

Lehrstuhl für Montagesystemtechnik und Betriebswissenschaften
der Technischen Universität München

Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme

Alexander Krüger

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. M. Zäh

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Spath
Universität Stuttgart

Die Dissertation wurde am 20.10.2003 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 14.01.2004 angenommen.

Forschungsberichte

iwb

Band 186

Alexander Krüger

***Planung und Kapazitäts-
abstimmung stückzahlflexibler
Montagesysteme***

herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh

Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart

Herbert Utz Verlag

UTZ

Forschungsberichte iwb

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

herausgegeben von

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

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

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

Zugleich: Dissertation, München, Techn. Univ., 2004

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

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2004

ISBN 3-8316-0371-5

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München

Tel.: 089/277791-00 · Fax: 089/277791-01

Geleitwort der Herausgeber

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung, denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des iwb ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren sowie von Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozess spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Entwicklung von Produktionssystemen über deren Planung bis hin zu den eingesetzten Technologien in den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb* Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

Gunther Reinhart

Michael Zäh

Vorwort

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

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, dem damaligen Leiter dieses Instituts, gilt mein besonderer Dank für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, dem Leiter der Fraunhofer-Institute für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) sowie Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart, möchte ich mich für die Übernahme des Korreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken.

Darüber hinaus bedanke ich mich ganz herzlich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des *iwb* sowie allen Studenten, die durch zahlreiche Diskussionen und Anregungen zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt jedoch meinen Eltern, die mir durch ihre Unterstützung und Förderung meinen beruflichen Werdegang ermöglicht haben. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.

München, Januar 2004

Alexander Krüger

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Stückzahlflexible Montage	1
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Vorgehensweise	4
2	Einfluss des Absatzverhaltens auf die Montage	6
2.1	Kapazität, Kapazitätsabstimmung und -planung	6
2.1.1	Definition des Begriffs Kapazität	6
2.1.2	Charakterisierung Kapazitätsabstimmung	7
2.1.3	Definition des Begriffs Kapazitätsplanung	9
2.2	Montage und Montagesysteme	10
2.2.1	Definition des Begriffs Montage	10
2.2.2	Definition des Begriffs Montagesystem	11
2.2.3	Hierarchisierung von Montagesystemen	12
2.3	Flexibilität und Stückzahlflexibilität	13
2.3.1	Abgrenzung des Begriffs Flexibilität	13
2.3.2	Charakterisierung Stückzahlflexibilität	16
2.4	Absatzverhalten von Produkten	17
2.4.1	Klassifizierung von Produkten	17
2.4.2	Systematisierung von Absatzverläufen	18
2.4.2.1	Absatzänderungen und -schwankungen	18
2.4.2.2	Grundformen von Absatzverläufen	19
2.4.2.3	Zeitreihenzerlegung von Absatzverläufen	20

2.4.3	Langfristiger Absatzverlauf – Produktlebenszyklus.....	22
2.4.3.1	Beschreibungsmerkmale von Lebenszykluskurven.....	22
2.4.3.2	Klassischer Produktlebenszyklusverlauf.....	23
2.4.3.3	Reale, nicht klassische Produktlebenszyklusverläufe	25
2.4.3.4	Einflussfaktoren auf den Lebenszyklusverlauf.....	27
2.4.4	Mittel- und kurzfristige Absatzverläufe	29
2.4.4.1	Schwankungen von Absatzverläufen.....	29
2.4.4.2	Änderung von Absatzverläufen.....	31
2.4.5	Prognose des Absatzbedarfs	31
2.5	Ableitung von Handlungsfeldern.....	32
3	Stand der Forschung und Technik.....	34
3.1	Kapazitätsabstimmung der Montage	34
3.1.1	Prinzipien der Kapazitätsabstimmung.....	34
3.1.2	Theoretische Ansätze zur Kapazitätsanpassung	36
3.1.3	Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung der Montage	38
3.1.3.1	Prinzipielle, praxisorientierte Maßnahmen	38
3.1.3.2	Praxisbeispiele zur Kapazitätsanpassung	42
3.1.4	Abstimmungsverfahren von Produktion und Absatz.....	45
3.2	Planung von Montagesystemen	48
3.2.1	Allgemeine Planungsvorgehensweisen	48
3.2.2	Planungsvorgehensweisen für Montagesysteme	50
3.2.3	Planung stückzahlflexibler Montagesysteme	53
3.3	Zusammenfassung bestehender Defizite.....	56
3.3.1	Defizite im Bereich Kapazitätsabstimmung der Montage.....	56

3.3.2	Defizite im Bereich Planung stückzahlflexibler Montagesysteme	57
3.4	Anforderungen an stückzahlflexible Montagesysteme	57
3.4.1	Anforderungen an die Kapazitätsabstimmung der Montage.....	58
3.4.2	Anforderungen an die Planung stückzahlflexibler Montagesysteme	58
4	Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen	59
4.1	Kriterien zur Charakterisierung der Strategiebausteine	59
4.1.1	Kriterien zur Bewertung der prinzipiellen Funktionsweise	60
4.1.2	Kriterien zur Bewertung der Einsatzzeichnung für spezifische Absatzveränderungen.....	62
4.1.3	Kriterien zur Bewertung des Umsetzungsaufwands	63
4.2	Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung.....	64
4.2.1	Definition der Strategiebausteine.....	64
4.2.2	Bewertung der organisatorischen Strategiebausteine.....	67
4.2.2.1	OS1A/B/C: Flexible Arbeitszeitgestaltung.....	67
4.2.2.2	OS2: Zeitweise Stilllegung der Montageanlage.....	72
4.2.2.3	OS3: Lagerhaltung	73
4.2.2.4	OS4: Typen- und variantenflexible Montage	75
4.2.2.5	OS5: Out-/Insourcing der Montage	76
4.2.3	Bewertung der technischen Strategiebausteine.....	77
4.2.3.1	TS1A/B: Überkapazität an Arbeitsplätzen/Betriebsmitteln.....	77
4.2.3.2	TS2: Stufenweiser Aus-/Rückbau der Anlage	79
4.2.3.3	TS3: Engpassorientierung.....	80
4.2.3.4	TS4: Aus-/Eingliederung von Montageinhalten	81
4.2.3.5	TS5A/B: Einsatz paralleler Montagesysteme	82

4.2.3.6	TS6: Veränderung des Automatisierungsgrads	85
4.2.4	Bewertung der personellen Strategiebausteine	86
4.2.4.1	PS1: Veränderung der Mitarbeiteranzahl	86
4.2.4.2	PS2: Einsatz von Springerpersonal	87
4.3	Zusammenfassung	89
5	Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme	90
5.1	Beschreibung des Gesamtkonzepts der Planungsmethode	90
5.2	Phase 1: Planungsvorbereitung	94
5.3	Phase 2: Flexibilitätsplanung	106
5.4	Phase 3: Grobplanung	111
5.5	Phase 4: Feinplanung	122
5.6	Phase 5: Systemrealisierung und -einführung	123
5.7	Phase 6: Systembetrieb und -abstimmung	123
5.8	Zusammenfassung	129
6	Anwendungsbeispiel	131
6.1	Phase 1: Planungsvorbereitung	131
6.2	Phase 2: Flexibilitätsplanung	136
6.3	Phase 3: Grobplanung	140
6.4	Phase 4 und 5: Feinplanung, Realisierung und Einführung	144
6.5	Phase 6: Systembetrieb und -abstimmung	144
6.6	Zusammenfassung	145
7	Bewertung des Konzepts stückzahlflexibler Montagesysteme	146
7.1	Bewertung der Qualität der Planung	147
7.2	Bewertung der Kosten bei der Planung und Abstimmung	148

7.3	Bewertung des Zeitaspekts bei der Planung und Abstimmung.....	149
8	Zusammenfassung und Ausblick	151
8.1	Zusammenfassung.....	151
8.2	Ausblick	154
9	Literaturverzeichnis	156
10	Abbildungsverzeichnis	167
Anhang	170
A1	Charakteristika der Gewinn- und Preisentwicklung in den Produktlebenszyklusphasen	170
A2	Bewertungsmatrix der Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung	172
A3	Beschreibung der Wirkungsweise der Strategiebausteine.....	174
A4	Detaillierte Beschreibung einzelner Planungsaufgaben	181
A5	Zusätzliche Informationen zum Anwendungsbeispiel	188

1 Einleitung

Die Unstetigkeit und Unkalkulierbarkeit des Verhaltens von Kunden, Zulieferern und Wettbewerbern stellt eine große Herausforderung für die Unternehmen dar. Sie sind gezwungen, sich auf häufige und schnelle Veränderungen einzustellen, die durch den wechselhaften globalen Markt induziert werden [UHLMANN & SCHRÖDER 1998, S. 180]. Die Einflussfaktoren können dabei unterschiedlichster Art und Ausprägung sein. *Globale externe Größen* wie generelle technische, makroökonomische, ökologische Entwicklungen, politische Entscheidungen, aber auch kulturelle Einflüsse üben einen langfristigen und nachhaltigen Einfluss auf Unternehmen aus. Die unmittelbaren *unternehmensexternen Einflussfaktoren* Absatzmärkte, Wettbewerber oder Ressourcen treten kurzfristiger auf und sind maßgeblich für die in den Unternehmen entstehende *Turbulenz* verantwortlich. Diese ist gekennzeichnet zum einen durch eine hohe Komplexität (Anzahl, Verschiedenheit und Kombination externer Einflussfaktoren) und zum anderen durch eine hohe Dynamik (Änderung der Einflussfaktoren bzgl. Intensität und Eintrittszeitpunkt) [CHAKRAVARTHY 1997, S. 70; REINHART U. A. 1999C; SCHREYÖGG 1998, S. 313; WESTKÄMPER U. A. 2000, S. 204]. Zur Beherrschung der Turbulenz schlagen REINHART U. A. [1999C] vor, die *Wandlungsfähigkeit im Unternehmen* durch Erhöhung der *Flexibilität* und Verbesserung der *Reaktionsfähigkeit* zu steigern [DÜRRSCHMIDT 2001, S. 10FF.; REINHART 2000, S. 25; REINHART U. A. 1999D].

1.1 Stückzahlflexible Montage

Gerade die Montage als letzte Stufe im Produktionsablauf muss an veränderte Anforderungen schnell und flexibel anpassbar sein. Dabei drängt sich die Frage auf, wie die sich immer schneller verändernden Anforderungen dort beherrscht werden können. Sind die bislang eingesetzten Konzepte der Montage noch geeignet, um im globalen Markt bestehen zu können? Für die *Montage der Zukunft* ist eine schnelle Entwicklung und Umsetzung neuer Ansätze zur Bewältigung der täglich neu auftretenden Anforderungen besonders wichtig. Dies beinhaltet die frühzeitige Auseinandersetzung mit der Problematik der Variantenvielfalt sowie der schwer prognostizierbaren Absatzentwicklung eines Produkts und der daraus resultierenden notwendigen Kapazitätsveränderung der Montage zur *Anpassung an den Absatzbedarf*.

Der Absatz eines Produkts wird von Faktoren wie Kunden, Branche, Wettbewerber, Konjunktur etc. derart beeinflusst, dass sich der Absatzverlauf für jedes Produkt unterschiedlich entwickelt und letztendlich eine individuelle Ausprägung aufweist. Der Absatzverlauf ist oft nur mit einer Unschärfe in Form von Verlaufsszenarien und oftmals auch gar nicht prognostizierbar [GAUSEMEIER U. A. 1996; GRAF 1999]. Eine rechtzeitige und bedarfsgerechte Veränderung der Montagekapazität für derart unterschiedliche und oft nicht vorhersehbare Absatzentwicklungen stellt eine große Herausforderung für Unternehmen dar. So verursacht beispielsweise

ein über mehrere Jahre ansteigender Absatz des Produkts Probleme bei der wirtschaftlichen Auslastung der Montageanlage und bedeutet zudem ein hohes Investitionsrisiko, wenn die gesamte Anlagenkapazität von Beginn an installiert wurde [REINHART & DÜRRSCHMIDT 1998]. Probleme bei der Kapazitätsanpassung werden aber auch durch saisonale Absatzschwankungen erzeugt. Sie erfordern für einen kurzen, wiederkehrenden Zeitraum hohe Kapazitätsveränderungen, die mit hoher Reaktionsgeschwindigkeit erfolgen müssen [REINHART U. A. 1998].

Eine absatzgerechte, mit dem *Nachfrageverlauf synchronisierte Montage* verlangt die Abstimmung der Kapazität mit dem aktuellen und zukünftigen Absatzbedarf. Denn eine aus Vor-sicht unterdimensionierte Montagekapazität führt zu einem ständigen, langfristigen Gewinn-entgang. Eine Überdimensionierung der Kapazität verursacht Lagerkosten insbesondere für Produkte mit einem hohen Wertschöpfungsanteil [SAUER 1987, S. 16] oder bewirkt in Zeiten der Unterauslastung eine überhöhte Fixkostenbelastung und steigert das Verlustrisiko. Der bestehende Zwang zur dauerhaften Auslastung der Betriebsmittel zur Erzielung der Kostende-ressionseffekte führt jedoch unter anderem zur Inflexibilität und zunehmenden Sensibilität der Anlage gegenüber Absatzveränderungen [RITTER 1988, S. 84]. In diesem Kontext stellen LOTTER U. A. [1998, S. 115FF.] fest, dass die Montageplanung derzeit zu wenig auf Absatzver-änderungen während des Produktlebenszyklus eingeht und die technische Gestaltung der Montageanlage für eine derartige Kapazitätsveränderung ebenfalls zu unflexibel ist. *Zukünftige Montagesysteme müssen stückzahlflexibel sein.* Ziel muss es dabei sein, Montagesysteme zu installieren, die bezüglich ihrer kapazitiven Auslastung flexibel eingesetzt werden können. Dazu ist die Kapazitätsflexibilität von Anfang an bei der Anlagenplanung zu berücksichtigen.

Das *Ziel einer stückzahlflexiblen Montage* ist somit die reaktive oder proaktive Fähigkeit zur bedarfsgerechten, reaktionsschnellen und wirtschaftlichen Anpassung ihrer Kapazität an den aktuellen und zukünftigen Absatzbedarf. Doch was sind die wesentlichen Einzelziele, die mit einer stückzahlflexiblen Montage verfolgt werden? Das Hauptziel ist die Realisierung einer bedarfsgerechten Produktion (Bild 1-1). Dabei wird nur das montiert, was der Kunde benötigt. Dies hat zur Folge, dass ein sich ständig veränderter Produktmix zu bewältigen ist und dabei eine sich kontinuierlich verändernde Kapazitätsauslastung auftritt. Durch eine adäquate An- passung der Montagesysteme sowohl an unterschiedliche Arten von Absatzänderungen als auch an unterschiedliche Zeithorizonte soll eine konstant maximale Auslastung der Montage- systeme erreicht werden. Ist es möglich, eine umfassende Anpassung an Stückzahländerungen zu erreichen, so können Über- oder Unterkapazitäten vermieden werden. Dazu müssen die zukünftigen Montagesysteme ohne Zeitverzug mit hoher Reaktionsgeschwindigkeit bedarfs- orientiert und wirtschaftlich auf den optimalen Betriebspunkt eingestellt werden können. Er- reicht werden kann diese Reaktionsgeschwindigkeit aber nur, wenn die Kapazitätsflexibilität von Anfang an bei der Planung des Montagesystems berücksichtigt wird.

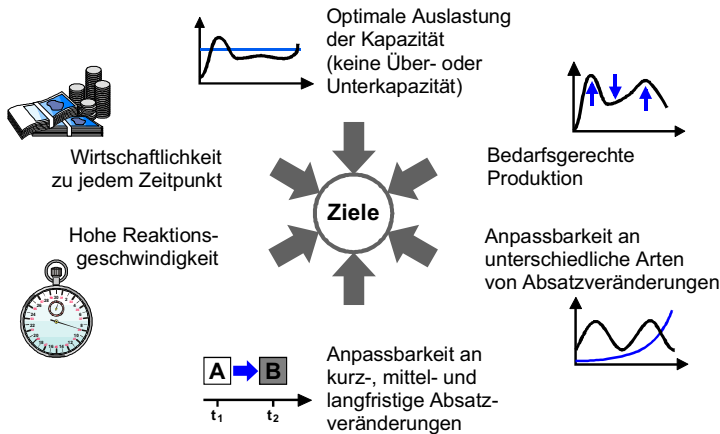


Bild 1-1: Ziele einer stückzahlflexiblen Montage

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Befähigung eines Unternehmens zur bedarfsorientierten, wirtschaftlichen Veränderung der Montagekapazität zur Anpassung an den Absatzbedarf. Dadurch sollen Unter- oder Überkapazitäten vermieden, eine wirtschaftliche Montage ermöglicht sowie eine Steigerung der Kunden- bzw. Marktorientierung der Montage erzielt werden, um letztendlich den Unternehmenserfolg zu sichern. Erreicht werden soll dieses Ziel durch die Bereitstellung von *Strategien und Methoden*, mit denen *stückzahlflexible Montagesysteme* gestaltet werden können, um damit jederzeit eine situationsgerechte Kapazitätsanpassung zu ermöglichen. Basierend auf diesem Gesamtziel lassen sich folgende Teilziele dieser Arbeit ableiten:

- Bereitstellung von Know-how zur Kapazitätsveränderung von Montagesystemen
- Verbesserung des Wissens zur Gestaltung stückzahlflexibler Montagesysteme
 - Vertiefung des Wissens über die notwendige Kapazitätsflexibilität der Montage
 - Verbesserung der Planungssicherheit und -ergebnisse bei der Entwicklung angepasster stückzahlflexibler Montagestrategien und -konzepte
 - Situationsgerechte, rechtzeitige Veränderung der Montagekapazität im Betrieb

Voraussetzung für eine effektive und effiziente Abstimmung der Montagekapazität ist das Know-how über unterschiedliche Möglichkeiten zur Veränderung dieser Kapazität. Dazu ist ein Pool aus *Strategiebausteinen* erforderlich, der aufzeigt, auf welche unterschiedliche Weise und mit welcher Ausprägung sich die kapazitätsbestimmenden Faktoren eines Montage-

systems verändern lassen. Zusätzlich müssen die Strategiebausteine aber auch bezüglich ihrer Verwendbarkeit für unterschiedliche Einsatzfälle bewertet sein, um abhängig von der Ausprägung der Absatzverlaufsänderung geeignete Strategiebausteine auswählen zu können.

Um mit Hilfe der Strategiebausteine eine Kapazitätsveränderung der Montage zu erreichen, ist eine spezielle *Planungsvorgehensweise für stückzahlflexible Montagesysteme* erforderlich. Diese soll zum einen die Anforderungen an die Kapazitätsflexibilität der Montageanlage berücksichtigen, die aus dem lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhalten des Produkts resultieren sowie der Berücksichtigung der Prognoseunsicherheit. Zum anderen muss die Planungsmethode einen gezielten Einsatz der Strategiebausteine ermöglichen, um damit unterschiedliche Lösungen für stückzahlflexible Montagestrategien und -konzepte konzipieren und bewerten zu können. Dadurch sollen während des Betriebs der Montage bei Absatzveränderungen die geeignetsten Kapazitätsanpassungsstrategien unter den Aspekten Wirtschaftlichkeit und Reaktionsgeschwindigkeit ausgewählt und umgesetzt werden können. Der Einsatzbereich der Planungsmethode soll Neu- und Umplanungen umfassen und allgemein für Montagesysteme, ohne speziellen Fokus, geeignet sein.

1.3 Vorgehensweise

Aufbauend auf der in *Kapitel 1* dargestellten Zielsetzung der Arbeit werden in *Kapitel 2* (Bild 1-2) zu Beginn die für diese Arbeit wesentlichen Begrifflichkeiten Kapazität, Montage und Flexibilität diskutiert und definiert. Anschließend wird das Absatzverhalten von Produkten betrachtet. Dazu werden nach einer Systematisierung von Absatzverläufen Produktlebenszyklusverläufe sowie mittel- und kurzfristige Absatzverläufe analysiert und diskutiert. Abgeschlossen wird das Kapitel mit der Ableitung von Handlungsfeldern in Bezug auf die Berücksichtigung von Absatzverläufen bei der Planung stückzahlflexibler Montagesysteme.

In *Kapitel 3* wird auf bekannte Lösungsansätze aus Forschung und Technik zum Thema stückzahlflexible Montage eingegangen. Dazu werden bestehende Ansätze zu den Handlungsfeldern Maßnahmen zur Kapazitätsabstimmung der Montage und Planung von Montagesystemen im Allgemeinen sowie in Bezug auf Stückzahlflexibilität analysiert. Abschließend werden die wesentlichen Defizite dieser Ansätze zusammengefasst und die Anforderungen an die Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme definiert.

Kapitel 4 beschreibt die definierten Strategiebausteine zur Kapazitätsveränderung der Montage. Dazu werden zuerst verschiedene Kriterien entwickelt und definiert, mit denen die Funktionsweise, die Einsatzzeichnung und der Umsetzungsaufwand eines Strategiebausteins zur Kapazitätsveränderung charakterisiert werden kann. Anschließend werden organisatorische, technische und personelle Strategiebausteine zur Veränderung der Kapazität eines Montagesystems zusammengestellt und mittels der entwickelten Kriterien charakterisiert und bewertet.

In *Kapitel 5* wird eine Vorgehensweise zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme entwickelt. Dabei werden die einzelnen Planungsschritte und die eingesetzten Methoden detailliert beschrieben. Im Mittelpunkt steht zum einen die Analyse des prognostizierten Absatzverlaufs des Produkts sowie der Prognoseunsicherheit zur Ableitung von Anforderungen an die Kapazitätsflexibilität der Montage. Zum anderen liegt der Fokus auf der Auswahl geeigneter Strategiebausteine zur Kapazitätsveränderung sowie der Entwicklung alternativer Konzepte zur Kapazitätsabstimmung der Montageanlage. Abschließend wird aufgezeigt, wie im Betrieb, bei Abweichungen von Kapazitätsangebot und -bedarf, die Montagekapazität durch geeignete Reaktionen abgestimmt werden kann.

In *Kapitel 6* erfolgt die Evaluierung der Anwendbarkeit des entwickelten Strategiebaustein-katalogs sowie der Vorgehensweise zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme anhand eines Praxisbeispiels (Montageanlage für ein Pkw-Schiebedach).

In *Kapitel 7* werden Nutzen und Aufwand des entwickelten Konzepts für stückzahlflexible Montagesysteme dargestellt und anhand der Kriterien Qualitätsverbesserung, Kostenreduzierung und Durchlaufzeit- bzw. Reaktionszeitverkürzung in Bezug auf Planung und Kapazitätsabstimmung bewertet. Den Abschluss der Arbeit bildet *Kapitel 8* mit einer Zusammenfassung der Inhalte sowie einem Ausblick auf weiterführende Forschungsthemen.

Kapitel 1: Einleitung	
Einleitung, Aufgabenstellung, Zielsetzung und Vorgehensweise	
Kapitel 2: Absatz und Montage	Kapitel 3: Stand der Technik
<ul style="list-style-type: none"> • Charakterisierung der Begriffe Kapazität, Montage und Flexibilität • Absatzverhalten von Produkten 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapazitätsabstimmung der Montage • Planung von Montagesystemen
Kapitel 4: Strategien zur Kapazitätsabstimmung der Montage	
Beschreibung und Bewertung organisatorischer, technischer und personeller Strategiebausteine zur Abstimmung der Montagekapazität mit dem Absatzbedarf	
Kapitel 5: Methode zur Planung und Abstimmung der Montage	
Methode zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme und Abstimmung der Kapazität mit dem Absatzverhalten des Produkts	
Kapitel 6: Anwendungsbeispiel	Kapitel 7: Bewertung
Evaluierung des Konzepts an einem Anwendungsbeispiel aus der Praxis	Allgemeine Bewertung des Nutzens und Aufwands des Konzepts
Kapitel 8: Zusammenfassung und Ausblick	
Zusammenfassung der Inhalte der Arbeit und Ausblick auf weitere Entwicklungen	

Bild 1-2: Überblick über die Struktur und Inhalte der Arbeit

2 Einfluss des Absatzverhaltens auf die Montage

In Kapitel 2 werden die Grundlagen der Arbeit erläutert. Dazu werden im ersten Schritt die Begriffe Kapazität, Kapazitätsabstimmung und Kapazitätsplanung sowie Montage und Montagesysteme diskutiert und definiert. Anschließend erfolgt eine Charakterisierung der Begrifflichkeiten Flexibilität und Stückzahlflexibilität von Montagesystemen. Im zweiten Schritt wird das Absatzverhalten von Produkten betrachtet. Aufbauend auf einer Systematisierung von Absatzverläufen werden langfristige Produktlebenszyklusverläufe sowie mittel- und kurzfristige Absatzverläufe und deren Auswirkungen auf die Montagekapazität analysiert und diskutiert. Abgeschlossen wird das Kapitel mit der Ableitung von Handlungsfeldern zur Gestaltung stückzahlflexibler Montagesysteme.

2.1 Kapazität, Kapazitätsabstimmung und -planung

2.1.1 Definition des Begriffs Kapazität

Die Systemelemente Mensch und Betriebsmittel werden nach REFA [1991, S. 180FF.] als *Kapazität eines Arbeitssystems* bezeichnet, die der Durchführung bestimmter Aufgaben dienen und qualitativ und quantitativ beschrieben werden. Die *qualitative Kapazität eines Menschen* ist durch sein Leistungsangebot (Anlagen, Ausbildung, Erfahrungen oder innere Antriebe) gegeben und die *qualitative Kapazität eines Betriebsmittels* durch dessen Leistungsvermögen (Eigenschaften in Bezug auf Geometrie, physikalisches Leistungsvermögen, Ausstattung, ergonomische Gestaltung) und somit deren Einsatzmöglichkeiten. Die *quantitative Kapazität eines Arbeitssystems* wird bestimmt durch die Anzahl von Menschen und Betriebsmitteln sowie den Zeitpunkt und die Dauer des Einsatzes. Beide Formen der Kapazität, quantitative und qualitative, können zur Beschreibung von *Kapazitätsbedarf* (Soll-Kapazität) und *Kapazitätsbestand* oder *-angebot* (Ist-Kapazität) von Arbeitssystemen herangezogen werden [BULLINGER 1995, S. 103F.; BULLINGER 1986, S. 126; REFA 1985, S. 282FF.; DITTMAYER 1981, S. 37FF.; BICK 1991, S. 6FF.]. Da für diese Arbeit nur die quantitative Kapazität eines Arbeitssystems von Bedeutung ist, wird in den folgenden Kapiteln die qualitative Kapazität nicht mehr explizit betrachtet.

Der Kapazitätsbedarf wird bestimmt durch die Nachfrage an Produkten am Markt nach Anzahl und Art und wird nach REFA [1991, S. 182] definiert als die qualitative und quantitative Kapazität, die zur Durchführung der Arbeitsaufgabe erforderlich ist. Der *Kapazitätsbedarf C* innerhalb einer bestimmten Periode (z. B. Tag, Monat oder Jahr) resultiert aus der Häufigkeit und der Dauer der Durchführung der Arbeitsaufgabe und berechnet sich durch Multiplikation

der zu montierenden Menge N an Produkten innerhalb des Zeitabschnitts mit der für die Montage eines gesamten Produkts erforderlichen Zeit t_s (Stückzeit):

$$\text{Kapazitätsbedarf } C = N * t_s \quad (2.1)$$

Zur Deckung des Kapazitätsbedarfs C ist ein ausreichendes *Kapazitätsangebot* c erforderlich. REFA [1991, S. 182] beschreibt Kapazitätsangebot als die qualitative und quantitative Kapazität eines Arbeitssystems, die zur Durchführung der Arbeitsaufgabe zur Verfügung steht. Das Kapazitätsangebot c eines Menschen oder Betriebsmittels bzw. eines ganzen Arbeitssystems innerhalb einer bestimmten Periode ergibt sich aus der Multiplikation der Arbeitszeit des Menschen t_A (Anwesenheitszeit abzüglich Pausen) bzw. der Nutzungsdauer des Betriebsmittels mit dem Leistungsgrad LG von Mensch oder Betriebsmittel und mit dem Systemnutzungsgrad S_N (Nutzungsgrad des Arbeitsplatzes bzw. Verfügbarkeit des automatischen Betriebsmittels):

$$\text{Kapazitätsangebot } c = t_A * LG * S_N \quad (2.2)$$

Ist der Kapazitätsbedarf C größer als das Kapazitätsangebot c eines Arbeitssystems innerhalb einer Periode, so muss er geteilt (Kapazitätsteilung), d. h. auf mehrere Arbeitssysteme verteilt werden [DITTMAYER 1981, S. 47FF.]. Die *Anzahl an Arbeitssystemen oder Arbeitsstationen* bzw. Betriebsmitteln m in einem System ergibt sich durch Division von Kapazitätsbedarf C und Kapazitätsangebot c :

$$\text{Anzahl Arbeitssysteme bzw. -stationen } m = C / c \quad (2.3)$$

Die effektive Inanspruchnahme der Kapazität im Zeitabschnitt wird als *Kapazitätsausnutzung* bzw. *-grad* bezeichnet, das Verhältnis aus Kapazitätsbedarf und -angebot als *Kapazitätsauslastungsgrad* [REFA 1991, S. 184]. Sind Kapazitätsbedarf und -angebot gleich groß, so wird dies als *Kapazitätsdeckung* bezeichnet. Ist das Kapazitätsangebot größer, so handelt es sich um eine Überdeckung und es liegt eine *Überkapazität* vor. Im entgegengesetzten Fall handelt es sich um eine Unterdeckung und es besteht *Unterkapazität* (Kapazitätsmangel).

2.1.2 Charakterisierung Kapazitätsabstimmung

Aufgabe der *Kapazitätsabstimmung* ist es, Kapazitätsbedarf und Kapazitätsangebot zum einen lang- und mittelfristig und zum anderen kurzfristig in quantitativer und qualitativer Hinsicht zu vergleichen und abzustimmen. Die Kapazitätsabstimmung (Bild 2-1) erfolgt durch eine *Kapazitäts-* bzw. *Belastungsanpassung* oder einen *Kapazitätsabgleich* [BULLINGER 1986, S. 38; WIENDAHL 1997, S. 322FF.; REFA 1991, S. 32FF., S. 309FF. und 392FF.]. Von besonde-

2 Einfluss des Absatzverhaltens auf die Montage

rer Bedeutung für diese Arbeit sind vor allem die Aspekte der Anpassung der Kapazität bzw. der Belastung. Daneben werden aber auch die Aspekte des Kapazitätsabgleichs betrachtet.

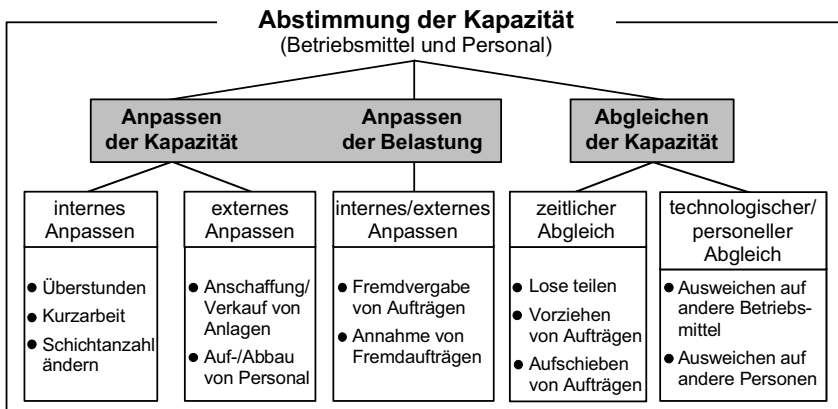


Bild 2-1: Abstimmung von Personal- und Betriebsmittelkapazität nach REFA [1991, S. 393] und WIENDAHL [1997, S. 323]

Bei der *Kapazitätsanpassung* wird von einer konstanten Arbeitsbelastung ausgegangen und es wird dazu das Kapazitätsangebot des Arbeitssystems verändert und an den terminierten Bedarf angepasst. Die Kapazitätsanpassung erfolgt vor allem im lang- und mittelfristigen aber auch im kurzfristigen Zeithorizont. Die Veränderung der Kapazität kann durch eine interne oder externe Anpassung erfolgen. Eine weitere Form der Kapazitätsanpassung ist nach WIENDAHL [1997, S. 323] die Anpassung der Belastung, welche die Fremdvergabe von Aufträgen oder Annahme von Fremdaufträgen umfasst.

Beim *Kapazitätsabgleich* wird von einem konstanten Kapazitätsangebot des Arbeitssystems ausgegangen und es wird zum einen im Rahmen des zeitlichen Abgleichs die Belastung bzw. das zeitliche Belastungsprofil durch Verschieben der Belastung (einzelne Aufträge) in andere Zeitperioden verändert. Zum anderen erfolgen im Rahmen des technologischen und personenbezogenen Abgleichs Verlagerungen von Aufgaben auf andere Betriebsmittel oder Personen innerhalb eines Unternehmens. Der Kapazitätsabgleich erfolgt vorwiegend im kurz- bis mittelfristigen Zeithorizont.

2.1.3 Definition des Begriffs Kapazitätsplanung

Die langfristige ausgerichtete Planung und Bereitstellung der Montagekapazität wird bestimmt durch die Anforderungen des Markts und somit die Kapazitätsnachfrage in Bezug auf Produktart und -menge pro Periode. Grundlage der *Kapazitätsplanung* sind Erfahrungen über das Verhalten dieser Parameter aus der Vergangenheit sowie die Prognose über deren zukünftige Entwicklung. Eine statische Berechnung des Kapazitätsbedarfs mit Durchschnittswerten ist dabei nicht ausreichend, vielmehr muss das dynamische Verhalten der Einflussgrößen berücksichtigt und im Rahmen der Kapazitätsplanung des Produktionssystems mit einbezogen werden [SAUER 1987, S. 24].

Die *Aufgaben der Kapazitätsplanung und -steuerung* werden nach REFA [1991, S. 186FF.] als Kapazitätswirtschaft zusammengefasst. Diese umfasst alle Planungs- und Steuerungsaufgaben, die notwendig sind, um die zur Durchführung von Arbeitsaufgaben benötigten Kapazitäten (Personen und Betriebsmittel) in der erforderlichen Anzahl und Qualität am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen. Nach BULLINGER [1986, S. 39] sind die Ziele der Kapazitätsplanung eine termingerechte Durchführung von Aufträgen, eine gleichmäßige Kapazitätsauslastung, eine hohe Auslastung der Einsatzmittel sowie eine Vermeidung von unnötigen Kapazitätserhöhungen.

Die *Kapazitätsplanung* bezieht sich vorwiegend auf den lang- und mittelfristigen Zeithorizont, während die *Kapazitätssteuerung* eher für den kurzfristigen Zeithorizont erfolgt. Im Rahmen der Kapazitätsplanung werden die Maßnahmen festgelegt, deren Durchführung später mittels der Kapazitätssteuerung realisiert werden soll. Die Aufgaben der Kapazitätsplanung sind nach REFA [1991, S. 186FF.] die Planung von Kapazitätsbedarf und -bestand sowie die Abstimmung der Kapazität für Gegenwart und Zukunft, bei der versucht wird, eine optimale Kapazitätsauslastung zu erreichen [HOITSCH 1993, S. 96]. Bei der *mittel- und langfristigen Kapazitätsplanung* stehen die Planung sowie die Beschaffung, Erhaltung oder Freisetzung von Kapazitäten (Mensch und Betriebsmittel) im Vordergrund. Die *kurzfristige Kapazitätsplanung*, bei der die Kapazitäten meistens schon vorhanden sind, beinhaltet vorzugsweise die Planung und die Steuerung des Einsatzes der Kapazitäten zur optimalen Auslastung des Gesamtsystems. Die Aufgaben von Kapazitätsplanung und -steuerung sind sehr ähnlich und beinhalten eine Vielzahl an Ablaufschritten [REFA 1991, S. 198FF., S. 202FF.]. Detaillierte Informationen zum Thema Kapazität und deren Planung finden sich bei STÜTZLE [1987, S. 10FF., S. 52 FF.], WÖHE [1990, S. 404FF.], KILGER [1973], RITTER [1988, S. 7FF.], REFA [1991, S. 179FF.] und GUTENBERG [1983].

Abhängig von der Planungsart (Investitions-, Absatz-, Kapazitäts-, Produktionsplanung etc.) werden in der Literatur unterschiedliche Definitionen mit fließenden Grenzen für lang-, mittel- und kurzfristigen Zeithorizont verwendet [REFA 1991, S. 312, S. 376F.; REFA 1991A, S. 25FF.; REICHMANN 1968, S. 18F.; STÜTZLE 1987, S. 55FF.; WIENDAHL 1997, S. 53FF.].

So reichen beispielsweise die Zeitdefinitionen für langfristig von einem bis fünf oder auch drei bis zehn Jahre. Mittelfristige Zeitperioden umfassen einige Monate bis ein Jahr oder auch ein bis drei Jahre. Von besonderer Bedeutung für das entwickelte Konzept dieser Arbeit ist die explizite *Differenzierung des kurz-, mittel- und langfristigen Planungszeitraums*, der bei der Kapazitätsplanung und -steuerung des Montagesystems zu betrachten ist. Für die Art und Ausprägung der resultierenden Kapazitätsabstimmungen spielen die verschiedenen Planungshorizonte nämlich eine wichtige Rolle. Daher wird mit Ausnahme von Kapitel 3, im Stand der Technik, folgende Definition für den kurz-, mittel- und langfristigen Zeithorizont (Bild 2-2) in Anlehnung an REFA [1991, S. 18FF.] für diese Arbeit festgelegt:

Die *langfristige Planung* orientiert sich vorwiegend am Absatzprogramm und berücksichtigt vorwiegend die Gegebenheiten des Absatzmarkts und die Möglichkeiten des Vertriebsbereichs, diesen zu beliefern. Der *langfristige Zeithorizont* soll daher eine Periode größer einem Jahr beinhalten. Die *mittelfristige Planung* ist am Produktionsprogramm ausgerichtet, geht vom Absatzprogramm aus und berücksichtigt zusätzlich die Gegebenheiten der Beschaffungsmärkte und die Kapazität des Produktionsbereichs. Der *mittelfristige Zeithorizont* soll eine Periode von einem Monat bis zu einem Jahr umfassen. Die *kurzfristige Planung* orientiert sich am Fertigungsprogramm (Fertigungsaufträge), das vom Produktionsprogramm abgeleitet wird und berücksichtigt die Einzelkapazitäten in den Teilbereichen der Fertigung. Der *kurzfristige Zeithorizont* soll daher eine Periode von einem Tag bis zu einem Monat umfassen.

Fristigkeit:	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Zeithorizont:	1 Tag bis 1 Monat	1 Monat bis 1 Jahr	größer 1 Jahr

Bild 2-2: Charakterisierung des kurz-, mittel- und langfristigen Zeithorizonts

2.2 Montage und Montagesysteme

2.2.1 Definition des Begriffs Montage

Die Montage ist nach VDI-RICHTLINIE 2860 eine Teilfunktion des Fertigen. Als *Montage* wird nach DIN 8593 der Zusammenbau von Teilen und/oder Gruppen zu Erzeugnissen oder Gruppen höherer Erzeugnisebenen in der Fertigung bezeichnet. *Teile* sind dabei nach DIN 6789 Gegenstände, die nicht zerlegbar sind, und *Gruppen* in sich geschlossene, aus zwei oder mehr Teilen und/oder Gruppen niedrigerer Ordnung bestehende Gegenstände. Letztere werden im Folgenden als Baugruppen bezeichnet. REINHART & SCHNEIDER [1995, S. 1236FF.] definieren darüber hinaus als Aufgabe der Montage, aus Teilen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten

an unterschiedlichen Orten gefertigt wurden, ein Produkt höherer Komplexität mit vorgegebener Funktion in einer bestimmten Zeit zusammenzubauen. Der Begriff Montage umfasst somit die Gesamtheit aller zum Zusammenbau eines Produkts oder einer Baugruppe erforderlichen Tätigkeiten, die auch als Montageprozesse bezeichnet werden. Der Montageprozess ist damit ein unter bestimmten Gesetzmäßigkeiten ablaufender Vorgang von Montageaktivitäten und setzt sich aus Füge-, Handhabungs-, Kontroll- und Justierfunktionen zusammen.

