehen, durch die Verwendung von Modellen Transparenz sowie eine standardisierte Beschreibung der Prozesse und der damit verknüpften Elemente erreicht. Zielführend ist die Verwendung eines heuristischen Entscheidungsmodells [ScG-06], das zudem durch die Wiederverwendung von Modellelementen eine Verkürzung der Modellbildung erlaubt.

Des Weiteren ist der Forderung nach einer verbesserten Gewinnung, Aufbereitung, Bereitstellung und Nutzung von Wissen im Rahmen des zu entwickelnden Planungskonzepts nachzukommen, um die wichtige Ressource Wissen effizient zu nutzen.

Als wesentliche Bestandteile des Konzepts zur adaptiven Logistikplanung sind folgende Umfänge zu erarbeiten:

- standardisierte und wiederverwendbare Beschreibungselemente sowohl für die modellbasierte Gestaltung von Planungsprozessen als auch des Planungsgegenstands;
- das Vorgehensmodell der adaptiven Planung, das durchgängig für alle Modellierungs- und Planungsumfänge Anwendung findet.

Ferner sind zu berücksichtigen:

- die Nutzung der Potenziale innovativer Werkzeuge der Digitalen Fabrik;
- die Integration von Wissensgewinnung, -aufbereitung und -bereitstellung;
- die Realisierung einer kooperativen Anwendung des Konzepts im Wertschöpfungsnetzwerk.

Entsprechend der Entstehung dieser Arbeit im Rahmen des Forschungsverbunds ForLog und dessen Auftaktprojekt „Supra-adaptives Logistiknetzwerk Automobilwirtschaft in Bayern“ erfolgt eine thematische Fokussierung auf die automobilen Logistik, insbesondere die Bereiche Beschaffungs- und Produktionslogistik. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Planungsfelder und Branchen ist jedoch möglich.



## 1.3 Vorgehensweise und Struktur der Arbeit

Auf Basis der vorgestellten Zielsetzung zeigt sich der Aufbau der Arbeit wie folgt:



Abbildung 1-2: Vorgehensweise und Struktur der Arbeit

Die Arbeit ist in vier Aufgabenblöcke gegliedert.

Kapitel 2 widmet sich zunächst den für die Arbeit grundlegenden Definitionen und Begriffen der Logistikplanung sowie insbesondere den Charakteristika automobiler Logistikplanung, um das Handlungsfeld der Arbeit darzulegen. Die

Untersuchung des automobilen Umfelds ist Gegenstand des dritten Kapitels. Durch Darstellung des fortschreitenden Wandels sowie der damit verbundenen Steigerung von Komplexität und Dynamik in der Automobilindustrie wird der verstärkte Bedarf nach Adaptivität auch und gerade in der Logistikplanung aufgezeigt.

Das vorhandene Defizit bildet die Basis für die Ableitung der Anforderungen an ein adaptives Planungskonzept, dessen Elemente im Anschluss unter Rückgriff auf systemtechnische Grundlagen abgeleitet werden. Zur Berücksichtigung des Stands der Technik werden ausgewählte, in der wissenschaftlichen Literatur vorhandene Planungsmethoden vorgestellt und hinsichtlich der definierten Anforderungen bewertet. Erkannte zielführende Gestaltungsprinzipien werden dabei auf das adaptive Planungskonzept übertragen. Der darauffolgende Abschnitt 5 beinhaltet mit der Beschreibung des Gesamtkonzepts der adaptiven Logistikplanung sowie der hierzu erforderlichen Komponenten den Kern der Arbeit. Detailliert werden hierbei die Architektur des Planungsmodells, das Vorgehensmodell sowie das zur Abbildung des Planungsgegenstands entwickelte Objektmodell beschrieben.

Die Validierung der entwickelten Konzeptelemente erfolgt an Hand einer Praxisanwendung am Beispiel der Versorgungs- und Bereitstellplanung (Kapitel 6) in der Automobilindustrie sowie in diesem Kontext prototypisch erstellter Software-Werkzeuge zur Unterstützung der Planungsdurchführung (Kapitel 7).

Eine abschließende Zusammenfassung sowie ein kurzer Ausblick in Kapitel 8 runden die Arbeit ab.

## 2 Handlungsfeld automobiler Logistikplanung

In diesem Abschnitt wird zunächst einleitend der allgemeine Bezugsrahmen der Arbeit an Hand der Definitionen von Logistik und Logistikplanung erläutert. Ergänzend folgt eine Charakterisierung automobiler Logistikplanung, um das Handlungsfeld der Arbeit näher zu beschreiben.

### 2.1 Logistik

Zentraler Inhalt der Logistik ist die zielgerichtete Überbrückung von Raum- und Zeitdisparitäten [Ihd-91, S. 2], [Wil-97, S. 4]. Etwas enger gefasst wird sie als die wissenschaftliche Lehre der Planung, Gestaltung, Steuerung und Kontrolle der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen [Jün-89, S. 11] beschrieben.

Diese Definition weist bereits auf den systemtheoretischen Bezug, der in Kapitel 4 weiter vertieft wird, als wesentliche Basis der Logistik hin. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die ganzheitliche, bereichsübergreifende Betrachtungsweise der einzelnen Elemente und deren Beziehungen zueinander, um Interdependenzen und Beeinflussungen abzubilden und nachzuvollziehen.

Als interdisziplinäre Wissenschaft gründet die Logistik auf den Ingenieurwissenschaften, der Informatik sowie der Volks- und Betriebswirtschaftslehre. Seit den 1950er Jahren hat sich die in ihrer Bedeutung für den Unternehmenserfolg stetig wachsende Disziplin in einem stark vom Umfeld geprägten Prozess in vier Phasen von einer materialflussbezogenen Dienstleistungsfunktion, über eine flussbezogene Koordinationsfunktion hin zur Flussorientierung des Unternehmens und darüber hinaus zum Supply Chain Management weiterentwickelt [Web-02, S. 4 ff].

Automobile Logistik ist als branchenspezifische Form der Unternehmenslogistik (Abbildung 2-1), eines Teilbereichs der Logistik, zu sehen. Funktionell umfasst sie die Bereiche Beschaffungs-, Produktions-, Distributions-, Transport-, Lager-

und Entsorgungslogistik vor dem Hintergrund der Automobilproduktion in globalen, hoch integrierten Wertschöpfungsnetzwerken.

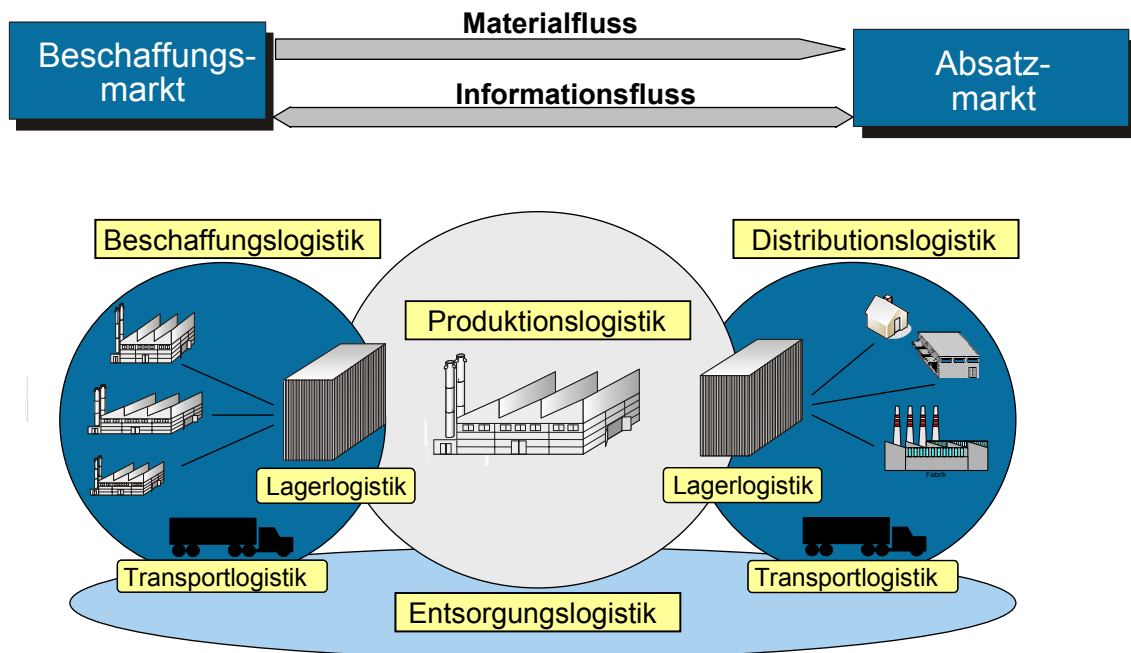


Abbildung 2-1: Gliederung der Unternehmenslogistik [Gün-07a]

## 2.2 Logistikplanung

Wie die vorweg genannte Definition der Logistik von [Jün-89] bereits verdeutlicht, zählt die Planung zu deren elementaren Funktionsbereichen. Planung wird allgemein als die Ermittlung und Festlegung zukünftiger Aktivitäten, die der Zielsetzung des Unternehmens dienen, begriffen [Arn-03]. Eine ähnliche, etwas weiter gefasste Sichtweise vertritt [Gün-07], der Planung „als die gedachte Vorwegnahme zukünftiger Aktivitäten“ beschreibt. Planung besitzt daher eine gestaltende (Veränderung), informierende (Generierung von Informationen), prozessorientierte (zielorientiertes Handeln) und zukunftsbezogene Charakteristik.

Auf die Logistik transferiert wird unter Logistikplanung ein auf der Basis unvollkommener Information durchgeführter, generell systematischer Prozess zur Lösung von (Entscheidungs-) Problemen unter Beachtung subjektiver Ziele im Umfeld der Logistik verstanden [Dom-03].

Eine Definition der Logistikplanung kann zudem in engerem Zusammenhang mit ihrer Aufgabe erfolgen, „aus einer Vielzahl von Möglichkeiten geeignete Anlagen und Betriebsmittel so auszuwählen, in Leistungsstellen anzuordnen, zu Leistungsketten und Logistiksystemen zu verknüpfen [...], dass die vorgegebenen Leistungsanforderungen unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen“ sowie Einflussfaktoren „optimal erfüllt werden“ [Gud-99].

Der Begriff der Planung steht daher stets in Verbindung mit einem definierten Ziel, das rationell abgeleitet aus einer Aufgabenstellung (Problem) oder der Veränderung elementarer Randbedingungen, durch planerische Tätigkeit zu realisieren ist. Die Zielgrößen, im Bereich der Logistik meist von großen Interdependenzen geprägt, die es im Rahmen der Planung aufzulösen gilt, finden im Spannungsdreieck aus Kosten, Qualität und Leistung ihren Niederschlag (Abbildung 2-2).

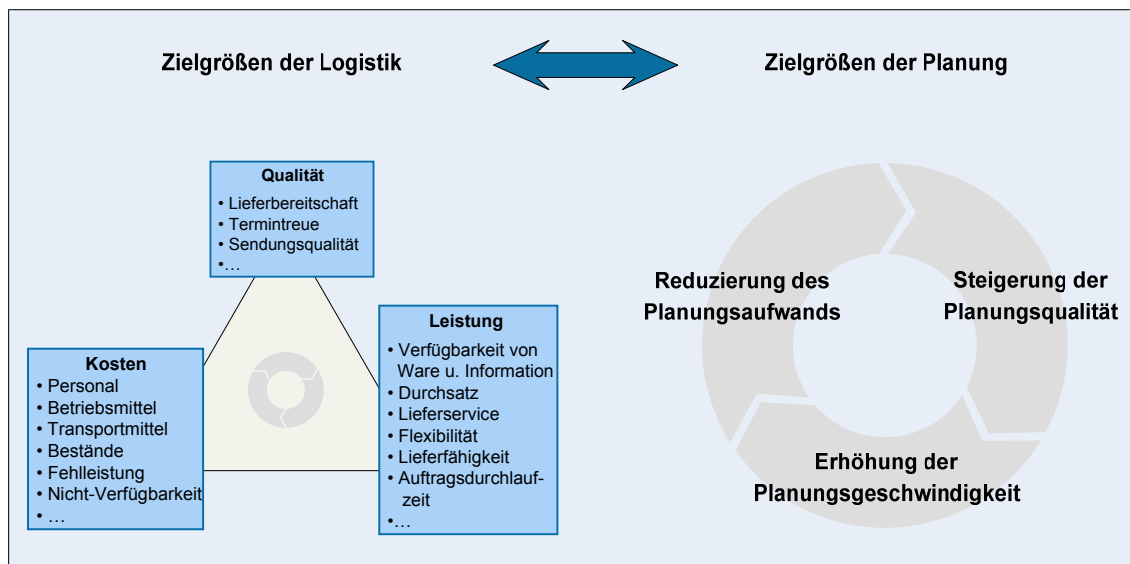


Abbildung 2-2: Zielgrößen der Logistik und Logistikplanung

Die Beurteilung der Qualität einer Planung erfolgt an Hand des Grads der Zielerreichung. Der Umfang des hierzu notwendigen Ressourceneinsatzes (in aller Regel Personal und IT-Werkzeuge) beschreibt den Aufwand einer Planung. In enger Wechselwirkung zu den beiden Faktoren steht die Zeit, die zur Durchführung der Planung benötigt wird.

Eine Optimierung und Leistungssteigerung der Logistik bei gleichzeitiger Kostenreduzierung ist eng mit der Notwendigkeit einer Effizienz- und Effektivitätssteigerung der Logistikplanung verknüpft. Dies gilt umso mehr, je inhaltlich anspruchsvoller die Ziele der Logistik definiert werden (z. B. Steigerung der Planungsqualität durch eine verstärkte Absicherung der Planungsergebnisse) bzw. je kürzer die zur Verfügung stehende Zeitspanne gesetzt wird.

Als generelle Forderung an ein zukunftsfähiges Planungskonzept kann daher die ganzheitliche Verbesserung der drei wesentlichen Zielgrößen (Abbildung 2-2) der Logistikplanung festgehalten werden.

### Elemente der Logistikplanung

Bei der Betrachtung der Logistikplanung sind drei grundlegende Elemente zu unterscheiden (Abbildung 2-3). Dabei handelt es sich zum einen um den Planer, als den aktiv handelnden Part, der die angestrebten Ergebnisse im Rahmen eines Planungsprozesses erarbeitet. Dieser Ablauf beschreibt das planerische Vorgehen von der Definition der zu erreichenden Ziele bis zu deren Umsetzung. In einer Vielzahl hierzu getätigter Publikationen [Agg-90, All-99 u. v. m.] werden trotz leicht voneinander abweichender Begrifflichkeiten der Abschnitt der Vorbereitung bzw. Vorarbeiten, der u. a. die Problemklärung und Zieldefinition umfasst sowie die darauf aufbauenden Phasen der Grobplanung, Feinplanung und Realisierung unterschieden.

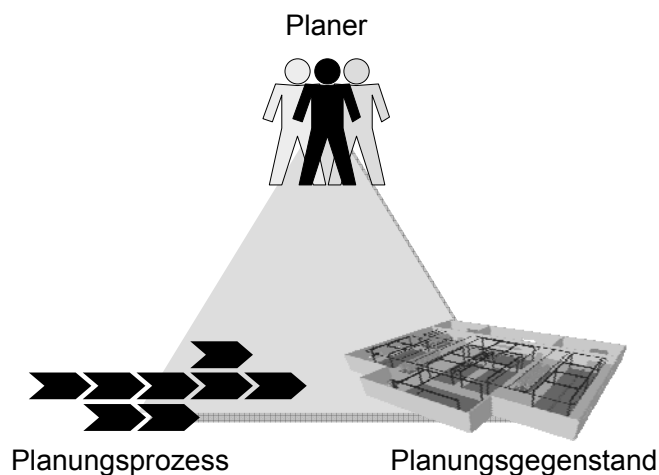


Abbildung 2-3: Elemente der Logistikplanung

Als Planungsgegenstand wird der durch den Planungsprozess zu verändernde Objektbereich bezeichnet, der von einem Ausgangszustand in den Sollzustand überführt werden soll. Der Planungsgegenstand wiederum beinhaltet als zentrales Gestaltungselement den Logistikprozess sowie die zu dessen Realisierung notwendigen Ressourcen und Strukturen.

### 2.3 Charakteristika automobiler Logistikplanung

Aufbauend auf den grundsätzlichen Definitionen untersucht und präzisiert der folgende Abschnitt die für die automobiler Logistikplanung relevanten Handlungsbereiche. Dies umfasst zunächst den Planungs- und damit den Gestaltungsgegenstand der Logistikplanung, dem sich eine kurze Darstellung der wichtigsten Auslöser und Randbedingungen planerischer Tätigkeiten anschließt. Eine zeitliche Einordnung erfolgt durch die Betrachtung der Phasen der Logistikplanung, bevor der derzeit gültige Aufgabenumfang der automobilen Logistikplanung beschrieben wird.

### 2.3.1 Planungsgegenstand

Aus gestalterischer Perspektive fokussiert die Logistikplanung die planenden, steuernden und dispositiven Aufgaben hinsichtlich des Material- und Informationsflusses von den Lieferanten durch die eigene Produktion bis hin zum Kunden. Daraus lässt sich als Objektbereich der Logistikplanung prinzipiell das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk erkennen. Je nach Aufgabenstellung und erwartetem Ergebnis erfolgt eine Spezifikation und Eingrenzung der Objekte der Logistikplanung.

Als Grundelemente können genannt werden [Jün-89]:

- Güter (Bauteile, Module, Behälter, Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffe, Fertigfahrzeuge etc.),
- Personen,
- Energie (Strom, Druckluft etc.),
- Informationen (Abrufe, Warenbegleitscheine etc.),
- Materialflussmittel (inner- und außerbetriebliche Transportfahrzeuge, Fördersysteme, Lagersysteme etc.),
- Produktionsmittel,
- Informationsmittel (IT-Systeme etc.),
- Infrastruktur (Gebäude, Flächen, Wege etc.).

Weiterer wesentlicher Gegenstand sind die Prozesse, die die Transformation der Operanden (Güter, Personen, Energie, Informationen) unter Verwendung der Operatoren (Materialfluss-, Produktions-, Informationsmittel, Infrastruktur, Personen, Energie) funktional bewerkstelligen sollen [Pfo-04]. Sowohl Operanden als auch Operatoren sind in einem Planungskonzept adequat abzubilden und in Beziehung zu setzen.

### Ebenen der Logistikplanung

Vielfach erfolgt eine Einteilung der Objekte hinsichtlich der gewählten Betrachtungsebene. Gebräuchlich ist eine Unterteilung in die System-, Standort- und Netzwerkebene [Kuh-07, S. 247]:

- Die Systemebene umfasst meist sehr detailliert einen zu beplanenden Bereich oder Arbeitsplatz (z. B. Supermarkt, Lager).

- Auf der Standortebene werden mehrere Systeme einer Lokalität und deren Verknüpfungen zusammengefasst (z. B. Materialflusssysteme in einer Montagehalle).
- Die Netzwerkebene bildet die höchste Aggregationsstufe und beschreibt die Vernetzung verschiedener Standorte (Ausschnitt des Wertschöpfungsnetzwerkes).

Je nach Aufgabenstellungen ist innerhalb der Logistikplanung eine weitere Detaillierung der Betrachtungsebenen möglich und sinnvoll.

### 2.3.2 Auslöser, Randbedingungen und Phasen

#### 2.3.2.1 Auslöser planerischer Aktivitäten

Veränderungen stoßen Planungen an. Als Planungsauslöser kann daher eine veränderte Randbedingung verstanden werden, die eine gezielte Reaktion des Unternehmens erfordert und für die noch keine Lösung vorhanden ist.

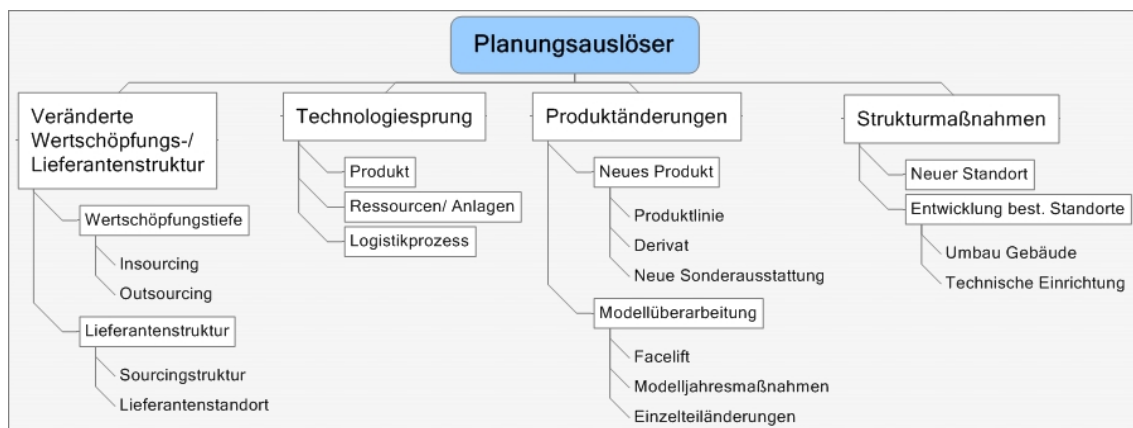


Abbildung 2-4: Auslöser automobiler Logistikplanung (in Anlehnung an[Gün-05])

In einer empirischen Untersuchung im Rahmen des Forschungsverbundes ForLog wurden vier große Themenblöcke identifiziert, die die wesentlichen Ursachen automobiler Logistikplanung darstellen (Abbildung 2-4). Dies sind im Einzelnen:

- Produktänderungen (Produktneuanläufe, -überarbeitungen, Integration neuer Varianten etc.)
- strukturelle Maßnahmen (Veränderung bzw. Neubau von Gebäuden, Einrichtungstechnik etc.)
- veränderte Wertschöpfungs- und Lieferantenstrukturen (Anpassung bzw. Neuentwicklung von Versorgungskonzepten etc.)



- Technologiesprünge (Produkt, Materialflusstechnik etc.) [Gün-05].

Die Auslöser aus dem Bereich der Produktänderungen und strukturellen Maßnahmen dominieren. Technologiesprünge und Veränderungen der Wertschöpfungsstrukturen werden als strategisch sehr wichtige Elemente betrachtet, liegen jedoch nicht im Fokus der täglichen Arbeit der Planer.

### **2.3.2.2 Randbedingungen und Einflüsse**

Die Durchführung von Planungsprojekten in der automobilen Logistik wird stark durch die herrschenden Randbedingungen geprägt. Die bereits erwähnte empirische Studie des Forschungsverbunds ForLog untersuchte in diesem Zusammenhang ebenfalls die wesentlichsten Einflussfaktoren auf den Gestaltungsgegenstand, die damit gleichzeitig die Randbedingungen der Logistikplanung bilden. Diese lassen sich in

- direkte Einflüsse auf die Logistik, die aus dem Produkt, den Produktionsprozessen sowie den vorhandenen Strukturen resultieren, sowie
- grundlegende Einflüsse, die vom Markt, dem Unternehmensumfeld, der Unternehmensstrategie, der Gesetzgebung und den Mitarbeitern impliziert werden,

unterteilen.

Wesentlich sind die durch das Produkt und die Produktion gegebenen Größen. Diese reichen von den Abmessungen, Gewichten, Verpackungsanforderungen und Variantenzahlen der Güter bis hin zu Produktionskapazitäten und Produktionsprogrammen, um nur einige Beispiele zu nennen. Einschränkungen hinsichtlich der Planung ergeben sich zudem vielfach durch die herrschenden Flächenrestriktionen oder bereits installierte Materialflusstechnik.

Daneben setzen Marktanforderungen wie z. B. der zu erreichende Grad an Liefertreue oder ähnliche die Logistikqualität und -leistung beeinflussende Faktoren (Abbildung 2-2) eine Vielzahl während der Planungsdurchführung zu berücksichtigender Randbedingungen.

Für weitere Ausführungen zu diesem umfangreichen Thema sei an dieser Stelle auf die Arbeit von [ScM-07] verwiesen.

### **2.3.2.3 Phasen der Logistikplanung**

In Analogie zu weiteren Feldern der Unternehmensplanung kann auch die automobiler Logistikplanung in Abhängigkeit des Planungshorizonts und vor dem Handlungshintergrund der langfristigen Unternehmensstrategie in eine

strategische, taktische und operative Phase untergliedert werden. Die einzelnen Planungsphasen zeichnen sich durch zunehmende Präzision, Detailliertheit und Differenziertheit aus [Sie-97]. Die Bezugszeiträume orientieren sich am Verlauf des Produktentstehungsprozesses (PEP), der die Definition, Entwicklung und Umsetzung eines Neufahrzeuges vom Fahrzeugkonzept bis zum Produktionsstart (Start of Production, SOP) im Zeitrahmen von ca. 54-60 Monaten umfasst. Gerade die frühzeitige Integration der Logistik in den Produktentstehungsprozess und bei der Gestaltung der organisatorischen, physischen und informationstechnischen Kunden-Lieferanten-Beziehung innerhalb der Netzwerke besitzt zur Schaffung kostengünstiger und stabiler Prozesse elementare Bedeutung [VDA-07].

In der strategischen Phase, die von einem langfristigen Planungshorizont (mehr als 3-4 Jahre vor SOP) geprägt ist, stehen im Allgemeinen nur sehr wenige Daten, meist in Form von Kennzahlen, Prämissen, technischen Produktbeschreibungen und von Referenzprojekten abgeleiteten Annahmen, zur Verfügung. Auf dieser Basis sind vornehmlich Standortentscheidungen zu treffen [Bie-04, S. 57] und Grobkonzepte auf Basis von Mengengerüsten zu entwickeln, die die Grundlage für eine weitere Detaillierung in den nachfolgenden Phasen sowie investirelevante Aussagen bis ca. 38 Monate vor SOP erlauben. Da gerade in dieser Phase die Möglichkeiten der Ergebnis- und Kostenbeeinflussung sehr hoch sind, gilt es die Planungsqualität wegen der Unsicherheit der Datenbasis durch eine entsprechend intensive Absicherung der gewählten Konzepte sicherzustellen [Bop-07].

Die im Projektverlauf aufgrund der fortschreitenden Fahrzeugentwicklung zunehmend umfangreichere Datengrundlage erlaubt in der Phase der taktischen Logistikplanung (mittelfristiger Horizont von ca. 2-3 Jahren) [Fis-96] in Fortführung der strategischen Zielsetzungen die Konkretisierung von Prozessen und verwendeten Ressourcen, d. h. die Generierung und Bewertung verschiedener Lösungsalternativen sowie die Auswahl der zielführenden Variante. Mittelfristige Planungsreaktionen können außerhalb des PEP durch stärkere Schwankungen der Randbedingungen, wie z. B. Veränderungen des Absatz- oder Beschaffungsmarktes, auch nach Implementierung der Logistiksysteme notwendig werden.

In der operativen Planungsphase (Zeithorizont bis zu einem Jahr) erfolgt die standortspezifische Ausgestaltung der favorisierten Konzepte unter Verwendung der zu diesem Zeitpunkt sehr detaillierten Datengrundlage. Dies beinhaltet die Festlegung konkreter Aktionen für die einzelnen Funktionsbereiche [Ehr-97, Fis-96]. Auch Optimierungsumfänge während und nach der Umsetzung sind der operativen Planung zuzuordnen. Bei Produktneuanläufen übernimmt das Anlaufmanagement die termin- und qualitätsgerechte Versorgung der Produktion mit Teilen und überführt die

Vorserienprozesse schrittweise in die im Rahmen der taktischen Logistikplanung aufgebauten Serienprozesse.

### 2.3.3 Aufgabenstellungen

Für die an der Wertschöpfung beteiligten Protagonisten, bestehend aus OEM, Zulieferern (1st Tier, 2nd Tier, 3rd Tier, ...) und Logistikdienstleistern (LDL) (Abbildung 2-5) gilt es, eine Vielzahl stark interdependenter, unternehmensinterner und -übergreifender Planungsfelder der Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik zu bearbeiten. Die jeweiligen Arbeitsfelder weisen dabei meist mehrere Phasenbestandteile (strategisch / taktisch / operativ) auf, d. h. sie werden auf Basis der während des Projektfortgangs wachsenden Datengrundlage in einem iterativen Arbeitsprozess in den Schritten Grob-, Fein- und Detailplanung schrittweise ausgearbeitet.

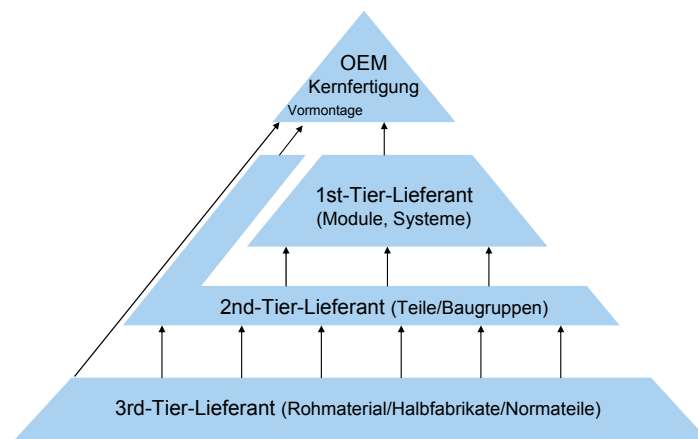


Abbildung 2-5: Vereinfachte Darstellung eines Wertschöpfungsnetzwerkes (in Anlehnung an [Pil-99])

Um den Fokus der Arbeit in Bezug auf die Automobilindustrie zu präzisieren, wurden in Literaturrecherchen und mehreren Experteninterviews (u. a. [Rin-05]) die wesentlichen Aufgaben- und Handlungsfelder der automobilen Logistikplanung abgegrenzt und eine vereinfachte zeitliche Einordnung auf Basis des PEP vorgenommen (Abbildung 2-6). Eine trennscharfe Zuordnung zu einzelnen Planungsfeldern konnte aufgrund des bereichsübergreifenden Charakters einiger Planungsaufgaben nicht immer erfolgen.

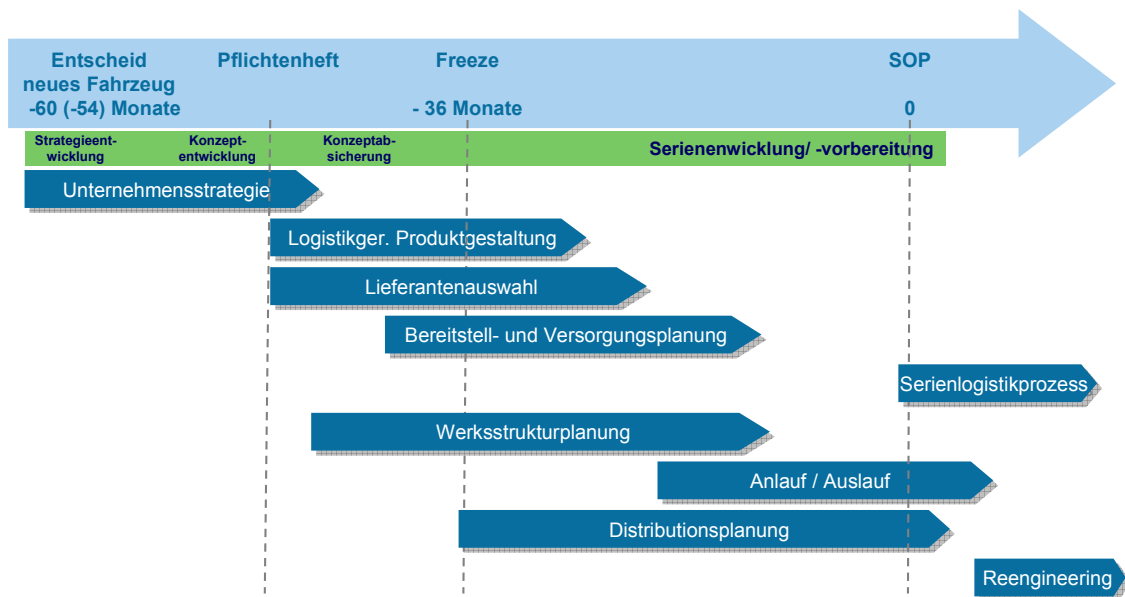


Abbildung 2-6: Zeitliche Einordnung der Logistikplanungsumfänge in der Automobilindustrie an Hand des PEP

### Unternehmensstrategie / Standortentwicklung

Die Planung eines Neufahrzeugs beginnt mit der Ausarbeitung einer Markterfolg versprechenden Produktkonzeption, die schließlich im Pflichtenheft fest definiert wird. In dieser Phase ist es Aufgabe der Logistikplanung, die logistische Machbarkeit und wirtschaftliche Realisierbarkeit vor dem Hintergrund der langfristigen Unternehmensstrategie abzusichern.

Dies umfasst im Wesentlichen die Entwicklung der langfristigen Aspekte der Beschaffungs-, Versorgungs- und Distributionsplanung der Werke unter der Berücksichtigung der aus strategischen Vorgaben (Sourcing-Strategie, Produktstrategie, Produktions- / Standortstrategie, Absatzstrategie) abgeleiteten Randbedingungen. Um den zu erwartenden Entwicklungen auch von struktureller Seite begegnen zu können, ist die grobe Beplanung von Flächen und Strukturen sowie die Prämissendefinition hinsichtlich technischer Installationen im Rahmen einer zukunftsorientierten Werksstrukturplanung sowie eine erste Abschätzung von Hauptkostentreibern (bspw. In- / Outbound Transporten) diesem strategischen Planungsabschnitt zuzuordnen.

Die hierbei erarbeiteten Ergebnisse können wiederum Einfluss auf die Standortstrategie zeigen, bspw. in welchem Werk und mit welcher Fertigungstiefe ein Fahrzeug zukünftig aus logistischer Hinsicht am wirtschaftlichsten gefertigt werden kann.

### **Logistikgerechte Produktgestaltung**

Die Einflussnahme der Logistik auf die physische Gestaltung der im Automobil verbauten Teile, Module und Systeme sowie die Anzahl ihrer Varianten und die darin implizierte logistische Komplexität erfährt zunehmende Bedeutung.

Zum einen gilt es, die geometrischen Randbedingungen der zu beplanenden Bauteile mit dem im Unternehmen verwendeten Standard-Behälterpool abzugleichen, um den Einsatz kostenintensiver Spezialbehälter zu vermeiden, die neben einem erhöhten Behälterinvest zusätzliche Aufwendungen für die verknüpften Prozesse (Transport, Handling, ggf. Lagerung und Bereitstellung) nach sich ziehen können. Zum anderen steigert die Variantenmehrung eines Bauteils die Komplexität der Beschaffungs- und Bereitstellprozesse und verschärft die Flächensituation am Bereitstellort. Aus logistischer Sicht sind prinzipiell eine Variantenreduzierung sowie die durchgängige Verwendung von Standardbehältern anzustreben. Ist Letzteres nicht zu erreichen, sollte eine geometrische Änderung der jeweiligen Komponente in Betracht gezogen werden. Eine konstruktive Umgestaltung bzw. höherer Zerlegungsgrad könnte u. U. wieder den Einsatz von Standardbehältern ermöglichen.

Aufgabe ist es daher, die wesentlichen Teileumfänge aus dem Blickwinkel der logistischen Prozesskette zu beurteilen, Investitionskosten für Behälter, Handling- und Fördertechnik zu ermitteln und Vorschläge für die Umgestaltung der Teile zu erarbeiten, wenn damit Prozess- und Kostenvorteile realisiert werden können. Diese Konzepte mit den beteiligten Bereichen der Entwicklung, der Qualitätssicherung, dem Einkauf sowie der Montageprozessplanung abzustimmen, stellt eine der wesentlichsten Koordinationsaufgaben im Umfeld der logistikgerechten Produktgestaltung dar.

### **Lieferantenauswahl und -integration**

Die Produktion in Wertschöpfungsnetzen ermöglicht nicht nur Einkaufsvorteile durch die Nutzung günstiger Beschaffungsmärkte, sie erfordert ebenso im Vorfeld eine sorgfältige Lieferantenauswahl aus logistischer Sicht. Die logistische Qualität, Leistungsfähigkeit und die damit verknüpften Kosten (z. B. Transportkosten in Abhängigkeit des Lieferantenstandortes) haben wesentlichen Einfluss auf die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des gesamten Beschaffungsprozesses und erfordern daher eine genaue Bewertung jeder Lieferantenalternative. Die hierbei erarbeiteten Ergebnisse (Kostenaussagen sowie beispielsweise auch die Beurteilung der erreichten Versorgungsqualität auf Basis von historischen Anlieferdaten) dienen zur Entscheidungsunterstützung des Einkaufs und erlauben die Definition erster Versorgungsgrobkonzepte.

### **Bereitstell- und Versorgungsplanung**

Die Planung der Prozesskette in Form einer vom Verbau eines Bauteils im Werk bis zu den Lieferanten rückwärts gerichteten Herangehensweise unterteilt sich in eine Vielzahl von eng zusammenhängenden Einzelumfängen. Hierzu zählt zunächst die Ladungsträgerplanung entsprechend der Vorgaben der Produktentwicklung, der Montagebereiche und des innerbetrieblichen Materialflusses, d. h. die Auswahl eines geeigneten Behälters zur Bereitstellung, zur Bündelung, zum Transport und nicht zuletzt zum Schutz der Bauteile. Dies hat frühzeitig und in enger Abstimmung mit der Konstruktion zu erfolgen, um negative Auswirkungen der Produktgestaltung auf die Logistikkosten identifizieren und Änderungsmaßnahmen ergreifen zu können [VDA3600]. Aufgabe der Versorgungsplanung ist es, die Anlieferung der Haus- und Zukaufteile vom Hersteller bis zum Verbauort mengen- und zeitkonform sicherzustellen. Wichtig ist hierbei die Reduzierung auf einige wenige Standardbelieferungsformen, wie die Versorgung Just in Sequence (JIS), Just in Time (JIT) oder über eine einstufige Lagerkette.

Hierzu werden im Rahmen der Transportplanung geeignete Transportkonzepte (z. B. Milkrun, Direktverkehr, Gebietsspeditionswesen etc.) bis an das „Hallentor“ entwickelt bzw. ausgewählt. Die Bestandsplanung ermittelt zu diesem Zweck die notwendigen Nachschubfrequenzen und -mengen in Abhängigkeit der gewünschten (Sicherheits-) Bestände und des geplanten Verbrauchs. Die Belieferung der einzelnen Verbauorte und die Bereitstellung der Komponenten und Teile ausgehend von den Anlieferflächen sowie die Leergutentsorgung sind im Umfang der Bereitstellplanung enthalten, deren Aufgabenspektrum auch die Beplanung der IT-gestützten Bedarfsmeldung beinhaltet.

### **Werksstrukturplanung**

Die Werksstrukturplanung befasst sich mit der strukturellen Realisierung der im Rahmen der Versorgungsplanung entwickelten logistischen Prozesse. Dies umfasst die Beplanung von Verkehrs- und Bereitstellflächen sowie Gebäudeschnittstellen und schließt die Ermittlung der aufgrund baulicher Veränderungen zu tätigen Investitionen mit ein. Zugleich stellt sie die Abstimmung der Anforderungen der übrigen Gewerke Presswerk, Rohbau, Oberfläche und Montage mit der Logistik sicher.

### **Anlauf- / Auslaufplanung**

Im Rahmen der Anlaufplanung wird auf Basis der von der Produktion festgelegten Anlaufkurve die materialflusstechnische Feinplanung zur Integration eines neuen Fahrzeugmodells oder -derivats in die bestehende

Produktionslinie durchgeführt. Dies beinhaltet u. a. auch die Beschaffung notwendiger Betriebsmittel, die Erstellung von Arbeitsplänen und die Qualifizierung der Mitarbeiter bzw. insbesondere der notwendigen Interims- und Migrationslösungen (Wechselflächen, temporäre Ressourcenmehrbedarfe, Systemwechsel etc.). Versetzt zum Anlauf erfolgt meist auch der Auslauf eines Produkts. Da dieser sich stufenweise über einige Monate hinziehen kann, steht eine permanente Adaption an die sich verändernden Randbedingungen und die sichere Steuerung des Verbaus der richtigen, aktuellen Bauteile im Rahmen des Änderungsmanagements im Vordergrund.

### **Distributionsplanung**

Die Gestaltung der Prozesskette zum Transport des fertigen Produktes bis zum Endkunden ist Aufgabe der Distributionsplanung. Dies beinhaltet die Anpassung des Distributionsnetzwerkes inkl. Standortplanung für Hubs [Cam-01] Absatz- und Auslieferungslager, die Transportmittel und -routenplanung [Sim-05], die Auswahl der geeigneten Logistikdienstleister sowie die kosten- und zeitmäßige Bewertung der Abläufe.

### **Serienlogistikprozess**

Der Planungsgegenstand der Logistikplanung nach dem Erreichen der Kammlinie ist die Auftragsabwicklung auf Basis vorliegender (Kunden-) Aufträge. Dazu stehen die „in Betriebsbereitschaft versetzten“ Ressourcen und die definierten Anlieferkonzepte zur Verfügung [Sch-06]. Eine zentrale Rolle übernimmt die Materialdisposition. Die wichtigsten Teilprozesse sind im Anhang in Abbildung 10-2 dargestellt.

### **Reengineering / Rapid Cost Reduction**

In diesen Planungsumfang fallen alle Maßnahmen zur Verbesserung der installierten Prozesse und der Strukturen, die auf Basis von Schwachstellen-, Engpass- und Störgrößenanalysen identifiziert wurden und den geforderten Potenzialnachweis erbracht haben. Dabei handelt es sich um eine kontinuierliche Aufgabenstellung über die gesamte Serienlaufzeit.

Nach der grundlegenden Darstellung des Handlungsfelds der Arbeit erfolgt im nächsten Abschnitt die Betrachtung der gegenwärtigen Herausforderungen automobiler Logistikplanung sowie der daraus abzuleitenden Konsequenzen, die sich sowohl für die Logistik als auch für die Logistikplanung ergeben.





### 3 Automobile Logistikplanung im turbulenten Umfeld

Die anschließende Situationsdarstellung des Wandels in der Automobilindustrie zeigt die wesentlichen Determinanten und deren Veränderungsrichtung auf. Auf Grundlage der dargestellten Komplexitätsfelder wird der zukünftige Bedarf nach erhöhter Adaptivität in der Logistik verdeutlicht, um die zunehmende Turbulenz<sup>1</sup> im automobilen Umfeld beherrschen zu können. Dies ermöglicht im Folgenden Schlussfolgerungen hinsichtlich der an die Logistikplanung zu stellenden Anforderungen (Abbildung 3-1).

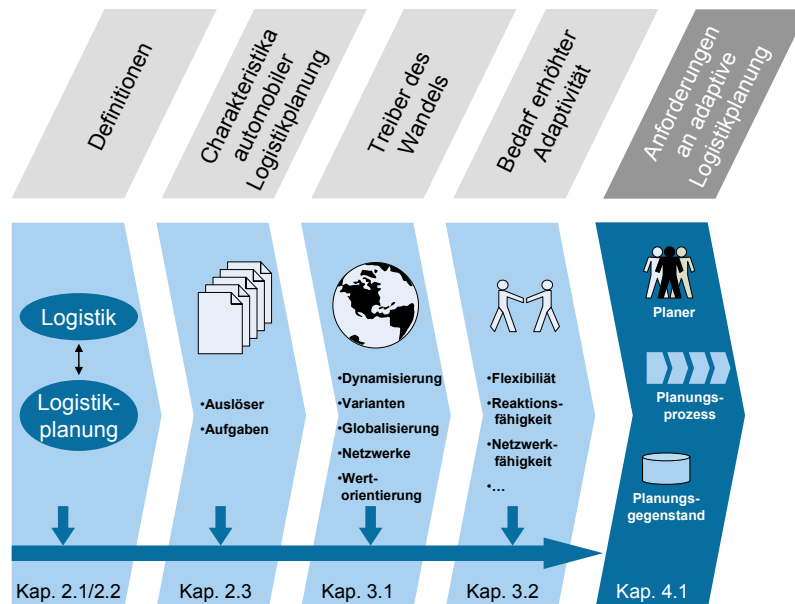


Abbildung 3-1: Vorgehensweise

<sup>1</sup> Turbulenz wird in dieser Arbeit als sich dynamisch verändernde, nicht bzw. wenig vorhersehbare Form oder Folge von Komplexität verstanden.

### 3.1 Treiber des Wandels

Die Automobilindustrie unterliegt seit vielen Jahren einem schnellen und nachhaltigen Veränderungsprozess. Dies macht eine kontinuierliche, strategische Neuorientierung aller Wertschöpfungspartner notwendig [MaM-03]. Um die richtigen Weichenstellungen zu treffen, ist es essenziell, die Möglichkeiten und Risiken des Wandels zu erkennen. Aufgrund der damit verbundenen Bedeutung der externen, aber auch internen Determinanten werden im folgenden Abschnitt die für die Logistik struktur- und verhaltenswirksamen Umweltfaktoren im globalen automobilen Wettbewerbsumfeld erfasst. Dabei sind besonders der Trend zur Produktindividualisierung, die zunehmende Dynamik, Globalisierung und Netzwerkbildung sowie die Wertschöpfungsorientierung hervorzuheben. Die Ausprägung und Tendenz dieser Treiber beeinflusst wesentlich die an die Logistik und damit auch die Logistikplanung gestellten Anforderungen und Randbedingungen.

#### 3.1.1 Individualisierung und resultierende Variantenmehrung

Die Automobilindustrie als wichtigster Wirtschaftszweig Deutschlands, der in den vergangenen zehn Jahren den Umsatz mehr als verdoppeln und den Anteil am Gesamtumsatz der deutschen Industrie von 13 auf nahezu 19 Prozent steigern konnte [VDA-07], steht gerade im europäischen Heimatmarkt vor schwierigen Bedingungen. Hier wie auch auf den anderen großen Automobilmärkten Nordamerika und Japan hat bereits vor Jahren ein grundlegender Wandel hin zum Käufermarkt stattgefunden. Im gesättigten Marktumfeld wird daher zunehmend härter um die Gunst jedes einzelnen Kunden gekämpft. Diese wiederum lassen sich im Zeitalter der Informationsgesellschaft nur schwer einschätzen und charakterisieren sich besonders durch die Individualität und Volatilität ihrer Wünsche sowie ein erhöhtes Kostenbewusstsein [Möß-07] S. 4. Die beiden Faktoren Marktsättigung und Individualisierung resultieren in einer Fragmentierung der Märkte mit differenzierten Kundenbedürfnissen [Wol-95, S. 31]. Die Hersteller versuchen dieser Entwicklung mit einem zunehmenden Angebot an Ausstattungsvarianten sowie einer Ausweitung der Modellpaletten zur Besetzung lukrativer Nischen zu begegnen. Bei nahezu konstant bleibenden Absatzzahlen innerhalb der genannten Märkte führt dies zu sinkenden Stückzahlen pro Fahrzeugmodell. Der Marktanteil der zehn beliebtesten Fahrzeuge in Westeuropa hat sich so beispielsweise in den letzten zwanzig Jahren um nahezu 60 Prozent [MaM-03, S. 18] auf nur noch knapp zehn Prozent reduziert. Diese sogenannten Volumenmodelle haben ihre Anteile gerade gegenüber Premium- und Niedrigpreisfahrzeugen stark eingebüßt. Rückgängig ist ebenfalls der Anteil traditioneller Segmente, wie Limousinen und Kombis, die von Nischenprodukten, sogenannten Crossover-Fahrzeugen, verdrängt werden. Die BMW Group beispielsweise bietet heute unter dem Dach ihrer drei Marken BMW, Mini und Rolls Royce bereits ca. 350 Modellvarianten

an, die mit bis zu 500 Sonderausstattungen zu einer möglichen Zahl von  $10^{31}$  Varianten pro Fahrzeugtyp führen [Möß-07]. Diese Entwicklung ist jedoch nicht allein auf das Premium-Segment begrenzt, wie auch die Variantenzahlen bei Volumenmodellen am Beispiel des VW Golf ( $10^{23}$ ) demonstrieren [Göt-07] S. 19. Neben einer Mehrung der externen Varianten (von den Kunden wahrgenommen), kommt es dabei auch zu einer internen Variantenmehrung, die produkt- oder fertigungsspezifisch begründet ist.

Für die Logistik bedeutet dies, dass zunehmend mehr Varianten beherrscht werden müssen, was sich bei Fahrzeugen, die je nach Typ einen Umfang zwischen 10.000 bis 20.000 Teilen aufweisen als fordernde Aufgabe darstellt. Erschwert wird dies zusätzlich durch die Strategien der Produktion, mehrere Modelle auf einer Montagelinie zu fertigen, um die Auslastung der Ressourcen zu erhöhen. Hierzu bedarf es eines beträchtlichen Flexibilitätspotenzials der Logistiksysteme.

#### **3.1.2 Zunehmende Dynamik**

Mit der Variantensteigerung schreitet die Verkürzung der Produktlebenszyklen und damit der Entwicklungszeit pro Fahrzeug (derzeit ca. 5-6 Jahre [Str-06]) fort, da die Hersteller bestrebt sind, in immer kürzeren Abständen mit neuen Modellen, Derivaten und Ausstattungskomponenten den Kundenwünschen bestmöglich zu entsprechen. Zeit ist daher zu einem wesentlichen Wettbewerbsfaktor avanciert. Dies betrifft jedoch nicht nur die Time-to-Market, also die Zeit vom Entschluss der Neuproduktentwicklung bis zu dessen Markteinführung, sondern auch die Time-to-Product [Har-05, S. 174]. Gerade die Verkürzung dieser Zeitspanne vom Eingang der Kundenorder über den Auftragsdurchlauf bis zur Auslieferung des Fahrzeugs an den Auftraggeber war in den letzten Jahren verstärkt Gegenstand der Optimierungsbestrebungen von Industrie und Forschung. Das im Rahmen der EU-5-DayCar-Initiative angesiedelte Projekt ILIPT (Intelligent Logistics for Innovative Product Technologies) [Ili-07] zielt auf die Reduzierung der Auftragsdurchlaufzeit für ein kundenspezifisches Fahrzeug auf einen Umfang von fünf Arbeitstagen auf Basis modularer Produkt- und Produktionsstrukturen, lagerlosen Materialflusses, verbesserter Informations- und Kommunikationstechnologien sowie einer echtzeitfähigen Zuliefererkette. Auch wenn dieses Ziel noch nicht erreicht ist, bringen bereits derzeitige Bestrebungen weitreichende Konsequenzen für die Zeitgestaltung der Logistiksysteme in Beschaffung, Produktionsversorgung und Distribution mit sich [Rin-07, S. 25]. Die damit verbundene Forderung nach Schnelligkeit sowohl in der Produkt- und Produktionsentwicklung als auch in der Herstellung und Verteilung der Neufahrzeuge verlangt nach kürzeren Innovationszyklen und gesteigerter Reaktionsfähigkeit. Dies hat wesentliche Auswirkungen auf die Logistik, die dem Verlust an Kontinuität und stabilen Randbedingungen zu begegnen hat.

### 3.1.3 Globalisierung

Die weltweite Verteilung von Kunden und Absatzmärkten, der steigende Wettbewerbsdruck sowie sinkende Transportkosten führen zu einer zunehmend globalen Orientierung produzierender Unternehmen [Rei-06]. Dies gilt in besonderem Maße für die deutsche Automobilindustrie. Mit über 2000 Fertigungsbetrieben im Ausland ist sie in über 75 Ländern der Welt tätig. Im Vergleich zum Anfang der 1990er Jahre ist die Zahl der ausländischen Standorte um 170 Prozent gestiegen (1990: 722 Auslandsstandorte). Rund 40 Prozent der Wertschöpfung aus Deutschland exportierter Fahrzeuge stammt inzwischen aus dem Import von Teilen und Vorleistungen vor allem aus Niedriglohnländern (u. a. Polen, Slowakei, Tschechien und Ungarn). Diese Strategie aus Inlands- und Auslandsengagement wird weiter konsequent ausgebaut. Der resultierende Kostenmix trägt dazu bei, die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Automobilstandorts Deutschland zu gewährleisten [VDA-07]. Diese Entwicklung zeigt aber auch die steigende Attraktivität der aufstrebenden Märkte in Osteuropa oder den BRIC-Staaten Brasilien, Russland, Indien und China, in denen in Folge des wirtschaftlichen Aufschwungs neue Kundenschichten und kostengünstige Sourcing-Strukturen zu erschließen sind. Für einen erfolgreichen Markteintritt ist dabei für die Hersteller zur Vermeidung hoher Protektionszölle oftmals die Präsenz vor Ort wichtig oder notwendig und wird meist schrittweise von reinen Montagewerken zu vollwertigen Automobilfabriken gesteigert. Gerade erstgenannte Produktionsformen erfordern eine anspruchsvolle logistische Abwicklung und Anlieferung der aus den Heimatmärkten zu importierenden Bausätze, die mit sog. „local content“ zur Fahrzeugfertigung ergänzt werden. Durch die Nähe zu den Kunden wird ferner die Anpassung der Produkte auf deren Bedürfnisse verbessert, was zu steigenden Marktchancen, aber auch wachsenden Variantenzahlen führen kann.

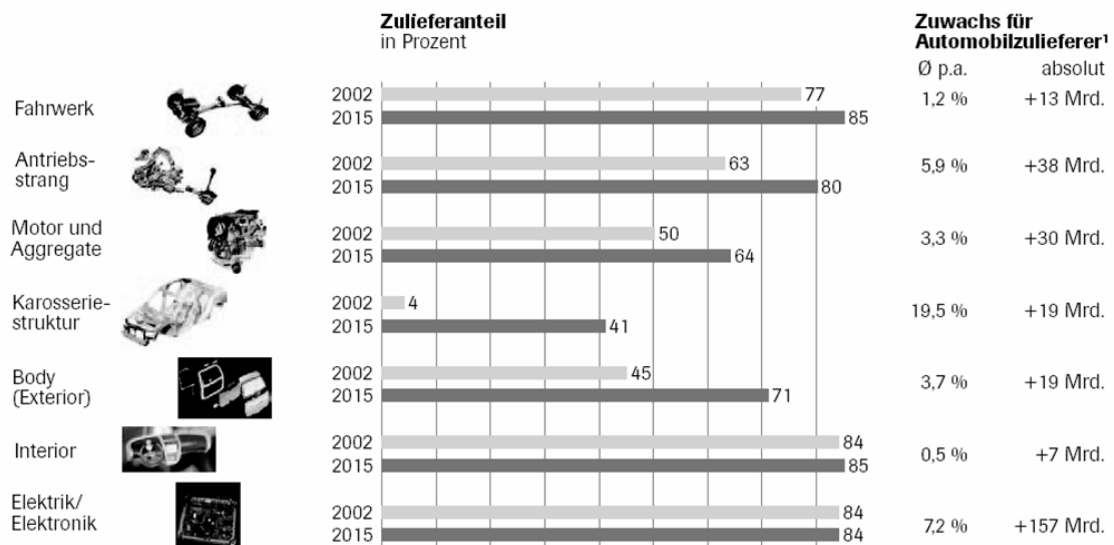
Die globale Ausdehnung der Wertschöpfungsnetzwerke [BaH-06] der deutschen Automobilindustrie spiegelt sich nicht nur in einer deutlich gestiegenen Auslandsproduktion der Fahrzeughersteller, sondern auch in der Ausweitung des Auslandsengagements der Zulieferindustrie wider [VDA-07]. Diese folgt meist ihren Kunden, um von der Nähe zu deren Standorten, aber auch lokalen Kostenvorteilen profitieren zu können.

Der Ausbau globaler Produktions- und Distributionsnetzwerke, zu dessen treibenden Faktoren neben Markt und Kosten auch Know-how [Rei-06] zählt, stellt die Logistik vor hohe Anforderungen, die sich aus der steigenden Netzwerkkomplexität, langen Transportstrecken, erhöhten Sicherheitsbeständen, aufwändigen Kommunikationsstrukturen sowie kostenintensiven Notfallstrategien im Falle einer Störung der geplanten Abläufe ergeben [Rin-07] S. 22. Dementsprechend gilt es, neue Logistikprozesse zu entwickeln, die den Randbedingungen eines globalen Beschaffungsmarktes Rechnung tragen bzw.

die Versorgung der Auslandsstandorte sicherstellen. Erst leistungsfähige Logistik ermöglicht einen globalen Produktionsverbund bei hoher Qualität, Transparenz und niedrigen Kosten [VDA-06, S. 166] und sichert damit die Wettbewerbsfähigkeit des Wertschöpfungsnetzwerks.

#### 3.1.4 Neuaufteilung der Wertschöpfung - Netzerkennung

Kooperationen in Wertschöpfungsnetzwerken werden aber nicht allein zur gemeinsamen Erschließung von Märkten vorangetrieben. Um den Herausforderungen der Globalisierung zu begegnen, gilt es, die Innovationskraft durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den Wertschöpfungs- und Logistikpartnern zu bündeln und dabei die Kosten möglichst gleichmäßig zu verteilen. Die Kooperation in Partnernetzwerken, die teilweise auch nur temporär für ein Projekt geschaffen werden, ist schon lange ein unverzichtbarer Erfolgsfaktor in der Automobilindustrie und gewinnt im weltweiten Wettbewerb weiter an Bedeutung. Heute vereinen externe Wertschöpfungspartner der OEM neben dem Großteil der Fertigungstiefe (ca. 75%) [Str-06] auch bereits mehr als 50% der Entwicklungstiefe auf sich [Möß-07].



<sup>1</sup> inklusive Dienstleister  
Quelle: Mercer Wertschöpfungsmodell 2015

Abbildung 3-2: Anstieg des Wertschöpfungsanteils der Zulieferindustrie im Zeitraum 2002 bis 2015 [VDA-05]

Wie Abbildung 3-2 zeigt, werden sich diese Anteile in den nächsten Jahren weiter steigern. Betroffen sind hierbei vor allem personal- oder technologieintensive Bereiche, die, weil möglicherweise nicht relevant für das Image der Marke, von den Automobilherstellern nicht als Kernkompetenz angesehen und daher an externe Zulieferer oder Dienstleister vergeben werden. Diese übernehmen als Modul- und Systemlieferant eine zunehmend wichtigere Rolle für die OEM, die durch eine entsprechend enge personelle

Einbindung in Entwicklungs- und Produktionsbereiche sowie -prozesse reflektiert wird. Das Management dieser Partner- und Lieferbeziehungen ist inzwischen sowohl für Hersteller als auch Lieferanten zu einer wesentlichen Kernkompetenz geworden.

Zur Gewährleistung flexibler und wandlungsfähiger Produktionsprozesse in einem weltweiten Produktions- und Zulieferernetzwerk sind vor dem Hintergrund der sinkenden Wertschöpfungstiefe der OEM ausgefeilte Logistiksysteme und -prozesse sowohl innerhalb als auch zwischen den Unternehmensgrenzen unabdingbar. Es gilt, die Montage zeitgerecht informationstechnisch sowie physisch mit weltweit beschafften Teilen zu versorgen, um Bandstillstände zu vermeiden und die vorgegebenen Montagesequenzen einzuhalten. Um ferner Bauteile und vormontierte Module bei oft kurzen Lieferabrufrufen (zwei bis vier Stunden vor Verbau) [Wit-04] zur rechten Zeit (Just in Time) und in der exakt benötigten Reihenfolge (Just in Sequence) ans Band zu bringen, bedarf es innovativer logistischer Konzepte entlang der gesamten Supply Chain. Zur Umsetzung dieser Prozesse ist verstärkt die Arbeitsteilung zwischen Herstellern sowie System- und Teilelieferanten im Sinne einer Wertschöpfungspartner-schaft von Herstellern und Zulieferern in Zusammenarbeit mit Logistikprovidern und IT-Spezialisten erforderlich [VDA-07].

#### **3.1.5 Wertschöpfungsorientierung / Lean Production**

Das Toyota Produktionssystem (TPS) [Ohn-88], entwickelt unter den Zwängen der Ressourcenknappheit Japans in den Nachkriegsjahren, initiierte aufgrund der großen und weiter anhaltenden Markterfolge des Autobauers bei vielen Unternehmen einen Wechsel hin zur „Lean Production“. Diese Philosophie fokussiert die Vermeidung von Verschwendung (alle Umfänge, die nicht zum Kundennutzen beitragen) entlang des Wertschöpfungsprozesses [Lan-07]. Das Resultat einer konsequenten Umsetzung sind oftmals bemerkenswerte Leistungssteigerungen hinsichtlich Qualität, Kosten und Lieferfähigkeit.

Die Erreichung dieses Ziels basiert zunächst auf „Lean Thinking“ [Wom-96], also dem Erkennen und der Definition des „Wertes“ aus Kundensicht [Woo-97], für den letzterer zu zahlen bereit ist. Entsprechend sind alle Merkmale und Prozesse zu vermeiden bzw. zu minimieren, die keinen Wert generieren und somit Verschwendung (Muda) darstellen. Zur Implementierung und zum Betrieb schlanker Wertschöpfungssysteme hat Toyota einen umfangreichen Methodenbaukasten entwickelt, der auf kontinuierlicher Verbesserung (Kaizen), Bedarfsglättung (Heijunka), Prozesssynchronisation mittels Pull-Steuerung [Tak-06], Low-Cost-Automation und Fehlersicherheit (Poka Yoke) fußt [PiF-07], um nur einige dieser in sich greifenden Elemente zu nennen. Eine wesentliche Rolle innerhalb des TPS nehmen dabei die Mitarbeiter ein [Mor-06], die in selbstorganisierter Gruppenarbeit als Wissensträger stark zur ständigen

Weiterentwicklung und Optimierung ihrer Arbeitsumfänge beitragen. Die Nutzung und Weiterentwicklung des Wissens der Mitarbeiter zählt zu den bedeutenden Erfolgsfaktoren.

Der Ansatz der Lean Production als ganzheitliche Strategie nachhaltigen Wirtschaftens auf Basis der Reduzierung des Ressourceneinsatzes betrifft alle Bereiche und die Organisation eines Unternehmens und muss umfassend umgesetzt werden. Dies bereitete gerade bei der Einführung den europäischen Herstellern große Schwierigkeiten, die sich auf die Anwendung isolierter Methoden (z. B. Kanban-Steuerung) beschränkten und die gewünschten Effekte nicht erreichen konnten. Ferner stellt die Adaption der im Zuge einer „Build-to-Stock“-Orientierung entwickelten Philosophie auf die v. a. von deutschen Premiumherstellern verfolgte „Build-to-Order“-Strategie die Unternehmen vor die Aufgabe der individuellen Weiterentwicklung zur Erreichung der angestrebten (Mengen- und Varianten-) Flexibilität [OIN-07]. Die Wertschöpfungsorientierung bleibt dabei als allgemeingültige Basis erhalten. Die Logistik spielt eine wesentliche Rolle für die Gestaltung wertschöpfungsorientierter Produktionssysteme und hat durch standardisierte Methoden und Prozesse einen elementaren Beitrag zu leisten.

### 3.2 Adaptivität als Konsequenz

Der vorgestellte Wandel in der Automobilindustrie, der in Abbildung 3-3 nochmals an Hand repräsentativer Treiber zusammengefasst wird, zeichnet sich vor allem durch seine große Turbulenz aus [ReN-06] und verlangt daher von allen Protagonisten im Wertschöpfungsnetzwerk, gleich ob OEM, Zulieferer oder Logistikdienstleister höchste Wandlungsfähigkeit.

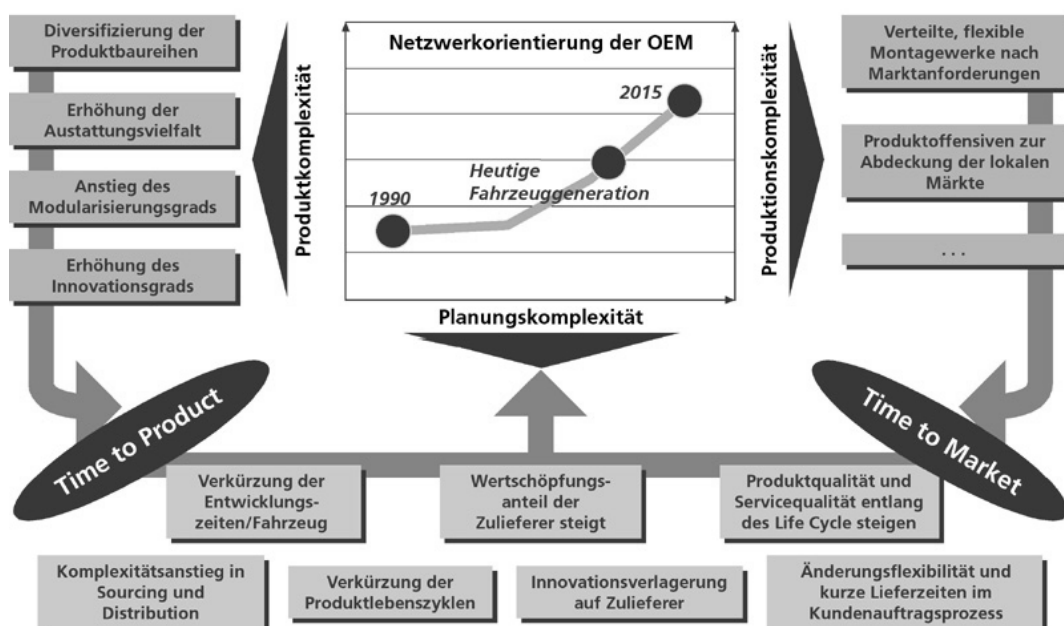


Abbildung 3-3: Dimensionen der Komplexität in der Automobilindustrie [Fra-07]

Die Wandlungsfähigkeit einer Unternehmung bezeichnet die Vereinigung der Merkmale Flexibilität und Reaktionsfähigkeit [Rei-99] bzw. wird sogar als neue Dimension der Flexibilität verstanden [Rei-97], die es erlaubt, ein etabliertes System nicht nur schnell, sondern nachhaltig strukturell zu verändern. Damit soll die Steigerung der Wandlungsfähigkeit hinsichtlich erbrachter Marktleistungen (Produkttyp, Variante, Menge und Lieferzeit) [Wie-01] unter besonderer Beachtung von Wirtschaftlichkeitsanforderungen erreicht werden [KiW-03]. Besondere Relevanz besitzt für die Unternehmen die Fähigkeit, frühzeitig Marktveränderungen richtig interpretieren und daraufhin rechtzeitig abgestimmte Maßnahmen ergreifen zu können [Wes-03]. Proaktives Handeln soll vorherrschendes reaktives Handeln ergänzen bzw. ersetzen. Dies erfordert eine schnelle und effiziente Anpassung der Prozesse sowie der physischen Systeme an sich ständig verändernde Randbedingungen. Die Abläufe und Strukturen der Fabrik von morgen müssen daher wandlungsfähig, mobil sowie vernetzungsfähig [Wes-99, Wir-00, Wir-01, Wie-00b] sein.

Gerade der Logistik fällt in ihrer verbindenden Funktion eine zentrale Schlüsselrolle zur Unterstützung der Wandlungsfähigkeit zu. Ihre Aufgabe ist es, zum optimalen Betrieb wandlungsfähiger Strukturen physische und informatorische Prozesse zu entwickeln, zu installieren und kontinuierlich anzupassen, die eine schnelle und effiziente Reaktion der Unternehmen sowohl innerhalb der Unternehmensgrenzen als auch zwischen den Unternehmen sich immer enger integrierender Wertschöpfungsnetzwerke [Gü-07c] ermöglichen. Von der Leistungs- und Anpassungsfähigkeit der Logistik hängt damit die Adaptivität des gesamten Netzwerks ab. Die Logistik wird damit zum Enabler einer hocheffizienten und flexiblen Fertigung einerseits, aber auch zum Garanten einer erfolgreichen Kundenbeziehung andererseits.

Diese Rolle des „Befähigers“ sowie die in den nächsten Jahren weiter zunehmende Verschärfung der logistischen Umfeldfaktoren in der Automobilindustrie, lassen einprägsam den Bedarf nach einer neuen Qualität der Adaptivität der Logistik erkennen, die eine Steigerung der

- Flexibilität,
- Reaktionsfähigkeit (Schnelligkeit),
- Netzwerkfähigkeit,
- Kooperationsfähigkeit sowie
- Wertschöpfungsorientierung

kombiniert. Als zielführend wird die Schaffung von Supra-Adaptivität verstanden [Gün-04], die die Fähigkeit zur aufwandsarmen und unternehmensübergreifen-



den Anpassung der Logistiksysteme unter Kombination von Wandlungsfähigkeit, Vernetzungsfähigkeit und Mobilität bezeichnet.

Der damit verbundene Adaptivitätssprung der Logistik kann jedoch nur gelingen, wenn bereits die Logistikplanung adaptiv gestaltet wird. Hierzu bedarf es eines gesamtheitlichen Planungskonzepts, das die Elemente Planer, Planungsprozess und Planungsgegenstand in zielführender Weise vereint.

Bestandteil muss, wie bereits in Kap. 2.2 beschrieben, ein anpassungsfähiger Planungsprozess sein, der hochqualitative Ergebnisse bei einer gleichzeitigen Verkürzung der Planungszeiten liefert. Die Betonung des Zeit-Aspekts hinsichtlich der Planung ist notwendig, um dem aus dem permanenten Wandel entstehenden Adaptivitätsdruck mit einer entsprechenden Adaptivitätsleistung begegnen zu können. Zur Realisierung adaptiver Logistikplanung hat neben dem Planungsprozess auch die Ausrichtung der weiteren Elemente der Logistikplanung, Planer und Planungsgegenstand, auf die Schaffung von Adaptivität hin zu erfolgen.



## **4 Anforderungen und Gestaltungsprinzipien adaptiver Logistikplanung**

Im Folgenden werden zunächst auf Basis des in Kapitel 3 erkannten Adaptivitätsbedarfs die Anforderungen an adaptive Logistikplanung definiert und im weiteren Verlauf der Arbeit die grundlegenden Konzeptelemente sowie Gestaltungskriterien zur Schaffung eines adaptiven Planungskonzepts festgelegt.

### **4.1 Anforderungen an adaptive Logistikplanung**

Vorrangige Aufgabe adaptiver Logistikplanung in der Automobilindustrie ist es, in immer kürzerer Zeit hochqualitative Lösungen zu generieren und damit als wesentlicher Befähiger zur Supra-Adaptivität den Wandel logistischer Strukturen und Prozesse zu ermöglichen. Systemintegrierte, unternehmensübergreifende Planungsprozesse mit Kunden und Lieferanten gelten in diesem Zusammenhang als erfolgversprechend [Str-05, S. 112]. Hierzu sind von Seiten der Logistikplanung insbesondere die durch den Produktentstehungsprozess bedingten zeitlichen Handlungsebenen und deren jeweilige Anforderungen sowie die netzwerkweite Zusammenarbeit in automobilen Wertschöpfungsketten zu berücksichtigen.

Der Formulierung der Anforderungen liegt das Verständnis zugrunde, dass es sich bei Planung um einen Transformationsprozess handelt, der Eingangsinformationen im Sinne der Aufgabenstellung und der herrschenden Umfeldbedingungen in ein Ergebnis überführt. Der Transformationsprozess wird auf Basis eines Vorgehensmusters unter Anwendung von Werkzeugen und Methoden durch den bzw. die beteiligten Planer bewerkstelligt. Um ein adaptives Logistikplanungskonzept zu entwickeln, das von individuellen Erfahrungen und Kenntnissen der Planer unabhängig und somit allgemein verwendbar ist, gilt es, das Vorgehensmuster und die darin verwendeten Methoden und Werkzeuge in den Mittelpunkt dieser Arbeit zu stellen. Diese Elemente bilden den

adaptivitätsfördernden, aber gleichzeitig stabilen Handlungsraum, der es in Übertragung der Definition der Supra-Adaptivität dem Planer ermöglichen muss, seine Kernaufgabe der kreativen Lösungsfindung auszuüben.

Die generellen Anforderungen an die Logistikplanung zur nachhaltigen Beherrschung der Komplexität in diesem Arbeitsfeld stellen sich wie folgt dar:

1. Reduzierung der Planungszeit und des Planungsaufwands
2. Erhöhung bzw. Sicherung der Planungsqualität (u. a. durch Lernfähigkeit)
3. Kontinuität
4. Ganzheitlichkeit des Planungsansatzes
5. Zeitbezogene Universalität
6. Integration und Weiterentwicklung von Daten, Wissen und Werkzeugen
7. Kooperation netzwerkweiter Partner

Die Reduzierung der Planungszeiten (1) sowie des Planungsaufwands ist durch eine Konzentration auf das „Wesentliche“ zu gewährleisten, d. h. der Planer ist einerseits von allen Aufgaben zu entlasten, die nicht der unmittelbaren Erarbeitung der angestrebten (Teil-) Lösung dienen und andererseits mit Methoden und Werkzeugen zu versehen, die seine Tätigkeit effizient unterstützen. Aufgrund dieser Bedarfsfokussierung kann man in diesem Zusammenhang in konsequenter Weiterführung des „Lean“-Gedankens von der Wertschöpfungsorientierung der Planung sprechen, die jeden Teilschritt, der nicht direkt zum Ergebnis und damit zum Wert der Planung beiträgt, als Verschwendung betrachtet und eliminiert bzw. wenn als Hilfsfunktion benötigt weitestgehend automatisiert oder an Spezialisten im Netzwerk delegiert. Dies betrifft insbesondere Umfänge des Planungsmanagements wie beispielsweise die Konzeption des in Abhängigkeit der Aufgabenstellung zielführenden Planungsprozesses oder Nebentätigkeiten, wie Datenrecherche und -aufbereitung. Nicht gemeint ist die Erarbeitung von Planungsalternativen, die im Zuge der Lösungsfindung und zur Erhöhung der Planungsqualität (2) erstellt werden. Adaptive Logistikplanung hat dem Planer jederzeit eine Handlungsempfehlung für die Durch- und Weiterführung des Projekts inklusive der hierzu verwendenden Methoden und Werkzeuge zur Verfügung stellen. Dies schließt ebenso die Gesamtheit der von ihm benötigten Informationen ein, die es zum Bedarfszeitpunkt bereitzuhalten gilt.

Planungsqualität ist durch die Qualität der Vorgehensempfehlung (Forderung nach Best Practices) sowie der damit verbundenen Methoden und Werkzeuge begründet. Wesentlich ist hier die Bewertbarkeit der verschiedenen Lösungsalternativen (möglicherweise mit Hilfe eines Kennzahlensystems), um deren Zahl und den damit verbundenen Aufwand einzugrenzen. Die Sicherstellung der Planungsqualität (2) sollte jedoch nicht nur durch eine ausreichende Anzahl betrachteter Lösungsalternativen bewerkstelligt werden, sondern auch eine konsequente Weiterentwicklung des zugrunde liegenden Planungsvorgehens beinhalten. Damit verbunden ist die Forderung, nach jedem Planungsprojekt kritische Rückschau auf den gewählten Ablauf zu halten und bei einer Optimierung der ursprünglichen Vorgehensweise die verbesserten Punkte für das nächste vergleichbare Projekt zu dokumentieren. Dies führt zu einer permanenten Weiterentwicklung des planerischen „Prozesswissens“ und besitzt zudem den Vorteil, dass das implizite Wissen der Mitarbeiter expliziert und dadurch dem Unternehmen dauerhaft bereitgestellt wird. Auch wenn dieser Schritt Aufwand bedeutet, der nicht in Zusammenhang mit dem aktuell angestrebten Ergebnis steht, kann diese Form des institutionalisierten Lernens als qualitätssichernder Teil des nächsten Projekts mit ähnlicher Aufgabenstellung sowie zur Schaffung von Kontinuität (3) in der Logistikplanung gesehen werden. Dies ermöglicht die geforderte Abkehr von einer singulären, aufgabenbezogenen Tätigkeit hin zu kontinuierlicher Planungsbereitschaft. Letzteres bezeichnet die Fähigkeit, bei Planungsaufgaben ohne Zeitverlust für die Entwicklung eines geeigneten Vorgehens mit der Lösungsfindung beginnen zu können.

Das adaptive Planungskonzept muss der Forderung nach Ganzheitlichkeit (4) genügen, d. h. es muss für alle Planungsaufgaben und zur Berücksichtigung aller damit verknüpften Planungsobjekte (Prozesse und Ressourcen) und Randbedingungen geeignet sein. Dem schließt sich die Forderung nach zeitbezogener Universalität (5) an, um alle Planungsphasen (strategisch / taktisch / operativ) sowie die gesamte Planungsdurchführung von der Aufgabenfestlegung bis hin zur Dokumentation der Ergebnisse auf einer einheitlichen Basis abbilden können.

Die Erarbeitung der Planungsergebnisse erfordert eine Vielzahl an Informationen, Werkzeugen und Wissensinhalten, die zur Erfüllung der Forderung (1) zeitgenau in der benötigten Form zur Verfügung stehen müssen. Um den raschen Veränderungsfortschritt im Rahmen des PEP zu berücksichtigen, bedarf es einer adaptiven Datenbasis (6), die schnellen und einfachen Zugriff sowie die aufwandsarme Aktualisierung aller Planungsdaten erlaubt und als Integrationsbasis für die verwendeten Werkzeuge fungiert. Die Datenbasis dient auch als Kommunikationsgrundlage für die kooperative Projektdurchführung mit im Netzwerk verteilten Planern. Gleichzeitig sollte die

Planungsdatenbasis Transparenz bezüglich des bereits erreichten Planungsfortschritts schaffen.

Netzwerkübergreifende logistische Aktivitäten verlangen nach einer interdisziplinären und netzwerkweiten Kooperation (7) bei der Planungsdurchführung. Daher ist es notwendig, dass einzelne Vorgehensschritte auch an andere, besser geeignete Partner übertragen werden können.

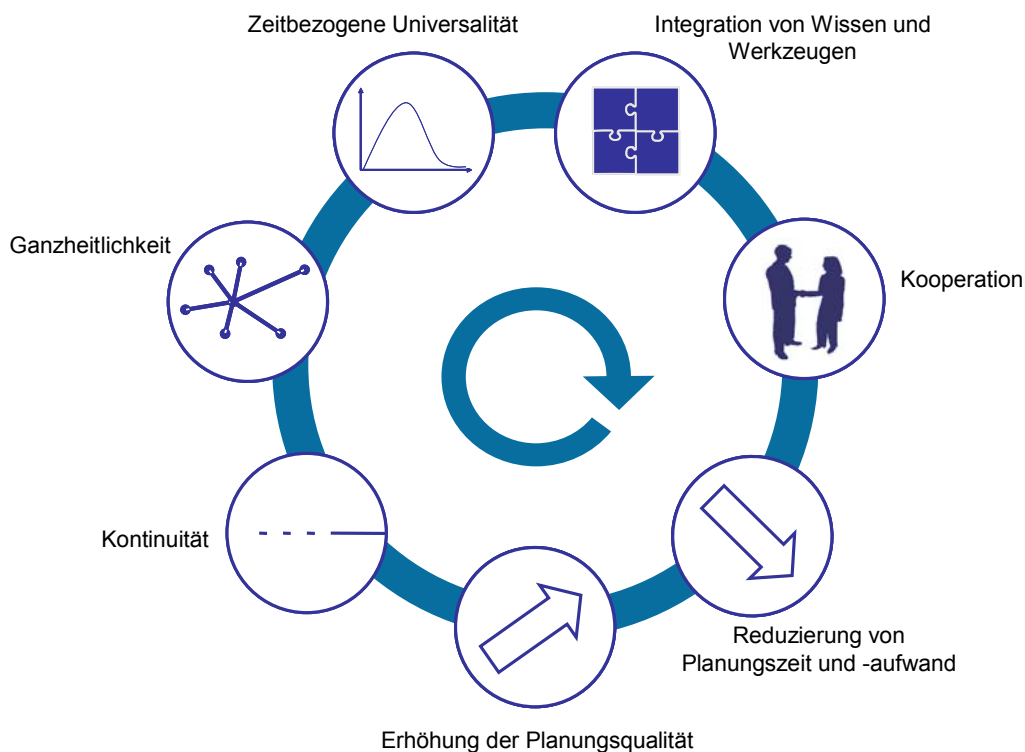


Abbildung 4-1: Anforderungen an ein adaptives Logistikplanungskonzept

### 4.2 Komponenten des adaptiven Planungskonzepts

Zur strukturierten Entwicklung des adaptiven Planungskonzepts auf Basis der vorweg genannten Anforderungen (Abbildung 4-1) sind zunächst dessen grundlegende Komponenten festzulegen, die im weiteren Verlauf so zu gestalten und zu verknüpfen sind, dass sie die angestrebte Adaptivität der Logistikplanung gewährleisten können. Für diese Komponenten gilt es zudem, eine geeignete Form der Abbildung bzw. Beschreibung zu finden, die deren Eigenschaften wiedergibt und eine bedarfsbezogene Gestaltung erlaubt.

Wie in Kapitel 2 dargelegt können als die wesentlichen Elemente der Logistikplanung der Planer, der Planungsprozess sowie der Planungsgegenstand betrachtet werden. Der Planer fungiert als Anwender des adaptiven Planungskonzepts und ist somit kein zu gestaltender Bestandteil des Konzepts selbst. Ihn gilt es durch das Konzept, wie in Kapitel 4.1 festgelegt, bestmöglich

in seiner Tätigkeit zu unterstützen. In das Konzept primär zu integrieren sind daher Planungsprozess und Planungsgegenstand.

Zur Konzeptentwicklung erfolgt in einem ersten Schritt der Rückgriff auf Grundlagen der Systemtechnik, um den wissenschaftlichen Ausgangspunkt der weiteren Arbeit zu beschreiben. In diesem Zusammenhang wird auch das Thema der Modellierung behandelt.

### 4.2.1 Systemtechnik

Von einer Vielzahl wissenschaftlicher Autoren [Köp-02, Nyh-06, Pfo-04, Str-06, Sch-07, u. v. m.] wird übereinstimmend ein systemtechnisches Verständnis der Logistik und ihrer Gestaltungsobjekte zugrunde gelegt. Dies soll auch die theoretische Basis für den weiteren Fortgang dieser Arbeit bilden, um die mit der Themenstellung verknüpfte Komplexität beherrschbar zu gestalten.

Zur Behandlung der Aufgabenstellungen in der Logistikplanung empfiehlt sich ein systemtechnisch-kybernetischer Ansatz, der es ermöglicht, sowohl die Wirklichkeit (d. h. den gewählten Betrachtungsgegenstand wie das Logistiksystem eines Unternehmens, einen Ausschnitt aus der Supply Chain etc.) als auch das zur adaptiven Logistikplanung notwendige Instrumentarium in Form von Modellen (siehe Kap. 4.2.2) abzubilden und gestaltbar zu machen [Wie-05] (Abbildung 4-2).

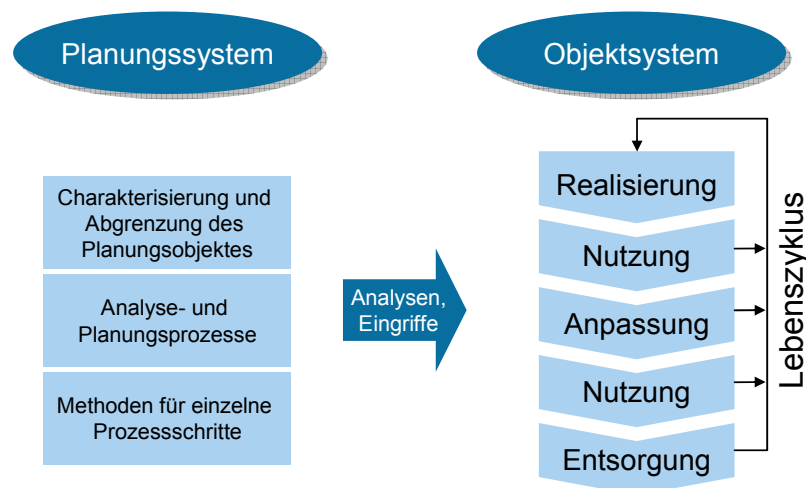


Abbildung 4-2: Planungs- und Objektsystem (angelehnt an [Wie-05])

Wesentliche Bestandteile eines derartigen Planungsansatzes sind

- das Planungssystem und
- das Objektsystem.

Das Planungssystem, das in Form eines Vorgehensmodells und eines Planungsmodells abgebildet werden kann, beschreibt zum einen die Eingrenzung des Planungsobjektes, das schrittweise, zielorientierte Vorgehen und die hierzu verwendeten Methoden. Der durch die Planung zu gestaltende Ausschnitt der Realität wird unter Berücksichtigung der verschiedenen Lebenszyklusphasen durch das Objektsystem repräsentiert.

Die moderne Systemtheorie liefert hierzu die grundlegenden Vorstellungen vom Aufbau und der Kategorisierung von Systemen. Besondere Bedeutung kommt im Kontext einer zunehmend turbulenteren Umwelt dem Teilgebiet der Kybernetik zu, die sich mit der Regelung und Steuerung dynamischer, d. h. zeitlich veränderlicher Systeme befasst. Interdisziplinäre Problemlösungen werden durch die Übertragbarkeit von Methoden auf verschiedenste Bereiche [Bru-91, S. 1] unterstützt.

Systemisches Denken, das einen ganzheitlichen Denk- und Handlungsansatz bezeichnet, beruht auf der Systemdefinition. Diese charakterisiert Systeme wie beispielsweise auch die Logistik allgemein durch

- den Systemzweck,
- die Systemelemente,
- die Relationen (Beziehung zwischen Systemelementen) und deren Eigenschaften
- die Systemgrenzen sowie
- den Input und Output.

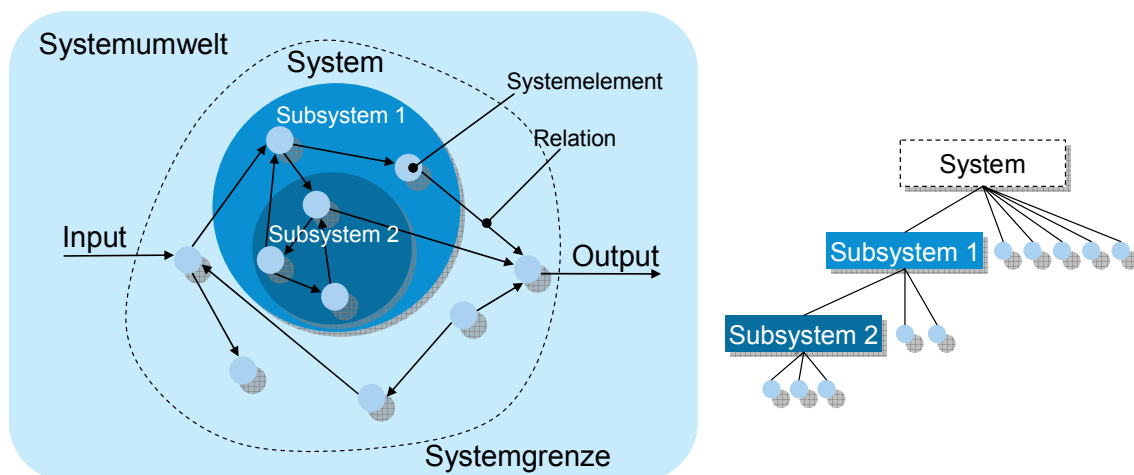


Abbildung 4-3: Systemterminologie und -hierarchisierung



Die Einzelemente haben atomare Eigenschaften, d. h. sie lassen sich nicht weiter zerlegen, jedoch lassen sich einzelne Elemente mit hoher inhaltlicher Zusammengehörigkeit zu Subsystemen zusammenfassen (Modularisierung). Die Möglichkeit der Hierarchisierung trägt ferner zur Reduzierung der Komplexität bei (Abbildung 4-3). Dadurch lassen sich beispielsweise verschiedene Detaillierungsgrade realisieren. Per Definition hat jedes Element mindestens eine Beziehung zu einem anderen Element. Die Eigenschaften dieser Beziehungen werden über Kopplungen und Rückkopplungen bestimmt. Eine Kopplung liegt dann vor, wenn der Output eines Elements den Input für ein anderes Element darstellt. Der Input eines Elements umfasst die Summe der Einwirkungen aus seiner Umwelt, die von allen anderen Systemelementen gebildet wird. Analog wird die Summe der Auswirkungen eines Elements auf seine Umwelt als Output bezeichnet. Die Zweckorientierung eines Systems wird dadurch ausgedrückt, dass jeder Output eine Verwendung in einem anderen Element findet bzw. an einen Empfänger in der Systemumwelt übermittelt werden muss. Jedes System ist hierzu durch eine Systemgrenze von der Systemumwelt abgetrennt. Je nach dem Gegenstand der Betrachtung bzw. Gestaltung gilt es, diese Grenze neu festzulegen [Pah-86].

Die Beschreibung der Eigenschaften eines Systems erfolgt durch eine Unterteilung in offene und geschlossene Systeme, wobei offene im Gegensatz zu geschlossenen Systemen einen Austausch mit der Systemumwelt erlauben. Alle realen Systeme sind daher als offene Systeme zu sehen. Ferner unterliegen dynamische Systeme gegenüber statischen Systemen einer zeitlichen Veränderung bezüglich der Beziehungen zwischen den Systemelementen.

Für die vorliegende Arbeit besitzt die Abbildung und Gestaltung offener, dynamischer Systeme sowohl in Form eines die Realität repräsentierenden Objektsystems (betrachtete oder zu gestaltende Objekte) als auch des gestaltenden Planungssystems elementare Bedeutung.

### **4.2.2 Modelle und Methoden**

Für die Planung und Umsetzung komplexer logistischer Prozesse und Strukturen innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerkes benötigen die Planer ein auf die spezifische Aufgabenstellung abgestimmtes Methodenportfolio. Eine Methode beschreibt das Vorgehen zur Erreichung des angestrebten Ziels [Hes-92]. Die Bildung von Modellen ist bei der Anwendung der meisten Methoden integraler Bestandteil, um den Betrachtungsgegenstand erfassen, Problemursachen ergründen und die gezielte Auslegung von Systemen unterstützen zu können. Modelle sind zudem wesentlich, wenn es ein grundlegendes Verständnis über das statische und dynamische Verhalten eines Systems zu erlangen gilt [Ada-97, Nyh-06]. Daher basiert jede Planungsmethodik

(Sammlung thematisch zusammengehöriger und logisch geordneter Methoden) und insbesondere auch das systemische Denken auf Modellen.

Das in der vorliegenden Arbeit zu entwickelnde Planungskonzept kann aus diesem Grund auch als adaptive modellbasierte Planungsmethodik verstanden werden. Zur Vereinheitlichung wird der Begriff Planungskonzept beibehalten.

### 4.2.2.1 Modellbeschreibung und -erstellung

Die Erstellung und Verwendung von Modellen zur Gestaltung eines realen Systems erfolgt an Hand der in Abbildung 4-4 aufgezeigten generellen Vorgehensweise. Ein Modell bezeichnet dabei eine auf bestimmte Zwecke ausgerichtete, vereinfachende, aber angemessen exakte Beschreibung der Wirklichkeit, die aus einer Abstraktion des betrachteten Systems unter Berücksichtigung der Relationen zwischen dessen inhärenten Elementen resultiert. Wesentliche Forderung an ein Modell ist die Ähnlichkeit zu der abzubildenden Realität, da nur so ein Rückschluss auf die Wirklichkeit aus der Untersuchung des Modells möglich ist.

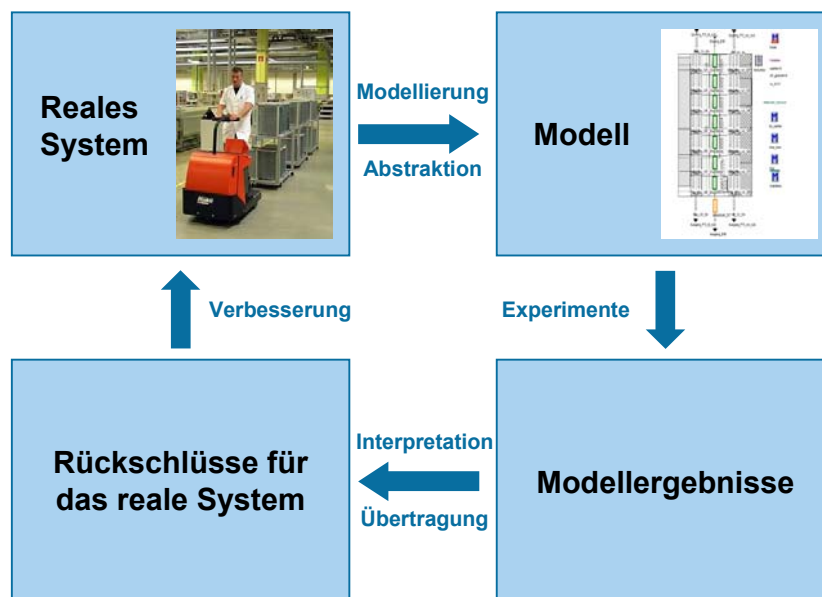


Abbildung 4-4: Reales System und Modellbildung

Daneben bestehen bei der Modellbildung weitere grundsätzliche Anforderungen an große Allgemeingültigkeit (Übertragbarkeit), Klarheit und Verständlichkeit der Aussagen sowie Beschränkung auf das Wesentliche [Oer-73]. Neben einer eindeutigen Definition des Ziels der Modellbildung ist gerade die Begrenzung der Komplexität (u. a. durch Zerlegung in Teilprobleme) von besonderer Bedeutung, um den Erstellungs- und Interpretationsaufwand weitestgehend gering zu halten. Bei der Anwendung von Modellen sind sowohl die generierten Lösungen als auch das Modell selbst einer kontinuierlichen, kritischen Prüfung zu unterziehen, um auch bei veränderten Rahmenbedingungen eine belastbare

Entscheidungsgrundlage zur Verbesserung des abgebildeten, realen Systems zu bieten.

Zur Unterstützung der Planung steht eine Vielzahl von Modellen zur Verfügung. Diese lassen sich mit Blick auf die Unternehmenslogistik in folgende, grundlegende Modellkategorien teilen [Kat-94]:

- *Organisationsmodelle* zur Abbildung hierarchischer Organisationsstrukturen (Aufbauorganisation)
- *Funktions- und Prozessmodelle* zur Darstellung der geplanten Reaktion von Systemen auf vorbestimmte Ereignisse
- *Informationsmodelle* zur Integration von Unternehmensdaten und des darin enthaltenen betrieblichen Know-hows
- *Ressourcenmodelle* zur Allokation und Steuerung von Ressourcen

Die gesamthafte Integration dieser Modelle erfolgt mit Hilfe einer Systemarchitektur, die die Darstellung der Beziehungen zwischen den Modellen ermöglicht.

Die Auslegung von Logistiksystemen im Rahmen der Logistikplanung erfordert eine flexible Gestaltbarkeit des Betrachtungsgegenstands im vorhandenen Planungsraum, der sowohl ein Unternehmen als auch einen Ausschnitt aus einer Wertschöpfungskette darstellen kann. Dies gilt es, bei Bildung der Modelle in der weiteren Arbeit zu berücksichtigen.

### 4.2.2.2 Vorgehensmodelle

Vorgehensmodelle bilden die Grundlage zur systematischen, zielorientierten Durchführung von Projekten. Sie beinhalten das Vorgehen, um schrittweise von einem Ausgangszustand zum gewünschten Sollzustand zu gelangen. Dies umfasst die Untergliederung einer Problemlösung in Teilaufgaben und die Art der Durchführung dieser Teilaufgaben [ScJ-95] S. 3. Vorgehensmodelle enthalten somit Informationen über die zeitliche und logische Reihenfolge der Aufgaben sowie Angaben zu den Zielen einzelner Aktivitäten und den anzuwendenden Methoden. Damit helfen Vorgehensmodelle, eine komplexe Handlungsfolge zur Herstellung eines komplexen Gegenstands (z. B. Logistiksystem) zu ordnen und den Überblick über die Abfolge zu bewahren [Höh-07].

In Literatur und Praxis finden sich eine Vielzahl von Vorgehensmodellen (wie z. B. das Wasserfallmodell, das Spiralmodell, das V-Modell bzw. V-Modell 200x), die zumeist auch auf andere als die ursprünglich gedachten Problemstellungen übertragen werden können. Die Auswahl eines geeigneten

Vorgehensmodells für eine spezifische Aufgabe stellt sich in vielen Fällen als schwierig dar. Dies betrifft insbesondere wissensintensive Projekte wie Forschungsprogramme oder Planungsaufgaben, die zwar eine Zielsetzung, aber nicht immer einen konkreten Entwicklungsgegenstand aufweisen. Daher ist es gerade hier von Bedeutung, Regelwerke und Prozessempfehlungen zu entwickeln, die eine effiziente und effektive Projektdurchführung ermöglichen [Höh-07].

Zur Gestaltung und Bearbeitung von Modellierungs- und Planungsumfängen im Rahmen eines ganzheitlichen Planungskonzepts ist ein entsprechend angepasstes Vorgehensmodell unerlässlich.

### 4.2.3 Komponenten des Planungskonzepts

Der vorgestellte Ansatz der Abbildung realer Systeme und damit auch des Planungssystems (in Form des Planungsprozesses und der damit verknüpften Methoden) sowie des Objektsystems (in Form des Planungsgegenstands) unter Verwendung von Modellen bildet somit eine geeignete und flexible Grundlage zur Gestaltung des adaptiven Planungskonzepts (Abbildung 4-5).

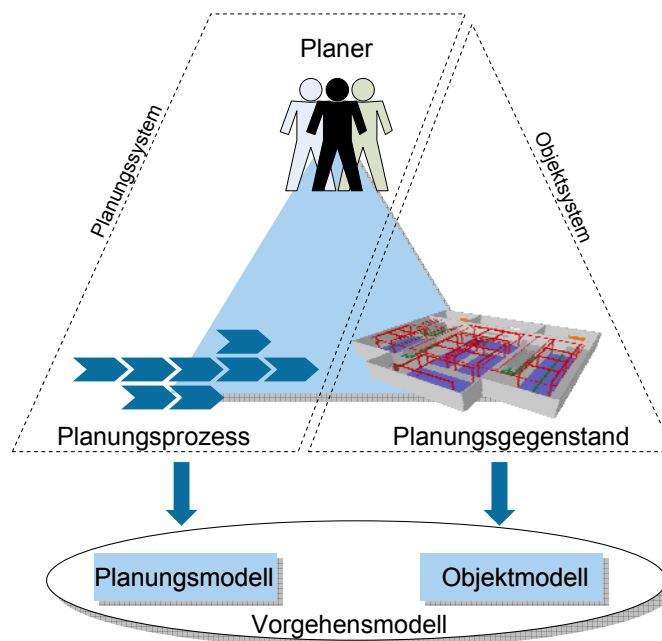


Abbildung 4-5: Kernbestandteile des Planungskonzepts

Als Kernbestandteile des Konzepts werden daher festgelegt:

- das Vorgehensmodell
- das Planungsmodell und
- das Objektmodell.

Der Planer als Ausführer verwendet unter Befolgung des integrierenden Vorgehensmodells das Planungs- und Objektmodell zur Lösungsfindung.

Zur Modellierung werden im Folgenden Gestaltungsprinzipien ermittelt, die die Realisierung der an adaptive Logistikplanung gestellten Anforderungen ermöglichen. In diesem Zusammenhang werden zunächst bereits vorhandene Planungs- und Modellierungskonzepte betrachtet.

### **4.3 Ausgewählte Planungs- und Modellierungskonzepte**

Als Darstellung des Stands der Technik gibt der folgende Abschnitt einen kurzen, aber repräsentativen Überblick über ausgewählte Ansätze, um das breite Spektrum derzeitiger, für logistische Aufgabenstellungen geeigneter Planungs- und Modellierungskonzepte aufzuzeigen. Aufgrund der Vielzahl in der Literatur vorhandener Lösungen ist eine umfassende Darstellung nicht möglich. Die vorgestellten Methoden und Modelle werden im Anschluss bewertet und auf geeignete Gestaltungsprinzipien für die Entwicklung des adaptiven Logistikplanungskonzepts hin analysiert.

#### **4.3.1 Prozesskettenbasierte Planung**

Das Prozessketteninstrumentarium nach Kuhn [Kuh-95] stellt sich als durchgehender und integrierender Problemlösungsansatz zur systematischen Modellierung der Abläufe innerhalb eines Systems dar. Eine Prozesskette besteht aus der zeitlich und logisch geordneten Abfolge von Prozesselementen [VDI3600], die jeweils in sich geschlossene und abgegrenzte Teilprozesse definieren. Jedes der Elemente führt eine Transformation des Inputs in einen definierten Output durch.

Zur Strukturierung der Abläufe wird zwischen einer zeitlichen und einer hierarchisch gegliederten Prozessstruktur differenziert. Letztere unterstützt sowohl einen Top-Down als auch ein Bottom-Up-Ansatz zur Bildung verschiedener Detaillierungsniveaus. Eine Verfeinerung ist dabei in Abhängigkeit vom Modellzweck beliebig möglich. Ebenso ist eine Verdichtung von Ergebnissen zur obersten Ebene hin durchführbar, wo ausgewählte Kennzahlen den Gesamtprozess repräsentieren.

Jedes Prozesskettenelement gehorcht dem Prinzip der Selbstähnlichkeit, d. h. der Elementaufbau ist unabhängig vom gewählten Detaillierungsgrad. Als Kernbestandteile sind jedem Element eine Quelle, eine Senke, Ressourcen, eine Lenkung sowie Strukturen und Prozesse zugeordnet (Abbildung 4-6).

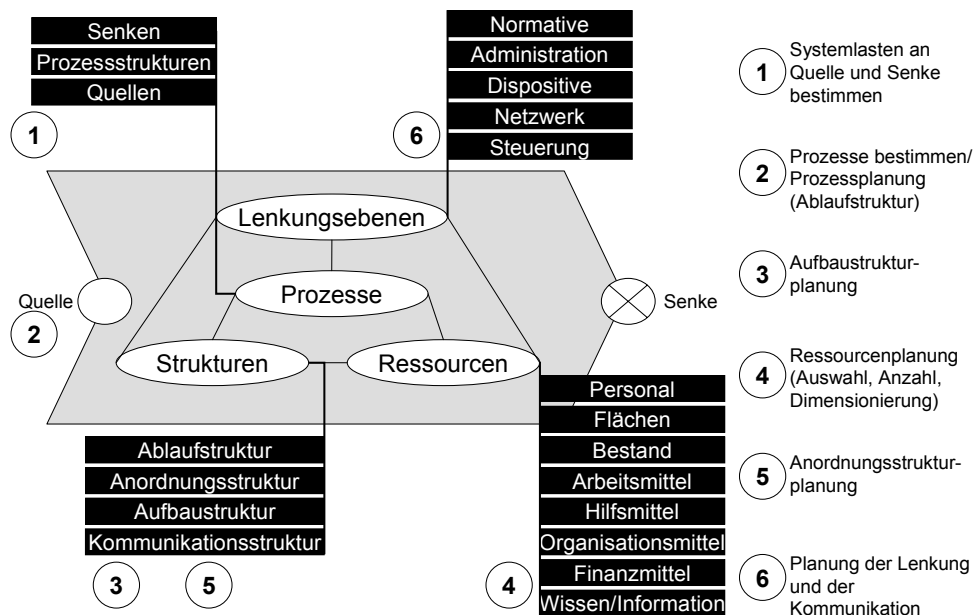


Abbildung 4-6: Prozessorientiertes Planungsvorgehen [Kuh-07]

Die Quellen geben durch den Input in den Prozess die Systemlast wieder, während die Senke den Output und damit den Bedarf des nachfolgenden Elements beschreibt. Die Lenkung, die sich auf fünf Ebenen aufteilt (normative, administrative, dispositive Ebene sowie Netzwerk- und Steuerungsebene) enthält die Vorschriften zur Koordination und Regelung der Prozessketten. Die in jedem Element hinterlegten Prozesse können bei Bedarf zur Detaillierung weiter zerlegt werden. Dies ändert nichts an der inneren Struktur eines Elements, da dadurch neue über Input- und Output verbundene Elemente generiert werden. Ressourcen (Personal, Flächen etc.) stellen die Mittel zur Durchführung der gewünschten Transformation dar. Die Strukturen bezeichnen den Prozessen zugehörige, meist statische Randbedingungen wie die Kommunikationsstrukturen.

Zur Planung logistischer Systeme wurde aus dem Prozesskettenmodell ein prozessorientiertes Vorgehensmodell abgeleitet [Kuh-07, S. 246 ff], das die folgenden Schritte enthält:

1. *Systemlastidentifikation*: Die Systemlast bezeichnet die zu erbringende Transformationsleistung, die an den permanenten und temporären Objekten zu erbringen ist. Letztere befinden sich gegenüber den permanenten Objekten nur für einen begrenzten Zeitraum innerhalb der Systemgrenzen, während erstere dauerhaft dort verbleiben.
2. *Prozessplanung (Ablaufstruktur)*: Auf Basis der im ersten Schritt bestimmten Systemlast werden notwendige Nutzprozesse und unvermeidbare Stützprozesse [Win-97] ausgewählt und angeordnet.

Eine Optimierung der Schwachstellen erfolgt durch eine Veränderung der Prozesskette. Die so generierten Prozesspläne erlauben bereits eine erste Bewertung mit Kennzahlen.

3. *Aufbaustrukturplanung*: Aufgabe ist es hier, Verantwortungsübergänge zwischen verschiedenen Organisationseinheiten festzulegen.
4. *Ressourcenplanung*: Die Festlegung der Art und Menge der benötigten Ressourcen erfolgt auf Basis der Ergebnisse der beiden vorhergehenden Schritte. Dabei kommen sowohl statische als auch dynamische Werkzeuge (z. B. Simulation) zum Einsatz.
5. *Anordnungsstrukturplanung*: Gegenstand dieses Arbeitsumfangs ist die Layoutplanung. Aufgrund vieler Restriktionen sind meist mehrere Iterationen mit den vorhergehenden Schritten notwendig.
6. *Lenkungsplanung und Kommunikationsstrukturplanung*: In einem abschließenden Schritt werden Lenkungsregeln für das konzipierte System entworfen.

Die Vorgehensweise wird um ein Kennzahlenmodell nach [Kir-03] ergänzt, das sich sowohl auf statische als auch dynamische Ressourcen bezieht, um eine Bewertung und Steuerung logistischer Systeme zu ermöglichen.

### **4.3.2 Prozessorientierte integrative modulare Planung**

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 457 wurde eine ganzheitliche Planungsmethode für die Gestaltung der Logistikstrukturen von kompetenzzellenbasierten Produktionsnetzen entwickelt [Ack-05], die eine integrative Prozess- und Systemstrukturierung sowie spezifische Einzelmethoden umfasst. Der wissenschaftliche Ansatz orientiert sich dabei speziell an den Bedürfnissen autonomer Akteure (Kompetenzzellen - KPZ), die in temporären Netzen agieren und soll gerade kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) Planungsperspektiven aufzeigen.

Abbildung 4-7 zeigt die im Methodenbereich adressierten Planungsfälle auf, denen im Objektbereich Produkte, Prozesse und Systeme mit Vorzugslösungen gegenübergestellt werden. Die Verknüpfung beider Bereiche erfolgt mittels einer ganzheitlichen Planungsmethode, die u. a. Methoden zur partizipativen simulationsgestützten Layoutplanung sowie zur integrativen Prozess- und Systemstrukturierung beinhaltet [Sch-07].

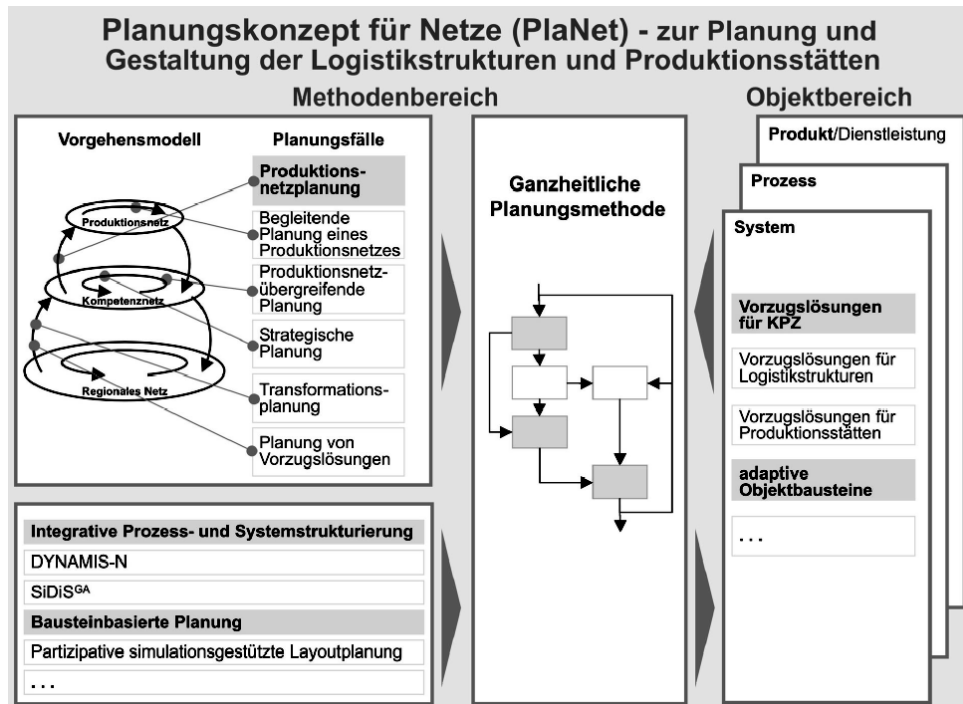


Abbildung 4-7: Ganzheitliches Planungskonzept für Netze [Hor-04]

Die Anwendung des Konzepts stellt sich im Wesentlichen wie folgt dar:

1. Identifikation des Planungsfalles
2. Anpassung der Planungsmethode hinsichtlich der zu bearbeitenden Aufgabenstellung: Hierzu können hinterlegte Planungsvorgehensweisen herangezogen werden. Resultat ist ein zielführender Planungsprozess.
3. Abarbeitung des Planungsprozesses unter Verwendung geeigneter Instrumentarien: Es besteht die Möglichkeit, auf für Kompetenzzellen idealtypische Lösungen aus dem Objektbereich zurückzugreifen.

Der Planungsablauf ist dabei durch eine Vielzahl von Rückkopplungen zwischen den Einzelschritten und deren iterative zyklische Abarbeitung gekennzeichnet [Sch-07].

### 4.3.3 Methode zur integrierten Produktentwicklung und Montageplanung

Zur Verbesserung der betrieblichen Wandlungsfähigkeit wird als Lösungsansatz ein methodisches Vorgehensmodell verfolgt, das der Einführung und Anwendung flexibler integrierter Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozesse dient [Gru-01]. Als wesentlicher Aspekt wird die Integration des Vorgehens von Produkt- und Montageplanung angestrebt, um Abhängigkeiten besser zu beherrschen und Lösungen erarbeiten zu können. Kern ist hierbei die Modularisierung der integrierten Prozesse und deren Zusammenfassung zu



Bausteinen. Es werden Analysebaustein, Synthesebausteine, Bewertungsbausteine, Auswahlbausteine und Synchronisationsbausteine unterschieden. Diese dienen der Modellierung fallspezifischer Prozessnetze.

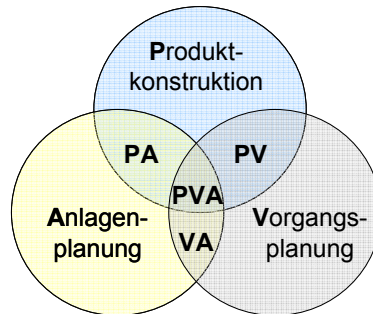


Abbildung 4-8: Betrachtungsschwerpunkte der integrierten Produktentwicklung und Montageplanung [Gru-01]

### 4.3.4 Digitale Fabrik / Virtuelle Produktion

Die Digitale Fabrik wird von manchen Autoren vereinfacht als Werkzeug zur schnellen Veränderung und Adaption der Produktion [Wes-06] bezeichnet. Gemeint ist aber damit der umfassende Ansatz, der durch eine gemeinsame Datenbasis durchgängig miteinander verknüpften Werkzeuge, Methoden und Modelle. Als konsequente Weiterführung der Produktdigitalisierung wird die digitale Fabrik als umfassender Planungs- und Betriebsansatz verstanden und neben einer Vielzahl weiterer in der Literatur verwendeter Definitionen (u. a. [Wie-02a, Wor-01]) wie folgt beschrieben [VDI4499]:

„Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u. a. der Simulation und 3-D-Visualisierung –, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden.

Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.“

Thematisch fokussiert der Ansatz der Digitalen Fabrik die Produktionsplanung, d. h. die Planung der Produktionssysteme und der damit verbundenen Prozesse, die im Sinne des Simultaneous Engineering eng mit der Produktentwicklung verknüpft werden. Sie gewinnt aber auch zunehmend stärkere Bedeutung für die Logistik. Ausgehend von einem digitalen Produktmodell wird unter Verwendung des Werkzeug- und Methodenpools die virtuelle Produktion gestaltet. Dieser enthält laut [Rei-03] folgende Umfänge:

- Modellierung und Visualisierung,
- Simulation und Bewertung,

- Datenmanagement und Kommunikation.

Als zentraler Nutzen der Verwendung digitaler Fabrikmodelle wird besonders die Verkürzung der Planungszeit, die Steigerung der Planungsqualität durch eine Verringerung von Planungsfehlern sowie die Verkürzung von Anlaufphasen gesehen [Eve-02a, Wie-02b].

Hierfür ist ein methodisch strukturierter, softwareunterstützter, „virtueller“ Planungsprozess erforderlich, der die Grundsätze einer iterativen Planung mit zunehmendem Detaillierungsgrad unter Berücksichtigung möglicher Rückwirkungen auf vorhergehende Planungsschritte erfüllt. In [VDI4499] wird ein prozessorientiertes Vorgehen auf Basis von Prozesselementen vorgeschlagen, die bezüglich der technischen Umsetzung in eine rechnerbasierte Form mit Methoden wie SADT (Structured Analysis and Design Technique) oder UML (Unified Modeling Language) beschrieben werden. Zur organisatorischen Gliederung wird eine Gesamtprozessebene eingeführt (Abbildung 4-9), die eine erste thematische Aufteilung der Aufgabenumfänge (z. B. in Strukturplanung, Fertigungsplanung etc.) ermöglicht. Je Gesamtprozess erfolgt eine Zerlegung in einzelne zugehörige Planungsprozesse, die verschiedenen Akteuren zur Bearbeitung zuzuordnen sind. Für jeden Prozess ist ferner festzulegen, welche Ergebnisse mit welchen Informationen und Werkzeugen sowie unter Anwendung welcher Vorgehensweise wann im Planungsablauf (ablauf- und aufbauorganisatorische Fragestellungen) zu erarbeiten sind. Daraus resultieren verschiedene digitale Modelle, die zur Sicherstellung der Redundanzfreiheit über ein zentrales Datenmanagement miteinander verknüpft werden. Die Modellpalette reicht dabei von rein deskriptiven Modellen bis hin zu dynamischen Simulationsmodellen.

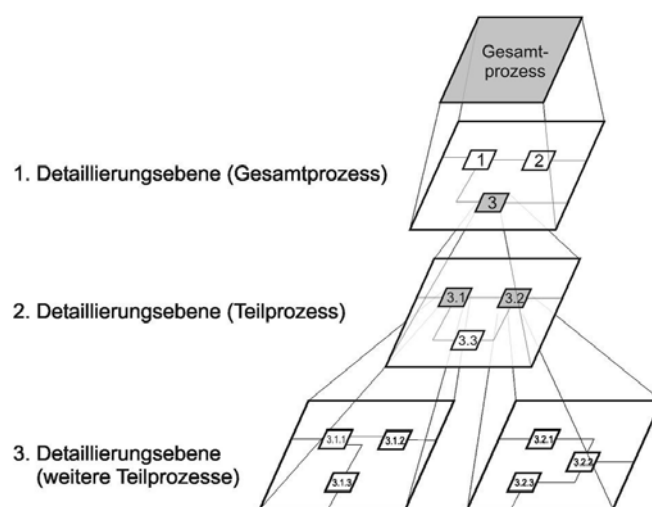


Abbildung 4-9: Hierarchisch aufgebautes Prozessmodell [VDI4499]

Damit spannt die Digitale Fabrik einen sehr weiten Gestaltungsraum zur Durchführung von Planungsprozessen auf, der je nach Unternehmen bzw. Hauptprozess spezifisch zu gestalten und auf die Erfordernisse und das zur Verfügung stehende Werkzeugspektrum anzupassen ist.

### 4.3.5 Partizipativ-kooperative Planung

Mit Hilfe kooperativer bzw. partizipativer Planungsmethoden sollen alle an der Planung Beteiligten, d. h. auch die „Kunden“ [Wie-00a] aktiv in die Lösungsfindung eingebunden werden. Ziel ist die Verkürzung der Planungszeit, die Nutzung von Erfahrungs- und Expertenwissen zur Steigerung der Planungsqualität sowie die Erhöhung der Akzeptanz der Ergebnisse. Thematisch konzentrieren sich derartige Konzepte vor allem auf die Bereiche der Struktur- und Layoutplanung, da hier besonders viele Schnittstellen zu anderen Bereichen bestehen. Notwendige Iterationsschleifen führen bei einem klassisch sequentiellen Planungsablauf zu hohen Planungszeiten und Abstimmungsproblemen. Diesem Umstand soll mittels einer zentralen Integrationsplattform Rechnung getragen werden.

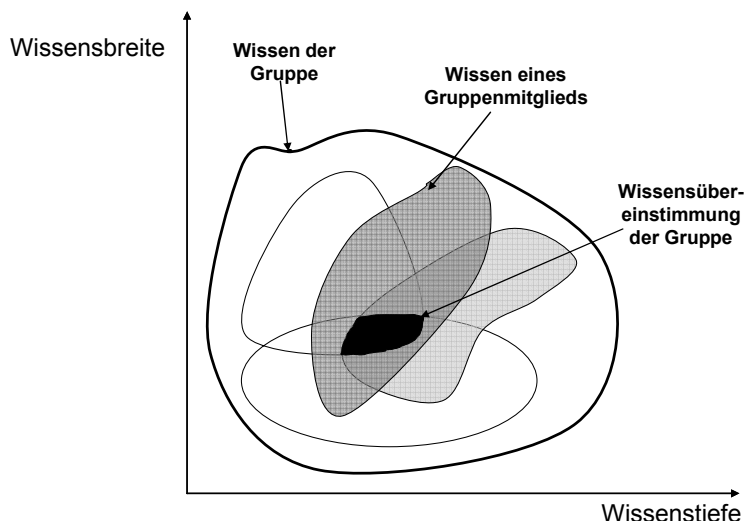


Abbildung 4-10: Wissenspotenzial einer Gruppe [Gäs-06]

Die Basis der Zusammenarbeit stellt eine softwaretechnische, anwendergerechte Kommunikationsplattform im Planungsraum der Digitalen Fabrik dar. Alle in den letzten Jahren entwickelten Methodiken [Fle-04, Gäs-06, Wes-04] bilden den Betrachtungsgegenstand mit Hilfe eines Ebenenmodells ab. Dieses unterstützt die Verfeinerung der Planungsergebnisse über verschiedene Detaillierungsstufen hinweg. Gleichzeitig lassen sich pro Ebene verschiedene Lösungsvarianten anlegen und unterschiedliche Gesamtsysteme erzeugen, die aufwandsarm miteinander verglichen werden können. Die Bearbeitung hat dabei nicht zwangsweise top-down zu erfolgen, da zunächst weniger wichtige Betrachtungsbereiche als Black Box unbetrachtet bleiben und erst später

ausgeplant werden können. Die Erarbeitung der Ergebnisse erfolgt in einem Team aus Spezialisten der einzelnen betroffenen Disziplinen, die in Planungsworkshops an der Lösungsfindung arbeiten und dabei ihr gemeinsames Wissenspotenzial zur Verfügung stellen (Abbildung 4-10).

Dabei spielt es keine Rolle, ob sich die Beteiligten am gleichen Ort oder an verschiedenen Orten aufhalten und direkt über das Internet kommunizieren. Wichtig ist jedoch, dass das verwendete Modell mittels der implementierten Bedien- und Kommunikationsschnittstellen interaktiv verändert werden kann. Zur Förderung des Gruppenbewusstseins werden bevorzugt Tischbasierte Lösungen wie visTable [Gäs-06] und iPlant (unter Verwendung des IPA-Planungstisch) [Wes-04] eingesetzt, die eine einfache und kooperative Planung komplexer Systeme im virtuellen Raum mit Hilfe zweidimensionaler Platzhalter ermöglichen. Virtuelle Gegenstände können mittels Manipulation ihrer Repräsentanten im 2D-Planungslayout in einem daraus automatisch generierten 3D-Modell angeordnet und begutachtet werden. Eine rein Webgebundene Lösung stellt das ViKoP-3D-Planungswerkzeug dar [Fle-04]. Zur schnellen Erstellung von Modellen wird in aller Regel auf Objektbibliotheken zurückgegriffen. Wie dargestellt, ist das Planungsvorgehen weniger reglementiert als bei anderen Methoden und strebt die Optimierung der Kommunikation zwischen den Beteiligten an.

### **4.3.6 Zusammenfassung und Bewertung**

Die vorgestellten Ansätze verdeutlichen exemplarisch das breite Portfolio verfügbarer Planungsmethodiken. Zur Bewertung werden diese an den Anforderungskriterien adaptiver Logistikplanung gespiegelt. Eine Benotung im Sinne eines gewichteten Punkteverfahrens erscheint nicht sinnvoll, da die Konzepte sich auf zu unterschiedlichen Entwicklungsniveaus befinden. Die Aussage, ob ein Kriterium erfüllt, teilweise erfüllt oder nicht erfüllt ist, hält einer Prüfung stand. Es sei zudem darauf hingewiesen, dass ein direkter aussagekräftiger Vergleich der Planungskonzepte nicht möglich ist, da der Einsatzzweck der untersuchten Ansätze teils sehr unterschiedlich ist. Die in Abbildung 4-11 dargestellte Bewertung erlaubt jedoch einen Anhaltspunkt über das Leistungsvermögen.

	Reduzierung Planungszeit und -aufwand	Steigerung Planungsqualität	Kontinuität	Ganzheitlichkeit des Planungsansatzes	Zeitbezogene Universalität	Integration von Wissen und Werkzeugen	Netzwerkfähigkeit	Logistikbezug
Prozesskettenbasierte Planung	+	+	+	-	+	-	-	-
Planungskonzept für Netze	+	+	+	+	o	-	+	-
Integrierte Entwicklung und Planung	+	+	+	+	o	o	o	-
Digitale Fabrik	+	+	+	+	+	-	+	-
Partizipativ kooperative Planung	+	+	-	-	-	-	o	-

Abbildung 4-11: Bewertung der Planungskonzepte

Die tabellarische Übersicht in Abbildung 4-11 zeigt, dass keines der betrachteten Konzepte, die an ein adaptives Planungskonzept gerichteten Kriterien vollständig erfüllt. Gerade hinsichtlich der langfristigen Sicherung und Entwicklung von Planungswissen finden sich in keinem der Konzepte ausreichende Ansätze. Trotz teilweiser Berücksichtigung von Planungswerkzeugen muss dieser Punkt als nicht erfüllt bewertet werden.

	Vorgehensmodell	Objektmodell	Planungsmodell
Prozesskettenbasierte Planung	+	+	-
Planungskonzept für Netze	+	+	+
Integrierte Entwicklung und Planung	+	+	+
Digitale Fabrik	+	+	+
Partizipativ kooperative Planung	+	+	-

Abbildung 4-12: Modellkategorien der Planungskonzepte

Als ganzheitliche Planungs- und Modellierungsansätze können das Planungskonzept für Netze, die Methode zur integrierten Entwicklung und Planung sowie die Digitale Fabrik gesehen werden, da die beiden anderen sich lediglich mit der mit der Gestaltung und Abbildung des Planungsgegenstands beschäftigten und daher über kein integriertes Planungsmodell verfügen (Abbildung 4-12). Für die Gestaltung des Planungsprozesses selbst existieren außerhalb des Vorgehensmodells somit keine Vorschriften oder Konstrukte. Dies verhindert bei der prozesskettenbasierten und bei der partizipativ kooperativen Planung die Sicherung des Planungswissens.

Die prozesskettenbasierte Planung weist mit den Prozesskettenelementen modulare und standardisierte Elemente auf, die eine flexible Gestaltung des

Objektmodells in verschiedenen Detaillierungsstufen erlauben. Das Vorgehensmodell gibt lediglich einen allgemeingültigen Planungsablauf wider und ist nicht weiter auf unterschiedliche Planungsfälle anpassbar.

Einen weitreichenden Ansatz stellt das Planungskonzept für Netze dar. Besonders hervorzuheben ist hier die Ausrichtung auf autonome Akteure. Dies wird speziell an der besonderen Berücksichtigung der Netzwerkfähigkeit deutlich. Zur Modellierung des Objektbereichs kommen auch hier modulare Elemente zum Einsatz.

Besonders zielführend zeigt sich die Methode zur integrierten Produktentwicklung und Montageplanung. Das auf modularen Bausteinen beruhende Planungsmodell verspricht die geforderte Wandlungsfähigkeit bei veränderten Rahmenbedingungen. Die starke Fokussierung auf Entwicklungs- und Produktionsprozesse schränkt die Nutzbarkeit für die Logistikplanung jedoch wesentlich ein.

Die Digitale Fabrik, die in [VDI4499] als Planungskonzept beschrieben wird, bietet zwar geeignete Ansätze für die Gestaltung bzw. Integration eines adaptiven Logistikplanungskonzepts, jedoch sind sowohl das Objektmodell als auch das Planungsmodell nicht ausreichend detailliert beschrieben, um weitere Aussagen darüber treffen zu können. Deren notwendige Spezifizierung sollte im Falle einer Umsetzung zunächst vom OEM ausgehend unter Beachtung der vorhandenen Datenstrukturen geschehen und anschließend auf die Zulieferer übertragen werden, um die Netzwerkfähigkeit zu gewährleisten. In Bezug auf die Logistikplanung ist hier bisher kein Realisierungsbeispiel bekannt. Auch das Thema Wissensmanagement bleibt bislang unberücksichtigt.

Die Reduzierung der Planungszeiten auf Basis verbesserter Kooperation und die Nutzung verteilter Wissenspotenziale bei den partizipativ-kooperativen Ansätzen zeigt sich als deren große Stärke. Die kooperative Planung auf Basis digitaler Werkzeuge eignet sich jedoch vorrangig für graphisch-basierte Umfänge bei einer Systemneuplanung oder -umplanung. Dies stellt nur einen kleinen Ausschnitt der Aufgabenstellungen der Logistikplanung dar. Nachteilig ist ebenfalls, dass die Lösungsfindung nach Projektabschluss nicht mehr vollständig nachvollzogen werden kann und sich daher keine Lerneffekte für das Unternehmen ableiten lassen.

Diese wenn auch nur an Hand einzelner Punkte vorgestellte Analyse der betrachteten Planungskonzepte zeigt, dass grundlegende Ansätze zur Schaffung von Adaptivität in der Planung vorliegen, bekräftigt aber auf Basis der erkannten Defizite nochmals den Bedarf nach einem ganzheitlichen, adaptiven Planungskonzept, das alle festgelegten Kriterien erfüllt, um eine zukunftsfähige Logistikplanung in globalen Netzwerken zu ermöglichen.