2.2.2 Definition des Begriffs Montagesystem

Von besonderer Bedeutung für diese Arbeit zur Abgrenzung der Inhalte und Aufgaben bei der Montagesystemplanung ist die Einordnung des *Montagesystems* in das übergeordnete Produktionssystem sowie die Charakterisierung des Betrachtungsgegenstands Montagesystem. Systemtechnisch betrachtet lässt sich der Montagebereich eines Unternehmens mit seinen verschiedenen Montageabläufen als Teil eines Produktionssystems auffassen. Unter *Produktionssystemen* werden Arten von Produktionseinrichtungen oder Arbeitssysteme verstanden, bei denen mehrere sich ergänzende Einzelfunktionen, sowohl bei der Bearbeitung und Montage als auch im Material- und Informationsfluss, weitgehend selbstständig ablaufen und deren einzelne Komponenten informationstechnisch miteinander verknüpft sind [REFA 1990, S. 15]. So unterteilt auch WARNECKE [1975, S. 11] das Produktionssystem in verschiedene Teilsysteme, die teilweise miteinander durch Material- und Informationsflüsse verbunden sind (Bild 2-3). Das Gesamtmontagesystem als Teil des Produktionssystems ist über den Material- und Informationsfluss mit dem Teilefertigungs-, Materialbeschaffungs- und Vertriebssystem sowie der Fertigungssteuerung verbunden. Die Fertigungssteuerung übernimmt die Koordination der Auftragsabwicklung. Die Montage kann jedoch auch direkt in der Teilefertigung eigene Aufträge initiieren oder Material von dort abrufen.

Die *Funktion eines Montagesystems* ist die Erzielung des unmittelbaren Produktionsfortschritts durch den Zusammenbau der Produkte. Ein Montagesystem ist somit eine Produktionseinrichtung, die alle Aufgaben bei der Durchführung von Montageprozessen für ein festgelegtes Produktspektrum erfüllt. Systemtechnisch betrachtet sind die wesentlichen *Eingangsgrößen* eines Montagesystems Material (Einzelteile, Baugruppen etc.), Informationen (Aufträge, Montageanweisungen etc.) und Energie (elektrisch, pneumatisch etc.) [MIESE 1976]. Die *Ausgangsgrößen* sind gleichfalls Material (Baugruppen, Produkte, Ausschuss etc.), Informationen (Prüfdaten, Auftragsstatus etc.), Energie (Verlustwärme, Abluft etc.). Die *Elemente eines Montagesystems* sind das Montagepersonal sowie die Gesamtheit aller Montage-mittel, -hilfsmittel und -einrichtungen, die zur Realisierung eines Montageprozesses zusammenwirken [MIESE 1976]. SPUR & STÖFERLE [1986, S. 593] definieren die Elemente eines Montagesystems noch umfassender als eine Kombination von materiellen (Bauteile, -gruppen, Betriebsmittel), operativen (Montagepersonal und -prozesse) und dispositiven (Planung und Steuerung des Montageablaufs) Komponenten.

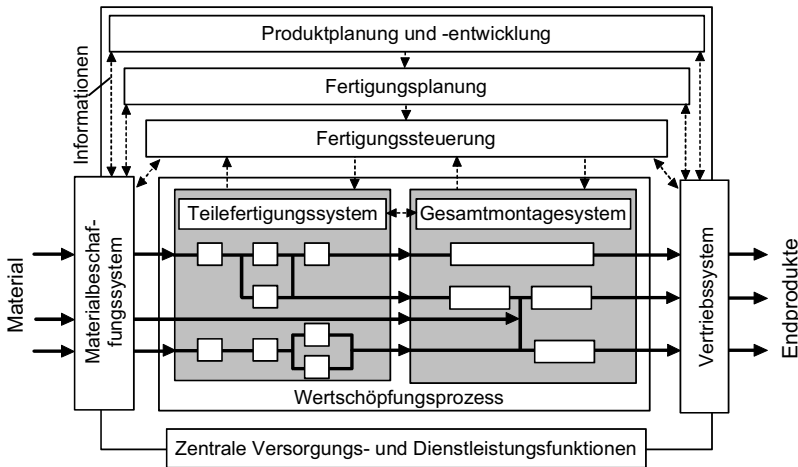


Bild 2-3: Montage als Teilsystem des Produktionssystems [WARNECKE 1975]

2.2.3 Hierarchisierung von Montagesystemen

Montagesysteme stellen in der Regel umfangreiche und komplexe Arbeitssysteme dar, die nur schwer als Ganzes geplant werden können. Im Rahmen dieser Arbeit ist es ebenfalls von Bedeutung, die Teilsysteme eines Montagesystems zu betrachten. Daher ist eine hierarchische Untergliederung des Montagesystems in kleinere, unabhängig voneinander planbare Subsysteme sinnvoll. In der Literatur finden sich unterschiedliche Formen und Ausprägungen zur Systematisierung von Arbeitssystemen, wobei überwiegend die *Systemsichtweise* und die *Anlagensichtweise* verwendet werden. Da beide Systematisierungsformen in dieser Arbeit verwendet werden, sollen sie zur Erzielung eines gemeinsamen Verständnisses separat erläutert und in Anlehnung an BICK [1991, S. 15f.] zueinander in Beziehung gesetzt werden (Bild 2-4).

Die *Systemsichtweise* von Arbeitssystemen bezieht sich auf ein gesamtes Montagesystem. In Anlehnung an METZGER [1977, S. 26ff.] und SAUER [1987, S. 20ff.] führt eine hierarchische Unterteilung des Gesamtmontagesystems zu einem oder mehreren einzelnen Montagesystemen, die sich durch das zu montierende Produktspektrum unterscheiden (Bild 2-4 links). In einer weiteren Unterteilung kann ein Montagesystem in mehrere Teilmontagesysteme aufgeteilt werden, die zeitlich parallel zueinander ablaufen und terminlich miteinander verknüpft sind. In den Teilmontagesystemen werden Baugruppen vormontiert, die anschließend in einem Endmontagebereich mit anderen Einzelteilen zum Endprodukt zusammengefügt werden. Jedes Teilmontagesystem besteht aus Montageabschnitten, die durch den Montageablauf

miteinander verknüpft sind. Die kleinste Einheit eines Montagesystems und Teil eines Montageabschnitts ist die Montagestation, in der Montageoperationen durchgeführt werden. Die Montagestation umfasst in der Regel einen oder mehrere Arbeitsplätze mit den notwendigen Betriebsmitteln. Somit kann ein Montagesystem einen oder mehrere Montagearbeitsplätze mit keiner, einer oder mehreren Personen umfassen.

SYSTEMSICHTWEISE		ANLAGENSICHTWEISE
Gesamtsystem Montage	↔	Alle Montageanlagen in der Montage
Montage- und Teilmontagesystem	↔	Montageanlage
Montageabschnitt	↔	Montagezelle
Montagestation	↔	Montagekomponenten (Funktionen)

Bild 2-4: Gegenüberstellung der Systematik Montagesystem und -anlage

Eine andere Systematisierung von Arbeitssystemen basiert auf der *Anlagensichtweise* (Bild 2-4 rechts). Dabei wird von Montageanlage gesprochen und es erfolgt nach SCHMIDT [1992, S. 11] eine hierarchische Einteilung in die fünf strukturellen Ebenen Montageanlage (Kombination von Zellen), Montagezelle (Kombination von Komponenten), Montagekomponenten (Realisierung von Funktionen), Funktionsbereich (Kombination von Zustandsänderungen) und Prozesse (Zustandsveränderung von Bauteilen). Komponenten stellen die kleinste Einheit zur Erfüllung von Montagefunktionen und Prozessen dar und beinhalten Bereitstellungs-, Förder-, Handhabungs- und Fügeeinrichtungen sowie Arbeitstische, Steuerungen und Lager.

2.3 Flexibilität und Stückzahlflexibilität

2.3.1 Abgrenzung des Begriffs Flexibilität

Der Begriff *Flexibilität* findet in der Betriebswirtschaft und Produktionstechnik eine sehr häufige, vielfältige und teilweise undifferenzierte Anwendung [UPTON 1997, S. 1080]. Neben dem Begriff Flexibilität werden vielfach auch die Begriffe „Anpassungsfähigkeit“, „Elastizität“, „Umstellungs- und Umbaufähigkeit“, „Agilität“, „Variabilität“ oder „Reaktionsfähigkeit“ mit teils unterschiedlichen, teils identischen Bedeutungsinhalten verwendet. Prinzipiell lassen sich die Definitionen von Flexibilität durch die Beschreibung *externer Einflussgrößen* (Auslösern der Anpassung) oder *systeminterner Anpassungsgrößen* (Flexibilitätsarten) unterscheiden. Andere Definitionen beziehen sich auf den *zeitlichen Charakter* der Flexibilität.

Mit dem Fokus auf *externe Einflussgrößen* definiert PFOHL [1996, S. 319] Flexibilität als die Fähigkeit eines Unternehmens, sich geänderten Umweltbedingungen, d. h. alternativen Situationen, die in der Zukunft eintreten können, anzupassen. EVERSHEIM [1989, S. 34F.] definiert Flexibilität aus Sicht des gesamten Unternehmens als die Fähigkeit, auf Änderungen der äußeren Bedingungen wie Nachfrageschwankungen oder gesetzliche Auflagen reagieren zu können, ohne deutliche Einbußen an Produktivität und Wirtschaftlichkeit hinnehmen zu müssen. Auf den Bereich der Fertigung angewandt, versteht EVERSHEIM unter Flexibilität die Anpassung des Kapazitätsangebots nach Art und Menge. SUAREZ [1995, S. 27FF.] führt den Flexibilitätsbedarf auf die vier Anpassungsfälle Veränderung von Produktmix, Herstellung eines neuen Produkts, Veränderung des Mengenbedarfs sowie Variation der Lieferzeiten zurück.

Zur Darstellung *interner Anpassungsgrößen* werden von den Autoren eine Vielzahl unterschiedlicher Flexibilitätsarten [ANDREASEN & AHM 1988, S. 17FF.; SETHI & SETHI 1990, S. 290FF.; VÄHNING 1985, S. 44FF.] betrachtet. So definiert GUTENBERG [1983, S. 354FF.] Flexibilität als die Anpassung an Beschäftigungsschwankungen und beschreibt dabei die quantitative, zeitliche, intensitätsmäßige und qualitative Anpassung. HEINEN [1991, S. 465] spricht in diesem Zusammenhang von der technologischen, zeitlichen und kapazitiven Anpassung eines Unternehmens. WIENDAHL [1980, S. 426FF.] versteht unter Flexibilität die Anpassungsfähigkeit des Produktionsapparats und unterscheidet dabei zwischen Produktflexibilität und Produktionsflexibilität, die er in technologische, strukturelle und kapazitive Flexibilität unterteilt. VÄHNING [1985, S. 19FF.] unterscheidet bei Produktionssystemen in Ist-, Soll-, Bestands- und Entwicklungsflexibilität. Ist-Flexibilität bezieht sich auf bestehende und Soll-Flexibilität auf zu planende Systeme. Die Bestandsflexibilität charakterisiert die Anpassungsfähigkeit eines Systems an veränderte Anforderungen im zeitlichen Verlauf ohne Veränderung der Elemente und Struktur des Systems. Bei der Entwicklungsflexibilität hingegen können sich die Elemente und/oder die Struktur des Systems ändern. Zudem definiert VÄHNING [1985, S. 44FF.] für Montagesysteme verschiedene Flexibilitätsarten wie Flexibilität bezüglich Liefertermin, Produkte, Personaleinsatz, Betriebsmittel, Stückzahlausbringung oder Störungen.

Eine Gruppe von Autoren fasst in ihrem Flexibilitätsbegriff *interne und externe Einflussgrößen* zusammen. So definiert VOLBERG [1981, S. 37] Flexibilität als die sich im materiellen und immateriellen Vorbereitungsgrad dokumentierte Fähigkeit von Systemen und Systemelementen zur reaktiven oder präventiven Anpassung an veränderte bzw. sich ändernde inner- und außerbetriebliche Bedingungen. REICHWALD & BEHRBOHM [1983, S. 831FF.] konzipieren in diesem Zusammenhang einen Katalog mit Merkmalausprägungen für Erscheinungsformen des *Flexibilitätsbedarfs* (*Stimuli*) und des *Flexibilitätsangebots* (*Response*). Merkmale des Flexibilitätsbedarfs (Bild 2-5) sind Ursprung, Informationsbasis, Entwicklungstendenz und Nachhaltigkeit. Die Antwort eines Systems auf die prognostizierten oder eingetretenen Flexibilitätsbedarfe ist durch sein Flexibilitätsangebot (Bild 2-6) mit den Merkmalen Ursprung, Wirkungsweise, Objekt, Einsatzzeitpunkt und Wirkungsrichtung charakterisiert.

Merkmal	Merkmalausprägungen		
Ursprung	umweltinduziert		systeminduziert
Informationsbasis	deterministisch	stochastisch	ungewiss
Entwicklungstendenz	reversibel		irreversibel
Nachhaltigkeit	taktisch	wettbewerbsbedingt	strategisch

Bild 2-5: *Flexibilitätsbedarfstypen [REICHWALD & BEHRBOHM 1983, S. 83 fff.]*

Merkmal	Merkmalausprägungen		
Ursprung	systemintern		systemextern
Wirkungsweise	bestandsmäßig		entwicklungsmäßig
Objekt	operativ	strategisch	strukturell
Einsatzzeitpunkt	reaktiv		antizipativ
Wirkungsrichtung	defensiv	wettbewerbsbedingt	offensiv

Bild 2-6: *Flexibilitätspotenzialtypen [REICHWALD & BEHRBOHM 1983, S. 83 fff.]*

Eine andere Gruppe von Autoren systematisiert *Flexibilitätspotenziale* nach dem zeitlichen Betrachtungshorizont. REFA [1990, S. 45f.] beschreibt Flexibilität als Fähigkeit eines Produktionssystems, innerhalb einer bestimmten Zeit für verschiedene Aufgaben einsatzfähig zu sein. Dabei unterscheidet REFA kurzfristige Flexibilität, die den Aufwand bewertet, der für die Umstellung eines Systems zwischen bekannten Aufgaben im Rahmen des aktuellen Produktionsprogramms erforderlich ist (Produkt-, Mengenflexibilität, Fertigungsredundanz). Die langfristige Flexibilität bewertet dagegen den Aufwand, der für Umstellung und Umbau eines Systems auf neue Aufgaben aufgrund von nicht voraussehbaren Änderungen im Produktionsprogramm erforderlich ist (Anpassungs- und Erweiterungsflexibilität). HALLER [1999, S. 23] systematisiert den zeitlichen Charakter der Flexibilität durch die operative und strategische Flexibilität. Ein System ist in operativer Hinsicht flexibel, wenn es die Fähigkeit besitzt, kurzfristig auf Veränderungen der Produktion zu reagieren. Aus strategischer Sicht ist ein System flexibel, wenn es sich in angemessener Zeit auf Umweltveränderungen einstellen kann.

Beim zeitlichen Aspekt der Flexibilität ist jedoch nicht nur der zur Verfügung stehende Umsetzungszeitraum der Flexibilitätsmaßnahme entscheidend, sondern auch der zeitliche Horizont des Eintritts der Ereignisse (Veränderungen). In diesem Zusammenhang muss zwischen vorhersagbaren und nicht vorhersagbaren Ereignissen unterschieden werden. Flexibilität charakterisiert dabei die Fähigkeit auf bekannte, vorhersagbare Ereignisse (ohne Kenntnis des Zeitpunkts) reagieren zu können [DÜRRSCHMIDT 2001, S. 12ff.; KÜHN 1989, S. 59ff.]. Im Gegensatz dazu bezeichnet Reaktionsfähigkeit das Potenzial bezüglich nicht prognostizier-

barer, plötzlich eintretender Ereignisse der Systemumgebung und die Anpassung an neue Situationen [KÜHN 1989, S. 63FF.].

Im Folgenden soll für diese Arbeit unter dem *Begriff Flexibilität* die allgemeingültige Definition von VOLBERG [1981, S. 37] verstanden werden. Als materieller und immaterieller Vorbereitungsgrad sollen die zuvor aufgeführten internen und externen Anpassungsfaktoren (Flexibilitätsarten) verstanden werden. Unter den veränderten bzw. sich ändernden inner- und außerbetriebliche Bedingungen werden die zuvor dargestellten internen und externen Einflussgrößen (Ursachen) zusammengefasst.

2.3.2 Charakterisierung Stückzahlflexibilität

Von besonderer Bedeutung für diese Arbeit ist die Charakterisierung des Begriffs *Stückzahlflexibilität*, der eine interne Anpassungsgröße eines Systems beschreibt. Neben diesem Begriff werden sehr oft auch Synonyme wie Mengenflexibilität, Kapazitätsflexibilität, Flexibilität bzgl. Stückzahlschwankungen oder Ausbringungsmenge sowie absatzsynchrone Produktion mit unterschiedlichen Bedeutungsinhalten verwendet. Der Begriff Stückzahlflexibilität findet somit in der betriebswirtschaftlichen und produktionstechnischen Literatur eine in Bezug auf den Detaillierungsgrad sowie der Wahl der Bezugsobjekte sehr differenzierte Anwendung.

Mengenflexibilität gibt nach REFA [1990, S. 47] an, in welcher Bandbreite eine Erhöhung oder Verringerung der tatsächlichen gegenüber der ursprünglich geplanten Produktionsleistung unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglich ist. VÄHNING [1985, S. 62FF.] erläutert im Zusammenhang mit Flexibilität bezüglich Stückzahlausbringung, dass auf dem Absatzmarkt sowohl kurzfristige als auch längerfristige Nachfrageschwankungen auftreten. Um jederzeit lieferbereit zu sein, muss insbesondere die Montage ihre Stückzahlausbringung in gewissem Maße den Nachfrageschwankungen anpassen können. Die Anpassung betrifft dabei vor allem die quantitative Kapazität der Betriebsmittel und Mitarbeiter. Gründe bzw. externe Einflussgrößen, die eine Flexibilität bzgl. Stückzahlausbringung eines Systems erfordern, können nach SUAREZ [1995, S. 27FF.] die Veränderung der Absatzmenge eines Produkts, die Produktion eines neuen Produkts auf dem gleichen Produktionssystem, die Einführung einer bzgl. Fertigungskapazität intensiveren Type/Variante oder aber auch die Veränderung von Lieferzeiten sein.

WIENDAHL [1980, S. 426FF.] definiert kapazitive Flexibilität als Erweiterungs-, Kompensations- und Speicherfähigkeit eines Systems. Erweiterungsfähigkeit kennzeichnet die quantitative Leistungsreserve eines Systems (Überstunden, Schichtarbeit), Kompensationsfähigkeit das Vermögen, qualitative Verschiebungen im Produktionsprogramm auszugleichen, und Speicherfähigkeit die Fähigkeit, Mengenschwankungen in der Auftragsstruktur durch zeitliche Verschiebungen des Arbeitsbeginns abzufangen.

Im Folgenden soll unter dem *Begriff Stückzahlflexibilität* die Definition von REFA [1990, S. 47] verstanden werden. Zu erweitern ist diese in Bezug auf die Fristigkeit der Veränderungsfähigkeit der Produktionsleistung, d. h. dass sich diese sowohl auf den aktuellen als auch einen zukünftigen, kurz-, mittel- oder langfristigen Zeitpunkt und damit Absatzbedarf beziehen kann. Die Veränderung der Produktionsleistung erfolgt durch Abstimmung (Anpassung oder Abgleich) von Kapazitätsbedarf und -angebot und kann auf organisatorischer, technischer oder personeller Ebene erfolgen, die eine quantitative, zeitliche, intensitätsmäßige oder qualitative Anpassung der Montagekapazität mit unterschiedlicher Zeitdauer zur Folge hat. Die Abstimmung der Kapazität erfolgt dabei im Rahmen der Kapazitätsplanung und -steuerung.

2.4 Absatzverhalten von Produkten

2.4.1 Klassifizierung von Produkten

Zum Verständnis und zur richtigen Interpretation der Produktlebenszykluscurve sowie der unterschiedlichen mittel- und kurzfristigen Absatzverläufe ist es erforderlich, die Bezugsbasis „Produkt“ zu definieren. Dazu wird im Folgenden eine Systematik in Bezug auf *Produktkategorien, -stückzahlen* und *-neuheitsgrad* dargestellt.

Prinzipiell kann eine Unterscheidung von Produkten anhand der *Kategorien* Investitionsgüter, Konsumgüter (Verbrauchs- und Gebrauchsgüter) sowie Produktionsgüter [GRAF 1999; HOFSTÄTTER 1977, S. 32FF.; SCHUMANN 1981, S. 10FF.; GUTENBERG 1973, S. 400FF.] erfolgen. Für die weitere Systematisierung existieren unterschiedliche Definitionen und Ausprägungen der Hierarchiestufen. HOFSTÄTTER [1977, S. 33] schlägt eine weitere Unterteilung in Produktgattungen (z. B. Pkw, Lkw), Produktarten (z. B. Mittel- oder Oberklasse Pkw), Artikel und Sorten (z. B. Opel Astra oder VW Golf) vor. Häufig werden Artikel auch als Typen und Sorten als Varianten bezeichnet.

Im Rahmen der Produktkategorien kann eine weitere Systematisierung von Produkten basierend auf der *Produktionsstückzahl* erfolgen, die ferner auch den Fertigungstyp charakterisiert. Hierbei unterscheidet EVERSHEIM [1989, S. 11] Einzelfertigung (1 bis 50 Stück pro Jahr), Kleinserien (10^1 bis 10^3 Stück pro Jahr), Großserien (10^3 bis 10^6 Stück pro Jahr) und Massenfertigung (10^5 bis 10^9 Stück pro Jahr).

Schließlich werden Produkte auch nach deren *Neuheitsgrad* unterschieden. Aus Marktsicht hat ein „neues“ Produkt keinen eindeutigen Vorgänger und befriedigt neue oder bestehende Kundenbedürfnisse besser als bisherige Produkte [SCHUMANN 1981, S. 13FF.; GROSCHE 1967, S. 127FF.]. Betriebsneuheiten haben keinen Vorgänger im Produktsortiment des Unter-

nehmens, können jedoch am Markt bereits existieren [SCHUMANN 1981, S. 13FF.; HOFFMANN 1972, S. 24]. Nach SCHUMANN [1981, S. 13] und WESNER [1977, S. 33FF.] können drei Arten von neuen Produkten unterschieden werden. Die *kontinuierliche Innovation* stellt ein verbessertes Produkt dar, das bestehende Bedürfnisse befriedigt und einen Vorgänger im Unternehmen und am Markt hat (z. B. jährliche Verbesserungen in der Automobilindustrie). Eine *dynamisch-kontinuierliche Innovation* zeichnet sich durch einen sehr hohen technischen Neuheitsgrad aus, so dass dadurch bestehende Bedürfnisse besser oder neue erstmals befriedigt werden [GUTENBERG 1973, S. 404]. Eine *diskontinuierliche Innovation* ist eine absolute Marktneuheit ohne direkten Vorgänger [GUTENBERG 1973, S. 404], die neue, unerkannte oder unbefriedigte Bedürfnisse deckt und einen neuen Produktmarkt (z. B. CD-Player, Handy) begründet [HOFSTÄTTER 1977, S. 32FF.; FREUDENMANN 1965, S. 5FF.].

2.4.2 Systematisierung von Absatzverläufen

2.4.2.1 Absatzänderungen und -schwankungen

Im Rahmen der Marktbeobachtung wird die Dynamik des Markts und damit auch die Veränderung der Nachfrage von Produkten erfasst. In der Realität existieren dafür verschiedene Ursachen (vgl. Kapitel 2.4.5), die unterschiedliche Auswirkung auf den Absatzverlauf haben. KILGER [1973] und WÖHE [1990] beschreiben die Auswirkungen der Marktdynamik auf das Absatzverhalten eines Produkts mit dessen Absatzgeschwindigkeit (Absatzmenge pro Zeiteinheit) und unterscheiden dabei zwischen konstanter und variabler Absatzgeschwindigkeit.

SCHÄFER [1953, S. 12FF.] charakterisiert die *Veränderung von Absatzverläufen* aufgrund der Marktdynamik durch Verschiebungen (Änderungen) und Schwankungen. Eine *Marktverschiebung* stellt eine einmalige Veränderung im Marktgefüge dar, eine *Marktschwankung* ist hingegen durch Wiederholungen der Veränderung in gleicher oder ähnlicher Form gekennzeichnet. Bei Marktverschiebungen kann zwischen plötzlichen, unvermittelten (diskontinuierlich) und allmählichen, stetigen (kontinuierlich) Formen unterschieden werden [SCHÄFER 1953, S. 292FF.]. Die erste Form ist in der Regel nicht vorhersehbar und bei der zweiten handelt es sich um einen Entwicklungsvorgang, der trotz Schwankungen über das Jahr hinweg meistens mit gleichbleibender Richtung (auf- oder abwärts) und bestimmter Form (geradlinig, gekrümmt) einen bestimmten Verlauf aufweist. Sie wird auch als Trend, Grundrichtung oder Entwicklungstendenz bezeichnet. Bei Marktschwankungen unterscheidet SCHÄFER [1953, S. 299FF.] zwischen langfristigen (Konjunkturwellen), mittelfristigen (eigentliche Konjunktur) und kurzfristigen (Jahr, Quartal, Monat, Woche) Schwankungen.

REICHMANN [1968, S. 14] wählt für die Charakterisierung der unterschiedlichen Absatzentwicklungen eines Produkts eine sehr ähnliche Systematik und unterscheidet dabei allerdings

im ersten Schritt zwischen *Absatzveränderungen*, die einmaliger Art sind, und solchen, die sich wiederholen. Die laufenden, sich wiederholenden Veränderungen unterscheidet REICHMANN [1968] sehr ähnlich zu SCHÄFER [1953] in kontinuierliche Veränderungen des Absatzes mit gleichmäßiger (gleichbleibender Prozentsatz der Zu- oder Abnahme, Absatztrend) und mit ungleichmäßiger Form (Schwankungen der Intensität der Nachfrage). Die ungleichmäßige Form von Absatzveränderungen kann in völlig unregelmäßig oder regelmäßig wiederkehrende Veränderungen (Konjunktur- und Saisonschwankungen) unterteilt werden.

Von besonderer Bedeutung für diese Arbeit ist das Verständnis, dass bei Veränderungen des Absatzes zwischen Absatzänderungen und -schwankungen zu unterscheiden ist. Zur Abgrenzung der beiden Begriffe ist die prinzipielle Strukturierung von Markt-/Absatzveränderung nach SCHÄFER [1953] am geeignetsten. Für die Charakterisierung des Begriffs *Absatzänderung* wird dessen Definition über „Verschiebungen von Absatzverläufen“ herangezogen (Bild 2-7). Jedoch ist seine Definition von Absatzschwankungen zu undifferenziert. Daher wird zur Charakterisierung des Begriffs *Absatzschwankung* die Definition „laufende Veränderungen mit ungleichmäßiger Form“ (Bild 2-7) von REICHMANN [1968] verwendet. Die Veränderung des Absatzes wird somit für diese Arbeit wie in Bild 2-7 dargestellt definiert.

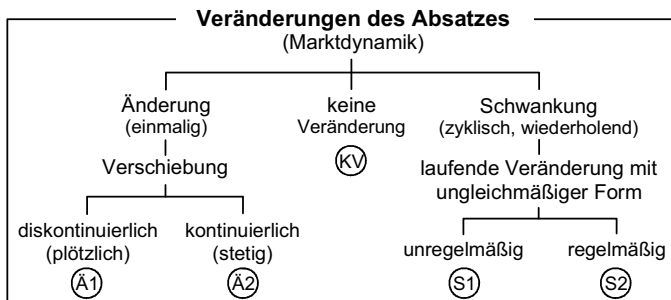


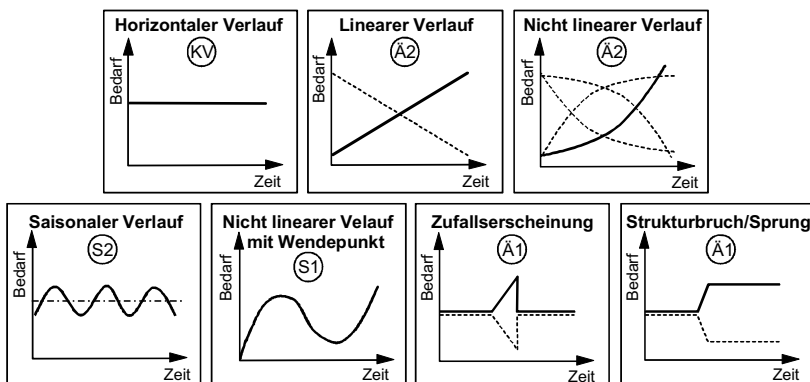
Bild 2-7: Charakterisierung von Absatzveränderungen durch Änderung und Schwankung des Verlaufs

2.4.2.2 Grundformen von Absatzverläufen

Den zuvor dargestellten Absatzänderungen und -schwankungen können bestimmte, prinzipielle *Grundformen von Absatzverläufen* (Verbrauchsstrukturen) zugeordnet werden. WIENDAHL [1997, S. 301f.], REFA [1991, S. 15] und WÖHE [1990, S. 491-494] unterscheiden sieben Grundformen von Verbrauchsstrukturen (Bild 2-8), die mit unterschiedlichem Zeithorizont (kurz-, mittel- und langfristig) auftreten können. Die Grundformen der Bedarfsverläufe sind

2 Einfluss des Absatzverhaltens auf die Montage

horizontaler Verlauf, linear steigender oder fallender Verlauf, über- oder unterproportional steigender oder fallender Verlauf (ohne Wendepunkt), um eine Horizontale gleichmäßig schwankender Verlauf (saisonal stabiler Verlauf), nicht linearer Verlauf mit Wendepunkt, horizontaler Verlauf mit Zufallserscheinung und horizontaler Verlauf mit Sprüngen bzw. Strukturbruch. Zur *Beschreibung der Verläufe* werden unterschiedliche Merkmale verwendet. So ist eine Änderung (Verschiebung) des Verlaufs durch den Betrag und die Richtung oder durch dessen Steigung sowie durch die Zeitdauer der Veränderung gekennzeichnet. Eine Schwankung hingegen ist durch ihre Amplitude und Frequenz gekennzeichnet. Die Amplitude gibt den Betrag der Abweichung von der durchschnittlichen Absatzmenge pro Zeitperiode an. Die Frequenz charakterisiert die Schwankung hinsichtlich des Zeitraums, in dem die Schwankungen auftreten [ZÄPFEL 1982, S. 165-167].



KV = keine Veränderung; Ä1 = diskontinuierliche Änderung; Ä2 = kontinuierliche Änderung
S1 = unregelmäßige Schwankung; S2 = regelmäßige Schwankung

Bild 2-8: Grundformen von Bedarfsverläufen nach WIENDAHL [1997, S. 301F.], REFA [1991, S. 15] und WÖHE [1990, S. 491FF.]

2.4.2.3 Zeitreihenzerlegung von Absatzverläufen

Von besonderer Bedeutung für diese Arbeit ist auch das Verständnis, dass die prinzipiellen Verlaufsformen in der Realität sowohl in jeglicher Kombination als auch mit lang-, mittel- oder kurzfristiger Zeitdauer auftreten können und als Zeitreihen bezeichnet werden. So können beispielsweise trendförmige Absatzänderungen durch Schwankungen überlagert werden, die nach der Art der Überlagerung in additive oder multiplikative Überlagerung unterschieden werden [ZÄPFEL 1982, S. 165-167]. Aufgrund der Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten

sowie der Kombinationseffekte ist es im Rahmen dieser Arbeit notwendig, zur Analyse der Ausprägung des lang-, mittel- oder kurzfristigen Absatzverlaufs eine Zeitreihenzerlegung durchzuführen. Jede Zeitreihe (Bild 2-9) kann dabei aus einer oder mehreren Komponenten zusammengesetzt sein [HENSCHEL & KNAPPE 1975, S. 23FF.; RITTER 1988, S. 113FF.; SCHEER 1983, S. 11FF.; REFA 1991, S. 113]. Eine Komponente ist eine systematische Bewegung der Zeitreihe. Im Rahmen der *additiven Zeitreihenzerlegung* wird eine Zeitreihe in die folgenden Komponenten zerlegt:

1) *Trend:*

Unter Trend wird die allgemein steigende oder fallende langfristige Entwicklungstendenz einer Zeitreihe verstanden.

2) *Konjunktur-Komponente:*

Auf fast jede Nachfrage wirken sich Konjunkturschwankungen aus. Sie treten nicht in festen Zeitintervallen auf und sind durch zyklisch veränderliche Schwankungen mit Perioden länger als ein Jahr gekennzeichnet

3) *Saison-Komponente:*

Treten in Zeitreihen systematische, in festen Zeitabschnitten regelmäßig wiederkehrende jahreszeitliche Schwankungen auf, so werden diese als Saisonschwankung mit konstantem Zyklus bezeichnet. Daneben kann es aber auch jahreszeitliche Schwankungen mit veränderlichem Zyklus geben.

4) *Zufallsabweichung/Rest-Komponente:*

Die Restkomponente beinhaltet Unstetigkeiten bzw. unregelmäßige Schwankungen, die nicht aus Trend-, Konjunktur- oder Saisongründen resultieren.

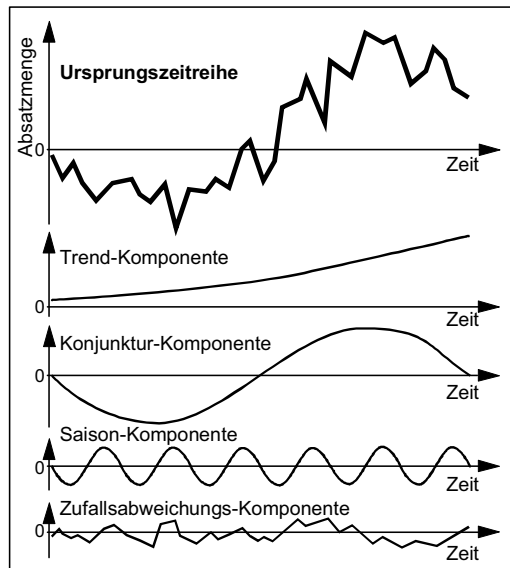


Bild 2-9: Schematische Darstellung der additiven Zeitreihenzerlegung nach HENSCHEL & KNAPPE [1975, S. 24]

2.4.3 Langfristiger Absatzverlauf – Produktlebenszyklus

Produkte werden erfunden, kommen auf den Markt, setzen sich durch und werden von anderen wieder verdrängt. Dies charakterisiert den langfristigen Absatzverlauf von Produkten über mehrere Jahre hinweg und man spricht dabei vom Produktlebenszyklus [FREUDENMANN 1965, S. 7]. Aus absatzwirtschaftlicher Sicht versteht man unter dem Begriff Produktlebenszyklus allgemein die Entwicklung eines Produkts in einem spezifischen Produkt-Markt-Rahmen, ausgedrückt in der Umsatz- oder Absatzentwicklung im Zeitablauf [WESNER 1977, S. 14].

2.4.3.1 Beschreibungsmerkmale von Lebenszykluskurven

Zur Beschreibung der Ausprägung der Produktlebenszykluskurve können die Merkmale *Maßgröße* (Darstellungsform), *Anzahl und Länge der Zyklusphasen* sowie *Gesamtlänge der Produktlebenszykluskurve* verwendet werden.

Zur Darstellung der Produktlebenszykluskurve lassen sich verschiedene *Maßgrößen* wie Absatzmenge, Umsatz, Gewinn und Deckungsbeitrag verwenden [WESNER 1977]. Oftmals wird zur Steigerung des Informationsgehalts auch die Veränderungsrate (erste Ableitung) einer Größe, wie der Grenzumsatz, dargestellt. Bei jeder dieser Größen ergeben sich jedoch Probleme in Bezug auf die korrekte Erfassbarkeit, Eindeutigkeit und Redundanzfreiheit der Daten zur richtigen Darstellung der Lebenszykluskurve. So führt beispielsweise die Verwendung der Maßgröße Umsatz, in der Preisveränderungen enthalten sind, zu einem verzerrten Phasenablauf. Die Absatzmenge hängt zwar im Allgemeinen vom Einsatz absatzpolitischer Instrumentarien (Preis, Werbung etc.) des Unternehmens ab [HOFFMANN 1972, S. 17FF.], da sie jedoch einfach zu ermitteln ist und einen Faktor zur Ermittlung des Kapazitätsbedarfs darstellt, wird sie im Rahmen der Arbeit als Darstellungsgröße des Produktlebenszyklus verwendet.

Das Modell des Produktlebenszyklus geht davon aus, dass sich der Absatzverlauf in verschiedene Phasen einteilen lässt [HOFSTÄTTER 1977, S. 18; WESNER 1977, S. 24FF.]. In der Literatur herrscht in Bezug auf die *Phasenanzahl* sowie deren Bezeichnung kein hohes Maß an Übereinstimmung. Von der Mehrheit der Autoren wird der Produktlebenszyklus als Modell mit vier oder fünf Phasen dargestellt [WESNER 1977, S. 26]. Das Vier-Phasen-Modell unterscheidet dabei die *Einführungs-, Wachstums-, Reife- und Degenerationsphase*. Bei dem Fünf-Phasen-Modell wird die Reifephase in eine *Reife- und Sättigungsphase* unterteilt.

Die Definition der *Länge von Produktlebenszyklusphasen* und des gesamten Modells ist zwar zeitbezogen, die Abgrenzung der Phasen erfolgt jedoch nach nicht zeitbezogenen Kriterien. In der Literatur werden die verschiedenen Produktlebenszyklusphasen unterschiedlich detailliert erwähnt, sie weisen jedoch nur unvollständige und uneinheitliche Abgrenzungskriterien zur qualitativen und quantitativen Phasenabgrenzung auf [WESNER 1977, S. 32]. Häufig verwendete Abgrenzungskriterien sind Umsatz-, Absatz- und Gewinnentwicklung sowie deren

Veränderungsraten. Die Abgrenzung erfolgt meist qualitativ mittels Begriffen wie steigend, fallend oder stagnierend. Der Länge der Phasen und des gesamten Lebenszyklus wird nach WESNER [1977, S. 28] beim klassischen Produktlebenszyklusmodell meist keine Beachtung geschenkt und die Phasenlängen lassen sich daraus auch nicht ableiten.

2.4.3.2 Klassischer Produktlebenszyklusverlauf

Das Modell des klassischen Produktlebenszyklus spiegelt eine abstrahierte Darstellung der Realität wider [HOFSTÄTTER 1977, S. 18] und baut nach SCHUMANN [1981, S. 16] auf der generellen Hypothese auf, dass sich der Absatz während der Lebensdauer eines Produkts mit einer gewissen Regelmäßigkeit entwickelt, d. h. verschiedene spezifische Lebensphasen (Marktentwicklungen) durchläuft [SCHUMANN 1981, S. 16].