Bei der Konzeptgestaltung soll daher auf als zielführend erkannte und erprobte Gestaltungs- und Modellierungsansätze zurückgegriffen werden, die es um zusätzliche Kriterien zu ergänzen gilt (Abbildung 4-13). Als vorrangigstes Gestaltungsprinzip kann bei allen betrachteten Konzepten die Modularisierung identifiziert werden. Der modulare Ansatz in Hinsicht auf die Gestaltung der Konstrukte des Objektmodells und / oder die Strukturierung des Planungsprozesses gewährleistet die Steigerung der Wiederverwendungsmöglichkeit einzelner Modellelemente und reduziert damit den Modellierungsaufwand. Da sowohl die Logistikplanung als auch die Gestaltung von Logistiksystemen auf Prozessen basieren, erscheint ferner die prozessorientierte Modularisierung als sinnvoll, wie sie beispielsweise bei der prozesskettenbasierten Planung verwendet wird. Zur Kapselung der gebildeten Konstrukte und der Überführung in eine softwarebasierte Form empfiehlt sich zudem eine objektorientierte Gestaltung wie sie z. B. bei den Elementen des Objektmodells der partizipativ kooperativen Planung angewendet wird. Um den netzwerkweiten Einsatz des Konzepts zu realisieren bedarf es verbindlicher Standards, um eine einheitliche Grundlage für alle Beteiligten zu schaffen.

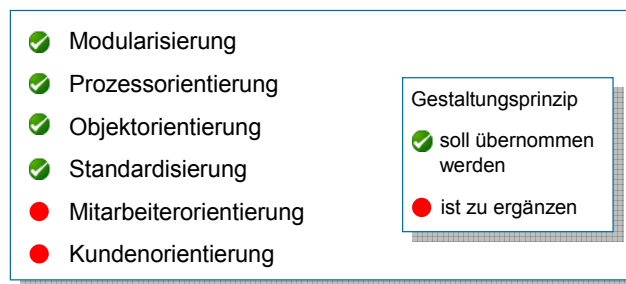


Abbildung 4-13: Gestaltungsprinzipien des adaptiven Logistikplanungskonzepts

Neben diesen in den betrachteten Planungs- und Modellierungskonzepten bereits angewendeten Gestaltungsprinzipien ist zur Erreichung von Adaptivität in der Planung auch der Planer selbst stärker in den Vordergrund zu stellen. Dies betrifft zum einen die optimale Unterstützung seiner Tätigkeit, zum anderen die Abschöpfung, Bereitstellung und Nutzung seines Wissens. Auch die Kundenorientierung in der Planung gilt es herauszustellen, um ein schlankes und zielorientiertes Vorgehen gewährleisten zu können.

### 4.4 Gestaltungsprinzipien des adaptiven Logistikplanungskonzepts

Auf Basis der in den vorhergehenden Abschnitten dargestellten Anforderungen sowie der Analyse bestehender Planungs- und Modellierungskonzepte werden nachfolgend die grundlegenden Prinzipien zur Gestaltung des adaptiven Planungskonzepts beschrieben. Diese dienen bei der Entwicklung und der späteren Anwendung als zielführende Orientierung und Hilfestellung.

### 4.4.1 Modularisierung

Wesentlichstes Gestaltungsprinzip für die Entwicklung des adaptiven Logistikplanungskonzepts ist die Modularisierung von Modellelementen und Teilmodellen. Damit wird die Kapselung zusammengehöriger, zweckorientierter Elemente angestrebt. Ziel ist es, generische, wieder verwendbare Bausteine zu schaffen, die sich durch Parametrisierung und geeignete Kombination anwendungsspezifisch ausgestalten lassen.

Das der Modularisierung zu Grunde liegende Merkmal ist die Gliederung eines Gesamtsystems in mehrere kleine, in sich abgeschlossene und austauschbare Subsysteme. Diese Subsysteme bilden funktionsfähige Einheiten, die einen an das jeweilige Modul weitergeleiteten Input in einen definierten Output überführen. Gleichzeitig gewährleisten Schnittstellen die Vernetzungsfähigkeit der Module untereinander [Aur-03].

Jedes Modul ist eine in sich geschlossene Einheit. Änderungen im Inneren des Moduls, die seine Schnittstelle unverändert lassen, haben keine Rückwirkungen auf das übrige System. Die Struktur jedes Moduls sollte so einfach sein, dass es vollständig verstanden werden kann. Dadurch wird es möglich, die innere Struktur von Modulen ohne Kenntnis des Ganzen und der übrigen Module zu verändern. So lässt sich jedes Modul separat entwickeln und testen [Pou-00] S. 56. Die Korrektheit eines Moduls ist ohne Kenntnis seiner Einbettung in das Gesamtsystem prüfbar [ScG-03].

Der Modulbegriff wird mit Hilfe folgender vier Punkte definiert [Pom-96]:

- Ein Modul ist in der Lage, eine in sich geschlossene Aufgabe vollständig zu erledigen.
- Die Kommunikation eines Moduls mit der Außenwelt darf nur über eindeutig spezifizierte Schnittstellen erfolgen.
- Zur Integration eines Moduls in ein System ist keine Kenntnis seines inneren Aufbaus erforderlich.
- Die Korrektheit eines Moduls muss ohne Kenntnis seiner Einbettung in ein System nachprüfbar sein.

Bei der Gestaltung von Modulen kommt den Methoden Hierarchisierung, Abstraktion und Kapselung eine zentrale Bedeutung zu. Das Zusammenfassen von Modulen oder die Zerlegung in Submodule erzeugt eine Strukturierung in hierarchische Ebenen, wodurch die Komplexität von Strukturen beherrschbar und die Transparenz für alle Planungs- und Entscheidungsbeteiligten erhöht wird [Nof-03]. Die Abstraktion gibt durch das Weglassen unwichtiger Details und das Erkennen von Gemeinsamkeiten die wesentlichen Charakteristika eines



Moduls wieder und dient somit der Komplexitätsreduktion [Pou-00, S. 57f]. Die Kapselung verbirgt die Details der Realisierung eines Moduls und stellt damit ein ergänzendes Konzept zur Abstraktion dar. Sie konzentriert sich auf den konkreten inneren Aufbau eines Moduls und dient dazu, Bedienerchnittstelle und innere Gestalt voneinander zu trennen, so dass die Bedienung eines Moduls ohne Kenntnis des genauen Aufbaus möglich wird.

Eine gute Modularisierung lässt sich über folgende zehn Merkmale beschreiben (Abbildung 4-14), die es bei der Gestaltung der Elemente des Planungskonzepts zu beachten gilt:

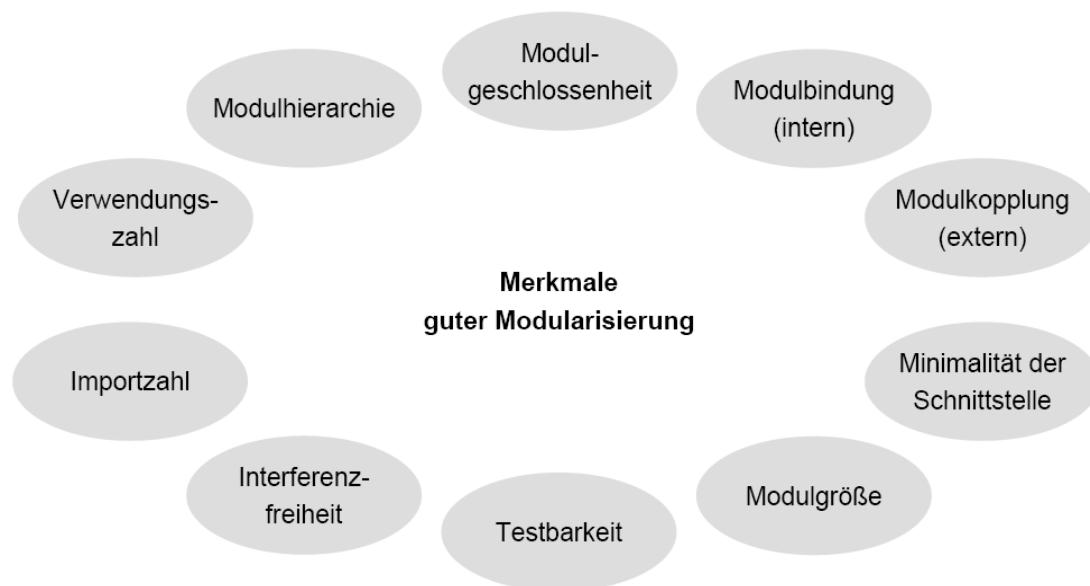


Abbildung 4-14: Merkmale guter Modularisierung [Pom-96]

- **Modulgeschlossenheit:** Ein Modul ist für eine in sich geschlossene Aufgabe zuständig.
- **Modulbindung (intern):** Die Modulbindung bezeichnet die Summe der Beziehungen, die zwischen untergeordneten Modulen bestehen. Sie sollte möglichst stark sein, d. h. es sollte keine Module geben, die ohne Zusammenhang zueinander stehen.
- **Modulkopplung (extern):** Die Modulkopplung drückt aus, wie stark verschiedene Module untereinander verbunden sind. Je größer die Modulkopplung ist, desto mehr Schnittstellen gibt es, die beachtet werden müssen und die die Gefahr von Fehlern erhöhen.
- **Minimalität der Schnittstelle:** Die Minimalität der Schnittstelle steht in engem Zusammenhang mit der Modulkopplung. Je kleiner die

Schnittstelle eines Moduls ist, desto geringer ist die Gefahr einer hohen Modulkopplung.

- **Modulgröße:** Die optimale Modulgröße bzw. Modulanzahl liegt dort, wo die Gesamtkomplexität des Systems am geringsten ist. Die ergibt sich aus der Summe von Modulkopplungs- und Modulbindungskurve (Abbildung 4-15). Einen gleich bleibenden Funktionsumfang des Systems vorausgesetzt, nimmt die Modulkopplung mit steigender Anzahl der Module zu, während die Modulbindung mit steigender Anzahl der Module abnimmt.

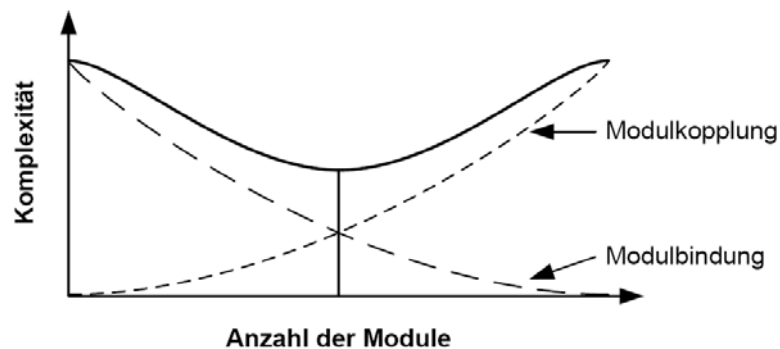


Abbildung 4-15: Optimale Anzahl an Modulen [Pom-96]

- **Testbarkeit:** Eine gute Testbarkeit eines Moduls ist dann gegeben, wenn seine Korrektheit ohne Kenntnis seiner Einbettung in ein Gesamtsystem überprüft werden kann. Das bedeutet, dass sich eine hohe Modulkopplung negativ auf die Testbarkeit auswirkt.
- **Interferenzfreiheit:** Die Interferenzfreiheit sagt aus, dass ein Modul keine unerwünschten Nebenwirkungen auf andere Module ausübt. Nur so ist es möglich, ein Modul durch ein anderes Modul mit derselben Schnittstellendefinition zu ersetzen. Interferenzfreiheit ist also ein wichtiges Kriterium für die Änderbarkeit und Erweiterbarkeit eines Systems. Sie ist nicht gegeben, wenn ein Modul mehrere Aufgaben bearbeitet oder eine Aufgabe auf mehrere Module verteilt ist.
- **Importzahl:** Die Importzahl gibt an, wie viele weitere Module für die Implementierung eines Moduls benutzt werden. Eine hohe Importzahl kann ein Indiz für eine hohe Modulkopplung sein und damit auf mögliche Interferenzen hinweisen.
- **Verwendungszahl:** Die Verwendungszahl eines Moduls gibt an, von wie vielen anderen Modulen es benutzt wird. Eine hohe durchschnittliche Verwendungszahl ist ein Indiz für eine hohe Wiederverwendbarkeit.

- **Modulhierarchie:** Bei der Modularisierung ist auf eine geeignete Hierarchisierung zu achten, die zur Komplexitätsreduktion der Strukturen beiträgt.

### 4.4.2 Prozessorientierung

Neben der Modularisierung besitzt die Prozessorientierung besondere Bedeutung als Gestaltungsprinzip des adaptiven Logistikplanungskonzepts. Diese Beschreibungsform ermöglicht die notwendige Transparenz, um sowohl die mit der Logistikplanung als auch mit Logistiksystemen verknüpfte Komplexität zu verstehen und handhabbar zu machen. Ferner ermöglicht die Prozessorientierung die einfache Anpassung einer Prozesskette an veränderte Rahmenbedingungen und bildet damit eine weitere Grundlage für adaptive Veränderungen innerhalb der Logistikplanung.

Hierzu ist zielführend, das Verhalten von Prozessen mit Hilfe eines Prozessmodells abzubilden, das die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen erlaubt [Kae-96]. Zur Darstellung von Planungs- und Logistikprozessen mittels eines Modells lassen sich unter Berücksichtigung der Prozessorientierung folgende Anforderungen definieren [Kae-96]:

- Der Aufbau des Modells hat aus modularen Elementen zu erfolgen, die zueinander in Beziehung gesetzt werden können.
- Das Modell ist hierarchisch zu strukturieren. Dies geschieht durch verschiedene Ebenen, deren unterste detaillierte, deren oberste aggregierte Informationen enthält.
- Die einzelnen Modellelemente sollen durchgängig dem Prinzip der Selbstähnlichkeit gehorchen. Durch Zerlegung eines Prozesselements in eine Prozesskette wird eine Beschreibungsstufe höherer Detaillierung erreicht, während die Verdichtung einer Prozesskette ein Prozesselement der nächsthöheren Ebene erzeugt.
- Sowohl Planungs- als auch Logistikprozesse sind zu einem Auftragsfluss zu abstrahieren, der mit Hilfe der Ebenen dargestellt werden kann. Hierzu benötigt jedes Modellelement Schnittstellen, um Eingangs- und Ausgangsinformationen aufnehmen bzw. weitergeben zu können.
- Das Modell ist so zu gestalten, dass auch unternehmensexterne Abläufe berücksichtigt werden können.
- Bei Änderung der Modellparameter muss eine einfache Darstellung alternativer Szenarien möglich sein.

- Der Zeit- und Ressourcenverbrauch sowohl eines einzelnen Prozesselements als auch einer Prozesskette ist abzubilden.

### 4.4.3 Objektorientierung

Für die Gestaltung eines modularen und prozessorientierten Planungskonzepts bietet sich eine Übertragung der objektorientierten Modellierung aus dem Software-Engineering an. Objektorientierte Modellierung beschreibt die Realität mit Hilfe diskreter Elemente, die sowohl eine Datenstruktur zur Zustandsbeschreibung als auch ein definiertes Verhalten in sich vereinen. Somit fungieren Objekte als zeitveränderliche Informationsträger. Objekte mit gleichen Datenstrukturen (Attribute) und gleichem Verhalten (Operationen oder Methoden) werden zu Klassen gruppiert.

Die Herausforderungen des Software-Engineerings ähneln denen der Logistikplanung, da auch hier komplexe Interaktionen in sehr kurzer Zeit geplant und häufig an veränderte Randbedingungen angepasst werden müssen. Ähnlich wie im Software-Engineering muss in der Logistik mit komplexen Schnittstellen und Interaktionen umgegangen werden, während der Konfigurationsaufwand möglichst gering bleiben muss [ScG-03]. Neben der Vereinfachung der Wiederverwendung und der Erhöhung der Flexibilität dienen Objekte aber auch dazu, die Komplexität des Systems zu reduzieren [Pou-00] S. 77.

In Verknüpfung mit dem vorweg genannten Kriterium der Prozessorientierung bedeutet dies, dass die einzelnen Prozesselemente bei der Konzipierung des adaptiven Planungskonzepts in Form von Objekten zu beschreiben sind.

Die objektorientierte Beschreibung besitzt auch wesentliche Bedeutung für eine aufwandsarme Überführung der definierten Objekte in rechnerbasierte Anwendungen und damit für deren Integration in die Digitale Fabrik.

### 4.4.4 Standardisierung

In engem Zusammenhang mit den Gestaltungsprinzipien der Prozess- und Objektorientierung steht die Forderung nach Standardisierung wesentlicher Bestandteile des adaptiven Planungskonzepts, um damit ein gemeinsames Verständnis für die verschiedenen am Planungsprozess Beteiligten zu schaffen. Standardprozesse sollen mit dem Ziel verwendet werden, Abläufe mit vorgefertigten, einheitlich beschriebenen Vorlagen abzubilden zu können. Standardisierung kann in Verbindung mit der Prozessorientierung auch als generische Methode zur inhalts- und strukturkompatiblen Modellierung von Abläufen gesehen werden. Deren Anwendung ermöglicht die Ablage von Standardprozessen in Bibliotheken und erleichtert die Beschreibung von Abläufen, die Analyse und Abstraktion, die Identifikation von Schwachstellen

sowie die Optimierung von Prozessen [Hom-03]. Einmal definiert und beschrieben können Standardelemente jederzeit wieder genutzt und gegebenenfalls modifiziert werden und reduzieren damit den mit der Modellierung verbundenen Aufwand.

### **4.4.5 Kundenorientierung**

Im Rahmen einer wertschöpfungsorientierten Planung stellt Kundenorientierung eine wesentliche inhaltliche Gestaltungsrichtlinie dar. Kundenorientierung innerhalb der adaptiven Planung beinhaltet die Zielvorgabe, das bei der Aufgabenerfüllung vorhandene Funktions- und Abteilungsdenken verstärkt zum Kundendenken weiterzuentwickeln. Dabei können sowohl externe als auch interne Kunden im Vordergrund stehen. Neben dem Auftraggeber ist insbesondere jeder im Planungsablauf nachgelagerte Umfang und dessen Gestaltungsbereich als Kunde zu sehen. Die Planungsqualität wird daher nicht nur durch die eigenen Anforderungen sondern durch die Bedürfnisse des nachfolgenden Kunden maßgeblich beeinflusst. Voraussetzung ist die umfassende Kenntnis und Erfüllung der Anforderungen der internen und externen Kunden, um eine funktionsübergreifende Optimierung der Bearbeitungsumfänge zu erreichen.

### **4.4.6 Mitarbeiterorientierung und Wissensmanagement**

Gerade bei der Umsetzung ganzheitlicher Produktionssysteme und vor dem Hintergrund ständiger Planungsfähigkeit sowie steigender Planungsumfänge [DoT-01] rückt der Mensch als Kreativitäts- und Wissensquelle [Pro-03; Tro-04] in das Bewusstsein der Unternehmen. Das Engagement, die Fähigkeiten und das Know-How der Mitarbeiter tragen entscheidend zum Erfolg oder Misserfolg in den volatilen Märkten bei. Mitarbeiterorientierung wird verstärkt zur Unternehmensstrategie, die Entfaltung des Mitarbeiterpotenzials zur Managementaufgabe. Es gilt Ideen, Wissen und die Flexibilität der Mitarbeiter zu entdecken, zu fördern und standortübergreifend zu vernetzen, um so die Adaptivität und damit Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

Mitarbeiterorientierung im Rahmen des adaptiven Planungskonzepts beinhaltet die verstärkte Übertragung von Verantwortung an die Planungsbeteiligten. Dabei wird auf die Kompetenz und die aktive Einbindung der jeweils bestgeeigneten Experten gesetzt, um auf Basis deren Wissens möglichst große Verbesserungspotenziale hinsichtlich Zeit und Qualität der Planung zu erschließen. Hierzu gilt es, den Planern in geeigneter Form alle Ressourcen (Wissen, Methoden, Werkzeuge) zur Verfügung zu stellen, die sie zur Bewältigung ihrer Aufgaben benötigen. Zur Unterstützung des eigenverantwortlichen Handelns ist ein klarer Orientierungsrahmen notwendig, der die Einordnung der Tätigkeiten jedes Einzelnen erlaubt. Dies schafft zum einen Transparenz über den Gesamtprozess und lässt zum anderen die

Auswirkungen des Handelns erkennen. Es zählt zur Aufgabe des adaptiven Planungskonzepts diesen Orientierungsrahmen zu bilden und damit die Mitarbeiter bei der Bewältigung der gestellten Aufgabe zu unterstützen. Ferner ist es notwendig, ein Kommunikationssystem zu integrieren, über das es möglich ist, Verbesserungen anzuregen und umzusetzen.

Gleichzeitig soll neu erarbeitetes Wissen aufgabenbezogen bewahrt und für die spätere Bearbeitung ähnlicher Aufgaben anderen Anwendern zu Verfügung gestellt werden. Die Einbringung individueller Erkenntnisse steigert die Akzeptanz für Wissensmanagement und erweitert das Planungskonzept um Lernfähigkeit.

### 4.4.7 Zusammenfassung und Konzeptgrundlagen

Wie die gewählten, grundlegenden Gestaltungsprinzipien zeigen, wird in der vorliegenden Arbeit zur Beherrschung der Komplexität und zur Schaffung von Adaptivität in der Logistikplanung der Ansatz einer prozessorientierten Modularisierung der Planung verfolgt. Eine knappe Darstellung der damit verbundenen Vorteile fasst Abbildung 4-16 zusammen.

Eigenschaft	Vorteil
Abgrenzbarkeit	Autonome Betrachtung von Teilprozessen
Erweiterbarkeit	Bedarfsspezifische Erweiterung der Prozesse
Hierarchisierung	Ausgliederung oder Detaillierung kritischer Teilprozesse
Kombinierbarkeit	Schnelle und flexible Konfiguration von Gesamtprozessen
Kontrollierbarkeit	Aufwandsarme Erfolgskontrolle durch zurechenbare Leistung
Prozessstabilität	Beschränkung von Veränderungen auf Teilprozesse
Standardisierbarkeit	Schaffung wiederverwendbarer generischer Standardprozesse
Wiederverwendbarkeit	Rückgriff auf vorhandene Prozesse und Erfahrungen

Abbildung 4-16: Vorteile der Prozessmodularisierung (in Anlehnung an [Gru-01])

Den Ausgangspunkt bilden die vollständige Beschreibung der aufgabenspezifischen Planungsabläufe und deren anschließende Zerlegung in einzelne Prozessabschnitte mittels Dekomposition. Dies hat so zu geschehen, dass in sich abgeschlossene und eindeutig abgrenzbare Konstrukte entstehen, die sich der Beantwortung einer Teilaufgabe aus dem planerischen Gesamtlösungsweg widmen und damit ein spezifisches Teilergebn generieren. Durch eine eingehende Analyse der Zusammenhänge innerhalb des Gesamtprozesses wird eine Beschreibung der hierfür notwendigen Inputgrößen möglich. Dieser Bedarf erlaubt eine weitergehende Spezifizierung der zu erbringenden Ergebnisse unter Betrachtung der Kunden-Lieferanten-Beziehungen zwischen den einzelnen Prozesselementen. Dieser äußere Rahmen bildet im weiteren Verlauf die Basis für die Entwicklung der in den prozessorientierten Elementen

beschriebenen Vorgehensweisen. Diese können je nach dem notwendigen Grad der Detaillierung in beliebig viele weitere Schritte unterteilt werden.

Damit stehen flexible Grundelemente zur Verfügung, die durch Kombination wieder zu neuen Prozessketten zusammengestellt werden können und damit die Schaffung von Adaptivität im Planungsprozess ermöglichen.

Im nächsten Abschnitt wird das auf diesen Grundlagen basierende adaptive Planungskonzept eingehend an Hand seines Aufbaus und seiner Bestandteile erläutert.





## 5 Konzept der adaptiven Logistikplanung

Das Konzept der adaptiven Logistikplanung umfasst eine ganzheitliche Methodik zur schnellen, hochqualitativen Durchführung von Planungsumfängen unter Beachtung der in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Anforderungen und Gestaltungsprinzipien. Ziel ist es, zur Beherrschung zunehmender Turbulenz im Bereich der Logistik durch erhöhte Planungsbereitschaft und effiziente Prozesse beizutragen und insbesondere Planungswissen und -werkzeuge verstärkt zu integrieren. Die Wiederverwendbarkeit von etablierten Planungsprozessen soll ferner dazu führen, den Planungsaufwand zu senken und Planungswissen zu bewahren und weiterzuentwickeln.

Dies erfordert eine hochgradig systemeigene Anpassungsfähigkeit der Logistikplanung, die durch eine innovative Synthese von Standardisierung und Flexibilität erreicht wird. Die Umsetzung erfolgt durch ein entsprechend gestaltetes Vorgehensmodell unter der Nutzung standardisierter Planungselemente, die auf Basis der Prinzipien der Modularisierung und Prozessorientierung definiert wurden.

Da das Prinzip der Modularisierung sowohl auf die Planungsdurchführung als auch auf den Planungsgegenstand durchgängig angewendet wird, soll folgende Festlegung hinsichtlich der Verwendung des Begriffs „Modul“ bereits im Vorgriff helfen, die jeweils betrachteten Elemente eindeutig zu benennen:

- Module, die als Bestandteil der Logistikplanung abgegrenzte Prozessumfänge beschreiben, werden als Bausteine bezeichnet.
- Module, die zur Darstellung des Planungsgegenstands dienen, werden weiterhin Module genannt.

Im nachfolgenden Abschnitt werden nach einer einführenden Beschreibung des Gesamtkonzepts die einzelnen Bestandteile ausführlich vorgestellt.

## 5.1 Darstellung des Gesamtkonzepts

Das Gesamtkonzept stellt die grundlegenden Bestandteile des in der Arbeit entwickelten Regelwerks für die Konstruktion und Anwendung eines adaptiven Planungskonzepts vor.

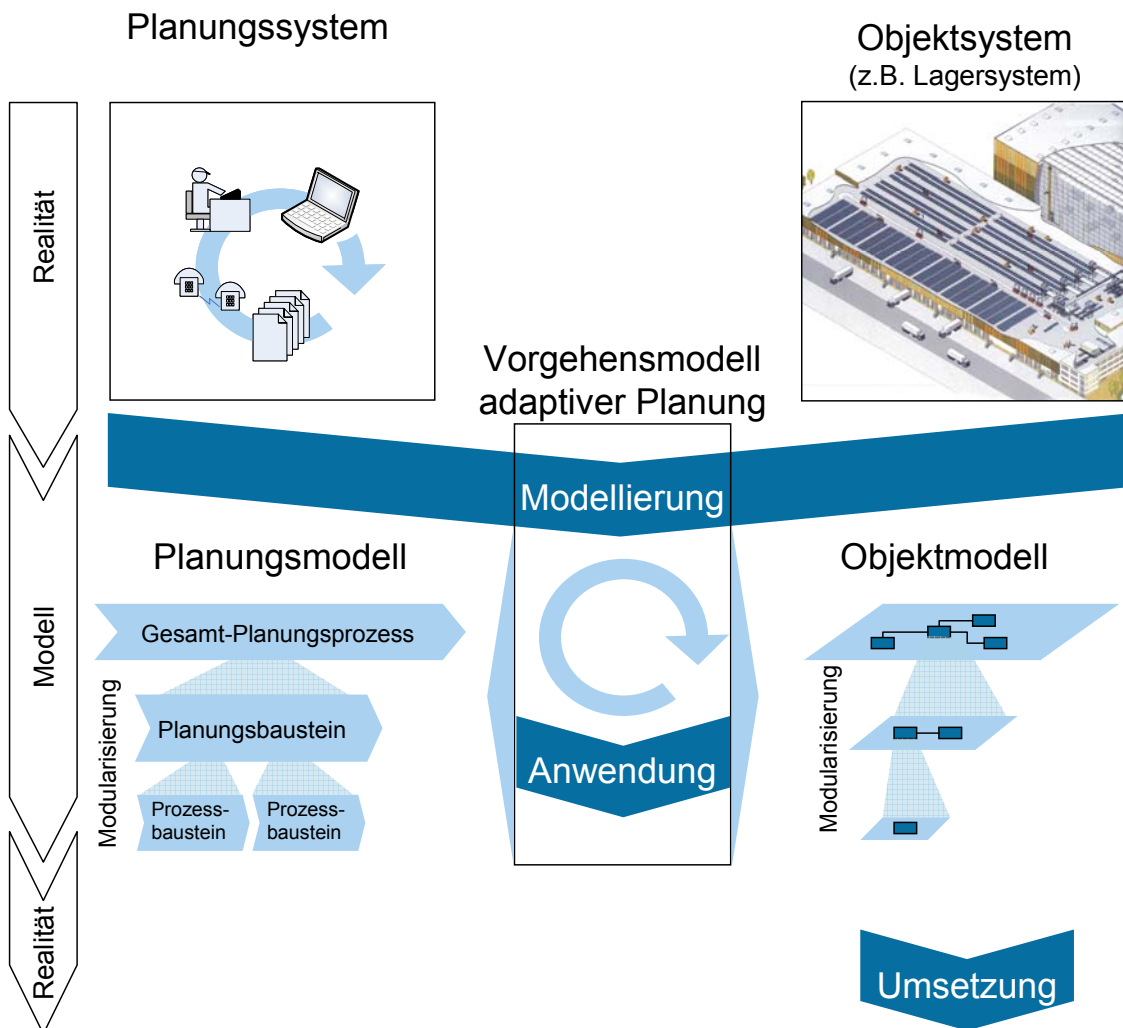


Abbildung 5-1: Darstellung des Gesamtkonzepts

### Konzeptelemente

Ausgangspunkt für die Gestaltung ist der Gedanke einer Abbildung der Logistikplanung auf Basis eines systemtechnischen Ansatzes in Form von Modellen, die einerseits das Planungssystem und andererseits das Objektsystem beschreiben (vgl. Kap. 4.2). Entsprechend gilt es, sowohl die Logistikplanung als für den Planer aktive Handlungsform mit ihren Prozessen als auch den zu beplanenden passiven Gegenstand, der in der Regel ebenfalls eine Prozessgestaltung beinhaltet, abzubilden (Abbildung 5-1). Die Verknüpfung der beiden Modelle erfolgt über eine definierte Vorgehensweise,

die in Form eines Vorgehensmodells die Gestaltung und Nutzung der Konstrukte der Planungsmethodik vorgeben.

Als wesentliche Elemente des Konzepts zur adaptiven Logistikplanung wurden daher bereits in Kapitel 4

- das Vorgehensmodell,
- das Planungsmodell sowie
- das Objektmodell

festgelegt.

Das Vorgehensmodell stellt die grundlegenden Abläufe im Umgang mit den beiden weiteren Modellen zur Verfügung und leitet den Planer zu strukturiertem, zielorientiertem Vorgehen bei Modellierung und Bearbeitung an.

Das Planungsmodell bildet auf Basis seiner Modellelemente einen aufgabenspezifischen Logistikplanungsprozess ab und unterstützt gleichzeitig den Planer durch die Modellanwendung in seiner Aufgabe. Ferner hat das Planungsmodell die Aufgabe als Wissensspeicher eine langfristige Sicherung und Weiterentwicklung von Planungswissen zu bewerkstelligen.

Das Objektmodell ist als virtuelles Abbild der Realität zu sehen und gibt den Planungsgegenstand in vereinfachter, zweckoptimierter Weise wieder.

Die Verwendung von standardisierten und modularen Elementen sowohl bei der Bildung des Planungs- als auch des Objektmodells soll die Schaffung von Adaptivität in der Logistikplanung gewährleisten.

### **Vorgehen**

Ausgangspunkt jedes Planungsprojekts ist eine Aufgabe und ein dadurch definiertes Ziel, das durch planerische Aktivitäten zu erreichen ist. Hierzu wird entsprechend der Vorgaben des Vorgehensmodells zunächst ein Planungsmodell aufgebaut, das einen zielführenden, idealtypischen Planungsprozess beschreibt. Die Planungsmodellerstellung soll möglichst unter Verwendung bereits erarbeiteter Konstrukte aus einer Sammlung prozessorientierter Planungselemente erfolgen. Liegen diese als Bausteine bezeichneten Elemente bei Planungsstart nicht vor, sind sie neu zu erstellen. Nach Nutzung, Bewertung und gegebenenfalls Überarbeitung werden sie in der Sammlung zur erneuten Nutzung hinterlegt.

Nach Festlegung der Planungsaufgabe kann mit der Vorbereitung des Objektmodells, das den Planungsgegenstand abbildet, begonnen werden. Auch

hierbei soll im Idealfall auf vorhandene, standardisierte Elemente, sog. Module zurückgegriffen werden. Die aus der Realität gewonnenen Ist-Daten spezifizieren den Ausgangszustand des Modells.

Das vollständig beschriebene Planungsmodell gibt auf Basis der Bausteine, die thematisch gekapselte Teilschritte enthalten, den Ablauf des zielführenden Planungsvorgehens wieder. In Abhängigkeit der Projektorganisation können die einzelnen Bausteine an verschiedene, auch an über mehrere Unternehmen verteilte Planer übergeben werden, die dann gemeinsam an der Lösungsfindung arbeiten. Die Bausteine definieren den von den Planern zu liefernden (Teil-)Beitrag und geben ihnen zugleich eine empfohlene Vorgehensweise zur Generierung des benötigten Ergebnisses an die Hand. Mittels des Planungsmodells wird der Planungsfortschritt permanent überwacht und kontrolliert. Nach Abschluss jedes Planungsschritts hat eine Überprüfung der Sinnhaftigkeit des modellierten Vorgehens zu erfolgen, um möglicherweise aufgrund der Ergebnisse oder etwaig geänderter Randbedingungen eine Anpassung durchzuführen. Auf diese Art wird eine höchst adaptive Reaktion innerhalb der Planung realisiert.

Durch die Planungshandlung wird im Projektverlauf das Objektmodell schrittweise vom Ist-Zustand in den Soll-Zustand überführt. Dieser stellt das maßgebliche Ergebnis der Planung dar, das im Anschluss in der Realität umzusetzen ist.

### **Modellierung**

Das Verständnis der Wertschöpfungskette als komplexes System, in dem jeder der Teilnehmer zur Zielerreichung beiträgt, dabei aber autonom agiert, verdeutlicht nochmals die Notwendigkeit des Grundsatzes der Modularisierung. Nur eine Unterteilung der umfangreichen Planungsprozesse in übersichtliche, handhabbare Umfänge und deren verteilte Bearbeitung durch spezialisierte Partner erlaubt eine zukunftsfähige Logistikplanung. Gleichzeitig kann auf Basis modularer, generischer Elemente eine schnelle Anpassung des Planungsablaufs und die Weiterverwendung erprobter Konstrukte gewährleistet werden. Modulare, standardisierte Elemente schaffen einen klar verständlichen Ordnungsrahmen für alle Anwender und erleichtern den unternehmensübergreifenden Einsatz des Planungskonzepts.

Trotz der Standardisierung und des vorgegebenen Planungsablaufs engt das Konzept den Planer nicht in seiner Kreativität ein, sondern verschafft ihm zeitliche Freiräume zur bestmöglichen Erfüllung seiner Aufgabe, indem es ihn von Standardtätigkeiten entlastet.

Nach dieser grundsätzlichen Darstellung erfährt das Konzept seine Detaillierung in den nachfolgenden Abschnitten, die sich mit der Architektur des Planungsmodells, der Abbildung der Realität im Objektmodell sowie den Phasen des Vorgehensmodells befassen.

### **5.2 Aufbau des Planungsmodells**

Inhalt des nachfolgenden Abschnitts ist die Beschreibung der Architektur des Planungsmodells. Es werden hierbei die Gestaltung und Gliederung des Planungsmodells sowie seiner einzelnen Elemente dargestellt.

Zunächst werden die Ebenen des Planungsmodells und im Anschluss die damit verknüpften Elemente näher spezifiziert.

#### **5.2.1 Gesamtdarstellung**

Für die Bildung des Planungsmodells ist ein weitreichendes Verständnis des Modellierungsgegenstands, sprich der Logistikplanung, notwendig, denn das Modell muss dessen vollständige und zweckmäßige Abbildung ermöglichen und gleichzeitig die Nutzung durch den Planer unterstützen. Ferner ist das Modell als Transformationssystem (vgl. Kap. 4.1) zu begreifen, da es innerhalb der Planung zu einer Veränderung der Elemente des Planungsmodells und des Objektmodells, das den zu betrachteten Planungsgegenstand vollständig wiedergibt, kommt. Das Objektmodell wird durch die Anwendung des Planungsmodells unter Berücksichtigung des definierten Ziels und vorliegender Randbedingungen von einem Ist- in einen Sollzustand transformiert. In Bezug auf die Transformation lassen sich insgesamt drei Kategorien unterscheiden:

1. Das Planungsmodell transformiert das Objektmodell.
2. Das Planungsmodell verändert (adaptiert) sich selbst.
3. Das Planungsmodell verändert durch die Adaption des Objektmodells in einem parallelen oder konsekutiven Vorgang auch sich selbst.

Transformation 1 beschreibt einen Vorgang, der den Planungsgegenstand entsprechend der Aufgabenstellung in gewünschter Weise verändert, also das Planungsziel erreicht, ohne dabei selbst einer Änderung unterworfen zu werden. Es kann darunter somit ein Best-Practice-Vorgehen verstanden werden, das keiner Anpassung des Planungsmodells aufgrund der bei der Aufgabendurchführung gemachten Erfahrungen etc. bedarf, sondern auch bei einer gleich oder ähnlich gearteten Aufgabe unverändert angewendet werden kann.

Die zweite Transformation ist von außen induziert, steht aber nicht in (direkter) Verbindung mit einer konkret durchzuführenden Planungsaufgabe. Hierunter ist

vielmehr eine Anpassung des Planungsablaufs aufgrund veränderter Randbedingungen zu verstehen. Dies können mitunter Strategien sein, die zukünftig in der Realität und damit den Objektmodellen umgesetzt werden sollen. Die Einführung der Lean-Production-Philosophie hat beispielsweise wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung des Objektmodells. Dies muss im Planungsvorgehen entsprechend berücksichtigt werden. Ferner können auch aus anderen Bereichen übertragene Erkenntnisse (Wissenstransfer) sowie neue Methoden und Werkzeuge zu einer Veränderung des Planungsmodells führen.

Die 3. Transformation beinhaltet einen mit der Aufgabenerfüllung in direkter Verbindung stehenden Lernprozess, der aus den bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung gemachten Erkenntnissen beruht. Aufgrund der hierbei festgestellten Defizite wird sofort oder nach Erreichen des Planungsziels eine Optimierung des Planungsmodells durch die Anpassung der darin hinterlegten Vorgehensweise durchgeführt.

Diese Transformationsvorgänge legen die inhaltliche Basis für die Gestaltung des Planungsmodells und damit für die zu berücksichtigenden und abzubildenden Eigenschaften des Realsystems. Entsprechend hat die Modellgestaltung so zu erfolgen, dass jede dieser Transformationen dargestellt werden kann.

### **5.2.1.1 Entwicklung der Modellarchitektur**

Aufbauend auf den zuvor definierten Anforderungen können die wesentlichen Elemente des Planungsmodells spezifiziert werden. Hier sei bereits erwähnt, dass die Mehrzahl der Elemente sowie deren Eigenschaften in den nachfolgenden Abschnitten detailliert erläutert werden, so dass auf deren Schilderung an dieser Stelle verzichtet wird.

Folgende Elemente sind zur Modellierung und Optimierung logistischer Planungsprozesse von Bedeutung und finden daher Eingang in das Planungsmodell:

- Planungsaufgabe und Planungsziel
- Kennzahlen
- Planungsauslöser
- Planungsbegleitende Randbedingungen (Kontext)
- Planungsprozesse (in Form modularer Planungs- und Prozessbausteine)
- Planungsmethoden

- Planungswerkzeuge
- Best Practices

Im Zentrum des Modells steht der Planungsprozess. Die Zusammenhänge zwischen diesem und den genannten Größen werden bei der Besprechung der Modellebenen herausgestellt. Eine kurze Übersicht bietet jedoch bereits Abbildung 5-2.

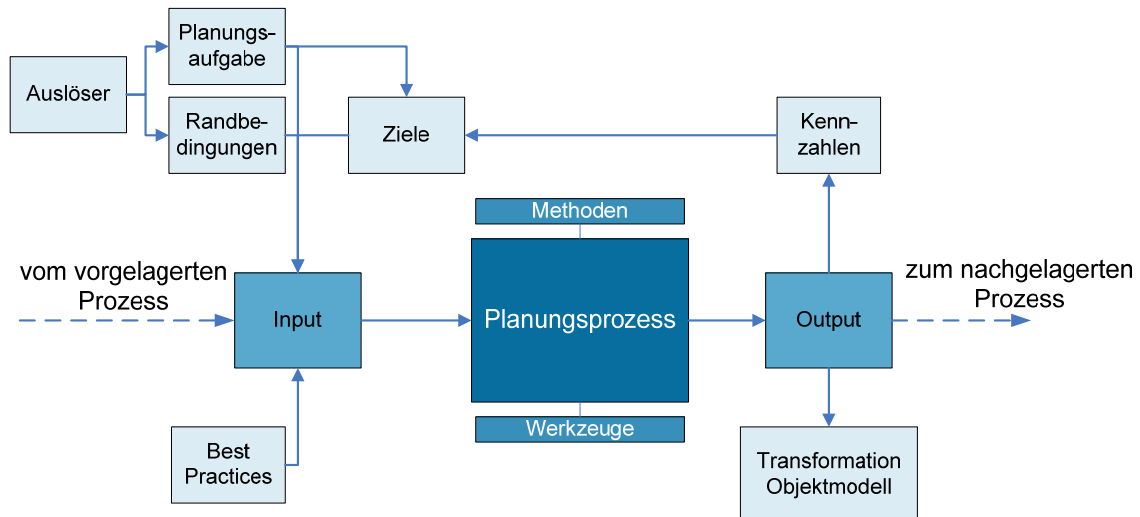


Abbildung 5-2: Darstellung der grundlegenden Zusammenhänge am Beispiel eines isolierten Prozessschritts

Nach der Festlegung der Modellelemente und deren Zusammenhangs erfolgt die Darstellung der Modellarchitektur an Hand der unterschiedlichen Modellebenen.

Die Herausforderung bei der Planung logistischer Prozesse liegt in der effizienten Erarbeitung der Ziele. Es ist Aufgabe des Planungsmodells, den Planer ausgehend von der Aufgabenstellung und den damit verknüpften Zielen bis zu deren Umsetzung zu unterstützen. Dies wird durch die Ausprägung verschiedener Modellebenen im Planungsmodell berücksichtigt, die auch der Strukturierung des im Vorgehensmodell hinterlegten Herangehens der Modellierung und Planung in Phasen dienen, das im Kapitel 5.4 beschrieben wird.

Vor Beginn der Modellbildung steht die Definition des Planungsziels, das aus der gestellten Planungsaufgabe abgeleitet werden kann. Dies erfolgt auf der Zielebene (Abbildung 5-3). Daraus resultiert unter Berücksichtigung der herrschenden Randbedingungen die Eingrenzung des Planungsraumes, also die Festlegung der zur Zielerreichung zu bearbeitenden, generellen Themenfelder (z. B. Bereitstellplanung). Es ist darauf zu achten, dass damit alle im Sinne der Zielsetzung notwendigen Planungsumfänge berücksichtigt

werden. Deren weitergehende Spezifizierung definiert auf der zweiten Modellebene, der Handlungsebene, den Handlungsraum in Form des zielführenden Gesamtplanungsablaufs. Auf der darunter gelegenen Prozessebene lässt sich dieser Ablauf weiter detaillieren. Die dort hinterlegten Elemente verknüpfen die zur Planungsdurchführung benötigten Handlungsabfolgen mit den hierzu benötigten Werkzeugen und Methoden.

Es resultieren drei Ebenen des Planungsmodells:

- Zielebene
- Handlungsebene
- Prozessebene

Zur Füllung der jeweiligen Ebenen bedarf es entsprechender Elemente, die durch geeignete Modellierung die Adaptivität des Planungsablaufs sicherstellen. Bei der Gestaltung dieser Elemente gilt es, die Anforderungen und Gestaltungsprinzipien (vgl. Kap. 3 und Kap. 4) des adaptiven Planungskonzepts zu beachten. Die Einordnung der Elemente auf den verschiedenen Ebenen verdeutlicht nachfolgende Darstellung, während eine eingehende Beschreibung der wichtigsten Modellelemente im Anschluss an die Ausführungen zu den Ebenen des Planungsmodells folgt.

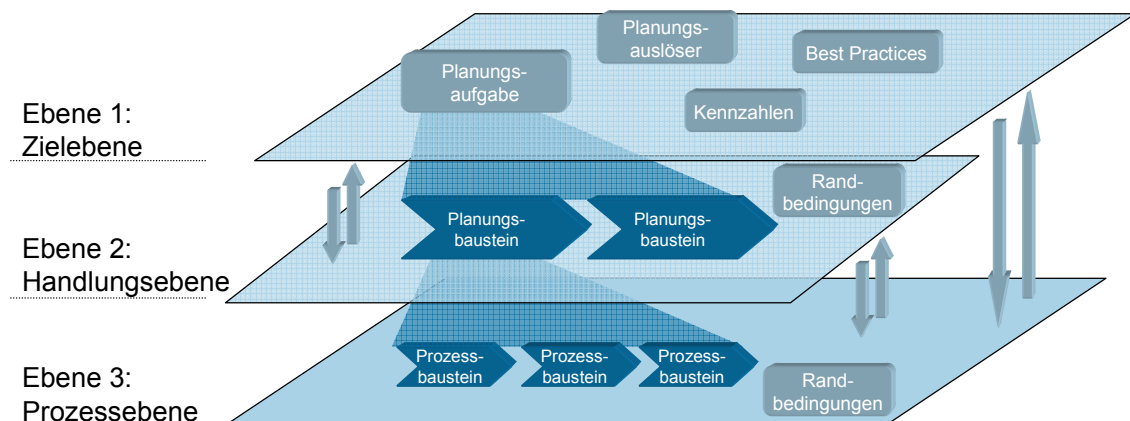


Abbildung 5-3: Ebenen des Planungsmodells

### 5.2.1.2 Zielebene

Die Zielebene dient der Festlegung der mit der Planungsaufgabe verbundenen Ziele sowie der Ermittlung des Grads der Zielerreichung. Die Planungsaufgabe beschreibt ein ursächliches Problem, das initiiert durch einen Planungsauslöser mit Hilfe der Planung bewältigt werden soll. In Kapitel 2 wurden hierzu bereits die wesentlichen Planungsauslöser sowie Aufgaben automobiler Logistik-



planung analysiert und dargelegt. Soweit wie möglich werden die Ziele in Form von Kennzahlen messbar gemacht, um einen beständigen Soll-Ist-Vergleich während der Planung durchführen zu können. Abweichungen lassen dann schnell weiteren Handlungsbedarf erkennen. Wichtig ist zudem eine Differenzierung der Ziele: Es gilt zwischen den Zielen der Gestaltung und Nutzung des Planungsmodells und der Gestaltung des Planungsgegenstands zu unterscheiden (Abbildung 5-4).

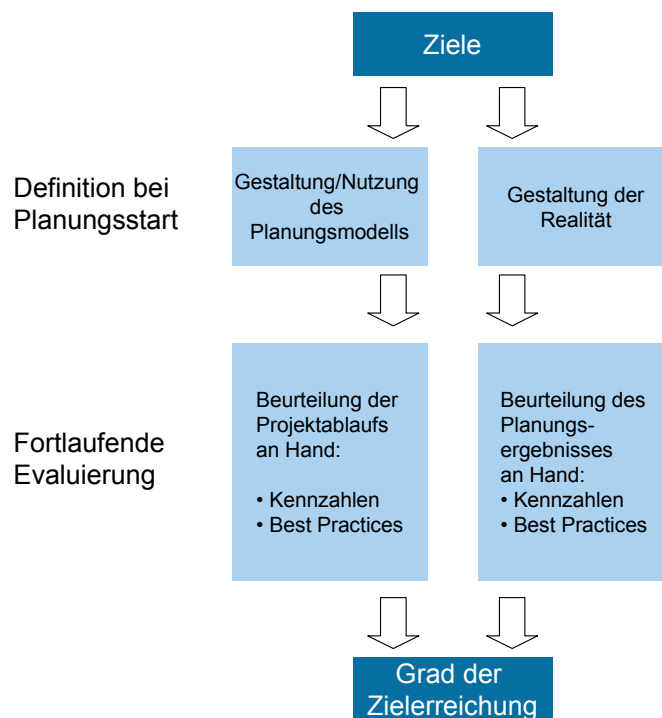


Abbildung 5-4: Zieldefinition und -evaluierung auf der Zielebene

Erstere beziehen sich auf die Funktionalität und Leistungsfähigkeit des Planungsmodells selbst und beschreiben dessen Qualität und Inhalte sowie den notwendigen Zeit- und Arbeitsaufwand. Dies erlaubt Aussagen über die Effizienz des im Planungsmodell beschriebenen Planungsvorgehens. Zweitere dagegen verweisen auf den anzustrebenden Zustand bestehender oder zu implementierender Prozesse in der Realität. Wie bereits in Kapitel 2 dargestellt können diese im Spannungsdreieck aus Qualität, Leistung und Kosten eingeordnet werden, wobei primär eine angestrebte Leistung (z. B. Sicherstellung der Versorgung einer Montagelinie) unter Berücksichtigung geforderter Qualität bei einem Optimum anfallender Kosten zu verwirklichen ist.

Da jedoch die Orientierung an Zielen allein eine vollständige Beurteilung der Gestaltungsmaßnahmen nicht erlaubt, werden zur Bewertung der Stärken und Schwächen derzeitiger bzw. zukünftiger Prozesse sowohl für das Planungsmodell als auch die Realität Best Practices genutzt. Diese Referenzen können sowohl einen branchen-, netzwerk- bzw. unternehmensweiten Fokus

besitzen. Bei den damit verbundenen Vergleichen, die finden sie zwischen Unternehmen statt, auch als Benchmarking bezeichnet werden, lassen sich Unterschiede und deren Ursachen ermitteln sowie im Anschluss Maßnahmen ableiten [VDI4402].

Für die weitere Beurteilung des Planungsgegenstands werden Kennzahlen herangezogen, die im Rahmen der Planung ermittelt werden können. Diese stehen in direkter Verbindung zu den Zielen der Planung (vgl. Abbildung 5-2). Gerade hinsichtlich Kosten- und Leistungszielen existieren dabei in Praxis und Literatur eine große Fülle von Kennzahlen (z. B. [VDI4400] und [VDI4490]), aus denen die zur Bewertung der logistischen Prozesse geeigneten Messgrößen auszuwählen sind.

Die ausgewählten Kenngrößen finden auf den unterhalb gelegenen Ebenen als Attribute der Modellelemente Verwendung. Die aktuelle Ausprägung der Attribute wird im Planungsverlauf an die auf der Zielebene befindlichen Zielgrößen zurückgemeldet. Diese erlauben so eine aktuelle Beurteilung des Grads der Zielerreichung an Hand kumulierter Einzelwerte.

### **5.2.1.3 Handlungsebene**

Die Handlungsebene dient zur Abgrenzung des Planungsumfangs. Auf Basis der auf der Zielebene hinterlegten Planungsaufgabe und der damit verbundenen Zielsetzung gilt es hier, die Systemgrenzen des Planungsmodells zu bestimmen, wodurch auch die Grenzen des Planungsgegenstands und somit des Objektmodells definiert werden. Die Festlegung des Handlungsraumes ist von besonderer Relevanz, da bei zu eng gezogenen Grenzen Teile des Objektmodells möglicherweise nicht bearbeitet bzw. berücksichtigt werden, oder bei zu weiter Aufgabenauffassung nicht notwendige Umfänge betrachtet werden, die lediglich zu einer Steigerung der Planungskosten und des Aufwands, aber nicht der Qualität führen.

Zur Abgrenzung des Handlungsraums der adaptiven Planung werden neben Aufgaben und Zielen insbesondere auch die geltenden Randbedingungen benötigt, die wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung des Planungsablaufs haben können.

Zentraler Gegenstand dieser Ebene sind standardisierte Planungsbausteine, die ein für die Bewältigung der Aufgabenstellung geeignetes, zielorientiertes Vorgehen anbieten. Zur mehrfachen Verwendung werden sie in einer „Bausteinsammlung“, die im Rahmen der Arbeit auch als Planungsbaukasten bezeichnet wird, hinterlegt. Planungsbausteine grenzen sich dabei über ihre Schnittstellen zur Umwelt sowie über die in ihnen implementierten Planungsinhalte eindeutig in ihrem Handlungsraum ab. Damit kann die

Bestimmung des Arbeitsrahmens für den Planer aufwandsarm durchgeführt werden.

Soweit für konkrete Aufgaben noch nicht vorhanden gilt es, die Planungsbausteine zunächst prototypisch zu entwickeln (vgl. Vorgehensmodell Phase 0, Kap. 5.3 sowie Beispiel Kap. 6) und in ihrer anschließenden Verwendung auf die vorhandenen Randbedingungen hin anzupassen. Die als Best Practice Ablauf in den Planungsbausteinen hinterlegten Prozessketten werden aus Prozessbausteinen aufgebaut (Abbildung 5-5).

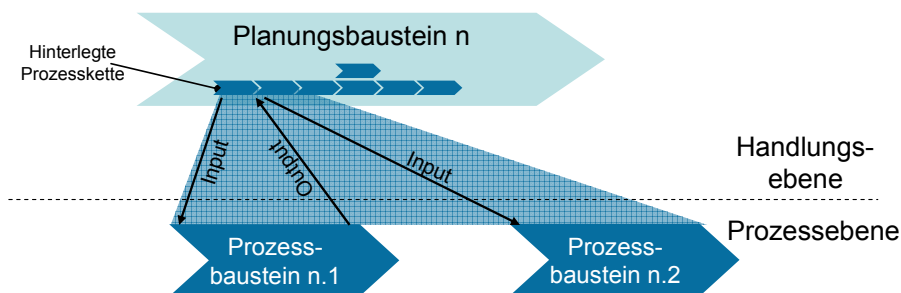


Abbildung 5-5: Einordnung von Planungsbaustein und Prozessbaustein

#### 5.2.1.4 Prozessebene

Die Abbildung des Planungsablaufs zur Lösung einer Planungsaufgabe durch eine durchgängige Prozesskette allein erfüllt nicht die Forderungen adaptiver Logistikplanung. Eine Aufteilung der Prozesskette in überschaubare, thematisch gekapselte und modulare Einheiten ist daher unumgänglich. Dies geschieht mit Hilfe der auf der Prozessebene angeordneten Prozessbausteine, die ähnlich wie die Planungsbausteine der Handlungsebene eine Prozesskette enthalten. Jedoch spiegelt diese nicht das gesamtheitliche Vorgehen zur Planungsdurchführung wider, sondern widmet sich der Ermittlung spezifischer Teilergebnisse. Die formale Modellbeschreibung erlaubt die reibungslose Integration dieser in sich geschlossenen und funktionsfähigen Elemente in das Gesamtmodell. Hier zeigt sich der Vorteil der auf Planungs- und Prozessbausteinen beruhenden Modellierung. Neben der Aufgabenstrukturierung wird die Projektorganisation unterstützt, da einzelne Teilumfänge problemlos an Spezialisten übertragen werden können.

Die Prozessebene enthält den kompletten und strukturierten Planungsablauf in Form miteinander verknüpfter Prozessbausteine. Die Verknüpfung erfolgt jedoch nicht auf der Prozessebene, sondern über die im übergeordneten Planungsbaustein angelegte Prozesskette (Abbildung 5-5). Neben thematisch zusammengehörigen Planungsschritten kapseln die Prozessbausteine die zugehörigen Methoden und Werkzeuge (in Form von Verweisen) sowie weitere prozessrelevante Daten als Attribute. So sind zur Bearbeitung der zugeordneten Teilaufgabe die geltenden Randbedingungen zu beachten, die

ein weiteres Element der Prozessebene bilden. Sie werden aus der Handlungsebene übertragen und den einzelnen Prozessbausteinen zugeordnet. Je nach Aggregationsgrad der Randbedingung erfahren sie hierzu eine weitere Differenzierung. Beispielsweise muss die sehr allgemeine Angabe herrschender hoher Nachfrageschwankungen in möglichst genaue Aussagen für pro Bauteil und Zeitraum heruntergebrochen werden. Jeder Prozessbaustein beschreibt mit Hilfe der inhärenten Prozesskette eine Aktion, die durch den Planer ausgeführt eine zielführende Transformation des Objektmodells vornimmt. Die dort modellierten Objekte werden im Laufe der Planung schrittweise hin zum Sollzustand verändert. Die Initialisierung der Aktion erfolgt durch den Abschluss und die Ergebniserstellung des bzw. der vorhergehenden Prozessbausteine (bei parallelem Ablauf). Die Verbindung der Bausteine auf der Prozessebene erfolgt über Inputs und Outputs. Die von einem Element generierten Ergebnisse dienen als Eingangsinformationen nachgeordneter Elemente. Auch Kennzahlen stellen einen Output der Prozessbearbeitung dar. Diese werden auf der Zielebene aggregiert und ermöglichen so Aussagen über den Gesamtprozess.

Der überwiegende Teil der Projektbearbeitung findet bei Nutzung eines vorhandenen Planungsmodells somit auf der Prozessebene statt.

Nach der Darstellung der einzelnen Ebenen der Modellarchitektur werden im Folgenden die darauf angeordneten Elemente weiter detailliert. Dies umfasst die Beschreibung der Planungsauslöser, der planungsbegleitenden Faktoren sowie die zentralen Elemente Planungsbaustein und Prozessbaustein. Zur zusammenfassenden Darstellung und zur Erleichterung der rechnerbasierten Umsetzung der jeweils als Klasse beschriebenen Elemente wird die UML-Notation verwendet, deren Nomenklatur im Anhang aufgeführt ist.

### **5.2.2 Planungsauslöser**

Planungsauslöser stehen am Anfang eines Planungsprozesses. Sie begründen die zu erfüllende Planungsaufgabe und legen gleichzeitig die Planungsphase als strategisch, taktisch bzw. operativ fest. Planungsauslöser werden dabei von den Unternehmen aktiv generiert (z. B. Entscheidung zur Entwicklung eines neuen Fahrzeuges) bzw. passiv akzeptiert (z. B. Änderung der Nachfrage). Durch die veränderten Sachverhalte wird eine Reaktion des Unternehmens erforderlich. Ausgehend vom Planungsauslöser gilt es, in einem kreativen Vorgang, die dadurch initiierte Planungsaufgabe zu bestimmen sowie das zugehörige Ziel zu definieren. Im nachfolgenden Schritt können der Planungsraum und ein zielführender Planungsablauf bestimmt werden.

Planungsauslöser sind in der Regel keine eindimensionalen Informationen, sondern mit einer Vielzahl von Randbedingungen verknüpft. Diese haben meist bestimmenden Einfluss auf die Durchführung des Planungsprojekts. Die

Analyse von Planungsauslösern ermöglicht die Bestimmung einer Sammlung an verknüpften Randbedingungen und weist den Planer bereits vor Beginn der Planung auf wesentliche, potenzielle Einflüsse hin.

Ebenso wie sich eine kausale Verbindung zwischen Planungsauslösern und Randbedingungen identifizieren lässt, kann dies auch zwischen Auslösern und Planungsbausteinen nachvollzogen werden. Die Kenntnis des Auslösers schränkt also die Auswahl geeigneter Bausteine stark ein, wenn sie, wie in der Einführung dargestellt, in einem Baukasten hinterlegt werden.

Die wesentlichen Auslöser von Logistikplanungsprozessen in der Automobilindustrie wurden in Abschnitt 2.3.2 kurz vorgestellt.

Planungsauslöser
Beschreibung
Zugeordnete Randbedingungen
Zugeordnete Bausteine
Zugeordnete Planungsphase

Abbildung 5-6: Attribute der Klasse Planungsauslöser

### 5.2.3 Planungsbegleitende Randbedingungen

Planungsbegleitende Randbedingungen stellen wesentliche Input- und Einflussgrößen des Planungsprozesses dar. Die damit verknüpften Informationen wie die Art der Randbedingung sowie deren Ausprägung und Relevanz tragen zur Spezifizierung des Planungsprozesses bei.

Randbedingungen sind sowohl als statische als auch dynamische Größen aufzufassen, d. h. sie können sich im Laufe der Planung verändern. Daher ist eine kontinuierliche Kontrolle notwendig, um auf deren wesentliche Änderungen durch Anpassung des Planungsprozesses während des Projektfortgangs reagieren zu können. Dies trägt dazu bei, die gewünschte Adaptivität der Planung sicherzustellen. Wie bei den Planungsauslösern ist auch bei den Randbedingungen eine direkte Beziehung zu einzelnen Planungsschritten erkennbar. Auf der Handlungsebene, aber auch der Prozessebene angeordnet, wirken die Einflussfaktoren maßgeblich auf die Bearbeitung der Planungsaufgabe ein. Im Rahmen des Forschungsverbundes ForLog wurden die wichtigsten Einflussfaktoren in der automobilen Logistikplanung untersucht und geclustert (vgl. Kap 2.3.2). Die zeitliche Einordnung erfolgt nach dem Schwerpunkt des Auftretens.

Die Klasse Randbedingung verfügt über die entsprechenden Attribute, um neben der eigenen Beschreibung und Parametrisierung sowohl die

Verknüpfung zu den Bausteinen als auch die zeitliche Gültigkeit abbilden zu können.

Planungsbegleitende Randbedingung
Beschreibung
Parametrisierung
Gewichtung
Cluster
Zugeordnete Bausteine
Zugeordnete Planungsphase

Abbildung 5-7: Attribute der Klasse Randbedingung

### 5.2.4 Bausteine

Im folgenden Abschnitt werden sowohl Planungs- als auch Prozessbausteine erläutert. Die als Bausteine bezeichneten Planungselemente bilden die Kernbestandteile des adaptiven Logistikplanungskonzepts. Auf Basis dieser modularen und prozessorientierten Elemente ist es möglich, in Zusammenhang mit dem Vorgehensmodell adaptiver Planung die an das Konzept gestellte Forderung nach flexibler Anpassbarkeit des Planungsvorgehens zu erfüllen.

Um den im Vorgehensmodell geschilderten Herangehen nicht zu weit vorzugreifen, wird in den folgenden Abschnitten jeweils nur die grundlegende Charakteristik der Bausteine erläutert.

#### 5.2.4.1 Planungsbausteine

Die auf der Handlungsebene des Planungsmodells angeordneten Planungsbausteine charakterisieren sich eindeutig durch ihre individuelle Aufgabenstellung sowie das daraus erwartete Ergebnis. Sie stellen dem Planer als zentralen Inhalt eine Planungsprozesskette zur Bearbeitung und Lösung der Planungsaufgabe zur Verfügung. Diese Prozesskette leitet sich aus Planungsauslöser, -aufgabe und -ziel ab und ist vor ihrer erstmaligen Anwendung in einem standardisierten Vorgehen entsprechend des Vorgehensmodells zu entwickeln. Zunächst liegt die Planungsprozesskette in projektneutraler Form vor, da deren Konzipierung losgelöst von einer konkreten Aufgabenstellung erfolgt. Dadurch soll ein möglichst allgemeingültiger Ablauf entwickelt werden, der an alle spezifischen Fälle dieser Aufgabenthematik unter Beachtung der gegebenen Randbedingungen anpasst werden kann. Dies schließt eine Rekonfiguration der Planungsprozesskette mit ein. Ferner sollte die Prozesskette idealerweise den Best-Practice-Ablauf aus Unternehmenssicht darstellen. Ihre Anwendung bewerkstelligt die Standardisierung idealer Vorgehensweisen der Logistikplanung.

### **Beziehung zum Planungsgegenstand**

Planungsbausteine stellen die direkte Verbindung zum Planungsgegenstand her, da durch das ihnen inhärente Vorgehen das Objektmodell auf den betrachteten Ebenen vom Ausgangszustand in den Zielzustand übergeführt wird.

### **Gestaltung der Planungsprozesskette**

Die Planungsprozesskette stellt eine Verknüpfung von Prozessbausteinen dar, die im nächsten Abschnitt näher vorgestellt werden. Die Veränderung der Prozesskette zur verbesserten Planung unter den Aspekten Kosten- und Zeitreduzierung, Qualitätserhöhung etc. wird als Prozesskettenmodulation bezeichnet. Als Modulationstechniken sind das

- Verkürzen (Weglassen eines oder mehrerer Prozessbausteine),
- Zusammenfassen (Bildung eines neuen Prozessbausteins aus mehreren anderen),
- Verlängern (Hinzufügen eines oder mehrerer Prozessbausteine),
- Vertauschen (Änderung der sequentiellen Anordnung der Prozessbausteine) und
- Parallelisieren (simultane Ausführung zweier oder mehrerer Prozessbausteine)

zulässig.

### **Anwendung und Aktualisierung**

Die Anwendung der Planungsbausteine trägt zu ihrer kontinuierlichen Weiterentwicklung und Aktualisierung bei. Erkannte Schwachstellen in der Gestaltung der Planungsprozesskette sind nach Projektabschluss auf ihre Allgemeingültigkeit hin zu bewerten und entsprechende Änderungen in den Planungsbausteinen durchzuführen. Wenn es sich jedoch um einmalig und projektspezifisch auftretende Erscheinungen handelt, ist die Prozesskette beizubehalten und eine geeignete Anmerkung zu dem spezifischen Planungsfall zu hinterlegen. So kann projektspezifisches Wissen direkt am Baustein als Hilfestellung für nachfolgende Planungen bewahrt werden.

Zur Beschreibung der zeitlichen Einordnung der Planung verfügt jeder Baustein über drei verschiedene Sichten (strategisch, taktisch, operativ), in denen je eine

Planungsprozesskette definiert werden kann. So ist es möglich, einen durchgängigen Planungsablauf von der strategischen Grundkonzeption bis hin zur Umsetzung innerhalb eines Bausteins abzubilden. Bei Bedarf lassen sich auch nur einzelne Sichten belegen.

Planungsbaustein
Beschreibung
Zugeordnete Planungsphase(n)
Zugeordnete Auslöser
Zugeordnete Randbedingungen
Zugeordnete Prozessbausteine
Zugeordnete Kennzahlen
Hinweise

Abbildung 5-8: Hauptattribute der Elementklasse Planungsbaustein

Die Abbildung 5-8 zeigt zusammenfassend die wesentlichen Attribute der Objektklasse Planungsbaustein. Vernachlässigt wurden in der Darstellung Attribute, die für die Dokumentation des Projektfortschritts (z. B. abgeschlossene Prozessbausteine) bzw. das Projektmanagement (Zeitumfang, Personalbedarf etc.) benötigt werden.

### 5.2.4.2 Prozessbausteine

Prozessbausteine bilden in konsequenter Weiterführung der Modularisierung des Planungsvorgehens Teilprozessketten zur Erreichung eines definierten (Zwischen-) Ergebnisses ab. Sie werden bei der Erstellung des allgemeinen Planungsvorgehens aus einer Gesamtprozesskette isoliert und themenbezogen gekapselt. Jeder Prozessbaustein enthält alle zur Erfüllung seiner ihm zugewiesenen Aufgabe notwendigen Komponenten. Hierzu zählt insbesondere die zielführende Vorgehensweise, die je nach gewünschter Detaillierung weiter in beliebig viele Einzelschritte unterteilt werden kann. Diesen Einzelschritten bzw. dem Baustein in seiner Gesamtheit können Methoden, Werkzeuge, Kennzahlen und Wissensumfänge sowie Verweise auf die benötigten Input-Größen in geeigneter Darstellung zugeordnet werden. Die Kombination aus Prozess und zugeordneten Hilfsmitteln bildet den zentralen Wissenskern adaptiver Logistikplanung. Interaktionen zwischen verschiedenen Prozessbausteinen werden über den Austausch von Input- / Outputgrößen realisiert (Abbildung 5-9).



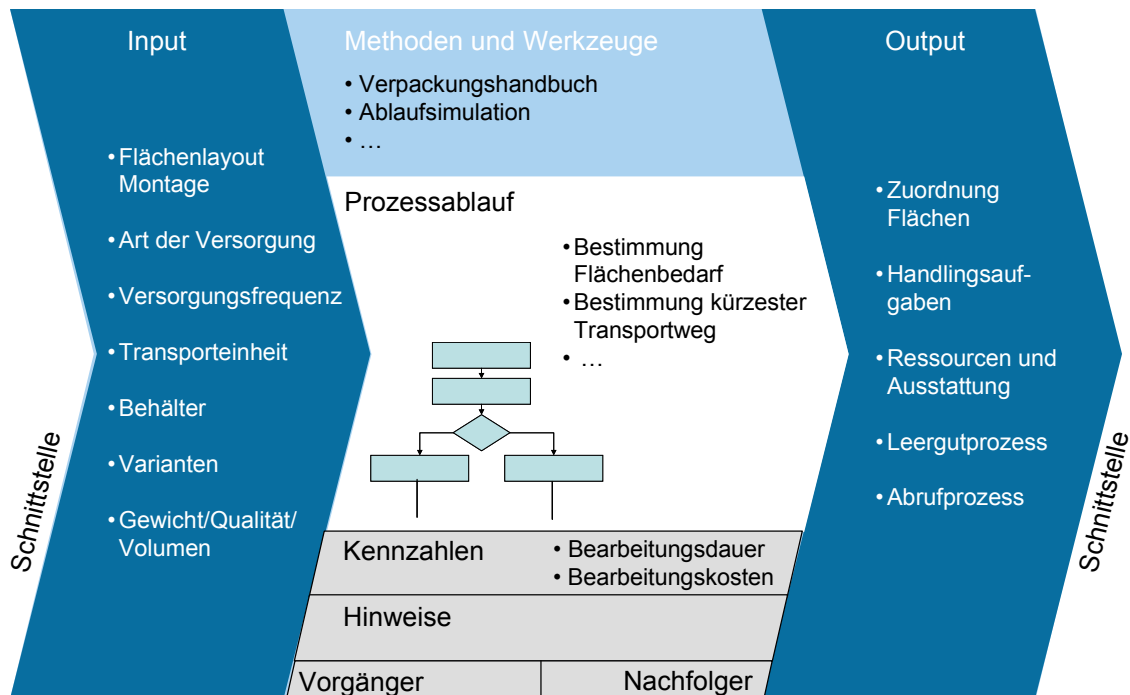


Abbildung 5-9: Exemplarische Darstellung eines Prozessbausteins

Für eine isolierte und daher in ihrer Komplexität reduzierte Fragestellung kann dem Planer so unter Berücksichtigung aller geltenden Randbedingungen ein möglichst projektneutrales Vorgehen an die Hand gegeben werden, das jedoch so detailliert ist, dass es wirklichen Unterstützungswert besitzt. Durch die Abarbeitung der hinterlegten Vorgehensempfehlung generiert der Planer ein definiertes Teilergebnis innerhalb des Gesamtverfahrens zur Bewältigung der Planungsaufgabe. Durch dieses Ergebnis bzw. bereits bei dessen Erarbeitung wird das Objektmodell weiterentwickelt.

Zur zeitlichen Referenzierung ist bei den Prozessbausteinen wie bereits bei den Planungsbausteinen die Möglichkeit zur Differenzierung strategischer, taktischer und operativer Abläufe gegeben. Dies erlaubt die Darstellung dreier unterschiedlicher Vorgehensweisen, die aufgrund der veränderten Datenlage über den Planungsablauf hin notwendig werden. Im Gegensatz zu einer Aufteilung auf drei Bausteine bleibt der Gesamtzusammenhang innerhalb des einen Bausteins jederzeit nachvollziehbar erhalten.

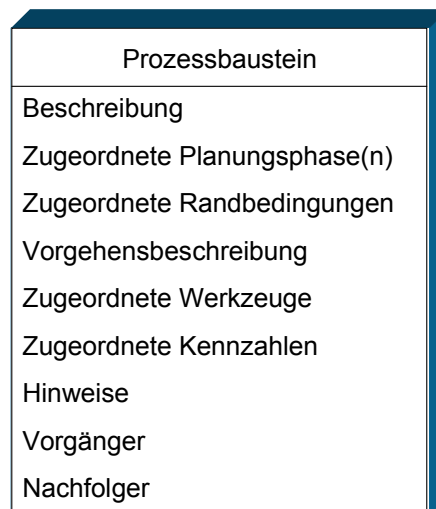


Abbildung 5-10: Hauptattribute der Elementklasse Prozessbaustein

Abbildung 5-10 zeigt die wesentlichen Attribute der Objektklasse Projektbaustein. Auch hier wurden aus Gründen der Vereinfachung für das Projektmanagement notwendige Attribute weggelassen.

### 5.2.4.3 Zusammenfassung

Modulare Prozess- und Planungsbausteine bieten eine starke Dezentralisierung der Aufgabenerfüllung. Die Bausteine sind weitgehend heterarchisch organisiert. Durch ihre Verwendung erhalten Planer dezentrale Entscheidungskompetenz und Ergebnisverantwortung, was von ihnen unternehmerisches Handeln erfordert.

Eine bausteinbasierte Planung fördert daher die Motivation und Eigenverantwortung der Mitarbeiter und verbessert gleichzeitig Flexibilität und Kundenorientierung. Dies zeigt sich neben den in Abbildung 5-11 zusammengefassten Eigenschaften von Planungs- und Prozessbausteinen an den folgenden Merkmalen:

- Aufgaben werden eigenständig unter Berücksichtigung von Qualität, sparsamen Einsatz von Ressourcen, Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit erledigt.
- Bausteine stehen in Beziehungen zueinander und sind damit automatisch Kunde und Lieferant zugleich.
- Abläufe innerhalb der Bausteine können selbst geplant und gesteuert werden. Die hinterlegten Vorgehensmuster dienen als Empfehlung und Orientierungshilfe.
- Übergeordnete Bausteine geben die Ziele vor, die die untergeordneten Bausteine erreichen müssen.

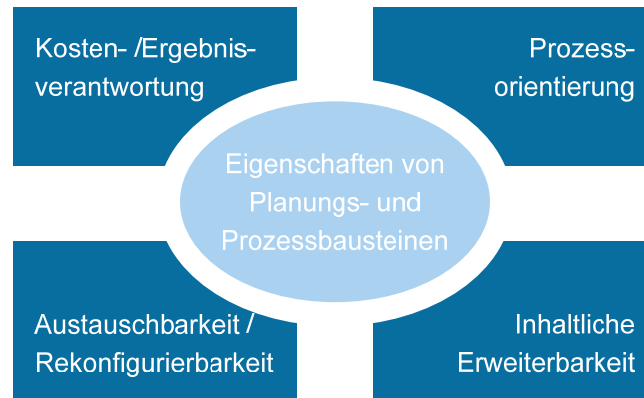


Abbildung 5-11: Eigenschaften von Planungs- und Prozessbausteinen

### 5.3 Modell des Planungsgegenstands – Objektmodell

Das Objektmodell dient der Abbildung des Planungsgegenstands in der adaptiven Logistikplanung bis hin zum Sollzustand. Es beschränkt sich nicht auf die Darstellung der Prozesssicht, sondern berücksichtigt die detaillierten Ausprägungen der betriebsspezifischen Objekte, die damit in Verbindung stehen.

In der wissenschaftlichen Literatur findet sich hierzu eine Vielzahl von Modellen [End-03, Mül-05, Nof-03], die meist aus dem Bereich der Produktionsplanung stammend wichtige Ansätze für die Modellierung liefern. Da jedoch noch kein auf Belange adaptiver Logistikplanung zugeschnittenes Modell existiert, wurde im Rahmen der Arbeit ein eigenständiges Modell entwickelt.

Zunächst erfolgt eine Darstellung des Gesamtmodells mit dessen Hierarchiestufen, die eine vollständige Abbildung der zu beplanenden Logistiksysteme und damit in Verbindung stehender Produktionssysteme im benötigten Detaillierungsgrad erlauben. Im Anschluss werden die Charakteristika der Einzelelemente auf den verschiedenen Hierarchieebenen aufgezeigt. Diese schaffen die informationstechnischen Voraussetzungen zum effizienten Datenmanagement im Rahmen der Digitalen Fabrik.

#### 5.3.1 Gesamtdarstellung

Das Objektmodell dient als vordefinierter Rahmen für die Erarbeitung des aus den Planungsaufgaben resultierenden Sollmodells. Zu seiner Gestaltung wurden die in Kapitel 4 definierten Prinzipien berücksichtigt, die sich im Gesamtaufbau und seinen einzelnen Elementen widerspiegeln. Bei der Abbildung der im Rahmen der adaptiven Planung zu betrachtenden Objekte ist es von besonderer Relevanz, ein Modell zu entwickeln, das durch seine Standardisierung über die Unternehmensebenen und auch über die Unternehmensgrenzen hinweg verwendet werden kann. Es bedarf somit auch hier einer generischen Grundstruktur, die sich durch entsprechende

Spezifizierung an alle realistischen Ausprägungen anpassen lässt. Dabei sind Umfänge mit gleicher Funktion auch gleich zu gestalten bzw. bei ähnlicher Funktion sind zumindest die gleichen Gestaltungsschemata anzuwenden, die es entsprechend zu parametrisieren gilt. Das Objektmodell basiert daher wie auch das Planungsmodell auf der Bildung standardisierter modularer, zumeist prozessorientierter Einheiten.

Eine modulare Systemgestaltung bietet den Vorteil der Komplexitätsreduzierung, da sich die einzelnen Elemente unabhängig voneinander bearbeiten lassen. Bei der Gestaltung der Beziehungen und Schnittstellen zwischen den Modulen kann die Detailstruktur der Module unberücksichtigt bleiben. Für den Anwender eines Moduls reicht es aus, dessen Spezifikation und Schnittstellen (Kap. 5.4.1.3) zu kennen. Diese Tatsache erlaubt es dem Planer, sich rasch in die Abbildung eines Einzelmoduls oder eines ganzen Systems einzuarbeiten. Ferner erleichtert es die Beherrschung des komplexen Gesamtsystems, da mittels modularer und teilautonomer Subsysteme eine aufgabenspezifisch abstrahierte Gestaltung möglich wird.

Als Grundbestandteile des Objektmodells wurden so genannte Technik-, Prozess- und Standortmodule entwickelt, die zur objektorientierten Beschreibung aller Prozesse und Strukturen die zur Planung benötigten Daten in Form von Attributen beinhalten. Das Ebenenmodell (Kap. 5.4.1.2) veranschaulicht die unterschiedlichen Aggregations- und damit Detaillierungsstufen, die zur Darstellung der verschiedenen Aufgabenstellungen der Logistikplanung notwendig sind.

Bei der Bildung des Objektmodells wird das Prinzip der Kundenorientierung berücksichtigt. Die einzelnen Elemente sind in Abhängigkeit ihrer Anordnung als Kunden der vorgelagerten und Lieferanten der nachgelagerten Module zu sehen. Dies spiegelt das allgemeine Gestaltungsprinzip adaptiver Logistikplanung wider und trägt dazu bei, eine wertschöpfungsorientierte Systemgestaltung zu erleichtern.

### **5.3.1.1 Vorgehen bei der Modellierung**

Das in diesem Abschnitt dargestellte Objektmodell ist neben der Erfüllung der funktionalen Anforderungen im Rahmen der adaptiven Logistikplanung so zu konzipieren, dass eine unmittelbare datentechnische Umsetzung in Form einer Datenbank innerhalb eines Logistikdatenmanagementsystems (spezifische Ausprägung eines PDM / EDM-Systems) [Bop-08] zur Integration in die Digitale Fabrik realisiert werden kann. Diese Forderung wurde bei der Entwicklung des Modells von Beginn an berücksichtigt. Das gewählte Vorgehen verdeutlicht (Abbildung 5-12) dies.

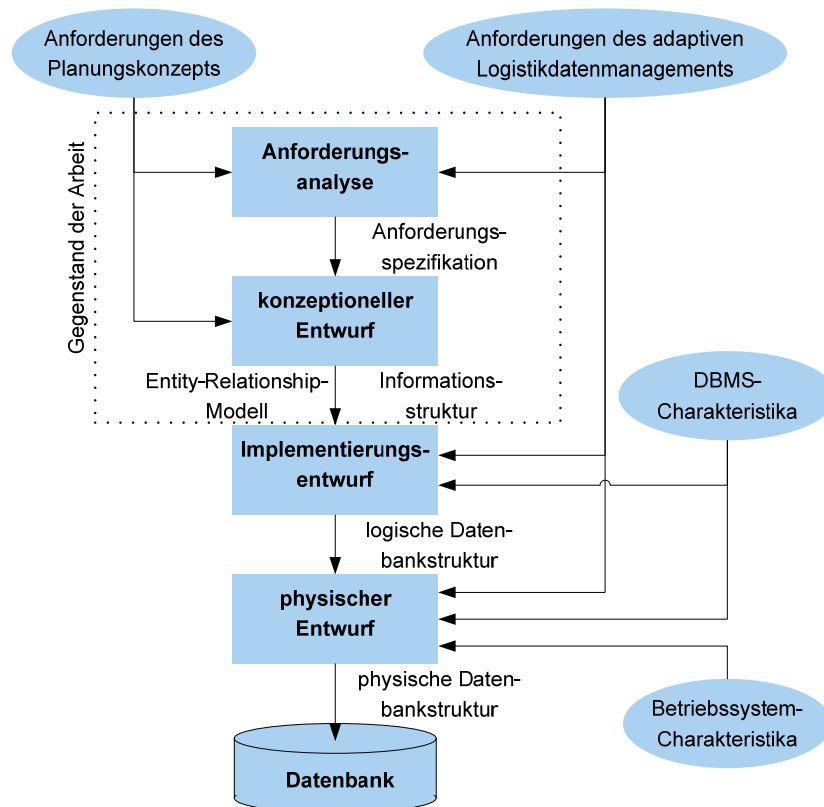


Abbildung 5-12: Phasen der Modellierung (angelehnt an [Kem-04])

Den Ausgangspunkt bildet die Anforderungsanalyse. Diese beinhaltet sowohl die generellen aus dem adaptiven Planungskonzept zur Abbildung des Planungsgegenstands resultierenden Anforderungen sowie die Forderungen des adaptiven Logistikdatenmanagements. Der nachfolgende konzeptionelle Entwurf, der in diesem Kapitel dargelegt wird, beschreibt die Struktur sowie die einzelnen Elemente des Modells unabhängig von der Form der späteren rechnerbasierten Umsetzung. Im Implementierungsentwurf wird das Ergebnis der vorhergehenden Phase auf das gewählte Datenbanksystem übertragen. Der letzte Schritt umfasst die Abbildung der logischen Datenbeschreibung auf die vom Datenbankmanagementsystem (DBMS) angebotenen physischen Datenstrukturen.

Im Rahmen der Arbeit bleiben die letzten beiden Phasen unberücksichtigt, da sie lediglich der unternehmensspezifischen Umsetzung dienen. Hinsichtlich der Realisierung und Verifizierung sei diesbezüglich auf [Bop-07] hingewiesen.

### 5.3.1.2 Ebenenmodell

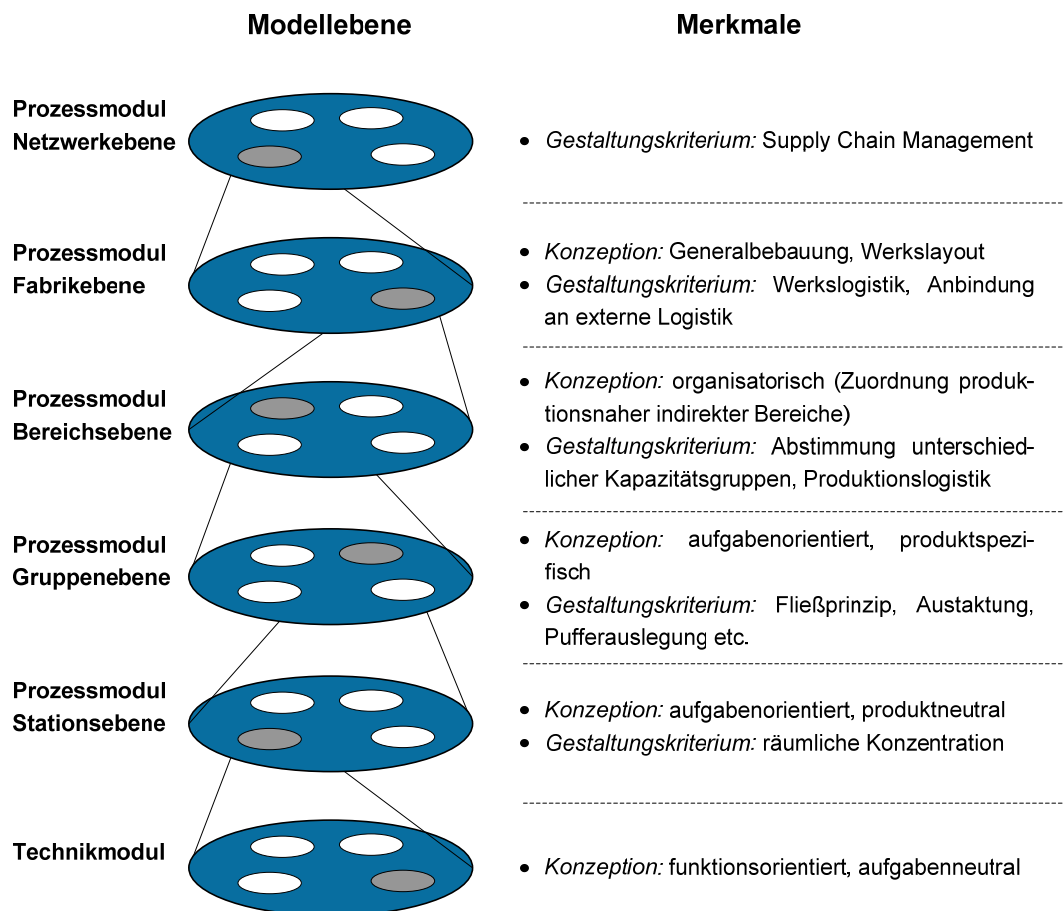


Abbildung 5-13: Ebenenmodell

Zur geeigneten Abbildung des Planungsgegenstands in der Logistik sind verschiedene Betrachtungsebenen notwendig. In Kapitel 2.3.1 wird hierzu eine Unterteilung in die drei Stufen Systemebene, Standortebene und Netzwerkebene vorgeschlagen. Diese Unterteilung ist jedoch zur Erreichung eines praxisorientierten Detaillierungsgrads nicht ausreichend. Daher werden die Standortebene und die Systemebene weiter unterteilt. Das Resultat ist ein Modell, das auf fünf Hierarchiestufen basiert, die von der Abbildung einer Zelle oder Station bis hin zu einer Darstellung auf Netzwerkebene reichen (Abbildung 5-13). Die verschiedenen Hierarchiestufen werden objektorientiert in jeweils einem Modultyp gekapselt, der allgemein als Prozessmodul bezeichnet wird und in entsprechend unterschiedlichen Ausprägungen vorliegt.

Aufgabe der Prozessmodule ist es, die auf ihrer jeweiligen Hierarchiestufe stattfindenden Abläufe sowie die hierzu benötigten Ressourcen so zu beschreiben, dass sie den realen Betrachtungsgegenstand ausreichend genau wiedergeben. Im Falle des Sollzustands muss dies in einer Form geschehen, die eine Überführung des damit erreichten Ergebnisses in die Realität erlaubt.

Zum Aufbau eines Objektmodells sind zwei in der Planung gebräuchliche Herangehensweisen erlaubt. Beim Top-Down-Ansatz werden in ein Prozessmodul höherer Ebene im Laufe der Planung Module aus tiefer gelegenen Hierarchiestufen eingesetzt, um den zunehmenden Detaillierungsgrad abzubilden. Der entgegengerichtete Bottom-Up-Ansatz erlaubt die Zusammenfassung und Verknüpfung zweier Module in einem oberhalb angesiedelten Prozessmodul. Als feste Regel ist hierbei zu beachten, dass Prozessmodule jeweils nur Module aus unterhalb gelegenen Ebenen aufnehmen können. Dabei spielt es jedoch keine Rolle aus welcher Ebene diese stammen. Für die Logistikplanung in der Automobilindustrie empfiehlt sich meist der Top-Down-Ansatz, der je nach Planungsphase seinen Einstieg auf einer entsprechend geeigneten Ebene findet und in dessen Verlauf die verwendeten Module nach und nach bearbeitet, sprich in ihren Attributen spezifiziert werden.

Kein Prozess in der Logistik kann ohne entsprechende Ressourcen bewerkstelligt werden. Um diese zu modellieren, wurde das Konstrukt des Technikmoduls geschaffen. Technikmodule bilden die Grundelemente des Modells und beschreiben die zur Realisierung der geplanten Prozesse notwendigen Hilfsmittel (z. B. Fördertechnik, Maschinen etc.). Entsprechend ihrer Verwendung werden hierbei verschiedene funktionsorientierte Ausprägungen unterschieden.

Den dritten Modultyp, der für die Gestaltung des Objektmodells verwendet wird, bildet das Standortmodul. Dessen vorrangige Aufgabe ist die Beschreibung standortspezifischer Kennzahlen. Hierbei handelt es sich nicht um ein zu gestaltendes Planungsobjekt, sondern eine Sammlung wichtiger, meist langfristig konstanter Inputdaten zur Planung. In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Modultypen genauer spezifiziert.

### **5.3.1.3 Modulschnittstellen**

Zur Verknüpfung der Prozess- und Technikmodule wurden Schnittstellen (Abbildung 5-14) definiert, die aufgrund der gewählten Modulauslegung (vgl. Kap. 5.3.2 und Kap. 5.3.3) auf ein Minimum reduziert werden konnten. Sie umfassen Bedingungen und Regeln sowohl zum physischen als auch informationstechnischen Austausch zwischen zwei verbundenen Elementen [Eve-02b], die sich innerhalb einer oder auch auf zwei unterschiedlichen Ebenen befinden. Die individuelle Ausgestaltung der Schnittstellen ist vom jeweiligen Funktionsumfang der Module abhängig.

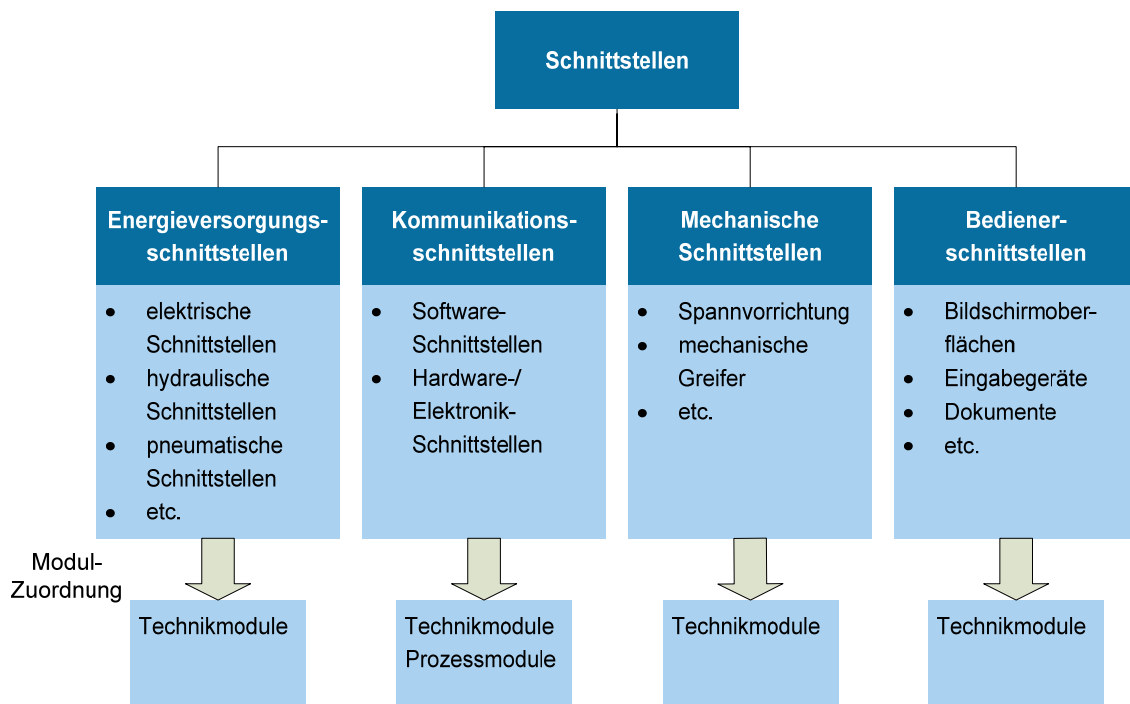


Abbildung 5-14: Schnittstellen der Prozess- und Technikmodule

Es wird zwischen vier Typen von Schnittstellen differenziert:

### **Energieversorgungsschnittstellen**

Bei der Energieversorgung der Technikmodule wird von einer gebundenen Energieversorgung ausgegangen. Die benötigte Energie stammt aus ortsfesten Netzen, mit denen eine dauerhafte oder vorübergehende Verbindung besteht. Letzteres trifft im Falle mitgeführter Energiespeicher zu. In Hinblick auf die abzubildenden Logistiksysteme ist bezüglich der Technikmodule hauptsächlich die Versorgung von elektrischer, pneumatischer und hydraulischer Energie von Bedeutung.

### **Kommunikationsschnittstellen**

Kommunikationsschnittstellen umfassen alle Software-Interfaces zwischen den Prozess- und Technikmodulen einer oder verschiedener Ebenen. Entsprechend verfügen die Module aller Hierarchiestufen über derartige Schnittstellen. Die Form der zu übertragenden Daten ist abhängig von den kommunizierenden Systemen und Softwareanwendungen. Prinzipiell sollten nur die zur Funktionserfüllung notwendigen Informationen unter Verwendung standardisierter Datenformate übermittelt werden.

Neben den Softwareschnittstellen werden zur Vervollständigung auch die Hardware-Schnittstellen angegeben.



### **Mechanische Schnittstellen**

Die physische, materialflusstechnische Verknüpfung einzelner Module wird mittels mechanischer Schnittstellen realisiert. Hierbei wird zwischen den geometrischen Anschlussmaßen und der Fördergutschnittstelle differenziert [WiM-06]. Erstere bezeichnen die konstruktive Gestaltung der mechanischen Schnittstelle zur Interaktion mit anderen (fördertechnischen) Elementen. Dies umfasst beispielsweise die Beschreibung der konstruktiven Auslegung des Fahrwerks eines Elektrohängebahnfahrzeugs sowie der Schiene, um deren einwandfreies Zusammenspiel zu bewerkstelligen. Die Fördergutschnittstelle definiert zum einen den Übergabepplatz des Fördergutes, zum anderen die erlaubten Typen der über die Schnittstelle handzuhabenden Fördergüter. Der Übergabepplatz wird durch seine geometrische Lage und seine Art (z. B. Fläche, E/A-Platz bei Lager, Lastaufnahmemittel bei EHB-Fahrzeug) beschrieben und als Eingang, Ausgang oder als Kombination aus beiden charakterisiert. Ein Eingang erlaubt nur die Aufnahme von Fördergut in das Modul, beim Ausgang verhält es sich entsprechend umgekehrt. Jede Fördergutschnittstelle kann zudem nur ein bestimmtes Spektrum an Gütern abwickeln. Diese werden durch die zulässigen Transporthilfsmittel (Behälter, Paletten etc.) bzw. über Abmessungen eingegrenzt.

Die zur Darstellung der mechanischen Schnittstelle notwendigen geometrischen Daten können in der Regel den Angaben des Herstellers entnommen werden.

### **Bediener-Schnittstellen**

Als Bediener-Schnittstellen werden alle Mensch-Maschine-Interfaces bezeichnet. Diese sind allein auf der Ebene der Technikmodule vorhanden. Bediener-Schnittstellen sind zur Auslegung ergonomischer Arbeitsplätze gedacht und besitzen keine Bedeutung für die Gestaltung der Verknüpfung zwischen mehreren Modulen.

## **5.3.2 Technikmodule**

### **5.3.2.1 Allgemeine Beschreibung**

Technikmodule beschreiben die den Produktions- und Logistikprozessen zugeordneten technischen Ressourcen. Sie erfüllen dabei alleine bzw. in Kombination mit anderen Technikmodulen eine in sich abgeschlossene Aufgabe und bilden aufgrund ihrer Universalität und Wiederverwendbarkeit die Grundlage zur Gestaltung wandlungsfähiger Produktions- und Logistiksysteme. Als kleinste funktionsfähige und abgegrenzte Einheit können sie nahezu beliebig positioniert, vervielfältigt und konfiguriert werden. Bei der standardisierten und aufgabenneutralen Konzeption der Technikmodule steht v. a. die Funktionsorientierung im Vordergrund.

Es werden Ausprägungen für Produktion und Logistik unterschieden. Diese Abgrenzung erlaubt die unabhängige Entwicklung und damit optimale Berücksichtigung anwendungsspezifischer Attribute.

Logistikmodule übernehmen die Aufgaben Transport, Handhabung und Lagerung, Produktionsmodule die Aufgaben Fertigung, Montage, Handhabung und Qualitätsprüfung.

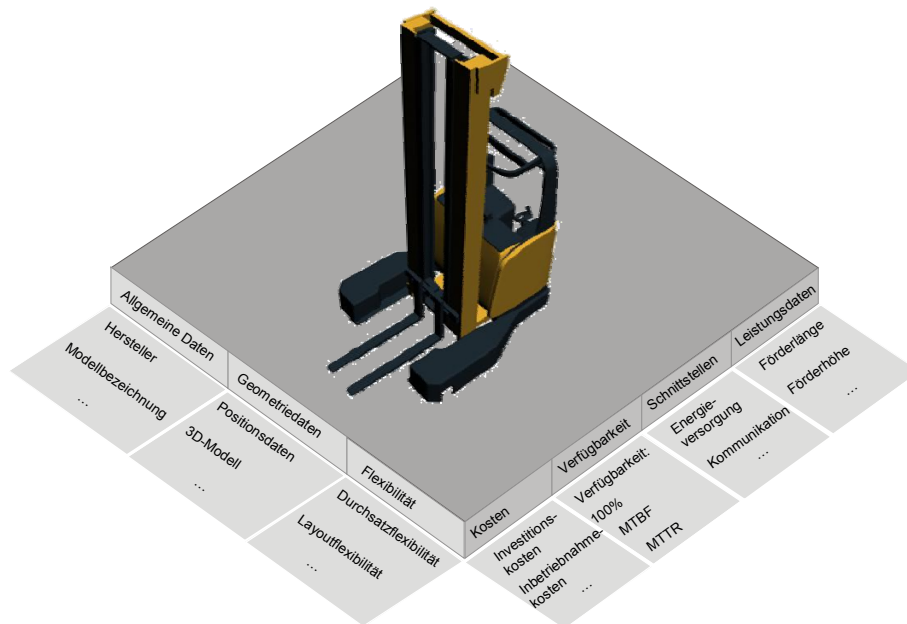


Abbildung 5-15: Schematische Darstellung des Technikmoduls Schubmaststapler

Zur weiteren Klassifizierung wird die Eigenständigkeit eines Technikmoduls herangezogen. Kann ein Element die ihm übertragene Funktion unabhängig von weiteren Modulen bewerkstelligen, wird es als Einzelkomponententechnikmodul (EKTm) bezeichnet. Als klassisches Beispiel kann hierzu ein Gabelstapler angeführt werden (Abbildung 5-15). Benötigt ein Technikmodul dagegen die Unterstützung anderer Module zur Aufgabenbewältigung (wie beispielsweise eine Elektrohängebahn, wo die Fahrzeuge eine Fahrschiene benötigen), so werden diese Mehrkomponententechnikmodule (MKTm) genannt.

### 5.3.2.2 Attribute

Die Abbildung der Technikmodule wie auch der Prozessmodule erfolgt in objektorientierter Form. Ihre wesentlichen Eigenschaften und Ausprägungen werden mittels Attributen beschrieben, die in Gruppen zusammengefasst werden können. Eine Darstellung der wesentlichen Attributgruppen zeigt Abbildung 5-16. Da die Ausgestaltung der einzelnen Attributgruppen

unternehmensspezifisch erfolgen soll, werden nur die zur Umsetzung des adaptiven Planungskonzepts vorgeschlagenen Ausprägungen erläutert. Bei der Erklärung der Attributgruppen wird zudem auf die Darlegung der Datenformate der einzelnen Attribute verzichtet, da allgemeingültige Aussagen hierzu nicht möglich und von der firmenspezifischen Umsetzung abhängig sind.

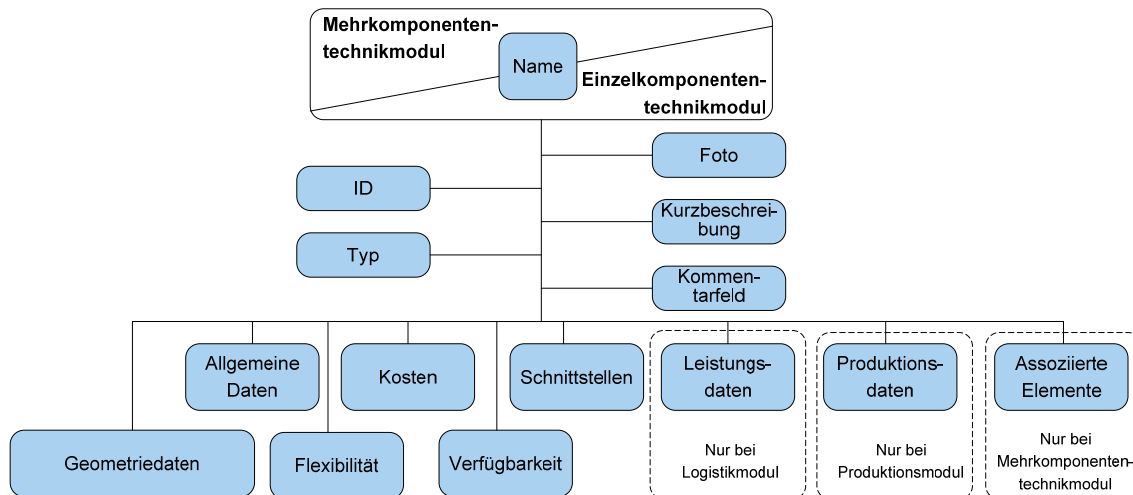


Abbildung 5-16: Attribute Technikmodul

Zur Wiedererkennung verfügt jedes Technikmodul über eine Identifikationsnummer (ID), die in erster Linie datentechnischen Belangen dient. Für den Nutzer sehr viel wichtiger ist die Klassifizierung des Modultyps in Produktions- und Technikmodul sowie ETKM und MKTM, da dies Veränderungen der Attributumfänge eines Moduls nach sich zieht. Kurzbeschreibung, Foto und Kommentar sollen den Anwendern einen schnellen Überblick über die Eigenschaften, das Aussehen sowie möglicherweise über die als Kommentar hinterlegten Erfahrungen mit dem betrachteten Modul erlauben.

### Attributgruppe „Allgemeine Daten“

Zur genaueren Spezifizierung eines Technikmoduls werden in dieser Rubrik die Herstellerfirma und die Modellbezeichnung hinterlegt. Diese Daten eignen sich auch, um nach einer Umsetzung einer firmenspezifischen Modulsammlung in Form einer Datenbank diese nach einem bestimmten Technikmodul zu durchsuchen. Mit Hilfe der Gewichtsangabe lassen sich Aussagen über die Mobilität (z. B. bei Umbauten) und die standortspezifische Verwendbarkeit (in Abhängigkeit der zulässigen Bodenbelastungen) treffen.

Die Hinterlegung von Gebrauchs-, Inbetriebnahme- und Wartungsanleitungen sowie die Angabe des Wartungsintervalls helfen während der Planung bei der Beurteilung von Wartung und Inbetriebnahme. Gleiches gilt für Energie- und Betriebsstoffverbrauch als Grundlage für die Berechnung standortbezogener Energie- und Betriebsstoffkosten. Die Angabe des Mitarbeiterbedarfs ist für die

weitere Ressourcenplanung in den Prozessmodulen notwendig. Es muss sich hierbei nicht notwendigerweise um eine ganzzahlige Personalkapazität handeln, da ein Mitarbeiter auch mehrere Anlagen bzw. Arbeitsplätze bedienen kann.

### **Attributgruppe „Geometriedaten“**

Die Angabe der Geometriedaten erlaubt die Definition der Positionsdaten des Technikmoduls innerhalb des übergeordneten Prozessmoduls. Diese Daten, die Position und Orientierung in X-, Y- und Z-Richtung enthalten, sind insbesondere für die Layoutplanung von Bedeutung. Die hierzu ferner benötigten 2D- bzw. 3D-Geometriemodelle bilden ebenfalls eigene Attributklassen. Sie erlauben grafische Repräsentanten des Technikmoduls auch für Virtual Reality Anwendungen zu hinterlegen. Zu Planungsbeginn oder wenn das Technikmodul nicht weiter ausgeplant, sondern als Black-Box betrachtet werden soll, ist die Angabe des Planungsraumes zur einfachen Angabe des durch das Modul belegten Raumes von Bedeutung, um mit Hilfe dieses Platzhalters zumindest grobe flächenmäßige Absicherung durchführen zu können. Ein Kinematikmodell wird zum Aufbau eines Digital Mock Up (bzw. Factory Mock Up) benötigt und sollte beispielsweise bei Flurförderzeugen Lenkradien sowie einzuhaltende Sicherheitsabstände beinhalten.

### **Attributgruppe „Flexibilität“**

Die hier eingruppierten Attribute gliedern sich auf die mit Kennzahlen oder konkreten Aussagen belegten Flexibilitätsarten Durchsatzflexibilität, Layoutflexibilität und Produkt- bzw. Fördergutflexibilität auf, die die wesentlichen Flexibilitätskenngrößen im logistischen Umfeld repräsentieren [WiM-06].

### **Attributgruppe „Kosten“**

Die Attributfamilie „Kosten“ unterteilt sich in Investitions-, Inbetriebnahme-, Betriebs- und Wartungskosten. Die Investitionskosten umfassen die Anschaffungs- bzw. Herstellkosten der Technikmodule, während die Inbetriebnahmekosten die erforderlichen (baulichen, softwaretechnischen etc.) Maßnahmen, Demontagen und Umstellungen zur Aufnahme der vorgesehenen Funktion der Technikmodule bezeichnen. Betriebs- und Wartungskosten beschreiben die laufenden Ausgaben. Da Energie- und Betriebsstoffkosten einen starken Standortbezug haben, werden diese aus den in der Rubrik „Allgemeine Daten“ definierten Energie- und Betriebsstoffverbräuchen durch Multiplikation mit den im Standortmodul gespeicherten Energie- und Betriebsstoffkostensätzen errechnet.

Für die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen (z. B. nach [VDI2396]) wird in der Attributgruppe auch die Nutzungsdauer eines Technikmoduls

angegeben. Daraus lassen sich je nach gewählter Abschreibungsmethode (linear oder degressiv) die jährlichen Abschreibungen für Abnutzung (AfA) und somit der Restwert des Technikmoduls ermitteln.

### **Attributgruppe „Verfügbarkeit“**

Zur Beurteilung der Verfügbarkeit werden in dieser Gruppe die Attribute technische Verfügbarkeit, die mittlere störungsfreie Zeit (MTBF) und die mittlere Reparaturdauer (MTTR) [fml-08] hinterlegt.

### **Attributgruppe „Schnittstellen“**

Die in Kap. 5.4.1.3 dargelegten Schnittstellendaten sind hier unter Anwendung der vorgenommenen Unterscheidung in elektrische, hydraulische und pneumatische Energieversorgungsschnittstellen, mechanische Schnittstellen, Kommunikationsschnittstellen sowie Bedienerchnittstellen in Attributform beschrieben.

### **Logistikmodulspezifische Attributgruppe „Leistungsdaten“**

Logistikspezifische Leistungsdaten wie Förderlänge, Förderhöhe, horizontale und vertikale Fördergeschwindigkeit sowie Förderbeschleunigung, Traglast und Aufnahmekapazität erlauben die weitere Detaillierung der Logistikmodule.

### **Produktionsmodulspezifische Attributgruppe „Produktionsdaten“**

Entsprechend finden in Produktionsmodulen die Attribute Leistungsspektrum und Aufnahmekapazität Erwähnung. Das Leistungsspektrum beschreibt dabei die durch das Produktionsmodul zur Verfügung gestellte Produktionsleistung in Form von pro Zeiteinheit gefertigten / bearbeiteten Bauteilen.

### **MKTM-spezifische Attributgruppe**

Bei Mehrkomponententechnikmodule werden mittels dieser Attributgruppe Technikmodule, die für die Erfüllung der Aufgabe des MKTM benötigt werden, miteinander verknüpft.

## **5.3.3 Prozessmodule**

### **5.3.3.1 Allgemeine Beschreibung**

Im Rahmen einer prozessorientierten, modularen Planung ist es die Aufgabe der Prozessmodule, die Modellierung einer in sich geschlossenen logistischen und oder produktionstechnischen Prozesskette sowie aller damit verknüpften physischen und informationstechnischen Elemente in standardisierter Form zu bewerkstelligen. Daher beinhalten die aufgabenorientierten Prozessmodule als zentralen Gestaltungsgegenstand eine definierte Prozessabfolge. Zu deren

Realisierung werden u. a. aufgabenneutrale Technikmodule (auf Stationsebene) und Prozessmodule hierarchisch tiefer gelegener Ebenen integriert oder auch Prozessmodule zu Modulen höher Ebene aggregiert. Mit Hilfe der Prozessmodule besteht damit die Möglichkeit einer bottom-up sowie top-down durchgeführten Planungsvorgehensweise.

Wesentliches Gestaltungskriterium bei der Konzeption von Prozessmodulen ist die räumliche Konzentration, die einer Aggregation betrachteter Prozesse und damit der Realisierung verschiedenster Detaillierungsgrade und Betrachtungsebenen gleich kommt. Entsprechend wurden unterschiedlich attribuierte Prozessmodule entwickelt, die nach einer Vorstellung der in der Klasse Prozessmodul verwendeten Attribute jeweils einzeln und an Hand spezifischer Attribute dargelegt werden. Abbildung 5-17 schematisch zeigt die Attribute eines Prozessmoduls auf Stationsebene.

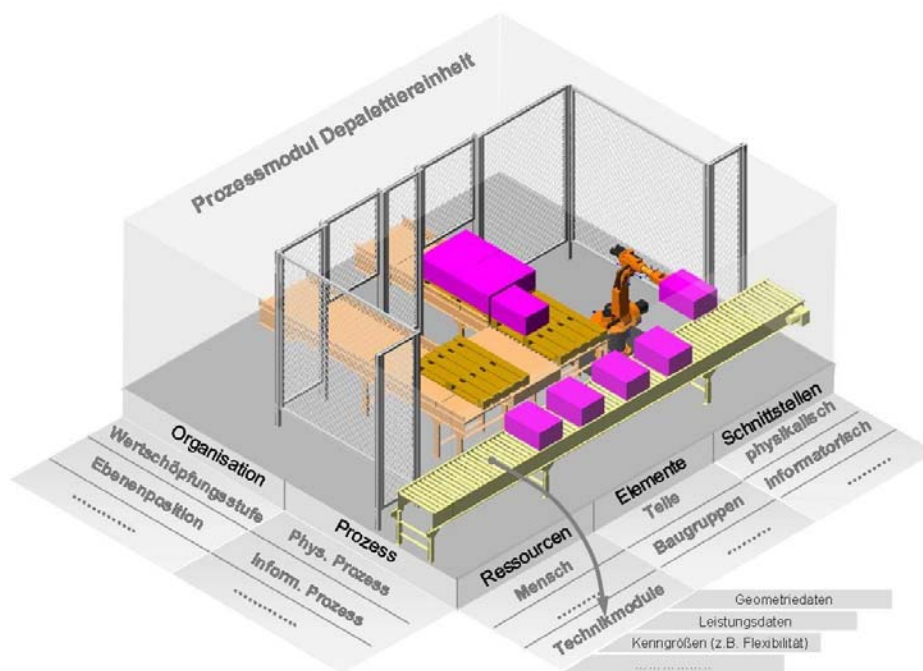


Abbildung 5-17: Schematische Darstellung eines Prozessmoduls auf Stationsebene am Beispiel einer Depalettierereinheit

### 5.3.3.2 Attribute

Wie auch bei den Technikmodulen wird im Folgenden auf die Nennung eines Datentyps für die aufgeführten Attribute verzichtet, da deren Festlegung unternehmensspezifisch bedingt ist.

Auch bei den Prozessmodulen wird, wie schon bei den Technikmodulen, zur schnellen Identifikation und übersichtlichen Beschreibung eine ID, ein Foto sowie eine Kurzbeschreibung und Kommentare verwendet.

### **Attributgruppe „Allgemeine Daten“**

In diesem Abschnitt wird der (bzw. die) für das Prozessmodul verantwortliche Planer hinterlegt. Damit steht bei einer späteren Weiterverwendung oder bei einer Überplanung immer ein kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung, der sein Wissen, soweit noch nicht expliziert, per Interview weitergeben kann.

### **Attributgruppe „Prozess“**

Diese Attributgruppe bildet den Kern des Prozessmoduls. Hier werden die zur Aufgabenstellung des Moduls zugehörigen physischen und informatorischen Prozesse hinterlegt. Je nach Planungsphase und -fortschritt kann es sich dabei beispielsweise um die Abbildung des Ist-Standes eines in der Realität vorhandenen Ablaufs oder einen Referenzprozess handeln, der im Laufe der Bearbeitung planerisch zum Soll-Prozess weiterentwickelt werden.

Die Darstellung der Prozessketten erfolgt mittels des Prozesskettenmodells nach Kuhn. Je nach benötigtem Detaillierungsgrad kann der Ablauf in Einzelschritte aufgeteilt sein, denen die hierzu notwendigen Technik- oder Prozessmodule zugeordnet sind. Deren jeweilige detaillierte Beschreibung findet sich in der Attributgruppe „Ressourcen“ wieder. Jeder Einzelablauf wird ferner durch seinen Zeitbedarf, Input und Output sowie Vorgänger und Nachfolger charakterisiert. Zudem besteht die Möglichkeit durch Angabe der Zuverlässigkeit eine Aussage über die Fehlerquote und damit die Prozessstabilität zu treffen. Dies findet hauptsächlich zur Beschreibung des Ist-Standes Verwendung. Ebenso lässt sich mittels Kumulation der dem Prozessmodul in Form weiterer Module zugeordneten Teilverfügbarkeiten eine Angabe zur Gesamtverfügbarkeit realisieren. Hierzu empfiehlt sich die Anwendung der Verfügbarkeitsrechnung nach [VDI3649].

### **Attributgruppe „Ressourcen“**

In dieser Gruppe werden dem Prozessmodul die Prozessmodule tiefer gelegener Ebenen sowie die Technikmodule zugeordnet. Weiter können Zusatzelemente wie Zäune und Hilfsmittel wie Behälter angeführt werden, die bisher nicht Bestandteil eines Moduls, aber zur vollständigen Beplanung unerlässlich sind.

Die Mindestanzahl der dem Prozessmodul zugeordneten personellen Ressourcen folgt aus der Summe der in den hinterlegten Modulen angeführten Mitarbeiterkapazitäten. Im Falle der Technikmodule handelt es sich dabei beispielsweise um die Anlagenbediener bzw. an Arbeitsplätze gebundene Montagemitarbeiter. Diese werden um innerhalb des Prozessmoduls benötigte Bedarfe (z. B. Logistikmitarbeiter) ergänzt.

Die Anzahl an Mitarbeitern sowie deren jeweilige Qualifikation und Stundensätze bilden die Grundlage für die Berechnung der Personalkosten des Prozessmoduls. Da es sich bei den Stundensätzen der verschiedenen Qualifikationsgruppen um standortspezifische Größen handelt, ist bei ihrer Festlegung ein Standortbezug herzustellen.

### **Attributgruppe „Geometriedaten“**

Aufbau und Inhalt der Attributgruppe „Geometriedaten“ stimmt im Wesentlichen mit der entsprechenden Rubrik für Technikmodule überein. Allerdings wird hier auf die Hinterlegung eines Kinematikmodells verzichtet, da geometrische Untersuchungen nicht für die in Prozessmodulen hinterlegten Umfänge vorgesehen sind.

Je höher die Ebene des Prozessmoduls, desto umfangreicher sind auch die hier abgelegten 2D- und 3D-Modelle, die aus den zugeordneten Modulen zusammengefügt werden. Allerdings kann mit zunehmend geringerem Grad der Moduldetailierung ein entsprechend niedriger Level of Detail (LoD) vorgesehen werden.

### **Attributgruppe „Fläche“**

Mit Hilfe der in der Gruppe „Fläche“ angelegten Attribute werden sowohl die Gesamtfläche der Prozessmodule als auch die Anteile an Logistik- und Produktionsfläche quantifiziert.

### **Attributgruppe „Flexibilität“**

Bezüglich der Beschreibung der Flexibilität werden bei den Prozessmodulen die gleichen Attribute zugrunde gelegt wie bei den Technikmodulen.

### **Attributgruppe „Kosten“**

Die Attributgruppe „Kosten“ umfasst zur Darstellung der fixen und variablen Kosten eines Prozessmoduls folgende Kenngrößen: Investitions-, Inbetriebnahme-, Betriebs-, Wartungs- sowie Flächenkosten. Diese können in erster Näherung durch Summenbildung der im Prozessmodul enthaltenen Einzelelementkosten gebildet werden. Durch die Angabe der jeweiligen Nutzungsdauer der Technikmodule lassen sich auch AfA ermitteln.

Weiter wird in der Rubrik Kosten jedem Prozessmodul Personal zugewiesen. Die Personalkosten lassen sich vereinfacht als Summe des pro Mitarbeiter gebildeten Produkts aus Personalkostensatz pro Stunde, der in der Rubrik Ressourcen hinterlegt ist, und Arbeitszeit errechnen.



Finden Module in mehreren übergeordneten Prozessmodulen Verwendung, sind deren Kosten entsprechend ihrer jeweiligen Teilnutzung auf die hierarchisch höher gestellten Module aufzuteilen.

### **Attributgruppe „Schnittstellen“**

Bei Prozessmodulen sind allein die Kommunikationsschnittstellen sowie die Vorgänger- und Nachfolger-Prozessmodule des betreffenden Prozessmoduls zu definieren. Die physikalischen Schnittstellen werden über die Angaben in den Technikmodulen betrachtet.

### **5.3.3.3 Prozessmodul Stationsebene**

Prozessmodule kommen, wie am Ebenenmodell (Abbildung 5-13) bereits aufgezeigt, auf verschiedenen Hierarchieebenen zum Einsatz. Im Folgenden werden diese unterschiedlichen Ausprägungen kurz dargelegt sowie die von den eben aufgeführten, allgemeingültigen Attributumfängen der Prozessmodule abweichenden spezifischen Besonderheiten der unterschiedlichen Detaillierungsebenen vorgestellt.

Die unterste, weil räumlich und funktional am stärksten begrenzte Ebene bildet die Stationsebene. Die hier definierten Prozessmodule sind vollständig aus Technikmodulen aufgebaut und bilden mit dem höchsten Detaillierungsgrad eine Prozesskette samt der damit verbundenen Ressourcen ab.

Die Hierarchieebene Stations-Prozessmodul bietet den Vorteil, dass die Wiederverwendungswahrscheinlichkeit eines funktionsfähigen Prozessmoduls mit einer in sich geschlossenen Aufgabe höher ist als die eines einzelnen, abstrakten Technikmoduls. Aus technologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht ist hierbei vor allem die Tatsache von Bedeutung, dass die in ein Modul investierten Know-how-, Zeit- und Kostenanteile im Falle einer Nachfolgeanwendung nicht nochmals anfallen.

### **5.3.3.4 Prozessmodul Gruppenebene**

Prozessmodule auf Gruppenebene werden mittels Verknüpfung mehrerer Prozessmodule der Stationsebene sowie weiterer Technikmodule gebildet. Die Konzeption der Prozessmodule dieser Ebene ist aufgabenorientiert und produktspezifisch. Inhaltlich bilden sie einen gesamten Wertstrom ab, d. h. die gesamte Prozesskette von der Entstehung eines Produkts oder einer Produktfamilie aus dem Vorprodukt bzw. Rohstoff bis hin zu dem in der betrachteten Produktionsstätte gefertigten Endprodukt.

Entsprechend der Planungsaufgabe kann die Gestaltung dabei verstärkt logistisch (Ver- und Entsorgung sowie Verknüpfung von Fertigungseinheiten)

bzw. verstärkt produktionstechnisch (Anordnung und Spezifizierung von Fertigungseinheiten) geprägt sein.

Durch die baukastenartige Struktur der Prozessmodule der Stationsebene wird eine sehr flexible und zeitsparende Umplanung wie beispielsweise nach einer Umstellung des Produktionsprogramms ermöglicht (Abbildung 5-18).

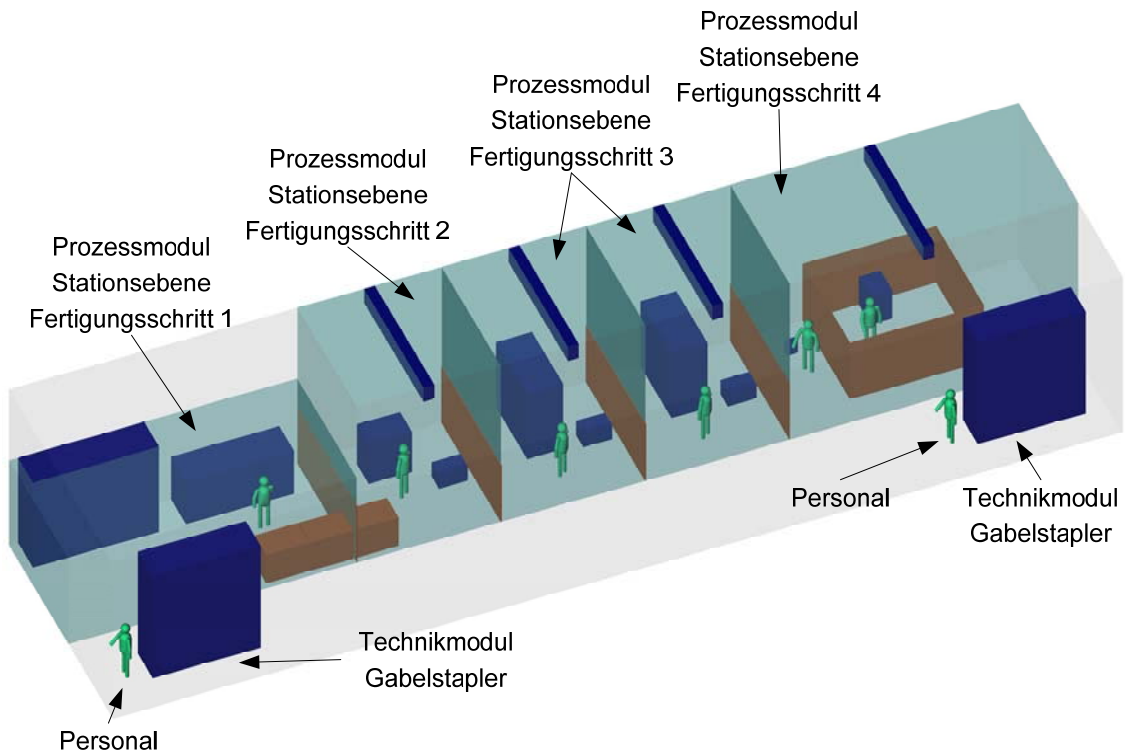


Abbildung 5-18: Prozessmodul Gruppenebene

Die Bildung von Prozessmodulen auf Gruppenebene bietet sich auch an, wenn Wertströme oder Prozesse nicht auf Dauer in Eigenleistung oder an einem bestimmten Standort betrieben, sondern an einen externen Betreiber ausgelagert oder komplett nach außen an einen Zulieferer vergeben werden sollen. Bei einer Verwendung des gleichen Planungskonzepts kann der komplette Datenumfang an den Partner zu Durchführung der Anpassung übergeben werden. Dies reduziert den Aufwand auf dessen Seite und verbessert die Kooperation innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks.

### Spezifische Attributausprägungen

In der Attributgruppe „Prozess“ wird neben der Darstellung der Prozessabläufe mit Hilfe des kritischen Pfads eine Prozessdauer, sprich eine Gesamtdurchlaufzeit, abgeleitet.

Bezüglich der Fläche wird die Attributsammlung um die Angabe eines Flächennutzungsgrades sowie um die Beschreibung der internen

Verkehrswege erweitert, so dass bei der Berechnung der Gesamtfläche ein weiterer Flächentyp zu beachten ist.

### **5.3.3.5 Prozessmodul Bereichsebene**

Die Bündelung mehrerer Prozessmodule untergeordneter Hierarchiestufen führt zu Prozessmodulen auf Bereichsebene. Über Produktions- und damit in Verbindung stehende Logistikprozesse hinaus werden hier produktionsnahe indirekte Aktivitäten und Ressourcen berücksichtigt, z. B. in Form von Flächen für Qualitätssicherung oder Instandhaltung. Die Bereichsebene erweitert damit die Gruppenebene um zusätzliche, die Wertschöpfungsprozesse ergänzende Umfänge. Damit finden diese Prozessmodule insbesondere für die Planung von Produktionssystemen mit ablaforientierten Strukturen bei Integration produktionsnaher indirekter Bereiche Anwendung. Der Fokus liegt auf der Repräsentation organisatorischer Relationen sowie der Produktionslogistik.

#### **Spezifische Attributausprägungen**

Auf Bereichsebene entfallen in der Attributgruppe „Ressourcen“ die Felder für Zusatzelemente und Hilfsmittel, da aufgrund des Abstraktionsniveaus hier keine Angaben mehr notwendig sind.

### **5.3.3.6 Prozessmodul Fabrikebene**

Die Prozessmodule der Fabrikebene fokussieren entsprechend der enthaltenen untergeordneten Module die Relationen der Generalbebauung bzw. das Werkslayout, den werksinternen Materialfluss und die Anbindung an die unternehmensübergreifende, externe Logistik.

#### **Spezifische Attributausprägungen**

In der Attributgruppe der Geometriedaten entfallen die Angaben zu Position und Orientierung, da das Fabrikmodell hierarchisch gesehen die höchste Aggregationsstufe darstellt und daher die Hinterlegung dieser Daten keinen Nutzen besitzt.

### **5.3.3.7 Prozessmodul Netzwerkebene**

Abbildungsgegenstand eines Prozessmoduls auf Netzwerkebene ist das vollständige Wertschöpfungsnetzwerk, das die Herstellung eines Produktes vom Rohstoff über eine Vielzahl von Zuliefererstufen bis hin zum fertigen Endprodukt wiedergibt. Hierzu werden die verschiedenen Standorte über Fabrikmodule abgebildet und miteinander verknüpft. Im Rahmen der Planung werden mit Hilfe dieser Modelle v. a. Fragestellungen der zwischenbetrieblichen Logistikprozessoptimierung sowie des Auftragsdurchlaufes und damit verbundener Bestandshöhen behandelt.

### 5.3.4 Standortmodul

Die Standortmodule stellen eine eigenständige Modulform dar und haben nichts mit Technik- und Prozessmodulen gemein, da sie kein zu gestaltender Gegenstand einer Planung sind. Sie bilden in objektorientierter Form wesentliche, meist langfristige Kenngrößen ab, die als charakteristisch für den zu beplanenden Standort angenommen werden. Dadurch lassen sich wichtige Inputdaten, die während der Planung für die Gestaltung vieler Module beispielsweise zur Generierung von Kostenaussagen benötigt werden, zentral sammeln und zur Verfügung stellen. Standortmodule werden Prozessmodulen auf Fabrikebene zugeordnet. Für die Investitionsrechnungen finden sich hier beispielsweise die Kalkulationszinssätze, die als konstant für den gesamten Standort angenommen werden. Neben weiteren für die Kostenrechnung benötigten Kenngrößen (z. B. Personalkostensätze, Energiekostensätze) enthalten sie Informationen zu den geltenden Arbeitszeitregelungen (Schichtmodelle) sowie zur Wochen- und Jahresarbeitszeit. Ferner werden hier aus dem Umfeld des Standorts resultierende Randbedingungen wie Gesetze (Umweltgesetze, Lärmschutz etc.) hinterlegt, die es bei Planungen u. U. zu berücksichtigen gilt. Dies trifft ebenso auf am Standort festgelegte Standards wie beispielsweise für Fördertechnik oder Behälter zu. Den Standortmodulen ist jeweils auch ein aktuelles Gesamtlayout des Standorts zugeordnet, das die jeweilige Ist-Situation widerspiegelt und fortlaufend gepflegt wird. Als weitere Information finden sich Daten zur verkehrstechnischen Anbindung des Standorts hier wieder.