In der Literatur herrschen sehr unterschiedliche Ansichten über die Ausprägung der Phasencharakteristika des *klassischen Produktlebenszyklusmodells*. Dies betrifft vor allem die Lage der Maxima von Umsatz- und Gewinnentwicklung [WESNER 1977, S. 35FF. und 54FF.]. Ursache ist hierfür vor allem die unzureichende Definition des Bezugsobjekts Produkt bzgl. Aggregations- und Neuheitsgrad. Die folgenden Erläuterungen sind das Ergebnis der zusammengefassten Aussagen von HOFSTÄTTER [1977], HOFFMANN [1972], WESNER [1977] und SCHUMANN [1981]. In Bild 2-10 sind der Umsatz-, Gewinn- und Grenzumsatzverlauf für das klassische Produktlebenszyklusmodell dargestellt. Der Absatzverlauf entspricht dabei prinzipiell dem Verlauf des Umsatzes. Die Beschreibung der Ausprägung der Phasencharakteristika erfolgt anhand der Maßgröße Absatz-/Umsatzentwicklung. Die Charakteristika der Gewinn- und Preisentwicklung sind im Anhang A1 beschrieben. Der dargestellte Lebenszyklusverlauf (Normalverteilungsfunktion) basiert auf der Marktentwicklung einer diskontinuierlichen Produktinnovation (Produktart oder -gattung) und weist die fünf Lebenszyklusphasen auf. Einflüsse aus Konjunktur, Saison etc. bleiben unberücksichtigt.

Einführungsphase

In der Einführungsphase wird ein neues Produkt auf den Markt gebracht und weist dabei in der Regel nur ein langsames, aber stetiges Wachstum der Absatzmenge (Umsatz) auf. Gründe für das langsame Absatzwachstum können ein hoher Marktwiderstand durch zögernde Kaufbereitschaft oder Unkenntnis potenzieller Nachfrager, eine mangelnde Lieferfähigkeit des Produkts aufgrund von Problemen in Produktion und Disposition oder Lieferschwierigkeiten durch zu vorsichtige Händler sein [HOFSTÄTTER 1977]. Insgesamt ist diese Phase durch ein hohes Maß an Produktfehlschlägen gekennzeichnet. Die Umsatzentwicklung bildet dabei die Entscheidungsgrundlage, ob das Produkt im Produktprogramm belassen wird oder als Fehlschlag ausscheidet.

Wachstumsphase

Die Wachstumsphase ist durch ein starkes, intensives Umsatz-/Absatzwachstum gekennzeichnet. Der stetig steigende Absatz erreicht in dieser Phase seine im Verhältnis zum gesamten Lebenszyklus höchsten Zuwachsraten. Der Grund für diesen Umsatzboom liegt in der rasch zunehmenden Marktakzeptanz durch eine breite Konsumentenschicht [HOFFMANN 1972; HOFSTÄTTER 1977]. Nach dem Erreichen des Wendepunkts der Umsatz- bzw. Absatzkurve, d. h. dem Punkt höchster Umsatzzuwächse (Maximum der Grenzzumsätze) hat das Umsatzwachstum einen kritischen Punkt erreicht. Dies stellt auch die Grenze zur Reifephase dar, in der von nun an die absoluten Umsatzzuwächse abnehmen.

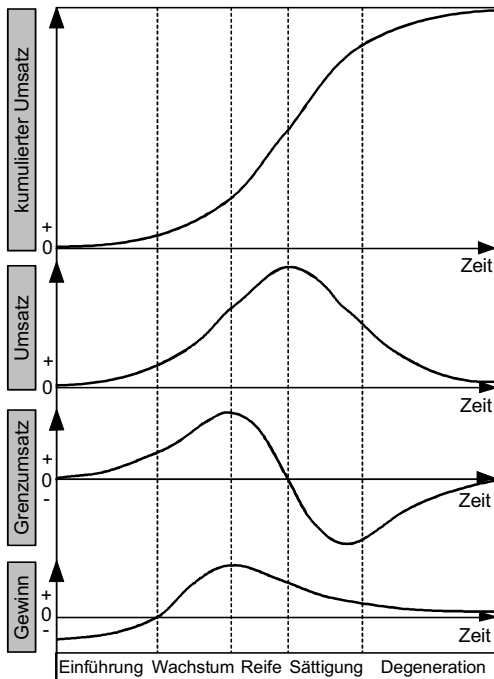


Bild 2-10: *Klassischer Produktlebenszyklus anhand verschiedener Maßgrößen nach SCHUMANN [1981, S. 28]*

Reifephase

In der Reifephase weist der Umsatz (Absatz) noch einen bedeutenden Anstieg auf, jedoch mit absolut abnehmenden Wachstumsraten. Am Ende der Reifephase hat das Umsatzwachstum sein Maximum erreicht und die Umsatzwachstumsrate erreicht den Nullpunkt. Die Marktsättigung ist erreicht [SCHUMANN 1981] und das Marktpotenzial bzgl. des Erstbedarfs ist weitgehend ausgeschöpft, die Umsatzentwicklung in den Folgephasen basiert vor allem auf Zweit- und Ersatzbedarf. Der Umsatzzuwachs einzelner Unternehmen basiert nun auf der Erhöhung von Marktanteilen.

Sättigungsphase

In der Sättigungsphase beginnt der Umsatz in der Regel wieder langsam zu sinken. Der Übergang in die Degenerationsphase liegt in der Nähe des Wendepunkts der abfallenden Umsatzkurve (Minimum des Grenzzumsatzes). Eine Lebenszyklusverlängerung oder der Auslauf des Produkts ist abhängig von Kostensituation im Unternehmen sowie der Rentabilität der

Investition. Während der Umsatzstagnation verläuft der Grenzumsatz nahe der Nulllinie und wird bei Absatzrückgang schließlich negativ und fällt stark ab. Gegen Ende der Phase erreicht der Grenzumsatz sein Minimum. Ursache für den Absatzrückgang ist das Auftreten von Konkurrenzprodukten, die den Käuferbedarf besser befriedigen und alte Produkte substituieren.

Degenerations- bzw. Auslaufphase

Die Degenerationsphase ist durch einen mehr oder weniger starken Umsatz-/Absatzrückgang gekennzeichnet. Der Grund für die Degeneration des alten Produkts liegt in der zu geringen Anzahl neuer Käufer sowie dem Abwenden der Käufer zu besseren, innovativen Produkten [HOFSTÄTTER 1977]. Der Degenerationsprozess kann zum einen sehr schnell beendet sein (Ausscheiden vom Markt), wenn die Ertragslage zu schlecht ist oder neue Substitutionsprodukte die Marktanteile einnehmen. Zum anderen kann er sich aber auch über mehrere Jahre erstrecken und es bleibt ein Rumpfmärkte (Ersatzbedarf) auf niedrigem Niveau bestehen.

2.4.3.3 Reale, nicht klassische Produktlebenszyklusverläufe

Bisher wurde das klassische Modell des Produktlebenszyklus idealtypisch durch eine symmetrische Kurve beschrieben, deren Absatzkurve in verschiedene, definierte Phasen mit fester Sequenz unterteilt wird. Zahlreiche empirische Untersuchungen der Lebenszyklen von Produkten aus der Nahrungsmittel-, Automobil- oder Hausgerätebranche haben aber gezeigt, dass der klassische Verlauf des Produktlebenszyklus nur einen Spezialfall möglicher Absatzentwicklungen darstellt [HOFFMANN 1972, S. 64; WESNER 1977, S. 77ff.; SCHUMANN 1981, S. 55ff.]. *In der Realität existieren vielfältige Ausprägungen des Produktlebenszyklusverlaufs* aufgrund verschiedener Einflussfaktoren wie Branche oder Marketing mit der Folge unterschiedlicher Interpretationen über den aktuellen und weiteren Verlauf.

So können beispielsweise die *Länge und Ausprägung* der Einführungs- und Wachstumsphase auch ganz anders ausfallen. Dies hängt unter anderem vom Produktneuheitsgrad, der Übereinstimmung mit Verbraucherbedürfnissen, dem Preis, aber auch der Schnelligkeit und dem Maximum der Kapazitätsausweitung in Produktion und Absatz ab [HOFSTÄTTER 1977, S. 22; SCHUMANN 1981; WESNER 1977]. Die nachfolgenden Zyklusphasen sind in ihrer Ausprägung und Länge einerseits durch die Zahl der Konkurrenten und andererseits vom Maß der technischen und konsumspezifischen Weiterentwicklungen abhängig. Während manche Produkte schon nach kurzer Zeit mit hohem Absatzwachstum die Sättigungsgrenze erreichen, dauert dies bei anderen mehrere Jahre [SCHUMANN 1981, S. 20]. Die Sättigungs- und vor allem die Degenerationsphase erstrecken sich bei vielen Produkten über mehrere Jahre (Ersatzbedarf oder Ersatzteilpflicht) und sind unter anderem auch vom technischen Fortschritt abhängig. Die Länge einzelner Phasen kann aber auch durch den Einsatz von Marketinginstrumenten (z. B. Preis) bewusst verändert werden [SCHUMANN 1981, S. 21]. So zeigt Bild 2-11 beispielsweise den Lebenszyklusverlauf eines Pneumatik-Drehzylinders (Verlauf Typ A) mit einer langen

2 Einfluss des Absatzverhaltens auf die Montage

Einführungs-, Wachstums- und Reifephase und einer relativ kurzen Auslaufphase. Der Lebenszyklusverlauf Typ B eines Elektrowerkzeugs weist relativ charakteristische Schwankungen zu Beginn und Ende auf, die durch das überproportionale, euphorische Eindecken der Großhändler bei Markteinführung des Produkts sowie aus Vorsicht vor dem Nachfolgeprodukt bei Produktauslauf entstehen.

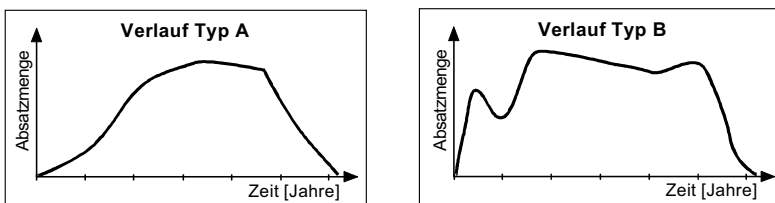


Bild 2-11: Reale Produktlebenszyklusverläufe eines Pneumatik-Drehzylinders (Verlauf A) und eines Elektrowerkzeugs (Verlauf B)

Insgesamt ist in den letzten Jahren jedoch eine fortschreitende Tendenz zur Verkürzung der Produktlebenszyklen festzustellen und insbesondere eine Verkürzung der Einführungs- und Wachstumsphase bei ständig steigenden Wachstumsraten. Diese Tendenz führt verstärkt zu linkssteilen Zyklusverläufen (Bild 2-12 Typ I), bei denen das Produkt einen sehr intensiven Aufnahmeprozess am Markt erfährt und dadurch eine sehr kurze Einführungs-, Wachstums- und Reifephase sowie eine lang anhaltende Sättigungs- und Degenerationsphase aufweist [WESNER 1977, S. 29]. Im umgekehrten Fall, dem rechtssteilen Verlauf (Bild 2-12 Typ II), ist das Maximum stark nach rechts verschoben und der Zyklus hat eine sehr lange Einführungs- und Wachstumsphase, während die restlichen Phasen sehr kurz sind. Unter dem Gewinnaspekt ist dieser Verlauf jedoch optimal.

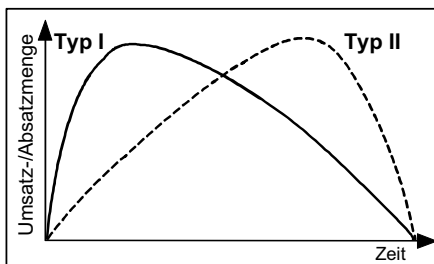


Bild 2-12: Links- und rechtssteiler Zyklusverlauf nach WESNER [1977, S. 78]

Weitere Ausprägungen realer Lebenszyklusverläufe wurden im Rahmen der Untersuchung der Umsatzentwicklung von 30 nicht dauerhaften individuellen Produkten im Konsumgüterbereich im Untersuchungszeitraum von zwei Jahren ermittelt (Bild 2-13). Diese verliefen zu

80% nach dem Typ B und zu 20% nach Typ G_{om} . Der Verlauf vom Typ S stellt den klassischen Verlauf dar. Der Verlauf vom Typ B weist nach einer intensiven und kurzen Einführungs-, Wachstums- und Reifephase nicht die traditionelle Sättigungsphase auf, sondern geht gleich in die Degenerationsphase über, an die sich die Sättigungsphase anschließt. Die klassische Phasensequenz ist dabei unterbrochen und das Umsatzmaximum ist stark nach links verschoben. Der erste Teil des Verlaufs entspricht dem klassischen Verlauf (Erstbedarf). Das zweite Umsatzmaximum, das sich im weiteren Verlauf ergeben

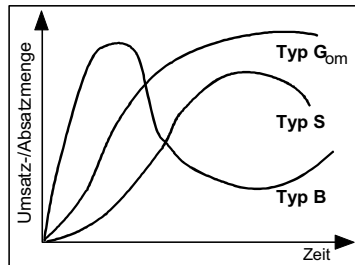


Bild 2-13: Produktlebenszyklen vom Typ S, B und G_{om} nach WESNER [1977, S. 86f.]

wird, ist auf den intensiven Einsatz von Marketingmaßnahmen in der Degenerationsphase zurückzuführen und hat einen *Ersatz- oder Wiederholungskauf* zur Folge [WESNER 1977, S. 86f.]. Der Verlauf vom Typ G_{om} weist ähnliche Charakteristika wie der Verlauf vom Typ I aus Bild 2-12 auf. Die Phasensequenz erfolgt hier nach dem klassischen Ablauf.

Die vorangegangene Diskussion klassischer sowie realer, nicht klassischer Produktlebenszyklusverläufe hat gezeigt, dass der klassische Lebenszyklus nicht den ausschließlichen Verlauf eines Produkts am Markt darstellt, sondern lediglich bei undifferenzierter Produkt-Markt-Betrachtung bis zur Reifephase sehr gut zutrifft [HOFSTÄTTER 1977, S. 30ff.]. Insgesamt betrachtet ist er nur eine mögliche Form vielfältiger Zyklusverläufe, die mit Hilfe der in Kapitel 2.4.2.1 und 2.4.2.2 erläuterten prinzipiellen Verlaufsformen charakterisiert werden können. Daher kann im Rahmen dieser Arbeit das *klassische Lebenszyklusmodell nicht als allgemein gültiges Prognose- und Kapazitätsplanungsmodell* verwendet werden. Von Bedeutung für diese Arbeit ist jedoch das Know-how, mit welchen Merkmalen Lebenszyklusverläufe sich charakterisieren lassen und welche prinzipiellen Verlaufsprägungen sich unter bestimmten Randbedingungen (Einflussfaktoren), teilweise auch mit Gesetzmäßigkeit, ergeben.

2.4.3.4 Einflussfaktoren auf den Lebenszyklusverlauf

Zum besseren Verständnis der Ursachen und Auswirkungen auf die Verlaufsprägungen, die für diese Arbeit insbesondere bei der Interpretation von Absatzverläufen besondere Bedeutung haben, werden im Folgenden einige Einflussfaktoren dargestellt.

Einen übergeordneten, vielschichtigen Einfluss auf die Ausprägung der Produktlebenszykluskurve hat die Entwicklung der *Konjunktur*. Diese überlagert den Trend der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung wellenförmig, so dass bei Konjunkturschwankungen die gesamt-

2 Einfluss des Absatzverhaltens auf die Montage

wirtschaftliche oder auch branchenspezifische Nachfrage sowie das Angebot an Gütern und Dienstleistungen langfristig temporären Schwankungen unterliegt, die mit gewisser Regelmäßigkeit wiederkehren [REICHMANN 1968, S. 14; RITTER 1988, S. 12FF.; STINNES 1974, S. 8]. Dadurch werden zum einen die Dauer und Ausprägung des Verlaufs der einzelnen Phasen stark beeinflusst und zum anderen kann aber auch die Absatz- bzw. Umsatzmenge in den Phasen beeinflusst werden, woraus unterschiedlich hohe Kurvenmaxima resultieren.

Einen anderen grundsätzlichen Einfluss auf den Absatzverlauf haben die *Kategorie* und die *Branchezugehörigkeit* des Produkts. So weisen Produkte aus dem Gebrauchs- und Verbrauchsgütersektor unterschiedliche Lebenszyklusmodelle auf und die Branche hat vor allem im mittel- und kurzfristigen Zeithorizont saisonale Auswirkungen auf den Absatzverlauf. Als weiterer wichtiger Einflussfaktor auf die Ausprägung des Absatzverlaufs ist der *Neuheitsgrad des Produkts* zu nennen. Mit zunehmendem Neuheitsgrad des Produkts resultiert nach WESNER [1977] eine Verlagerung des Zyklusverlaufs von Typ B nach Typ G_{om}.

Einen Einfluss ganz anderer Art bewirken *Wiederholungskäufe* in Form von *Ersatz- oder Zweitkäufen*. Unterschiede in den Auswirkungen ergeben sich in Abhängigkeit der technisch-wirtschaftlichen Lebensdauer des Produkts und der Lebenszykluskurve bei Gebrauchs- und Verbrauchsgütern [HOFSTÄTTER 1977, S. 85]. Durch Wiederholungskäufe kann der Verlauf der Lebenszykluskurve eine Verlagerung des Sättigungsniveaus nach oben sowie Zyklus-schwankungen und eine Verlängerung der Sättigungs- bzw. Degenerationsphase auf niedrigerem Niveau bewirken [HOFSTÄTTER 1977, S. 87FF.; WINHOLD-STÜNZI 1964, S. 146]. Ein ähnliches Verhalten in Form eines konstanten Verlaufs auf niedrigem Niveau in der Degenerationsphase wird durch den ausschließlichen Verkauf eines Produkts als Ersatzteil induziert.

Im Rahmen der Charakterisierung von Produktlebenszykluscurven zeigt sich zudem, dass *Marketinginstrumente* wie Preis oder Werbung, neben Verpackung und Service, aber auch die Vertriebsaktivitäten sowie die Absatzmethode wichtige Phasencharakteristika darstellen und in den verschiedenen Phasen unterschiedliche Ausprägungen haben. Die Länge des gesamten Lebenszyklus, einzelner Phasen aber auch des mittel- und kurzfristigen Absatzverlaufs kann durch den Einsatz der Marketinginstrumente bewusst verändert, d. h. verlängert oder auch verkürzt werden [SCHUMANN 1981, S. 21].

Neben diesen können noch eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren identifiziert werden, die den Absatzverlauf mehr oder weniger stark beeinflussen. So stellen im „globalen Umfeld des Unternehmens“ die *Technologie*, *Ökonomie*, *Ökologie* und das *soziokulturelle Umfeld* wesentliche Einflussfaktoren dar. Im unternehmensexternen Umfeld können Einflussfaktoren wie *Technologie*, *Absatzmarkt*, *Wettbewerber* und *Ressourcen* identifiziert werden und im unternehmensinternen Umfeld sind die *Unternehmensziele*, *-strategien*, *Leistungspotenziale* und *Umsysteme* zu nennen, die auf den Absatzverlauf einwirken [REINHART U. A. 1999c].

2.4.4 Mittel- und kurzfristige Absatzverläufe

Neben dem langfristigen Absatzverlauf existieren auch Verläufe mit mittel- und kurzfristigem Zeithorizont, die für diese Arbeit zur Ableitung der Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montage ebenfalls von besonderer Bedeutung sind. Diese Verläufe (Schwankungen und Verschiebungen) spiegeln den monatlichen, wöchentlichen und täglichen Absatzverlauf eines Produkts wider und können mittels der in Kapitel 2.4.2.1 und Kapitel 2.4.2.2 erläuterten Verlaufsgrundformen charakterisiert werden. Die *mittel- und kurzfristigen Absatzverläufe* sind für die Kapazitätsplanung, -auslegung und -abstimmung der Produktionseinrichtungen ebenfalls von großer Bedeutung. Beeinflusst werden die Absatzverläufe nicht nur durch die Saisonalität oder Branchenzugehörigkeit, sondern in hohem Maße auch durch die Fertigungsart (Auftragsfertigung, programm-/lagerorientierte Fertigung), die Vertriebsform (Direktvertrieb, Groß- und Einzelhandel, Sondervertriebsformen) sowie die Marketingaktivitäten eines Unternehmens [KILGER 1973, S. 22-31; REFA 1991, S. 10]. So ist bei der Auftragsfertigung nur eine kurzfristige Absatzplanung und damit Vorschau möglich, da die Produktion bzw. der Absatz von einer konkreten Auftragserteilung abhängt und dies zu stärkeren Absatzschwankungen vor allem im kurzfristigen Bereich führt. Der Vertrieb standardisierter, nicht kundenspezifischer Erzeugnisse ermöglicht hingegen eine bessere kurz- und mittelfristige Absatzplanung, die in der Regel zu geringeren kurzfristigen Absatzschwankungen führt.

2.4.4.1 Schwankungen von Absatzverläufen

Mittelfristige Schwankungen

Im mittelfristigen Zeithorizont existieren vor allem *saisonale Schwankungen des Absatzes*, die auf wenige Faktoren zurückzuführen sind. Das Wort „Saison“ bedeutet „Jahreszeit“ und damit wird auch verständlich, dass unter saisonalen Verläufen Schwankungen des Absatzes verstanden werden, die im Zeitraum eines Jahres stattfinden. Sie sind somit gekennzeichnet durch kurzweilige, mittelfristige Schwankungen des Absatzverlaufs, die von Jahr zu Jahr in gleicher Form (zyklisch) wiederkehren, eine relativ sicher bestimmbare Periodenlänge haben sowie eine relativ gleichmäßig hohe Schwankungsamplitude aufweisen. Ein saisonaler Absatzverlauf liegt nach Meinung einiger Autoren erst

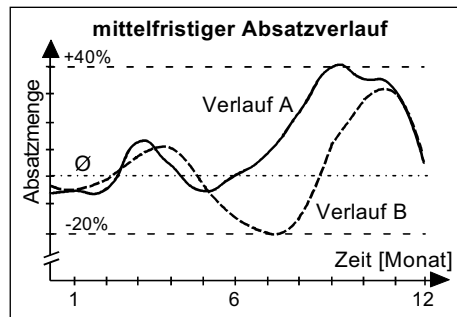


Bild 2-14: Mittelfristige, saisonale Absatzschwankungen

2 Einfluss des Absatzverhaltens auf die Montage

dann vor, wenn die Abweichungen des Minimal- und Maximalverbrauchs vom langfristigen Durchschnitt mehr als 40% betragen [HEINEN 1991, S. 507; WALDRAFF 1982, S. 224-227]. Bild 2-14 zeigt beispielhaft den saisonalen Absatzverlauf eines Staubsaugers (Verlauf A) und einer Bohrmaschine (Verlauf B).

Die Gründe für saisonal schwankende Absatzverläufe lassen sich in unternehmensinterne und -externe Faktoren unterteilen. Interne Gründe sind gegeben, wenn das Unternehmen eine saisonale Angebotsstruktur hat, also trotz konstanter Nachfrage nur zu bestimmten Zeiten ein Produkt liefern kann (z. B. Probleme bei der Rohstoff- oder Arbeitskräftebeschaffung jedes Jahr). Externe Gründe für saisonale Absatzverläufe sind in der Nachfrage begründet und resultieren aus Klimaeinflüssen (Wechsel der Jahreszeiten), sozialen Einflüssen (individuelle menschliche Sitten, Gewohnheiten und Konventionen) sowie speziell periodisch wiederkehrenden Ereignissen (Ausstellungen und Messen). Zudem können gesellschaftliche oder kulturelle Einrichtungen wie an bestimmte jährliche wiederkehrende Termine gebundene religiöse Feste (Ostern und Weihnachten), Volkssitten und Gepflogenheiten zu bestimmten Zeiten (Karneval) eine besonders intensive Nachfrage auslösen [BRUNNER 1962, S. 2].

Kurzfristige Schwankungen

Neben den lang- und mittelfristigen Schwankungen können auch in kürzeren Zeiträumen (monatlich, wöchentlich, täglich) [STINNES 1974, S. 8] regelmäßige, ungefähr bestimmbare zyklische Schwankungen, aber auch völlig unregelmäßige Schwankungen auftreten (Bild 2-15). So zeigen empirische Untersuchungen der Auftragseingänge und Produktionspläne bei Unternehmen deutliche unregelmäßige, kurzfristige Schwankungen an aufeinanderfolgenden Tagen, Wochen und Monaten auf. Diese *kurzfristigen Nachfrageschwankungen* treten vor allem bei der stark kundenorientierten Auftragsfertigung von Einzel- und Kleinserien, aber auch in geringerem Maße in der Mittel- und Großserienfertigung auf. Diese Schwankungen können aber auch aus Planungs- und Steuerungseffekten von Aufträgen in der Lieferkette resultieren. Die Höhe der Schwankung oder Abweichung ist somit maßgeblich von der Ausprägung der Kundenorientierung und der Form der Serienfertigung abhängig. Die Ausprägung einer kurzfristigen Absatzschwankung mit einer Schwankungsbreite von ± 30 bis 50% ist beispielhaft in Bild 2-15 dargestellt.

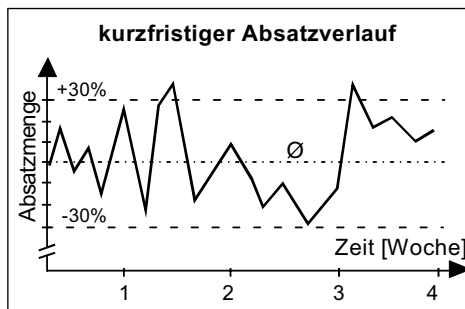


Bild 2-15: Kurzfristige Absatzschwankungen

2.4.4.2 Änderung von Absatzverläufen

Mittel- und kurzfristige Absatzänderungen

Neben den Absatzschwankungen treten beim kurz- und mittelfristigen Absatzverlauf auch verschiedene Arten von Änderungen (Verschiebungen) auf. Verschiebungen sind einmalige, sich nicht wiederholende Veränderungen, die kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Zu den Verschiebungen zählen die prinzipiellen Verlaufsformen linearer und nicht linearer Trend, Zufallerscheinung und Strukturbruch (Sprung).

Ausgangsbasis dieser Verläufe ist eine konstante Nachfrage mit horizontalem Verlauf der Absatzkurve. Bei *linear steigenden oder fallenden* Absatzverläufen ist die Nachfragesituation eher durch mittel- bis langfristig anhaltende positive oder negative Markt- und Nachfrageverschiebungen gekennzeichnet. Bei *nicht-linearen bzw. über- oder unterproportionalen* Entwicklungstendenzen ist dies ähnlich [ZÄPFEL 1982, S. 165-167]. Sonderfälle von Verschiebungen bei Absatzverläufen sind nach WALDRAFF [1982, S. 185-227] der *Nachfragesprung* (Strukturbruch), der *Großauftrag* (Zufallerscheinung) und der *Flop* (Strukturbruch) (vgl. Bild 2-8). Der *Nachfragesprung* ist die extreme Form einer dauerhaften Nachfrageänderung. Gründe hierfür können die Einführung eines erfolgreichen neuen Produkts, die Erschließung eines neuen Markts, der Wegfall eines bisherigen Vertriebskanals oder das Auftreten neuer Konkurrenten sein. Ein weiterer Fall einer extremen, kurzfristigen Nachfrageverschiebung bei einem sonst konstanten Absatzverlauf stellt der *Großauftrag* dar. Dieser kann aus neu belieferten Exportmärkten oder Sonderverkaufsaktionen resultieren. Häufig kommen Großaufträge aber in der auftragsorientierten Fertigung vor. Eine besondere Form der Verschiebung des Absatzverlaufs stellt der *Flop* dar, der dann eintritt, wenn ein Produkt am Markt fehlschlägt.

2.4.5 Prognose des Absatzbedarfs

Die Ermittlung und Prognose des aktuellen und zukünftigen Absatzbedarfs ist nicht Inhalt dieser Arbeit und wird vorrangig als Aufgabe von Vertrieb und Marketing verstanden. Dennoch ist für diese Arbeit das Verständnis wichtig, mit welchen Methoden Absatzprognosen erstellt werden können und welche Sicherheit damit verbunden ist.

Für eine effiziente Kapazitätsplanung und -auslegung von Produktionssystemen sind neben Informationen über den kurzfristigen Absatzverlauf des Produkts auch Informationen über dessen mittelfristigen und insbesondere langfristigen Absatzverlauf von Bedeutung. Zur Ermittlung oder Prognose des zukünftigen Absatzverlaufs werden in der Produktionstechnik für den kurz-, mittel- und langfristigen Zeitraum *deterministische*, vor allem aber *stochastische* und *heuristische* Verfahren eingesetzt [REFA 1991, S. 106FF.; WIENDAHL 1997, S. 297FF.]. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der mittel- und langfristigen Prognosen bedarf es zusätzlich

der Beobachtung der Einflüsse des gesamtwirtschaftlichen, technologischen, politischen, gesellschaftlichen und ökologischen Umfelds [GRAF 1999, S. 32FF.; REFA 1991, S. 14].

Die *deterministische Bedarfsermittlung* basiert auf vorliegenden Aufträgen in der nahen Zukunft und ist somit überwiegend für die kurzfristige Bedarfsermittlung verwendbar. Bei der *stochastischen Bedarfsermittlung* wird aus den Verbrauchswerten der Vergangenheit auf den zukünftigen Absatzverlauf geschlossen. Mit diesem Verfahren erfolgt in der Regel auch die Untersuchung, ob die Verbrauchswerte der Vergangenheit einen Trend und/oder eine Schwankung mit konstantem Zyklus enthalten. Zur Vorhersage der zukünftigen Bedarfswerte werden unterschiedliche mathematische Methoden (Regressionsanalyse, gleitender Mittelwert oder exponentielle Glättung) eingesetzt [REFA 1991, S. 112FF.; WIENDAHL 1997, S. 297FF.]. Bei der *heuristischen Bedarfsermittlung* erfolgt eine Schätzung des zukünftigen Bedarfs durch eine einfache oder eine Experten-Schätzung. Es liegen keine konkreten Daten vor, die Orientierung erfolgt nicht oder nur ungefähr an Vergangenheitswerten. Unterschieden wird dabei zwischen der Analogschätzung (ähnliche, artverwandte Produkte als Ausgangspunkt) und der Intuitivschätzung (Erfahrungswerte oder Vermutungen) [HEINEN 1991, S. 507F.].

Für die Analyse der Nachfrageentwicklung vorhandener und neuer Produkte stehen somit *quantitative* (statistische/stochastische) und *qualitative* (technologische und futurologische) *Prognoseverfahren* zur Verfügung. Die quantitativen Verfahren kommen nur für die Bestimmung kurzfristiger (bis ein Jahr) oder mittelfristiger (bis zu 5 Jahren) Nachfrageprognosen für eine taktische und operative Planung in Betracht. Bei langfristigen Prognosen (über 5 Jahre) für strategische Planungen kommen qualitative Prognoseverfahren zum Einsatz. Sie beziehen neben den quantitativen Elementen auch das intuitive und kreative Element mit ein [STÜTZLE 1987, S. 62FF.]. Weitere Informationen dazu finden sich bei KAPFERER & DISCH [1966], ALBERT [1976], JAECK [1978], ROGGE [1972], SCHEER [1983] und HANSMANN [1983].

2.5 Ableitung von Handlungsfeldern

Im Rahmen dieses Kapitels wurden die unterschiedlichen Ausprägungen und Charakteristika von lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverläufen von Produkten dargestellt. Diese spiegeln gleichzeitig die Anforderungen wider, die an eine kundenorientierte Montage und folglich an deren Kapazitätsabstimmung gestellt werden. Basierend darauf können die resultierenden Handlungsfelder bei der Gestaltung stückzahlflexibler Montagesysteme abgeleitet werden.

Das Unternehmensumfeld unterliegt aufgrund der Dynamik des Markts einer hohen Veränderungsrate, woraus eine Unsicherheit bei den prognostizierten Absatzdaten resultiert. Die Diskussion der Produktabsatzverläufe hat gezeigt, dass sowohl der langfristige Absatzverlauf als auch der mittel- und kurzfristige sehr unterschiedliche Ausprägungen aufweisen kann. Diese entstehen prinzipiell aufgrund von Änderungen und Schwankungen mit spezifischen Charak-

teristika und unterschiedlicher Fristigkeit. Dadurch lässt sich der Absatzverlauf eines Produkts von Beginn an nicht richtig prognostizieren. Er ändert sich vielmehr kontinuierlich abhängig von den Marktentwicklungen. Der Absatzverlauf eines Produkts ist somit determiniert durch vielschichtige externe, nicht beeinflussbare und zudem interne (z. B. Marketingmaßnahmen), in bestimmten Grenzen beeinflussbare Faktoren. Eine allgemein gültige oder sichere Vorhersage der Absatzentwicklung eines Produkts ist nicht möglich. Auf Basis von Erfahrungswissen, Prognoseverfahren, Szenariotechnik oder branchen- und produktkategorieabhängiger Einflussfaktoren lässt sich in Abhängigkeit des Betrachtungshorizonts die Art und Fristigkeit der Absatzentwicklungen nur sehr unsicher vorhersagen (vor allem langfristige Absatzentwicklung) oder lediglich innerhalb eines Kapazitätskorridors die Verlaufsart (z. B. Schwankungen) bestimmen. Dies hat zur Folge, dass zum einen nicht prognostizierbare und zum anderen aber auch prognostizierbare Veränderungen des Absatzes im Laufe der Zeit zu nicht optimal ausgelegten und somit ineffizient betriebenen Montagesystemen führen, falls eine entsprechende Kapazitätsabstimmung nicht möglich ist. Daraus resultieren einerseits Überkapazitäten, hohe Lagerbestände und damit eine unwirtschaftliche Montage oder andererseits Unterkapazitäten, die zu einer mangelnden Lieferfähigkeit führen.

Um diese durch die Dynamik der Märkte hervorgerufenen negativen wirtschaftlichen Auswirkungen zu vermeiden, ist es für ein Unternehmen von besonderer Bedeutung, die Kapazitäten insbesondere in der Montage an die Veränderungen des Absatzes effektiv und effizient anpassen zu können. Daraus leiten sich die *Handlungsfelder* ab, Montagesysteme zukünftig so zu planen, zu gestalten und zu betreiben, dass sie an aktuelle und zukünftige Absatzveränderung angepasst werden können. Dies erfordert wegen der Unsicherheit der Absatzvorhersage vor der Planung, aber auch während des Betriebs der Montage eine kontinuierliche Analyse und Bewertung des vergangenen, aktuellen und prognostizierten Absatzverlaufs des Produkts. Der zukünftige mittelfristige und langfristige Absatzverlauf muss mittels unterschiedlicher Absatzszenarien berücksichtigt werden. Auf Basis dieser Absatzverlaufsbewertung werden Anforderungen an die aktuelle (kurzfristige) und zukünftige (mittel- bis langfristige) Kapazitätsflexibilität der Montage definiert. Neben dem Wissen über die Anforderungen an die Kapazitätsveränderung der Montage bedarf es aber auch unterschiedlicher Arten von Strategien zur Veränderung der Montagekapazität. Diese müssen sowohl für die verschiedenen Ausprägungen von Absatzverläufen geeignet sein als auch mit unterschiedlicher Anpassungsgeschwindigkeit wirksam werden. Schließlich ist die Montageanlage und deren Kapazität so zu planen und zu gestalten, dass die erforderliche vorausgeplante, aber auch ungeplante, nicht vorhergesehene Kapazitätsveränderung durch den Einsatz der Strategien mit der erforderlichen Reaktionsgeschwindigkeit durchgeführt werden kann.

Zusammenfassend betrachtet zeigen sich *Handlungsfelder* zum einen im Bereich der Bereitstellung bewerteter *Strategiebausteine zur Veränderung der Montageanlagenkapazität* und zum anderen im Bereich der *Planung und Gestaltung stückzahlflexibler Montagesysteme* zur situationsgerechten Kapazitätsveränderung.

3 Stand der Forschung und Technik

In Kapitel 3 werden die für die Thematik dieser Arbeit relevanten Lösungsansätze aus Forschung und Technik vorgestellt und diskutiert. Die Inhalte sind entsprechend der beiden Hauptthemenfelder dieser Arbeit in Maßnahmen zur Kapazitätsabstimmung der Montage sowie Planung stückzahlflexibler Montagesysteme aufgeteilt. Abgeschlossen wird das Kapitel mit einer Zusammenfassung der bestehenden Defizite bei diesen Themen sowie der Ableitung des daraus resultierenden Handlungsbedarfs in Form der Anforderungen an das Konzept dieser Arbeit, der Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme.

3.1 Kapazitätsabstimmung der Montage

In der Literatur finden sich zur Kapazitätsabstimmung der Produktion mit dem Absatz verschiedene theoretische, allgemeingültige Ansätze, die sich vor allem auf die Produktion eines Unternehmens im Allgemeinen und weniger auf die Montage im Speziellen beziehen. Daneben werden aber vielfach auch konkretere Maßnahmen zur Kapazitätsveränderung von Montagesystemen beschrieben, die zum einen in Form prinzipieller, praxisorientierter Maßnahmen und zum anderen im Rahmen konkreter Praxisbeispiele aus Unternehmen dargestellt werden. Im Folgenden werden nur die wichtigsten theoretischen und praxisorientierten Ansätze vorgestellt und diskutiert.

3.1.1 Prinzipien der Kapazitätsabstimmung

Zur zeitlichen und mengenmäßigen Anpassung der Produktionskapazität an den schwankenden Absatzverlauf werden drei *Abstimmungsprinzipien* (Bild 3-1) unterschieden [HOITSCH 1993; WÖHE 1990; KILGER 1973; GUTENBERG 1983, S. 134]. Beim *Synchronisationsprinzip* (*Gleichlaufprinzip*) wird die Produktionsmenge jeweils kontinuierlich an die Absatzmenge pro Teilperiode angepasst, und es ist lediglich eine geringe Lagerhaltung des Produkts erforderlich. Die Produktionskapazitäten müssen aber auf extreme Nachfragesituationen ausgerichtet werden können. Bei Absatzrückgang entstehen Kosten für die ungenutzten Produktionskapazitäten und zusätzliche Kosten können aufgrund der Produktionsschwankungen für Personalaufbau und -abbau entstehen. Beim *totalen Emanzipationsprinzip* (*Ausgleichsprinzip*) ist die Produktionsmenge völlig unabhängig von der Absatzmenge und über die gesamte Planungsperiode konstant. Die unterschiedlichen Absatzmengen haben Über- oder Unterkapazität der Produktion zur Folge, die durch Lageraufbau oder -abbau pro Teilperiode abgeglichen werden kann. Dies verursacht einerseits Lagerkosten, andererseits kann die Produktionskapazität konstant gehalten werden. Es entstehen kaum Leerlauf- oder Anpassungskosten.

Beim *partiellen Emanzipationsprinzip (Zeitstufenprinzip)* wird die Produktionsmenge in Stufen an die Absatzmenge angepasst. Dabei wird die Produktion für einen definierten Zeitraum auf einem bestimmten Niveau konstant gehalten und dann entsprechend angepasst. Dies stellt einen Kompromiss zu den ersten beiden Extremlösungen dar. Hierbei entstehen sowohl Leer- und Lagerkosten als auch Kapazitätsanpassungskosten, die jedoch geringer als bei den beiden Extremlösungen sind. Optimal ist die Abstimmung, wenn die Summe aus durchschnittlichen Lagerkosten und Betriebsbereitschaftskosten der Anlagen ihr Minimum aufweisen.

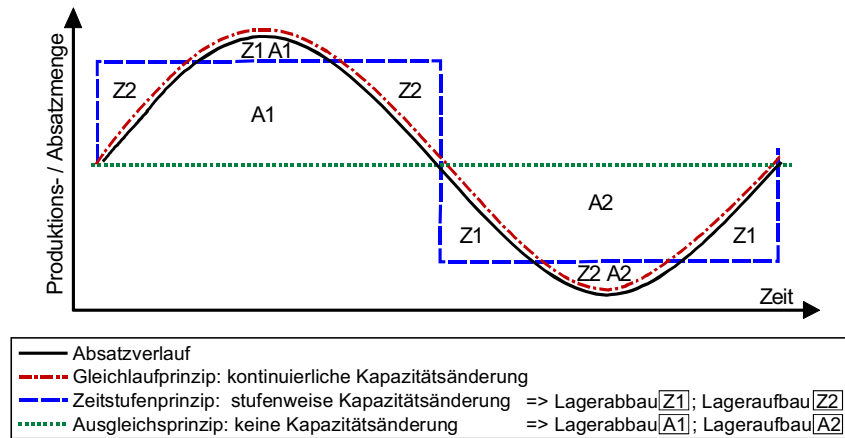


Bild 3-1: Gleichlauf-, Zeitstufen- und Ausgleichsprinzip zur Kapazitätsabstimmung nach HOITSCH [1993, S. 97]

Abhängig vom Kapazitätsangebot sowie von der Ausprägung des Kapazitätsbedarfs schlagen HOITSCH [1993, S. 98FF.] und WIENDAHL [1997, S. 323FF.] unterschiedliche Einsatz- und Kombinationsfälle der Kapazitätsabstimmungsprinzipien/-formen für Anpassung und Abgleich (vgl. Kap. 2.1.2) vor. Der Einsatz dieser Abstimmungsformen hängt jedoch stark vom Produktionstyp des Unternehmens, der Art der Saisonstruktur, den Lagerrandbedingungen (Größe, Kapitalbindung) sowie den Produktionsrandbedingungen (Automatisierungsgrad) ab.

Die dargestellten Prinzipien stellen keine konkret anwendbaren Maßnahmen dar, mit denen sich die Kapazität eines Montagesystems verändern lässt. Sie zeigen lediglich auf, welche Auswirkungen eine Abstimmungsmaßnahme auf die Kapazität bzw. Ausbringung eines Montagesystems hat und eignen sich somit eher zur Charakterisierung konkreter Kapazitätsabstimmungsmaßnahmen.

3.1.2 Theoretische Ansätze zur Kapazitätsanpassung

Zur Anpassung der Produktionskapazitäten an den Absatz werden in der Literatur unterschiedliche theoretische Ansätze diskutiert, die sich allgemein auf die gesamte Produktion eines Unternehmens beziehen. Als theoretische Ansätze werden in diesem Zusammenhang die *quantitative, zeitliche, intensitätsmäßige und qualitative Anpassung* (Bild 3-2) der Produktionsfaktoren Mensch und Maschine genannt [GUTENBERG 1983, S. 354FF.; HARTMANN 1962, S. 24FF.; KILGER 1959; REICHMANN 1968, S. 36FF.; STINNES 1974, S. 46FF.].

Formen zur Anpassung der Produktionskapazitäten			
quantitativ	zeitlich	intensitätsmäßig	qualitativ
Variation der Einsatzmenge der Produktionsfaktoren Mensch und Maschine	Veränderung der Produktionszeit bei gleicher Menge und Intensität der Nutzung der Produktionsfaktoren	Mengenmäßig unveränderte Produktionsfaktoren (v. a. Maschinen) werden mit unterschiedlicher Intensität genutzt	Selektion leistungsschwacher Produktionsfaktoren mit quantitativen Leistungseffekten

Bild 3-2: *Anpassung der Produktionskapazität an Beschäftigungsschwankungen*
[GUTENBERG 1983]

Unter *quantitativer Anpassung* wird die Variation der Faktoreinsatzmenge (Mensch und Maschine) in positiver und negativer Richtung verstanden, was zu einer Variation der Bearbeitungsmenge führt. Dies wird zum einen erreicht durch eine Veränderung des Beschäftigungsquerschnitts, wobei Produktionsanlagen stillgelegt oder wieder in Betrieb genommen und Mitarbeiter entlassen oder neu eingestellt werden. Zum anderen kann dies auch durch eine Veränderung des Kapazitätsquerschnitts erfolgen, wobei die Anzahl an Produktionsmitteln im Betrieb durch Kauf oder Verkauf verändert wird. Bei der *zeitlichen Anpassung* handelt es sich um einen Spezialfall der quantitativen Anpassung. Dabei wird die Produktionszeit bzw. Bearbeitungsdauer bei gleicher Menge und gleicher intensiver Nutzung der Produktionsfaktoren verlängert oder verkürzt (z. B. Schichtanzahl). Daher handelt es sich dann um eine kombinierte zeitlich-quantitative Anpassung: zeitlich bzgl. der Maschinen und quantitativ bzgl. der Arbeitskräfte. Bei der *intensitätsmäßigen Anpassung* werden die mengenmäßig unveränderten Produktionsfaktoren mit unterschiedlicher Intensität bzw. Bearbeitungsgeschwindigkeit (z. B. Maschinentaktzeit oder Arbeitstempo des Menschen) genutzt. Sie ist charakterisiert durch unterschiedliche Auslastungen des unveränderten Faktorbestandes bei unveränderter Betriebszeit, was insgesamt zu einer Veränderung des Wirkungsgrads der Produktionsfaktoren führt. Unter *qualitativer Anpassung* versteht GUTENBERG [1983] die Selektion leistungsschwacher

Faktoren mit quantitativen Leistungseffekten (z. B. Abbau technisch überholter oder verbrauchter Maschinen oder weniger qualifizierter Personen).

HARTMANN [1962, S. 21] definiert als Merkmale der Produktionselastizität die *technische*, *wirtschaftliche* und *zeitliche Anpassungsfähigkeit*. Er untersucht in diesem Zusammenhang die Produktionselastizität als Faktor der industriellen Absatzplanung. Ziel ist die Analyse der Produktionselastizität eines Betriebs in Abhängigkeit von Fertigungsart, -organisation, Produktionsprogramm, Branche und Betriebsgröße. Bei der *technischen Anpassungsfähigkeit* kann eine Produktmengenanpassung durch die Variation des effektiven Beschäftigungsquerschnitts (Anzahl betriebener Arbeitsplätze/Maschinen), der effektiven Beschäftigungsdauer (zeitliche Nutzung von Mensch bzw. Betriebsmittel), der effektiven Leistungsintensität (Leistungsmenge je Arbeitskraft/Produktionsmittel pro Zeiteinheit) [HARTMANN 1962, S. 23FF.] sowie durch die Austauschbarkeit von Beschäftigungs- oder Produktionstiefe und -breite (z. B. Zulieferung zuvor selbst gefertigter Baugruppen) [HARTMANN 1962, S. 32] erreicht werden. Unter der *wirtschaftlichen Anpassungsfähigkeit* versteht er die Kostenelastizität. Diese hängt von der allgemeinen Kostenstruktur des Betriebs, der Beschäftigungslage im Augenblick der sich ändernden Beschäftigungsverhältnisse sowie der Richtung der Beschäftigungsveränderung ab [HARTMANN 1962, S. 37FF.]. Die *zeitliche Anpassungsfähigkeit* bezieht sich auf die Zeitdauer, die von der Art der Anpassung sowie dem Aufbau, Umfang und den Randbedingungen des Produktionsprozesses abhängig ist.

Auch REICHMANN [1968, S. 36FF.] greift auf die zuvor beschriebenen Anpassungsformen zurück und unterscheidet bei der quantitativen Form der Anpassung zusätzlich in eine Anpassung im engeren Sinne (im Rahmen des gegebenen Betriebsmittelbestands durch zeitweise Stilllegung) und im weiteren Sinne (Betriebsmittelanschaffung oder -verkauf sowie Arbeitskräftebestandsveränderung). Ferner ordnet er die zeitliche und intensitätsmäßige Anpassung sowie die quantitative Anpassung im engeren Sinne der *kurzfristigen Produktionsanpassung* zu, während die qualitative Anpassung und die quantitative Anpassung im weiteren Sinne im Rahmen der *langfristigen Produktionsplanung* durchgeführt werden. Bei der qualitativen Anpassung führt er an, dass sich diese auf den Ersatz von Produktionsfaktoren mit größerer Leistungsfähigkeit und veränderter Arbeitsweise bezieht. Im weiteren beschreibt er allgemeingültig, welche Anpassungsmaßnahme sich zum Einsatz bei welchem Produktionsfaktor eignet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die vorgestellten Ansätze zur Kapazitätsanpassung der Produktion prinzipiell gleich, aber mit unterschiedlicher Ausprägung aufzeigen, in welcher Form sich die Kapazität der Produktionsfaktoren Mensch und Maschine verändern lässt. Sie sind jedoch allgemeingültig für die Produktion, ohne Bezug auf Montagesysteme, formuliert und stellen keine konkret anwendbaren Maßnahmen für die Montage dar. Diese Systematisierung eignet sich jedoch für diese Arbeit zur Charakterisierung der Funktionsweise von Kapazitätsanpassungsmaßnahmen.

3.1.3 Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung der Montage

Im Folgenden werden zur strukturierten Darstellung die Kapazitätsanpassungsmaßnahmen, abhängig vom primären Fokus ihrer Kapazitätsveränderung, in organisatorische, technische oder personelle Rubriken unterteilt. Oftmals haben dabei die primären Maßnahmen auch sekundäre Maßnahmen aus anderen Rubriken zur Folge.

3.1.3.1 Prinzipielle, praxisorientierte Maßnahmen

Kapazitätsveränderung im Rahmen der Arbeitszeitorganisation

Zur Anpassung der Produktionskapazität an den Absatzbedarf kann eine *Anpassung der Betriebszeiten* der Montage erfolgen. Die Entkopplung von Arbeits- und Betriebszeiten ermöglicht dabei eine bedarfsgerechte Anpassung der Betriebszeit an die Marktnachfrage, weitgehend unabhängig von der individuellen Arbeitszeit des Mitarbeiters. Für die Entwicklung und Einführung flexibler Arbeits- und Betriebszeiten sind verschiedene gesetzliche, betriebliche, tarif- und einzelvertragliche Rahmenbedingungen und Regelungen, die Wettbewerbsfaktoren der Unternehmen sowie humane und soziale Aspekte der Mitarbeiter zu berücksichtigen [BULLINGER 1995, S. 265ff.; BECK 1997]. Aufbauend auf diesen Rahmenbedingungen wurden eine Vielzahl unterschiedlicher *Arbeitszeitmodelle* entwickelt (Bild 3-3), die sich anhand von zwei Merkmalen unterscheiden. Das erste Merkmal stellt die Entkopplung von Arbeits- und Betriebszeit mit den beiden Gestaltungsparametern Dauer sowie Lage und Verteilung der Arbeitszeit dar. Das zweite Merkmal kennzeichnet den Flexibilisierungsgrad der Arbeitszeitmodelle, der sich durch die Anpassungsgeschwindigkeit an verschiedene Flexibilitätsbedarfe darstellt. Dabei wird zwischen offenen und geschlossenen Arbeitszeitmodellen unterschieden.

FLEXIBLE ARBEITSZEITMODELLE		
Flexible Lage der Arbeitszeit	Flexible Dauer der Arbeitszeit	Flexible Dauer und Lage der Arbeitszeit
<ul style="list-style-type: none"> ● Schichtsysteme ● Mehrfachbesetzungssysteme ● Versetzte/gestaffelte Arbeitszeit u. Pausenregelung ● Arbeitszeitdifferenzierung ● Ungleichmäßige Verteilung der Arbeitszeit ● Arbeitsanfallorientierte "Freie-Tage-Regelung" 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gleitzeit ● Jahresarbeitszeitvertrag ● Kapazitätsorientierte variable Arbeitszeit ● Baukastenmodelle ● Zeitautonome Arbeitsgruppen ● Job-Sharing 	<ul style="list-style-type: none"> ● Teilzeit ● Teilzeit-Schichten ● Roulierende Teilzeit ● Vorruhestand ● Gleitender Übergang in den Ruhestand

Bild 3-3: Flexible Arbeitszeitmodelle nach BULLINGER [1995, S. 285]

Offene Arbeitszeitmodelle können bzgl. Lage und Dauer der Arbeitszeit innerhalb eines Bezugszeitraums mehrmals verändert werden [WILDEMANN 1992]. BULLINGER [1995, S. 265FF.] beschreibt die Art und Ausprägung der am häufigsten eingesetzten flexiblen Arbeitszeitmodelle und differenziert diese nach den Merkmalen flexible Lage, flexible Dauer sowie flexible Lage und Dauer der Arbeitszeit (Bild 3-3).

Primär technische Kapazitätsveränderung

Aufgrund der Unsicherheit der Märkte und der hohen Investitionskosten für Montageanlagen kommt der *stufenweisen Ausbaufähigkeit von Montageanlagen* zur Kapazitätsveränderung sowie der Wiederverwendungsfähigkeit der Systemkomponenten eine besondere Bedeutung zu. Dies gilt vor allem während der Markteinführungsphase eines Produkts [LOTTER U. A. 1998, S. 3FF.]. Durch den Ausbau vom manuellen über ein teilautomatisiertes bis hin zum vollautomatisierten Montagesystem kann während der gesamten Nutzungsdauer der Montageanlage der Automatisierungsgrad optimal stufenweise an den Absatzverlauf und damit an die Stückzahlveränderung angepasst werden. Beispiele für derartige Anpassungskonzepte sowie die Anforderungen an die Montagetechnik finden sich bei FRAUENFELDER [1999], HYMOS [1999, S. 54FF.], LOTTER U. A. [1998], REINHART & DÜRRSCHMIDT [1998] und FICHTMÜLLER [1996]. Dieses Vorgehen reduziert die Gefahr einer Fehlinvestition in der Anlaufphase des Produkts, da die höheren Ausbaustufen erst dann realisiert werden, wenn das Kapazitätspotenzial der aktuellen Stufe erschöpft ist, so dass die Investitionen gestaffelt und zum jeweils spätesten Zeitpunkt bei hoher Sicherheit der Absatzentwicklung vorgenommen werden können. Somit ist zu jedem Zeitpunkt nur die erforderliche Kapazität vorhanden und es wird eine wirtschaftliche Montage bei niedrigem Investitionsrisiko ermöglicht [FRAUENFELDER 1999; LOTTER U. A. 1998, S. 105; REINHART & DÜRRSCHMIDT 1998; REINHART U. A. 1998].

Zur Kapazitätsanpassung der Montage bei starken Stückzahlschwankungen wird die Gestaltung der Montage in Form eines „*Renner- und Exotenmontagesystems*“ vorgeschlagen [BULLINGER 1995, S. 106 FF.]. Im Rennersystem werden Typen mit konstanter, hoher Stückzahl bearbeitet. Zur Veränderung der Grundkapazität zum Abfangen der Stückzahlschwankungen, zur Bearbeitung von Eilaufträgen oder zur Montage seltener Typen und Varianten wird parallel zum Rennersystem ein eigenständiges Exotensystem betrieben. Dieses hat in der Regel eine geringere Kapazität und die Montagetechnik ist einfacher und geringer automatisiert gestaltet, um die Einsatz- und Verwendungsflexibilität zu erhöhen.

Als weitere Möglichkeit zur Kapazitätsanpassung, vor allem bei hybriden Montagesystemen, schlagen BULLINGER [1995, S. 113FF.] und LOTTER U. A. [1998, S. 105] eine *Überdimensionierung der Anlage* vor, bei der mehr Arbeitsplätze vorhanden sind, als bei normaler Auslastung benötigt werden. Die Überdimensionierung kann prinzipiell durch *Reservekapazität* erfolgen, die zum einen *in Reihe angeordnet* werden kann (Bild 3-4) und bei der nur eine zeitweise Besetzung der Arbeitsplätze (einfach vorhanden) durch Arbeitsplatzwechsel erfolgt.

3 Stand der Forschung und Technik

Durch Umverteilung der Arbeitsinhalte an den Arbeitsstationen auf beispielsweise die halbe Mitarbeiteranzahl oder durch abwechselndes Arbeiten von zwei anstatt vier Personen an vier Arbeitsplätzen kann das Produktionsvolumen halbiert oder wieder verdoppelt werden. Zum anderen kann die Überdimensionierung durch *parallel angeordnete Reservekapazität* bzw. Produktionsstrukturen (Parallelinvestition) erfolgen. Dadurch ist unter anderem eine flexible und kostengünstige Anpassung der Produktion an den Marktbedarf in Bezug auf Stückzahl-schwankungen und Variantenvielfalt insbesondere unter verstärktem Einsatz manueller Tätigkeiten möglich. Die manuelle Produktion passt sich durch den geringen Fixkostenanteil ohne starke Erhöhung der Stückkosten an den aktuellen Bedarf an [WIENDAHL & RÖHRIG 1998].

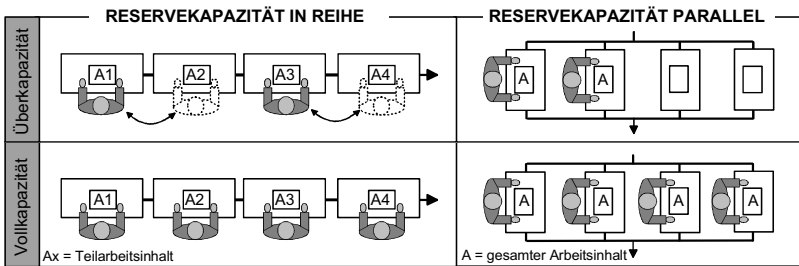


Bild 3-4: Überdimensionierung der Kapazität eines Montagesystems durch in Reihe oder parallel angeordnete Reserve-Arbeitsplätze

Primär personelle Kapazitätsveränderung

Im Zusammenhang mit der *Anpassung der personellen Kapazität* in Unternehmen führt RITTER [1988, S. 21ff.] an, dass im Rahmen der Beschäftigungsplanung eines Unternehmens das Ziel verfolgt werden sollte, einmal eingegangene Arbeitsverhältnisse aufrechtzuerhalten und nur bei bestimmten Ausnahmen davon abzugehen. Gründe dafür sind, dass qualifizierte Arbeitskräfte wertvolles Kapital für das Unternehmen darstellen, Entlassungen im größeren Umfang dem Image des Unternehmens schaden und zudem die Fluktuation im Unternehmen erhöhen. Ferner verursachen Kündigungen erhebliche rechtliche Probleme sowie wirtschaftlichen und zeitlichen Aufwand. Reduzierungen der personellen Kapazität in der Produktion können bei Nachfragerückgang im größeren Umfang nur durch Kurzarbeit, Entlassungen, Betriebsänderung durch Stilllegungen, Aufhebungsverträge mit Abfindungen sowie vorzeitige Pensionierungen erfolgen. Weitere flankierende Maßnahmen zur personellen Kapazitätsanpassung sind Einstellungsbeschränkungen, Abbau von Mehrarbeit und Überstunden, Umsetzung von Arbeitskräften und das Beenden befristeter Arbeitsverträge. Insgesamt betrachtet, lässt sich der Produktionsfaktor Mensch in Deutschland somit nur in beschränktem Umfang und mit hohen Kosten an konjunkturelle Absatzschwankungen anpassen.

Eine andere Möglichkeit der *personellen Kapazitätsanpassung* beschreibt HACKSTEIN [1989, S. 222FF.] in Form des flexiblen Austauschs von Arbeitskräften zwischen Fertigungsanlagen oder -bereichen. Je nach Arbeitsbedarf kann das Personal an mehreren Maschinengruppen flexibel eingesetzt werden. Dabei kann zwischen dem Springer-, Komplementär- und Poolmodell unterschieden werden. Beim *Springermodell* können alle flexiblen Arbeitskräfte neben ihrer Maschinengruppe auch alle anderen Maschinengruppen ihres Fertigungsbereichs bedienen. Beim *Komplementärmodell* werden zwei Maschinengruppen zusammengefasst, so dass die flexiblen Arbeitskräfte mit einer geringen Mehrfachqualifikation auch die zweite Maschinengruppe zur Kapazitätsanpassung bedienen können. Beim *Poolmodell*, der Erweiterung des Komplementärmodells, werden die komplementären Beziehungen in einer Poolgruppe vereinigt und alle flexiblen Arbeitskräfte einer Poolgruppe direkt oder indirekt als Stammpersonal zugeordnet. Somit kann jede flexible Arbeitskraft in der Poolgruppe und einer weiteren Maschinengruppe (Nicht-Poolgruppe) eingesetzt und zwischen beiden auch ausgetauscht werden.

Primär absatzpolitische Maßnahmen zur Kapazitätsabstimmung

Die Abstimmung von Kapazitätsbedarf und -angebot vor allem bei saisonalen Absatzschwankungen kann auch durch absatzpolitische Maßnahmen (Bild 3-5) erreicht werden [REICHMANN 1968, S. 35, STINNES 1974, S. 84FF.; WÖHE 1990]. *Absatzpolitische Maßnahmen* wirken sich vor allem auf die Höhe und Verteilung des Kapazitätsbedarfs aus, wodurch ein Abgleich mit dem Kapazitätsangebot erreicht wird. So kann das Unternehmen versuchen, durch eine zeitliche Preisdifferenzierung (im Saisontief niedrigere und im Saisonhoch höhere Preise) oder eine zeitlich zyklische Werbung (verstärkte Werbeaktivitäten in Saisontiefs) die Saisonschwankungen auszugleichen. Zudem kann durch eine Ausweitung des Absatzes in Märkte mit gegensätzlichen saisonalen Nachfrageschwankungen eine antizyklische Nachfrageänderung erreicht werden. Durch einen Verzicht auf die Deckung des gesamten im Zeitablauf anfallenden Bedarfs zu gegebenen Preisen oder durch eine zeitliche Verlagerung von Produktions- und Liefertermin kann ebenfalls ein gewisser Ausgleich des saisonalen Absatzverlaufs erreicht werden. Schließlich besteht noch die Möglichkeit, in das Produktprogramm des Unternehmens weitere Erzeugnisse aufzunehmen (Produktion mit gleichen Produktionsmitteln), deren saisonale Absatzschwankungen gegenüber den ursprünglichen Produktgruppen phasenverschoben sind, so dass der Gesamtabsatz und die Produktionskapazität über die Zeit ausgeglichen, dass heißt konstant

ABSATZPOLITISCHE MAßNAHMEN

- Zeitliche Preisdifferenzierung
- Zeitlich zyklische Werbung
- Gegensätzliche Märkte mit antizyklischer Nachfrage
- Verzicht auf Deckung des gesamten Bedarfs
- Zeitliche Verlagerung von Produktion und Liefertermin
- Zusätzliche Erzeugnisse mit phasenverschobenem Absatz
- Zusatzkapazität in anderen Betrieben

Bild 3-5: *Kapazitätsabgleich durch absatzpolitische Maßnahmen*

sind. Saisonschwankungen können letztendlich auch durch Übernahme oder Vergabe von Lohnarbeiten von anderen oder an andere Betriebe ausgeglichen oder abgeschwächt werden.

Entscheidend für den Einsatz absatzpolitischer Instrumente zum Einfluss auf den Absatzverlauf ist, dass die Gesamtkosten, die durch diese Maßnahmen zur Nivellierung der Absatzschwankungen entstehen, geringer sind als die Gesamtkosten, die bei optimaler Abstimmung von Kapazitätsanpassung und Lagerhaltung entstehen. Der Fokus dieser absatzpolitischen Maßnahmen liegt auf der Veränderung der Absatzmenge bzw. der zeitlichen Verteilung des Absatzbedarfs und sie bewirken überwiegend einen Abgleich der Produktionskapazitäten. Der Fokus dieser Arbeit bezieht sich jedoch auf Maßnahmen, die eine Anpassung oder einen Abgleich der Montagekapazität bewirken. Daher haben absatzpolitische Maßnahmen mit Ausnahme der zeitlichen Verlagerung des Produktionstermins keine Relevanz für diese Arbeit.

Zusammenfassend lässt sich für die Inhalte des Kapitels 3.1.3.1 feststellen, dass in den verschiedenen Literaturquellen jeweils nur einzelne prinzipielle Maßnahmen zur Kapazitätsveränderung mit einem ganz bestimmten Fokus ohne ganzheitliche Systematik oder detaillierte Charakterisierung genannt werden. Zudem wird in den meisten Fällen nicht oder nur pauschal auf deren Einsetzignung für bestimmte Absatzverläufe eingegangen. Dennoch können die dargestellten Ansätze im Rahmen dieser Arbeit als Maßnahmen zur Kapazitätsveränderung der Montage aufgegriffen und als Basis zur Entwicklung eines umfassenden, systematisierten und bewerteten Pools von Anpassungsmaßnahmen herangezogen werden.

3.1.3.2 Praxisbeispiele zur Kapazitätsanpassung

Kapazitätsveränderung im Rahmen der Arbeitszeitorganisation

Verschiedene Beiträge zeigen, wie durch eine flexible Gestaltung und volle Ausnutzung der Rahmenbetriebsvereinbarungen „Arbeitszeit“ ein *flexibles Arbeitszeitmodell* entwickelt werden kann. Damit ist die Anpassung der Produktionskapazitäten an den Absatzbedarf am Markt sehr gut möglich. So treten bei der Produktion von Landmaschinen Absatzschwankungen mit einem Hoch im Frühjahr und Herbst auf. PRÜFER [1998] beschreibt vier mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Kapazität. Dies sind die Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit durch Einstellung zusätzlicher temporärer Mitarbeiter, die Veränderung der Arbeitszeiten in einem sehr großen Rahmen bzgl. Dauer, Lage, Schichtanzahl sowie Wochenendarbeit, das Outsourcing von Teilaufgaben sowie die Verlängerung von Lieferzeiten, soweit vom Kunden oder Markt akzeptiert. Zur Kapazitätsreduzierung bei Absatzschwankungen nennt er das Ausscheiden befristeter Mitarbeiter, den Abbau von Zeitguthaben durch Gleitzeit, die Reduzierung der Arbeitszeit auf bis zu 30 Stunden pro Woche ohne Lohnausgleich oder bis zu 3 Arbeitstagen (18 Stunden pro Woche), die Einführung von Kurzarbeit, betriebsbedingte Kündigungen sowie Arbeitsaufhebungsverträge.

Eine andere Form eines flexiblen Arbeitszeitmodells stellt MATHES [1998] zur Anpassung der Personalkapazität an die extremen Absatzschwankungen von Wäschetrocknern vor, deren Absatz im Oktober sechsmal höher als im Juni ist (Bild 3-6). Das *flexible Arbeitszeitmodell* sieht vor, dass zwischen null und achtzehn Schichten pro Woche gearbeitet werden kann. Der Ausgleichszeitraum zum Erreichen der vereinbarten, durchschnittlichen Arbeitszeit beträgt dabei 12 Monate. Bei HYMOS [1999, S. 120] findet sich ein ähnlich flexibles Arbeitszeitmodell, das pro Woche eine Schwankungsbreite von ± 15 Stunden und einen Ausgleichszeitraum von mindestens 24 Monaten vorsieht. Pro Arbeitstag kann bis zu 24 Stunden gearbeitet werden, der wöchentliche Tagesdurchschnitt beträgt in der Regel 17 Stunden. Die individuelle Arbeitszeit eines Mitarbeiters beträgt 35 Stunden pro Woche, und es kann auch an Samstagen gearbeitet werden. Ein weiteres, interessantes flexibles Arbeitszeitmodell stellt WENDLAND [1998] in Form eines Teilzeitarbeitsmodells vor, das für 60% der Produktionsmitarbeiter eingesetzt wird. Mit bis zu vier Teilzeitschichten pro Tag mit jeweils 4 Stunden sowie einer flexiblen Arbeitszeit pro Schicht ist er in der Lage, die Produktionskapazitäten sehr flexibel an den Bedarf anzupassen.

FLEXIBLE ARBEITSZEITMODELLE		
MATHES	HYMOS	WENDLAND
<ul style="list-style-type: none"> ● 6 Arbeitstage mit 0-18 Schichten ● Ausgleichszeitraum 12 Monate 	<ul style="list-style-type: none"> ● Arbeitsstunden pro Woche: +/-15 Stunden ● Ausgleichszeitraum: 24 Monate ● Betriebszeit pro Tag: Ø 17 Std.; max. 24 Std. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Teilzeitarbeitsmodell für 60% der Mitarbeiter ● 1 bis 4 Teilzeitschichten mit 4 Stunden ● Flexible Arbeitszeit pro Schicht

Bild 3-6: *Unterschiedliche Ausprägungen flexibler Arbeitszeitmodelle*

Kombination organisatorischer, technischer und personeller Maßnahmen

Bei *technischen Kapazitätsveränderungen einer Montageanlage* sind in der Regel auch *personelle Kapazitätsveränderungen* notwendig. So beschreibt GEYER [1999] ein breites Spektrum an Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung der Montage für Staubsauger (Bild 3-7). Bei kurzfristigen, täglichen oder wöchentlichen und teilweise auch bei saisonalen Absatzschwankungen erfolgt eine Anpassung der Montagekapazität durch Veränderung der Mitarbeiteranzahl an den dreifachen Montagearbeitsplätzen. Der Einsatz einfach aufgebauter Nebenmontagesysteme mit geringerer Kapitalinvestition und niedrigerer Ausbringung erfolgt vor allem bei saisonalen Absatzschwankungen. Bei langfristigen Änderungen der Absatzzahlen wird eine Veränderung des Automatisierungsgrads im Montagesystem oder die Duplizierung des Montagesystems vorgenommen. Die typenvariable Montage ist bei allen Montageanlagen möglich

und wird zur Kapazitätsanpassung bei allen temporären, kurzfristigen Absatzschwankungen eingesetzt. Als arbeitsorganisatorische Maßnahme wird die Veränderung der Arbeitszeit im Rahmen eines flexiblen Arbeitszeitmodells mit den Parametern Variation der wöchentlichen Arbeitszeit inkl. jährlicher Arbeitszeitkonten, Veränderung der täglichen Schichtanzahl sowie Samstagsarbeit bei kurzfristigen und saisonalen Schwankungen verwendet.

MAßNAHMEN ZUR ANPASSUNG DER KAPAZITÄT	
tägliche, wöchentliche und saisonale Absatzschwankungen	langfristige Absatzveränderungen
<ul style="list-style-type: none">● Veränderung der Mitarbeiteranzahl an dreifach vorhandenen Arbeitsplätzen● Variation der täglichen Arbeitszeit● Veränderung der Schichtanzahl● Samstagsarbeit● Nebenmontagesystem	<ul style="list-style-type: none">● Veränderung der Schichtanzahl● Veränderung des Automatisierungsgrads● Duplizierung der Montagesysteme

Bild 3-7: Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung nach GEYER [1999]

Primär technische Kapazitätsveränderung

Verschiedene *Praxisbeispiele zur technischen Kapazitätsveränderung* von Montagesystemen werden bei HYMOS [1999, S. 63] aufgeführt. Dabei wird in einem Fall ein Montagesystem während der mehrjährigen Einführungs- und Wachstumsphase stufenweise mittels modular aufgebauter Montagesystemkomponenten, beginnend mit einem hybriden, über ein vollautomatisiertes Montagesystem erweitert, und in der Auslaufphase wieder zum hybriden Montagesystem zurückgebaut. Des weiteren besteht zur Kapazitätsveränderung die Möglichkeit der Erweiterung eines Montagesystems durch eine zusätzliche manuelle Arbeitsstation [HYMOS 1999, S. 71]. Eine ganz andere technische Maßnahme zur Kapazitätsanpassung stellt die Montage eines Produkts auf drei parallelen Montagelinien, einer Großserien- und zwei Kleinserienlinien, mit unterschiedlicher Gestaltung und Kapazität dar. Auf jeder der drei Linien können prinzipiell alle Typen montiert werden und lediglich die Größe des Auftrags entscheidet, auf welcher Linie die Montage durchgeführt wird.

Weitere Beispiele zur *technischen Anpassung der Montagekapazität* beschreiben LOTTER U. A. [1998, S. 109ff.]. In einem Fall wird eine Verdreifachung der Produktionsstückzahlen durch den Ausbau der hybriden Montageanlage für Gasventile durch Erhöhung des Mechanisierungs- bzw. Automatisierungsgrads einzelner Montage- und Handhabungsprozesse in vier Stufen erreicht (Bild 3-8). Die Steigerung der Ausbringung wird durch Reduzierung der Bearbeitungszeit einzelner Prozesse ermöglicht. Parallel dazu wird zur Erhöhung der Stückzahl ein

flexibles Arbeitszeitmodell bis hin zum Zweischichtbetrieb eingesetzt. In einem anderen Fallbeispiel beschreiben LOTTER U. A. [1998, S. 113], wie die Kapazität des Montagesystems in drei Stufen durch die Kombination der Maßnahmen Ausbau der Montageanlage mit manuellen Arbeitsplätzen sowie Erhöhung des Automatisierungsgrads von Arbeitsstationen erweitert werden kann. Dazu werden nach der Grundausbaustufe in der zweiten Ausbaustufe die manuellen Arbeitsplätze verdoppelt und die Arbeitsinhalte darauf aufgeteilt. In der dritten Stufe werden zur Kosten- und Taktzeitreduzierung zwei der vier Arbeitsstationen automatisiert.

MAßNAHMEN ZUR ANPASSUNG DER KAPAZITÄT	
<u>Hybrides Montagesystem</u>	<u>Montagesystem mit drei Kapazitätsstufen</u>
<ul style="list-style-type: none">● Stufenweiser Ausbau der Montageanlage in vier Stufen in Verbindung mit Erhöhung des Automatisierungsgrads● Anpassung des Arbeitszeitmodells	<ul style="list-style-type: none">● Grundausbaustufe mit 2 Arbeitsplätzen● 2. Stufe: Duplizierung der Arbeitsplätze in Reihe (Aufteilung der Arbeitsinhalte)● Automatisierung von zwei Stationen

Bild 3-8: Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung nach LOTTER U. A. [1998]

Zusammenfassend lässt sich für die Inhalte des Kapitels 3.1.3.2 feststellen, dass im Rahmen der verschiedenen Praxisbeispiele jeweils nur bestimmte, auf den Absatzverlauf abgestimmte Maßnahmen mit unterschiedlichem Fokus und definierter Ausprägung zur Kapazitätsveränderung der Montage genannt werden. Wieso gerade diese und nicht andere Maßnahmen nach welcher Entscheidungsgrundlage und aus welchen Möglichkeiten von Maßnahmen ausgewählt wurden, wird nicht deutlich. Somit gewinnt der Planer nur einen Überblick über die angewandten Anpassungsmaßnahmen und Hinweise auf deren Einsetzbarkeit. Dennoch können die in den Praxisbeispielen aufgeführten Maßnahmen zur Kapazitätsveränderung sowie deren Einsatzfälle im Rahmen dieser Arbeit aufgegriffen werden und zur Entwicklung eines umfassenden, systematischen und bewerteten Pools von Anpassungsmaßnahmen beitragen.

3.1.4 Abstimmungsverfahren von Produktion und Absatz

Neben den zuvor vorgestellten Formen zur Kapazitätsabstimmung wurden in den sechziger und siebziger Jahren auch viele unterschiedliche, teilweise komplexe mathematische Modelle bzw. Verfahren zur *simultanen Programm-, Kapazitäts- oder Investitionsplanung sowie Preisplanung* [STINNES 1974; BRUNNER 1962; KILGER 1973] zur Abstimmung von Produktion und Lager bei schwankendem (saisonalen) Absatzverlauf entwickelt. Diese Verfahren erfordern eine aufwändige Informationsversorgung und sind somit teilweise nicht praktikabel. Daher werden vielfach einfache Wirtschaftlichkeitsrechnungen in Form von Produktions- und

Lagerkostenvergleichsrechnungen oder dynamischen Investitionsrechnungen eingesetzt. Eine gewinnoptimale Abstimmung von Produktions- und Absatzmenge kann damit nur innerhalb der kurzfristigen, operativen Produktionsprogrammplanung erfolgen. Dabei wird allerdings von gegebenen, bereits langfristig festgelegten Produktionskapazitäten ausgegangen und es erfolgt keine quantitative Anpassung der Produktionsfaktoren. Verschiedene Fälle zur Kapazitätsharmonisierung (alle Maschinenkapazitäten sind bei niedrigsten Kosten auf das geplante langfristige Produktionsvolumen abgestimmt) werden von HOITSCH [1993, S. 98FF.] beschrieben. Das Vorgehen bei der Programmplanung bei saisonalen Absatzschwankungen zeigen ZÄPFEL [1982, S. 140FF.] und KILGER [1973, S. 455FF.] auf.

Ein mathematisches Verfahren zur *Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf* beschreibt REICHMANN [1968, S. 129FF.]. Ziel ist es, aufzuzeigen, dass die Abstimmung von Lager und Produktion eines ganzheitlichen rechentechnischen Ansatzes bedarf, der durch eine simultane Abstimmung der kostenverursachenden einzelnen betrieblichen Teilbereiche erfolgen muss (Bild 3-9). Dazu ist sowohl eine sachliche als auch eine zeitliche Verknüpfung von Kapazitäts-, Fertigungs- und Lagerplänen notwendig. Dabei müssen neben den technischen auch die kosten- und investitionstheoretischen Aspekte der einzelnen Planungsbereiche Beachtung finden. Die kostenminimale Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf erfolgt auf Basis eines entwickelten mathematischen Modells mittels einer dynamischen Investitions-, Produktions- und Lagerplanung unter Berücksichtigung der lang- und kurzfristigen Planung. Es kann bestimmt werden, welche quantitative und qualitative Betriebsmittelgröße optimal ist, welche die optimalen periodischen Anpassungsformen im Produktionsbereich sind und welche die optimale Lageranpassung ist, um jederzeit die Nachfragedeckung mit minimalen Gesamtkosten zu ermöglichen.

Auch STINNES [1974] beschreibt mit Hilfe eines entwickelten mathematischen Modells, wie eine *simultane Produktionsprogramm-, Kapazitäts- und Preisplanung im Unternehmen mit saisonalem Absatzverlauf* zu erreichen ist (Bild 3-9). Ziel ist es, Informationen zu liefern, welche Produktmengen in welchen Teilperioden des Planungszeitraums mit welchen technischen Kapazitäten für den Absatz oder zur Lagerauffüllung bereitgestellt werden sollen. Dadurch soll das Gesamtergebnis einer vorgegebenen Zielvorstellung (z. B. Gesamtkosten, gewinnmaximale Abstimmung von Produktions- und Absatzmenge) optimal erfüllt werden.