### 5.3.5 Zusammenfassung

Das im Abschnitt 5.3 beschriebene Objektmodell ermöglicht die durchgängige Abbildung des Planungsgegenstands mit modular aufgebauten und standardisierten Technik- und Prozessmodulen auf verschiedenen Hierarchieebenen. Damit wird den grundlegenden Gestaltungsprinzipien des adaptiven Logistikplanungskonzepts Folge geleistet und eine effektive Möglichkeit zur Komplexitätsreduzierung in der Planung geschaffen.

Ferner erlaubt das Modell, die für die Logistikplanung benötigten Daten redundanzfrei in standardisierter Form abzulegen und zu pflegen, wodurch sich bei konsequenter Umsetzung der Aufwand der datentechnischen Implementierung, Nutzung und Pflege stark reduzieren lässt.

Neben der vorgestellten Abbildungsform wurden weitere Konzepte zum adaptiven Logistikdatenmanagement entwickelt, wie beispielsweise Enterprise Application Integration (EAI), das eine Kopplung heterogener Anwendungen in bzw. zwischen Unternehmen mit Hilfe definierter Schnittstellen erlaubt. Hierzu sei jedoch an dieser Stelle auf die Ausführungen von [Bop-08] verwiesen. In der

Arbeit wird auch die Evaluierung des geschilderten Objektmodells in Form einer MS Access Anwendung detailliert beschrieben.

### **5.4 Gestaltung des Vorgehensmodells**

Dieses Kapitel erläutert die Phasen und Schritte der Modellierung und Anwendung der Elemente des ganzheitlichen, adaptiven Planungskonzepts. Zunächst erfolgt eine gesamthafte Darstellung des Vorgehensmodells, um die verschiedenen Phasen und deren Zusammenhang zu beschreiben. Daran schließt sich die Schilderung der einzelnen Phaseninhalte an.

#### **5.4.1 Gesamtdarstellung**

Das Vorgehensmodell im Rahmen der adaptiven Planungsmethodik schildert die Schritte der methodengestützten Modellierung von Planungsmodell und Objektmodell sowie die Aufgabenbearbeitung unter Verwendung dieser beiden Modelle und beschreibt so den systematischen Weg zur Lösungsfindung. Zudem standardisiert das Vorgehensmodell das einheitliche Herangehen aller beteiligten Gruppen, da es für die Nutzer als Ordnungsrahmen dient und zu strukturiertem, zielorientiertem Vorgehen anleitet.

Die einzelnen Teilschritte bauen dabei stufenweise aufeinander auf. Bei den einzelnen Phasen der Modellierung wird insbesondere das Prinzip der Kundenorientierung und damit die Frage nach dem Bedarf des nachgelagerten Prozesses in den Mittelpunkt gestellt, um schlanke und effiziente Abläufe zu garantieren. Die Phasen des Vorgehensmodells legen das Vorgehen zur Erstellung und Nutzung des Planungs- und Objekt-Modells fest. Die Ergebnisse werden abschließend als Vorgaben zur Gestaltung der realen Abläufe an diese zurückgeführt.

Das Vorgehensmodell wird beschrieben durch einen Prozess, der sich in vier Hauptphasen mit zugehörigen Teilprozessen unterteilen lässt (Abbildung 5-19). Es werden dabei die Vorgaben aus der Realität (Planungsauslöser, Unternehmensabläufe, -objekte, Randbedingungen etc.) im Planungs- und Objektmodell verarbeitet.

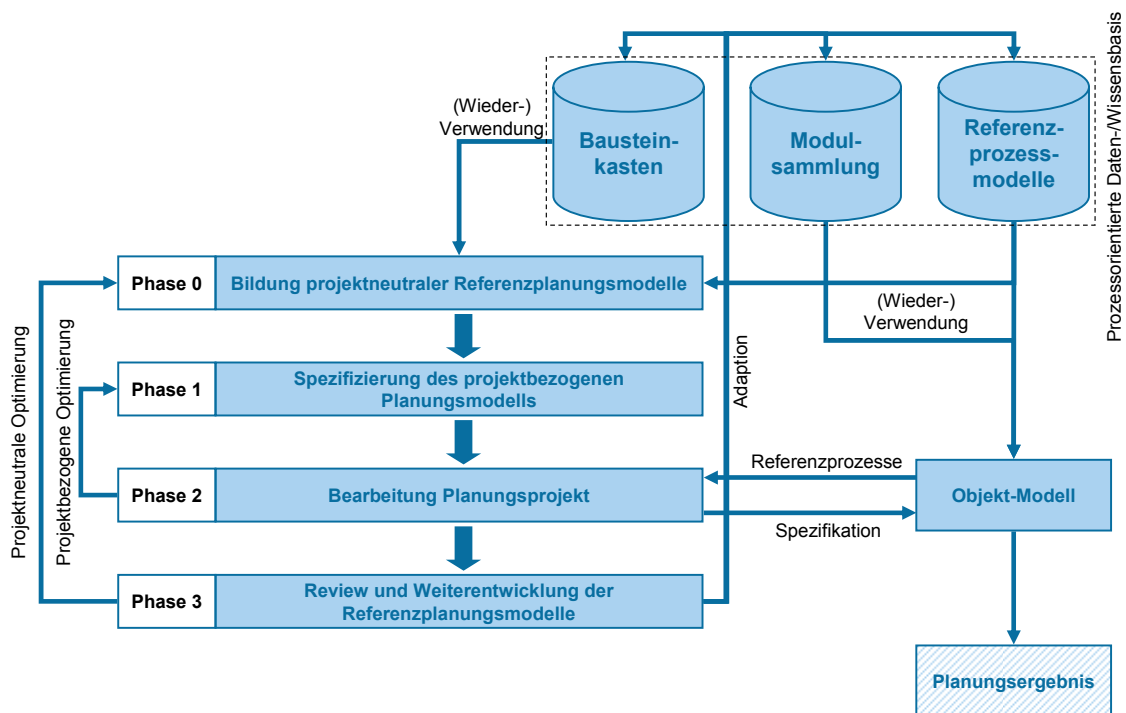


Abbildung 5-19: Vorgehensmodell der adaptiven Planung

Phase 0 kennzeichnet die Erstellung projektneutraler Referenzplanungsmodelle. Dies meint insbesondere die Entwicklung neuer Planungsbausteine, falls die durchzuführenden Umfänge noch nicht in Form dieser standardisierten Elemente beschrieben und im Planungsbaukasten abgelegt sind. Zur Unterstützung bei der Beschreibung des Planungsgegenstands und zur Ableitung einer zielführenden Vorgehensweise zu dessen Gestaltung finden Referenzprozessmodelle Anwendung, die in standardisierter Weise reale Abläufe wiedergeben. Bei Nutzung vorhandener Bausteine kann dieser Schritt entfallen. Die Projektabwicklung beginnt dann mit Phase 1.

Unter Verwendung der standardisierten Planungsbausteine und Module wird in Phase 1 das projektspezifische Planungs- und Objektmodell konfiguriert und auf die Planungsaufgabe hin ausgelegt. Als Ergebnis stehen der vollständig beschriebene Planungsprozess und das Planungsobjekt zur weiteren Nutzung zur Verfügung. Gleichzeitig werden die projektorganisatorischen Festlegungen getroffen, d. h. die einzelnen Umfänge auf die verschiedenen beteiligten Planer verteilt.

Die Anwendung des Planungsmodells zur Transformation des Objektmodells erfolgt in Phase 2 des Vorgehens. Unter Berücksichtigung der Zielsetzung und aller relevanten Randbedingungen werden hier die einzelnen Planungsschritte entsprechend der hinterlegten Prozesskette abgearbeitet. Nach Fertigstellung jedes Teilschritts wird auf Basis des Ergebnisses der Fortgang des Planungsprojekts kontrolliert und bei einer Abweichung von den

ursprünglich angenommenen Randbedingungen eine Anpassung im Sinne einer projektbezogenen Optimierung vorgenommen. Das Objektmodell erfährt während Phase 2 seine schrittweise Überführung in den Sollzustand. Das finale Ergebnis der Phase 2 ist schließlich in die Realität überzuführen.

Nach Erreichung des gewünschten Planungsergebnisses erfolgt in Phase 3 ein abschließendes Review, in dem von den Planungsbeteiligten in gemeinsamer Zusammenarbeit der Gesamtablauf auf die notwendigen Anpassungen und deren Gründe sowie weiterer Lerneffekte hin retrospektiv analysiert wird. Damit soll während des Planungsprojekts neu hinzugekommenes Wissen identifiziert und für nachfolgende Projekte gesichert werden. Dies geschieht durch die Anpassung der in den Bausteinen und Modulen hinterlegten Abläufe und Information bzw. durch die Kennzahlen, die eine Quantifizierung des Projekts ermöglichen. Dies erlaubt zudem eine effiziente Bewertung des Projekterfolgs.

Nach der Beschreibung des Phasenzusammenhangs werden im Folgenden die Aktivitäten der einzelnen Phasen näher erläutert.

### **5.4.2 Phase 0 – Vorgehensmodell zur Prozessstandardisierung**

Der erste als „Phase 0“ bezeichnete Bestandteil des Vorgehensmodells trägt diesen Namen, da er nicht zwingend in jedem Planungsprojekt zur Anwendung kommen muss, jedoch gerade bei der Einführung des adaptiven Logistikplanungskonzepts wesentliche Bedeutung besitzt. Der nachfolgend beschriebene Ablauf (Abbildung 5-20) ist für den Aufbau sowie die spätere Anpassung und Aktualisierung der im Planungsbaukasten hinterlegten Planungsbausteine vorgesehen.

Den Ausgangspunkt jeder Logistikplanung bildet, wie bereits beschrieben, ein Planungsauslöser. Dieser trägt neben geltenden Randbedingungen (z. B. Unternehmensstrategien) zur Festlegung der Planungsaufgabe bei. Aufgrund des zeitlichen Auftretens des Auslösers und seiner voraussichtlichen Auswirkungen kann eine Bestimmung der Planungsphase vorgenommen werden. Für das somit zeitlich und inhaltlich definierte Problem ist nun planerisch eine Lösung zu finden. Hierzu soll in idealer Weise, wie in Phase 1 beschrieben, die Nutzung vorgefertigter Planungsbausteine zum schnellen Aufbau des Planungsmodells beitragen. Sind die benötigten Planungsbausteine jedoch noch nicht erstellt gilt es, sowohl diese als auch die ihnen zugeordneten Prozessbausteine im Rahmen eines eigenen Projektabschnitts anzufertigen.

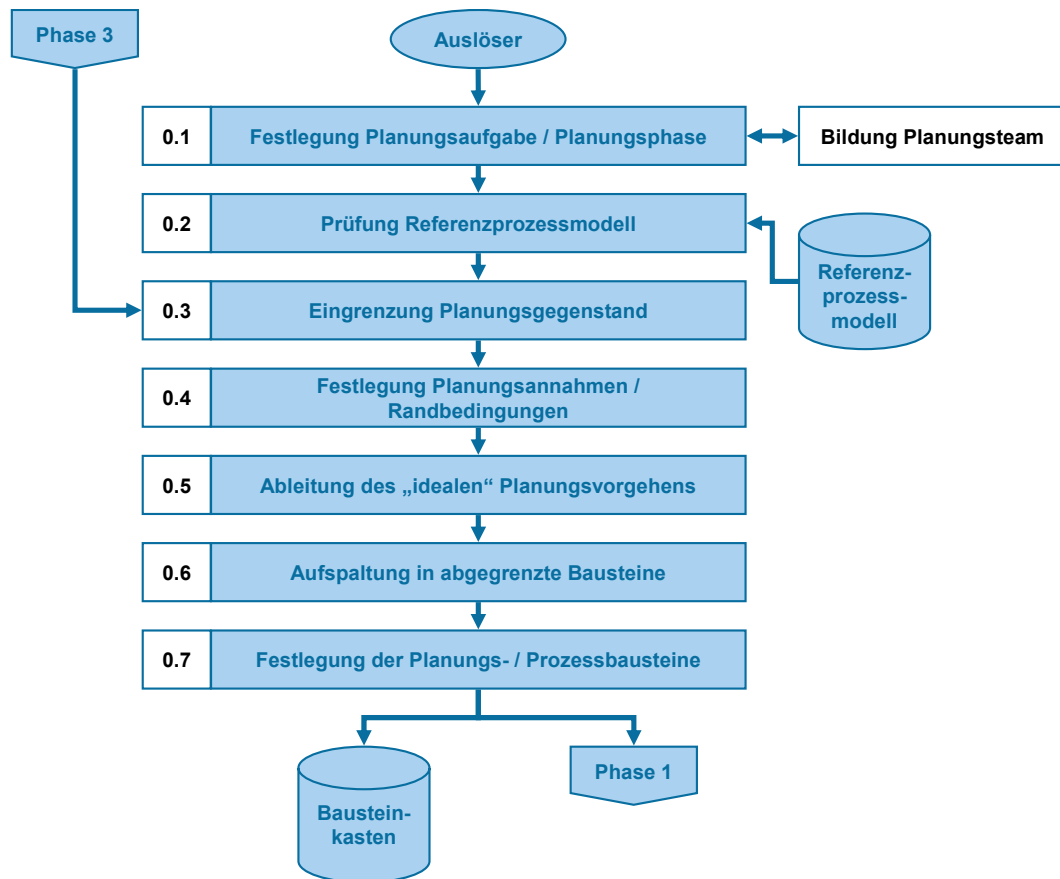


Abbildung 5-20: Vorgehensmodell Phase 0

Oftmals fehlt die Zeit, diese Tätigkeit noch vor Projektbeginn auszuführen. Entsprechend bietet sich eine nachträgliche Erstellung an, die jedoch meist den Eindrücken der auf „konventionelle“ Art und Weise durchgeführten Planung unterliegt. Wie erste praktische Erfahrungen zeigen, empfiehlt sich eine vollkommen neutrale und von realen Projekten losgelöste Herangehensweise in einem mit den Experten betroffener Disziplinen besetzten Projektteam, um den angestrebten, für eine Planungsaufgabe möglichst allgemeingültigen Planungsprozessablauf festlegen zu können. Ein Beispiel hierzu bietet Kapitel 6, in dem ausführlich die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Inhalte der Planungsbausteine Bereitstell- und Versorgungsplanung geschildert werden.

Als erster Anknüpfungspunkt zur Formulierung des Planungsprozesses dient eine intensive Betrachtung des durch die Aufgabenstellung bestimmten Planungsgegenstands. Da dieser in Verbindung mit Logistiksystemen unweigerlich mit einem Prozess verknüpft ist, geben vorformulierte Referenzprozessmodelle Aufschluss auf die in der Realität zu installierenden Abläufe. Die Notwendigkeit einer Beschreibung von Referenzprozessen in der Logistik wurde bereits vor einigen Jahren erkannt, so dass auf umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen zurückgegriffen werden kann. Erläuterungen hierzu sind im Kapitel 5.5 zu finden.



Der logistische Referenzprozess bildet somit einen möglichen Ausgangspunkt für das im Rahmen der Planung zu erreichende Ziel der realisierungsfähigen Beschreibung eines Logistik-Prozesses samt der hierzu notwendigen Ressourcen. Dies lässt eine Eingrenzung des Betrachtungsgegenstands in soweit zu, dass das Objektmodell aufgebaut sowie ein darin hinterlegter idealisierter logistischer Grundablauf definiert werden kann.

Diese allgemeingültige Beschreibung gilt es, unter Berücksichtigung unternehmensspezifischer Planungsannahmen und Randbedingungen zu einem realitätsnahen logistischen Idealprozess weiter zu entwickeln. Da eine unternehmensweite Standardisierung des im weiteren Verlauf daraus abgeleiteten Planungsprozesses angestrebt wird, sind bei der Formulierung der Randbedingungen standortspezifische Kriterien (wie z. B. Hallenlayouts, Verkehrswege) zu vernachlässigen, sofern sie nicht im ganzen Unternehmen gleich sind. Zur Ermittlung des logistischen Idealprozesses bietet sich eine Festlegung entgegen der Flussrichtung an. Ausgangspunkt der Betrachtung ist somit der Kunde des Prozesses, der eine Leistung erhält. Auf Basis seiner Anforderungen, die meist den Kriterien höchster Wertschöpfungsorientierung zu genügen haben, sind Schritt für Schritt die einzelnen Umfänge bis zum Start der fokussierten Logistik-Prozesskette rückwärts gerichtet abzuleiten. Als generelles Gestaltungskriterium dient dabei die Orientierung an den Bedarfen des nachgelagerten Kunden. So kann ein schlanker und zielorientierter Ablauf garantiert werden.

Auf der Grundlage dieses als idealtypisch anzusehenden Ablaufs ist im darauffolgenden Schritt der Planungsprozess zu entwickeln, der dieses formulierte Ziel planerisch bewerkstelligen lässt. Ebenso wie die Festlegung des zu realisierenden logistischen Zielprozesses beginnt auch die Erstellung des Planungsprozesses beim Endkunden. Unter Berücksichtigung des dort endenden Logistik-Prozesses sowie aller möglichen (realistischen) Randbedingungen und Parameterausprägungen wird das Planungsvorgehen zur Gestaltung dieses Ablaufs entwickelt. Als unterstützendes Hilfsmittel dient dabei das Objektmodell, mit dem der „ideale“ logistische Prozess zuvor beschrieben worden ist. Dieses Vorgehen wiederholt sich schrittweise solange, bis für die gesamte logistische Prozesskette eine ihr entsprechende Planungsprozesskette vorhanden ist.

Letztere wiederum, die das ursprüngliche Problem in viele kleinere zu beantwortende Probleme aufgesplittet hat, gilt es nun in der Form thematisch abgegrenzter planerischer Teilschritte zu kapseln. Diese reduzieren die Komplexität des Planungsvorgehens und ermöglichen eine intensivere Betrachtung der jeweiligen Planungsinhalte. Wesentlicher Schritt bei der Unterteilung einer Planungsprozesskette in Einzelumfänge ist die Definition der Schnittstellen. Dies hat in Form von Input- bzw. Output-Daten zu geschehen,

die in einem Planungsprozessschritt erzeugt dem Nachfolger als Eingangsinformation dienen. Hierbei wird das Prinzip der Kundenorientierung auf die Planung übertragen: erarbeitet werden soll nur, was wirklich an Informationen benötigt wird. Die gekapselten Planungsumfänge, die durch Input und Output eindeutig gekennzeichnet sind, werden in Form des generischen Konstrukts eines Prozessbausteins modelliert, der die digitale Abbildung erleichtert. Doch nicht nur der Planungsvorgehen selbst ist in einem Prozessbaustein zu hinterlegen, sondern auch alle Methoden und Werkzeuge (in Form eines Verweises bei rechnerbasierten Tools), die als zielführend zur Erreichung des definierten Outputs angesehen werden. Als Resultat dieser Tätigkeiten liegt letztendlich eine Planungsprozesskette aus vollständig beschriebenen Prozessbausteinen vor. Deren Abbildung erfolgt in Form eines Planungsbausteins, der den gesamten und zielorientierten Ablauf zur Beantwortung der gestellten Planungsaufgabe beinhaltet. Das Konstrukt Planungsbaustein dient auch zur Hinterlegung von Kennzahlen, die sowohl im Rahmen des Projektmanagements Zeit- und Kostenaussagen ermöglichen als auch eine qualitative Bewertung des Planungsablaufs bewerkstelligen.

Die entwickelten Bausteine sind im nächsten Projekt zu verifizieren und etwaige Schwachstellen oder Unklarheiten zu beheben. Bis dahin und auch danach werden sowohl Planungs- als auch Prozessbausteine im Planungsbaukasten hinterlegt.

### **5.4.3 Phase 1 – Vorgehensmodell zur Planungsvorbereitung**

Phase 1 des Vorgehensmodells beschreibt Aufbau und Spezifizierung des Planungsmodells sowie die Vorbereitung des Objektmodells zur anschließenden Durchführung der Planung (Abbildung 5-21). In diesem Abschnitt werden alle projektspezifischen Daten gesammelt und den einzelnen Bausteinen zur Weiterverarbeitung zugewiesen.

Nach Bildung eines Projektteams, das mit der Planungsdurchführung betraut wird, ist, wie im vorhergehenden Abschnitt geschildert, zunächst die Eingrenzung des Planungsgegenstands notwendig. Auf Basis der beschriebenen Planungsaufgabe lassen sich ein oder mehrere projektneutrale Planungsbausteine auswählen, die entsprechend der spezifischen Projektgegebenheiten für die Planungsdurchführung vorzubereiten sind.

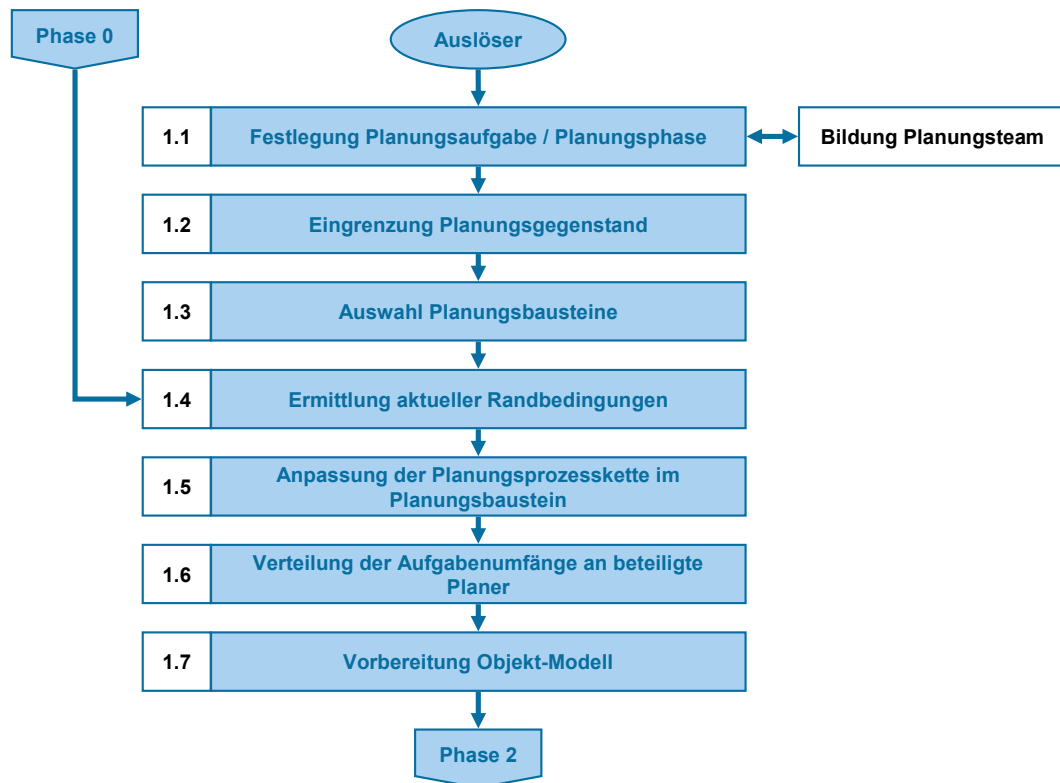


Abbildung 5-21: Vorgehensmodell Phase 1

Hier erfolgt der Übergang von einer allgemeingültigen zu einer auf den Planungsfall angepassten Vorgehensweise adaptiver Logistikplanung. Diese Stelle markiert auch den Einstieg nach der möglicherweise vorausgegangenen Durchführung der Phase 0.

Im Rahmen einer Ist-Analyse werden die für die Planungsdurchführung benötigten Daten und insbesondere die planungsbeeinflussenden Randbedingungen zusammengetragen. Welche Umfänge zwingend erforderlich sind bzw. einer näheren Untersuchung bedürfen, lässt sich zum einen aus dem Planungsauslöser, zum anderen aus den in den Planungsbausteinen hinterlegten Anforderungen an Inputdaten ermitteln. Hierzu werden in der Phase 1 nur für den Projektverlauf als unveränderlich angenommene bzw. für den Projektstart benötigte Daten eruiert. Für alle weiteren benötigten Informationen gilt: Je näher am Bedarfszeitpunkt diese festgestellt werden, desto aktueller und mit geringerer Veränderungswahrscheinlichkeit sind sie behaftet. Mehraufwand für deren Aktualisierung kann so weitgehend reduziert werden.

Die Datengrundlage schafft die Voraussetzung zur Anpassung der Planungsbausteine. Dabei werden die hinterlegten Prozessketten Schritt für Schritt, mit anderen Worten Prozessbaustein für Prozessbaustein überprüft und auf ihren Beitrag zur Verwirklichung des Planungsziels bewertet. Nicht benötigte Prozessbausteine entfallen. Während dieses Vorgehens werden die ermittelten

Input-Daten den jeweiligen Bausteinen zugeordnet und diese für die Planungsdurchführung vorkonfiguriert. Die einzelnen Prozessbausteine werden im Anschluss den jeweiligen Planungsexperten zur Bearbeitung zugewiesen. Die Prozessketten der Planungsbausteine leisten zudem Unterstützung bei der Aufstellung des Projektplans, da für jeden Prozessbaustein der zeitliche Umfang und aufgrund der beschriebenen Zusammenhänge ein empfohlener Startzeitpunkt festgelegt ist.

Ebenso wie das Planungsmodell in Phase 1 vorbereitet wird, geschieht dies auch mit dem Objektmodell. Die Eingrenzung des Planungsgegenstands hilft bei der Auswahl geeigneter Module aus der Modulsammlung sowie bei deren Parametrisierung, um den Ist-Zustand abzubilden.

### 5.4.4 Phase 2 – Vorgehensmodell zur Planungsdurchführung

Die eigentliche Bearbeitung des Planungsprojekts, d. h. die Ermittlung aufeinander aufbauender Teillösungen zur Erfüllung der Planungsaufgabe, konzentriert sich auf die Phase 2 (Abbildung 5-22).

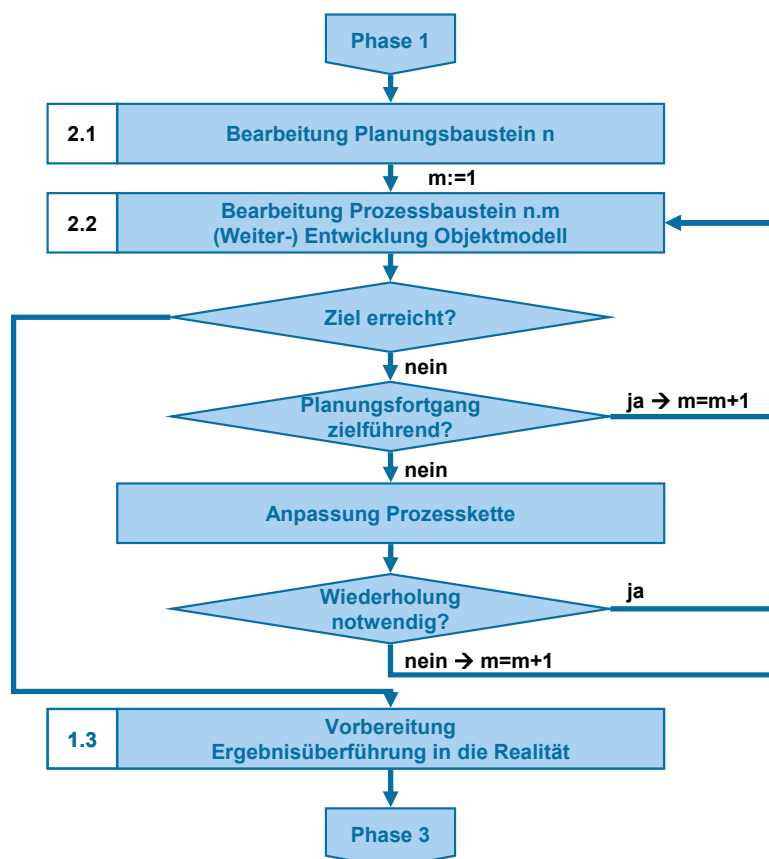


Abbildung 5-22: Vorgehensmodell Phase 2

Das Planungsvorgehen innerhalb dieses Abschnitts ist durch einen, für jeden Prozessbaustein wiederkehrenden, iterativen Ablauf gekennzeichnet. Den Ausgangspunkt bildet der Planungsbaustein, dessen zugeordnete

Prozessbausteine entsprechend der Prozesskette bearbeitet werden. Nach dem Abschluss eines Prozessbausteins erfolgt zwingend die Überprüfung der weiteren Planungsprozesskette. Wird dabei festgestellt, dass sich wesentliche Randbedingungen geändert haben oder aufgrund der Planungsergebnisse die zu diesem Zeitpunkt gegebene Prozesskette nicht mehr zur Zielerreichung geeignet scheint, sind Anpassungen am Planungsmodell, insbesondere am betroffenen Planungsbaustein vorzunehmen. Während dieser Zeit ruhen alle weiteren, möglicherweise parallel stattfindenden Bearbeitungsumfänge. In Kooperation des Projektteams wird der weitere Ablauf bestimmt und die Gründe für die Vornahme der Änderung dokumentiert. Erst dann wird das Projekt fortgeführt. Nachfolgende Abbildung 5-23 verdeutlicht den bei dieser Vorgehensweise durchgeführten Ebenenwechsel von der Prozess- auf die Handlungsebene und wieder zurück. Im Planungsbaustein auf der Handlungsebene können so die aktuellen Projektstati sowie Kennzahlen zum Planungsverlauf zusammengetragen und kumuliert auf der Zielebene zur Verfügung gestellt werden.

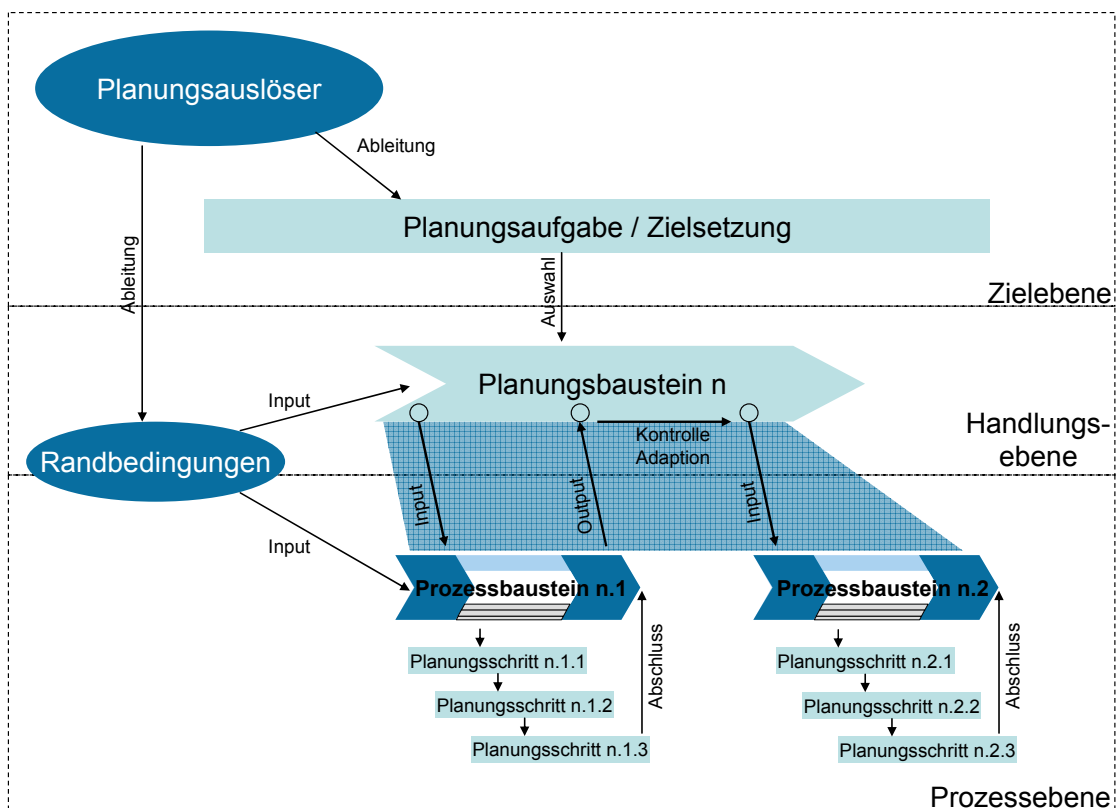


Abbildung 5-23: Schematisches Vorgehen in den Phasen 1 / 2

Dieses schleifenartige Vorgehen entlang der Prozesskette wiederholt sich bis zur Erreichung des gewünschten Planungsergebnisses, das durch ein im Sollzustand befindliches Objektmodell sowie die während des Planungsdurchlaufs erarbeiteten Daten gebildet wird.

Die Vorbereitungen zu dessen Übertragung in die Realität schließen die eigentliche Planung ab.

### 5.4.5 Phase 3 - Vorgehensmodell zum Planungsabschluss

Am Ende jedes Planungsprojekts steht eine Review-Phase, deren Ziel die Dokumentation des erarbeiteten Wissens sowie dessen Bereitstellung in Form verbesserter Planungs- und Prozessbausteine ist (Abbildung 5-24).

Hierzu werden zunächst die Projektkennzahlen wie Projektdauer und -aufwand (gemessen am Ressourceneinsatz) sowie die Ergebnisqualität zusammengetragen und in der gemeinsamen Runde der beteiligten Planer sowie eines externen Experten bewertet. Letzterer soll als nicht beteiligter Planungsspezialist helfen, von „außen“ einen Blick auf das Planungsgeschehen zu werfen und mögliche Verbesserungspotenziale zusammen mit den anderen zu erarbeiten.

Zu diesem Zweck wird der gesamte Planungsablauf durchgesprochen. Die bearbeitenden Planer stellen ihre Tätigkeiten kurz vor und schildern ihren Entscheidungsweg. Hierbei ist es von besonderem Interesse, ob ihnen der in den Prozessbausteinen vorgeschlagene Ablauf zielführend erschien oder ob sie davon abgewichen sind. Ist dies der Fall gilt es, die Gründe zu erörtern und möglicherweise einen neuen Planungsprozess in den betroffenen Bausteinen zu etablieren. Handelt es sich nur um projektspezifische Abweichungen, sind die Informationen in knapper Form in den Bausteinen als Hinweis zu hinterlegen.

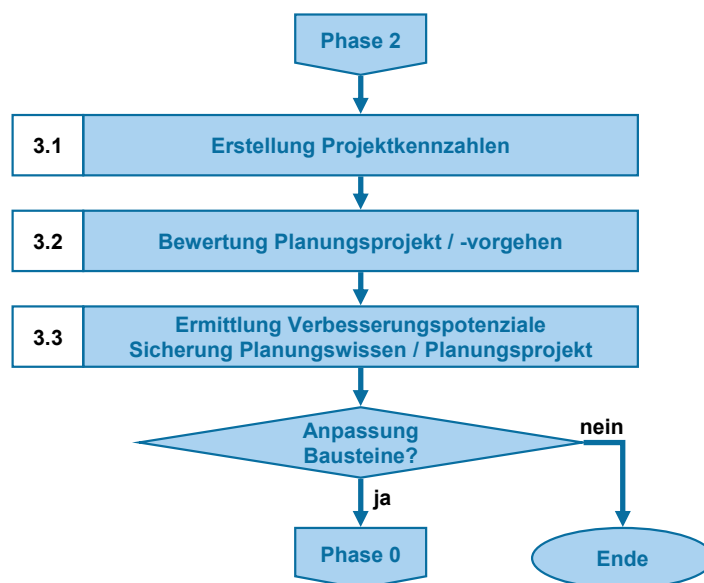


Abbildung 5-24: Vorgehensmodell Phase 3

Die überarbeiteten Bausteine werden für eine Wiederverwendung im Planungsbaukasten abgelegt.

## 5.5 Prozessorientierte Wissensbasis

Zur langfristigen Bewahrung und inhaltlichen Weiterentwicklung des Planungskonzepts, insbesondere seiner einzelnen Elemente und des damit verknüpften Wissens, sind Sammlungen ein wesentlicher Bestandteil. Deren Aufgabe ist es, erarbeitetes Planungswissen in Form von prozessorientierten Bausteine und Modulen zu sichern und für deren nächste Verwendung zur Verfügung zu stellen. Sie stoppen damit den permanenten Wissensverlust, der aufgrund von Personalrotation etc. in vielen Unternehmen derzeit in Kauf genommen werden muss.

Gleichzeitig besteht damit die Chance, die Unternehmensressource Wissen in einer handhabbaren und für die direkte Anwendung geeigneten Form zu zentralisieren. Damit lassen sich sowohl unternehmensweite Standards leichter implementieren als auch die tägliche Arbeit durch die Vermeidung von Redundanzen effizient unterstützen.

Diese Wissenssammlungen können auch zur erfolgreichen Kooperation mit Partnern in der Wertschöpfungskette beitragen, da die hinterlegten Umfänge klar die Bedürfnisse und Herangehensweisen der einzelnen Protagonisten aufzeigen. Im Rahmen enger Kooperationen können diese Inhalte bedarfsbezogen gegenseitig zugänglich gemacht und aufeinander abgestimmt werden.

Der Erfolg des adaptiven Logistikplanungskonzepts hängt in erheblichem Maße vom Umfang, der Qualität und Aktualität der in den Sammlungen hinterlegten Daten ab. Nur bei einer ausreichend großen und vielfach wiederzuverwendenden Datenbasis kann langfristig der Planungsaufwand reduziert und der zur Pflege und Aufbereitung der Daten notwendige Arbeitsumfang mehr als egalisiert werden. Kern einer erfolgreichen Umsetzung ist daher ein umfangreicher und kontinuierlich gepflegter Planungsdatenpool.

Hinsichtlich der datentechnischen Umsetzung sind unter den Sammlungen in die Digitale Fabrik integrierte Plattformen zur Speicherung, Pflege und Weiterentwicklung von Planungswissen zu sehen.

### 5.5.1 Planungsbaukasten

Der Planungsbaukasten stellt die geordnete Sammlung der Planungs- und Prozessbausteine dar. Er dient als Wissensspeicher und Planungshilfsmittel zugleich.

Aufgabe des Planungsbaukastens ist es, die Erstellung der Planungsmodelle für die Bearbeitung von Planungsaufgaben zu unterstützen. Dies kann durch die Bereitstellung eines vollständig beschriebenen, weil bereits in einem früheren Projekt entwickelten, jedoch projektneutralen Gesamtmodells

(Idealfall) geschehen. Daneben besteht die Möglichkeit auf einzelne Prozessbausteine zur Bildung eines neuen Planungsbausteins zurückzugreifen.

Neben den projektneutralen Bausteinen werden dort auch die abgeleiteten, projektspezifischen Elemente zur Dokumentation hinterlegt. Diese bieten somit eine weitere Wissensquelle für die Gestaltung zukünftiger Planungsabläufe.

Die Einteilung der Inhalte des Planungsbaukastens erfolgt nach den Kriterien Planungs(teil-)aufgabe und zeitliche Phase (strategisch / taktisch / operativ).

### **5.5.2 Modulsammlung**

Ähnlich wie der Planungsbaukasten vorgefertigte Elemente für die Gestaltung des Planungsmodells bereitstellt, bietet die Modulsammlung konfigurierte Module zum Aufbau des Objektmodells. Dies ist insbesondere bei Prozessmodulen auf Stationsebene und bei Technikmodulen hilfreich, da diese einen hohen Wiederverwendungsgrad aufweisen.

Teil der Modulsammlung ist außerdem ein auf Referenzprozessen beruhendes Unternehmensmodell, aus dem aufgabenspezifisch die für den jeweiligen Planungszweck benötigten Module entnommen werden können. Im Gegensatz zu einem nicht mit vertretbarem Aufwand aktuell zu haltenden Detailmodell eines Unternehmens bietet sich hier ein geeigneter Kompromiss zwischen der Möglichkeit schneller Anpassung und dem durchzuführendem Pflegeaufwand.

### **5.5.3 Referenzprozessmodelle**

Die Standardisierung von Prozessen wird als ein Schlüsselfaktor für effizientes Geschäftsprozessmanagement gesehen. Hierzu wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl von Referenzprozessmodellen gerade auch für die Intralogistik entwickelt [Fig-07]. Diese eignen sich in hervorragender Weise als Ausgangs- bzw. Orientierungspunkt für den Aufbau der im Rahmen des adaptiven Logistikplanungskonzepts zu erstellenden Objektmodelle, da sie die Realität ebenfalls in einer standardisierten, prozessorientierten und zudem wissenschaftlich überprüften Form wiedergeben.

Ein im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 559 entwickelter Ansatz beschreibt beispielsweise die Bildung anwendungsneutraler Referenzprozessketten unter alleiniger Verwendung dreier Basisprozesse und stellt damit ein einfaches und hochflexibles Instrumentarium zur Beschreibung logistischer Standardabläufe zur Verfügung, das bereits vielfach Anwendung fand (z. B. für Beschaffungsabläufe, Materialflussprozesse in Güterverkehrszentren).

Daher sollen derartige in der wissenschaftlichen Literatur [Höm-07] verfügbare Prozessbeschreibungen nach einer unternehmensspezifischen Anpassung



ebenfalls in Form von Bibliotheken zur Planungsunterstützung bereitgestellt werden.

## 5.6 Zusammenfassung

Das im Kapitel 5 dargestellte Instrumentarium beschreibt das im Rahmen der Arbeit entwickelte ganzheitliche, durchgängige und prozessorientierte Konzept zur adaptiven Logistikplanung (Abbildung 5-25).

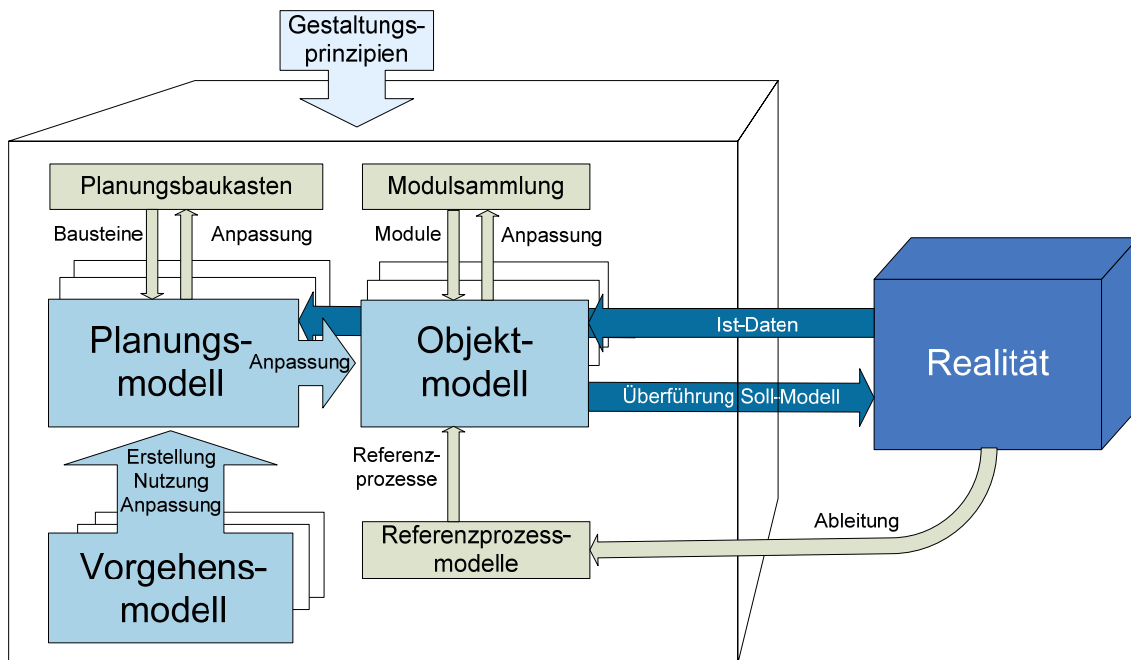


Abbildung 5-25: Darstellung des Planungskonzepts

Die Integration der einzelnen Elemente erfolgt über das zentrale Vorgehensmodell, das an Hand von vier standardisierten Phasen alle Schritte der Modellierung, Planungsvorbereitung und -durchführung sowie Wissensabschöpfung innerhalb eines Projekts darlegt. In Verbindung mit der durchgängigen Verwendung standardisierter Elemente sowohl im Planungs- als auch im Objektmodell wird ein stabiler Ordnungsrahmen geschaffen, der den Planern dennoch kreativen Freiraum zur Gestaltung sowohl des Planungsprozesses als auch des Planungsgegenstands bietet und die angestrebte Adaptivitätssteigerung in der Logistikplanung ermöglicht. Die Verwendung standardisierter Bausteine und Module reduziert neben der Planungskomplexität den Planungsaufwand und erlaubt größeren Spielraum für die Erarbeitung der Lösungen. Gleichzeitig können mit den einzelnen Bausteinen wiederverwendbare „Kompetenzzellen“ geschaffen werden, die Wissen, Methoden und Werkzeuge für spezifische Aufgabenstellungen kapseln. Der damit verbundene, aus der Mechanik übertragene Vorgang des „Freischneidens“ bei der Bausteinentwicklung schafft zudem ein vertieftes Verständnis für die (logistischen) Zusammenhänge und trägt ebenfalls zur Komplexitätsreduktion

bei. Die objektorientierte Beschreibung der Bausteine und Module vereinfacht darüber hinaus das Datenmanagement und bildet gleichzeitig die anwendungsneutrale Grundlage zur Integration in die Digitale Fabrik.

Die wiederholte Nutzung der Bausteine fördert überdies die modellbasierte Abschöpfung und Weiterentwicklung des Planungswissens. Als Resultat steht eine aktuelle Wissensbasis zur Verfügung, die die Erkenntnisse der Mitarbeiter nutzend zur Steigerung der Planungsqualität beiträgt. Als definierte Phase zum Abschluss eines Planungsprojekts stellt das Review und die Überarbeitung der Bausteine zwar Aufwand dar, der aber als proaktives Handeln und somit Investition in den Erfolg zukünftiger Projekte gesehen werden kann.

Die Anwendung des Vorgehensmodells wird am Beispiel der Bildung zweier Planungsbausteine zur Bildung eines Planungsmodells im nächsten Abschnitt exemplarisch dargestellt.

## **6 Umsetzung und Evaluation**

Nach der allgemeinen Ausarbeitung des adaptiven, modularen Planungskonzepts wurde dieses an Hand eines umfangreichen Praxisprojekts im Themenfeld Bereitstell- und Versorgungsplanung in Kooperation mit einem OEM und einem Tier 1-Zulieferer aus der Automobilindustrie umgesetzt und evaluiert. Die Auswahl dieses Aufgabenbereichs erfolgte, um auch die unternehmensübergreifende Einbindung externer Planer untersuchen zu können.

Der folgende Abschnitt umfasst zunächst Empfehlungen zur praxisorientierten Einführung des adaptiven Logistikplanungskonzepts. Die exemplarische Erarbeitung der standardisierten Planungsbausteine für die Bereitstell- und Versorgungsplanung in der automobilen Endmontage auf Basis der Phase 0 des in Kapitel 5 beschriebenen Vorgehensmodells stellt den inhaltlichen Schwerpunkt dieses Kapitels dar. Daran schließt sich das in diesem Zusammenhang erstellte Objektmodell an. Den Abschluss bildet ein kurzer Hinweis zur Pflege der Bausteine sowie zur Weiterentwicklung des Konzepts.

### **6.1 Implementierung des adaptiven Planungskonzepts**

Zur Erreichung der höchsten Effektivität des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Planungskonzepts bedarf es einer unternehmensweiten bzw. in einem nachfolgenden Schritt netzwerkweiten Einführung, da nur so die Effekte der Standardisierung wirkungsvoll zum Tragen kommen. Auch der mit einer Implementierung und Weiterentwicklung verbundene Aufwand lässt sich nur durch einen durchgängigen Einsatz rechtfertigen. Das Planungskonzept ist hierzu als strategische Prämisse in den Unternehmenszielen zu verankern und nach und nach im Unternehmen zu implementieren. Die Einführung sollte schrittweise erfolgen und gezielt genutzt werden, um aufgrund der hierbei gemachten Erfahrungen zu lernen und eine Weiterentwicklung zu beginnen, die als Kernaufgabe zur dauerhaften Erreichung angestrebter Adaptivität verstanden werden kann. Ähnlich wie die Einführung ganzheitlicher Produktionssysteme nach dem Vorbild Toyotas verkörpert die Einführung eines

ganzheitlichen Planungssystems einen Philosophiewandel, nämlich die Weiterentwicklung der Planung von einer Einzel- hin zu einer kontinuierlichen und zentralen Unternehmensaufgabe unter Berücksichtigung der Kundenorientierung.

Die nachfolgenden Abschnitte erörtern wesentliche Punkte, die es bei einer Implementierung des Planungskonzepts sowie zur kontinuierlichen Weiterentwicklung dessen Komponenten zu beachten gilt.

### **6.1.1 Auswahl des Einführungsprojektes**

Die Einführung des Planungskonzepts hat im Unternehmen durch eine Projektgruppe erfahrener Mitarbeiter aus den Bereichen Logistikplanung, Change Management und Lean Management vorbereitet und durchgeführt zu werden, deren Aufgabe es zunächst ist, ein erstes Umsetzungsthema, sprich eine geeignete Planungsaufgabe auszuwählen. Dies beinhaltet die Analyse aller im Unternehmen zu tätigen Planungsumfänge im Bereich der Logistik und deren Bewertung hinsichtlich der größten Potenziale. Hierbei sollten beispielsweise Kriterien wie Wiederholhäufigkeit Anwendung finden. Die Wahl und der Erfolg des Startprojekts besitzen hohen Stellenwert für die weitere Konzeptintroduction, da es genutzt werden sollte, die dadurch erreichten Verbesserungen unternehmensweit zu kommunizieren und die zukünftig betroffenen Mitarbeiter frühzeitig zu informieren. Die auf dem adaptiven Planungskonzept basierende strategische Neuausrichtung der Logistikplanung sollte daher an einem wesentlichen Thema und auch durch eine entsprechende organisatorische Verankerung des Projektteams demonstriert werden.

### **6.1.2 Vorbereitung und Durchführung des Einführungsprojektes**

Für die gewählte Planungsaufgabe ist unter Einbeziehung interner und externer Experten ein entsprechendes, als Best Practice anerkanntes Planungsvorgehen zu erarbeiten, zu modularisieren und in den Bausteinen zu hinterlegen. Im Rahmen der Arbeit wird dies im Kapitel 6.2 an Hand zweier Planungsbausteine für die Bereitstell- und Versorgungsplanung exemplarisch dargestellt. Parallel oder vorseilend sollte die Entwicklung eines Software-Werkzeugs erfolgen, das die Planer in allen vier Phasen des Vorgehensmodells unterstützt. Dieses dient als zentrale Integrationsplattform für die adaptive Logistikplanung, an das im Laufe der Unternehmenseinführung alle verwendeten Planungswerkzeuge und -datenbanken angebunden werden. Im Kapitel 7 wird hierzu das im Rahmen der Arbeit zur weiteren Evaluation des Konzepts entwickelte Funktionsmuster vorgestellt. Ferner ist der Aufbau der Baukästen zu beginnen, um datentechnisch alle wesentlichen Konzeptelemente bereits für das erste Projekt zur Verfügung stellen zu können. Die zu schaffenden Werkzeuge sind jeweils so zu gestalten, dass basierend auf einem elementaren Funktionskern

eine beliebige Erweiterung und Anpassung erfolgen kann. Zur Bewältigung dieser umfangreichen informationstechnischen Aufgabenstellungen sind frühzeitig in enger interdisziplinärer Kooperation zwischen IT- und Planungsspezialisten Lösungen zu entwickeln.

Die Durchführung der ersten Planungsprojekte, die auf dem Vorgehensmodell adaptiver Logistikplanung beruhen, ist durch ein intensiv ausgeprägtes Projektmanagement zu begleiten, damit die beteiligten Planer jederzeit Hilfestellung bei Fragen oder Unklarheiten in Anspruch nehmen können. Gleichzeitig ist es Aufgabe des Projektmanagers, die erkannten Verbesserungspotenziale zusammenzufassen, um daraus notwendige Optimierungen bezüglich der Werkzeuggestaltung etc. zu diskutieren und umzusetzen. Die Verbesserung des Planungsvorgehens erfolgt, wie im Konzept hinterlegt, jeweils im Rahmen einer abschließenden Reviewrunde.

Die Projektgruppe sollte im weiteren Verlauf zu einem Center of Competence (CoC) weiterentwickelt werden, im welchem sich die Experten zur Begleitung weiterer Planungsprojekte zur Verfügung stellen. Deren Hauptaufgabe ist es, das Planungskonzept über das gesamte Unternehmen auszurollen, zugleich die Rückmeldungen aus den einzelnen Projekten in Verbesserungen des Gesamtkonzepts überzuführen sowie die Performance des Planungskonzepts zu bewerten. Im Zuge der Einführung sind auch externe Projektpartner zu beteiligen. Je frühzeitiger deren Einbindung stattfindet, desto effizienter lassen sich unternehmensübergreifende Zusammenarbeit und Datenaustausch realisieren sowie ein gemeinsames Verständnis entwickeln.

## **6.2 Modellanwendung am Beispiel schlanker Bereitstell- und Versorgungsplanung in der Montage**

Zur Beschreibung des thematischen Rahmens werden zunächst kurz die Grundlagen der Bereitstell- und Versorgungsplanung dargelegt. Daran schließt sich die Ableitung des adaptiven Planungsvorgehens sowie dessen bausteingerechte Unterteilung in einzelne Schritte unter Berücksichtigung vordefinierter Prämissen (Kap. 6.2.2) an. Die Aufgabenstellung erfordert eine Unterteilung in verschiedene Prozessbereiche, die über definierte Schnittstellen (Input / Output) miteinander verbunden sind. Den einzelnen Prozessbausteinen werden hierzu mehrere Lösungsmöglichkeiten zugeordnet, um eine Entscheidungshilfe vor dem Hintergrund unterschiedlicher Randbedingungen zu gewährleisten.

### **6.2.1 Grundlagen der Bereitstell- und Versorgungsplanung**

Die Bereitstell- und Versorgungsplanung umfasst die Gestaltung des inner- und überbetrieblichen Material- und Informationsflusses der Rohstoffe, Halbzeuge,

Kauf- und Fertigteile, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie die Rückführung von Leergut vom Verbauort in der Montage bis zum Lieferanten (Abbildung 6-1). Aufgabe ist es, die benötigten Teile und Baugruppen vollständig, termingerecht, in der richtigen Menge und Qualität am Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen [Grü-04; Sto-88].

Die Beplanung der logistischen Umfänge zur physischen und informatischen Koordination des Materialflusses zwischen Unternehmensbereichen [Grü-04] oder auch zwischen Unternehmen kann derzeit bei Fahrzeugherstellern bis zu sieben Abteilungen betreffen (Montageplanung, Behälterplanung, Bereitstellplanung, Strukturplanung, interne und externe Versorgungsplanung sowie Einkauf) und erfordert daher hohen Koordinationsaufwand sowohl bei der Datengewinnung als auch bei der Abstimmung der jeweiligen Bereichsanforderungen. Gerade hier gilt es, durch ein standardisiertes Vorgehen und die Orientierung am Wertschöpfungsgedanken Verbesserungen zu erreichen.

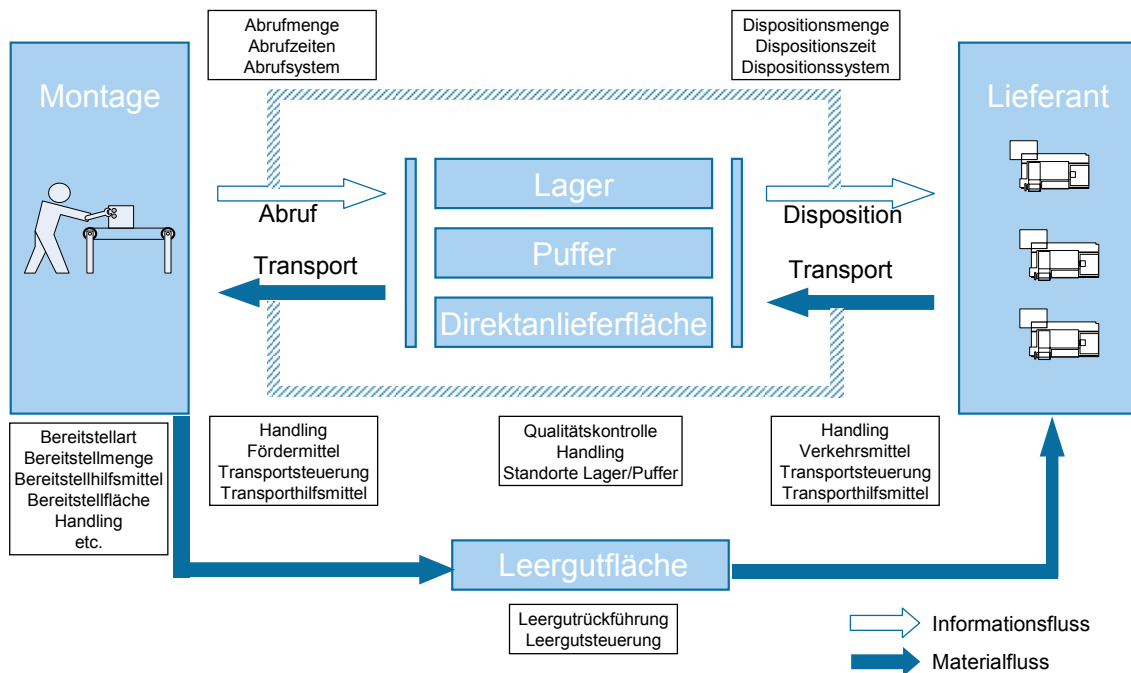


Abbildung 6-1: Planungsraum der Bereitstell- und Versorgungsplanung (in Anlehnung an [VDI3639])

Während die Bereitstellplanung die Ausprägung der Gestaltungsfaktoren (Bereitstellart, -menge, -hilfsmittel etc.) am Bereitstellort thematisiert, wird in der Versorgungsplanung die gesamte Prozesskette vom Lieferanten bis zum Verbauort betrachtet. Diesbezüglich sind geeignete Versorgungskonzepte zu entwickeln, die die bedarfsgerechte und wirtschaftliche Anlieferung und Verteilung der Güter an die Verbauorte realisieren.

## 6.2.2 Prämissen für das Planungsvorgehen

Zur Gestaltung eines schlanken und wertschöpfungsorientierten Planungsablaufs für die Bereitstell- und Versorgungsplanung werden folgende Rahmenbedingungen definiert, die sich in der Gesamtplanung sowie in den einzelnen Teilschritten wiederfinden:

- Später Planungsstart
- Kundenorientierung der Planung
- Individuelle Beplanung jedes Bauteils

Aufgrund der im Laufe des PEP zunehmenden Qualität der Planungsdaten sowie der sich dadurch kontinuierlich ändernden Datenbasis sollten die damit verknüpften Logistikplanungsumfänge später als heute beginnen, um notwendige Überplanungen weitestgehend zu vermeiden und damit zu einer Reduzierung des Planungsaufwands beizutragen. Die Ermittlung des Startzeitpunkts erfolgt durch Rückwärtsterminierung unter Berücksichtigung der zu bearbeitenden Planungsaufgaben. Der hierfür notwendige Zeitaufwand kann durch Verwendung der Bausteine sehr viel exakter definiert werden als bisher. Dies gilt natürlich nur, wenn alle benötigten Daten rechtzeitig zur Verfügung stehen. Eine sorgfältige und vor allem zeitgerechte Bearbeitung aller Planungsumfänge ist essentiell, um durchgängig den Planungsaufwand durch die Nutzung qualitativ hochwertiger Daten reduzieren zu können. Insbesondere betroffen hiervon sind fahrzeugkonzeptrelevante Kernbaugruppen und -teile, die hohe Anforderungen an die Bereitstellung und Versorgung stellen und dadurch stark den Gesamtmaterialfluss in der Fertigung prägen. Diese Baugruppen beeinflussen in Folge die Randbedingungen für viele weitere Teilefamilien, die meist auf Basis der Referenzdaten des Vorgängermodells beplant werden. Da sich jedoch trotz vieler Modifikationen logistikrelevante Rahmendaten wie Abmessungen, Gewichte oder Verpackungen meist nicht wesentlich ändern, verfügt man hier über eine durchaus verlässliche Datengrundlage für die strategische und teils auch taktische Planungsphase.

Zur Realisierung einer wertschöpfungsorientierten Fertigung entsprechend der Grundprinzipien des Toyota Produktionssystems gilt es für die Logistik, sich strikt an den Bedürfnissen der wertschöpfenden „Kunden“ in der Fertigung zu orientieren. Daher ist eine line-back Betrachtung, beginnend bei den Bedarfen des Endkunden, eine feste Planungsprämisse, die für jeden Prozessschritt neu berücksichtigt werden muss. Auf diese Weise lassen sich durchgängig schlanke Abläufe entwickeln. Die Wertschöpfungsfokussierung der Produktion zieht dabei zum Teil eine Erweiterung des Aufgabenumfangs der Logistik nach sich.

Bei der Entwicklung eines standardisierten Planungsvorgehens ist diese stringente Kundenorientierung ebenso zu realisieren. Ausgehend vom Endkunden, der ein definiertes Planungsergebnis in Form eines Konzepts, einer Budgetaussage etc. erwartet, ist rückwärts abzuleiten, welche Umfänge hierfür von Schritt zu Schritt der Planung zu erbringen sind. Die Entwicklung eines standardisierten Vorgehens für die Logistikplanung orientiert sich daher an den Bedürfnissen zweier Kunden: der Fertigung und dem Empfänger des Planungs(teil)ergebnisses, wobei auf Basis der Anforderungen der wertschöpfenden Bereiche das planerische Vorgehen abgeleitet wird.

Entsprechend der zur Verfügung stehenden Daten erfolgt zunächst die Beplanung logistischer Prozesse auf der Grundlage von Teilefamilien. Im Laufe des Planungsfortgangs ist jedoch ein Wechsel zur einzelnen Sachnummer vorzunehmen, um die gewünschte hohe Planungsqualität zu erreichen. Durch die konsequente Kundenorientierung hat dies früher zu geschehen als bisher, um gerade in der Bereitstellung Anforderungen der Montage genüge leisten zu können. Der damit verbundene höhere Aufwand reduziert sich über mehrere Planungsprojekte hinweg, da später auf erprobte und standardisierte Lösungen zurückgegriffen werden kann.

Zusammengefasst stellen ein späterer Planungsbeginn bei gleichzeitig höherem Detaillierungsgrad und durchgängige Kundenorientierung die wesentlichen Randbedingungen dar.

### **6.2.3 Beplanung der Bereitstellung**

Wie eingangs beschrieben, ist es Aufgabe der Bereitstellplanung eine anforderungsgerechte, ergonomische und prozesssichere Teilebereitstellung am Verbauort zu gewährleisten. Die in Abbildung 6-2 dargestellte Vorgehensweise ermöglicht dies unter Abarbeitung der vier aufgezeigten Einzelbausteine. Je Schritt wird notwendiger Dateninput mittels planerischer Aktivitäten in den gewünschten Output übergeführt.