Zur *Optimierung der Produktionskapazität bei konjunkturbedingten Nachfrageänderungen* entwickelte RITTER [1988] ein EDV-gestütztes Kapazitätsplanungsmodell auf Basis einer dynamischen Investitionsrechnung (Bild 3-9). Ziel ist, die mittel- bis langfristige wirtschaftliche Kapazitätsgrenze und Wachstumsrate (optimales Verhältnis aus Kosten und Erlösen) einer Fertigungsanlage zu bestimmen [RITTER 1988, S. 11]. Das Simulationsmodell ist dabei prinzipiell wie eine Risikoanalyse aufgebaut und ist auf Investitionsentscheidungen zugeschnitten, die für Märkte mit zyklischer, konjunktureller Nachfrage getätigt werden müssen. Das Optimierungskriterium ist der Kapitalwert der Investition. Die Bestimmung der optimalen

Kapazitätsgrenze und der optimalen Investitionszeitpunkte einer Kapazitätsstufe erfolgt durch Vergleich verschiedener Investitionsobjekte unter Berücksichtigung von Neu-, Ersatz- oder Ergänzungsinvestitionen sowie der Unsicherheit der Planungsinformationen (Prognose unterschiedlicher konjunktureller Nachfragezyklusverläufe). Zeitliche und intensitätsmäßige Kapazitätsanpassungen bleiben dabei jedoch unberücksichtigt.

Zur *langfristigen Kapazitätsplanung der Produktion unter Berücksichtigung der betrieblichen Elastizität* wurde von STÜTZLE [1987] ein Entscheidungsmodell in Form eines simultanen Investitions-, Produktions- und Finanzierungsmodells entwickelt (Bild 3-9). Ziel ist es, für die Produktion zu Beginn jeder Planungsperiode Handlungsanweisungen geben zu können, zu welchem Zeitpunkt welche Art und Anzahl an Maschinen und Personal zu der bereits vorhandenen Produktionskapazität hinzugefügt oder entfernt werden müssen, um die am Absatzmarkt zukünftig (langfristig) auftretende Nachfrage nach den Produktarten und -mengen des Unternehmens befriedigen zu können [STÜTZLE 1987, S. 5]. Dabei wird neben der Verwendung sicherer Planungsdaten vor allem das Problem der Unsicherheit der zukünftigen Umwelt- und Marktentwicklung (Absatzmengen, Produkterlöse etc.) berücksichtigt. So werden unter anderem die Auswirkungen unterschiedlicher elastizitätsverändernder kurz- und langfristiger quantitativer Anpassungsmaßnahmen und Einflussgrößen (Restwert, Intensität etc.) auf die im Planungszeitpunkt durchzuführenden Strategien untersucht [STÜTZLE 1987, S. 136ff.]. Ferner können damit durch die zeitliche Verteilung der Produktion in Form von Gleichlauf-, Zeitstufen- und Ausgleichsprinzip sowie die Möglichkeit des Fremdbezugs eines bestimmten Produkts die Auswirkungen auf den Kapazitätsbestand untersucht werden.

	REICHMANN	STINNES	ITTER	STÜTZLE
Ziel	Ganzheitlicher Ansatz zur kostenoptimalen Abstimmung von Produktion und Absatz	Simultane gesamt-kostenoptimale Produktionsprogramm-, Kapazitäts- und Preisplanung im Unternehmen	Optimierung der Produktionskapazität durch Ermittlung der wirtschaftlichsten Kapazitätsgrenze und Wachstumsrate einer Fertigungsanlage	Kapazitätsplanung der Produktion (Maschinen und Personal) unter Berücksichtigung der betrieblichen Elastizität
Nachfrage	saisonaler Absatz	saisonaler Absatz	zyklisch, konjunkturell	allgemein
Zeitdauer	kurz- und langfristig	kurz- und mittelfristig	mittel- bis langfristig	langfristig
Verfahren	Mathematisches Verfahren zur dynamischen Investitions-, Produktions- und Lagerplanung	Mathematisches Verfahren zur optimalen Abstimmung von Produktions- und Absatzmenge	EDV-gestütztes Kapazitätsplanungsmodell mittels dynamischer Investitionsrechnung	Mathematisches, simultanes Investitions-, Produktions- und Finanzierungsmodell

Bild 3-9: Simulationsverfahren zur Abstimmung von Produktion und Absatz

Mit den dargestellten Verfahren ist eine wirtschaftliche Bewertung alternativer Lösungsansätze zur kurz-, mittel- und langfristigen Kapazitätsplanung und -abstimmung bei unterschiedlichen Ausprägungen und Sicherheiten bestimmter Absatzverläufe möglich. Sie eignen sich daher prinzipiell zur Bewertung und Auswahl unterschiedlicher Strategien zur Kapazitätsanpassung in der Montage. Eine starke Einschränkung der Anwendbarkeit resultiert jedoch aus dem hohen Aufwand zur Datenversorgung der Simulationsmodelle, der Fokussierung auf spezielle Absatzverläufe sowie der Übertragbarkeit der Modelle auf Montagesysteme, da diese auf Produktionskapazitäten in der Fertigung (einzelne Fertigungsanlagen) fokussiert sind.

3.2 Planung von Montagesystemen

In der Literatur werden verschiedene Ansätze und Vorgehensweisen zur Planung von Montagesystemen beschrieben, die sehr unterschiedliche Ausrichtungen und Zielsetzungen verfolgen. Das Gemeinsame ist jedoch deren systematisches Vorgehen sowie die Ziel- und Zukunftsorientierung. Im Folgenden wird auf allgemein gültige Planungssystematiken, Planungsvorgehensweisen für Montageanlagen ohne speziellen Fokus sowie Planungsansätze für stückzahlflexible Montagesysteme eingegangen.

3.2.1 Allgemeine Planungsvorgehensweisen

Sehr häufig wird in der Literatur die *allgemeingültige Planungsvorgehensweise* von DAENZER [1986, S. 40 ff.] zitiert, die im Rahmen der Systemtheorie (interdisziplinäre Problemlösungstechnik) entwickelt wurde (Bild 3-10). Sie soll eine methodische Unterstützung der Systemplanung und zielorientierte Lösungsfindung ermöglichen. Das Vorgehensmodell basiert auf den sechs Lebensphasen eines Systems, die als Vor-, Haupt-, Detailstudie, Systemaufbau, -einführung und -benutzung bezeichnet werden. Zur Planung jeder dieser Phasen wird der Problemlösungszyklus mindestens einmal durchlaufen (iteratives Vorgehen). Dieser besteht aus drei Hauptphasen. Die erste Hauptphase, die Ziel-suche, umfasst die Tätigkeiten der Analyse des Problems zur Erfassung der Ist-Situation bzw. der Schwachstellen, die im Schritt der

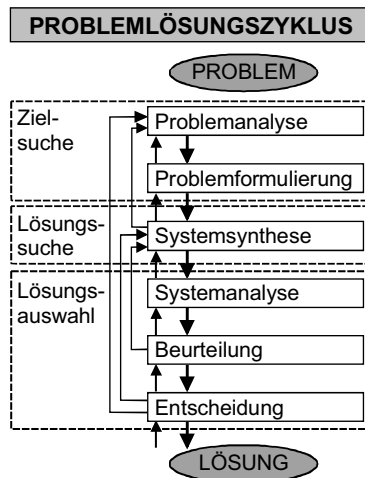


Bild 3-10: Problemlösungszyklus der Systemtechnik nach DAENZER [1986, S. 41]

Problemformulierung zusammengefasst werden. Im Rahmen der zweiten Hauptphase, der Lösungssuche, wird eine Systemsynthese durchgeführt, bei der alternative Lösungen für das Problem entwickelt werden. In der dritten Hauptphase, der Lösungsauswahl, werden im Rahmen der Lösungsanalyse die Eigenschaften und Auswirkungen des Systems ermittelt sowie auf Basis des Zielsystems verglichen und bewertet. Basierend auf der Bewertung erfolgt die Entscheidung für ein System, das anschließend umgesetzt wird. Das systemtechnische Vorgehensmodell gliedert somit den zeitlichen Werdegang eines Systems vom Abstrakten hin zum Konkreten in so genannte Lebensphasen, und die Problemlösungsstrategie ist prinzipiell auf jede Lebensphase anwendbar. Da diese Planungsmethodik sehr allgemein formuliert ist, lassen sich damit keine konkreten Anweisungen oder Methoden zur Gestaltung von Montagesystemen ableiten. Sie stellt also ein allgemeines Vorgehensmodell und damit eine allgemeine Basis für spezielle Planungsmethoden dar.

Auch REFA [1990, S. 84ff.] beschreibt im Rahmen einer 6-Stufen-Methode einen *verfahrens- und anlagenneutralen Leitfadens zur systematischen Planung und Einführung komplexer Produktionssysteme* (Bild 3-11). Die Methodik kann sowohl zur Gestaltung des gesamten Produktherstellungsprozesses als auch für ein einzelnes Produktionssystem verwendet werden. Der Ablauf des Planungsprozesses ist in sechs Stufen mit jeweils weiteren Arbeitsschritten unterteilt.

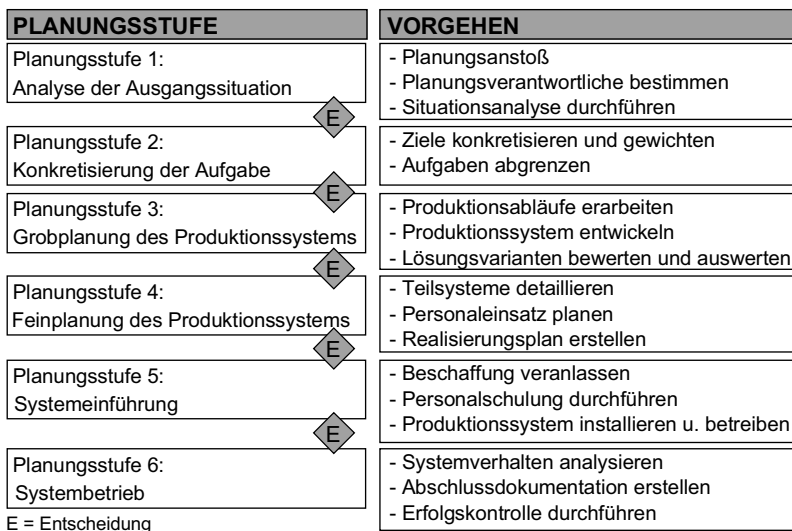


Bild 3-11: Systematik zur Planung und Einführung komplexer Produktionssysteme nach REFA [1990, S. 89]

Die Stufen beinhalten die Analyse der Ausgangssituation, Konkretisierung der Aufgabenstellung, Grobplanung des Produktionssystems, Feinplanung des Produktionssystems, Systemeinführung sowie Systembetrieb. Die Stufen werden iterativ durchlaufen und am Ende jeder Planungsstufe ist eine Entscheidungsphase angehängt, in der vor Beginn der nächsten Planungsstufe die für die weitere Planung relevanten Planungsergebnisse verabschiedet werden müssen. Mit dieser Planungssystematik erhält der Planer zwar Hinweise, wie die einzelnen Planungsstufen abzuarbeiten sind und welche allgemeinen Methoden und Hilfsmittel einsetzbar sind. Konkrete Handlungsanweisungen und Arbeitsschritte werden jedoch nicht gegeben, so dass nur eine grobe Orientierung in der Vielfalt der Planungsinhalte möglich ist.

3.2.2 Planungsvorgehensweisen für Montagesysteme

Zur Planung von Montagesystemen existiert eine Vielzahl von Vorgehensweisen, die sich im Vorgehen teilweise gleichen und in ihrem Konkretisierungsgrad sowie im Bezugsobjekt sehr unterschiedlich sind. Im Folgenden werden lediglich einige der geeignetsten Vorgehensweisen zur Planung von Montagesystemen vorgestellt.

Eine sehr umfassende und detaillierte *Vorgehensweise zur Planung komplexer Montagesysteme* beschreiben BULLINGER [1995, S. 85ff.] und BULLINGER [1986]. Die Planungssystematik geht dabei von den Prämissen ganzheitliche, bereichsübergreifende Planung, Stärkung der konzeptionellen Phase, erweitertes Zielsystem, bereichsübergreifende Teamarbeit und top-down-Ansatz aus. Die vier Hauptplanungsphasen der Vorgehensweise beinhalten die Formulierung der Planungsaufgabe, Planung des Montagesystems, Planung der Arbeitsplätze sowie Systemeinführung und -betrieb (Bild 3-12). Jede Planungsphase ist durch eine Planungsvorgehensweise beschrieben, die iterativ durchlaufen wird und die jeweils spezifische, konkrete Arbeitsschritte enthält. Zwischen den Planungsphasen werden die Planungsergebnisse bewertet, und es wird entschieden, ob mit der nächsten Planungsphase begonnen wird.

In der ersten Hauptphase, der Formulierung der Planungsaufgabe, erfolgt der Planungsanstoß zum Projekt durch Aufstellung der Projektorganisation sowie die Konkretisierung der Aufgabenstellung und Zielsetzung, die im Wesentlichen auf einer Problemanalyse und der Definition der Planungsanforderungen basiert und in der Erstellung eines Pflichtenhefts mündet. In der zweiten Hauptphase, der Planung des Montagesystems, sind drei wesentliche Planungsaufgaben durchzuführen. Dies sind erstens die Entwicklung alternativer Montageabläufe auf Basis der Analyse des Produkts und der Montageablaufstruktur und zweitens die Entwicklung alternativer Montagestrukturen in Form alternativer Prinziplösungen und Layoutalternativen. Die dritte Planungsaufgabe, die Beurteilung der entwickelten Systemalternativen, beinhaltet eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die sowohl eine Investitionsrechnung als auch eine Arbeitssystemwertermittlung in Verbindung mit einer Sensitivitätsanalyse umfasst. Auf Basis des ausgewählten Grobkonzepts sind in der dritten Hauptphase, der Planung der Arbeitsplätze,

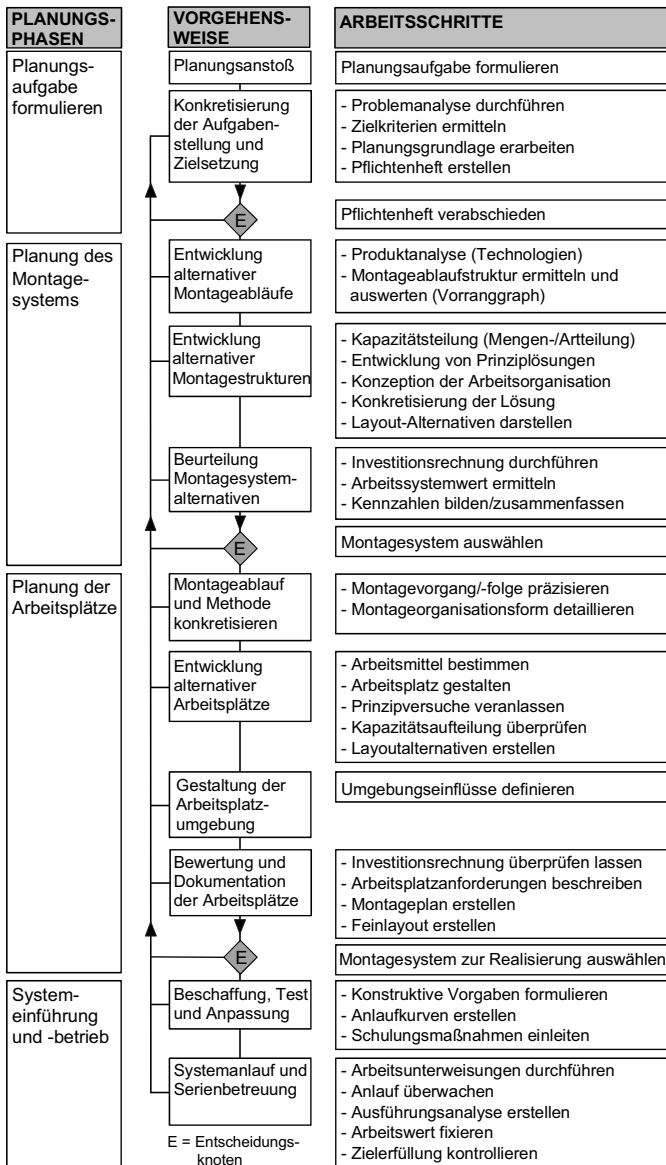


Bild 3-12: Systematik zur Planung flexibler Montagesysteme nach BULLINGER [1995, S. 87f.]

als Planungsaufgaben der Montageablauf und die -methode zu konkretisieren, alternative Arbeitsplatzlösungen zu entwickeln, die Arbeitsplatzumgebung zu gestalten sowie die Arbeitsplätze zu bewerten und zu dokumentieren. Die vierte Planungsphase, Systemeinführung und -betrieb, beinhaltet abschließend Beschaffung, Test und Anpassung des Systems sowie den Systemanlauf und die Systembetreuung.

Insgesamt betrachtet, ist die Planungsmethodik sehr detailliert und umfassend, berücksichtigt in ihrer Struktur wichtige Aspekte einer systematischen und flexiblen Planung und zeigt konkret Vorgehensweisen, Arbeitsschritte und Methoden zur Planung von Montagesystemen auf. Sie ist jedoch allgemein formuliert, spezielle Planungsaspekte (z. B. varianten- oder stückzahlflexible Montagesysteme) werden darin kaum oder nur allgemein angesprochen. Die Planungsvorgehensweise stellt aber eine gute Basis für diese Arbeit zur Entwicklung einer Planungsmethodik mit speziellem Fokus dar.

GROB & HAFFNER [1982, S. 32FF.] stellen eine *praxiserprobte Systematik zur Gestaltung insbesondere manueller Arbeitssysteme* vor. Der Planungsprozess wird in acht Planungsschritte unterteilt. Der erste Schritt umfasst eine gezielte und detaillierte Schwachstellenanalyse, woraus im zweiten Schritt die Zielsetzung abgeleitet wird. In den folgenden beiden Schritten wird im Rahmen der Definition der Aufgabenstellung die Projektorganisation festgelegt und die Planungsaufgabe abgegrenzt sowie die Auswahl und Gewichtung der Systembewertungskriterien vorgenommen. Der fünfte Schritt beinhaltet die Planung alternativer Arbeitssystemkonzepte, die im sechsten Schritt qualitativ und quantitativ bewertet werden. In den letzten beiden Arbeitsschritten werden die Planungsalternativen präsentiert, und es wird entschieden, welches Konzept ausgearbeitet und realisiert werden soll. In dieser Vorgehensweise werden nur sehr allgemeine Hilfsmittel und Methoden zur Durchführung der Arbeitsschritte dargestellt, so dass diese Vorgehensweise nur ein allgemeines Vorgehensmodell darstellen kann.

Eine sehr detaillierte *Vorgehensweise zur Planung insbesondere manueller und teilautomatisierter Montagesysteme* wird von KONOLD & REGER [1997, S. 24] beschrieben. Ziel ist es, eine möglichst flexible Montagestruktur in Bezug auf Mengen, Varianten, Fügeprozesse und Organisationsform zu entwickeln (Bild 3-13). Die Planungsvorgehensweise besteht aus fünf Stufen, wobei die erste Stufe der Definition der Aufgabenstellung im Wesentlichen die Festlegung der Projektorganisation und Planungsziele sowie die Durchführung einer Situationsanalyse und Abgrenzung der Planungsaufgaben umfasst. In der zweiten Stufe der Grobplanung werden unter anderem die Kapazitätsplanung durchgeführt, Arbeitsabläufe festgelegt, die Montagestruktur entwickelt sowie unterschiedliche Montagesystemalternativen konzipiert, bewertet und die geeignetste ausgewählt. Die ausgewählte Lösung wird einer Projektkalkulation und Wirtschaftlichkeitsrechnung unterzogen und im Rahmen der dritten Stufe der Feinplanung werden das Gesamt- und Teilsystem im Detail ausgearbeitet und die Umsetzungsplanungen inkl. Anlagenausschreibung vorgenommen. Die Personaleinsatzplanung und Überprüfung des Wirtschaftlichkeitsnachweises stellen die letzten Arbeitsschritte dieser Stufe

dar. In der Stufe der Realisierung erfolgen Beschaffung, Installation, Test und Dokumentation des Montagesystems. Im Mittelpunkt der letzten Stufe des Fertigungsanlaufs steht die Beseitigung von Anlauf Fehlern und die Abnahme des Montagesystems.

Insgesamt betrachtet, geht die Planungsvorgehensweise nur oberflächlich auf Flexibilitätsaspekte bei der Gestaltung von Montagesystemen ein und gibt lediglich einige Hinweise dazu. Die dargestellten Planungsstufen/-schritte geben jedoch vor allem im Bereich der Grobplanungsphase gute und praxisorientierte Anhaltspunkte (Arbeitsanweisungen) zur Systemgestaltung. Somit beinhaltet die Planungsvorgehensweise einige Aspekte und Planungsinhalte, die bei der Entwicklung einer Planungsmethodik mit speziellem Fokus zu berücksichtigen sind.

PLANUNGSSTUFEN					
	1 Aufgabenstellung	2 Grobplanung	3 Feinplanung	4 Realisierung	5 Fertigungsanlauf
PLANUNGSSCHRITTE	<ul style="list-style-type: none"> - Ziele festlegen - Projektverantwortliche benennen - Terminrahmen vorgeben - Planungsdaten beschaffen - Situationsanalyse durchführen - Aufgaben abgrenzen - Verfügbare Hallenfläche festlegen - Zeitlichen Projektlauf festlegen 	<ul style="list-style-type: none"> - Systemausbringung berechnen - Arbeitsabläufe festlegen und Montagestruktur entwickeln - Montageabschnitt bilden - Montagesystemalternativen entwickeln - Personalbedarf planen - Lösungsvarianten bewerten/auswählen - Projektkalkulation und Wirtschaftlichkeitsrechnung durchführen 	<ul style="list-style-type: none"> - Gesamt- und Teilsystem detailliert ausarbeiten - Terminplan erstellen - Ausschreibung durchführen - Kritische Prozesse absichern - Personaleinsatz planen - Wirtschaftlichkeitsnachweis überprüfen 	<ul style="list-style-type: none"> - Beschaffung veranlassen - Arbeitsplätze nach MTM gestalten - Personal schulen - Montagesystem installieren - Dokumentation erstellen - Ausprobe 	<ul style="list-style-type: none"> - Systemanlauf analysieren - Fehler beseitigen - Dokumentation korrigieren - Abnahme durchführen

Bild 3-13: Leitfaden zur Planung und Gestaltung flexibler Montagestrukturen nach KONOLD & REGER [1997, S. 24]

3.2.3 Planung stückzahlflexibler Montagesysteme

Die Aspekte stückzahlflexibler Montagesysteme werden im Rahmen der existierenden Planungsvorgehensweisen für Montagesysteme in der Literatur noch kaum oder nur sehr allgemein berücksichtigt. Im Folgenden werden die wenigen in den Vorgehensweisen enthaltenen Aspekte zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme dargestellt und diskutiert.

Die Flexibilität eines Montagesystems in Bezug auf Absatzschwankungen und -änderungen wird im Rahmen der Phase der *Konkretisierung der Aufgabenstellung und Zielsetzung* als ein wichtiges Ziel bei der Neu- oder Umplanung von Montageanlagen genannt [BULLINGER 1995, S. 90ff.; GROB & HAFFNER 1982, S. 44ff.; REFA 1985, S. 218]. Dennoch werden bei der

Festlegung der Leistungsziele der Anlage lediglich die maximale Ausbringung (Kapazitätsangebot) pro Jahr pauschal definiert [BULLINGER 1995, S. 90FF.]. Nur vereinzelt werden aufgrund von saisonalen oder anderen Einflüssen mögliche Stückzahlschwankungen detaillierter benannt [GROB & HAFFNER 1982, S. 44FF.]. So wird die Flexibilität bzgl. Mengenschwankungen vielfach nur als ein nicht quantifizierbares Ziel eingeordnet, wodurch sich die Zielerfüllung auch nur qualitativ mittels Nutzwertanalyse überprüfen lässt.

Bei BULLINGER [1995, S. 103FF.] wird im Rahmen der *Entwicklung alternativer Montagestrukturen* die Berechnung des Kapazitätsbedarfs sowie die Auslegung des Kapazitätsangebots für die gesamte Einsatzdauer der Anlage auf Basis einer fixen, maximalen Anlagenausbringung vorgenommen. Die Planung und Strukturierung des Kapazitätsangebots der Montageanlage erfolgt durch Art-, Mengenteilung und Teilungsmix mittels eines Kapazitätsfelds. Dabei wird zwar prinzipiell darauf hingewiesen, Absatzveränderungen zu berücksichtigen und die Arbeitsumfänge und Mitarbeiteranzahl entsprechend anzupassen. Wie dies in der Praxis zu planen und umzusetzen ist, wird jedoch nicht konkret dargestellt. Es finden sich lediglich Hinweise, dass die Gestaltung eines Montagesystems mittels Mengenteilung im Gegensatz zur reinen Artteilung eine hohe Flexibilität bzgl. Mengen- und Personalkapazitätsschwankungen ermöglicht. Als Maßnahmen zur Umsetzung der Mengenflexibilität werden die Gestaltung der Anlage in Form eines „Renner- und Exotensystems“ [BULLINGER 1995, S. 106 FF.] und die Überdimensionierung der Anlage [BULLINGER 1995, S. 113FF.] genannt. Des Weiteren werden verschiedene prinzipielle Montagestrukturen und Arbeitsplatzanordnungen aufgeführt und deren Kapazitätsflexibilität sehr undifferenziert und allgemeingültig beurteilt. Zur Planung der Kapazitätsanpassung der Montage wird lediglich empfohlen, bereits bei der Planungsphase eine gewisse Überdimensionierung der Kapazität des Montagesystems vorzunehmen, um bei Absatzschwankungen einen Ausgleich der Ausbringung zu ermöglichen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im Rahmen dieser Planungsvorgehensweise keine Differenzierung der Art und Ausprägung von Absatzveränderungen erfolgt und die Planung der Kapazitätsanpassung lediglich auf dem Prinzip der art- und mengenteiligen Gestaltung der Montage basiert. Neben den beiden prinzipiellen Ansätzen zur Kapazitätsanpassung an Absatzschwankungen werden keine weiteren, konkreten Planungsansätze aufgezeigt, wie die Mengenflexibilität der Montageanlage für bestimmte Absatzveränderungen erreicht werden kann.

Auch bei KONOLD & REGER [1997, S. 28FF.] werden im Rahmen der *Grobplanung des Montagesystems* der Stückzahlbereich, für den die Anlage ausgelegt werden soll, sowie die zu erwartenden Stückzahlschwankungen als Einflusskriterien auf die Gestaltung des Montagesystems genannt. Jedoch wird auch hier die Ausbringung der Anlage nur auf Basis der maximal erforderlichen Stückzahl, ohne Berücksichtigung jeglicher Art von Absatzveränderungen, festgelegt. In der *Grobplanungsphase* führen KONOLD & REGER [1997, S. 29FF.] an, dass die Gestaltung eines Montagesystems durch Arbeitsteilung (Artteilung) im Gegensatz zur Mengenteilung, bei der parallele Systeme mit gleicher oder unterschiedlicher Ausbringung installiert werden, eine geringe Flexibilität bzgl. Veränderungen von Stückzahlen, Typenanzahl und

Personaleinsatz zur Folge hat. Eine weitere Differenzierung des Absatzverhaltens des Produkts sowie die Entwicklung weiterer Lösungsansätze zur stückzahlflexiblen Gestaltung der Montageanlage finden sich in der Planungsvorgehensweise jedoch nicht.

GROB & HAFNER [1982, S. 44FF.] bezeichnen eine Montagestruktur als flexibel, wenn sie sowohl die erhöhte, als auch die verminderte Bedarfsmenge störungsfrei montieren kann. Dennoch wird während der Phase der Arbeitssystemplanung die Anzahl der erforderlichen Arbeitsstationen der Anlage lediglich auf Basis der einmal festgelegten, maximalen Jahresstückzahl bestimmt. Zur Systemgestaltung wird eine Liste mit möglichen, alternativen Arbeitsplatzanordnungen zur Verfügung gestellt, die mittels verschiedener Kriterien bewertet sind. Dies umfasst auch eine sehr allgemein gültige und undifferenzierte Bewertung der Flexibilität der Arbeitsplatzanordnung in Bezug auf Stückzahlschwankungen [GROB & HAFNER 1982, S. 76]. Detaillierter wird bei dieser Planungsvorgehensweise nicht auf die Umsetzung der Mengenflexibilität bei Montagesystemen eingegangen.

Einen detaillierten *Lösungsansatz zur absatzsynchronen Montageplanung* anhand eines Praxisbeispiels beschreiben LOTTER U. A. [1998, S. 155FF.]. Ziel dieser praxisorientierten Vorgehensweise ist die Planung eines Montagesystems, dessen Kapazität an einen über mehrere Jahre ansteigenden Absatzverlauf in der Produktanlaufphase angepasst werden soll. Die Stückzahlanpassung soll durch Ausbaustufenplanung realisiert werden, wodurch das Risiko einer frühzeitigen hohen Investition reduziert und die Entscheidung über die Realisierung nachfolgender Ausbaustufen auf den Zeitpunkt mit einer sichereren Absatzprognose verschoben wird. Planungsgrundlage stellt der phasenbezogene Absatzverlauf des Produkts dar, woraus die Anforderungen an das Montagesystem in Form einer stückzahlangepassten Anlaufphase, einer stückzahlkonstanten und variantenatmenden Sättigungsphase und einer wiederverwendungsflexiblen Auslaufphase bzw. Anlaufphase der Folgegeneration abgeleitet werden.

Für die Durchführung der grundsätzlichen Planungsschritte des Montagesystems beziehen sich LOTTER U. A. [1998] auf die Planungsvorgehensweisen von BULLINGER [1995], LOTTER [1992] und REFA [1985]. Im Rahmen des Ausbaustufenkonzepts dieses Anwendungsfalls wird die Erhöhung der Ausbringung zum einen durch Aufteilung der Arbeitsinhalte auf gleichartige Montagearbeitsplätze und zum anderen durch Automatisierung einzelner Arbeitsvorgänge erreicht. Durch die kombinierte Anwendung dieser Maßnahmen entsteht eine Matrix aus drei mal drei alternativen Ausbaustufenlösungen, die im Ein- oder Zweischichtbetrieb eingesetzt werden. Die Auswahl der Abfolge und damit der wirtschaftlichen Stückzahlsprünge der verschiedenen Ausbaustufenlösungen erfolgt auf Basis des Kriteriums der eingesparten ausgabewirksamen Kosten, die über den gesamten Stückzahlbereich errechnet werden. Zur Auswahlunterstützung wird ein Nomogramm verwendet, in dem die eingesparten ausgabewirksamen Kosten über den gesamten Stückzahlbereich mittels dynamischer Investitionsrechnung für jede Ausbaustufe dargestellt werden. Darin lässt sich die Ausbaustufenabfolge mit den Stückzahlgrenzen für die nächste, wirtschaftlichere Ausbaustufe einfach ablesen.

Die Planungsvorgehensweise bietet eine gute Orientierungshilfe, wie bei langfristigen Absatzänderungen ein kapazitätsflexibles Montagesystem gestaltet werden kann. Es wird jedoch nur eine bestimmte Art und Ausprägung von Absatzänderung des Produkts berücksichtigt. Zur Kapazitätsanpassung werden letztendlich nur drei vorbestimmte Maßnahmen eingesetzt. Andere Maßnahmen werden nicht aufgezeigt. Lösungsansätze zur Kapazitätsanpassung an andere Arten von Absatzveränderungen werden somit nicht vorgestellt. Bei der Auswahl der geeigneten Lösungen zur Kapazitätsanpassung wird zudem nur das wirtschaftliche Entscheidungskriterium der ausgabewirksamen Kosten verwendet. Andere wirtschaftliche Kriterien (Investitionshöhe, Amortisationszeit) oder gar qualitative Kriterien (Anlagennutzwert) finden keine Berücksichtigung. Wegen der fehlenden Zuordnung der Planungstätigkeiten zu den allgemeinen Montageplanungsphasen sowie der Fokussierung auf eine Art von Absatzänderung und bestimmte Anpassungsmaßnahmen stellt dieser Ansatz keine allgemein gültige und systematische Vorgehensweise zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme dar.

3.3 Zusammenfassung bestehender Defizite

Im Rahmen dieses Kapitels wurden lösungsrelevante Ansätze zu den Themenbereichen Kapazitätsabstimmung der Montage und Planung stückzahlflexibler Montagesysteme dargestellt und diskutiert. Im Folgenden werden die wesentlichen Defizite in Bezug auf die Kapazitätsabstimmung der Montage sowie die Planung stückzahlflexibler Montagesysteme abgeleitet.

3.3.1 Defizite im Bereich Kapazitätsabstimmung der Montage

In der Literatur finden sich zum einen prinzipielle Ansätze zur Anpassung der Produktion an den Absatzbedarf. Diese fokussieren jedoch größtenteils auf den Bereich der Fertigung oder Produktion im Allgemeinen und sind zudem sehr abstrakt formuliert, so dass sie nicht operativ in der Montage angewandt werden können. Zum anderen werden im Rahmen von Praxisbeispielen zur Gestaltung von Montagesystemen vielfach fallspezifische Möglichkeiten zur Veränderung der Kapazität eines Montagesystems und Anpassung an den Absatzverlauf aufgezeigt. Das Defizit ist darin zu sehen, dass dabei nur einzelne, sehr spezifische Beispiele als Maßnahmen zur Kapazitätsveränderung aufgezeigt werden. Es existiert insgesamt zum einen keine Zusammenstellung, Systematisierung und allgemeine Definition (Funktionsbeschreibung) unterschiedlicher, prinzipieller Strategiebausteine zur Kapazitätsveränderung von Montagesystemen. Zum anderen gibt es weder definierte Bewertungskriterien noch erfolgt eine Bewertung deren Funktionsprinzips, deren Einsetzeignung in Abhängigkeit der Anforderungen des Absatzverlaufs oder gar deren Umsetzungsaufwands.

3.3.2 Defizite im Bereich Planung stückzahlflexibler Montagesysteme

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von Planungsvorgehensweisen für Montagesysteme, die entweder allgemeingültig das Vorgehen aufzeigen oder aber einen speziellen Fokus der Montage (z. B. Automatisierung) betrachten. Im Großteil der Vorgehensweisen wird der Aspekt der stückzahlflexiblen Gestaltung von Montageanlagen als wichtig angesprochen, jedoch werden nur vereinzelt beispielhafte Lösungsansätze dafür aufgezeigt. So wird bei der Planung des Montagesystems dann fast ausschließlich von der maximalen Absatzstückzahl des Produkts während des Lebenszyklus ausgegangen und dem Aspekt der Kapazitätsveränderung vielfach nur durch den Verweis auf den Einsatz von Arbeitszeitmodellen Rechnung getragen. Ein erster Ansatz zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme findet sich im Rahmen der Beschreibung einer absatzsynchrone Montageplanung bei LOTTER U. A. [1998, S. 155FF.]. Diese wird jedoch anhand eines Beispiels für einen bestimmten Anpassungsfall sehr spezifisch aufgezeigt und kann nicht als allgemein gültige Vorgehensweise verwendet werden. Als Defizit ist somit das Fehlen einer systematischen, ganzheitlichen und allgemein gültigen Vorgehensweise zu sehen, mit der abhängig von der Ausprägung des Absatzverlaufs kapazitätsflexible Montagekonzepte geplant werden können. Ferner wird kein Vorgehen aufgezeigt, wie während des Betriebs des Montagesystems eine situationsgerechte Anpassung der Kapazität an den Absatz durch geplante oder ungeplante Anpassungsstrategien erreicht werden kann.

3.4 Anforderungen an stückzahlflexible Montagesysteme

Um eine situationsgerechte Veränderung der Kapazität eines Montagesystems an aktuelle, aber auch zukünftige Veränderungen des Absatzbedarfs des Produkts am Markt wirtschaftlich und mit der erforderlichen Reaktionszeit realisieren zu können, ist eine stückzahlflexible Gestaltung der Montageanlage notwendig. Die erforderliche Anpassungsflexibilität der Anlage muss aber zum einen bei der Gestaltung der Anlage während der Planung berücksichtigt und zum anderen während des Betriebs durch situationsgerechte Reaktionsmaßnahmen in Abhängigkeit der aktuellen Absatzsituation auch effizient und effektiv umgesetzt werden können. Wesentliche Voraussetzungen sind hierfür zum einen die Berücksichtigung des prognostizierten Absatzverlaufs des Produkts zur Ableitung der Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montageanlage sowie die Auswahl geeigneter Strategien zur Kapazitätsveränderung aus einem Pool von Strategien. Zum anderen müssen diese Strategien vor allem im Rahmen der Grobplanung des Montagesystems Eingang finden, um damit ein Montagesystem mit unterschiedlichen Kapazitätspotenzialen entwickeln zu können.

3.4.1 Anforderungen an die Kapazitätsabstimmung der Montage

Die Basis zur Abstimmung von Kapazitätsangebot und -nachfrage sind Strategiebausteine zur Veränderung der Montagekapazität. Diese müssen sich auf Montagekomponenten, -abschnitte oder -systeme gleichermaßen anwenden lassen, die Systemelemente Mensch, Technik und Organisation individuell ansprechen und jeweils unterschiedliche Möglichkeiten zur Kapazitätsveränderung aufzeigen. Für eine effiziente Anwendbarkeit bei der Planung müssen die zu definierenden Strategiebausteine einen operativen Charakter haben, und ihr Funktionsprinzip ist in allgemeiner Form zu definieren, unabhängig von der Art und Hierarchiestufe des Bezugsobjekts (System, Abschnitt etc.), um eine allgemein gültige Anwendbarkeit zu erreichen. Um eine vollständige Systematik von Strategiebausteinen anzubieten und eine effektive Auswahl dieser in Abhängigkeit des Anwendungsfalls zu ermöglichen, sind geeignete Einsatzfälle der Strategiebausteine aufzuzeigen und deren Einsatzeignung zu bewerten. Dazu müssen die Strategien in Bezug auf ihre prinzipielle Funktionsweise charakterisiert sowie ihre Einsatzeignung in Bezug auf die verschiedenen Ausprägungen von Absatzveränderungen bewertet werden. Für eine übersichtliche Anwendung der Strategien sollen diese in einem Katalog zusammengefasst und systematisiert werden. Der Katalog muss bzgl. Strategien und Charakterisierungskriterien erweiterbar sein und sollte sich firmenspezifisch anpassen lassen.

3.4.2 Anforderungen an die Planung stückzahlflexibler Montagesysteme

Für die Entwicklung einer Planungsvorgehensweise für stückzahlflexible Montagesysteme kann die allgemein gültige Montageplanungsvorgehensweise nach BULLINGER [1995] als Basis aufgegriffen werden. Darin sind die Planungsaspekte für stückzahlflexible Montagesysteme zu integrieren. Dadurch soll, wie für eine systematische, flexible Planung notwendig, eine durchgängige, hierarchisch aufgebaute, ablaufplanorientierte und methodenunterstützte Planungsvorgehensweise entstehen, die für den Planer auf bekanntem Vorgehen aufbaut und ein einfaches Anwenden der erweiterten Planungsinhalte ermöglicht. Dadurch werden eine einfache Durchführung und eine hohe Transparenz der bisherigen Planungsergebnisse erreicht.

Die erweiterte Planungsvorgehensweise soll für die Neu- und Umplanung stückzahlflexibler Montageanlagen einsetzbar sein und den gesamten Produktlebenszyklus von der Einführung bis zum Auslauf, die spezifischen Ausprägungen des Absatzverlaufs mit lang-, mittel- und kurzfristigem Zeithorizont sowie die Unsicherheit der Prognosedaten berücksichtigen. In der Grobplanungsphase müssen mittels des Strategienbausteinatalogs abhängig von der Ausprägung des Absatzverlaufs gezielt alternative stückzahlflexible Montagekonzepte entwickelt und bewertet werden, um wirtschaftliche und situationsgerechte Wandlungsstrategien zur Kapazitätsanpassung aufzeigen zu können. Während des Betriebs der Anlage muss ein Rücksprung in die Planungsphase möglich sein, um situationsgerecht eine bereits geplante oder auch neue Form der Kapazitätsabstimmung auswählen und umsetzen zu können.

4 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen

In Kapitel 4 werden Strategiebausteine definiert und bewertet, die es ermöglichen, die Kapazität eines Montagesystems mit dem Absatzverlauf des Produkts abzustimmen. Dazu werden im ersten Schritt unterschiedliche *Kriterien* entwickelt und beschrieben, die zum einen zur *Charakterisierung und Bewertung der Verwendbarkeit der Strategiebausteine in Bezug auf Funktionsweise, Einsatzzeignung und Umsetzungsaufwand* dienen und die es zum anderen ermöglichen, in Abhängigkeit eines speziellen Absatzverlaufs, passende Strategiebausteine auszuwählen. Im zweiten Schritt werden verschiedene *Strategiebausteine mit Fokus auf organisatorische, personelle und technische Aspekte eines Montagesystems zur Anpassung oder zum Abgleich der Montagekapazität* definiert. Den Hauptteil dieses Kapitels bildet die anschließende Charakterisierung und Bewertung der Funktionsweise, der Einsatzzeignung und des Umsetzungsaufwands der Strategiebausteine mittels der definierten Kriterien.

4.1 Kriterien zur Charakterisierung der Strategiebausteine

Grundlage zur Beurteilung der Verwendbarkeit von Strategiebausteinen zur Abstimmung der Montagesystemkapazität für spezifische Absatzverläufe (vgl. Kapitel 2.4) sind *Bewertungskriterien*. Diese dienen zum einen zur Charakterisierung der Funktionsweise und des spezifischen Wirkprinzips der Kapazitätsveränderung eines Montagesystems. Zum anderen dienen sie zur Identifizierung der Einsatzzeignung der Strategiebausteine für bestimmte Ausprägungen von Absatzverläufen sowie zur Beurteilung von deren Umsetzungsaufwand. Ziel bei der Definition der Kriterien ist es, eine allgemein gültige und umfassende Charakterisierung und Bewertung der Strategiebausteine zu erreichen, um damit eine anwendungsfallsspezifische Auswahl von Kapazitätsabstimmungsstrategien bei Planung und Betrieb eines Montagesystems zu ermöglichen.

Als Basis und zur Systematisierung der Strategiebausteine wurden drei *Kriterienkategorien* definiert, die jeweils mehrere Einzelkriterien enthalten. Die Kategorien sind *prinzipielle Funktionsweise, Einsatzzeignung für spezifische Absatzveränderungen* sowie *Umsetzungsaufwand* (Bild 4-1). Die Bewertung der Einsatzzeignung der Strategiebausteine in Bezug auf montage-systemspezifische Kriterien wie organisatorische, technische, personelle oder produktspezifische Aspekte wird im Rahmen der Arbeit nicht betrachtet. Sie liefern zwar wichtige Informationen über die anlagenspezifische Verwendbarkeit, jedoch ist die Bewertung derartiger Kriterien allgemein, ohne die Randbedingungen eines konkreten Anwendungsfalls (z. B. Anlagenstruktur, Automatisierungsgrad), nicht möglich. Kriterien dieser Kategorie sollten jedoch

4 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen

im Rahmen eines konkreten Anwendungsfalls zur Bewertung der Strategiebausteine zusätzlich herangezogen werden.

Um eine differenzierte Charakterisierung der Strategiebausteine zu ermöglichen, wurde für jedes Kriterium der drei Kategorien eine qualitative Bewertungsskala und, soweit möglich, ein quantitativer Wertebereich definiert. Im Rahmen des Praxiseinsatzes der Strategiebausteine kann es jedoch sinnvoll sein, die Wertebereiche der Kriterien firmen- oder anwendungsfall-spezifisch anzupassen. Im Folgenden werden die definierten Kriterien der drei Kategorien einzeln erläutert und deren definierte Bewertungsskala mit Wertebereich dargestellt.

Prinzipielle Funktionsweise der Kapazitätsabstimmung		
Art	Prinzip	Form
Aktiv/Passiv	Reaktionsgeschwindigkeit	Höhe
Stufenanzahl	Reversibilität	Realisierungsgrad

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen		
Absatzänderung	Absatzschwankung	Prognosesicherheit

Umsetzungsaufwand		
Planungsaufwand	Realisierungsaufwand	Investitionsaufwand

Bild 4-1: Kriterien zur Charakterisierung der Strategiebausteine

4.1.1 Kriterien zur Bewertung der prinzipiellen Funktionsweise

Die erste Kriterienkategorie *prinzipielle Funktionsweise* dient dazu, das Funktions- oder Wirkprinzip eines Strategiebausteins, d. h. die Art und Weise, wie die Kapazitätsabstimmung erfolgt, zu beschreiben. Zur Charakterisierung der prinzipiellen Funktionsweise wurden neun Kriterien (K1.1 - K1.9) definiert. Dies sind Art, Prinzip, Form, Aktiv/Passiv, Reaktionsgeschwindigkeit, Höhe, Stufenanzahl, Reversibilität sowie Realisierungsgrad der Kapazitätsabstimmung.

K1.1 Art der Kapazitätsabstimmung: Das Kriterium beschreibt, ob die Kapazitätsabstimmung durch den Strategiebaustein im Montagesystem primär auf *organisatorische* (O), *personelle* (P) oder *technische* (T) Weise erfolgt. Sekundär kann die Kapazitätsabstimmung auch Auswirkungen auf die anderen Bereiche haben.

K1.2 Prinzip der Kapazitätsabstimmung: Das Kriterium Abstimmungsprinzip charakterisiert, ob die Kapazitätsveränderung in der Montage nach dem *Gleichlauf-* (GL), *Zeitstufen-* (ZS) oder *Ausgleichsprinzip* (AG) erfolgt.

K1.3 Form der Kapazitätsabstimmung: Die Montagekapazitätsabstimmung kann zum einen durch Anpassung der vorhandenen Kapazität in Form der Variation der *Bearbeitungsdauer* (D) (zeitlich), der *Bearbeitungsgeschwindigkeit* (G) (intensitätsmäßig) oder der *Bearbeitungsmenge* (M) (quantitativ) erreicht werden. Zum anderen kann sie aber auch durch einen *Abgleich/Ausgleich* (AG) von Kapazitätsangebot und -nachfrage (Abgleich zeitlich begrenzter Überkapazität der Anlage mit Unterkapazität) erreicht werden, bei dem die Kapazität des Montagesystems unverändert bleibt.

K1.4 Aktive/Passive Kapazitätsabstimmung: Ist zur Abstimmung der Montagekapazität eine technische Veränderung der Systemstruktur notwendig, so stellt dies eine *aktive, entwicklungsflexible Abstimmung* (A) dar. Wird die Systemstruktur durch den Einsatz des Strategiebausteins nicht verändert, so stellt dies eine *passive, bestandsflexible Abstimmung* (P) dar.

K1.5 Reaktionsgeschwindigkeit der Kapazitätsabstimmung: Die *Reaktionsgeschwindigkeit* beschreibt die Zeitdauer vom Zeitpunkt der Entscheidung zum Einsatz bzw. dem Start der Umsetzung des Strategiebausteins bis zu dem Zeitpunkt, an dem dieser umgesetzt und einsatzbereit ist. Die Ausprägung der Bewertungsskala ist:

<i>sehr schnell</i> (SS)	<i>schnell</i> (S)	<i>langsam</i> (L)	<i>sehr langsam</i> (SL)
(0 - 7 Stunden)	(1 - 5 Tage)	(1 - 4 Wochen)	(> 1 Monat)

K1.6 Höhe der Kapazitätsabstimmung: Das Kriterium beschreibt die *maximal mögliche prozentuale Veränderung* der Kapazität eines Montagesystems durch den Einsatz des Strategiebausteins. Die prozentuale Höhe der Kapazitätsabstimmung ergibt sich aus der Differenz der Kapazität des Montagesystems nach und vor dem Einsatz des Strategiebausteins, dividiert durch die Kapazität vor der Veränderung. Die Ausprägung der Bewertungsskala ist:

<i>klein</i> (K)	<i>mittel</i> (M)	<i>hoch</i> (H)	<i>sehr hoch</i> (SH)
(± 0 - 20%)	(± 20 - 50%)	(± 50 - 100%)	(>± 100%)

K1.7 Stufenanzahl der Kapazitätsabstimmung: Das Kriterium *Stufenanzahl* beschreibt, in wie vielen Stufen oder Sprüngen die Kapazität des Montagesystems verändert werden kann. Die Ausprägung der Bewertungsskala ist *1-, 2-, 3- oder n-stufig*.

K1.8 Reversibilität der Kapazitätsabstimmung: Die *Reversibilität* eines Strategiebausteins beschreibt die Möglichkeit zur Umkehrung oder zum Rückgängigmachen einer Kapazitätsveränderung der Anlage. Bereitet die Umkehrung einen sehr hohen zeitlichen, technischen

oder finanziellen Aufwand oder stehen dem andere Gründe (z. B. Beschäftigungsvertrag) entgegen, so ist die Strategie nicht reversibel. Die Ausprägung der Bewertungsskala für Reversibilität ist *ja* (J), *bedingt* (B) und *nein* (N).

K1.9 Realisierungsgrad des Strategiebausteins: Dieses Kriterium stellt dar, ob der Strategiebaustein bereits *umgesetzt* (U) wurde und einsatzbereit ist, oder ob dieser noch *zu planen* (P) *und umzusetzen* ist. In Abhängigkeit dieser Differenzierung ergeben sich unterschiedliche Bewertungen der anderen Kriterien wie z. B. der Reaktionsgeschwindigkeit.

4.1.2 Kriterien zur Bewertung der Einsatzzeichnung für spezifische Absatzveränderungen

Die zweite Kriterienkategorie *Einsatzzeichnung für Absatzveränderungen* enthält Kriterien, mit denen die Einsatzzeichnung des Strategiebausteins in Abhängigkeit der verschiedenen Arten und Ausprägungen von Absatzänderung und -schwankungen bewertet werden. Dazu wurden auf Basis der Analyse des Absatzverhaltens von Produkten (vgl. Kapitel 2.4) vier Bewertungskriterien (K2.1 - K2.4) aufgestellt. Dies sind die Fristigkeit der Absatzänderung und -schwankung, die Höhe der Absatzveränderung oder -schwankung sowie die Prognosesicherheit des Absatzverlaufs.

K2.1 Fristigkeit der Absatzänderung: Die Fristigkeit der Absatzänderung bezieht sich auf den Zeitraum (Periode), in dem die Absatzstückzahl des Produkts einen ansteigenden oder abfallenden Verlauf aufweist. Bei der Fristigkeit der Absatzänderung soll zwischen kurz-, mittel- und langfristigem Zeitraum unterschieden werden.

kurzfristig	mittelfristig	langfristig
(0 - 3 Monate)	(3 - 12 Monate)	(> 12 Monate)

Die Bewertungsskala für die Verwendbarkeit des Strategiebausteins für die verschiedenen Fristigkeiten ist *gut geeignet* (+), *bedingt geeignet* (o) und *nicht geeignet* (-).

K2.2 Fristigkeit der Absatzschwankung: Die Fristigkeit der Absatzschwankung bezieht sich auf den Zeitraum oder die Frequenz, mit der die Absatzstückzahl des Produkts eine Schwingung vollzieht. Bei der Fristigkeit der Absatzschwankung soll ebenfalls zwischen kurz-, mittel- und langfristigem Zeitraum unterschieden werden.

kurzfristig	mittelfristig	langfristig
(täglich bis wöchentlich)	(monatlich)	(halb- bis ganzjährlich)

Die Bewertungsskala für die Verwendbarkeit des Strategiebausteins für die verschiedenen Fristigkeiten ist *gut geeignet* (+), *bedingt geeignet* (o) und *nicht geeignet* (-).

K2.3 Höhe der Absatzveränderung: Dieses Kriterium ist prinzipiell gleich zum Kriterium K1.6 Höhe der Kapazitätsabstimmung, lediglich der Fokus ist hier auf die Absatzveränderung des Produkts am Markt gerichtet. Die Ausprägung der Bewertungsskala wird mit *klein* (K), *mittel* (M), *hoch* (H) und *sehr hoch* (SH) vom Kriterium K1.6 übernommen.

K2.4 Prognosesicherheit der Absatzveränderung: Mit diesem Kriterium wird festgelegt, wie hoch die Sicherheit der prognostizierten Veränderungen des Absatzes in zeitlicher und quantitativer Hinsicht sein sollte, damit der Einsatz eines Strategiebausteins sinnvoll ist. Die Ausprägung der Bewertungsskala der Prognosesicherheit ist:

<i>gering</i> (G)	<i>mittel</i> (M)	<i>hoch</i> (H)
(0 - 30 %)	(30 - 70 %)	(70 - 100 %)

4.1.3 Kriterien zur Bewertung des Umsetzungsaufwands

Die dritte Kriterienkategorie *Umsetzungsaufwand* enthält Kriterien, mit denen die Strategiebausteine hinsichtlich ihres einmaligen finanziellen und zeitlichen Realisierungsaufwands bewertet werden. Als Kriterien (K3.1 - K3.3) wurden der zeitliche und personelle Planungsaufwand, der zeitliche, personelle, technische und finanzielle Realisierungsaufwand sowie der Investitionsaufwand definiert. Die Bewertungsskala dieser Kriterien wurde nur qualitativ festgelegt, da eine Quantifizierung allgemein gültig nicht möglich ist, sondern firmen- und anwendungsfallspezifisch erfolgen muss.

K3.1 Planungsaufwand zur Umsetzung des Strategiebausteins: Dieses Kriterium bezieht sich auf den personellen und zeitlichen Aufwand, der zur Planung der Umsetzung und Einführung der Strategiebausteine erforderlich ist. Die qualitative Ausprägung der Bewertungsskala ist *gering* (G) und *hoch* (H).

K3.2 Realisierungsaufwand zur Umsetzung des Strategiebausteins: Dieses Kriterium bezieht sich auf den personellen, finanziellen, technischen und insbesondere zeitlichen Aufwand, der zur Umsetzung und Einführung des Strategiebausteins erforderlich ist. Die Ausprägung der Bewertungsskala für den Realisierungsaufwand wird qualitativ durch *gering* (G) und *hoch* (H) beschrieben.

K3.3 Investitionsaufwand zur Umsetzung des Strategiebausteins: Dieses Kriterium bezieht sich auf einmalige Kosten (z. B. Investitionen, Schulungen), die zur Umsetzung des Strategiebausteins erforderlich sind. Die Ausprägung der Bewertungsskala für Investitionsaufwand wird qualitativ durch *gering* (G) und *hoch* (H) beschrieben.

Neben den hier betrachteten primär einmaligen Aufwendungen und Kosten beim Einsatz eines Strategiebausteins können natürlich auch Änderungen insbesondere bei den laufenden Aufwendungen bzw. Kosten beispielsweise für Schichtzuschläge, Überstunden, veränderte

Lohngruppen, Energie- oder Instandhaltungskosten entstehen. Diese müssen wegen ihrer Vielschichtigkeit und Abhängigkeit vom Anwendungsfall im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung der Strategieauswahl berücksichtigt werden.

4.2 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung

Die Voraussetzung für eine effektive und effiziente Abstimmung der Montagekapazität mit den Anforderungen des Absatzverlaufs ist zum einen die Kenntnis über verschiedene Möglichkeiten zur Erreichung einer Kapazitätsveränderung bei einem Montagesystem mittels verschiedener Abstimmungsmöglichkeiten und zum anderen detailliertes Wissen über das Funktionsprinzip, die Verwendbarkeit in Abhängigkeit von der Absatzveränderung und dem Umsetzungsaufwand der jeweiligen Abstimmungsstrategie.

Die Abstimmung der Kapazität eines Montagesystems mit der veränderten Absatzmenge eines Produkts am Markt kann prinzipiell nach dem Gleichlauf- oder Stufenprinzip durch Anpassung in Form der Veränderung von Bearbeitungsmenge, -geschwindigkeit und -dauer (quantitativ, intensitätsmäßig, zeitlich) sowie nach dem Ausgleichsprinzip durch Abgleich temporärer Überkapazität der Montage mit Zeiten temporärer Unterkapazität erfolgen. Diese verschiedenen prinzipiellen Formen der Kapazitätsabstimmung lassen sich mittels unterschiedlicher, konkreter *Strategiebausteine* auf verschiedene Art und Weise realisieren. Neben der Kenntnis über mögliche Strategiebausteine muss aber auch das Bezugsobjekt des Strategiebausteins eindeutig definiert sein. So kann ein Strategiebaustein auf eine einzelne Montagestation (Arbeitsplatz), einen Montageabschnitt, eine gesamte Montageanlage, aber auch auf mehrere physisch getrennte, jedoch organisatorisch zusammenhängende Montagebereiche (Vor- und Endmontagelinien) angewandt werden (vgl. Kapitel 2.2.2 und 2.2.3). Neben dem Einsatz eines einzelnen Strategiebausteins können auch mehrere Strategiebausteine gleichzeitig in Kombination verwendet werden.

Die nachfolgend definierten Strategiebausteine berücksichtigen sowohl die Anpassung als auch den Abgleich der Kapazität von Nachfrage und Angebot. Die Charakterisierung bezieht sich auf den Einsatz eines einzelnen Strategiebausteins sowie dessen Anwendung auf eine ablauftechnisch zusammenhängende Montageanlage.

4.2.1 Definition der Strategiebausteine

Die verschiedenen Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung der Montage verfolgen prinzipiell die gleiche Zielrichtung, jedoch hängen deren Auswirkungen auf das Montagesystem insbesondere von ihrer Art, Form und Höhe der Kapazitätsveränderung ab. Ein markantes und praktikables Merkmal zur Systematisierung der Strategiebausteine stellt die Art der

Kapazitätsabstimmung dar, da sie beschreibt, welchen primären Fokus der Strategiebaustein zur Veränderung der Montagekapazität hat bzw. auf welches Element eines Montagesystems (vgl. Kapitel 2.2.2) der Strategiebaustein primär einwirkt. Als Basis zur Systematisierung der Strategiebausteine wird daher die Aufteilung in die Kategorien *organisatorische, technische und personelle Strategiebausteine* (Bild 4-2) vorgenommen. Aus dem primären Einsatz bzw. Fokus eines Strategiebausteins und dessen Veränderungen können aber auch Auswirkungen (auf die anderen Elemente des Montagesystems) resultieren, die dann den Einsatz sekundärer Strategiebausteine bzw. Maßnahmen zur Folge haben.

Organisatorische Strategiebausteine	
OS1A/B:	Variation der Arbeitszeit/Schichtarbeit
OS1C1/2:	Zusätzliche Arbeitstage (Samstage, Sonn- u. Feiertage)
OS2:	Zeitweise Stilllegung der Montageanlage
OS3:	Lagerhaltung
OS4:	Typen- und variantenflexible Montage
OS5:	Out-/Insourcing der Montage

Technische Strategiebausteine	
TS1A/B:	Überkapazität an Arbeitsplätzen/Betriebsmitteln
TS2:	Stufenweiser Aus-/Rückbau der Anlage
TS3:	Engpassorientierung
TS4:	Aus-/Eingliederung von Montageinhalten
TS5A:	Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme
TS5B:	Einsatz eines Nebenmontagesystems
TS6:	Veränderung des Automatisierungsgrads

Personelle Strategiebausteine	
PS1:	Veränderung der Mitarbeiteranzahl
PS2:	Einsatz von Springerpersonal

Bild 4-2: *Organisatorische, technische und personelle Strategiebausteine zur Abstimmung der Montagekapazität*

Die *organisatorischen Strategiebausteine* (OS) der ersten Kategorie bewirken primär durch Veränderung der Bearbeitungsdauer (zeitlich) sowie durch zeitlichen Abgleich der Anlagenkapazität (z. B. Veränderung von Auftragslosgröße oder -reihenfolge) eine Anpassung oder einen Abgleich der Anlagenkapazität. Insbesondere bei der Veränderung der Bearbeitungsdauer haben diese Strategiebausteine sekundäre, personelle Auswirkungen zur Folge.

4 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen

Insgesamt wurden 7 organisatorische Strategiebausteine definiert. Diese sind die Variation der Arbeitszeit und Schichtarbeit, zusätzliche Arbeitstage, zeitweise Stilllegung der Anlage, Lagerhaltung, typen- und variantenflexible Montage von Produkten sowie das Out- oder Insourcing der Montage.

Die *technischen Strategiebausteine* (TS) der zweiten Kategorie sind charakterisiert durch eine Veränderung der Bearbeitungsmenge (quantitativ) und -geschwindigkeit (intensitätsmäßig) und haben eine Veränderung der Anlagenstruktur, im weitesten Sinn zur Veränderung der Mengenleistung der Montage zur Folge. Dadurch wirken sie sich sekundär vor allem auf den personellen Bereich aus. Insgesamt wurden 8 technische Strategiebausteine definiert. Diese sind die Überkapazität an Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln, der stufenweise Aus- oder Rückbau der Anlage, die Engpassorientierung, das Ein- oder Ausgliedern von Montageinhalten, der Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme, der Einsatz eines Nebenmontagesystems sowie die Veränderung des Automatisierungsgrads der Montageanlage.

Die *personellen Strategiebausteine* (PS) der dritten Kategorie stehen im engen Zusammenhang mit den technischen und teilweise auch mit den organisatorischen Strategiebausteinen und stellen dabei oftmals Sekundärstrategien bzw. -maßnahmen dar. Primär angewandt, bewirken sie im Wesentlichen durch die Veränderung der Personalkapazität (Mitarbeiteranzahl) im Montagesystem die Anpassung der Mengenleistung, die in Form der Änderung der Bearbeitungsmenge (quantitativ) und teilweise auch der Bearbeitungsgeschwindigkeit (intensitätsmäßig) erfolgt. Die sekundären Folgemaßnahmen oder Strategiebausteine sind oftmals technischer oder organisatorischer Art. Als personelle Strategiebausteine wurden die Veränderung der Mitarbeiteranzahl und der Einsatz von Springerpersonal definiert.

Im Folgenden werden die Strategiebausteine der drei Kategorien separat dargestellt. Dabei erfolgt eine kurze, allgemeine Beschreibung der Wirkungsweise des Strategiebausteins. Eine detaillierte Erklärung der Wirkungsweise befindet sich für alle Strategiebausteine im Anhang A3. Anschließend wird das Funktionsprinzip des Strategiebausteins anhand der Kriterien dieser Kategorie charakterisiert. In der nachfolgenden Bewertung der Einsatzzeichnung wird die Verwendbarkeit des Strategiebausteins für definierte, spezifische Absatzverlaufsformen (Anwendungsfälle) bewertet. Abschließend wird versucht, den Umsetzungsaufwand, der mit dem Einsatz des Strategiebausteins verbunden ist, zu bewerten. Dies soll jedoch lediglich einen Anhaltspunkt für den Aufwand geben, da das Bewertungsergebnis in der Regel in hohem Maß von der spezifischen Ausprägung des Montagesystems und den Randbedingungen des Unternehmens abhängt. Für jeden Strategiebaustein wird zudem definiert, ob sich dessen Charakterisierung und Bewertung auf einen bereits in der Montage umgesetzten oder einen noch zu planenden und umzusetzenden Zustand bezieht. Die Zusammenfassung der Charakterisierungs-/Bewertungsergebnisse aller Strategiebausteine in Form einer Matrix (Strategiebaustein-katalog) befindet sich im Anhang A2.

Bei der Charakterisierung und Bewertung der Strategiebausteine anhand der definierten Kriterien wurde stets das Ziel einer firmen- und anwendungsfallneutralen, allgemein gültigen Bewertung verfolgt. Da dies unabhängig von den konkreten Randbedingungen eines Anwendungsfalls oftmals nicht einfach möglich ist, wurde teilweise die Bewertung in Form eines Wertebereichs der Bewertungsskala vorgenommen. Im Rahmen des Einsatzes der Strategiebausteinmatrix bei einem konkreten Anwendungsfall kann diese, wie in Kapitel 4.1 dargestellt, um montagesystemspezifische Kriterien (vgl. Kapitel 4.1) erweitert werden. Zudem kann die Charakterisierung der Strategiebausteine an die firmen-, montagebereich- oder montagesystemspezifischen Randbedingungen individuell angepasst (Kapitel 4.1) und es können dabei auch einzelne Strategiebausteine vorab ausgeschlossen werden. Die Bewertung der Einsatzeignung der Strategiebausteine basiert dann verstärkt auf den Randbedingungen des Unternehmens und den Charakteristika der Produktion in Bezug auf Produkte (z. B. Größe, Teileanzahl, Stückzahl), technische Anlagengestaltung (z. B. Organisationsform, Fertigungsart, Automatisierungsgrad, Anlagenverfügbarkeit, Flächenbedarf), organisatorischen Randbedingungen (z. B. Gruppenarbeit, Arbeitszeitsystem) sowie den personellen Randbedingungen (z. B. Mitarbeiterflexibilität oder -qualifizierung).

4.2.2 Bewertung der organisatorischen Strategiebausteine

4.2.2.1 OS1A/B/C: Flexible Arbeitszeitgestaltung

Prinzipiell lassen sich flexible Arbeitszeitmodelle durch die Merkmale flexible Lage, flexible Dauer sowie flexible Lage und Dauer der Arbeitszeit unterscheiden [BULLINGER 1995, S. 265ff.]. Mit Hilfe flexibler Arbeitszeitmodelle sind unterschiedlichste Ausprägungen der täglichen, wöchentlichen, monatlichen oder jährlichen Arbeitszeit hinsichtlich Lage und Dauer der Arbeitszeit möglich und bieten somit umfassende Möglichkeiten zur Veränderung der Montagekapazität. Im Folgenden werden die am häufigsten eingesetzten flexiblen Arbeitszeitmodelle, unterteilt nach ihrem Wirkprinzip in die drei Gruppen *Variation der Arbeitszeit* (Gleitzeit, Teilzeit), *Variation der Schichtarbeit* (Schichtmodelle, Teilzeitschichten) und *zusätzliche Arbeitstage* (Samstage, Sonn- und Feiertage), dargestellt.

OS1A: Variation der Arbeitszeit

Das Prinzip der Anpassung der Arbeitszeit ist bei dieser Strategiebausteinkategorie durch eine flexible Dauer und Lage der Arbeitszeit gekennzeichnet. Variable tägliche oder wöchentliche Arbeitszeitmodelle beinhalten vor allem die Gleit- und Teilzeitarbeit. Gleitzeit ist eine Form von Arbeitszeitmodell, bei der ein Arbeitnehmer innerhalb eines gewissen Rahmens über Beginn, Lage, Dauer und Ende seiner täglichen Arbeitszeit entscheiden kann [BULLINGER 1995,

S. 285ff.]. Bei homogener Arbeitszeit und tagesbezogener Betrachtungsweise können drei Hauptvarianten von Gleitzeitmodellen (Bild 4-3) unterschieden werden. Bei der *Teilzeitarbeit* ist die Länge der individuell vereinbarten Arbeitszeit geringer als die regelmäßige Arbeitszeit vergleichbarer Vollzeitbeschäftigter. Dabei reicht die Bandbreite von einer Wochenstunde bis zur Untergrenze der tariflich festgelegten Vollzeitarbeitszeit, und es können dabei starre und flexible Teilzeitregelungen (Bild 4-3) unterschieden werden [BULLINGER 1995, S. 304ff.].

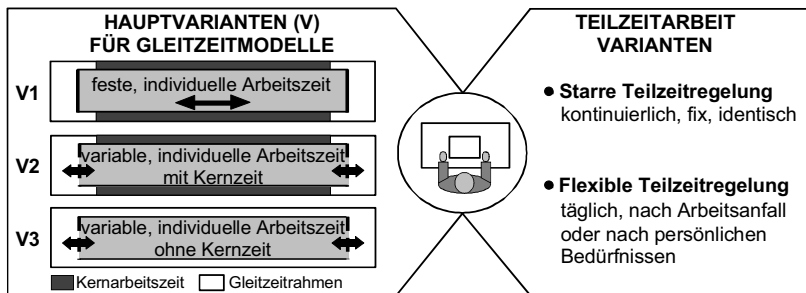


Bild 4-3: Strategiebaustein Veränderung der Arbeitszeit durch Teil- und Gleitzeit nach BULLINGER [1995, S. 287 und S. 305]

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzeignung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass dieser umgesetzt bzw. realisiert ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategiebausteine Gleit- und Teilzeitarbeit zur Kapazitätsanpassung ist in der Regel sehr schnell. Beide Strategiebausteine ermöglichen eine kleine, Teilzeitarbeit sogar eine mittlere Änderung der Montagekapazität in mehreren Stufen. Durch die Fähigkeit der Strategiebausteine, eine sehr feinstufige und kleine Kapazitätsveränderung zu bewirken, lässt sich eine Kapazitätsanpassung nach dem Gleichlaufprinzip sehr gut realisieren. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt in Form der Variation der Bearbeitungsdauer, und es handelt sich um passive, bestandsflexible Strategiebausteine, die reversibel sind. Teilzeitarbeit ist jedoch nur bedingt reversibel, da die Arbeitsverträge geändert werden und die Mitarbeiter bereit sein müssen, Vollzeit zu arbeiten.

Einsatzgebung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Strategiebaustein variable Arbeitszeit durch Gleitzeit eignet sich sehr gut zum Einsatz bei kurz-, mittel- und langfristigen Stückzahlenschwankungen kleiner Höhe. Da im Rahmen des Gleitzeitkontos nicht über einen längeren Zeitraum Mehr- oder Minderstunden anfallen dürfen und ein Ausgleich erfolgen muss, eignet sich der Strategiebaustein nur bei kurzfristigen Absatzänderungen. Bei mittel- und langfristigen Absatzänderungen ist sie daher nur bedingt,

nämlich für eine gewisse Anfangszeit einsetzbar, danach müssen andere, langfristig wirkende Strategiebausteine einsetzen. Wegen des schnellen und flexiblen Einsatzes von Gleitzeitarbeit ist eine geringe Sicherheit der Absatzprognosedaten ausreichend. Die Teilzeitarbeit ist vor allem bei rückläufigen Absatzänderungen und -schwankungen von kurz-, mittel- und langfristiger Dauer bis zu einer mittleren Kapazitätsänderung sinnvoll einsetzbar. Die Absatzprognose sollte wegen der abzuschließenden Arbeitsverträge eine mittlere Sicherheit aufweisen.

Umsetzungsaufwand

Wenn die Strategiebausteine Gleit- oder Teilzeitarbeit bereits umgesetzt und Arbeitsverträge mit entsprechenden Arbeitszeiten mit den Mitarbeitern abgeschlossen wurden, ist eine Anpassung der Arbeitszeiten bzw. Arbeiten mit Teilzeit sofort möglich. Daher ist auch der zeitliche Planungsaufwand zu deren Umsetzung sehr gering. Der Realisierungsaufwand bis zum Einsatz der Strategie und der notwendige Investitionsaufwand dafür ist ebenfalls als gering zu bewerten. Ist die Gleit- oder Teilzeitarbeit jedoch noch nicht realisiert, so ist der Planungs- und Realisierungsaufwand für diese Strategie landes- und branchenspezifisch aufgrund des Mitbestimmungsrechts von Gewerkschaften und Betriebsräten unter Umständen sehr hoch.

OS1B: Variation der Schichtarbeit

Das Prinzip der Anpassung der Arbeitszeit ist bei dieser Strategieggruppe durch eine flexible Lage der Arbeitszeit bei Schichtsystemen sowie eine flexible Dauer und Lage der Arbeitszeit bei Teilzeitschichten gekennzeichnet. Nach BULLINGER [1995, S. 290] fällt bei Schichtarbeit die gleiche Arbeitsaufgabe (-leistung) über einen erheblich längeren Zeitraum als die wirkliche Arbeitszeit eines Arbeitnehmers an und wird von mehreren Arbeitnehmern oder -gruppen in festgelegter Reihenfolge (Schichten) am selben Arbeitsplatz erfüllt (Bild 4-4). Durch eine individuelle Gestaltung des Schichtsystems lässt sich die Betriebszeit pro Arbeitstag und somit die Ausbringung der Montageanlage sehr gut an den Absatzbedarf anpassen.

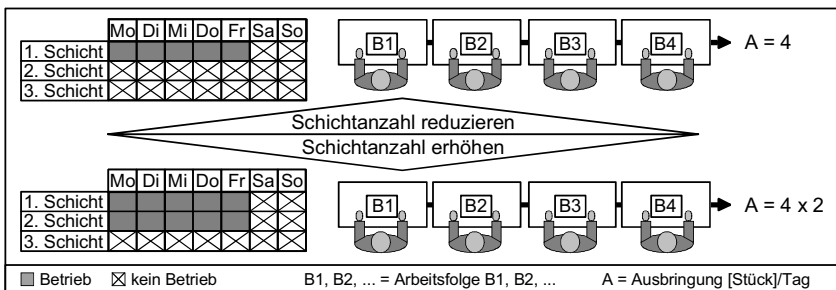


Bild 4-4: Strategiebaustein Variation der Schichtarbeit

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass dieser realisiert ist und die Schichtanzahl verändert werden kann. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategiebausteine Normal- und Teilzeitschicht ist somit abhängig von den vereinbarten Arbeits-, Tarifverträgen und Betriebsvereinbarungen bis zur Zustimmung aller Parteien (Betriebsrat) als langsam bis schnell einzustufen. Die Strategiebausteine ermöglichen eine hohe bis sehr hohe Änderung der Montagekapazität in mehreren Stufen. Durch die Fähigkeit, eine gestufte, jeweils aber nur sehr hohe Kapazitätsänderung vorzunehmen, lässt sich damit eine Kapazitätsanpassung nach dem Zeitstufenprinzip sehr gut realisieren. Die Änderung der Kapazität wird durch die Variation der Bearbeitungsdauer erreicht, und es handelt sich um passive, bestandsflexible Strategiebausteine, die kurzfristig reversibel, jedoch langfristig nur bedingt reversibel sind. Ursache hierfür ist bei Einführung zusätzlicher Schichten der Bedarf an qualifizierten Mitarbeitern und bei Reduzierung der Schichten die Entlassung oder der anderweitige Einsatz der Mitarbeiter im Unternehmen.

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Strategiebaustein Variation der Schichtarbeit eignet sich sehr gut zum Einsatz bei kurz-, mittel- und langfristigen Stückzahländerungen und -schwankungen von hohem bis sehr hohem Betrag. Dabei sollte eine mittlere bis hohe Prognosesicherheit des Absatzes vorliegen, da qualifiziertes Personal für die zusätzlichen Schichten bereitgestellt werden muss oder das Personal bei Schichtanzahlreduzierung an anderer Stelle im Unternehmen zu beschäftigen ist.

Umsetzungsaufwand

Sind die vertraglichen Randbedingungen zur Veränderung der Schichtarbeit geregelt und qualifiziertes Personal im Unternehmen verfügbar, so können kurzfristig zusätzliche Schichten mit den vorhandenen Mitarbeitern im Unternehmen gefahren werden. Erfordert die Kapazitätsanpassung jedoch langfristig dauerhaft zusätzliche oder reduzierte Schichten, so ist die Umsetzung des Strategiebausteins noch zu planen. Falls eine größere Anzahl qualifizierter Mitarbeiter für zusätzliche Schichten erst aufgebaut werden muss, ist die Reaktionsgeschwindigkeit langsam bis sehr langsam. Dies gilt unter anderem auch bei der Reduzierung der Schichten und dem damit verbundenen Personalabbau oder der Weiterbeschäftigung des Personals im Unternehmen. Eine schnellere Reaktionsgeschwindigkeit bietet der Einsatz von Leiharbeitern, falls keine hohe Mitarbeiterqualifikation erforderlich ist. Daher schwankt auch, abhängig von diesen beiden Anwendungsfällen, der Realisierungsaufwand zwischen gering und hoch. Der Planungs- und Investitionsaufwand kann beim Einsatz dieses Strategiebausteins als gering eingestuft werden. Jedoch kann der Abbau von Personal in Verbindung mit der Zahlung von Abfindungen sehr hohe Kosten verursachen. Zudem entstehen bei Einführung einer Spät- oder Nachtschicht laufende Kosten für Schichtzuschläge.

OS1C: Zusätzliche Arbeitstage

Das Prinzip der Anpassung der Arbeitszeit ist bei dieser Strategieggruppe durch eine flexible Lage der Arbeitszeit gekennzeichnet. Sie beinhaltet zusätzliche Arbeitstage wie Samstag, Sonn- und Feiertage. Der Samstag ist nach dem Arbeitszeitgesetz in Deutschland ein normaler Arbeitstag und ermöglicht es, die Kapazität des Montagesystems auf Basis einer 5- oder 6- Arbeitstageweche zu verändern (Bild 4-5). An Sonn- und Feiertagen herrschen grundsätzlich für fast alle Beschäftigungsbereiche Arbeitsverbot. Jedoch existieren Ausnahmeregelungen, und es kann im Rahmen dieser gesetzlichen und tariflichrechtlichen Regelungen durch Sonn- und Feiertagsarbeit die Kapazität eines Montagesystems verändert werden.

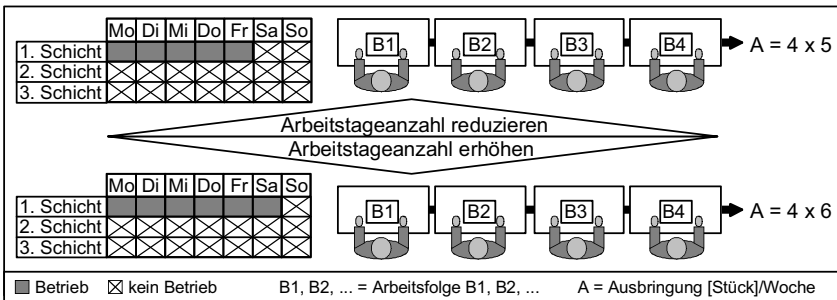


Bild 4-5: Strategiebaustein zusätzliche Arbeitstage (Beispiel Samstagsarbeit)

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass dieser umgesetzt ist und für befristete, kurzfristige Kapazitätsanpassungen Samstags-, Sonn- und Feiertagsarbeit mit den vorhandenen Mitarbeitern im Unternehmen realisiert werden kann. Ist jedoch eine längerfristige Kapazitätsanpassung durch Samstagsarbeit erforderlich, so ist die Umsetzung des Strategiebausteins noch zu planen. Die Reaktionsgeschwindigkeit dieser Strategiebausteine ist abhängig von dem vereinbarten Arbeits- und Tarifvertrag sowie der Betriebsvereinbarung bis zur Zustimmung aller Parteien als langsam und bei Samstagsarbeit als schnell einzustufen. Die Strategien ermöglichen, bezogen auf die Wochenausbringung der Montageanlage, eine kleine Änderung der Kapazität in einer Stufe, so dass damit vor allem eine Kapazitätsanpassung nach dem Gleichlaufprinzip realisierbar ist. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt durch Variation der Bearbeitungsdauer, und es handelt es sich um passive, bestandsflexible Strategiebausteine, die reversibel sind.