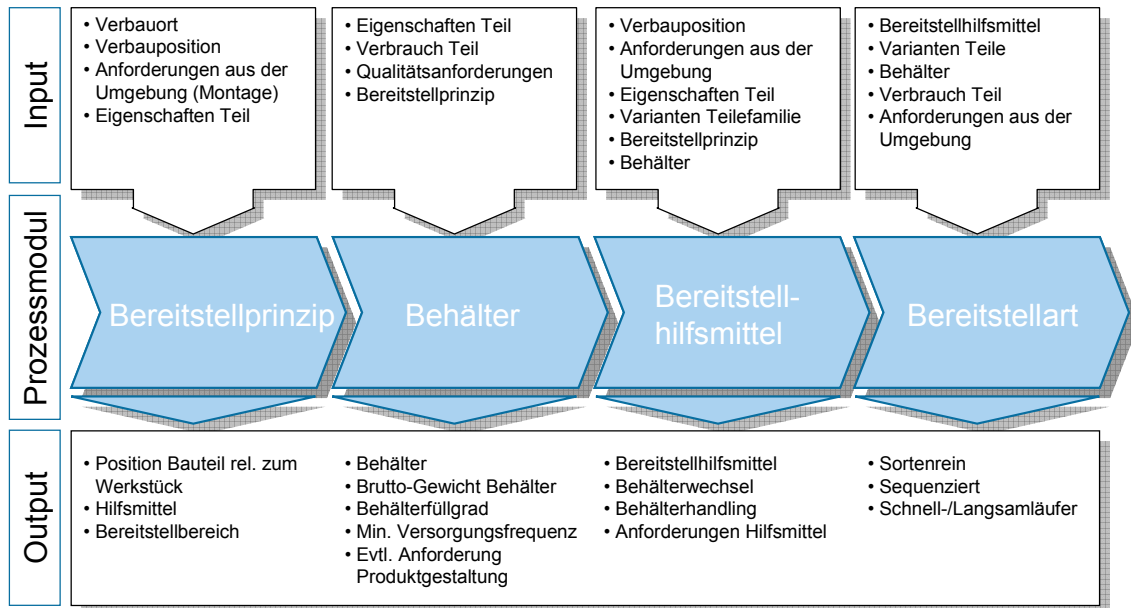


Abbildung 6-2: Prozessbausteine des Planungsbausteins Bereitstellplanung mit Input- und Outputdaten (in Anlehnung an [Pla-07a])

Die Allgemeinheit der Aufgabenstellung und die Übertragbarkeit der damit verknüpften Randbedingungen ermöglicht eine unternehmensneutrale Herangehensweise zur Betrachtung der Bereitstellplanung. Auch der Charakter des zu versorgenden Montageplatzes, z. B. ein Verbauort am Endmontageband oder ein Montagearbeitsplatz in der Vormontage, beeinflusst nicht die im Folgenden dargestellte Vorgehensweise. Dies sichert deren Allgemeingültigkeit. Lediglich die Ausprägungen der zentralen Inputdaten, wie verfügbare Fläche oder Taktzeit stellen sich unterschiedlich dar.

Nachfolgend werden die einzelnen Bausteine des Planungsprozesses der Bereitstellplanung in der Reihenfolge ihrer Abarbeitung detailliert vorgestellt.

Das beschriebene Vorgehen eignet sich für alle Planungsphasen. Der Detaillierungsgrad des zu erreichenden Planungsergebnisses wird auch durch die Qualität der Inputdaten bestimmt.

### 6.2.3.1 Bestimmung der Kundenanforderungen

Als Kunde der Logistik fungieren, stellvertretend für die Montage, die an den zu versorgenden Arbeitsplätzen beschäftigten Mitarbeiter. Vor dem Hintergrund der Wertschöpfungsfokussierung gilt es, deren Montagezeitanteil zu maximieren. Dies bedeutet im Wesentlichen eine Minimierung der Wege-, Such- und Greifzeiten bei gleichzeitig ergonomischer Auslegung der Bereitstellung. Die von den Mitarbeitern zu verbauenden Komponenten haben daher von der Logistik

- zeit- und mengengerecht,

- im optimalen Greifraum bei einfacher Zugriffsmöglichkeit,
- in einer entsprechend der Verbaureihenfolge sinnvollen Anordnung,
- eindeutig gekennzeichnet,
- mit der Möglichkeit zur individuellen Anpassung,
- ggf. unter Berücksichtigung eines einfachen und schnellen Behälterwechsels (Leergut / Vollgut)
- sowie einer einfachen Form der Bedarfsmeldung (Nachbestellung für verbrauchte Umfänge z. B. mittels Behälter-Kanban)

bereitgestellt zu werden.

Während sich die Zeit- und Mengendimensionen aus dem Produktionsprogramm und der -taktzeit ergeben, sind zur Realisierung des einfachen Zugriffs geeignete Behälter, Bereitstellhilfsmittel sowie eine mögliche Aufbereitung des bereitzustellenden Gutes (z. B. durch Öffnen der Verpackung etc.) vorzusehen. Hierbei sind zudem der Wechsel der Behälter bzw. die Entsorgung von Verpackungsmaterialien mit zu berücksichtigen. Die aussagekräftige Kennzeichnung der Teile soll insbesondere bei optisch ähnlichen Varianten eine Verwechslung verhindern. Zur Minimierung der Hin- und Rückwege müssen die Teile nicht nur in räumlicher Nähe des Verbauorts sondern auch in einer entsprechend der Karosseriebewegung (im Falle der automobilen Endmontage) und der Montageanweisungen geeigneten Reihenfolge angeordnet werden.

Die Tätigkeit in der Montage besitzt ferner zwei informatorische Komponenten für den Mitarbeiter. Zum einen ist ihm in der variantenreichen Serienproduktion mitzuteilen, welche Teile im nächsten Fahrzeug zu verbauen sind, zum anderen hat er der Logistik anzuzeigen, dass eine Nachlieferung von Teileumfängen notwendig ist. Art und Ort der Informationsbereitstellung bzw. -weitergabe ergänzen somit zusätzlich die genannten Anforderungen, die im Sinne der line-back-Betrachtung bei jedem Planungsschritt auf Erfüllung zu prüfen sind. In Abhängigkeit des Orts der Informationsaufnahme ändern sich für den Werker zudem die Laufwege, das sogenannte Werkerdreieck (Abbildung 6-3). Bei der Planung ist dies unter der Maßgabe der Wegeminimierung ebenfalls zu berücksichtigen.



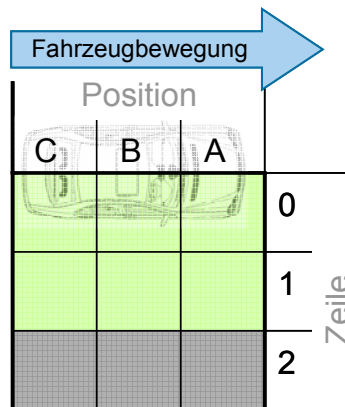


Abbildung 6-4: Matrix zur Festlegung der Verbauposition und des Bereitstellorts

Neben den Ortsinformationen sind für die Bestimmung des Bereitstellprinzips das Bauteilgewicht und die Packmaße notwendig, um eine Aussage über die geeignete Positionierung des Bauteils relativ zum Fahrzeug treffen zu können. Es wird dabei die Kategorisierung in eine fixe, mobile und mitfahrende Bereitstellung vorgenommen (Abbildung 6-5).

	Fix Unbeweglich während eines Arbeitszyklus	Mobil Beweglich während eines Arbeitszyklus	Mitfahrend An die Werkstück- bewegung gekoppelt
Zeile 0	<b>Greifbereich:</b> Def. Arbeitsplatz	<b>Greifbereich:</b> Beim Mitarbeiter	<b>Greifbereich:</b> Verbauposition
Zeile 1	<b>Greifbereich:</b> Innerhalb des Werkerdreiecks	<b>Greifbereich:</b> Nahe beim Mitarbeiter	<b>Greifbereich:</b> Mit Verbauposition synchronisiert
Zeile 2	i.d.R ungeeignet	i.d.R ungeeignet	i.d.R ungeeignet

Abbildung 6-5: Einteilung der möglichen Bereitstellprinzipien

Dabei ist zunächst auf Basis des Bauteilgewichts und u. U. der Bauteilgröße der Einsatz einer Handlinghilfe zur ergonomischen Unterstützung des Mitarbeiters zu überprüfen. Die Grenze liegt hier bei ca. 12 kg. Muss eine Handlinghilfe eingesetzt werden, bleibt als Bereitstellort lediglich die Zeile 1.

Die Auswahl einer mobilen bzw. mitfahrenden Bereitstellung wird neben Gewichts- und Größenrestriktionen durch den von der Montage gewünschten Bereitstellort beeinflusst. Zur Auswahl des geeigneten Bereitstellprinzips wurde in Abbildung 6-6 dargestellte Kausalkette mit den Industriepartnern entwickelt und im Prozessbaustein hinterlegt.

Die Festlegung des gewünschten Bereitstellprinzips ermöglicht im weiteren Verlauf

- die Bündelung mehrerer Teilefamilien in gleiche Behälter je Verbauposition (stationäre Set-Behälter),

- die Bündelung mehrerer Teilefamilien in gleiche Bereitstellhilfsmittel,
- die Bündelung mehrerer Teilefamilien in gleiche Behälter je Bandabschnitt (mitfahrende Set-Behälter) sowie
- die Wahl des optimalen Zugriffsbehälters und Bereitstellhilfsmittels.

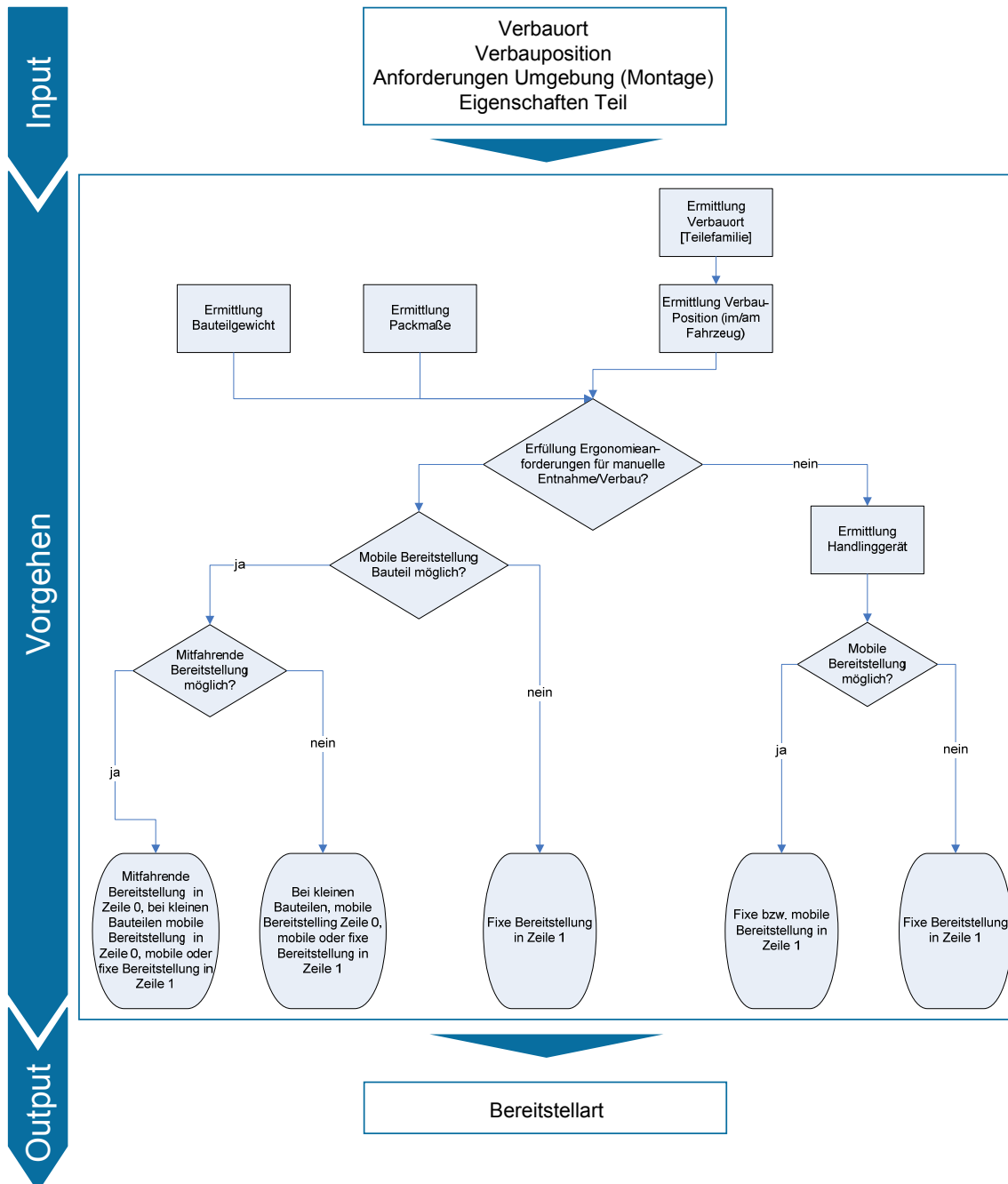


Abbildung 6-6: Prozessbaustein „Bereitstellprinzip“: Vorgehen zur Festlegung des Bereitstellprinzips

### 6.2.3.3 Bestimmung des Behälters

Der Behälter stellt eine wichtige Schnittstelle zwischen Montage und Logistik dar. Seine Gestaltung hat wesentlichen Einfluss auf die Bereitstellungsituation am Band, wirkt sich aber auch auf die gesamte logistische Kette bis hin zum Lieferanten aus. Vorrangige Aufgabe ist die greifraumoptimale, ergonomische und prozesssichere Teilebereitstellung. Dies erfordert je nach Verbauort und Bauteil individuelle Behälterkonzepte.

Als allgemeingültige Prämisse wird hierbei festgelegt, stets den kleinstmöglichen Behälter auszuwählen, mit dem die Wiederversorgungszeit überbrückt werden kann. Dies bedeutet eine Abkehr vom Prinzip der bestmöglichen Flächenauslastung am Verbauort hin zum Paradigma der flächenminimalen Bereitstellung. Fläche stellt gerade in der Montage ein knappes Gut dar, dem eine wichtige Rolle als Flexibilitätsfaktor zukommt. Zum einen bildet nur ein relativ kleiner Bereich eine ideale Zugriffsfläche für den Werker, in dem ein Großteil der Umfänge bereitgestellt werden sollte, zum anderen erlaubt Freifläche eine vereinfachte Verlagerung von Taktinhalten bei kurzfristiger Umstellung der Montageinhalte. Ferner trägt eine übersichtliche Bereitstellungsituation auch zur Prozesssicherheit bei und lässt zudem Verschwendungspotenziale (z. B. zu hohe Bestände einer Sachnummer) erkennen. Als weitere Prämisse zur Umsetzung schlanker Strukturen und Prozesse wird das Zwei-Behälter-Prinzip [Ali-05, S. 172] als zielführend zur Realisierung eines einfachen Leergut- / Vollgutwechsels angesehen.

Den ersten Schritt zur Auswahl eines geeigneten Behälters umfasst die Ermittlung der am Verbauort bereitzustellenden Anzahl an Teilen pro Sachnummer. Hierzu wird zunächst die für den Verbauort realisierbare Wiederversorgungszeit  $T_{W \text{ ist}}$  benötigt, die aus einer minimalen Wiederversorgungszeit sowie einem Sicherheitsaufschlag resultiert. Diese gibt den erforderlichen Zeitumfang für die Nachlieferung eines vollen Behälters wieder und liegt meist als Kenngröße aus Vorgängerplanungen vor. Minimale Werte bei einigen Automobilherstellern liegen bei ca. 15 Minuten.

Neben der Wiederbeschaffungszeit dienen die Taktzeit  $T_T$  am Verbauort, die benötigten Teile pro Fahrzeug  $N_T$  (bei Mehrfachverbau in einem Takt) sowie die Verbaurrate  $f_{VBR}$ , sprich die prozentuale Wahrscheinlichkeit, dass ein Teil als Variante in einem Produkt verbaut wird, als weiterer Input zur Auslegung des minimal bereitzuhaltenden Teileumfangs  $N_{T \text{ min}}$  nach folgender Formel:

$$N_{T \text{ min}} = (T_{W \text{ ist}} / T_T) * N_T * f_{VBR} [-] \quad (5.1)$$

Die Packmaße des Bauteils sowie  $N_{T \text{ min}}$  ermöglichen anschließend die Auswahl des idealen Behälters, sofern sich nicht eine behälterlose Darstellung anbietet. Aufgrund der Wertschöpfungsorientierung sollte bei jedem Bauteil

zunächst die Realisierbarkeit einer behälterlosen Bereitstellung untersucht werden. Diese ist möglicherweise unter Verwendung eines entsprechenden Bereitstellhilfsmittels ergonomisch besser zu gestalten als eine behälterbasierte Variante. Gleichzeitig würden die mit dem Behälterwechsel verbundenen Handlingumfänge entfallen (Abbildung 6-7).

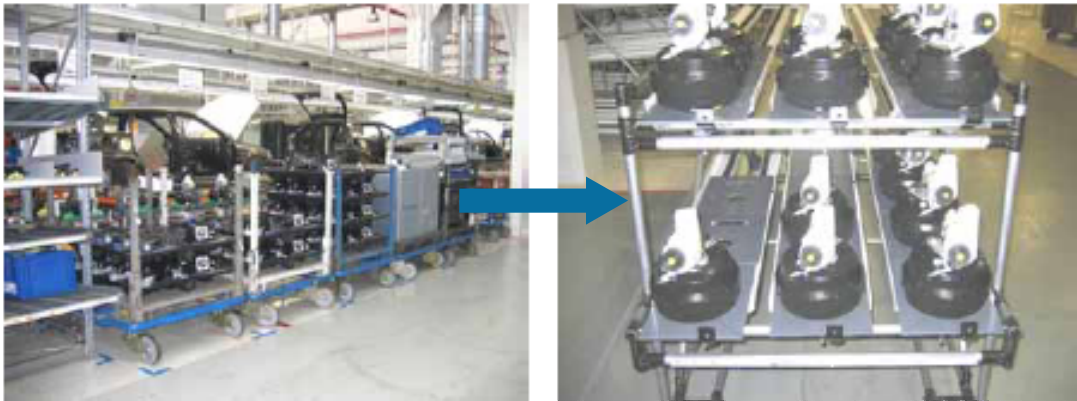


Abbildung 6-7: Behälterlose Bereitstellung (re.) gegenüber Bereitstellung im Großladungsträger [Hei-07]

Ist dies aus Qualitätskriterien etc. nicht möglich, sollte zunächst immer ein Standardladungsträger in Betracht gezogen werden [Ihm-06, S. 50]. Hierzu bieten sich je nach Bauteilgeometrie standardisierte Kleinladungsträger (KLT) (z. B. nach [VDA4500]) bzw. Großladungsträger (GLT) (z. B. Gitterbox nach [DIN15155]) an, die in verschiedenen Ausprägungen verfügbar sind und in aller Regel zum Standardbehälterpool eines Unternehmens zählen. Auszuwählen ist der Behälter, dessen Transportkapazität die benötigte Bereitstellmenge um den kleinsten Betrag überschreitet. Anders ausgedrückt soll durch die Wahl des kleinstmöglichen Behälters ein minimaler Flächenverbrauch sichergestellt werden. Bei der Auswahl eines KLT bietet sich zudem die Alternative eines Teile-Splits an, d. h. die Aufteilung der bereitzustellenden Teile auf zwei oder mehrere kleinere Behälter. Zulässig ist dies, wenn die KLT in einem Durchlaufregal angedient werden und alle Behälter in einer Spalte hintereinander Platz finden. Jedoch sollten für einen Teile-Split ergonomische oder flächenbezogene Gründe vorliegen, da zusätzliches Behälterhandling eine nicht-wertschöpfende Tätigkeit bedeutet. Ein Anlass ist beispielsweise bei Überschreitung des maximal durch den Mitarbeiter handzuhabenden Gewichts gegeben.



Abbildung 6-8: Minimierung des Flächenbedarfs durch Auswahl geeigneter Kleinladungsträger [Hei-07]

Ist es aus Qualitäts- oder Geometrieaspekten nicht möglich, einen Standardbehälter auszuwählen, sollte der eigens entwickelte Sonderladungsträger bezüglich seiner Kapazität in etwa dem berechneten Teileumfang entsprechen und einen optimalen Zugriff zur Teileentnahme gewährleisten. Unter Umständen lässt sich die kostspielige Beschaffung und Verwendung von Sonderladungsträgern dadurch vermeiden, dass die anzuliefernden Teile oder Module geometrisch verändert oder in zerlegtem Zustand angeliefert werden. Der zusätzliche Montageaufwand vor Ort wird in aller Regel durch die Einsparungen auf Seiten der Behälter und des Handlings egalisiert. Daher sind vor der Auswahl eines Sonderladungsträgers auch immer eine Änderung der Produktgestaltung und deren mögliche positive Auswirkungen zu untersuchen.

Die Anzahl der Behälter pro Sachnummer am Verbauort ergibt sich durch die Zwei-Behälter-Strategie, außer wenn auf einen Teile-Split zurückgegriffen wurde.

Nach der Auswahl des geeigneten Behälters ist für jedes Bauteil eine kurze Untersuchung zur Integrationseignung in einen Sequenz-Behälter, auch Set-Behälter genannt, vorzunehmen, um bei angespannter Flächensituation und / oder einer großen Anzahl an Teilevarianten auch Alternativen einer fahrzeugspezifischen Bündelung gegenüber der teilefamilien- bzw. variantenreinen Bereitstellung in Betracht zu ziehen. Die Ergebnisse sind für eine nachfolgende Iterationsschleife relevant.



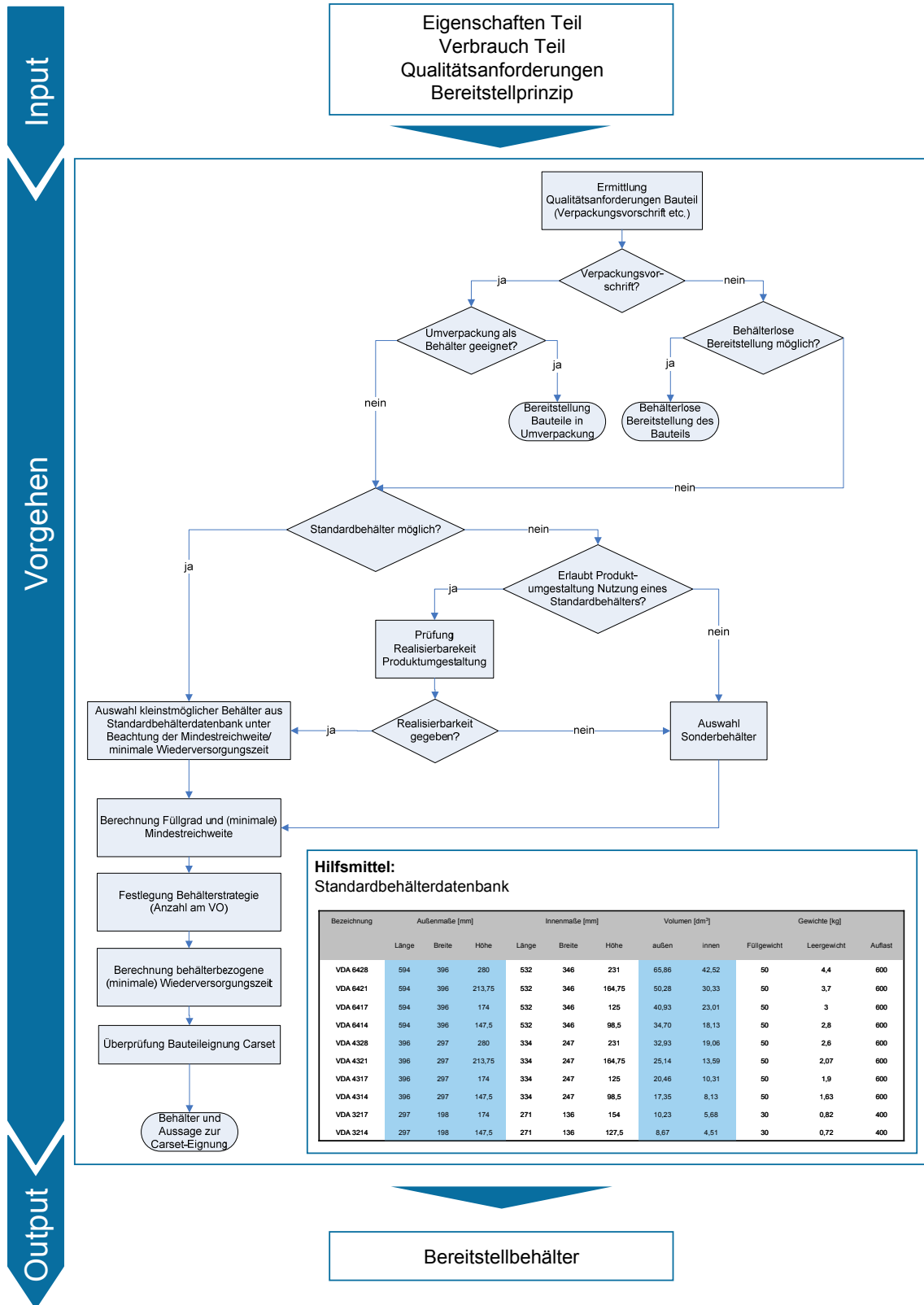


Abbildung 6-9: Prozessbaustein „Behälter“: Vorgehen zur Festlegung des Behälters

### 6.2.3.4 Bestimmung des Bereitstellhilfsmittels

Von der Auswahl des Behälters lässt sich in direkter Folge und unter Beachtung des Bereitstellprinzips das hierfür geeignete Bereitstellhilfsmittel ableiten (Abbildung 6-12). Vorrangiges Ziel ist es auch hierbei, den ergonomischen und prozesssicheren Zugriff des Werkers auf die per Hilfsmittel bereitgestellten Teile sicher zu stellen und ihm zugleich einen aufwandsarmen Behälterwechsel zu ermöglichen, sollte dieser nicht von einem Logistik-Mitarbeiter durchgeführt werden. Zur Unterstützung bei der Auswahl eines geeigneten Bereitstellhilfsmittels wurde nachfolgende Matrix entwickelt, die in der Praxis evaluierte Lösungsvorschläge in Abhängigkeit des gewählten Bereitstellprinzips und Behälters aufzeigt.

		Behälterlos	Standard-KLT	Spezial-KLT	GLT	Sonderladungsträger	
						groß	klein
Zeile 0	fix <sup>1</sup>	Fachbodenregal <sup>1</sup> Ablagefläche Indiv. Fixierung	Fachbodenregal <sup>1</sup> Ablagefläche Indiv. Fixierung	Fachbodenregal <sup>1</sup> Ablagefläche Indiv. Fixierung	X	X	Fachbodenregal <sup>1</sup> Ablagefläche Indiv. Fixierung
	mobil	Werkerwagen <sup>3</sup> Werker Rollsitz	Werkerwagen <sup>3</sup> Rollsitz	Werkerwagen <sup>3</sup>	X	X	Werkerwagen <sup>3</sup> Rollsitz
	mit-fahrend	Wagen <sup>4</sup> Ablagefläche <sup>4</sup> Indiv. Fixierung <sup>4</sup> Bauteil im Fzg.	Wagen <sup>4</sup> Ablagefläche <sup>4</sup> KLT im Fzg.	Wagen <sup>4</sup> Ablagefläche <sup>4</sup> EPP im Fzg.	X	X	Wagen <sup>4</sup> Ablagefläche <sup>4</sup> Indiv. Fixierung <sup>4</sup> Behälter im Fzg.
Zeile 1	fix	Tisch Fachbodenregal <sup>1,5</sup> Rutschen Paternoster Gitterboxaufsatzgestell <sup>6</sup> Fördertechnik Indiv. Elemente	Durchlaufregal <sup>15</sup> Fachbodenregal <sup>15</sup> Paternoster Gitterboxaufsatzgestell	Durchlaufregal <sup>15</sup> Fachbodenregal <sup>15</sup> Paternoster Gitterboxaufsatzgestell	Bodenbereitstellung Gitterboxschräge <sup>5</sup> Fachbodenregal <sup>15</sup> Drehteller Fördertechnik	Bodenbereitstellung Fachbodenregal <sup>15</sup> Schräge <sup>5</sup> Fördertechnik	Durchlaufregal <sup>15</sup> Fachbodenregal <sup>15</sup> Paternoster Gitterboxaufsatzgestell Indiv. Elemente
	mobil	Durchlaufregal <sup>1</sup> a.R. Fachbodenregal <sup>1</sup> a.R. Bogie/Dolly <sup>2</sup> Werkerwagen <sup>3</sup>	Durchlaufregal <sup>1</sup> a.R. Fachbodenregal <sup>1</sup> a.R. Bogie/Dolly <sup>2</sup> Werkerwagen <sup>3</sup>	Durchlaufregal <sup>1</sup> a.R. Fachbodenregal <sup>1</sup> a.R. Bogie/Dolly <sup>2</sup> Werkerwagen <sup>3</sup>	Gitterboxschräge a.R. Fachbodenregal <sup>1</sup> a.R. Rollunter-setzer Bogie/Dolly <sup>2</sup>	Rollunter-setzer Schräge a.R. Bogie/Dolly <sup>2</sup>	Durchlaufregal <sup>1</sup> a.R. Fachbodenregal <sup>1</sup> a.R. Bogie/Dolly <sup>2</sup> Werkerwagen <sup>3</sup>
	mit-fahrend	Fördertechnik	Fördertechnik	Fördertechnik	X	Fördertechnik	Fördertechnik

a.R. = auf Rollen

<sup>1</sup> individuelle Regaltypen (bez. Form und Aufbau sind denkbar)

<sup>2</sup> bezeichnet einen rollfähigen Transportuntersatz, der mit einem Zugmittel angeliefert und entsorgt wird

<sup>3</sup> benötigt Bereitstellfläche in Zeile 1

<sup>4</sup> fest verbunden mit Fördertechnik/mitfahrenden Elementen

<sup>5</sup> auch mit Rollen möglich, aber stationäre Verwendung

<sup>6</sup> Tablarauflage auf einer Gitterbox

Abbildung 6-10: Matrix Bereitstellhilfsmittel

Gerade bei KLT ist in vielen Fällen die Verwendung von Durchlaufregalen optimal, weil diese eine einfache Befüllung von Vollgut auf der Regalrückseite, die Entnahme auf der Vorderseite sowie die Rückführung von Leergut in umgekehrter Richtung ermöglichen. So kann sowohl für den Montagemitarbeiter als auch für den Versorger eine ergonomisch günstige Arbeitsumgebung geschaffen werden.

Wie auch bei den Behältern empfiehlt sich bei den Bereitstellhilfsmitteln der Rückgriff auf Standards. Bei der Bereitstellung kleinerer Teile und KLT betrifft dies zudem die Komponenten, aus denen die Regale, Materialwagen etc.

gefertigt werden. Die Verwendung standardisierter Regalbaukästen ermöglicht die flexible Anpassung der Bereitstellhilfsmittel an die darzustellenden Behälter und erlaubt daneben kurzfristige Umbauten bei minimalen Kosten. Bei durchgängiger Verwendung derartiger Elemente lassen sich neben der gewünschten Wandlungsfähigkeit der Bereitstellhilfsmittel aufgrund der langfristigen Verwendbarkeit große Kostenpotentiale erschließen. Abbildung 6-11 zeigt den Einsatz von Standardelementen am Beispiel eines mitfahrenden Materialwagens in Zeile 0 und eines fixen Bereitstellhilfsmittels (Durchlaufregal) in Zeile 1.



Abbildung 6-11: Mitfahrender Materialwagen (li.) und Durchlaufregal auf Rollen (re.) aus Standardelementen [Kab-06]

Bereitstellhilfsmittel dienen in aller Regel der Aufnahme mehrerer Sachnummern und damit mehrerer Behälter. Nach der Auswahl der verschiedenen Behälter-Bereitstellhilfsmittel-Kombinationen gilt es, an einem Verbauort eine erste Bündelung vorzunehmen, indem in einer Iterationsschleife untersucht wird, ob eine möglichst einheitliche Bereitstelllösung ohne die Generierung gravierender Nachteile für die Bereitstellung einzelner Teile realisiert werden kann.

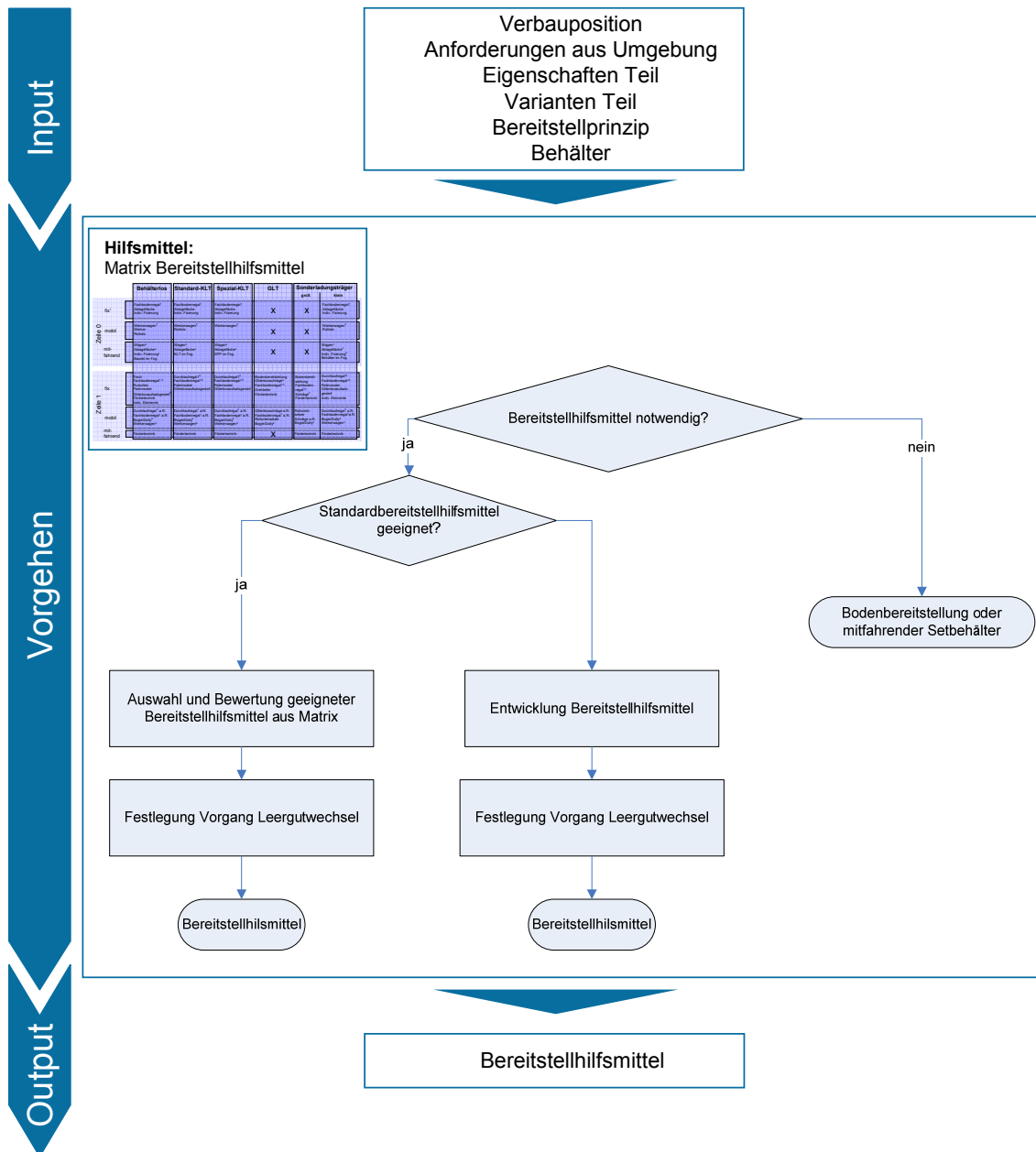


Abbildung 6-12: Prozessbaustein „Bereitstellhilfsmittel“ Vorgehen zur Festlegung des Bereitstellhilfsmittels

### 6.2.3.5 Bestimmung der Bereitstellart

Die Bereitstellart einer Teilefamilie ist abhängig von der Anzahl der zugehörigen Varianten. Aufgrund der Flächenrestriktionen am Verbauport ist oftmals eine sortenreine Bereitstellung aller einzelnen Varianten nicht möglich. Auch Suchzeiten und die Verwechslungsgefahr steigen bei hoher Variantenzahl an. In diesem Fall ist über eine Bündelung der Bauteile nachzudenken. Dies kann in Form einer teilefamilienreinen Sequenzbildung an einem Takt oder durch Integration des Bauteils in ein verbauportgebundenes oder -übergreifendes Set geschehen. Zeigt die Variantenverteilung der betrachteten Teilefamilie eine

charakteristische Schnell- / Langsamläuferverteilung, bietet sich eine getrennte Betrachtung dieser Umfänge an. Wenige Schnellläuferteile mit hohen Verbrauchszahlen können bei ausreichender Fläche vorteilhaft sortenrein dargestellt werden, während die Vielzahl an Langsamläufer-Varianten in Sequenz angeordnet wird, um hohe Bestände der seltener benötigten Teile am Band zu vermeiden und die Flächensituation zu entspannen.

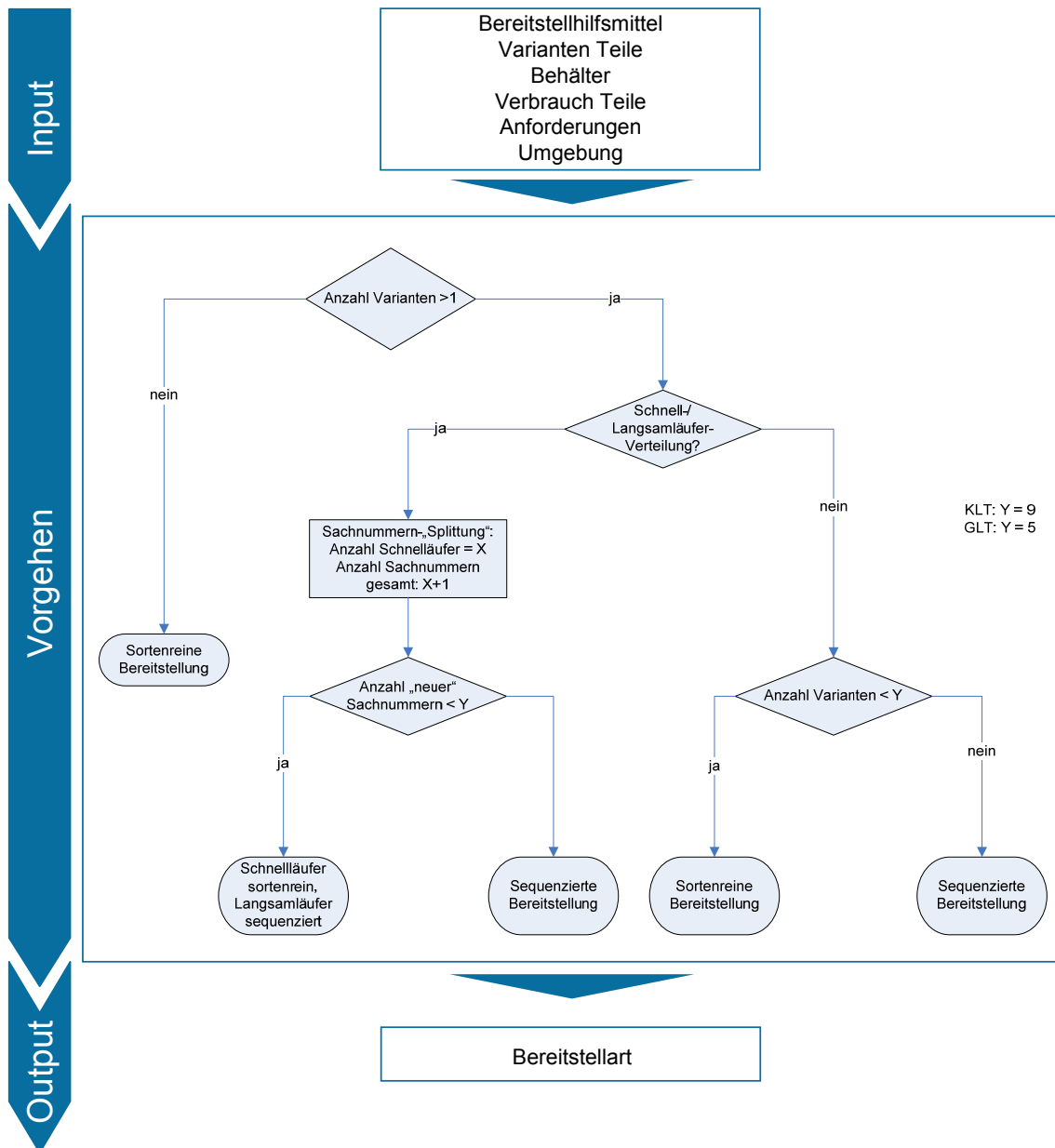


Abbildung 6-13: Prozessbaustein „Bereitstellart“: Vorgehen zur Festlegung der Bereitstellart

Für die in Abbildung 6-13 aufgezeigte Vorgehensweise werden die Schnellläufer entsprechend ihrer Variantenzahl X weiter beplant, während die Langsamläufer in einem Sequenzbehälter als eine kumulierte Variante aufgefasst werden. Die prinzipielle Entscheidung, ob sich eine sortenreine oder

sequenzierte Bereitstellung für eine Teilefamilie anbietet, ist abhängig vom verwendeten Behälter und der damit benötigten Bereitstellfläche. Für kleinere Teile in KLT bietet sich eine Sequenzierung ab neun Varianten, bei Umfängen in GLT ab fünf Varianten an.

### **6.2.3.6 Iteration**

Das Planungsergebnis der vier vorausgehenden Schritte umfasst das Bereitstellprinzip, den Behälter, das Bereitstellhilfsmittel sowie die Bereitstellart für jede betrachtete Sachnummer. Um im Rahmen einer wertschöpfungsorientierten Produktion neben angesprochenen Bündelungseffekten bezüglich der Bereitstellhilfsmittel auch eine weitere Verbesserung der Bereitstellung durch die Verwendung von sequenzierten Set-Behältern zu erreichen, ist eine abschließende Iterationsschleife notwendig. Hierzu gilt es, die einzelnen Sachnummern auf ihre Set-Eignung, die bereits bei der Behälterauswahl grundsätzlich bestimmt wurde, und das von der Montage stark beeinflusste Bereitstellprinzip hin zu betrachten und die Bündelungsmöglichkeiten in stationären bzw. mitfahrenden Sets zu untersuchen. Durch die für den Montagemitarbeiter optimierte Bereitstellung wesentlicher Varianten in Set-Behältern kann dessen Verbauzeitanteil weiter gesteigert werden. Da dadurch der Sequenzieraufwand für die Logistik drastisch ansteigt, ist jede Set-Bildung auf deren wirtschaftliche Sinnhaftigkeit hin zu prüfen. Stellt sich ein Set als geeignet heraus, ist entsprechend der vorher genannten Vorgehensweise ein Bereitstellhilfsmittel auszuwählen und die Bereitstellungsituation den betroffenen Verbauorten anzupassen.

### **6.2.4 Beplanung der Versorgung**

Gestaltungsgegenstand der Versorgungsplanung ist die gesamte Prozesskette des Gütertransports von den Lieferanten bis zum „Kunden“ an den Bereitstellorten. Dies beinhaltet die externen und internen Materialflüsse sowie die damit verknüpften strukturellen Einrichtungen wie Zwischenpuffer. Zentrale Aufgabe ist die Sicherstellung der Materialanlieferung sowie die Leergutrückführung entsprechend der im Rahmen der Bereitstellplanung erarbeiteten Anforderungen. Aufgrund der Vielzahl firmenspezifischer Parameter wie beispielsweise der Layout-Gestaltung der Montage und des Werkes oder der Konstellation des Zulieferer-Netzwerks können hier keine allgemeingültigen Entscheidungsregeln formuliert werden. Neben der Erfüllung der Kundenbedürfnisse stehen insbesondere adaptive und wirtschaftliche Aspekte einer schlanken Versorgungskette im Vordergrund. Dementsprechend sind immer wieder Möglichkeiten zur Bündelung in Betracht zu ziehen, auch wenn zur Reduzierung von Transportkosten geringfügig höhere Bestandsmengen entlang der Kette in Kauf genommen werden müssen. Wesentlicher Gestaltungs- und Steuerungsgrundsatz ist die durchgängige Implementierung des Pull-Prinzips, d. h. Ware wird erst bei Erreichen eines vordefinierten

Bedarfs nachgeliefert, um Verbräuche und Bestände durchgängig transparent zu halten.

Im Anschluss wird die Prozesskette der adaptiven Versorgungsplanung an Hand der einzelnen Bausteine dargestellt. Der beschriebene Ablauf ist sowohl in den Phasen strategischer, taktischer als auch operativer Planung verwendbar. Entsprechend der Qualität der Inputdaten variiert der Detaillierungsgrad des zu erreichenden Planungsergebnisses.

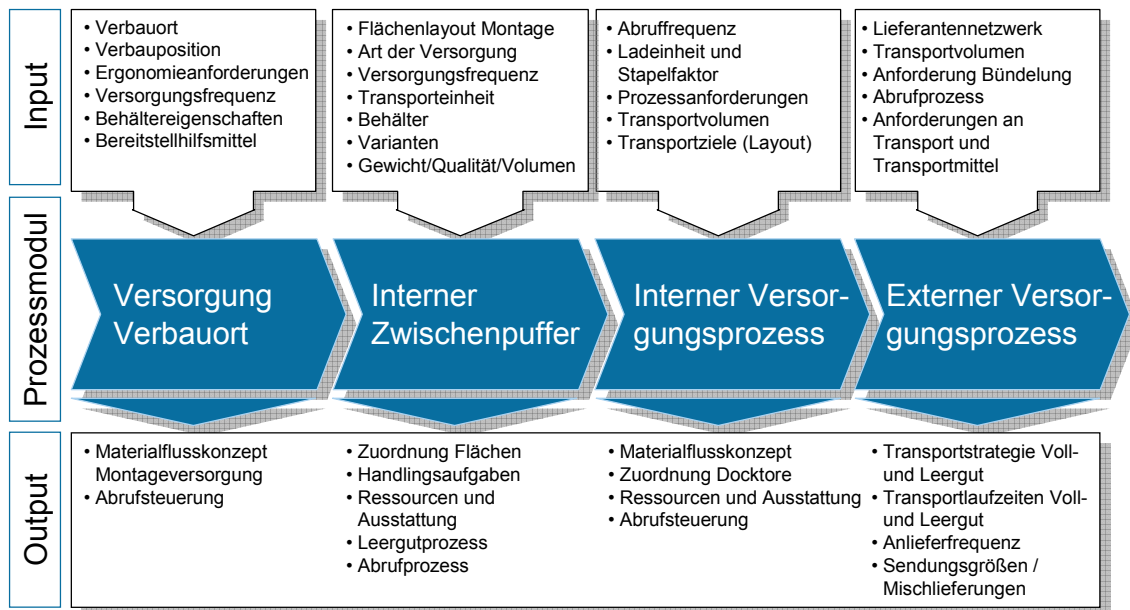


Abbildung 6-14: Prozessbausteine adaptiver Versorgungsplanung mit Input- und Outputdaten (in Anlehnung an [Pla-07b])

#### 6.2.4.1 Bestimmung der Versorgungsart

Bei der nachfolgenden Betrachtung wird entsprechend Abbildung 6-1 von einer Versorgung der Verbauorte mittels Direktanlieferfläche, Puffer bzw. Lager ausgegangen, die gleichzeitig die Schnittstelle zu den weiter vorgelagerten internen Versorgungsprozessen darstellen. Erfolgt eine direkte Versorgung vom Lieferanten ohne Zwischenhandling (oftmals bei firmeninternen Zulieferern) übernimmt dessen Fertigteilpuffer diese Funktion. Die Festlegung der Versorgungsart, die sowohl die Gestaltung der Abrufsteuerung als auch des Transports vereint, erfolgt je Verbauort auf der Datengrundlage der im Prozessbaustein „Behälter“ (Kap. 6.2.3.3) ermittelten Wiederbeschaffungszeit und damit Versorgungsfrequenz sowie des gewählten Behälters. Im Rahmen der zu implementierenden Pullsteuerung hat eine Signalisierung des Materialbedarfs an die vorgelagerte Instanz zu erfolgen. Diese sollte zur Sicherstellung eines einfachen und transparenten Prozesses in Form einer Kanban-Steuerung realisiert werden, wobei die genaue Ausgestaltung von der zulässigen Wiederbeschaffungszeit abhängig ist. Als Ausprägungsformen

kommen das Karten-Kanban, Behälter-Kanban und E- oder Signal-Kanban in Betracht.

Beim Karten-Kanban wird über eine am Nachfüll-Behälter befestigte Karte, die durch den Montagemitarbeiter bei Anbruch oder Entleerung entnommen und an einem für den Logistiker gut einsehbaren Platz befestigt wird, der Auftrag zur Nachlieferung an Hand der auf der Karte definierten Informationen (Sachnummer, Anzahl, Anlieferort etc.) angestoßen. Bei der Lieferung des Vollguts erfolgt in aller Regel die Mitnahme des Leerguts (1:1-Tausch).

Das Behälter-Kanban stellt sich als nahezu identisch dar. An Stelle der Karte dient der Behälter selbst als Abrufinformation für den Versorger. Der leere Behälter ist daher gut sichtbar abzustellen. Beiden Signalisierungsformen ist gemein, dass sie erst wirksam werden, sobald der Logistikmitarbeiter den Auftrag „bemerkt“ hat. Die hierfür benötigte Zeitspanne kann nicht vorherbestimmt werden und erzeugt eine gewisse Unsicherheit, gerade bei kurzen Wiederversorgungszeiten. Dementsprechend muss durch die Gestaltung des Versorgungsprozesses eine ausreichend Kontrolle der Verbauorte hinsichtlich des Materialbedarfs bewerkstelligt werden.

Um die Zeitspanne zwischen Erstellung eines Abrufs und dessen Wahrnehmung zu minimieren, werden verstärkt E-Kanban-Systeme eingesetzt, bei denen der Versorger die vollständigen Abrufinformationen über ein elektronisches Signal erhält, das vom Montagemitarbeiter ausgelöst wurde. Die Behälterwechsel findet auch hier in einem 1:1-Tausch statt.

Nach Eingang des Materialabrufes gilt es, entsprechend der Aufträge den Transport an den Verbauort zu durchzuführen. Hier lassen sich zwei grundsätzliche Ausprägungen unterscheiden:

- Routenverkehr
- Individualverkehr bzw. Direktverkehr

Zur wirtschaftlichen Durchführung des Transports wird die Bündelung mittels eines Routenverkehrs präferiert. Mehrere Aufträge und damit Haltepunkte, die in vorgegebener Reihenfolge entlang einer definierten Wegstrecke liegen, werden gemeinsam in einem Transportvorgang bedient. Hierzu kommen in aller Regel Schleppfahrzeuge zum Einsatz, die je nach der Art des Transportguts entsprechend ausgelegte Anhänger ziehen. Die Nutzung einer derartigen Transportform bietet sich für alle Behälter an, die manuell gehandhabt werden können, d. h. für KLT, mobile GLT oder auch mobile Bereitstellhilfsmittel. Bei Bedienung einer Route führt der Versorger neben der Anlieferung des Vollguts auch die Rückführung des Leerguts durch. Die Auslegung des Routenverkehrs kann dabei entweder feste Abfahrtszeiten mit unterschiedlicher Beladung



(getakteter Routenverkehr) oder variable Abfahrtszeiten mit vordefinierter Beladung vorsehen. Zur Realisierung einer auch für die Montagemitarbeiter verlässlichen, weil prozesssicheren Versorgung sollte jedoch nur die erste Variante in Betracht gezogen werden, auch wenn die Auslastung der Transporte geringer ist als bei der zweiten Variante.

Sind jedoch die Wiederversorgungsfrequenzen für bestimmte Teileumfänge zu hoch, als dass sie per Routenverkehr nachgeliefert werden können, ist gezwungenermaßen eine Direktbelieferung notwendig. Diese kann bei kurzen Wegstrecken und leichten bzw. mobilen Behältern von den Versorgern zu Fuß durchgeführt werden. Ist dies aufgrund des Gewichts etc. nicht möglich, muss auf Flurförderzeuge wie Gabelstapler zurückgegriffen werden. Auch die Anlieferung von Bauteilen per Fördertechnik stellt eine Form der Direktbelieferung dar. Diese kommt allerdings nur bei großen und schweren Baugruppen (z. B. Fahrzeugtür) in Betracht, die insgesamt nur einen kleinen Teil der bereitzustellenden Komponenten ausmachen.

Zur Beplanung und Festlegung der Versorgungsart sollte zunächst auf eine im Unternehmen im Rahmen der Wertschöpfungsorientierung standardisierte Transport- und Abrufkombination (getakteter Routenverkehr + Kanban-Abruf) zur Schaffung möglichst großer Bündelungseffekte zurückgegriffen werden. Allein für Bauteile, die damit nicht zufriedenstellend nachversorgt werden können, ist eine individuelle Form zu entwickeln.

### **6.2.4.2 Bestimmung des internen Zwischenpuffers**

Die im vorangehenden Abschnitt geplante Versorgungsart hat in aller Regel ihren räumlichen Ausgangspunkt in einem internen Zwischenpuffer. Nur bei verbauortnah hergestellten Umfängen kann, im dann anzustrebenden Fall einer Direktbelieferung aus der Vormontage, darauf verzichtet werden. Durch eine Anlieferung externer Umfänge auf Basis eines Warehouse-on-Wheels-Konzepts (WoW), bei dem ein befüllter LKW-Auflieger am Docktor verbleibt, lässt sich von dort aus eine Direktbelieferung der Verbauorte ohne zusätzlichen Handlingaufwand und Flächenbedarf in der Montage bewerkstelligen.

Bei der Mehrzahl der extern beschafften Teile und Komponenten ist jedoch nach ihrer Anlieferung eine Zwischenpufferung notwendig, da die Anlieferform (Behältertyp, -größe etc.) und -menge nicht mit den geforderten Bereitstellparametern übereinstimmt. Gründe hierfür sind meist wirtschaftliche Faktoren (Transportkosten und externe Handlingkosten), große Lieferentfernungen oder mangelnde logistische Kompetenz der Zulieferer (z. B. bei der Setbildung).

Um dennoch die Montage als Endkunden mit hoher Frequenz versorgen zu können, ist eine verbauortnahe Zwischenpufferung des Materials notwendig.

Die Lage und damit die maximale Entfernung des Puffers von den Verbauplätzen wird durch die geforderte Wiederversorgungszeit  $T_{w \text{ ist}}$  eingegrenzt, die unter Berücksichtigung der gewählten Versorgungsart zu garantieren ist.

Grundsätzlich werden neben der bereits erwähnten Direktbelieferung Anlieferformen über eine Pufferfläche / Direktanlieferfläche, über einen Supermarkt sowie über ein Lager unterschieden (Abbildung 6-15).

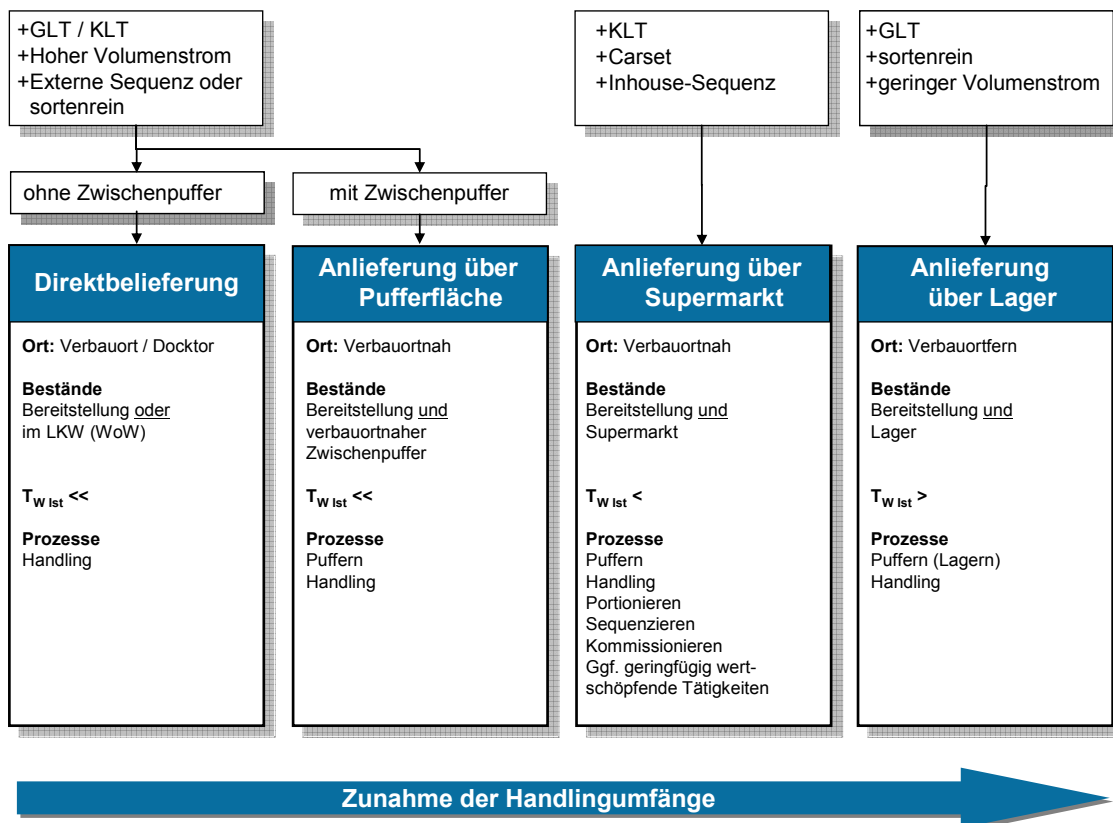


Abbildung 6-15: Standardanlieferformen

Zur Reduzierung nicht-wertschöpfender Handlingumfänge wird eine Belieferung im benötigten Bereitstellbehälter oder einer Bündlungsform (z. B. KLT auf Palette) angestrebt. Entspricht ferner die logistische Qualität der Teile (z. B. hinsichtlich der Reihenfolge im Falle einer Sequenzierung) den Anforderungen der Bereitstellung, bietet sich die Anlieferung über eine Pufferfläche, oftmals auch Direktanlieferfläche genannt, an. Diese findet insbesondere Anwendung für Teile mit hohen Wiederversorgungsfrequenzen oder Anliefermengen, wie sie beispielsweise bei JiT- und JiS-Konzepten vorzufinden sind und die mengenmäßig nicht am Verbauplatz untergebracht werden können. Als zusätzlicher Aufwand gegenüber einer Direktbelieferung fällt hierbei nur das Handling (Abstellen, Aufnehmen der Ladeinheit und möglicherweise Aufbrechen der Bündlungsform) auf der Direktanlieferfläche an, die meist nur aus einer leeren Bodenfläche besteht.

Bei Teileumfängen mit weniger hohen Wiederversorgungsfrequenzen oder Anlieferolumina, in nicht für den Verbauort geeigneten Behältern oder bei der Notwendigkeit einer internen Sequenzbildung kommen als Supermärkte bezeichnete Zwischenpuffer zum Einsatz (Abbildung 6-16). Dort finden neben dem reinen Puffern und Handhaben der Behälter weitere Prozesse statt, z. B. Umpacken von Teilen in die geforderten Bereitstellbehälter oder -hilfsmittel (Portionieren) oder die Herstellung von Sequenz- oder sequenzierten Setbehältern. Meist verfügen Supermärkte über eine entsprechende Infrastruktur aus Bereitstellhilfsmitteln wie beispielsweise Durchlaufregalen, um den Beschäftigten eine ergonomische Durchführung ihrer Tätigkeiten auf geringstem Raum zu ermöglichen und gleichzeitig qualitätssichernde Prinzipien wie FIFO umzusetzen. Der Einsatz von Supermärkten bietet sich insbesondere in Kombination mit getakteten Routenverkehren an, um von hier aus die Bedarfe am Montageband zu erfüllen. Entsprechend der Bedarfsmeldungen werden die Routenzüge an den Supermärkten beladen und fahren von dort zu festgelegten Zeitpunkten ab. Die große Zahl der im Supermarkt verfügbaren Sachnummern sichert auch bei unterschiedlichsten Versorgungsfrequenzen eine ausreichende Auslastung des Routenzugs. Gleichzeitig übernimmt der Supermarkt die Bündelung des durch die Routenzüge zurückgelieferten Leerguts zum Versand an die Zulieferer.



Abbildung 6-16: Supermarkt zur verbauortnahen Teilebereitstellung in der automobilen Endmontage [Kab-06]

Zum effizienten Betrieb eines Supermarkts und zur Vermeidung hoher Bestände empfehlen sich ein möglichst gleichmäßiger Teileverbrauch sowie kurze Wiederversorgungsfrequenzen. Eine tägliche Befüllung sollte angestrebt werden. Zur Sicherstellung der gewünschten Wandlungsfähigkeit muss der Supermarkt ebenso konsequent flächenminimal betrieben werden wie die Bereitstellung an der Montage, um beispielsweise zusätzliche Teilumfänge bei Neuanläufen problemlos aufnehmen zu können. Aufgrund der Vielzahl möglicher Anforderungen und Restriktionen handelt sich bei einem Supermarkt

um ein relativ komplexes Element der Versorgungskette, das einer eigenen eingehenden Beplanung bedarf. Dieser Planungsumfang kann als weiterer Baustein in die Planungsprozesskette eingegliedert werden, wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht weiter betrachtet.

Bei sehr geringem Teileverbrauch oder langen Wiederversorgungsfrequenzen (z. B. beim Sourcing aus entfernten Regionen) hat die langfristige „Pufferung“ der Teile in einem Lager zu erfolgen. Aus diesem kann die Versorgung der Montage bei kurzen Entfernungen im Direktverkehr erfolgen. Da bei langen Distanzen und nur geringen Umfängen der damit verbundene Transportaufwand nicht wirtschaftlich ist, kann alternativ ein mit geringer Frequenz verkehrender Routenzug zwischen dem Lager und den verschiedenen Supermärkten der Montage als sinnvolle Alternative in Betracht gezogen werden, auch wenn dies mit zusätzlichem Handlingaufwand verbunden ist. Auch für das Lager ist ein Pull-Abruf einzuführen, der vom „Kunden“ (Montage oder Supermarkt) ausgelöst wird.

Neben den an die Zwischenpuffer und das Lager gerichteten Pull-Abrufe ist auch dort ein Abruf-System zur Benachrichtigung der daran vorgelagerten internen oder externen Lieferanten zu installieren. Auch hier gilt es, das gleiche Steuerungsprinzip des verbrauchsbezogenen Teileabrufs einzurichten.

Bei der Beplanung des Zwischenpuffers sind somit wie bei der vorangehenden Festlegung der Versorgungsart zunächst im Unternehmen standardisierte Versorgungskonzepte zu bevorzugen, die in der Reihenfolge des geringsten Handlingaufwands ausgewählt werden (Direktbelieferung → Pufferfläche → Supermarkt → Lager). Auf Basis der herrschenden Restriktionen erfolgt so eine zielgerichtete sowie auf Standards basierende Lösungsauswahl.

### **6.2.4.3 Bestimmung des internen Versorgungsprozesses**

Der interne Versorgungsprozess sichert die Belieferung der im vorangegangenen Abschnitt genannten Zwischenpuffer bzw. stellt die Direktbelieferung des Verbauorts ab dem internen Vormontagebereich bzw. ab der Unternehmensschnittstelle sicher. Diese wird physisch meist durch ein Docktor gebildet, durch das die angelieferte Ware entladen wird. Von dort aus hat sie im Anschluss zum Zielort gebracht zu werden. Um möglichst kurze Wegstrecken zu realisieren, sollte diese Schnittstelle nahe des jeweiligen Verbauorts oder Zwischenpuffers liegen. Hier kann eine logistikgerechte Gebäudegestaltung, die eine Vielzahl derartiger Schnittstellen ermöglicht, große Transportminderungen und damit die Reduzierung von Verschwendungspotenzialen generieren. Im Rahmen der Planung ist daher zunächst eine für den jeweiligen Anlieferumfang optimale Gebäudeschnittstelle festzulegen.

Als mögliche Transportvarianten kommen in Abhängigkeit von Behältergeometrie und -gewicht sowie Transportfrequenz und -entfernung manuell durchgeführte Direktverkehre (Stapler etc.), Routenverkehre (bei Verteilung auf mehrere Abgabestellen) sowie Fördertechnik zum Einsatz. Da es sich in aller Regel um große Transporteinheiten handelt, können Routenverkehre beispielsweise über ein Trailerkonzept mit abkoppelbaren Einheiten realisiert werden, die an den Zielorten gegen entsprechendes Leergut eingetauscht werden. Für die Anbindung von weit entfernt gelegenen Vormontagebereichen (z. B. in einem Lieferantenpark auf dem Werksgelände) empfiehlt sich bei großen Transportumfängen u. U. die Einführung flexibler Fördertechnik (z. B. fahrerloses Transportsystem).

Zielführend und planungsprägend ist die Minimierung der Transport- und Handlingumfänge. Daran gilt es, jedes der erwähnten Konzepte zu messen.

#### 6.2.4.4 Bestimmung des externen Versorgungsprozesses

Zur durchgängigen Weiterführung der vom Verbrauch der Montage getriggerten Pull-Steuerung sind auf Basis der in den vorgelagerten Schritten erarbeiteten Ergebnisse Standardversorgungskonzepte zu entwerfen bzw. auszuwählen und anzupassen, die den Anforderungen schlanker Prozessgestaltung gerecht werden. Die Belieferungsformen Just in Time und Just in Sequence erfüllen diese Kriterien, kommen aber derzeit nur bei großvolumigen und hochpreisigen Teilen und Baugruppen zum Einsatz.

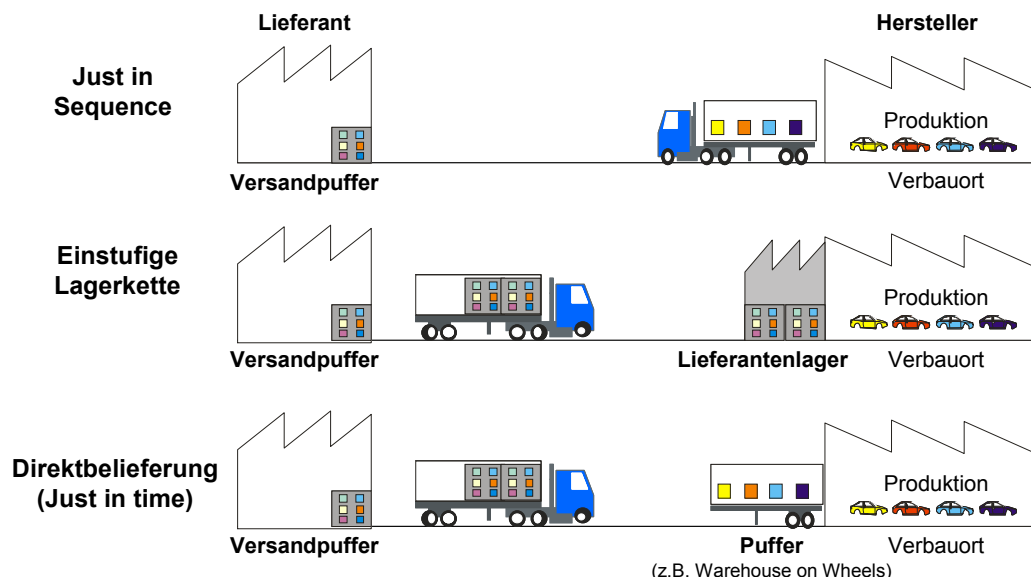


Abbildung 6-17: Standard-Versorgungskonzepte in der Automobilindustrie [Bau-07]

Daher gilt es, Konzepte zu entwickeln, die auch eine höherfrequente Anlieferung kleinerer Umfänge (z. B. mehrmals täglich) bei vertretbaren

Transportkosten und damit einer ausreichenden Auslastung des Transportmittels erlauben. Dies könnte beispielsweise über externe Bündelungskonzepte geschehen, bei denen ein Logistkdienstleister ähnlich eines Routenverkehrs mehrere Lieferanten anfährt und dort die abgerufene Ware einsammelt und zeitnah am Zielort abliefern.

Auch hier empfiehlt sich eine unternehmensweite Einführung von Standardkonzepten, auf die in der Planung zurückgegriffen werden kann.

### 6.2.5 Zusammenfassung

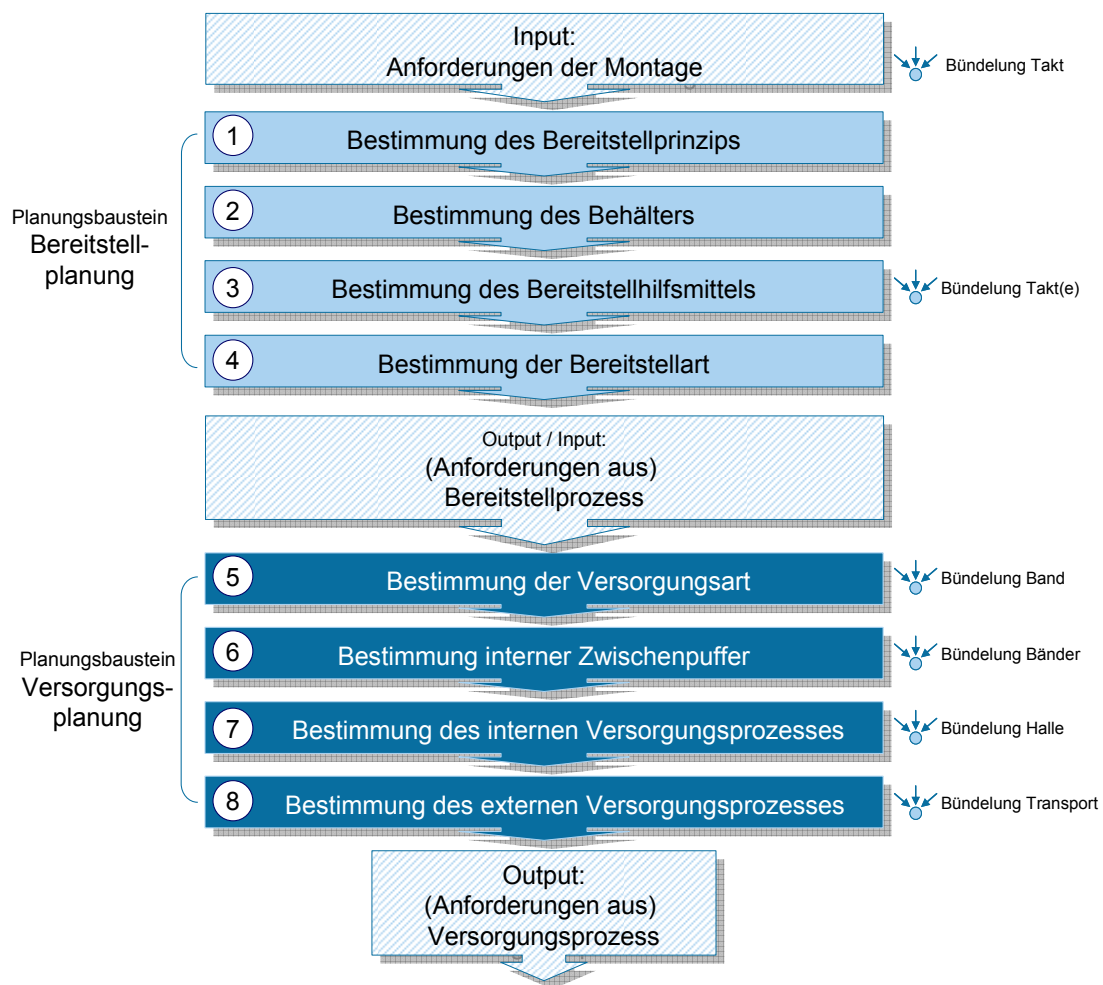


Abbildung 6-18: Standardisiertes Vorgehen zur Bereitstell- und Versorgungsplanung

Die in den vorangehenden Kapiteln geschilderte, auf modularen und standardisierten Prozessen beruhende, planerische Vorgehensweise (Abbildung 6-18) bildet einen stabilen Orientierungsrahmen zur Erarbeitung schlanker und adaptiver Bereitstell- und Versorgungsabläufe auf der Ebene OEM / Tier 1-Lieferant in der Automobilindustrie. Unter der Beachtung verschiedenster unternehmensstrategischer Prämissen wie Wertschöpfungs- und Kundenorientierung gibt sie dem Planer einen verlässlichen Leitfaden zur

Bearbeitung der ihm übertragenen Aufgabenstellung vor und entlastet ihn von Routinetätigkeiten. So bleibt mehr Zeit für eine detaillierte Betrachtung und kreative Ausplanung der projektspezifischen Detailprobleme. Daraus resultiert steigende Planungsqualität bei sinkender Planungszeit. Die in den Einzelprojekten gemachten Erfahrungen sollen ferner bei Projektabschluss in einer Review-Runde als Kommentare und Hilfestellungen in die Bausteine einfließen bzw. bei breitem Konsens zu deren inhaltlicher Umstrukturierung führen. So wird ein langfristiger Wissensaufbau und eine kontinuierliche Aktualisierung des Planungsvorgehens erreicht.

Zwei in der Automobilindustrie auf dieser Grundlage durchgeführte Planungsprojekte bestätigen die Effektivität und die Akzeptanz dieses adaptiven Planungsansatzes [Gün-07b]. Besonderen Zuspruch findet die Schaffung planerischer Standards, die eine Qualitätssicherung an den verschiedenen Standorten der Unternehmen ermöglichen und helfen, neue Strategien schneller zu umzusetzen.

Allerdings gilt es, hinsichtlich des gewählten Themas der Bereitstell- und Versorgungsplanung auch auf Einschränkungen bezüglich einer netzwerkweiten Übertragbarkeit aufmerksam zu machen. Grund sind die weitreichenden Veränderungen der Randbedingungen bei der Betrachtung einer Wertschöpfungskette vom OEM über die verschiedenen vorgelagerten Zuliefererstufen. Durch diese Erfahrungen kann von einer direkten Übertragbarkeit einzelner Prozessbausteine nur zwischen Partnern mit gleichen Umfeldbedingungen ausgegangen werden. Erfolgt ein Austausch beispielsweise von einem Tier 1-Lieferanten zu einem Tier 3-Lieferanten sind zwar inhaltliche Anpassungen, aber keine Änderungen des grundlegenden Planungsvorgehens erforderlich.

### **Ursachen eingeschränkter Übertragbarkeit**

Zur Realisierung wertschöpfungsorientierter Produktionsprozesse über das gesamte Netzwerk hinweg ist die genaue Kenntnis der aktuellen Bedarfe des jeweils nachgelagerten Kunden von essentieller Bedeutung. Während auf der dargestellten Stufe OEM / Tier 1-Lieferant die Weitergabe der Bedarfsmeldungen durch kontinuierlich aktualisierte Feinabrufe bereits seit einigen Jahren Realität ist, wird diese hochgradige Transparenz durch zunehmende Bündelungen auf den vorgelagerten Stufen verschleiert.

Grund hierfür ist neben einer Glättung der Bedarfe zur besseren Planbarkeit und Anlagennutzung der Wunsch nach bestmöglicher Auslastung der Transporte. Hierzu werden im Gegenzug erhöhte Bestände in Kauf genommen. Je weiter vom OEM entfernt Zulieferer in der Kette positioniert sind, desto kleiner und geringwertiger werden zumeist die hergestellten Teile. Folglich

steigt der Einfluss der Transport- gegenüber den Bestandskosten auf den Gesamtpreis, so dass eine Minimierung durch Bündelung der Transportvolumina angestrebt wird. Sammelkonzepte lassen sich oftmals aufgrund weit voneinander entfernt liegender Zulieferer nicht wirtschaftlich umsetzen. Die Produktion der von Stufe zu Stufe variantenärmeren Teileumfänge wandelt sich zudem von einer individuellen Auftragsfertigung zu einer stückzahlorientierten Losgrößenfertigung. Auch wenn Verfahren des Schnellrüstens eine zunehmend wirtschaftlichere Herstellung kleinerer Lose erlauben, sind dennoch erhöhte Bestände zu tolerieren.

Daraus lässt sich erkennen, dass entlang der Wertschöpfungskette oftmals andere Prämissen stärker gewichtet werden als an der Schnittstelle zwischen OEM und direktem Zulieferer. Dies gilt es, im Planungsvorgehen durch Anpassung der Bausteininhalte zu berücksichtigen.

### 6.3 Objektmodell der Bereitstell- und Versorgungsplanung

Als Planungsgegenstand im Rahmen der adaptiven Bereitstell- und Versorgungsplanung findet das in Abbildung 6-19 dargestellte Objektmodell Verwendung. Mit Hilfe der verschiedenen Prozessmodule wird die Anlieferung eines Bauteils (Sachnummer) ab der Werksgrenze beplant. Ebenso wie im Kapitel 6.2 erfolgt die Betrachtung line-back.

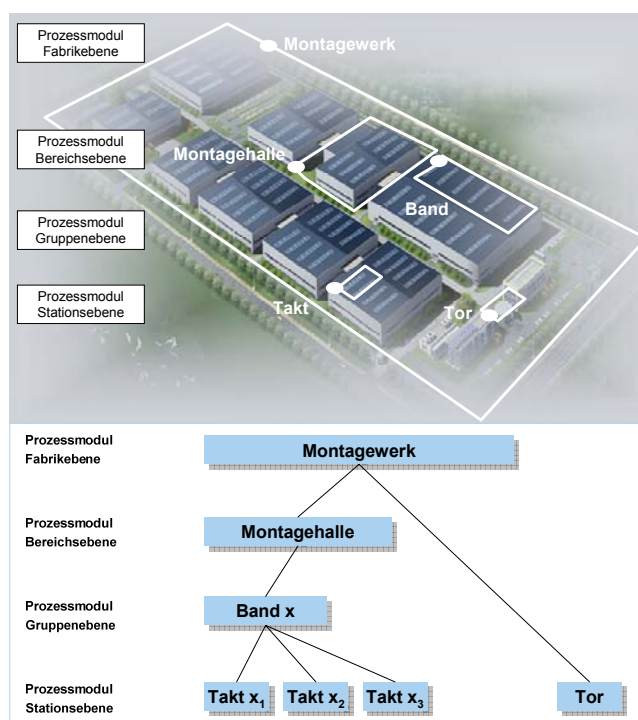


Abbildung 6-19: Objektmodell zur Bereitstell- und Versorgungsplanung

Es werden folgende Prozessmodule verwendet:



- n Prozessmodule Montagetakt (n stellt die Anzahl zu beliefernder Verbauorte dar) sowie ein Prozessmodul Tor auf Stationsebene
- 1 Prozessmodul Band auf Gruppenebene
- 1 Prozessmodul Montagehalle auf Bereichsebene
- 1 Prozessmodul Montagewerk auf Fabrikebene

Die Verwendung der einzelnen Module sowie die resultierenden Prozesse werden im Folgenden in stark verkürzter Weise dargelegt.

Das Prozessmodul Montagetakt bildet den Verbauort des zu versorgenden Teils ab und stellt damit den Ausgangspunkt der Planung dar. Im Modul sind Informationen über die dort verfügbaren Produktions- und Logistikflächen hinterlegt. Um den auszuführenden Prozess sowie die benötigten Ressourcen zu beplanen, ist, wie in Kapitel 6.2 beschrieben, zunächst das Bereitstellprinzip und der Behälter auszuwählen. Durch die dabei ermittelte Versorgungsfrequenz liegen erste Zeitanforderungen an die Auslegung des Versorgungsprozesses vor. Der nächste Schritt führt zur Auswahl des Bereitstellhilfsmittels und damit eines in das Prozessmodul zu integrierenden Technikmoduls. Die Ermittlung der Art der Bereitstellung bildet den letzten Planungsschritt auf der Ebene des Verbauorts.

Als nächstes erfolgt die Bestimmung der Versorgungsart. Hierzu ist ein Wechsel auf die Bereichsebene in das Modul Montagehalle notwendig. In diesem Modul sind sowohl das Prozessmodul Band als Bündlungsform der Takte sowie die verfügbaren Flächen und Technikmodule zur Bewerksstellung der Versorgungsprozesse vorhanden. Bei der Beplanung des Materialflusskonzepts wird zunächst festgelegt, ob der betrachtete Takt im Routenverkehr oder im Direktverkehr versorgt werden soll. Anschließend gilt es zu ermitteln, ob die Versorgung aus einem internen Zwischenpuffer oder in Form einer Direktanlieferung bewerkstelligt werden kann. Handelt es sich bei dem Zwischenpuffer um einen Supermarkt, ist ein zusätzliches Prozessmodul auf Stationsebene in das Modul Montagehalle zu integrieren, da die dort stattfindenden Abläufe und benötigten Ressourcen die Kapselung in einem eigenen Modul erforderlich machen. Wird allgemein ein Zwischenpuffer gewählt, ist auch der interne Versorgungsprozess, sprich der Transport vom Wareneingang (Schnittstelle des Technikmoduls Montagehalle) bis zum Zwischenpuffer, zu beplanen. Im Modul Montagehalle werden damit zwei Transportprozesse sowie möglicherweise die Abläufe im Zwischenpuffer notwendig, denen die hierzu benötigten Ressourcen in Form von Technikmodulen, Personal sowie Flächen zuzuordnen sind.

Die Gestaltung des externen Versorgungsprozesses macht einen weiteren Ebenensprung in das Modul Montagewerk auf Fabrikebene erforderlich. Hier gilt es, den Anlieferprozess unter Einbindung des Moduls Tor zu festzulegen. Dieser umfasst einen weiteren Transportprozess vom Werkstor zur Schnittstelle des Moduls Montagehalle.

Die in der Planung verwendete Betrachtungsweise line-back führt zu einem schrittweisen Wechsel auf übergeordnete Ebenen. Dies ist durch das Gestaltungsprinzip der räumlichen Konzentration begründet.

### **6.4 Kontinuierliche Pflege und Weiterentwicklung**

Der Erfolg des adaptiven Planungsvorgehens beruht auf einer aktuellen Datenbasis von Best Practice-Planungsprozessen, Baukästen zur Modellierung des jeweiligen Planungsgegenstands sowie einer effizienten Werkzeugunterstützung. Um dies gewährleisten zu können, sind Maßnahmen zur kontinuierlichen Pflege und Weiterentwicklung erforderlich. In diesem Zusammenhang ist auch über die Schaffung einer organisatorischen Funktion nachzudenken, die neben einem Center of Competence, welches die thematische Entwicklung der Planungsprozesse fokussiert, die fortlaufende Aktualisierung der Baukästen und Werkzeuge übernimmt. Dies ist gerade für die Zeitphasen zwischen Planungsprojekten notwendig, um die erstellten Modelle zur weiteren Nutzung in Nachfolgeprojekten aktuell zu halten. Die für die Durchführung der Projekte benötigte Zeitdauer lässt sich dann weiter verkürzen, da der Aufwand zur Ermittlung der Planungsdaten deutlich reduziert werden kann. Je nach dem Grad der Verbreitung kann diese Dienstleistung auch für mehrere Wertschöpfungspartner zentral erfolgen, um den Aufwand zur Daten- und Werkzeugpflege zu teilen und die damit verknüpften personellen Ressourcen besser auszulasten. Die Entwicklung unterstützender Werkzeuge zu einer effizienten Umsetzung und Anwendung des Planungskonzepts ist Thema des folgenden Abschnitts.

## **7 Planungsunterstützung durch digitale Werkzeuge**

Zur vollständigen Verifizierung des Planungskonzepts erfolgte die Umsetzung eines Software-Tools zur Planungsunterstützung im Rahmen des adaptiven Planungskonzepts, das im Folgenden auch als „Planungsleitfaden“ bezeichnet wird. Dieses stellt in rechnerbasierter Form das Planungsmodell zur Verfügung und wird entsprechend der Vorgaben des Vorgehensmodells verwendet. Zur Erstellung des Werkzeugs wurde zunächst ein Sollkonzept entworfen, das im Anschluss vereinfacht in Form eines Demonstrators realisiert wurde.

Neben der Unterstützung der Bausteinerstellung und -bearbeitung sind auch zur Weiterentwicklung des Objektmodells effiziente Werkzeuge zu generieren, die die Potenziale der Digitalen Fabrik nutzend eine Verringerung der Planungszeit sowie eine Steigerung der Planungsqualität ermöglichen. In Kapitel 7.3 wird daher die in der Arbeit verwendete, kommerzielle Software-Lösung kurz vorgestellt, die um eine bidirektionale Kopplung zu einem VR-Werkzeug erweitert wurde.

### **7.1 Anforderungen an adaptive Planungswerkzeuge**

Kernelement einer erfolgreichen Planung sind neben den zugrunde liegenden Methoden die Werkzeuge, die den einzelnen Bausteinen zur Unterstützung der Aufgabenbewältigung des Planers zugeordnet werden. Sie helfen, die Planung zu beschleunigen, Kosten zu senken und die Qualität der Ergebnisse zu erhöhen.

Die Generierung neuer bzw. die Adaption und Weiterentwicklung bestehender Werkzeuge im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit wurde vor allem von den Anforderungen der Praxis getrieben. Hierbei gilt es, in besonderem Maße für Aufgaben mit einer hohen Wiederholhäufigkeit eine toolbasierte Unterstützung zu schaffen, die Menschorientierung zu verbessern und durch Schaffung standardisierter Kommunikationsschnittstellen die Integration der Werkzeuge in die Digitale Fabrik voranzutreiben.

Zur Realisierung des elementaren Faktors Adaptivität innerhalb der Logistikplanung wurden verschiedene Anforderungen festgelegt (siehe Kapitel 4), die in gleicher Weise auf die digitalen Werkzeuge zu übertragen sind, die in diesem Kontext geschaffen werden. Hierzu zählen:

- **Durchgängige Anwendbarkeit für alle Phasen der Planung:** Werkzeuge, Modelle und Datenstrukturen sollen möglichst durchgängig in allen Planungsphasen (strategisch / taktisch / operativ) bis hin zur Mitarbeiterausbildung eingesetzt werden bzw. als entsprechend angepasste Lösungen zur Verfügung stehen.
- **Menschfokussierung:** Einfache Bedienbarkeit, verständliche Visualisierung und klare Prozessführung unterstützen den Planer beim Einsatz der Werkzeuge sowie bei der Kommunikation der Ergebnisse.
- **Integration, Kommunikation und Offenheit:** Zur vollständigen Nutzung der Potenziale der Digitalen Fabrik durch Sicherstellung der netzwerkweiten Einsetzbarkeit gilt es, die Werkzeuge in die jeweils vorhandene Umgebung bestmöglich über offene, standardisierte Schnittstellen zu integrieren bzw. eine einfache Kommunikation zwischen den einzelnen Anwendungen sicherzustellen.
- **Kontinuierliche Pflege und Anpassung:** Eine adaptive Planung verlangt jederzeit anforderungsgerechte Werkzeuge. Die Sicherstellung der Aktualität erfolgt über den kontinuierlichen Einsatz und die aufwandsarme Adaptierbarkeit an geänderte Randbedingungen.

Das Rückgrat für den durchgängigen, adaptiven Einsatz digitaler Werkzeuge stellt ein funktionierendes Datenmanagement dar, das Informationen gezielt strukturiert und bereitstellt. Erst dadurch wird gewährleistet, dass die Hilfsmittel effizient eingesetzt sowie Daten ohne Systembruch durchgehend genutzt werden können. Für eine informationstechnisch stabile Basis wurden daher im Rahmen des Logistikdatenmanagements Ansätze für eine durchgängige Datenhaltung auf der Grundlage von Prozess- und Technikmodulen (siehe Kapitel 5) geschaffen, die alle für die Logistikplanung erforderlichen Daten abbilden und entsprechend in den entwickelten Werkzeugen immer wieder Anwendung finden.

Zur verbesserten Kopplung bestehender Systeme eignet sich ferner das Konzept der Enterprise Application Integration (EAI). Unternehmensinterne bzw. unternehmensübergreifende Anwendungen werden hierbei über definierte Schnittstellen verbunden. Der Nutzen des EAI-Konzepts liegt hauptsächlich darin, dass der Kosten- und Zeitaufwand für die Erstellung und Anpassung von Schnittstellen zwischen Applikationen deutlich reduziert werden kann.

Die bereits angesprochene Kopplung zweier Werkzeuge zur effizienten Bearbeitung des Objektmodells sowie die Weiterentwicklung von Modellierungsansätzen für die Ablaufsimulation (Kap. 7.5) stehen exemplarisch für die im Rahmen der Arbeit durchgeführten Umfänge zur Adaptivitätssteigerung auf dem Gebiet der Logistikplanungswerkzeuge.

### **7.2 Planungsleitfaden – Idealtypische Konzeption**

Aufgabe des Planungsleitfadens ist die rechnerbasierte Unterstützung der Planer bei der Bewältigung der verschiedenen Planungsphasen des adaptiven Logistikplanungskonzepts. Dies betrifft in der Planungsvorbereitung (Phasen 0-1) die Definition von planungsauslösenden und planungsbegleitenden Faktoren, die Erstellung von Planungs- und Prozessbausteinen, die Zusammenstellung von Prozessketten sowie deren projektspezifische Anpassung. Für die prozesskettenbasierte Planungsdurchführung (Phase 2) ist ein geeignetes Arbeitsumfeld zu schaffen, das u. a. eine aufwandsarme Dokumentation des Planungsfortschritts ermöglicht. Die Erarbeitung der Ergebnisse findet auf Basis der hinterlegten Vorgehensempfehlungen, Methoden und Werkzeuge außerhalb des Planungsleitfadens statt. Dieser stellt lediglich den zentralen datentechnischen Verknüpfungspunkt dar. Auch die Gestaltung und Abbildung des Objektmodells soll nicht im Planungsleitfaden erfolgen. Hierfür empfehlen sich bereits auf dem Markt erhältliche Software-Tools wie beispielsweise der eM-Planner der Firma Siemens (Produktbereich Tecnomatix), der nach Ergänzung der notwendigen Objektklassen (Technikmodul, Prozessmodul) in dieser Arbeit Anwendung fand. Im Aufgabenumfang des Planungsleitfadens enthalten ist wiederum die in Phase 3 durchzuführende Bewertung des Planungsprojekts sowie die Sicherung des hierbei erarbeiteten Wissens.

Als Ausgangspunkt zur Umsetzung wurde zunächst eine vereinfachte, idealtypische Systemkonzeption (Abbildung 7-1) entworfen, die in einem nachfolgenden Schritt entsprechend der im Rahmen der Arbeit realisierbaren Möglichkeiten angepasst und umgesetzt wurde.

Für den prinzipiellen Aufbau des Planungsleitfadens wurde eine klassische Client-Server-Architektur gewählt, um den unternehmens- bzw. netzwerkweiten Einsatz des Tools zu ermöglichen. Das Werkzeug wird hierzu softwaretechnisch in die Bestandteile

- Client-Software
- Server-Software

aufgeteilt.

Die Client-Software erlaubt den Anwendern die Pflege der Baukastendaten, d. h. der in den Bausteinen gesammelten Prozessinformationen samt der verknüpften Input- / Output- sowie Werkzeugdaten. Ferner dient sie der Bearbeitung von Planungsprojekten, indem Sie den Anwender in Auswahl und Konfiguration des jeweiligen Planungsvorgehens unterstützt und die Bearbeitung dokumentiert. In diesem Zusammenhang müssen auch Projektmanagementfunktionalitäten implementiert sein, die eine monetäre und temporäre Planung und Verfolgung des Projekts erlauben. Zusätzlich soll die Client-Software die zielgerichtete Suche nach ähnlichen (abgeschlossenen) Projekten in der Projektdatenbank unterstützen, um dem Nutzer komfortablen Zugriff auf den Erfahrungsschatz des Unternehmens zu gewähren.

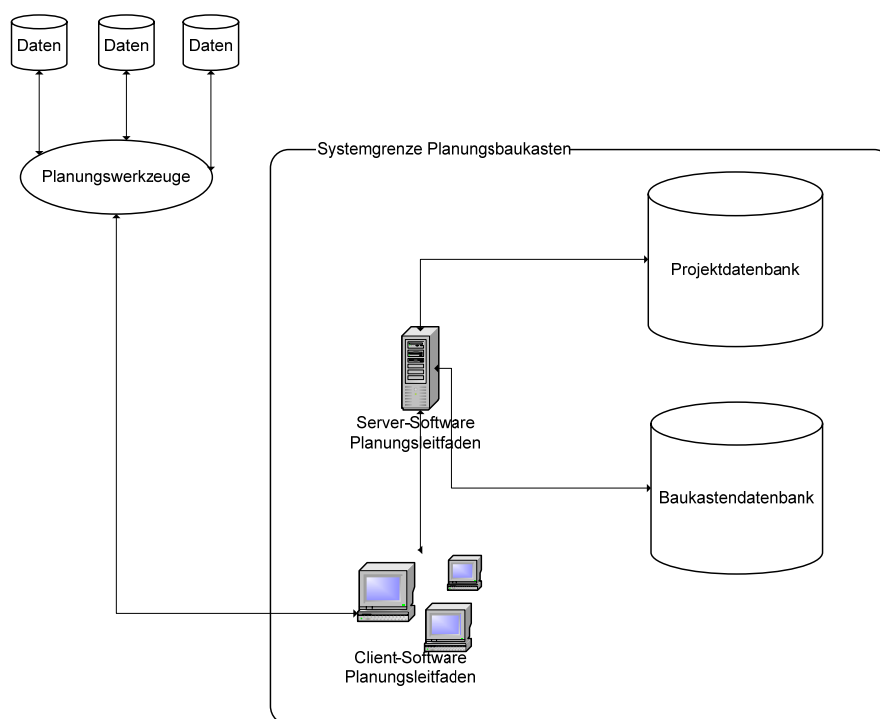


Abbildung 7-1: Schematische Darstellung der Sollkonzeption des Planungsleitfadens

Aufgabe der Server-Software ist es, unter Verwendung einer Benutzerverwaltung die Zugriffe der über das Unternehmens- bzw. Wertschöpfungsnetzwerk verteilten Anwender auf die Projekt- und Baukastendatenbank zu bewerkstelligen und die Verbindung zu den Datenbanken der Planungswerkzeuge aufzubauen, um Daten mit der Projektdatenbank auszutauschen. Diese enthält die Datensätze aktuell in Bearbeitung befindlicher sowie aller abgeschlossenen Projekte (Projektverlauf, Dokumentation, Kennzahlen, Schlussfolgerungen), während in der Baukastendatenbank neben den Planungsbausteinen alle notwendigen Datenobjekte (Auslöser, Randbedingungen, Planungsaufgaben, Planungsbausteine sowie deren kausale Verknüpfungen) in aktueller Form hinterlegt sind. Planungswerkzeuge werden

direkt aus der Client-Software aufgerufen, wobei diese auch eine Dokumentation der zuletzt bearbeiteten Objektmodelle und entsprechende Verknüpfungen hierzu verwaltet. Die jeweiligen Modelldaten werden jedoch nach wie vor in den zu den meisten Tools gehörigen Datenbanken abgelegt (z. B. Oracle-Datenbank des eM-Planner).

### **7.2.1 Zukünftige Planung im Netzwerk**

Der Planungsablauf in einem Wertschöpfungsnetzwerk, das von kooperativer Zusammenarbeit mit verteilt positionierten Planungsexperten gekennzeichnet ist, gestaltet sich grundsätzlich entsprechend des in Kapitel 5 beschriebenen Vorgehensmodells. Zur Bearbeitung von wertschöpfungskettenweiten Planungsprojekten werden unternehmensübergreifende Teams installiert, deren Zusammenarbeit durch den Planungsleitfaden koordiniert wird.

Im Idealfall kann von einer durchgängigen Einführung des adaptiven Planungskonzepts im gesamten Netzwerk ausgegangen werden. Dies bedeutet, dass Baukasten- und Projektdatenbanken das gesammelte Planungswissen der Beteiligten verwalten. Durch die netzwerkweite Nutzung kann eine weitreichende Standardisierung und Beschleunigung der Prozesse ermöglicht werden. Da jedoch nicht von einer vollständigen Offenlegung des gesamten Planungswissens eines Unternehmens auszugehen ist, sind einzelne Datenbanken in den Unternehmen zu installieren, deren Inhalte in begrenztem Umfang auch für andere Nutzer offengelegt werden können.

Weitere Anpassungen sind in der Client-Software vorzunehmen, die die Verknüpfung mit den unternehmensspezifischen Planungswerkzeugen zu bewerkstelligen hat.

### **7.2.2 Bewertung und Zusammenfassung**

Der geschilderte Software-Umfang und insbesondere die angestrebte Realisierung im Wertschöpfungsnetzwerk stellen eine tiefgreifende Änderung der derzeit vorherrschenden datentechnischen Strukturen und Abläufe dar. Eine Einführung ist dementsprechend mit hohem Aufwand verbunden, der auch mit einer Vielzahl organisatorischer Änderungen verbunden ist. Die durchgängige, netzwerkweite Konzeptumsetzung soll daher vielmehr als langfristige Zielsetzung und zur strategischen Ausrichtung der Planungslandschaft gesehen werden, um die Erfolgsfaktoren zukünftiger Wertschöpfung wie Intensivierung der Kooperation, Standardisierung und gemeinsame Ressourcennutzung im Bereich der Logistikplanung effizient zu erreichen.

Eine ganzheitliche Umsetzung innerhalb der Arbeit ist somit aufgrund des unternehmensspezifischen aber auch softwaretechnischen Aufwands nicht

realisierbar. Die Erstellung einer prototypischen Anwendung erlaubt jedoch bereits eine weitreichende Evaluierung des Planungskonzepts.

### **7.3 Planungsleitfaden – Prototypische Umsetzung**

Im folgenden Abschnitt wird die Umsetzung des Planungsleitfadens in einem Software-Werkzeug kurz beschrieben. Nach der Erläuterung des Aufbaus folgt eine Betrachtung der Werkzeugverwendung unter Verwendung von Screenshots.

#### **7.3.1 Anforderung und Aufbau**

Ziel der Evaluation ist der Praxisnachweis der Verbesserungspotenziale des adaptiven Planungskonzepts gegenüber dem bisherigen Vorgehen an Hand eines realen Beispiels. Dabei kann der auf den vier Planungsphasen beruhende Ablauf sowie die integrierte Sicherung und Wiederverwendung des erarbeiteten Planungswissens nachvollzogen werden.

Bei der Entwicklung des vom beschriebenen Sollkonzept abzuleitenden Demonstrators werden zunächst einige nicht konzept- und untersuchungsrelevante Vereinfachungen durchgeführt, die in erster Linie die Benutzer- und Datenverwaltung sowie die Werkzeuganbindung betreffen. So stellt die Software eine Einzelplatzlösung in Form einer Desktop-Anwendung dar, die zudem plattformunabhängig verwendet werden kann. Eine aufwändige Verwaltung von Zugriffsrechten bleibt daher unberücksichtigt.

Die Programmierung des Planungsleitfadens erfolgt in objektorientierter Form mit der Sprache C# unter Nutzung einer verbreiteten Entwicklungsumgebung.

Als Grundlage der Implementierung dienen die im Kapitel 5 beschriebenen Objektklassen (Auslöser, Einfluss, Planungsbaustein, Prozessbaustein). Diese gilt es, zunächst um notwendige Attribute und Funktionen zu ergänzen. Zudem sind zur Realisierung der gewünschten Funktionalitäten des Planungsleitfadens weitere Klassen notwendig. Dies betrifft beispielsweise eine als „Prozesskette“ bezeichnete Klasse, die die Reihenfolge der zu bearbeitenden Prozessbausteine wiedergibt. Ferner bedarf es verschiedener interner Listen, die den Datenaustausch zwischen den einzelnen Objekten des Tools sicherstellen. Die Beziehungen zwischen den einzelnen Klassen werden durch die Vorgaben des adaptiven Planungskonzepts definiert, die zu realisierenden Abläufe zunächst mit Zustandsdiagrammen beschrieben und anschließend implementiert.



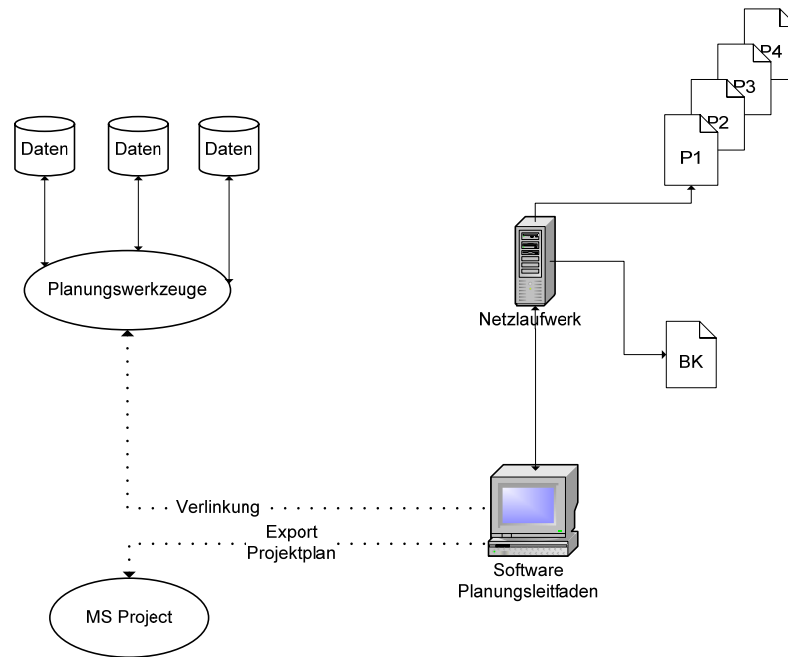


Abbildung 7-2: Schematische Darstellung der Demonstrator-Anwendung

Von großer Bedeutung für die Evaluierung des Planungskonzepts ist die geeignete Kapselung und Ablage der unterschiedlichen Datengruppen, die den Inhalt des im Konzept beschriebenen Planungsbaukastens darstellen. Diese Daten sind dementsprechend auf eine mehrfache Wiederverwendung und den Austausch zwischen verschiedenen Anwendern hin zu gestalten. Es handelt sich hierbei um die projektspezifischen Planungsdaten (in Abbildung 7-2 als „Pn“ bezeichnet) sowie um die projektneutralen Planungs- und Prozessbausteine (in Abbildung 7-2 in der Datei „BK“ zusammengefasst). Die hierzu verwendeten Datensätze werden im Format der Extensible Markup Language (XML) in einem unternehmensweit verfügbaren Verzeichnis mit definierten Zugriffsrechten hinterlegt, von wo aus sie von verschiedenen Nutzern für ihre Projekte verwendet können. Bei XML handelt es sich um eine Beschreibungssprache, die besonders für den Austausch von Daten zwischen verschiedenen IT-Anwendungen geeignet ist. Die einzelnen Dateien zeigen einen hierarchischen Aufbau und sind durch den Menschen lesbar, da im einfachsten Fall nur ASCII-Zeichen verwendet werden. Dies erleichtert es zudem, während der Werkzeugentwicklung die Ergebnisse schnell nachzuvollziehen.

Um die Implementierung von Projektmanagementfunktionalitäten im Planungsleitfaden auf ein Minimum zu reduzieren, erscheint es zielführend, auf etablierte Software-Produkte zurückzugreifen. Die auf Basis der Planungsbausteine erstellten Workflows werden daher ebenfalls über eine im XML-Format erstellte Exportdatei in das Tool MS Project übertragen, um eine Verfolgung des Projektfortschritts zu ermöglichen.

### 7.3.2 Planungsvorgehen

Der nachfolgende Abschnitt schildert die Anwendung des Planungsleitfadens an Hand der im Vorgehensmodell beschriebenen vier Phasen. Als Evaluierungsbeispiel wurde ein reales Bereitstellplanungsprojekt eines Industrieunternehmens herangezogen. Die Bausteininhalte beruhen auf der in Kapitel 6 erarbeiteten Vorgehensempfehlung.



Abbildung 7-3: Startbildschirm

Der in Abbildung 7-3 dargestellte Startbildschirm dient als Einstieg in den Planungsleitfaden. Dem Nutzer bieten sich die Möglichkeiten ein neues Planungsprojekt zu beginnen (1), ein bestehendes fortzusetzen (2) sowie die für die Planungsdurchführung notwendigen, projektneutralen Daten zu pflegen (3). Die Speicherung eines Datensatzes (4) des aktuellen Projekts bzw. des in Form von Auslösern, Randbedingungen und Bausteinen hinterlegten Planungswissens ist erst im weiteren Verlauf von Bedeutung.

Die gewählte Aufgabenstellung aus dem Bereich der Bereitstellplanung umfasst die Integration eines neuen Bauteils an einem vorgegebenen Verbauort einer automobilen Endmontagelinie. Da alle Phasen des Vorgehensmodells zu betrachten sind, erfolgt zunächst die Befüllung des Planungsleitfadens mit den notwendigen Informationen. Entsprechend wird zunächst die Option Datenpflege (3) gewählt.

### 7.3.2.1 Phase 0

Zur einfachen Navigation bietet die in Abbildung 7-4 dargestellte Oberfläche direkten Zugriff auf die einzelnen, für die Planungsdurchführung benötigten Objekte: Auslöser (1), Randbedingungen (2), Prozessbausteine (3), Planungsbausteine (4), Cluster (5) und Werkzeuge (6).

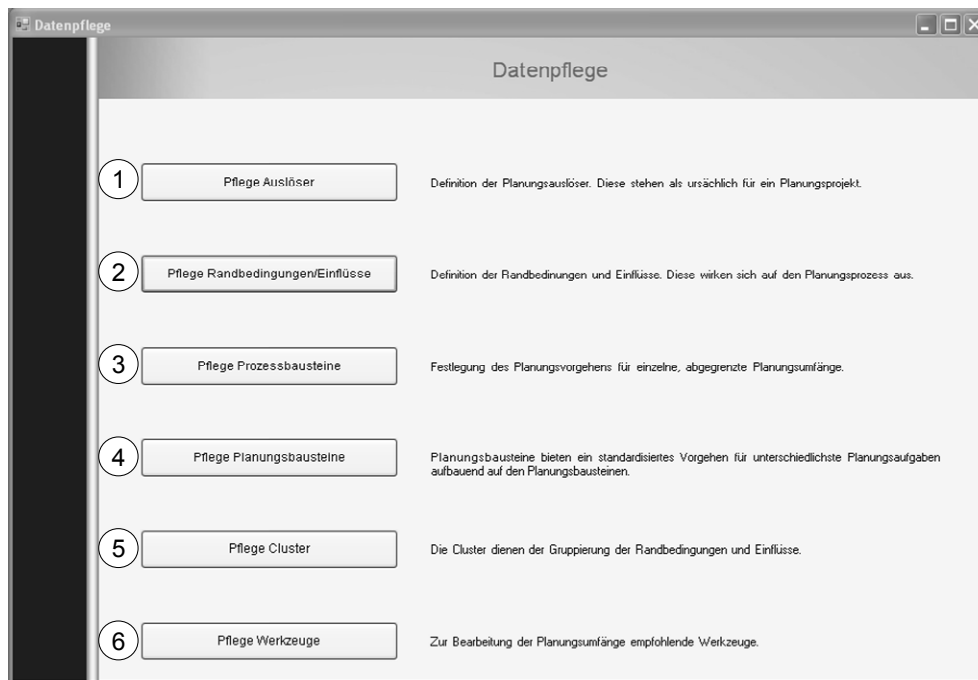


Abbildung 7-4: Datenpflege

Zunächst ist mit der Bestimmung der Randbedingungen / Einflüsse (2) zu beginnen, da diese im weiteren Verlauf sowohl mit den Auslösern als auch den Planungs- und Prozessbausteinen zu verknüpfen sind.

#### Pflege Randbedingungen

Die hierzu bestimmte Oberfläche (Abbildung 7-5) teilt sich in zwei Bereiche auf. In der linken Hälfte befindet sich die vollständige Liste (1) der im Planungsleitfaden hinterlegten Einflüsse, die beliebig erweitert bzw. reduziert werden kann. Die Zuweisung der Attribute zu den Randbedingungen erfolgt in Bereich (2) durch die Beschreibung des Einflusses sowie die Festlegung möglicher Ausprägungen. Der in Abbildung 7-5 markierten Randbedingung „Abrufsignalisierung“ beispielsweise sind die Möglichkeiten Behälter-Kanban, e-Kanban und Karten-Kanban zugeordnet, die jeweils durch eine kurze Beschreibung charakterisiert werden. Die Definition der Ausprägungen soll auch helfen, eine verbale Standardisierung innerhalb der Planung und dadurch ein verbessertes Verständnis zu erreichen. Eine spätere Ergänzung der Ausprägungen ist jederzeit möglich. Wenn sinnvoll, kann ein Parameter auch als Default-Wert gesetzt werden, um unternehmensspezifische Standards zu

berücksichtigen. So könnte z. B. der Default-Wert Behälter-Kanban dem Planer einen Hinweis auf die Art der vorliegenden Abrufsignalisierung geben, wenn keine weiteren Daten diesbezüglich innerhalb des Projektes spezifiziert sind. Jeder Einfluss kann zu einer Themengruppe hinzugefügt werden (in Anwendung als Hauptcluster bezeichnet). Dies erleichtert deren Strukturierung.

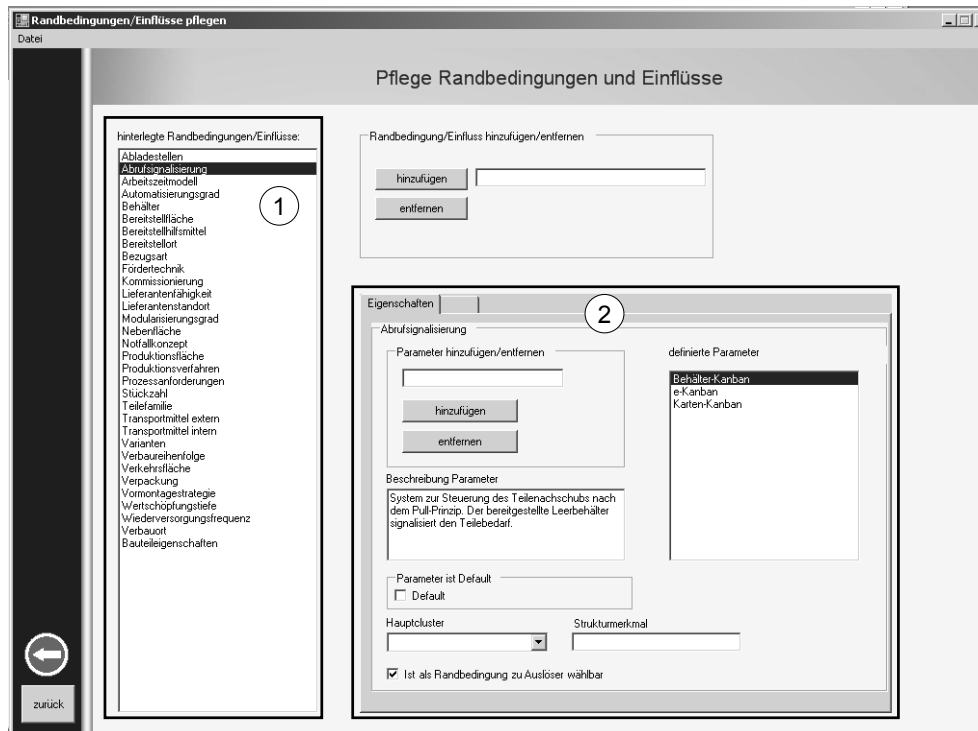


Abbildung 7-5: Pflege Randbedingungen und Einflüsse

Nach Festlegung der Randbedingungen erfolgt die Definition der Auslöser.

### Pflege Planungsauslöser

Zur Wahrung der Durchgängigkeit ist die Eingabeoberfläche zur Pflege der Planungsauslöser (Abbildung 7-6) ähnlich aufgebaut wie die der Randbedingungen. In der linken Hälfte befindet sich der Strukturbaum (1), der eine Hierarchisierung der Auslöser erlaubt. Jedem Auslöser werden über den im rechten Bereich (2) dargestellten Vorrat an Randbedingungen die jeweils für ihn gültigen zugewiesen. Dies betrifft auch in einem späteren Schritt die Planungsbausteine, die direkt mit den Auslösern verknüpft werden können.

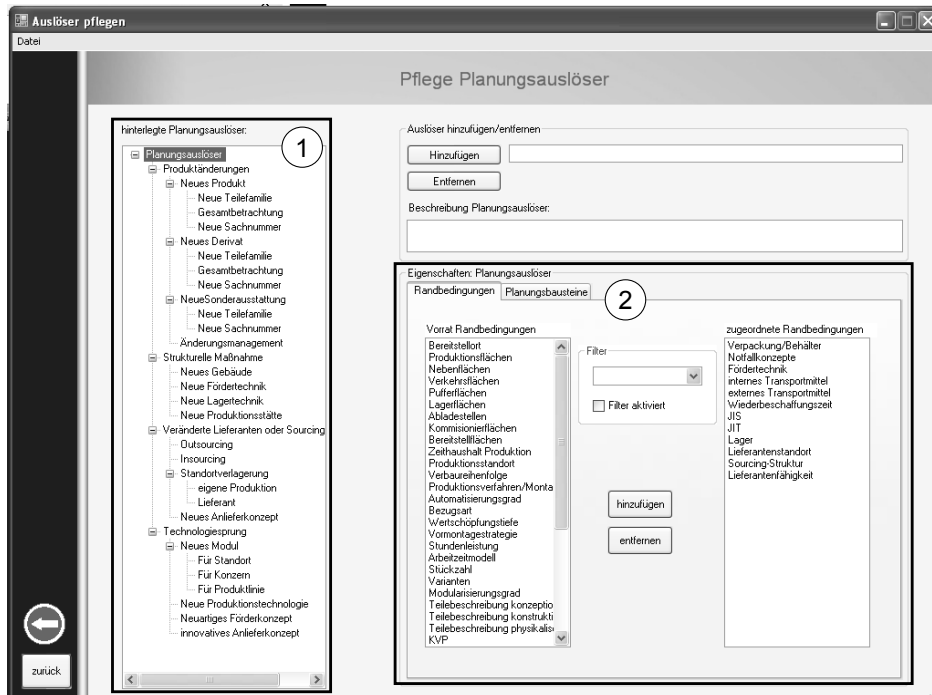


Abbildung 7-6: Pflege Planungsauslöser

### Pflege Prozessbausteine

Nach diesen Festlegungen sind die Bausteine zu definieren, wobei zuerst die Prozessbausteine definiert werden. Für die Aufgabe der Bereitstellplanung werden vier (vgl. Kapitel 6.2) Prozessbausteine benötigt, die zu dem in der linken Leiste aufgeführten Bausteininventar (1) hinzugefügt werden, um im Anschluss innerhalb eines Planungsbausteins daraus eine Prozesskette zu generieren.

Die Beschreibung hinsichtlich ihrer Aufgabenstellung, dem durch ihre Bearbeitung zu erreichendem Ergebnis sowie die anzuwendenden Methoden und Werkzeuge können im Abschnitt (2) hinterlegt werden. Die rechts daneben befindliche Liste (5) erlaubt zudem die direkte Verknüpfung mit den im Planungsleitfaden hinterlegten Rechner-Tools. Über die zentral angeordneten Eingabelemente im Bereich (4) erfolgt schließlich die Definition der Kernmerkmale eines Prozessbausteins. Hier lassen sich zunächst die für den Prozessbaustein jeweils gültigen Planungsphasen (strategisch / taktisch / operativ) aktivieren. Für jede dieser Phasen ist im Anschluss die planerische Vorgehensweise mit Hilfe von weiteren Einzelschritten zu beschreiben. Ferner können den Bausteinen die relevanten Einflüsse über eine Liste zugeordnet werden, die per Button geöffnet wird. Zur automatisierten Ableitung eines Projektplanes wird zudem der mit der Bausteinbearbeitung verbundene Arbeitsumfang in Manntagen angegeben (3). Damit sind die Prozessbausteine vollständig beschrieben und stehen für die Gestaltung der Prozessketten in den Planungsbausteinen zur Verfügung.

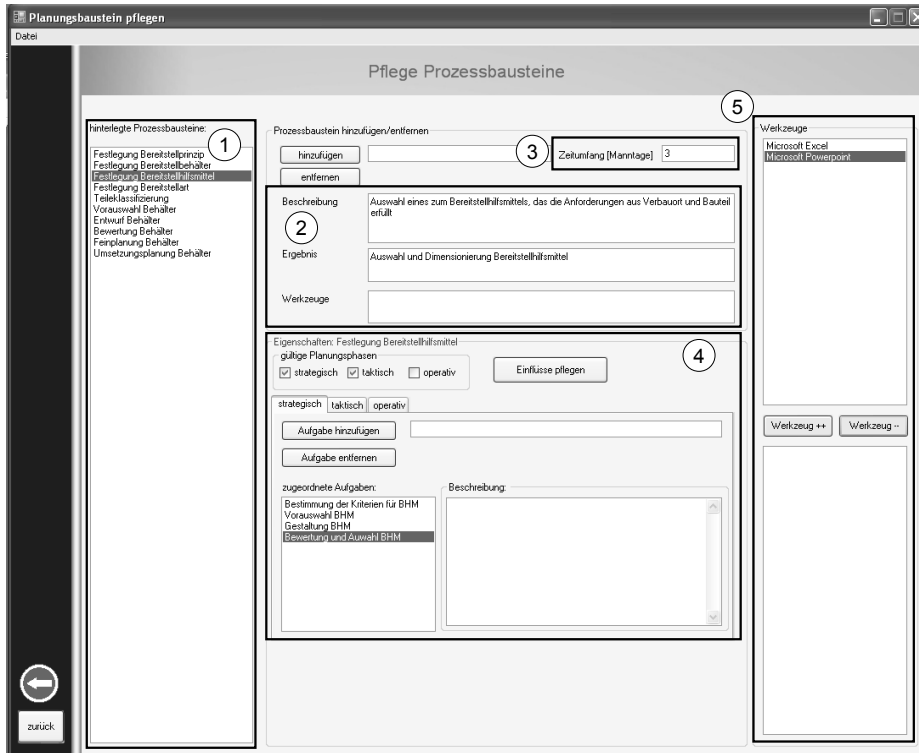


Abbildung 7-7: Pflege Prozessbausteine

## Pflege Planungsbausteine

Die Erstellung der Planungsbausteine verläuft ähnlich der Definition der Prozessbausteine, was deren Beschreibung, zeitliche Einordnung und die Zuweisung von Einflüssen betrifft.

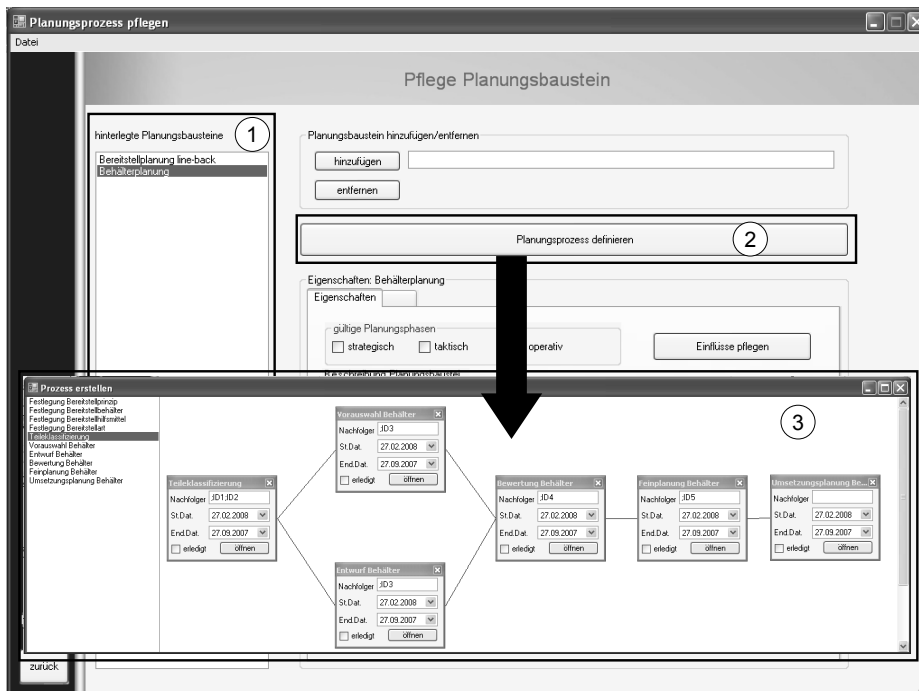


Abbildung 7-8: Pflege Planungsbausteine

Die wesentliche Unterscheidung stellt die Generierung der Planungsprozesskette dar. Hierzu wird über eine Schaltfläche (2) ein Modellierungsfenster (3) geöffnet (Abbildung 7-8), in dem links die zur Verfügung stehenden Prozessbausteine aufgelistet sind. Diese können per Drag-and-Drop auf die rechts angeordnete Modellierfläche gezogen, zu einer Prozesskette angeordnet und über Kanten verbunden werden. Zur Anzeige der Verknüpfung wird in den Bausteinobjekten jeweils der bzw. die damit verknüpften Nachfolger dargestellt. Die Prozesskette stellt den zentralen Inhalt des Planungsbausteins dar.

### Pflege Cluster

Cluster dienen dazu, Einflüsse und Randbedingungen thematisch zusammenzufassen, um die Auswahl und Zuordnung zu Bausteinen und Auslösern zu erleichtern. Hierzu wurde eine eigene Eingabemaske (Abbildung 7-9) eingerichtet.

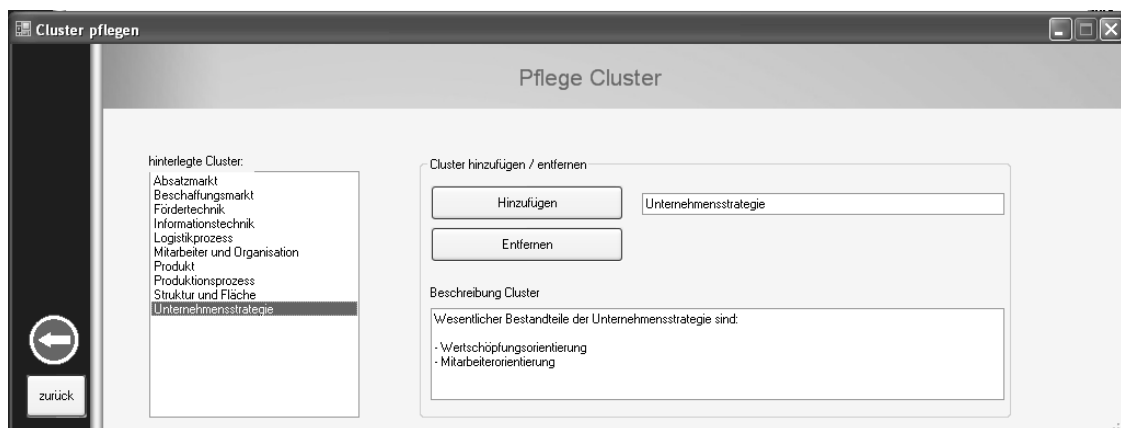


Abbildung 7-9: Pflege Cluster

### Pflege Werkzeuge

Zur Einbindung der für die Aufgabenbewältigung empfohlenen Werkzeuge in die Prozessbausteine steht ebenfalls eine Oberfläche (Abbildung 7-10) für deren Hinterlegung zur Verfügung. Über diese besteht die Möglichkeit, neben dem Pfad, der zur Ausführungsdatei des Tools führt, auch den Pfad zum Ablageverzeichnis für die damit erstellten Inhalte zu definieren. Es ist ebenfalls möglich, einen für das Werkzeug verantwortlichen Ansprechpartner anzugeben, um bei Rückfragen während der Anwendung einen Experten kontaktieren zu können.

Nach dem Einpflegen aller für die Projektdurchführung benötigten Daten kann mit der projektspezifischen Konfiguration und anschließend der Projektbearbeitung fortgefahren werden.

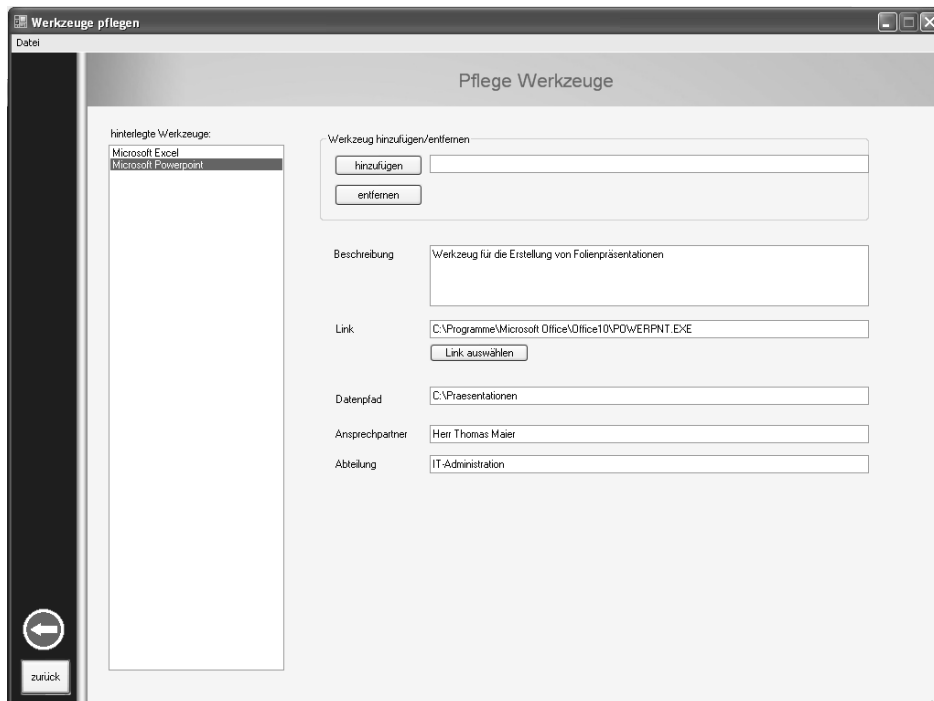


Abbildung 7-10: Pflege Werkzeuge

### 7.3.2.2 Phase 1 und Phase 2

Zur Spezifizierung und Durchführung eines Planungsprojekts ist über die Schaltfläche (1) auf der Eingangsoberfläche (Abbildung 7-3) des Planungsleitfadens die erste Option zu wählen. Über sie gelangt man auf die in Abbildung 7-11 gezeigte Maske.