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Strategiebaustein Samstagsarbeit eignet sich sehr gut zum Einsatz bei kurz-, mittel- und langfristigen Stückzahländerungen und -schwankungen. Dabei sollte eine mittlere Prognose-sicherheit des Absatzes vorliegen. Der Strategiebaustein Sonn- und Feiertagsarbeit eignet sich hingegen vorrangig zum Ausgleich von Absatzschwankungen mittel- und langfristiger Dauer und ist wegen des einmaligen Einsatzes oder kurzen, befristeten Einsatzzeitraums nur bedingt für kurzfristige Absatzänderungen geeignet. Dabei sollte die Sicherheit der Absatzprognose aufgrund des organisatorischen Realisierungsaufwands insbesondere für Sonn- und Feiertagsarbeit mittel bis hoch sein. Beide Strategien ermöglichen jedoch nur eine Anpassung an kleine Absatzänderungen. Insgesamt ist zu beachten, dass prinzipiell an jedem Samstag gearbeitet werden kann und somit der Einsatz des Strategiebausteins zur Kapazitätsanpassung das ganze Jahr über möglich ist. Sonn- und vor allem Feiertagsarbeit stellen nur einmalige oder zeitlich begrenzt einsetzbare Strategien zur Kapazitätsanpassung dar und sind daher vorrangig zum Einsatz bei Absatzschwankungen geeignet.

Umsetzungsaufwand

Bei kurzfristigem Einsatz der Strategiebausteine in der Montage kann der notwendige Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand als gering eingestuft werden. Eine Ausnahme stellt die Einstellung und Schulung von Personal dar, für die der Realisierungsaufwand eher hoch ist. Zudem entstehen bei Sonn- und Feiertagsarbeit Kosten durch Lohnzuschläge. Falls zum längerfristigen Einsatz des Strategiebausteins einerseits eine größere Anzahl qualifizierter Montagemitarbeiter notwendig ist, die eingestellt und ausgebildet werden müssen, oder andererseits bei längerfristigem Abbau der Samstagsarbeit eine Weiterbeschäftigungsmöglichkeit gefunden oder ein Abbau des Personals realisiert werden muss, so ist die Reaktionsgeschwindigkeit des Strategiebausteins als langsam einzustufen und sie kann zudem hohe Kosten für den Personalabbau verursachen. Eine Reduzierung des Aufwands und der Reaktionszeit ist auch hierbei durch den Einsatz von Leiharbeitern möglich.

4.2.2.2 OS2: Zeitweise Stilllegung der Montageanlage

Bei dem Strategiebaustein zeitweise Stilllegung der Montageanlage wird die Montage des Produkts und somit die Ausbringung für eine befristete Dauer unterbrochen (Bild 4-6).

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass dieser umgesetzt ist und die Montageanlage jederzeit stillgelegt werden kann. Die Reaktionsgeschwindigkeit bis zum Einsatz dieses Strategiebausteins ist somit sehr schnell und ermöglicht eine mittlere bis hohe Kapazitätsänderung der Montage pro Tag, die bei Betrieb einer Anlage in einer Stufe und bei Betrieb paralleler Haupt- oder Nebenmontagesysteme (TS5A/B) in mehreren Stufen erfolgen kann. Aufgrund dieser Ausprägung lässt sich vor allem

eine Kapazitätsabstimmung nach dem Zeitstufenprinzip realisieren. Mittel- und langfristig gesehen, ermöglicht die Strategie jedoch die Anpassung nach dem Gleichlaufprinzip. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt in Form der Variation der Bearbeitungsdauer, und es handelt sich um eine passive, bestandsflexible Strategie, die reversibel ist.

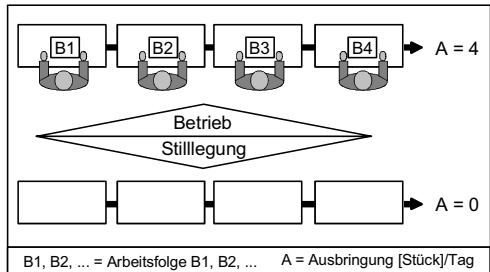


Bild 4-6: Strategiebaustein zeitweise Stilllegung der Montageanlage

Einsatzzeignung bei spezifischen Absatzveränderungen

Die zeitweise Stilllegung einer Montageanlage eignet sich vor allem zum Einsatz bei Stückzahlenschwankungen und -änderungen mit kurz- und mittelfristiger Dauer und ermöglicht eine kleine bis hohe Anpassung an Absatzänderungen. Zur Kapazitätsanpassung von Stückzahländerungen und -schwankungen von langfristiger Dauer ist der Strategiebaustein jedoch nur bedingt bis nicht geeignet, da hierbei hohe Fixkosten durch den langen Stillstand der Anlage entstehen. Somit ist der Einsatzbereich der Strategie vor allem im Bereich von Absatzschwankungen zu sehen und erfordert eine geringe bis mittlere Sicherheit der Absatzprognose.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand für diese Strategie ist sehr gering. Bei Anlagen mit hohen Investitionen, die noch nicht abgeschrieben sind, entstehen jedoch wegen der niedrigeren Anlagenauslastung zum Teil hohe Stillstandskosten (Fixkosten). Als wichtige Randbedingung für einen niedrigen Realisierungsaufwand ist zudem eine hohe Personalflexibilität im Unternehmen zu nennen, um die wechselnden Stillstands- und Nutzungszeiten der Anlage personell zu ermöglichen.

4.2.2.3 OS3: Lagerhaltung

Bei diesem Strategiebaustein werden fertige Produkte oder Baugruppen auf Lager gelegt. Veränderungen der Absatzmengen am Markt werden nicht durch Kapazitätsveränderung der Montage, sondern durch einen entsprechenden Auf- oder Abbau des Lagerbestands ausgeglichen (Bild 4-7).

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeignung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass dieser bereits umgesetzt ist und die zusätzlich erforderlichen Lagerkapazitäten existieren.

4 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen

Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategie ist somit bei vorhandenem bzw. gefülltem Lager sehr schnell. Muss das Lager jedoch erst gebaut bzw. gefüllt werden, ist die Reaktionsgeschwindigkeit langsam bis sehr langsam. Der Strategiebaustein ermöglicht, abhängig von der täglichen Ausbringung des Systems sowie der Lagerkapazität und der Produktgröße, in der Regel eine kleine bis mittlere

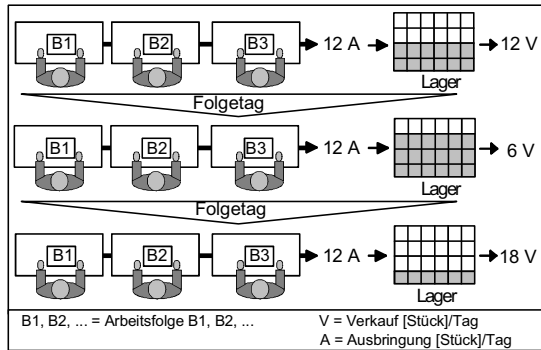


Bild 4-7: Strategiebaustein Lagerhaltung

Kapazitätsanpassung der Montage in beliebig vielen Stufen. Aufgrund der Tatsache, dass die Kapazität der Montageanlage bei dieser Strategie nicht verändert wird, kommt das Ausgleichsprinzip zur Anwendung, das einen zeitlichen Ausgleich der Anlagenkapazität durch Abgleichen temporärer Über- und Unterkapazitäten in der Anlage bewirkt. Somit handelt es sich um eine passive, bestandsflexible Strategie, die reversibel ist.

Einsatzgebung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Strategiebaustein Lagerhaltung ist vor allem bei kurz- und mittelfristigen Stückzahl-schwankungen mit kleiner und mittlerer Absatzveränderung sinnvoll einsetzbar. Für einen effektiven Einsatz muss die Absatzschwankung keine konstante Amplitude aufweisen und auch nicht periodisch auftreten. Bei kurz- und mittelfristigen Stückzahländerungen mit mittlerer Absatzveränderung kann die Strategie bedingt eingesetzt werden. Jedoch müssen hierfür ausreichend Lagerkapazitäten zur Verfügung stehen, da der Lagerbestandsabbau nicht periodisch, sondern einmalig nach einer längeren Zeitdauer erfolgt. Die Sicherheit der Absatzprognose sollte hoch sein, da die Lagerkapazität erst aufgebaut werden muss. Bei vorhandenen Lagerkapazitäten ist bei geringen Kapazitätsanpassungen über das Lager lediglich eine geringe Prognosesicherheit des Absatzes erforderlich. Wird jedoch über das Lager eine hohe Kapazitätsanpassung realisiert, so sollte eine mittlere bis hohe Prognosesicherheit für den Absatz vorliegen, um die Bestände im vollen Lager auch absetzen zu können.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand dieser Strategie ist bei vorhandener Lagerkapazität sehr gering. Falls die Lagerkapazität erst geschaffen werden muss, verursacht dies in der Regel einen hohen Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand. Ferner entstehen durch lange Liegezeiten und große Lagerbestände hohe Lagerhaltungskosten, aber auch

Kapitalbindungskosten. Zudem können Kosten durch Transport-, Ein- oder Auslagerschäden sowie Veralterung (z. B. Verlust Marktnachfrage) oder Verderben des Produkts entstehen.

4.2.2.4 OS4: Typen- und variantenflexible Montage

Bei diesem Strategiebaustein werden unterschiedliche Typen/Varianten eines Produkts in der gleichen Anlage montiert. Die Montage der Typen/Varianten erfolgt entweder gleichzeitig im Mix oder losweise nacheinander. Die Abstimmung der Montageanlagenkapazität an den veränderten Absatzbedarf einzelner Typen oder Varianten wird bei konstanter Gesamtanlagenkapazität durch eine typen- und variantenflexible Montage aller Produkte realisiert (Bild 4-8).

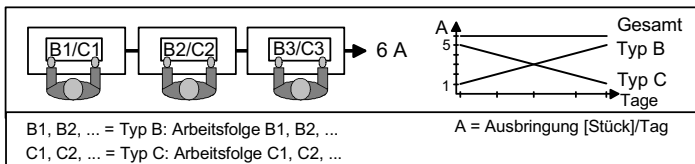


Bild 4-8: Strategiebaustein typen- und variantenflexible Montage

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass die Montageanlage typen- oder variantenflexibel gestaltet ist und mit geringem Aufwand dafür umgerüstet werden kann. Dies erfordert eine ablauf- und funktionsflexible technische, organisatorische und personelle Gestaltung des Montagesystems, die durch einen Produktaufbau in Baukastenform, hohen variantenneutralen Montageanteil sowie späten Variantenbildungspunkt unterstützt wird. Die Reaktionsgeschwindigkeit des Strategiebausteins ist in der Regel sehr schnell. Die Kapazitätsanpassung reicht von klein bis hoch pro Typ oder Variante und kann sehr feinstufig vorgenommen werden. Durch die Strategie wird keine Änderung der Anlagenkapazität erreicht und somit das Ausgleichsprinzip realisiert (zeitlicher Abgleich von temporären Über- und Unterkapazitäten einzelner Produkttypen und -varianten). Dadurch wird die Anlagenbelegungszeit der einzelnen Produkte verändert. Es handelt sich somit um eine überwiegend passive, weitgehend bestandsflexible Strategie, die reversibel ist.

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen

Die flexible Montage unterschiedlicher Produkttypen/-varianten zum Kapazitätsabgleich ist nur dann sinnvoll, wenn sich der Absatzbedarf der verschiedenen Typen und Varianten durch Absatzänderungen oder -schwankungen verschiebt, jedoch der Gesamtkapazitätsbedarf in der Montage konstant bleibt. Unter der Voraussetzung einer konstanten Gesamtkapazitätsnach-

frage ist der Strategiebaustein vor allem für kurz-, mittel- und langfristige Stückzahl-schwankungen pro Produkt aber auch bei entsprechenden Stückzahländerungen gut verwend-bar. Die Höhe der Absatzveränderung kann dabei von klein bis hoch reichen, und aufgrund der Flexibilität der Strategie erfordert diese lediglich eine geringe Absatzprognosesicherheit.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand für diesen Strategiebaustein ist bei entsprechend einfacher und schneller Umrüstbarkeit der Anlage und Mitarbeiterqualifikation gering. Falls die Umrüstflexibilität in der Anlage erst geschaffen werden muss und die Mitar-beiter für die unterschiedlichen Produkttypen geschult werden müssen, verursacht dies in der Regel einen hohen Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand.

4.2.2.5 OS5: Out-/Insourcing der Montage

Bei dieser Strategie erfolgt die Kapazitätsabstimmung der Montage durch Fremd-vergabe von Produkten oder Baugruppen an Zulieferer (Outsourcing) oder durch Zurückholen (Insourcing) der Montage in das Unter-nehmen (Bild 4-9).

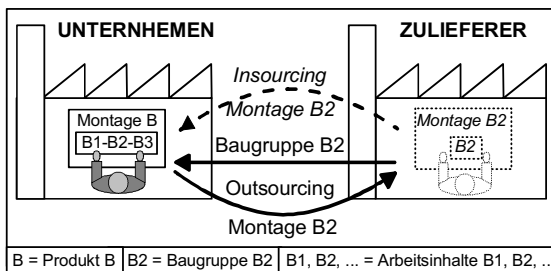


Bild 4-9: Strategiebaustein Out-/Insourcing der Montage

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass das Out- oder Insourcing der Montage noch geplant und umgesetzt werden muss. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategie ist daher in der Regel sehr langsam, da erst ein geeig- neter Zulieferer gefunden und die Montageanlage geplant, gebaut und in Betrieb genommen werden muss. Bei bereits ausgelagerter Montage ist die Reaktionsgeschwindigkeit des Strategie- bausteins bei entsprechender Kapazitätsflexibilität des Zulieferers jedoch sehr schnell. Der Strategiebaustein ermöglicht, abhängig vom Kapazitätsumfang beim Out- oder Insourcing, eine kleine bis hohe Kapazitätsveränderung, die in einer oder mehreren Stufen erfolgen kann. Der Stückzahlabruf kann, abhängig von der Kapazitätsflexibilität des Zulieferers, entspre- chend feinstufig sein. Durch diese Fähigkeit der Strategie lässt sich eine Kapazitätsanpassung sowohl nach dem Zeitstufen- als auch nach dem Gleichlaufprinzip realisieren. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt durch die Variation der Bearbeitungsmenge, falls der Zulieferer

nur zur Realisierung zusätzlicher Kapazitäten eingesetzt wird. Bei der Nutzung externer Kapazitäten handelt es sich um eine aktive, entwicklungsflexible Strategie, die insgesamt nur bedingt bis nicht reversibel ist.

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen

Dieser Strategiebaustein ist vor allem bei langfristigen und nur bedingt bei mittelfristigen Änderungen und Schwankungen der Absatzzahlen einsetzbar, da hier gezielt die zusätzlichen Kapazitäten des Zulieferers eingesetzt werden können. Bei der Komplettvergabe der Montage an einen Zulieferer ist eine derartige Bewertung der Einsatzzeichnung allgemein gültig nicht möglich. Die Schwankungen sollten dabei relativ periodisch auftreten, um den Kapazitätsbedarf vorausplanen zu können. Die Höhe der Absatzveränderung kann je nach Ausprägung der Strategie zwischen klein und hoch liegen und erfordert eine hohe Sicherheit der Absatzprognose, wenn die Montage an Zulieferer vergeben oder von diesen zurückgeholt werden soll.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand für diesen Strategiebaustein ist aufgrund der kompletten Durchführung aller notwendigen Aktivitäten von der Planung bis zur Realisierung als sehr hoch anzusehen, vor allem bei Rückholung der Montage (vertragliche Regelung und Kosten). Wichtig ist dabei auch die Sicherstellung der gleichbleibenden Baugruppen- und Produktqualität, wodurch Kosten und Aufwand für zusätzliche Wareneingangsprüfungen entstehen und zudem ein Technologie- und Know-how-Verlust möglich ist. Ist die Montage bereits ausgelagert, so ist der Umsetzungsaufwand als geringer zu bewerten. Dies ist jedoch stark vom technischen Aufwand (Betriebsmittel) abhängig.

4.2.3 Bewertung der technischen Strategiebausteine

4.2.3.1 TS1A/B: Überkapazität an Arbeitsplätzen/Betriebsmitteln

Diese Strategiebausteingruppe kann in die Teilstrategien *Überkapazität an Arbeitsplätzen* (TS1A) und *Überkapazität an Betriebsmitteln* (TS1B) unterteilt werden (Bild 4-10). Im ersten Fall erfolgt eine Aufteilung von Arbeitsinhalten an einer Station auf vorinstallierte, ungenutzte Arbeitsplätze, und im zweiten Fall werden alle Arbeitsstationen (Betriebsmittel) zwei- oder mehrfach in einer Anlage vorgesehen.

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung der Strategiebausteine wird davon ausgegangen, dass die Überkapazität an Arbeitsstationen bzw. Betriebsmitteln bereits vorgesehen ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategie ist somit im Allgemeinen sehr schnell, falls ein einfaches Umrüsten und Umverteilen der Arbeitsinhalte sowie die Inbetriebnahme der zusätzlichen

4 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen

Betriebsmittel möglich ist. Der Strategiebaustein ermöglicht, abhängig von der Ausprägung der Anlage sowie der vorhandenen Überkapazität, eine kleine bis hohe oftmals auch sehr hohe Kapazitätsänderung der Montage, die in der Regel in mehreren Stufen möglich ist. Dadurch lässt sich eine Kapazitätsanpassung nach dem Gleichlauf-, aber auch nach dem Zeitstufenprinzip realisieren. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt, abhängig von der Kapazitätsänderung, durch Variation der Bearbeitungsmenge (Mengenteilung) und/oder Bearbeitungsgeschwindigkeit (Arteilung). Somit handelt es sich vorrangig um eine passive, weitgehend bestandsflexible Strategie, die reversibel ist.

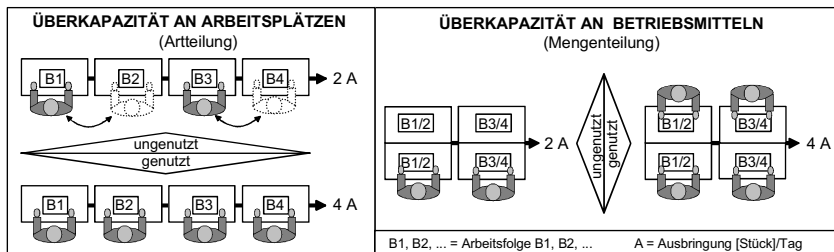


Bild 4-10: Strategiebaustein Überkapazität an Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln

Einsatzzeignung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Strategiebaustein Überkapazität an Arbeitsstationen eignet sich vor allem zur Kapazitätsanpassung der Montage bei kurz-, mittel- und langfristigen kleinen bis sehr hohen Absatzschwankungen. Gut bis bedingt ist diese Teilstrategie bei kleinen und hohen kurz- und mittelfristigen Absatzänderungen geeignet. Der Einsatz des Strategiebausteins Betriebsmittelüberkapazität ist aufgrund höherer Investitionen (mehrfach vorhandene Betriebsmittel) und höherer Fixkosten durch die niedrige Betriebsmittelauslastung bei langfristigen Absatzänderungen und -schwankungen schlecht bis bedingt, jedoch bei kurz- und mittelfristigen kleinen bis sehr hohen Absatzänderungen und -schwankungen gut geeignet. Die Überkapazität an Betriebsmitteln erfordert wegen der höheren Investitionen eine hohe Sicherheit der Absatzprognose. Bei der Teilstrategie Arbeitsplatzüberkapazität ist hingegen eine geringe bis mittlere Sicherheit der Absatzprognose ausreichend.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand der beiden Teilstrategien ist unter den definierten Randbedingungen als gering anzusehen. Der Realisierungsaufwand kann aber auch höher ausfallen, falls das Umstellen der Montageanlage auf eine andere Mitarbeiteranzahl oder den mehrfachen Betriebsmitteleinsatz aufwändig ist. Zudem verursacht die Aufteilung

der Arbeitsinhalte auf eine andere Personenanzahl (Austaktung) einen höheren Planungs- und Einführungsaufwand und erfordert einen Qualifizierungsaufwand (job enrichment, job enlargement) für die Mitarbeiter. Muss die Strategie Betriebsmittelüberkapazität erst realisiert werden, entstehen höhere Investitionen und die Reaktionsgeschwindigkeit ist sehr langsam.

4.2.3.2 TS2: Stufenweiser Aus-/Rückbau der Anlage

Bei diesem Strategiebaustein wird eine Montageanlage zur Kapazitätsanpassung mit manuellen, teil- oder vollautomatisierten Arbeitsstationen stufenweise aus- oder rückgebaut, ohne jedoch primär den Automatisierungsgrad einzelner Stationen (Arbeitsschritte) zu verändern (Bild 4-11).

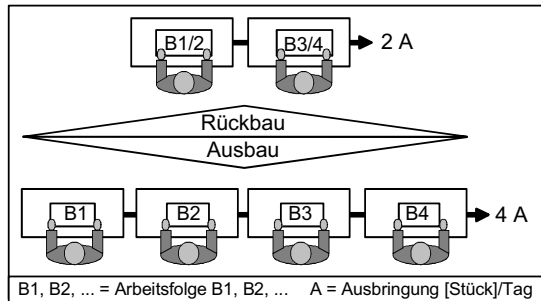


Bild 4-11: Strategiebaustein stufenweiser Aus- oder Rückbau des Montagesystems

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung der Strategie wird davon ausgegangen, dass der Aus- oder Rückbau noch zu planen und umzusetzen ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist somit, abhängig vom Grad des Aus- oder Rückbaus der Anlage, als langsam bis sehr langsam einzustufen. Die Strategie ermöglicht, abhängig vom Ausbaugrad der Anlage, in der Regel eine mittlere bis sehr hohe Kapazitätsänderung, die in einer Stufe erfolgt. Dadurch lässt sich eine Kapazitätsanpassung nach dem Zeitstufenprinzip realisieren. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt durch Variation der Bearbeitungsgeschwindigkeit und –menge, und es handelt sich um eine aktive, entwicklungsflexible Strategie, die ohne Aufwand nur bedingt bis nicht reversibel ist.

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der stufenweise Aus-/Rückbau der Montageanlage zur Kapazitätsveränderung eignet sich vor allem bei mittel- und langfristigen Absatzänderungen mittlerer bis sehr hoher Größe. Nur bedingt geeignet ist der Strategiebaustein bei langfristigen Absatzschwankungen, da der finanzielle und zeitliche Aufwand für den wiederholten Aus- und Rückbau der Anlage ab einer bestimmten Häufigkeit nicht mehr wirtschaftlich ist. Insgesamt erfordert die Strategie eine

4 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen

mittlere bis hohe Sicherheit der Absatzprognose, da der Strategiebaustein ein hohes Investitionsrisiko beinhaltet.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand für die Umsetzung des Strategiebausteins ist mit hoch einzustufen, da die Änderungen an der Anlage geplant und die Systemkomponenten gebaut werden müssen. Zudem entstehen bei der Umsetzung Stillstands-, Umbaukosten und Anlaufverluste. Reduzieren lässt sich dieser Aufwand durch die Verwendung erweiterungsflexibler Anlagenkomponenten und die Berücksichtigung der Erweiterungsfähigkeit zu Beginn der Anlagenplanung.

4.2.3.3 TS3: Engpassorientierung

Bei diesem Strategiebaustein erfolgt die Kapazitätsveränderung durch Beseitigung der kapazitiven Engpassstation im Montageablauf der Anlage (Bild 4-12) zur Erhöhung der Ausbringung bzw. der Verfügbarkeit. Eine Engpassmontagestation ist gekennzeichnet durch die größte Bearbeitungszeit oder die geringste Ausbringung und ist somit bestimmend für die Taktzeit bzw. Ausbringung der gesamten Montageanlage.

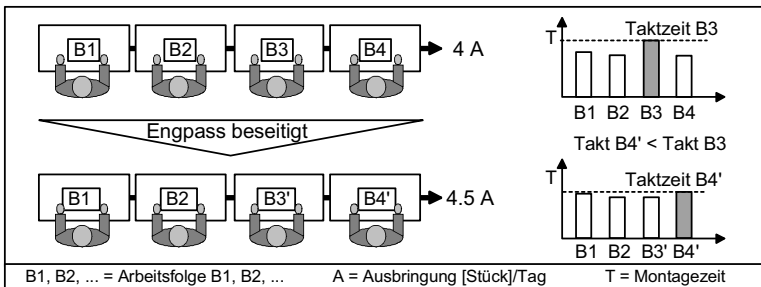


Bild 4-12: Strategiebaustein Engpassorientierung

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass die Beseitigung der Engpassstelle noch geplant und umgesetzt werden muss. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategie ist abhängig von dem gewählten Folgestrategiebaustein zur Beseitigung des Kapazitätsengpasses und kann daher von sehr schnell bis sehr langsam reichen. Der Strategiebaustein ermöglicht in der Regel eine kleine Änderung der Kapazität der gesamten Anlage in einer Stufe. Dadurch lässt sich die Kapazitätsanpassung nach dem

Gleichlaufprinzip realisieren. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt durch Variation der Bearbeitungsmenge, -dauer oder -geschwindigkeit. Der Strategiebaustein Engpassorientierung ist somit, abhängig von der Folgestrategie, aktiv oder passiv, bestands- oder entwicklungsflexibel und kann reversibel oder irreversibel sein.

Einsatzgebung bei spezifischen Absatzveränderungen

Die Beseitigung der Engpassstation in einer Montageanlage eignet sich prinzipiell zur Kapazitätsanpassung von kurz-, mittel- und langfristigen Absatzänderungen und -schwankungen von kleiner Höhe. Die mehr oder weniger gute Einsatzgebung für eine spezifische Fristigkeit von Absatzänderung oder -schwankung hängt jedoch stark von der Art des gewählten Folgestrategiebausteins zur kapazitiven Engpassbeseitigung ab, der auch die erforderliche Sicherheit der Absatzprognose bestimmt.

Umsetzungsaufwand

Da die Kapazitätserweiterung der Engpassstation durch einen Folgestrategiebaustein erreicht wird, ist der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand ausschließlich von dessen Ausprägung abhängig und kann von hoch bis gering reichen.

4.2.3.4 TS4: Aus-/Eingliederung von Montageinhalten

Bei diesem Strategiebaustein werden zur Kapazitätsanpassung Montageinhalte aus der Anlage ausgegliedert oder in diese eingegliedert (Bild 4-13). Ausgegliederte Montageinhalte können zum Beispiel als Vormontagen an Zulieferer vergeben (vgl. OS5) oder in einer eigenen Vormontage montiert werden. Aus den veränderten Montageinhalten resultiert in der Anlage eine Über- oder Unterkapazität (Mitarbeiter).

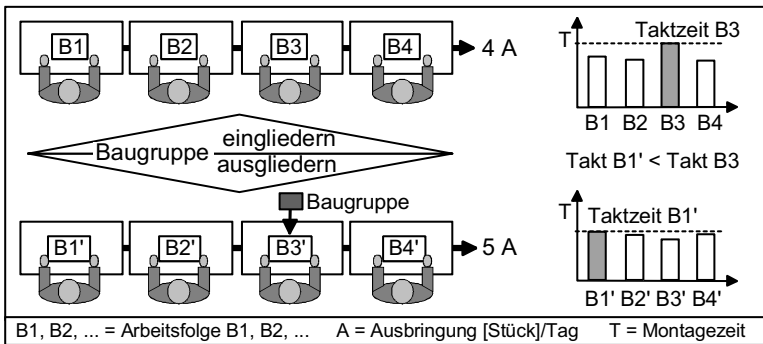


Bild 4-13: Strategiebaustein Ein- oder Ausgliedern von Montageinhalten

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass die Aus-/Eingliederung von Montageinhalten noch geplant und umgesetzt werden muss. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategie ist, abhängig vom Umfang des Eingriffs in die Montageanlage, in der Regel schnell bis langsam. Der Strategiebaustein ermöglicht in Abhängigkeit vom betroffenen Kapazitätsumfang an Vormontagen eine kleine Kapazitätsveränderung in einer Stufe und ermöglicht damit eine Kapazitätsanpassung nach dem Gleichlaufprinzip. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt durch Variation der Bearbeitungsgeschwindigkeit. Somit handelt es sich um eine aktive, entwicklungsflexible Strategie, die nur bedingt, abhängig von den Strukturänderungen der Montageanlage, reversibel ist.

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Strategiebaustein ist vor allem bei mittel- und langfristigen Absatzänderungen, aber auch bei langfristigen Schwankungen der Absatzstückzahlen sinnvoll einsetzbar. Eine bedingte Einsatzzeichnung besteht bei kurz- und mittelfristigen Absatzschwankungen, dies ist jedoch in hohem Maße von der Umrüstflexibilität der Montageanlage abhängig. Die Absatzveränderung darf dabei aber nur klein sein, und es sollte eine mittlere Sicherheit der Absatzprognose zum Einsatz des Strategiebausteins vorliegen.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs- und Realisierungsaufwand des Strategiebausteins ist in der Regel als hoch einzustufen, da die Ein- oder Ausgliederung von Montageinhalten einen zeitlichen, organisatorischen und technischen Aufwand erfordern. Der Investitionsaufwand ist, falls keine zusätzlichen Betriebsmittel erforderlich sind, als gering einzustufen.

4.2.3.5 TS5A/B: Einsatz paralleler Montagesysteme

TS5A: Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme

Bei diesem Strategiebaustein wird zur Kapazitätsveränderung die Anzahl gleichartiger, parallel betriebener Montagesysteme für ein Produkt verändert (Bild 4-14). Zur Kapazitätserhöhung wird eine bestehende Montageanlage dupliziert oder auch mehrfach installiert. Zur Reduzierung der Kapazität werden eine oder mehrere der parallel betriebenen Montageanlagen außer Betrieb genommen und demontiert.

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass die Veränderung der Anlagenanzahl noch nicht geplant und umgesetzt ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategie zum Einsatz einer parallelen Anlage ist somit sehr langsam,

da diese erst geplant und realisiert werden muss. Die Reaktionsgeschwindigkeit bei Stilllegung und Abbau einer parallelen Anlage ist dagegen sehr schnell. Der Strategiebaustein ermöglicht, abhängig von der Anzahl der zusätzlich installierten oder stillgelegten Montagesysteme, eine hohe bis sehr hohe Kapazitätsänderung in einer Stufe, wodurch eine Kapazitätsanpassung nach dem Zeitstufenprinzip erfolgt. Die Änderung der Montagekapazität erfolgt durch Variation der Bearbeitungsmenge, und es handelt sich um eine aktive, entwicklungsflexible Strategie, die nicht reversibel ist.

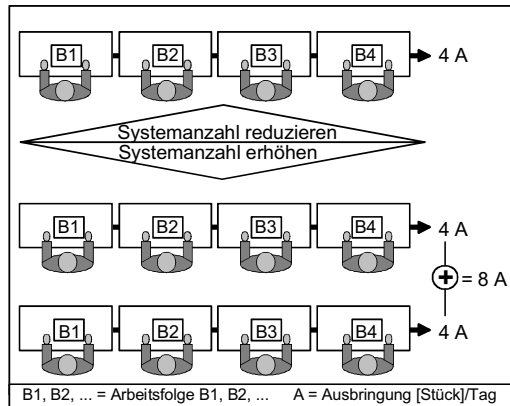


Bild 4-14: Strategiebaustein Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme

Einsatzgebung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Einsatz des Strategiebausteins zur Erhöhung der Kapazität eignet sich vor allem bei hohen bis sehr hohen mittel- und langfristigen Absatzänderungen. Zur Kapazitätsanpassung bei Absatzschwankungen ist die Strategie nicht geeignet, da in Zeiten mit Absatzrückgang die Anlagenkapazität nicht genutzt werden kann und hohe Stillstandskosten entstehen. Lediglich bei langfristigen Absatzschwankungen ist eine bedingte Eignung möglich, wenn die Anlageninvestition nicht hoch war und dadurch nur geringe Fixkosten entstehen. Die Stilllegung und Demontage paralleler Montageanlagen ist nicht bei Absatzschwankungen geeignet, kann jedoch bei jeder Art von Absatzänderung eingesetzt werden. Insgesamt erfordert der Einsatz der Strategie wegen des Investitionsrisikos eine hohe Sicherheit der Absatzprognose.

Umsetzungsaufwand

Der Realisierungs- und Investitionsaufwand ist bei diesem Strategiebaustein hoch, und es besteht ein hohes Investitionsrisiko, falls die prognostizierten Stückzahlen nicht erreicht werden. Der Anlagenplanungsaufwand ist jedoch gering, da das Anlagenkonzept übernommen wird. Beim Realisierungsaufwand kommen die Synergieeffekte in Form der Erfahrungen bei der ersten Anlagenrealisierung positiv zum Tragen. Kosten und Aufwand entstehen zudem einerseits bei Erweiterung der Anlagenanzahl für die Einstellung und Qualifizierung neuer Mitarbeiter und andererseits beim Abbau einer Anlage durch die Entlassung des Personals. Einspa-

4 Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen

nungseffekte können aber auch dadurch erzielt werden, dass die demontierte Anlage oder einzelne Komponenten davon für die Montage eines anderen Produkts weiterverwendet werden.

TS5B: Einsatz eines Nebenmontagesystems

Bei diesem Strategiebaustein wird zur Kapazitätsabstimmung, parallel zum Hauptmontagesystem, ein Nebenmontagesystem mit geringerer Kapazität betrieben (Bild 4-15). Die Kapazität des Nebensystems wird entsprechend dem Bedarf der Absatzschwankung oder -änderung ausgelegt.

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeichnung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass das Nebensystem noch nicht geplant und umgesetzt wurde. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist daher langsam bis sehr langsam. Die Stilllegung und der Abbau des Nebensystems kann jedoch sehr schnell erfolgen. Die Strategie ermöglicht in der Regel eine kleine bis mittlere Kapazitätsänderung der Montage, die in einer Stufe erfolgt und eine Kapazitätsanpassung nach dem Zeitstufenprinzip ermöglicht. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt durch Variation der Bearbeitungsmenge, und es handelt sich um eine aktive, entwicklungsflexible Strategie, die nicht reversibel ist.

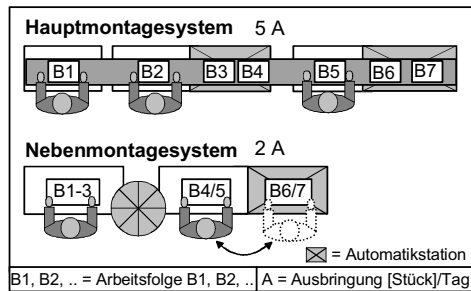


Bild 4-15: Strategiebaustein Einsatz eines Nebenmontagesystems

Einsatzzeichnung bei spezifischen Absatzveränderungen

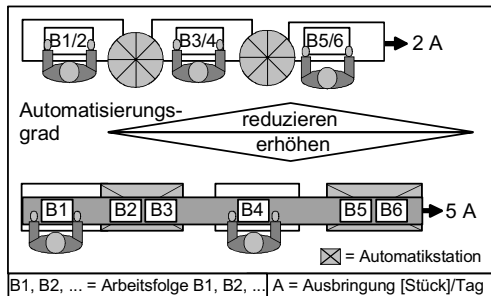
Der Einsatz eines Nebensystems eignet sich für kurz- und mittelfristige Absatzänderungen bedingt und bei langfristigen Absatzänderungen sehr gut. Entscheidend bei kurz- und mittelfristigen Absatzänderungen ist, ob in der kurzen Zeitdauer das Nebensystem geplant, gebaut und installiert werden kann. Bedingt bis gut geeignet ist der Einsatz eines Nebensystems bei mittel- und langfristigen Absatzschwankungen, da das Nebensystem bei jeder Schwankung wieder installiert und deinstalliert bzw. anderweitig genutzt werden muss. Der Einsatz dieses Strategiebausteins erfordert aufgrund der mit dem Nebensystem verbundenen Investitionen und des Investitionsrisikos mindestens eine mittlere Sicherheit der Absatzprognose.

Umsetzungsaufwand

Der Aufwand zur Planung des Nebensystems sowie der Realisierungs- und Investitionsaufwand sind bei diesem Strategiebaustein hoch. Alle weiteren Vor- und Nachteile zum Realisierungsaufwand sind analog denen des Strategiebausteins TS5A.

4.2.3.6 TS6: Veränderung des Automatisierungsgrads

Bei diesem Strategiebaustein wird der Grad der Automatisierung eines Montagesystems vom manuellen oder mechanisierten über ein teilautomatisiertes bis hin zum vollautomatisierten Montagesystem oder in umgekehrter Richtung in einem oder mehreren Schritten verändert (Bild 4-16).



Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzeignung dieses Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass die Änderung des Automatisierungsgrads der Anlage noch geplant und umgesetzt werden muss. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist zwar abhängig von der Veränderung des Automatisierungsgrads, jedoch in der Regel sehr langsam. Die Strategie ermöglicht, abhängig von der Automatisierungsgradänderung, eine kleine bis hohe Kapazitätsänderung der Montage in einer oder mehreren Stufen. Durch diese Art der Kapazitätsänderung wird vor allem das Zeitstufenprinzip unterstützt. Die Änderung der Anlagenkapazität erfolgt durch Variation der Bearbeitungsgeschwindigkeit, und es handelt sich um eine aktive, entwicklungsflexible und nicht reversible Strategie.

Bild 4-16: Strategiebaustein Veränderung des Automatisierungsgrads

Einsatzzeignung bei spezifischen Absatzveränderungen

Die Veränderung des Automatisierungsgrads der Montageanlage eignet sich vor allem bei mittel- und langfristigen kleinen bis hohen Absatzänderungen. Nur bedingt eignet sich der Strategiebaustein bei langfristigen und gar nicht bei kurz- und mittelfristigen Absatzschwankungen, da eine Anpassung des Automatisierungsgrads an die Absatzschwankung wegen des zeitlichen und finanziellen Aufwands oder der geringeren Anlagennutzung in den Phasen des Absatzzurückgangs nicht wirtschaftlich ist. Somit erfordert der Einsatz der Strategie auch eine hohe Sicherheit der Absatzprognose.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand dieses Strategiebausteins ist hoch, und es besteht ein hohes Investitionsrisiko, falls die prognostizierten Stückzahlen nicht erreicht werden. Der Realisierungsaufwand ist durch hohe Umbau-, Stillstands- und Wiederanlaufkosten (Anlaufverluste) der Anlage gekennzeichnet, und es ist mit einer Veränderung der Verfügbarkeit und des Instandhaltungsaufwands zu rechnen. Daher sollte auf eine hohe Entwicklungsflexibilität der Anlage durch einen hohen Wiederverwendungsgrad der Anlagenkomponenten geachtet werden.

4.2.4 Bewertung der personellen Strategiebausteine

4.2.4.1 PS1: Veränderung der Mitarbeiteranzahl

Bei diesem Strategiebaustein wird die Montagepersonenzahl eines Montagesystems an den notwendigen Kapazitätsbedarf durch unterschiedliche Personalstärken, von der Voll- bis zur Mindestpersonalbesetzung, angepasst (Bild 4-17).