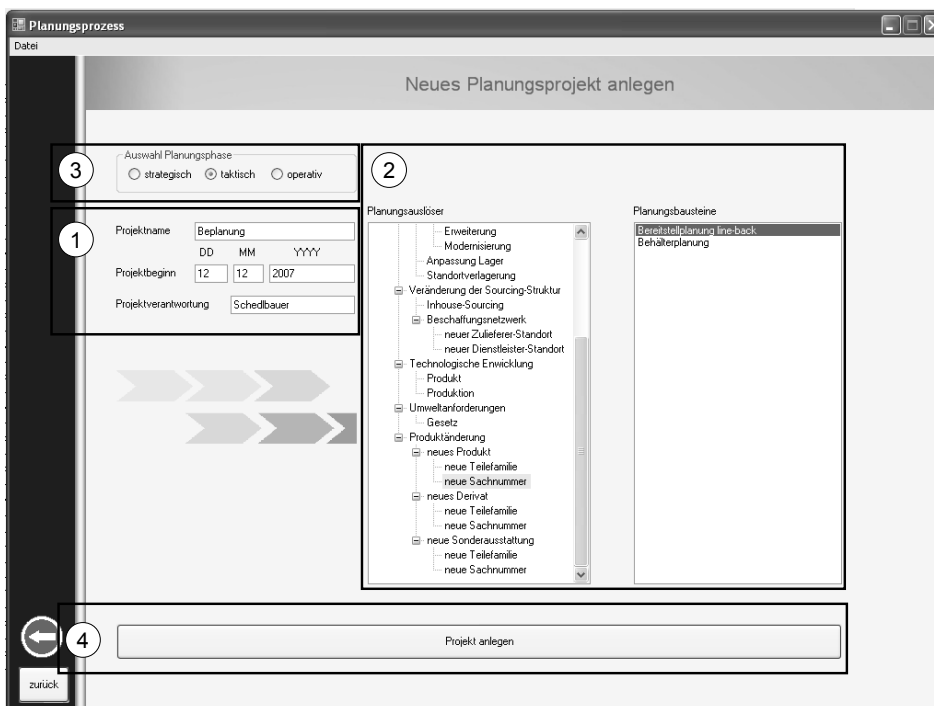


Abbildung 7-11: Neuanlage Planungsprojekt



Dort sind generelle Projektdaten wie Projektname, Name des Bearbeiters und das Startdatum anzugeben (1). Die inhaltliche Projektgestaltung beginnt mit der Festlegung des Planungsauslösers. Im betrachteten Beispiel handelt es sich um die Einführung einer neuen Teilenummer (2). Für dieses Ereignis stehen im Planungsleitfaden momentan zwei Planungsbausteine zur Bearbeitung der mit dem Auslöser möglicherweise verknüpften Aufgabe zur Verfügung. Entsprechend des eingangs genannten Planungsauftrags wird der Baustein „Bereitstellplanung line-back“ markiert und die zeitliche Einordnung über die Angabe der Planungsphase getätigt (3). Über die Schaltfläche (4) wird durch das Tool der im Planungsleitfaden hinterlegte projektneutrale Baustein ausgewählt und dargestellt. Wie in Abbildung 7-12 aufgezeigt, handelt es sich um die bereits aus Kapitel 6 bekannte sequentielle Verknüpfung von vier Prozessbausteinen.

Aufgabe des Planers ist es nun, die Prozesskette (1) auf deren Anwendbarkeit für den gegebenen Fall zu prüfen, sie u. U. anzupassen und anschließend die einzelnen Bausteine entsprechend der Projektvorgaben zu parametrisieren. Über die Schaltfläche „Zeitberechnung“ (3) werden die in den Prozessbausteinen hinterlegten Zeitumfänge unter Berücksichtigung des Startzeitpunkts in Anfangs- und Endzeitpunkte für die Einzelbausteine umgerechnet. Bei parallel auszuführenden Tätigkeiten erfolgt eine Orientierung am kritischen Pfad, also dem Weg der längsten Prozesskette. Entsprechend der Gestaltungsprämissen wird für nicht auf diesem Pfad liegende Bausteine der spätestmögliche Startzeitpunkt gewählt.

Dieser erste Projektplan lässt sich mit Hilfe von „Projekt sichern“ (2) in eine MS Project konforme XML-Datei exportieren, die dann zur weiteren Ergänzung in diesem Tool zur Verfügung steht.

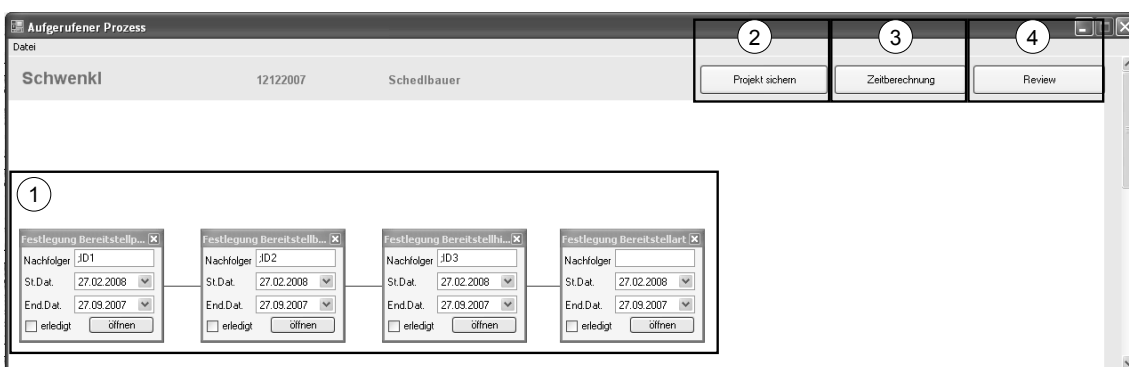


Abbildung 7-12: Bearbeitung Planungsbaustein

Zu den Aufgaben des Planers gehört u. a. auch die aufgabenspezifische Auswahl gültiger Ausprägungen für die dem Planungsbaustein zugeordneten Randbedingungen über das in Abbildung 7-13 gezeigte Fenster. So können

beispielsweise als Bereitstellhilfsmittel in einer „schlanken“ Fertigung nur Durchlaufregale zugelassen werden.

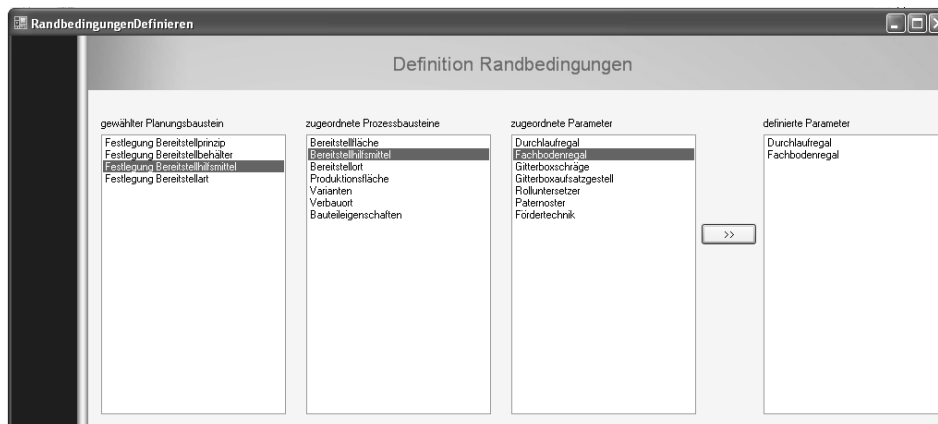


Abbildung 7-13: Auswahl gültiger Randbedingungen zu Prozessbaustein

Ist die Prozesskette abgesichert und hinsichtlich der verwendeten Prozessbausteine inhaltlich, soweit wie zu diesem Zeitpunkt möglich, spezifiziert, kann die Bearbeitung durch die beauftragten Planer beginnen.

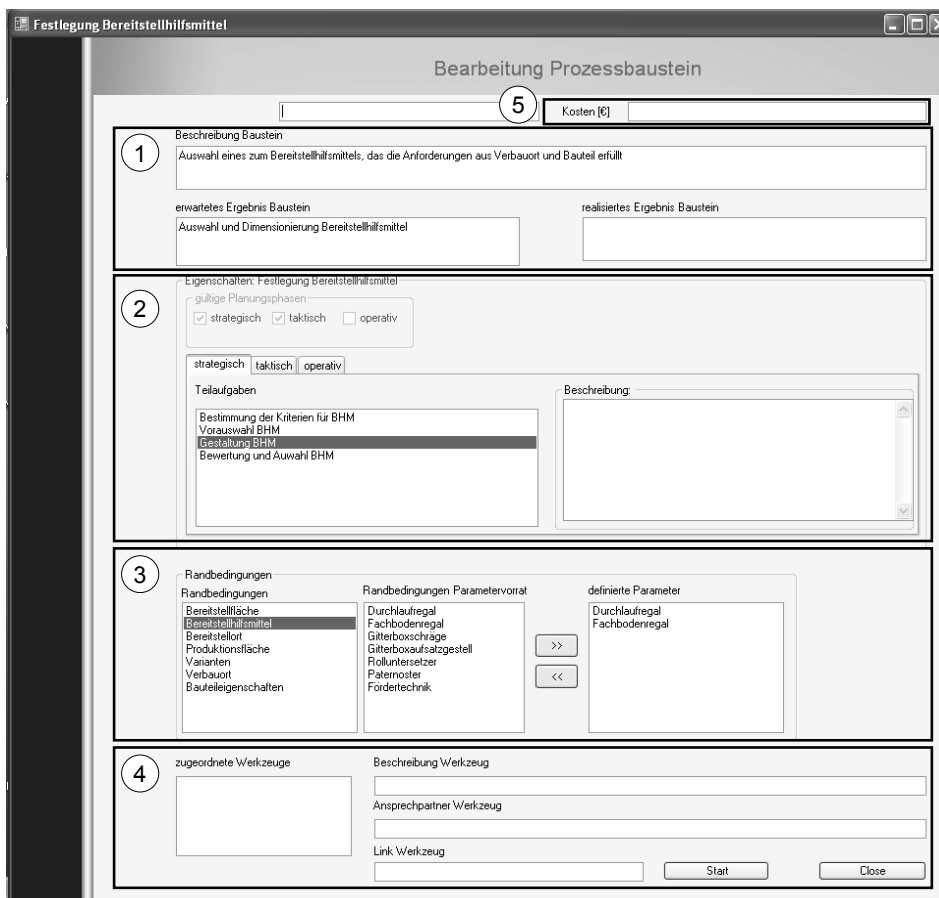


Abbildung 7-14: Bearbeitung Prozessbaustein

Die in Abbildung 7-14 dargestellte Oberfläche dient während der Planung als zentraler Anlaufpunkt jedes Prozessbausteins. Hier finden sich sowohl Informationen zu den erwarteten Zielen (1), den durchzuführenden Schritten (2), den geltenden Randbedingungen und deren Parametrisierung (3) sowie einzusetzenden Werkzeugen (4). Die Ergebnisse werden hier ebenfalls abgelegt (1). Soweit diese mit einer Kostenaussage zu belegen sind, besteht unter (5) ebenfalls die Möglichkeit einen Wert anzugeben.

Nach Fertigstellung jedes Bausteins erfolgt die im Vorgehensmodell vorgeschriebene Prüfung der restlichen Prozesskette sowie bei Bedarf deren Anpassung bis zur Erreichung des Endergebnisses.

### 7.3.2.3 Phase 3

Den Abschluss eines Planungsprojekts bildet das Review. Dies wird ebenfalls vom Planungsleitfaden unterstützt. In das in Abbildung 7-15 aufgezeigte Formular werden nach Projektende zunächst automatisiert die Ergebnisse der Prozessbausteine (1) übernommen werden. Diese können individuell um weitere Projekterkenntnisse ergänzt werden.

The screenshot shows a 'Review' window with the following structure:

- Section 1 (Projektdokumentation):**
  - Festlegung Bereitstellprinzip
  - Festlegung Bereitstellbehälter
  - Festlegung Bereitstellhilfsmittel
  - Festlegung Bereitstellart
- Section 2 (untersuchte Lösungsalternativen):**
  - Alternativen
  - Bewertung der Lösungsalternativen (VorNachteile)
- Section 3 (zu tätige Investitionen):**
  - Investition
  - Projektkosten (Kosten)
- Section 4 (Link zur Ergebnispräsentation):**
  - PowerPoint
  - Save and Close button

Abbildung 7-15: Review

Da nicht nur das Endergebnis von Interesse ist, sondern im Sinne des Wissensmanagements auch ausgeschlossene Varianten für ein späteres Projekt von Bedeutung sein können, besteht im Bereich (2) die Möglichkeit, diesbezügliche Informationen einzutragen. Eine wirtschaftliche Bewertung der Projektkosten und der bei Realisierung des Ergebnisses zu tätigen Investitionen ist in Abschnitt (3) durchführbar.

Wichtig ist neben dieser überblicksartigen Kurzform auch die im Rahmen des Projekts zu erstellende, ausführliche Ergebnisdokumentation. Diese wird über die Pfadangabe in Zeile (4) direkt verlinkt.

Wird in Phase 3 eine Anpassung der im Planungsleitfaden vorhandenen, projektneutralen Informationen identifiziert, so sind Änderungen über die Funktionalitäten der Datenpflege durchzuführen.

### **7.3.3 Fazit**

Mit Hilfe des Planungsleitfadens konnte trotz der gegenüber dem Sollentwurf stark eingeschränkten Funktionalität die Effektivität einer rechnerbasierten Unterstützung des adaptiven Planungskonzepts im Rahmen eines Praxisprojekts nachgewiesen werden.

Gerade die klare Abgrenzung und Modularisierung der Planungsinhalte wurde von den Praxispartnern als positiv und komplexitätsreduzierend bewertet. Dabei zeigte sich auch, dass die generische Prozesskettenerstellung mittels der Bausteine gut nutzbar ist.

Die Aufbereitung des zu hinterlegenden Wissens und hierbei insbesondere die Beschreibung des empfohlenen Vorgehens stellt eine wesentliche Herausforderung bei der Bausteinerstellung und -pflege dar, da die Anwender über verschiedene Erfahrungshintergründe verfügen. Der optimale Umfang der Inhalte musste sich daher an einem unerfahrenen Planer orientieren. Eine individuelle Anpassbarkeit wird gewünscht, ist aber aus Gründen des im Konzept verankerten Prinzips der Standardisierung nicht machbar.

Kritisch bewertet wurde der mit einem derartigen Planungskonzept verbundene Einführungsaufwand. Standardisierte Vorgehensweisen zur Planung von Logistikumfängen sind in den betrachteten Unternehmen nur in rudimentärer Form vorhanden, die Bearbeitung bleibt den Planern überlassen und orientiert sich meist an den verwendeten Planungswerkzeugen. Die Erstellung allgemeingültiger Standards wird daher als aufwändig beschrieben. Das operative Tagesgeschäft lasse laut der Aussage verschiedener Planer hierfür kaum Zeit. Dies verdeutlicht nochmals die Notwendigkeit, ein derartiges Konzept als unternehmensweite und langfristige Strategie zu implementieren, die zwar einen relativ hohen Einführungsaufwand mit sich bringt, deren

Potenziale dann aber mit fortschreitendem Grad der Umsetzung ständig zunehmen.

### **7.4 Kopplung eM-Planner und Virtual Reality-Werkzeug**

Bei der Analyse der vorherrschenden Planungsprozesse wurde der Bedarf nach einer verbesserten Abstimmung der Planungsstände, insbesondere zwischen Prozess- und Layoutplanung identifiziert. Gerade bei der Vielzahl von beteiligten Planern unterschiedlicher Disziplinen gestaltet sich die Kommunikation teils sehr aufwändig, zeitnahe Entscheidungen sind jedoch für den Erfolg von entscheidender Bedeutung. Die virtuelle Realität kann hier als geeignetes Werkzeug Abhilfe schaffen. Der Einsatz dieser Technologie ist jedoch meist mit hohem Modellierungsaufwand aufgrund fehlender bzw. mangelhafter Datendurchgängigkeit der verwendeten Planungssysteme verbunden. Um diese Schwachstelle zu egalisieren und die daraus resultierenden Potenziale aufzuzeigen, wurde exemplarisch das Werkzeug Virtuelle Realität (VR) mit einem Prozessplanungswerkzeug unter Umsetzung des EAI-Konzepts zur effizienten Weiterentwicklung des Objektmodells bidirektional gekoppelt. Gerade die Gewährleistung des Datentransfers sowohl vom Planungstool in die virtuelle Umgebung als auch in die Gegenrichtung ist entscheidend, um die Virtual Reality auch tatsächlich aufwandsarm im Planungs- und Entscheidungsfindungsprozess einsetzen zu können und sie nicht zu einem reinen Visualisierungswerkzeug abzuwerten.

Zur vorausgehenden Modellierung logistischer Prozesse in Form des Objektmodells dient, wie bereits angesprochen, das Prozessplanungssystem eM-Planner, auf dem nachfolgende Planungsprozesse aufsetzen. Hier erfolgt zunächst die Kombination der Produktdaten mit den jeweiligen Prozessschritten und den benötigten Ressourcen, die in einer Oracle-Datenbank hinterlegt werden. Dieses durch den eM-Planner verwaltete „Datendepot“ gewährleistet unter Verwendung der Prozess- und Technikmodule die Bereitstellung aller Geometrie- und Layoutdaten für das VR-Tool. Die Datenhaltung erfolgt auf der Basis von Prozess- und Technikmodulen. Die Implementierung dieser Datenklassen in der zentralen Planungsdatenbank des eM-Planner erlaubt die Bereitstellung und Nutzung konsistenter Informationen für alle Anwender. Die für den Aufbau von VR-Modellen erforderlichen Daten (z. B. Koordinaten, Orientierungen etc.) werden mittels neu im Prozessplanungswerkzeug implementierter Funktionen aus den hinterlegten Prozess- und Technikmodulen extrahiert und über eine Schnittstelle im ASCII-Format automatisiert in ein VR-Modell umgesetzt. Anschließend kann die Absicherung bzw. Änderung der komplexen logistischen Systeme in der VR-Umgebung in interdisziplinären Teams durchgeführt und ohne weitere Anpassungen direkt zurück ins Planungssystem übertragen werden (Abbildung 7-16).

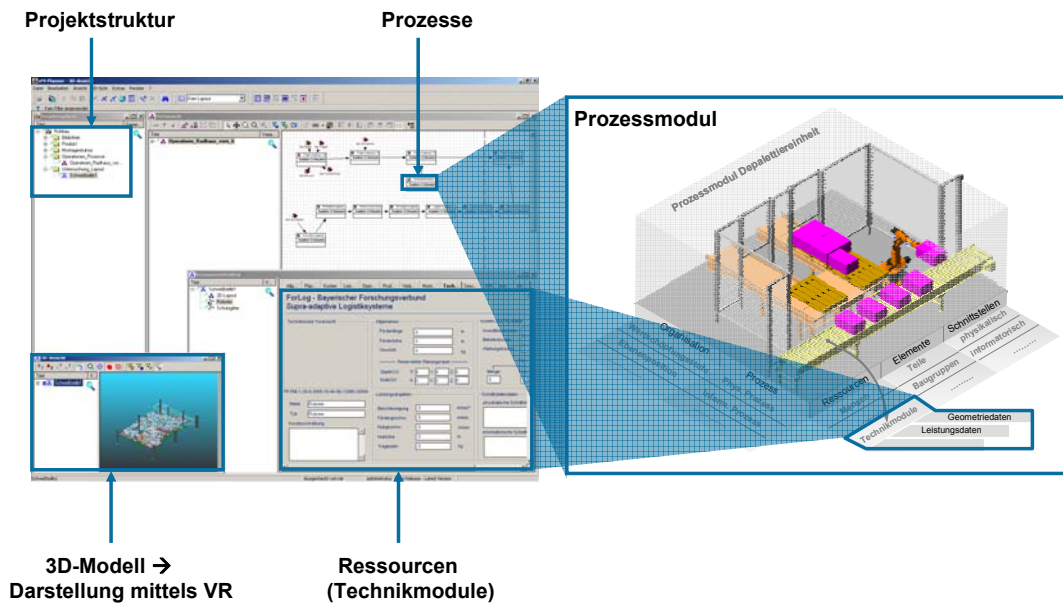


Abbildung 7-16: Bidirektionale Kopplung Prozessplanungssystem – Virtual Reality

Die in der virtuellen Realität erstellten Modelle sind im weiteren Verlauf der Planung durch kontinuierliche Verwendung innerhalb der einzelnen Planungsphasen schrittweise auszubauen. Durchgängiger Einsatz und Aktualisierung schaffen eine zentrale Kommunikations- und Simulationsplattform, die letztendlich bis hin zur Mitarbeiterschulung eingesetzt werden kann.

Zur Nutzung weiterer Potenziale der VR-Technologie wurde im Forschungsverbund ForLog überdies ein Simulationswerkzeug geschaffen, das es Planern und Anwendern erlaubt, virtuelle Logistikumgebungen im Cyberspace realistisch zu „begehen“, um u. a. logistische, mitarbeiterbezogene Kennzahlen wie Wege- und Greifzeiten für MTM-Analysen zu bestimmen [Gün-07b]. Mit Hilfe der integrierten Dokumentations- und Analysefunktionen können aus Sicht der Planung Probleme durch die frühzeitige Mitarbeiterbeteiligung und die damit verbundene Dynamisierung des Modells erkannt und gelöst bzw. Abläufe optimiert werden. Diese Form von „menschintegrierter“ Simulation führt zu einer Verkürzung der Planungszeiten und zur Vermeidung von Fehlern bei der Realisierung [Wul-08].

### 7.5 Ablaufsimulation

Neben dem durchgängigen Einsatz von VR-Modellen empfiehlt sich die Ablaufsimulation als Werkzeug zur dynamischen Prozessmodellierung für sämtliche Planungsphasen. Bestimmendes Kriterium ist die Wahl des geeigneten Detaillierungsgrads, der das Modellierungskonzept und damit den Erstellungsaufwand entscheidend beeinflusst. Innerhalb der Arbeit wurden

diesbezüglich die Konzepte der Mikro- und Makrosimulation an einem geschlossenen Beispiel umgesetzt und bewertet.

Da die als Mikrosimulation bezeichnete Detailsimulation eines Systems meist eine umfangreiche Datenkenntnis und einen hohen Modellierungsaufwand verlangt, empfiehlt sich deren Einsatz erst in späteren Planungsabschnitten. In den frühen Phasen bietet sich dagegen der Ansatz der Makrosimulation an, die im Rahmen eines „Black Box“-Konzepts auf Basis von Algorithmen und Kennzahlen oder künstlichen neuronalen Netzen eine ganzheitliche Systembetrachtung auf höherem Abstraktionsniveau und mit sehr geringen Simulationszeiten erlaubt. Da dieser Ansatz bisher weit weniger Betrachtung als die Detailsimulation erfahren hat, jedoch in frühen Phasen durchaus verlässliche Aussagen mit geringem Aufwand bietet, entstand im Rahmen der Arbeit ein Vorschlag für den idealen Aufbau eines Makrosimulationsmodells.

In Kooperation mit dem Karosseriebau eines OEM wurden exemplarisch sowohl ein Makromodell als auch ein Mikromodell der internen Materialflüsse erstellt, die die unterschiedlichen Aussage-Potenziale der beiden Modellierungsansätze aufzeigen sollten. Ziel war es ferner, Konzepte zu entwickeln, wie beide Modelltypen ohne Qualitätsverlust aufwandsärmer und adaptiver gestaltet werden können, um eine breitere sowie langfristige Verwendung erreichen zu können.

Das Detailmodell beinhaltet alle Quellen und Senken, Puffer und Lagerflächen, Fahrwege, Peripherie (Ladestationen etc.) sowie alle Transportmittel und bildet auf dieser Basis alle derzeit implementierten Versorgungsprozesse ab. Als „Last“ werden dem Modell verschiedene realitätsgetreue Produktionsprogramme aufgeprägt. Durch Nutzung des Werkzeugs ist eine detaillierte Ermittlung der tatsächlichen Verkehrsflächennutzung möglich, die wiederum wertvollen Input für die Gestaltung der zukünftigen Strukturen bietet und damit in Hinblick auf die häufig stattfindenden Modellwechsel aufwändige Neu- und Umplanungen vermeiden helfen soll. Die Lage der Verkehrsachsen, die zur Ver- und Entsorgung der Anlagen dienen, spielt dabei eine große Rolle. Ferner lassen sich mit dem Modell verschiedene Steuerungsstrategien testen, so dass beispielsweise eine abgesicherte Entscheidung über die Potenziale eines Staplermanagementsystems gegenüber der derzeitigen Lösung möglich wird. Durch Entwicklung von Standardbausteinen für die Anlagen, Verkehrswege, Flurförderzeuge, Bahnhöfe und Lager kann die geforderte aufwandsarme Anpassung des Modells an verschiedene zukünftige Planungsstände gewährleistet und so eine langfristige Verwendung des Modells garantiert werden.

Das Makromodell hingegen soll lediglich die Bedarfe an Flurförderzeugen (Stapler, Trailer) mit geringstem Daten- und Modellierungsaufwand ermitteln, da

es sich hierbei um die wichtigsten strategischen Aussagen zur Bestimmung des Flurförderzeug-Invests handelt. Auch hierzu wurden Standardbausteine – jedoch auf weitaus höherem Detaillierungsgrad und mit entsprechend geringerem Datenbedarf – entwickelt. Im Mittelpunkt standen dabei die automatisch im Modell generierten Materialströme, die über die definierten Ressourcenbeziehungen die Berechnung der benötigten Flurförderzeuge ermöglichen. Der einfache, leicht verständliche Modellaufbau, die Bausteinverwendung und die hohe Automatisierung des Modells erlauben eine einfache und aufwandsarme Nutzung und Anpassung bei der Modellpflege.

Gleichzeitig zur Weiterentwicklung der Simulationskonzepte gilt es, diese Technologie noch stärker über verschiedene Schnittstellen in die Digitale Fabrik zu integrieren, um eine durchgängige Datennutzung sicherzustellen. Ein Ansatz hierzu ist das SDX (Simulation Data Exchange) Interface, das es beispielsweise ermöglicht, automatisiert aus einem CAD-System (FactoryCAD) auf Basis der dort hinterlegten Daten ein Modell im Simulationswerkzeug Plant Simulation [UGS-07] zu erstellen. Dadurch kann die Übernahme aller Geometrie- und Layoutdaten in die Simulation jederzeit und ohne Schnittstellenverluste gewährleistet werden. Das wesentliche Element, sprich die Gestaltung und Steuerung der Prozessabläufe, wird jedoch vernachlässigt, da diese Daten im CAD-Modell nicht vorliegen. Um die Lücke zu schließen, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit am Beispiel eines fahrerlosen Transportsystems (FTS) ein Simulationsbaustein geschaffen, der es dem Nutzer erlaubt, dialoggeführt die Prozessintelligenz in Form von Steuerungsprinzipien nachzupflegen und auch Störungen etc. abzubilden, um ein realistisches Modellverhalten zu erreichen. Die übersichtliche und verständliche Dialogführung erlaubt es gerade auch einem Laien, in jeder Planungsphase die von ihm benötigten Ergebnisse mit Hilfe der Simulation zu gewinnen. So konnte ein Beitrag geleistet werden, zwei bestehende Anwendungen effizienter zu koppeln und die Digitale Fabrik weiter auszubauen.



## **8 Zusammenfassung und Ausblick**

Das Umfeld produzierender Unternehmen in der Automobilindustrie ist von einem hohen Grad an Komplexität und Dynamik – sprich Turbulenz – geprägt. Um in dieser Situation erfolgreich bestehen zu können, ist eine geeignete Antwort auf die von extern und intern induzierten Anforderungen notwendig. Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere vor dem Hintergrund globaler Märkte, muss hierzu nicht nur eine kontinuierliche Anpassung der unternehmensinternen Prozesse, sondern des gesamten Wertschöpfungsnetzwerks angestrebt sowie durch spezifische Fähigkeiten und Kompetenzen eine Vorrangstellung erreicht werden. Die Logistik spielt hierbei als wesentlicher Enabler und durch die Wettbewerber nur mit beträchtlichem Aufwand nachzuahmender Faktor eine, wenn nicht die zentrale Rolle. Die Logistik verbindet Lieferanten und Kunden sowohl innerhalb als auch über Unternehmensgrenzen hinweg und schafft damit die Grundlage für die Flexibilität des gesamten Netzwerks. Um die Logistik auf die Bewältigung der rasch wechselnden Anforderungen hin auszurichten, bedarf es neuer Methoden und Werkzeuge in der Logistikplanung.

### **8.1 Zusammenfassung der Arbeit**

Eine Lösung für die geforderte Steigerung der Adaptivität in der Logistikplanung bietet das in dieser Arbeit entwickelte ganzheitliche und integrative Planungskonzept. Es vereint die Elemente Planungsaufgabe, -prozesse, -daten, -werkzeuge und -wissen in einer prozessorientierten und bausteinbasierten Methodik. Darüber hinaus wird dem Menschen als entscheidender Kreativitäts- und Wissensquelle eine weitaus zentralere Rolle zugedacht als bisher und ihm durch die Entlastung von zeitraubenden Routinetätigkeiten eine verstärkte Konzentration auf die Lösungsfindung ermöglicht. Als Kernelement übernimmt die Digitale Fabrik die Abbildung und Gestaltung der Planungsobjekte in digitaler Form sowie die Integration der verwendeten Werkzeuge und Datenquellen. Auch die Abschöpfung, Nutzbarmachung und Weiterentwicklung von Planungswissen sowie eine unternehmensübergreifende Kooperation bei der Bewältigung von Planungs-

aufgaben werden mit Hilfe der entwickelten Vorgehensweise unterstützt. Ziel ist die Erhöhung der Planungsgeschwindigkeit und -qualität in den einzelnen Unternehmen, aber auch im Netzwerk, um die geforderte Adaptivität im Bereich der Logistikplanung nachhaltig erreichen zu können

Der Betrachtungsgegenstand der Logistikplanung wurde hierzu unter Berücksichtigung systemtechnischer Grundlagen zunächst in das Planungs- und das Objektsystem aufgegliedert, um auf dieser Basis eine modellbasierte und standardisierte Beschreibung der wesentlichen Konzeptbestandteile abzuleiten. Es handelt sich dabei um

- das Planungsmodell,
- das Objektmodell und
- das Vorgehensmodell

adaptiver Logistikplanung.

Das Vorgehensmodell bildet den Kern des Planungskonzepts, indem es an Hand von vier Phasen das adaptive Vorgehen zur Lösung einer Planungsaufgabe darlegt. Hierzu integriert es das Planungsmodell, das unter Verwendung standardisierter Bausteine die aufgabenspezifische und damit adaptive Gestaltung des zielführenden Planungsprozesses ermöglicht, sowie das Objektmodell, das zur Abbildung des Planungsgegenstands bis hin zum angestrebten Sollzustand dient, in einem durchgängigen Ablauf.

Im Mittelpunkt des Planungsmodells stehen so genannte Planungsbausteine, die den Workflow zur Bearbeitung einer definierten Aufgabenstellung (z. B. Bereitstellplanung) enthalten. Die inhärente Vorgehensweise stellt dabei idealerweise eine Best Practice dar. Die Bildung der Planungsprozessketten erfolgt auf Basis von Prozessbausteinen, die in standardisierter und modularer Form für einen einzelnen, abgegrenzten Planungsteilumfang das zielführende Vorgehen beschreiben und damit zur Komplexitätsbeherrschung beitragen. Zur Unterstützung des Planers sind darin zusätzlich Verweise auf die zu verwendenden Planungswerkzeuge (z. B. Ablaufsimulation) sowie themenspezifische Wissensumfänge hinterlegt. Aufgrund dieser modularen Gestaltung des Planungsvorgehens kann zudem eine einfache Einbindung netzwerkweiter Partner realisiert werden.

Als notwendige Vorarbeit zur Bausteinbildung ist die Untersuchung und Modularisierung aller logistikrelevanten Planungstätigkeiten in inhaltlich eindeutig abgrenzbare Umfänge zu leisten. Mit Hilfe des resultierenden Bausteinkastens wird die Möglichkeit geschaffen, entsprechend der gestellten Aufgabe zunächst projektneutrale Planungsprozesse zu konfigurieren, die für

konkrete Projekte unter Berücksichtigung der geltenden Randbedingungen angepasst werden können.

Die zwingend vorgeschriebene Review-Phase am Ende jedes Projekts sichert die Aktualisierung der in den Bausteinen hinterlegten Vorgehensweisen durch Integration des neu erarbeiteten Planungswissens. Der Bausteinkasten übernimmt somit neben der Bereitstellung standardisierter Prozesse die Funktion einer Wissensdatenbank, da dort das prozedurale Planungswissen des Unternehmens in nachvollziehbarer Form hinterlegt ist.

Die Abbildung des Planungsgegenstands während der Planungsdurchführung erfolgt mittels des in ebenfalls standardisierter und modularer Form aufgebauten Objektmodells. Die verschiedenen Hierarchieebenen des Modells erlauben eine Bepanung im jeweils benötigten Detaillierungsgrad. Eine objektorientierte Beschreibung der einzelnen Module sichert zudem die aufwandsarme Übertragung in die Digitale Fabrik.

Die Evaluierung des adaptiven Planungskonzeptes wurde an Hand von Einzelanwendungen in Theorie und Praxis durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurde auch ein rechnerbasiertes Werkzeug zur Planungsunterstützung erstellt und getestet. Die Entstehung der Arbeit im Forschungsverbund ForLog erlaubte zwar eine weitreichende Kooperation mit den beteiligten Industriepartnern, eine ganzheitliche Umsetzung des Konzepts in der Praxis konnte aber aufgrund des damit verbundenen Aufwands sowie der zeitlichen und organisatorischen Randbedingungen nicht geleistet werden.

Im Rahmen dieser Arbeit werden jedoch alle hierfür benötigten Elemente vollständig beschrieben sowie Hinweise auf eine zielführende Implementierung des Planungskonzepts gegeben, so dass das Instrumentarium für eine spätere Umsetzung zur Verfügung steht.

Zur optimalen Unterstützung des adaptiven Planungsvorgehens wurden in der vorliegenden Arbeit auch derzeit in der Logistikplanung verwendete, digitale Werkzeuge untersucht und auf Basis identifizierter Defizite Anforderungen für die adaptive Gestaltung rechnerbasierter Tools erarbeitet. Deren Umsetzung konnte am Beispiel verschiedener Anwendungen geleistet werden.

## **8.2 Ausblick**

Der weiter fortschreitende Wandel in der Automobilindustrie aber auch anderen Branchen zeigt deutlich die Notwendigkeit einer Loslösung von starren Strukturen und Konzepten. Weltweite Zusammenarbeit mit wechselnden Partnern zur Erfüllung der volatilen Kundenwünsche wird zur Tagesordnung. Um temporäre Kooperationen jedoch auch in der Praxis erfolgreich praktizieren zu können, bedarf es aus Sicht der Logistik eines strategischen Umdenkens

innerhalb der Unternehmen. Konzepte wie die in dieser Arbeit entwickelte Methodik zur adaptiven Logistikplanung können hierzu einen wertvollen Beitrag leisten, da hier unter Verwendung einfacher Prinzipien wie der Standardisierung und Modularisierung ein für alle Beteiligten stabiler Ordnungsrahmen zur Komplexitätsbewältigung geschaffen wird, der nicht Einschränkung, sondern Flexibilität ermöglicht.

Zur Einführung bedarf es aber großer Anstrengungen, die neben organisatorischen und informatorischen v. a. auch Änderungen in der Denkweise erfordern.

In diesem Zusammenhang gilt es, für die Unternehmen auch effizienter mit ihren Ressourcen Wissen und Mitarbeiter umzugehen. Beides wird derzeit in vielen Fällen noch nicht verantwortungsbewusst genutzt. Gerade in großen Unternehmen geht erarbeitetes Wissen durch mangelnde oder mangelhafte Dokumentation wieder verloren und muss anschließend wieder erarbeitet werden oder wird die Kreativität der Mitarbeiter nicht ausreichend berücksichtigt.

Es besteht daher noch eine Vielzahl von Potenzialen, die es zukünftig im Bereich der Logistik und Logistikplanung zu heben gilt, um das eingangs formulierte Ziel der Supra-Adaptivität in einem ganzheitlichen und durchgängigen Umfang zu erreichen.

## 9 Literaturverzeichnis

- [Ack-05] Ackermann, J; Näser, P.; Horbach, S.; Müller, E.:  
Logistikstrukturen kompetenzzellenbasierter Netze. In: wt  
Werkstattstechnik online 95 (2005) Nr. 4, S. 254-258.
- [Ada-97] Adam, D.: Planung und Entscheidung. Wiesbaden: Gabler  
1997.
- [Agg-90] Aggteleky, B.: Fabrikplanung. München: Hanser 1990.
- [Ali-05] Aliche, K.: Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken. Berlin  
u. a.: Springer 2005.
- [All-99] Allgayer, F.: Computergestützte Planung von  
Materialflusssystemen auf Basis statischer Materialflüsse.  
Dissertation, Technische Universität München. München: Utz  
1999.
- [Arn-03] Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.: VDI-  
Handbuch Logistik. Berlin u. a.: Springer 2003.
- [Aur-03] Aurich, J.C.; Barbian, P.; Wagenknecht, C.: Prozessmodule zur  
Gestaltung flexibilitätsgerechter Produktionssysteme. In:  
Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 98 (2003) H.5,  
S. 214-218.
- [Aut-05] o.V.: Kopfarbeit ist gefragt. In: Automobil-Produktion (2005)  
Nr. 8, S.42-44.
- [BaH-06] Baumgarten, H.: Entwicklungstrends der Logistik und  
strategische Ableitungen. In: Hausladen, I. (Hrsg.):  
Management am Puls der Zeit. München: TCW 2006, Band 2,  
S.983-996.
- [Bau-07] Bauer, N.: Logistik in der Automobilindustrie  
Vorlesungsskriptum: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss  
Logistik, Technische Universität München 2007.
- [Bay-03] Bayer, J.; Collisi, T.; Wenzel, S.: Simulation in der  
Automobilproduktion. Berlin u. a.: Springer 2003.

- [Bie-04] Bierwirth, T.: Virtuelle Logistikplanung für die Automobilindustrie – Methoden und Modelle im Rahmen der Digitalen Fabrik. Aachen: 2004.
- [Bis-97] Bissel, D.: Beitrag zur prozessorientierten Planung dynamischer Fabrikssysteme. Dortmund: Praxiswissen 1997.
- [Bop-07] Boppert, J.; Schedlbauer, M.; Günthner, W.A.: Zukunftsorientierte Logistik durch adaptive Planung. In: Günthner, W.A. (Hrsg.): Neue Wege in der Automobillogistik. Berlin u. a.: Springer 2007.
- [Bop-08] Boppert, J.: Entwicklung eines wissensorientierten Konzepts zur adaptiven Logistikplanung. Dissertation, Technische Universität München. München: 2008
- [Bru-91] Bruns, M.: Systemtechnik – Ingenieurwissenschaftliche Methodik zur interdisziplinären Systementwicklung. Berlin u. a.: Springer 1991.
- [Cam-01] Campbell, J.F.; Ernst, A.T.; Krishnamoorthy, M.: Hub Location Problems. In: Drezner, Z.; Hamacher, H.W.: Facility Location - Applications and Theory. Berlin: Springer 2001.
- [DIN15155] DIN 15155: Paletten; Gitterboxpalette mit zwei Vorderwandklappen. Berlin: Beuth 1986.
- [DoT-01] Dombrowski, U.; Tiedemann, H.; Bothe, T.: Visionen für die Digitale Fabrik. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 96 (2001) H.3, S. 96.
- [Dom-03] Domschke, W.; Scholl, A.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht. Berlin u. a.: Springer 2003.
- [Ehr-97] Ehrmann, H.: Unternehmensplanung. Ludwigshafen: 1997
- [End-03] Enderlein, H.; Hildebrand, T.; Müller, E.: Plug+Produce. In: wt Werkstattstechnik online 93 (2003), H.4, S.282-286.
- [Ern-06] Ernst&Young: Kennzeichen D – Standortanalyse 2006. Internet: <http://www.de.eyn.com>. Abruf am 02.01.2008.
- [Eve-02a] Eversheim, W.; Schmidt, K.; Weber, P.: Virtualität in der Wertschöpfungskette. In: wt Werkstattstechnik online 92 (2002) Nr. 4, S. 149-153.
- [Eve-02b] Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik. Berlin u. a.: Springer 1992.
- [Fig-07] Figgenger, O.; ten Hompel, M.: Beitrag zur Prozessstandardisierung in der Intralogistik. Internet: <http://www.elogistics-journal.de/archiv/2007/4/834/hompel.pdf>. Abruf am 18.12.2007
- [Fis-96] Fischer, H.: Unternehmensplanung: eine praxisorientierte Einführung. München: 1996.

- [Fle-04] Fleischer, J; Aurich, J.C.; Herm, M.; Stepping, A.; Köklü; K.: Verteilte kooperative Fabrikplanung. In: wt Werkstattstechnik online 94 (2004) Nr. 4, S. 107-110.
- [fml-08] Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik: Einträge in das Logistikkompodium: MTTR und MTBF. Internet: <http://www.logistikkompodium.de>, Abruf am 27.01.2008.
- [Frau-07] Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung: Dimensionen der Komplexität in Fahrzeugprojekten. Internet: <http://www.ipa.fhg.de/Arbeitsgebiete/unternehmenslogistik/ref/versorg.php>, Abruf am 30.12.2007.
- [Gäs-06] Gäse, T.; Günther, U.; Krauß, A.: Integrierte Struktur- und Layoutplanung. In: wt Werkstattstechnik online 96 (2006) Nr. 5, S. 314-320.
- [Gru-01] Grundwald, S.; Reinhart, G. (Hrsg.): Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung. München: Utz 2002.
- [Grü-04] Grünz, L.: Ein Modell zur Bewertung und Optimierung der Materialbereitstellung. Aachen: Shaker 2004.
- [Gud-99] Gudehus, T.: Logistik - Grundlagen, Strategien, Anwendungen. Berlin u. a.: Springer 1999.
- [Gün-04] Günthner, W.A.: Bayerischer Forschungsverbund Supra-adaptive Logistiksysteme (ForLog) - Förderantrag an die Bayerische Forschungsförderung. München u. a.: 2004.
- [Gün-05] Günthner, W.A.: Zwischenbericht 2005 - Bayerischer Forschungsverbund Supra-adaptive Logistiksysteme. Jahreszwischenbericht an die Bayerische Forschungsförderung. München u. a.: 2005.
- [Gün-06a] Günthner, W. A.: Planung technischer Logistiksysteme. Vorlesungsskriptum: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München 2006.
- [Gün-07a] Günthner, W. A.: Materialfluss und Logistik. Vorlesungsskriptum: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München 2007.
- [Gün-07b] Günthner, W. A.: Abschlussbericht 2007 - Bayerischer Forschungsverbund Supra-adaptive Logistiksysteme. München u. a.: 2007.
- [Gün-07c] Günthner, W.A.; Boppert, J.: ForLog – Ein Modellprojekt bayerischer Logistikforschung. In: Günthner, W.A.: Neue Wege in der Automobillogistik. Berlin u. a.: Springer 2007, S. 29-36.
- [Göt-07] Götz, A.: Zukunftsstandort Deutschland. In: Automobil-Produktion (2007) Nr. 2, S.16-19.
- [Har-05] Harrison, A.; van Hoek; R.: Logistics Management and Strategy. Harlow: Pearson 2005.

- [Hei-07] Heizmann, J.: Zukünftige Herausforderungen an die Automobilindustrie. Nürnberg: Vortrag im Rahmen der ForLog-Vortragsreihe, 22.01.2007.
- [Hes-92] Hesse, W.; Merbeth, G.; Fröhlich, R.: Software-Entwicklung - Vorgehensmodelle, Projektführung, Produktverwaltung. München: Oldenbourg 1992.
- [Höh-07] Höhn, R.: Beschreibungskriterien für Vorgehensmodelle. Internet: <http://www.gi-ev.de/fileadmin/gliederungen/fg-wi-vm/AK-VMK/AK-VMK-Beschreibungskriterien.doc>. Abruf am 30.12.2007.
- [Hom-03] ten Hompel, M.: Warehouse Logistics 03: Kongress für Warehouse Management, Logistiksoftware und Identifikationssysteme. Dortmund: Praxiswissen 2003.
- [Höm-07] Hömberg, K.; Hustadt, J.; Jodin, D.; Kochsiek, J.; Nagel, L.; Riha, I.: Basisprozesse für die Modellierung in großen Netzen der Logistik. Internet: [www.sfb559.uni-dortmund.de/download.php?id=684](http://www.sfb559.uni-dortmund.de/download.php?id=684). Abruf am 10.10.2007.
- [Hor-04] Horbach, S.; Näser, P.; Ackermann, J.; Müller, E.: Planen in kompetenzzellenbasierten Netzen. PlaNet – Planungskonzept für Netze. In: wt Werkstattstechnik online 94 (2004) Nr. 4, S. 150-153.
- [Ili-07] Ilipt: Project Information. Internet: <http://www.ilipt.org/public/projectinformation>. Abruf am 30.12.2007.
- [Ihd-91] Ihde, G.: Transport, Verkehr, Logistik. München: Vahlen 1991.
- [Ihm-06] Ihme, J.: Logistik im Automobilbau. München u. a.: Carl Hanser 2006.
- [Jün-89] Jünemann, R.: Materialfluss und Logistik: Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Berlin u. a.: Springer 1989.
- [Kab-06] Kabel, D.: Trends der Prozessoptimierung in der Automobilproduktion. Internet: [http://www.iaw.rwth-aachen.de/download/service/fachtagung\\_ao\\_kabel.pdf](http://www.iaw.rwth-aachen.de/download/service/fachtagung_ao_kabel.pdf), Abruf am 16.08.2006.
- [Kae-96] Kaeseler, J.: Marktanalyse Geschäftsprozessoptimierung. Dortmund: Praxiswissen 1996.
- [Käp-02] Käppner, M.; Laakmann, F.; Stracke, N.: Dortmunder Prozesskettenparadigma – Grundlagen. Internet: [www.sfb559.uni-dortmund.de](http://www.sfb559.uni-dortmund.de), Abruf am 10.10.2007.
- [Kat-94] Katzy, B. R.: Unternehmensplanung in produzierenden Unternehmen. Dissertation, RWTH Aachen 1994.
- [Kir-03] Kirchhausen, P.: Konzeption eines kennzahlbasierten Ansatzes zur Unterstützung des Managements von Produktion und Logistik. Dortmund: Praxiswissen 2003.



- [KiW-03] Kirchner, S.; Winkler, R.; Westkämper, E.: Turbulenz und Wandlungsfähigkeit in produzierenden Unternehmen, Unternehmensbefragung unter 200 Unternehmen Stuttgart: Studie des IFF, Universität Stuttgart und des Fraunhofer IPA Stuttgart im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 467, 2003.
- [Kuh-95] Kuhn, A., Bernemann, S.: Prozessketten in der Logistik - Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien. Dortmund: Praxiswissen 1995.
- [Kuh-07] Kuhn, A.; Schmidt, A.; Beller, M.: Neue Vorgehensmodelle zur prozessorientierten Logistikplanung. In: Wolf-Kluthhausen, H.: Jahrbuch Logistik 2007. Korschbroich: free beratung 2007.
- [Lan-07] Lander, E.; Liker, J.K.: The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. In: International Journal of Production Research, Vol. 45, No. 16, 15 August 2007, 3681-3698.
- [Mal-00] Malik, F.: Strategisches Management komplexer Systeme - Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. Bern: 2000.
- [MaM-03] Mattes, B.; Meffert, H.; Landwehr, R.; Koers, M.: Trends in der Automobilindustrie: Paradigmenwechsel in der Zusammenarbeit zwischen Zulieferer, Hersteller und Händler. In: Ebel, B.; Hofer, M. B.; Al-Sibai, J. (Hrsg.): Automotive Mangement. Berlin u. a.: Springer 2003.
- [Mor-06] Morgan, J.; Liker, J.: The Toyota Product Development System: Integrating People, Process, and Technology. New York: Productivity Press 2006.
- [Möß-07] Mößmer, H. E.; Schedlbauer, M.; Günthner, W.A.: Die automobile Welt im Umbruch. In: Günthner, W.A. (Hrsg.): Neue Wege in der Automobillogistik. Berlin u. a.: Springer 2007, S. 3-15.
- [Mül-05] Müller, E.; Wirth, S.: Digitale Fabrikmodelle. In: Wolf-Kluthhausen, H.: Jahrbuch Logistik 2005. Korschbroich: free beratung 2005.
- [Nof-03] Nofen, D.; Klußmann, J.H.; Löllmann, F.; Wiendahl, H.-P.: Regelkreisbasierte Wandlungsprozesse. In: wt Werkstattstechnik online 93 (2003), H.4, S. 238-243.
- [Nyh-06] Nyhuis, P., Wiendahl, H.-P.: Ansätze einer Logistiktheorie. In: Hausladen, I. (Hrsg.): Management am Puls der Zeit. München: TCW 2007, Band 2, S.1015-1046.
- [Oer-77] Oertli-Cajacop, P.: Praktische Wirtschaftskybernetik. München u. a.: Carl-Hanser 1977.

- [Ohn-88] Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production  
Cambridge: Productivity Press 1988.
- [Oli-06] Oliver Wyman, Deutschland: Systemprofit Automobilvertrieb  
2015. Internet: [http://www.oliverwyman.com/de/pdf\\_files/OW\\_Systemprofit\\_Automobilvertrieb\\_2015\(1\).pdf](http://www.oliverwyman.com/de/pdf_files/OW_Systemprofit_Automobilvertrieb_2015(1).pdf), Abruf am 02.01.2008.
- [OIN-07] Oliver, N.: Lean principles and premium brands: conflict or complement? In: International journal of production research (2007) 45 S. 3723-3739.
- [Pah-86] Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre. Berlin u. a.: Springer 1986.
- [Pfo-04] Pfohl, H.C.: Logistik-Systeme. Berlin u. a.: Springer 2004.
- [PiF-07] Pil, F.K.: Lean and reflective production: the dynamic nature of production models. In: International journal of production research (2007) 45, S. 3741-3761.
- [Pil-99] Piller, F.T.; Waringer, D.: Modularisierung in der Automobilindustrie - neue Formen und Prinzipien. München: Shaker 1999.
- [Pla-07a] Teilprojekt PlanLog des Forschungsverbundes ForLog:  
Projektgespräch mit Industriepartnern zur finalen Abstimmung des Vorgehens in der Bereitstellungsplanung. München, 15.05.2007.
- [Pla-07b] Teilprojekt PlanLog des Forschungsverbundes ForLog:  
Projektgespräch mit Industriepartnern zur finalen Abstimmung des Vorgehens in der Versorgungsplanung. München, 06.06.2007.
- [Plo-64] Plowman, E.G.: Elements of Business Logistics. Stanford: 1964.
- [Pou-00] Pouget, P.: Ganzheitliches Konzept für rekonfigurierbare Produktionssysteme auf Basis autonomer Produktionsmodule. Düsseldorf: VDI 2000.
- [Pro-03] Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource nutzen. Wiesbaden: Gabler 2003.
- [Rei-97] Reinhard, G.: Innovative Prozesse und Systeme - Der Weg zu Flexibilität und Wandlungsfähigkeit. In: Milberg, J.; Reinhard, G. (Hrsg.): Mit Schwung und Aufschwung, Münchner Kolloquium 1997. Landsberg/Lech: 1997.
- [Rei-99] Reinhard, G.; Dürrschmidt, S.; Hirschberg, A.; Selke, C.: Wandel - Bedrohung oder Chance. In: io management 68 (1999) Nr. 5, S.20-24.
- [Rei-03] Reinhard, G.: Mit der Digitalen Fabrik zur Virtuellen Produktion. In: Zäh, M.F. et. al. (Hrsg.): Münchner Kolloquium: Grenzen überwinden – Wachstum der neuen Art. München: Utz 2003.

- [Rei-06] Reinhart, G.; v. Bredow, M.: Methoden zur Gestaltung und Optimierung von Wertschöpfungsnetzen. In: wt Werkstattstechnik online 96 (2006) Nr. 7/8, S. 561-565.
- [ReN-06] Reithofer, N.: Nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit von Produktionsnetzwerken durch Innovation, Wandlungsfähigkeit und Wertschöpfungsgestaltung. In: Hausladen, I. (Hrsg.): Management am Puls der Zeit. München: TCW 2006, Band 2, S.831-850.
- [Rin-05] Rinza, T.: Interview zur Ermittlung aktueller Arbeitsfelder der Logistikplanung in der Automobilindustrie. München, 20.01.2005.
- [Rin-07] Rinza, T.; Boppert, J.: Logistik im Zeichen zunehmender Entropie. In: Günthner, W.A. (Hrsg.): Neue Wege in der Automobillogistik. Berlin u. a.: Springer 2007, S. 17-28.
- [ScG-03] Schuh, G.; Bergholz, M.; Gottschalk, S.: Fabrikkonzepte für kollaborative Produktion. In: wt Werkstattstechnik online 93 (2003) H.4, S. 300-304.
- [ScG-06] Schuh, G.; Gulden, A.; Gottschalk, S.; Kampker, A.: Komplexitätswissenschaft in der Fabrikplanung. In: wt Werkstattstechnik online 96 (2006) Nr. 4, S. 167-170.
- [Sch-07] Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb – Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Berlin u. a.: Springer 2007.
- [ScJ-95] Schwarze, J.: Systementwicklung. Berlin: NWB 1995.
- [ScM-07] Scheuchl, M.: Einflussfaktoren und Planungsmethodik für supra-adaptive Logistiksysteme. Dissertation, Technische Universität München. München: Herbert Utz 2007.
- [ScO-06] Schneider, M.; Otto, A.: Taktische Logistikplanung vor Start-of-Production (SOP). In: Logistikmanagement 8 (2006), S. 62.
- [ScR-98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsgemäßer Referenzmodellierung - Konstruktion und anpassungsorientierte Modelle. Wiesbaden: Gabler 1998.
- [ScS-07] Schedlbauer, M.; Scheuchl, M.: Einflussfaktoren auf die Logistikplanung im automobilen Netzwerk. In: Günthner, W.A. (Hrsg.): Neue Wege in der Automobillogistik - Die Vision der Supra-Adaptivität. Berlin u. a.: Springer 2007.
- [Sie-97] Sierke, B. R. A.: Logistikplanung. In: Bloech, J.; Ihde, G. B. (Hrsg.): Vahlens großes Logistiklexikon. München: 1997.
- [Sim-05] Simchi-Levi, D.; Chen, X.; Bramel, J.: The Logic of Logistics. New York: Springer 2005.
- [Sto-88] Stolz, N.W.: Materialbereitstellung in der Montage. Dissertation, RWTH Aachen. Aachen: 1988.

- [Str-05] Straube, F.; Dangelmaier, W.; Günthner, W.A.; Pfohl, H.-Chr.: Trends und Strategien in der Logistik - Ein Blick auf die Agenda des Logistik-Managements 2010. Bremen: 2005.
- [Str-06] Straube, F.: Die Bedeutung der Logistik in Wissenschaft und Wirtschaft. In: Hausladen, I. (Hrsg.): Management am Puls der Zeit. München: TCW 2006, Band 2, S.997-1014.
- [Tak-06] Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem, Just-in-Time für das ganze Unternehmen. Landsberg: Moderne Industrie 2006.
- [Tro-04] Trojan, J.; Spies, M.; Roland, W.-A.: Nachhaltiges Management der Ressource Wissen durch Wissensbewahrungsstrategien: Trendanalyse und praktisches Beispiel. In: Information Management & Consulting (19) 2004 H.2, S.40-47.
- [VDA-05] Verband der Automobilindustrie: Autojahresbericht 2005. Internet: <http://www.vda.de>, Abruf am 02.01.2008.
- [VDA-06] Verband der Automobilindustrie: Autojahresbericht 2006. Internet: <http://www.vda.de>. Abruf am 02.01.2008.
- [VDA-07] Verband der Automobilindustrie: Autojahresbericht 2007. Internet: <http://www.vda.de>. Abruf am 02.01.2008.
- [VDA4500] VDA 4500: 4500 - Kleinladungsträger (KLT)-System, 5. erweiterte Ausgabe, Januar 2006. Internet: <http://www.vda.de>, Abruf am 10.01.2008.
- [VDI2396] VDI 2396: Investitionsrechnungen bei Materialflussplanungen mit Hilfe statischer und dynamischer Rechenverfahren. Berlin: Beuth 1996.
- [VDI3649] VDI 3649: Anwendung der Verfügbarkeitsrechnung für Förder- und Lagersysteme. Berlin: Beuth 1992.
- [VDI3600] VDI 3600: Prozesse und Prozessorientierung in der Produktionslogistik am Beispiel der Automobilindustrie. Berlin: Beuth 2001.
- [VDI3639] VDI 3639: Materialbereitstellung für die Großserienfertigung – Entscheidungshilfen. Berlin: Beuth 1995.
- [VDI4400] VDI 4400: Logistikkennzahlen für die Produktion. Berlin: Beuth 2004
- [VDI4402] VDI 4402: Benchmarking. Berlin: Beuth 2000
- [VDI4490] VDI 4490: Operative Logistikkennzahlen von Wareneingang bis Versand. Berlin: Beuth 2007.
- [VDI4499] VDI 4499 Blatt 1 Entwurf: Digitale Fabrik – Grundlagen. Berlin: Beuth 2006.
- [Web-02] Weber, J.: Logistik- und Supply Chain Controlling. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 2002.
- [Wes-99] Westkämper, E.: Wandlungsfähigkeit von Unternehmen. In: wt Werkstattstechnik 89 (1999) H.4, S. 131-140.

- [Wes-03] Westkämper, E.: Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion. In: Marktchance Individualisierung. Berlin u. a.: Springer 2003, S.95-108.
- [Wes-04] Westkämper, E.; Pfeffer, M.; Dürr, M.: Partizipative Fabrikplanung mit skalierbarem Modell. In: wt Werkstattstechnik online 94 (2004) Nr. 3, S. 48-51.
- [Wes-06] Westkämper, E.: Wandlungsfähige Unternehmen im Spannungsfeld von Globalisierung und Regionalisierung. In: Hausladen, I. (Hrsg.): Management am Puls der Zeit. München: TCW 2006, Band 2, S.851-872.
- [Wie-00a] Wiendahl, H.P.: Partizipative Fabrikplanung: Methoden zur erfolgreichen Mitarbeiterbeteiligung. München: TCW 2000.
- [Wie-00b] Wiendahl, H.-P.; Worbs, J.: Mobilität von morgen – die Fabrik am Haken? In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 95 (2000) H.12, S. 584-587.
- [Wie-01] Wiendahl, H.-P.: Wandlungsfähige Fabriken – Eckpfeiler für den Standort Deutschland. In: wt Werkstattstechnik online 91(2001), H.11.
- [Wie-02a] Wiendahl, H.P.: Auf dem Weg zur „Digitalen Fabrik“. In: wt Werkstattstechnik online 92 (2002) Nr. 4, S. 121.
- [Wie-02b] Wiendahl, H.P.; Hernandez, R.: Fabrikplanung im Blickpunkt. In: wt Werkstattstechnik online 92 (2002) Nr. 4, S. 133-138.
- [Wil-97] Wildemann, H.: Logistik-Prozessmanagement. München: TCW 1997.
- [WiM-06] Wilke; M.: Wandelbare automatisierte Materialflusssysteme für dynamische Produktionsstrukturen. Dissertation, Technische Universität München. München: Utz 2006.
- [Win-97] Winz, G.; Quint, M.: Prozesskettenmanagement – Leitfaden für die Praxis. Dortmund: Praxiswissen 1997.
- [Wir-00] Wirth, S.; Enderlein, H.; Hildebrand, T.: Flexible, temporäre Fabrik – Arbeitsschritte auf dem Weg zu wandlungsfähigen Fabrikstrukturen. Karlsruhe: FZKA-PFT 203, 2000.
- [Wir-01] Wirth, S.; Baumann, A.: Wertschöpfung durch vernetzte Kompetenz – Schlanke Kompetenzkooperation. München: Huss 2001.
- [Wit-04] Witte, K.-W.; Bruch, N.; Bürkner, S; Friese, M.: Strategien und Werkzeuge zur Integration von Satellitenfabriken und Fabrikparks in mehrstufigen Produktionsnetzen. In: wt Werkstattstechnik online 94 (2004) Nr. 4, S. 161-165.
- [Wol-95] Wolters, H.: Modul- und Systembeschaffung in der Automobilindustrie: Gestaltung der Kooperation zwischen europäischen Hersteller- und Zuliefererunternehmen. Wiesbaden: 1995.

- [Wom-96] Womack, J.P.; Jones, D.T.: Lean Thinking. New York: Free Press 1996.
- [Woo-97] Woodruff, R. B.: Customer value: the next source for competitive advantage. In: J. Acad. Market. Sci. 25 (1997), S. 139-153.
- [Wor-01] Wortmann, D.: Traumfabriken – Von der Simulationstechnik zur Digitalen Fabrik. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 96 (2001) H.6, S. 342-344.
- [Wul-08] Wulz, J.: Menschintegrierte Simulation in der Logistik mit Hilfe der Virtuellen Realität. Dissertation, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2008.
- [Zäh-03] Zäh, M. F.; Lindemann, U.; Müller, S.; Stricker, H.: Integrierte Montagesystemplanung. In: wt Werkstattstechnik online 93 (2003) Nr. 9, S. 580-585.
- [Zäh-04] Zäh, M.F.; Müller, S.: Referenzmodelle für die Virtuelle Produktion. In: Industrie Management 20 (2004) Nr. 1, S. 52-55.

# 10 Anhang

## Nomenklatur der Unified Modeling Language

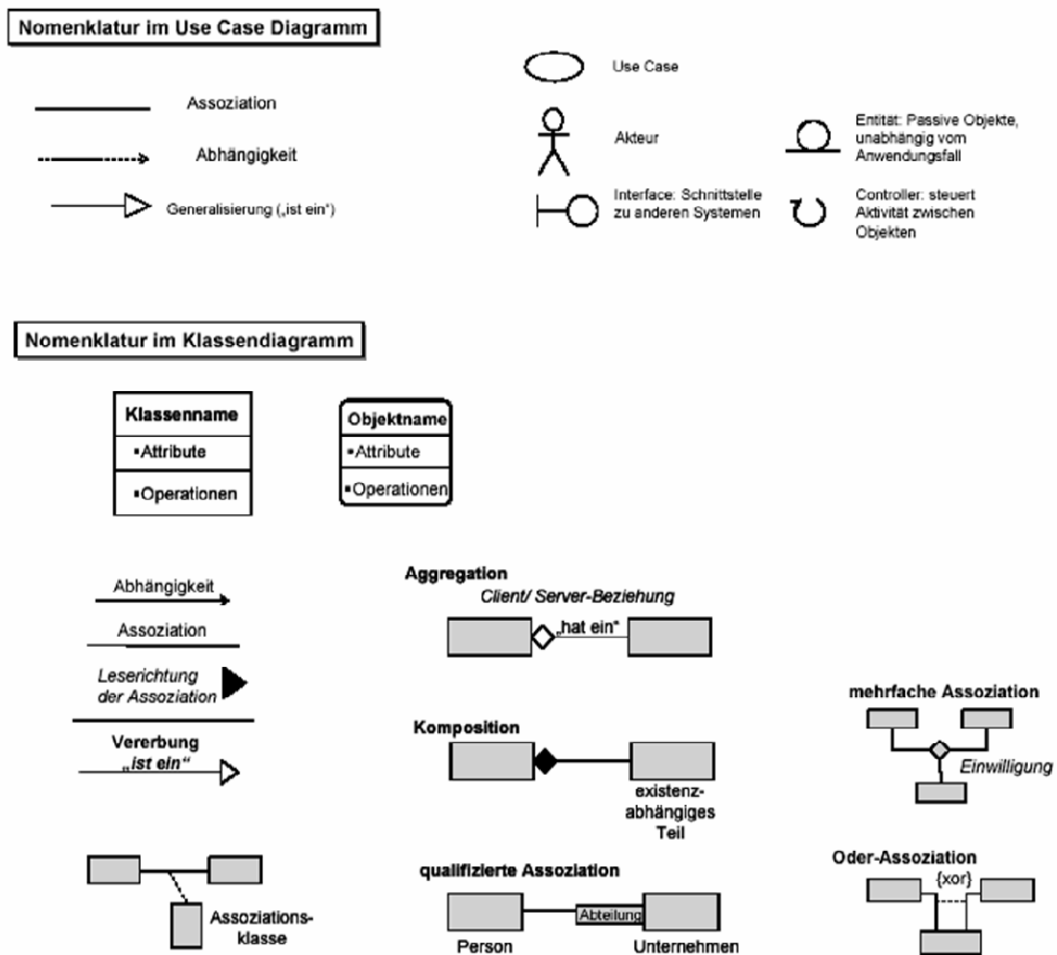


Abbildung 10-1: Nomenklatur der UML