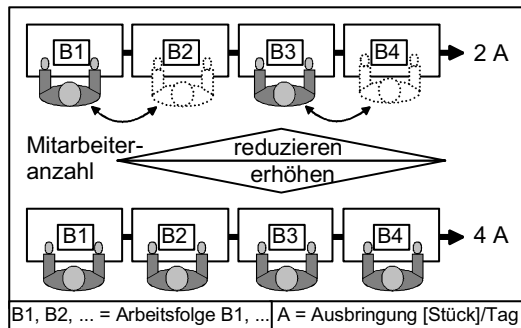


Bild 4-17: Strategiebaustein Veränderung der Mitarbeiteranzahl

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzzeignung dieses Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass die Veränderung der Mitarbeiteranzahl im Montagesystem durch Personalausgleich mit anderen Bereichen für einen kurzfristigen Zeitraum möglich ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist damit schnell. Besteht die Möglichkeit, Personal aus anderen Bereichen sofort einzusetzen, so kann auch sehr schnell reagiert werden. Gleiches gilt für die Reduzierung des Personals in der Montageanlage. Muss hingegen Personal neu eingestellt oder entlassen werden, ist die Reaktionsgeschwindigkeit als langsam bis sehr langsam einzustufen. Die Kapazitätsänderung der Montage reicht in Abhängigkeit von der Gestaltung des Montagesystems und der veränderten Personenanzahl von klein bis sehr hoch und ist feinstufig möglich. Dadurch kann eine Anpassung der Kapazität nach dem Gleichlauf- und dem Zeitstufenprinzip realisiert werden. Die Änderung der Personalkapazität der Anlage erfolgt durch Variation der

Bearbeitungsmenge und -geschwindigkeit, und es handelt sich um eine passive, bestandsflexible Strategie, die in der Regel reversibel ist. Falls zur Veränderung der Mitarbeiteranzahl größere Umrüstungen an der Montageanlage erforderlich sind, handelt es sich um eine aktive, entwicklungsflexible Strategie, und bei langfristigem Personalaufbau oder -abbau ist der Strategiebaustein nur bedingt reversibel.

Einsatzzeignung bei spezifischen Absatzveränderungen

Die Änderung der Mitarbeiterkapazität in der Montage eignet sich aufgrund der universellen Einsetzbarkeit in gleicher Weise für kleine und hohe Absatzänderungen und -schwankungen kurz-, mittel- und langfristiger Dauer. Besonders wertvoll ist der Einsatz des Strategiebausteins bei kurz- und mittelfristigen Absatzänderungen und -schwankungen, da einfach und sehr schnell reagiert werden kann. Voraussetzung ist jedoch, dass ausreichend qualifizierte Mitarbeiter kurzfristig (andere Montagebereiche oder externe Zeitarbeiter) zur Verfügung stehen und ferner die Ausprägung des Montagesystems einen flexiblen Personaleinsatz zulässt. Unter der Voraussetzung einer hohen Personalflexibilität im Unternehmen erfordert der Einsatz des Strategiebausteins eine geringe Sicherheit der Absatzprognose, jedoch eine mittlere bis hohe Prognosesicherheit, falls Personal dazu eingestellt oder entlassen werden muss.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand für diesen Strategiebaustein ist unter den definierten Randbedingungen und der Voraussetzung, dass die Anlagenumstellung auf eine andere Mitarbeiteranzahl keinen hohen Umrüstaufwand erfordert, als gering einzustufen. Es ist jedoch bei der Veränderung der Personenanzahl mit Anlaufverlusten und einer anfänglich geringeren Mitarbeiterproduktivität zu rechnen. Bei mittel- und langfristigen Personalkapazitätsanpassungen muss oftmals Personal einerseits befristet oder längerfristig eingestellt oder andererseits entlassen werden, falls im Unternehmen keine Personalkapazitäten oder Beschäftigungsmöglichkeiten bestehen. Der Planungs- und Realisierungsaufwand sowie die Kosten für Einstellung, Qualifizierung oder Entlassung von Mitarbeitern ist in diesem Fall als hoch einzustufen.

4.2.4.2 PS2: Einsatz von Springerpersonal

Bei diesem Strategiebaustein wird zur Veränderung der Anlagenkapazität bei verändertem Kapazitätsbedarf nicht die gesamte Personenanzahl im Montagesystem verändert, sondern es werden lediglich ein oder zwei zusätzliche Personen als Springer an den Kapazitätsengpassstationen in der Anlage oder im Anlagenumfeld eingesetzt (Bild 4-18).

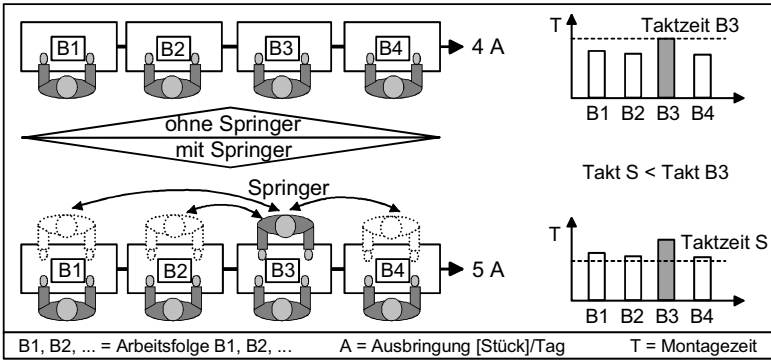


Bild 4-18: Strategiebaustein Einsatz von Springerpersonal

Prinzipielle Funktionsweise

Bei der Charakterisierung der Einsatzeignung des Strategiebausteins wird davon ausgegangen, dass Personal in diesen oder anderen Montagebereichen für kurzfristige Springereinsätze zur Verfügung steht. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Strategie ist sehr schnell, und die Höhe der Kapazitätsänderung ist in der Regel klein, kann aber bei geringer Personenanzahl in der Anlage auch höher sein und erfolgt vorrangig in einer Stufe. Die Kapazitätsänderung erfolgt nach dem Gleichlaufprinzip, die Änderung der Anlagenkapazität wird durch Variation der Bearbeitungsmenge und -geschwindigkeit, erreicht und es handelt sich um eine passive, bestandsflexible und reversible Strategie.

Einsatzgebung bei spezifischen Absatzveränderungen

Der Einsatz eines Springers im Montagesystem eignet sich vor allem bei kurz- und mittelfristigen Schwankungen des Absatzes. Aufgrund des vorrangig temporären Einsatzes eines Springers ist dessen Einsatzeignung bei mittel- und langfristigen Stückzahländerungen nicht sinnvoll. Jedoch kann bei kurzfristigen Änderungen des Kapazitätsbedarfs der Springereinsatz als Übergangslösung, bis zur Umsetzung eines anderen Strategiebausteins, bedingt geeignet sein. Die mögliche Absatzanpassung ist in der Regel aber nur klein. Wegen des flexiblen und schnellen Einsatzes des Strategiebausteins erfordert dieser nur eine geringe Sicherheit der Absatzprognose.

Umsetzungsaufwand

Der Planungs-, Realisierungs- und Investitionsaufwand für den Strategiebaustein ist mit Ausnahme der Ausbildungskosten für die Qualifizierung des Springerpersonals sowie der resultierenden höheren Lohngruppe unter den definierten Randbedingungen als gering einzustufen.

4.3 Zusammenfassung

In Kapitel 4 wurden Kriterien zur Charakterisierung und Bewertung der Einsatzeignung von Strategiebausteinen zur Kapazitätsabstimmung von Montagesystemen entwickelt, die Ausprägung der Bewertungsskala der Kriterien festgelegt und diese in die Kategorien *prinzipielle Funktionsweise*, *Einsatzeignung bei spezifischen Absatzveränderungen* sowie *Umsetzungsaufwand* unterteilt. Anschließend wurden *organisatorische, technische und personelle Strategiebausteine zur Kapazitätsveränderung von Montagesystemen* definiert, deren Funktionsweise, Einsatzeignung und Umsetzungsaufwand mittels der Kriterien firmen- und anwendungsfallneutral beurteilt und die Ergebnisse in einer Strategiebausteinmatrix zusammengefasst (Anhang A2). Mit Hilfe des Strategiebaukastens als Instrumentarium können nun, abhängig von den Randbedingungen eines Anwendungsfalls, effizient geeignete Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung der Montage ausgewählt werden.

Bei der Bewertung zeigt sich, dass bei organisatorischen Strategiebausteinen die Kapazitätsabstimmung fast ausschließlich durch Veränderung der Bearbeitungsdauer oder Kapazitätsabgleich erreicht wird, während bei technischen und personellen Strategiebausteinen vor allem eine Variation der Bearbeitungsmenge und -geschwindigkeit erfolgt. Bei der Beurteilung der Einsatzeignung der technischen Strategiebausteine wurde im Gegensatz zu den beiden anderen Strategiekategorien fast ausschließlich davon ausgegangen, dass diese noch zu planen und umzusetzen sind und damit aktive, entwicklungsflexible Strategiebausteine darstellen. Folglich weisen sie auch überwiegend eine langsame bis sehr langsame Reaktionsgeschwindigkeit auf, während diese bei organisatorischen und personellen Strategiebausteinen überwiegend schnell bis sehr schnell ist. Zur individuellen Konfiguration des Strategiebaukastens müssen die Bewertungen der Strategiebausteine einfach an die firmenspezifischen Randbedingungen angepasst werden.

5 Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme

In Kapitel 5 wird die Methode zur Planung und zur Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme beschrieben. Ausgehend von der Darstellung und Erläuterung des Gesamtkonzepts der Planungsvorgehensweise für eine stückzahlflexible Montageanlage mit seinen sechs Planungsphasen wird nachfolgend auf die einzelnen Phasen sowie die darin enthaltenen Planungsschritte und Methoden detailliert eingegangen. Besonders detailliert wird dabei die Analyse des Absatzverlaufs, die Ableitung von Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montageanlage, die Flexibilitätsplanung der Montageanlage sowie die Entwicklung von Prinziplösungen zur Kapazitätsanpassung der Anlage beschrieben. Abschließend wird aufgezeigt, wie im Betrieb der Anlage eine Abstimmung des Kapazitätsangebots der Anlage mit dem Absatzbedarf am Markt mittels der ausgewählten Anpassungsstrategien möglich ist.

5.1 Beschreibung des Gesamtkonzepts der Planungsmethode

Die im Folgenden dargestellte Planungsmethode basiert in ihrer Grundstruktur sowie den wesentlichen Planungsschritten auf in der Literatur beschriebenen Vorgehensweisen zur systematischen Planung von Montageanlagen (vgl. Kapitel 3.2.2), insbesondere der von BULLINGER [1995, S. 85FF.]. Die entwickelte Vorgehensweise wurde zur Berücksichtigung sich verändernder und unsicherer Absatzverläufe hinsichtlich des Aspekts der kapazitätsflexiblen Gestaltung der Montage in den relevanten Planungsschritten abgeändert sowie um die neue Phase der Flexibilitätsplanung erweitert (Bild 5-1). Dadurch können die bisher verifizierten Methoden zur Planung von Montagesystemen weiterverwendet werden, und der Montageplaner baut auf sein vorhandenes Wissen auf. Dieses wird erweitert durch elementares und spezifisches Know-how zur kapazitätsflexiblen Auslegung der Montage in Abhängigkeit vom kurz-, mittel- und langfristigen Absatzverlauf des Produkts.

Bei der Entwicklung der Planungsvorgehensweise wurden zudem Grundsätze, die eine effektive, effiziente, zielgerichtete, systematische und flexible Planung charakterisieren, berücksichtigt [BULLINGER 1995, S. 85FF.]. Die Vorgehensweise ist sowohl für die Neuplanung als auch für die Um- bzw. Anpassungsplanung eines Montagesystems geeignet und berücksichtigt die Ganzheitlichkeit der Planung von der Analyse der Ausgangssituation und der Definition eines Zielsystems über die Prinziplösungs- und Grobkonzeptphase bis hin zum Betrieb mit der Anpassung der Montageanlage. Besonderer Wert wurde dabei zum einen auf eine Stärkung der Analysephase (Absatzentwicklung und Schwachstellen) und zum anderen auf eine Stärkung der konzeptionellen Flexibilitäts- und Grobplanungsphase (Entwicklung von Planungsalternativen) gelegt. Der zeitliche und inhaltliche Planungsablauf ist in sechs nacheinander zu

durchlaufende Planungsphasen mit spezifischen, aufeinander aufbauenden Planungsaufgaben (PV1, 2, 3 etc.) mit weiteren Planungsschritten unterteilt (Top-Down-Prinzip), in denen die Planungsergebnisse vom Idealen zum Realen immer weiter konkretisiert werden. Zwischen den Planungsphasen und -aufgaben werden die Planungsinformationen und -ergebnisse weitergegeben. Innerhalb der Planungsaufgaben werden Planungsergebnisse aber auch nach dem „Bottom-Up-Prinzip“ erarbeitet, wie die Ableitung der übergeordneten Planungsziele oder die Zusammensetzung der gesamten Wandlungsstrategie. Zwischen den Planungsphasen und -aufgaben werden Bewertungs- und Auswahlstritte durchgeführt, die über das Fortfahren oder den Rücksprung in eine vorhergehende Planungsaufgabe bei nicht erfüllten Anforderungen oder während der Planung geänderten Planungsrandbedingungen (z. B. durch unsichere und unvollständige Absatzinformationen) entscheiden (*Iterationsprinzip*).

Das Gesamtkonzept der entwickelten Planungsvorgehensweise für stückzahlflexible Montagesysteme besteht aus sechs Planungsphasen, deren wesentliche neue und abgeänderte Planungsinhalte in Bild 5-1 und deren einzelne Planungsaufgaben in Bild 5-2 dargestellt sind.

In der *Phase 1*, der *Planungsvorbereitung*, erfolgen die Analyse und Aufbereitung der wichtigsten Planungsdaten sowie die Definition der strategischen und anlagenspezifischen Planungsziele für die Gestaltung und den Einsatz einer stückzahlflexiblen Montageanlage (Bild 5-2). Dazu werden Analysen zu dem Produkt, dem Absatz, den Prozessen und der Produktion durchgeführt. Im Rahmen der entwickelten Planungsmethode muss eine ganzheitliche und detaillierte Analyse des lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens des Produkts unter Berücksichtigung der Absatzprognoseunsicherheit erfolgen, auf deren Basis die Anforderungen und Ziele an die Kapazitätsflexibilität der Montageanlage abgeleitet werden (Bild 5-1).

Die *Phase 2*, die *Flexibilitätsplanung*, stellt die elementare neue Planungsphase dar, die in die Vorgehensweise integriert wurde. Sie hat zum Ziel, die notwendige Kapazitätsflexibilität der Montageanlage festzulegen und prinzipielle Wandlungsstrategien zur Kapazitätsveränderung zu definieren (Bild 5-2). Dazu sind Planungsszenarien für das Montagesystem in Bezug auf das prognostizierte Absatzverhalten festzulegen, in denen die erforderliche Kapazität und Kapazitätsflexibilität der Montageanlage in Bezug auf das kurz-, mittel- und langfristige Absatzverhalten des Produkts definiert werden (Bild 5-1). Zur Realisierung der Kapazitätsveränderung innerhalb und zwischen den Planungsszenarien werden passende Strategiebausteine aus dem entwickelten Strategienbausteinatalog (vgl. Kapitel 4) ausgewählt. Damit werden anschließend für das Montagesystem prinzipielle Wandlungsstrategien entwickelt, welche die Migration der Montageanlagenkapazität über die gesamte Szenarienfolge aufzeigen.

In der *Phase 3*, der *Grobplanung des Montagesystems*, werden die Montageablaufstruktur des Produkts ermittelt, eine Prinziplösung der Anlagenstruktur und das Materialbereitstellungskonzept entwickelt sowie das Konzept des Montagesystems in Form eines Groblayouts ausgearbeitet (Bild 5-2). Vor der Entwicklung der Prinziplösungen der Anlagenstruktur müssen

PHASE 1: PLANUNGSVORBEREITUNG

- Analyse des lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens des Produkts
- Ableitung von Anforderungen und Zielen an die Stückzahlflexibilität der Montageanlage

PHASE 2: FLEXIBILITÄTSPLANUNG

- Festlegung von Planungsszenarien zur Bestimmung der notwendigen Kapazitätsentwicklung bzw. -flexibilität
- Auswahl von Strategien zur Kapazitätsveränderung und Entwicklung prinzipieller Wandlungsstrategien für die Anlage

PHASE 3: GROBPLANUNG

- Entwicklung von Prinziplösungen zur Kapazitätsanpassung auf Basis der Planungsszenarien und Anpassungsstrategien
- Auswahl einer Wandlungsstrategie zur Kapazitätsabstimmung der Montageanlage

PHASE 4: FEINPLANUNG

Konkretisierung der Maßnahmen zur Umsetzung der Strategien zur Kapazitätsveränderung der Montage

PHASE 5: SYSTEMREALISIERUNG/-EINFÜHRUNG

Realisierung der Maßnahmen zur Umsetzung der Strategien zur Kapazitätsveränderung der Montage

PHASE 6: SYSTEMBETRIEB UND -ANPASSUNG

- Kontinuierliche Überwachung der Absatzentwicklung des Produkts und des Kapazitätsangebots der Montageanlage
- Auswahl und Umsetzung von Strategien zur Abstimmung des Kapazitätsangebots der Montage mit dem Absatzbedarf

Bild 5-1: Wesentliche abgeänderte und neue Planungsaufgaben im Gesamtkonzept der entwickelten Planungsvorgehensweise

jedoch die Aspekte der Kapazitätsveränderung der Montageanlage berücksichtigt werden. Dazu sind für jedes Planungsszenario alternative Prinziplösungen zur Kapazitätsanpassung der Montageanlage auf Basis der prinzipiellen Wandlungsstrategie zu entwickeln, die mittels der konkretisierten Strategiebausteine die Migration der Montageanlagenkapazität zwischen den Planungsszenarien aufzeigen (Bild 5-1). Dadurch finden die Aspekte der Kapazitätsflexibilität der Anlage erstmals in Bezug auf Organisationsform und Anlagenstruktur Berücksichtigung. Nach deren Bewertung werden die geeignetsten Prinziplösungen, abhängig vom Planungshorizont, im Rahmen einer konkreten Gesamtwandlungsstrategie für das Montagesystem zur lang-, mittel- und kurzfristigen Kapazitätsanpassung festgelegt.

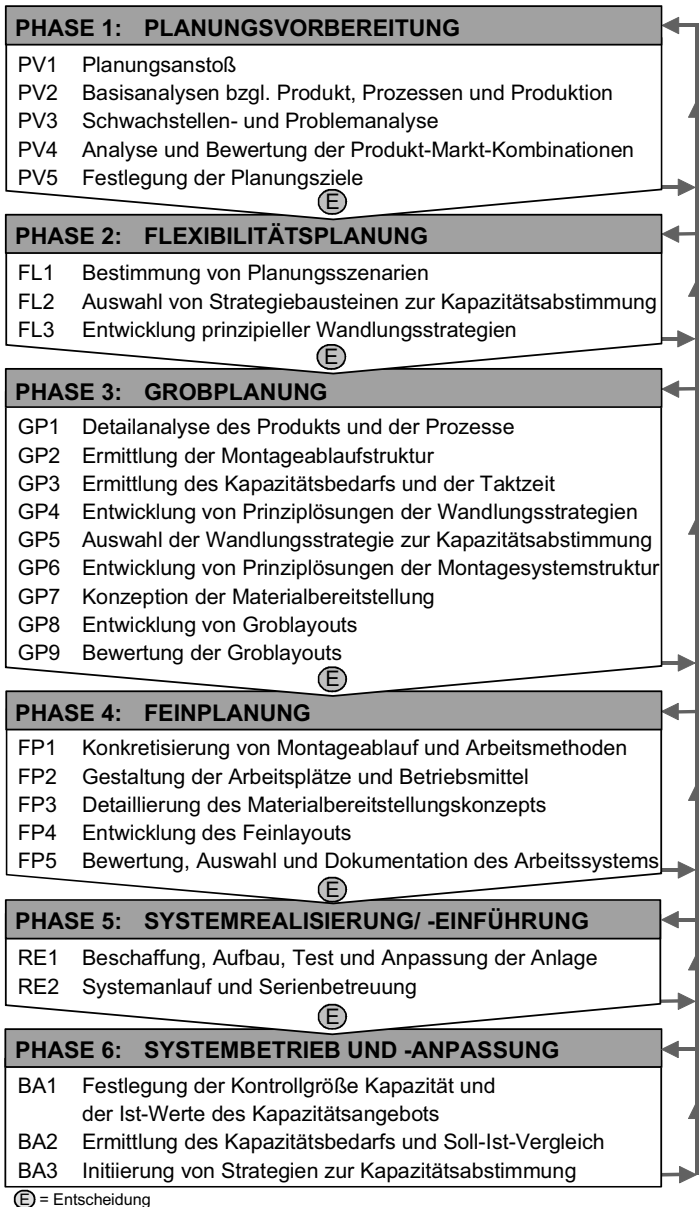


Bild 5-2: Vorgehensweise zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme

In der *Phase 4*, der *Feinplanung des Montagesystems*, wird das gewählte Montagegrobkonzept bezüglich Organisation, Technik, Materialbereitstellung und Layout ausgearbeitet und dokumentiert (Bild 5-2). Nach Verabschiedung der Ergebnisse folgen in *Phase 5* die *Realisierung und Einführung des Montagesystems*. Dazu sind im Wesentlichen Beschaffung und Test der Anlage sowie die Schulung des Montagepersonals notwendig, so dass im Anschluss der Systemanlauf und die Serienbetreuung erfolgen können (Bild 5-2). In diesen beiden Phasen sind keine neuen Planungsschritte, mit Ausnahme der Konkretisierung und Realisierung der Maßnahmen zur Umsetzung der Strategiebausteine, durchzuführen (Bild 5-1).

In der letzten *Phase 6* der entwickelten Vorgehensweise, dem *Systembetrieb und der Systemabstimmung*, wird die rechtzeitige Abstimmung der Anlagenkapazität mit dem Absatzbedarf des Produkts mittels der festgelegten Wandlungsstrategie verfolgt (Bild 5-2). Dazu ist ein kontinuierlicher Vergleich des kurz-, mittel- und langfristigen Absatzbedarfs mit dem Kapazitätsangebot der Anlage erforderlich. Bei einer Abweichung wird, abhängig von der Ausprägung und Auswirkung, entschieden, welche Strategiebausteine zur Abstimmung der Anlagenkapazität im Rahmen der geplanten oder einer neuen, situationsgerechteren Wandlungsstrategie umgesetzt werden sollen (Bild 5-1). Abhängig von der Abstimmungsstrategie, erfolgt dann ein Rücksprung in die entsprechende Planungsphase zur Planung und Umsetzung.

5.2 Phase 1: Planungsvorbereitung

Inhalt dieser Planungsphase ist die Erfassung und Bewertung der wichtigsten Planungsdaten zur Gestaltung einer stückzahlflexiblen Montageanlage. Dazu werden Produkt, Prozesse und Produktion analysiert, Schwachstellen/Anforderungen identifiziert und das *Absatzverhalten des Produkts charakterisiert*. Dabei ist die ganzheitliche Betrachtung des Absatzverhaltens mit lang-, mittel- und kurzfristigem Zeithorizont sowie die Berücksichtigung der Prognoseunsicherheit wichtig. Abschließend werden auf Basis der identifizierten Anforderungen die Ziele für die Gestaltung und Abstimmung einer stückzahlflexiblen Montageanlage festgelegt.

PV1 Planungsanstoß

Der Grund für ein neues Planungsprojekt kann sehr unterschiedlich sein. Die Gründe können zum die Neuplanung eines Montagesystems für ein Nachfolgeprodukt oder die Einführung einer neuen Produktfamilie sein und zum anderen die Um- oder Anpassungsplanung zur Optimierung eines bestehenden Montagesystems mit Fokus auf z. B. Herstellkosten-, Bestands-, Durchlaufzeitreduzierung, Flexibilitätsverbesserung oder Kapazitätsanpassung. In jedem Fall ist es erforderlich, die Planungsaufgabe im Rahmen einer Aufgabenstellung zu formulieren, den Umfang der Planungsaufgabe zu definieren sowie einen Projekt- und Terminplan zu erstellen [BULLINGER 1995, S. 89ff.; BULLINGER 1986, S. 57ff.; GROB & HAFFNER 1982].

PV2 Basisanalysen bezüglich Produkt, Prozessen und Produktion

Im Rahmen dieses Arbeitsschritts werden erste Basisanalysen zum Produkt und der Montage durchgeführt, um einen ersten Überblick über die Komplexität der Planungsaufgabe zu erhalten. Für den Fall der Optimierung einer bestehenden Montageanlage beziehen sich die Analysetätigkeiten auf Produkttypen und -varianten, Stückzahlverteilung, Produktstruktur (Bauteile, Baugruppen, Variantenbildung), Bauteileigenschaften sowie die Montageprozesse. In einem weiteren Schritt wird die Produktion bzw. die Montage betrachtet. Dabei interessieren Aspekte wie allgemeine Montageziele, verfolgte Montagestrategien, eingesetzte Montageanlage und -organisation, Logistikkonzept sowie vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsstufen. Für den Fall einer Anlagenneuplanung sind die Analyse des neuen Produkts sowie die Betrachtung des Produktionsumfelds, in welches das Montagesystem integriert werden soll, zur Ableitung von Produktionsrandbedingungen sinnvoll. Zudem kann die Analyse des Vorgängermontagesystems weitere wichtige Informationen liefern [GROB & HAFFNER 1982; BULLINGER 1995, S. 89FF.; BULLINGER 1986, S. 57FF.; BULLINGER & LUNG 1994; LOTTER & SCHILLING 1994, S. 74FF.; LOTTER 1986, S. 10FF.; WIENDAHL 1997].

PV3 Schwachstellen- und Problemanalyse

Einen sehr wichtigen Arbeitsschritt vor allem bei der Optimierung von Montagesystemen stellt die Problem- und Schwachstellenanalyse von Produkt, Montagesystem und Produktionsumfeld dar. Für den Fall einer Anlagenneuplanung kann dies auch anhand eines ähnlichen aktuellen oder Vorgängerprodukts mit zugehörigem Montagesystem erfolgen. Ziel ist es, Informationen über Schwachstellen der Ist-Situation in der Montage (z. B. Anlagenverfügbarkeit) zu erhalten. Die Analyse sollte dabei ganzheitlich mit Fokus auf Produkt, Absatz, Organisation, Technik, Personal, Kosten, Zeit, Logistik und Disposition durchgeführt werden [BULLINGER 1995, S. 90FF.; BULLINGER & LUNG 1994; BULLINGER 1986, S. 57FF.; GROB & HAFFNER 1982; KONOLD & REGER 1997; LOTTER & SCHILLING 1994, S. 74FF.; LOTTER 1986, S. 10FF.; WIENDAHL 1997].

Im Rahmen der Schwachstellenanalyse sind nun erstmals *zusätzliche, detailliertere Arbeitsschritte* (Bild 5-3) zur Planung stückzahl-

ASPEKTE DER IST-/SCHWACHSTELLENANALYSE	
BISHER	ZUSÄTZLICH
<ul style="list-style-type: none"> ● Produkt ● Organisation ● Technik ● Personal ● Kosten ● Logistik ● Disposition 	<ul style="list-style-type: none"> ● Markt <ul style="list-style-type: none"> + Absatzentwicklung - lang-, mittel- und kurzfristiger Zeithorizont - Vergangenheit und Zukunft + Prognosesicherheit ● Kapazitätsveränderung <ul style="list-style-type: none"> + Art der Kapazitätsveränderung + Reaktionsgeschwindigkeit + Höhe der Kapazitätsveränderung + Reversibilität + Genutzte Kapazitätspotenziale

Bild 5-3: *Zusätzliche Analysepunkte bei der Ist- und Schwachstellenanalyse*

flexibler Montagesysteme durchzuführen. Hierbei werden analog zu den in Kapitel 4.1 definierten Bewertungskriterien Aspekte wie Art, Ausprägung und Prognosesicherheit der Absatzentwicklung, Art und Kombination der verwendeten Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung, Höhe, Reaktionsgeschwindigkeit und Reversibilität der Kapazitätsanpassung, genutzte Kapazitätsflexibilität sowie Vor-/Nachteile der eingesetzten Strategiebausteine analysiert. Im Anschluss daran erfolgt, bezogen auf die Analyseschwerpunkte, die Ableitung von Verbesserungspotenzialen für die Montage des aktuellen oder neuen Produkts.

PV4 Analyse und Bewertung der Produkt-Markt-Kombinationen

Wesentliche Informationen zur Kapazitätsdimensionierung und Gestaltung einer Montageanlage liefert das Marktpotenzial eines Produkts. Im Rahmen der Produkt-Markt-Kombinationen wird die Absatzmenge, bezogen auf Typen und Varianten, für die verschiedenen Märkte für Gegenwart und Zukunft definiert. Inhalt dieser Planungsaufgabe ist die detaillierte Analyse und Bewertung des Absatzverhaltens eines Produkts in Bezug auf den gesamten Lebenszyklus sowie dessen mittel- und kurzfristiges Absatzverhalten. Die Analyse des Absatzverhaltens gliedert sich, wie in Bild 5-4 dargestellt, in sechs Schritte. *Diese Tätigkeiten stellen eine neue, elementare Planungsaufgabe in der entwickelten Planungsvorgehensweise dar* und sind die Ausgangsbasis für die nachfolgende Flexibilitätsplanung vor allem zur Auswahl von Strategiebausteinen zur Kapazitätsabstimmung sowie zur Entwicklung eines stückzahlflexiblen Montagekonzepts.

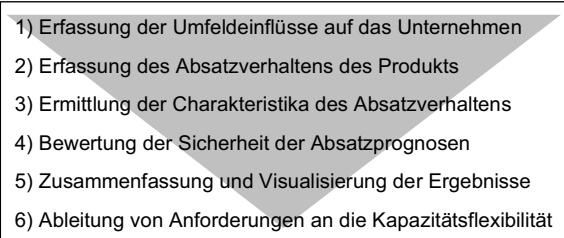
- 
- 1) Erfassung der Umfeldeinflüsse auf das Unternehmen
 - 2) Erfassung des Absatzverhaltens des Produkts
 - 3) Ermittlung der Charakteristika des Absatzverhaltens
 - 4) Bewertung der Sicherheit der Absatzprognosen
 - 5) Zusammenfassung und Visualisierung der Ergebnisse
 - 6) Ableitung von Anforderungen an die Kapazitätsflexibilität

Bild 5-4: Arbeitsschritte zu Analyse und Bewertung des Absatzverhaltens des Produkts

PV4-1 Erfassung der Umfeldeinflüsse auf das Unternehmen

Wichtige Informationen zur richtigen Beurteilung der Absatzentwicklung (Marktpotenzial) eines Produkts liefert das Wissen über die aktuellen und zukünftigen Einflüsse des unternehmerischen Umfelds (Bild 5-5). Im Rahmen der ökonomischen Aktivität des Unternehmens kann dies auf Basis verschiedener Betrachtungsebenen erfolgen. Auf operativer Ebene mit kurzfristiger Entwicklungstendenz sind vor allem Informationen über die Branche sowie die eigene Volkswirtschaft wichtig. Auf strategischer Ebene bedarf es zusätzlicher Informationen ganzer Wirtschaftsregionen und der Weltwirtschaft, die im Rahmen der wachsenden Internationalisierung als Basis für mittel- bis langfristig ausgelegte Entscheidungen dienen.

Im Rahmen dieser hierarchischen Betrachtungsebenen der wirtschaftlichen Aktivität eines Unternehmens sind natürlich auch Umfeldinformationen aus Beschaffungs- und Absatzmärkten wichtig (Bild 5-5). Das Unternehmen im weltwirtschaftlichen Umfeld ist zudem eng mit einem technologischen, politischen, gesellschaftlichen und ökologischen Umfeld verknüpft. Änderungen darin können ebenfalls Einfluss auf die mittel- bis langfristige Absatzentwicklung eines Produkts haben [GRAF 1999, S. 32FF.; DÜRRSCHMIDT 2001, S. 25FF.]. Informationen aus diesen Umfeldbereichen, die vor allem von Vertrieb und Marketing bereitgestellt werden, stellen somit ein wichtiges Grundlagenwissen dar und beeinflussen vor allem die mittel- bis langfristige Kapazitätsentwicklung der Montage. Sie fließen jedoch nur indirekt in die Anlagenplanung mit ein.

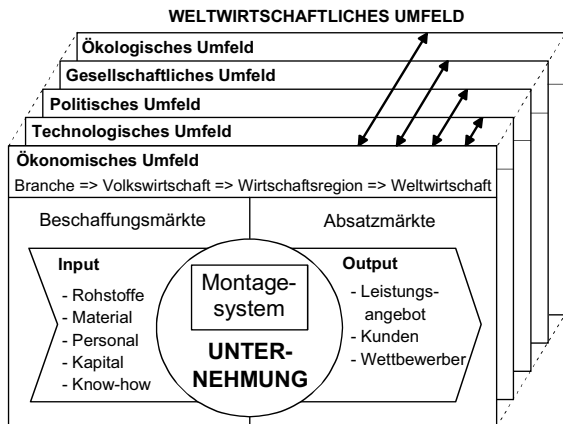


Bild 5-5: Umfeldinformationen und -einflüsse einer Unternehmung nach GRAF [1999, S. 61FF.]

PV4-2 Erfassung des Absatzverhaltens des Produkts

Die wichtigsten Informationen zur Kapazitätsdimensionierung und Gestaltung eines Montagesystems basieren auf dem Potenzial eines Produkts in den Absatzmärkten. Auf Basis der definierten Produkt-Markt-Kombinationen resultiert das Marktpotenzial und damit die Absatzmenge aufgeteilt nach Typen und Varianten. Aufgabe von Marketing und Vertrieb ist es, dieses für Gegenwart und Zukunft sowie für kurz-, mittel- und langfristigen Zeithorizont (vgl. Kapitel 2.1.3) zu prognostizieren (vgl. Kapitel 2.4.5) und der Montageplanung zur Verfügung zu stellen. Mittels dieser Informationen erfolgt im ersten Schritt, abhängig von der Prognosegüte, die Erfassung des gesamten, langfristigen Absatzverhaltens des Produkts (vgl. Kapitel 2.4.3) von der Einführung bis zum Ausscheiden aus dem Markt (Bild 5-6). Neben der Absatzmenge pro Jahr ist eine Mengenaufteilung auf die verschiedenen Produkttypen oder -varianten sinnvoll, um deren individuelle Entwicklung in den Produktlebenszyklusphasen erfassen sowie die resultierenden produktionstechnischen Anforderungen (z. B. Kapazität) berücksichtigen zu können.

In den folgenden beiden Schritten werden das mittel- und kurzfristige Absatzverhalten des Produkts (vgl. Kapitel 2.4.4) in ähnlicher Form erfasst (Bild 5-7). Dieses basiert vor allem auf Erfahrungswerten aus der Vergangenheit. Mittel- und kurzfristige Absatzverläufe stellen jeweils untergeordnete Zeitreihen des langfristigen Absatzverlaufs dar.

Beim mittelfristigen Absatzverlauf werden die Veränderungen der Absatzmenge innerhalb eines Jahres von Monat zu Monat wiedergegeben. Die Darstellung kann in Form der prozentualen Abweichung der monatlichen Absatzmenge vom Monatsdurchschnitt oder als Prozentwert der Jahresmenge pro Monat erfolgen.

Im dritten Schritt werden anlog dazu die kurzfristigen Absatzveränderungen erfasst. Sie beziehen sich auf Absatzveränderungen pro Tag oder Woche innerhalb eines Monats. Beim mittel- und kurzfristigen Absatzverlauf ist ebenfalls eine Aufteilung der Absatzmenge nach Typen und Varianten sinnvoll. Neben diesen „normalen Absatzveränderungen“ sind aber auch, soweit bekannt, weitere einmalige, unregelmäßige oder gezielt eingeleitete (Sonder-

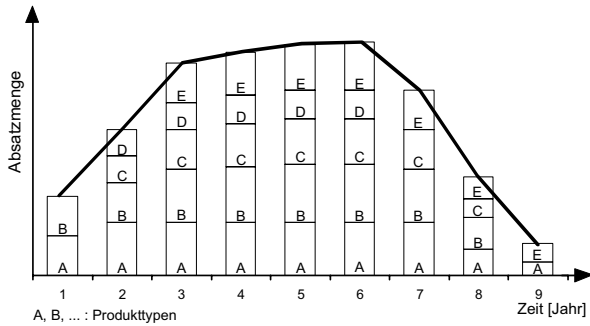


Bild 5-6: Beispielhafte Erfassung des langfristigen Absatzverhaltens des Produkts

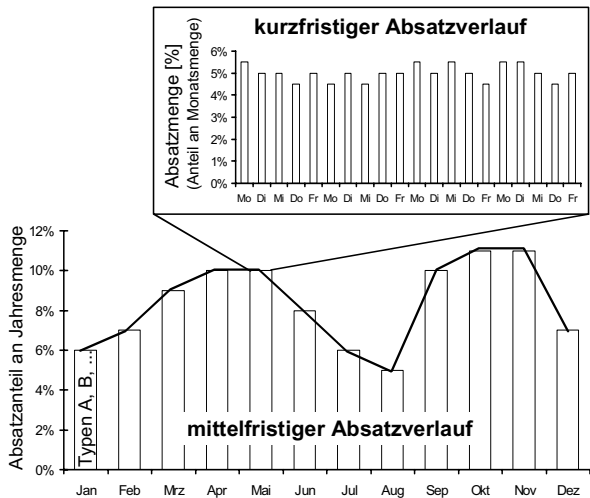


Bild 5-7: Beispielhafte Erfassung des mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens

verkaufsaktionen) Absatzbesonderheiten zu dokumentieren. Wichtig ist dabei, dass deren Ursache sowie die möglichen Auftrittszeitpunkte erfasst werden.

PV4-3 Ermittlung der Charakteristika des Absatzverhaltens

Nach der Erfassung des Absatzverhaltens des Produkts werden dessen Charakteristika, abhängig von der Prognosegüte der Absatzdaten, bestimmt. Hierzu eignet sich die Verwendung verschiedener Analysemerkmale wie Art, Ausprägung, Dauer und Kombination der Absatzverläufe (vgl. Kapitel 2.4.2 bis 2.4.4). Die Analyse der Charakteristika der Absatzverläufe wird getrennt für das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten sowie nach Produkttypen getrennt oder typenübergreifend durchgeführt.

Charakteristika des langfristigen Absatzverhaltens

Die Analyse und Ermittlung der Charakteristika des langfristigen Absatzverlaufs (Produktlebenszyklus) umfasst folgende Punkte:

- Lebenszyklusphasen und charakteristische Zeitpunkte
- Charakteristische Absatzwerte
- Art und Ausprägung der Absatzverläufe in den Phasen
- Weitere Besonderheiten des Absatzverlaufs
- Ursachen/Gründe der Verlaufcharakteristika

Der erste Analysepunkt beinhaltet die Einteilung des Absatzverlaufs in die Lebenszyklusphasen (vgl. Kapitel 2.4.3). Falls eine Differenzierung einzelner Phasen wegen zu geringer Prognosedatengüte nicht möglich ist, können einzelne Phasen des Lebenszyklus auch zu einer Phase zusammengefasst werden (Bild 5-8). Auf Basis dieser Einteilung werden die charakteristischen Zeitpunkte des Absatzverlaufs festgelegt. Dies sind die Dauer der gesamten Lebenszykluscurve sowie die Dauer der definierten Lebenszyklusphasen. Im Folgenden sind die charakteristischen Absatzwerte zu bestimmen. Dazu zählen die Absatzmengen zum Zeitpunkt der Phasenübergänge sowie Extremwerte innerhalb der Phasen. Anschließend ist die Ausprägung der Absatzverläufe innerhalb der definierten Phasen des gesamten langfristigen Absatzverlaufs zu ermitteln und zu beschreiben. Im Wesentlichen ist dabei zwischen Änderung, Schwankung und konstantem Verlauf des Absatzes zu unterscheiden. Auch bei kombinierten Absatzverlaufsarten (Überlagerungen) ist dies durch Zeitreihenzerlegung (Kapitel 2.4.2.3) möglich. Im Anschluss daran werden die Charakteristika der Besonderheiten im Absatzverhalten beschrieben. Dies beinhaltet vor allem die Art der Absatzveränderung, Vorhersagbarkeit, Zeitpunkt und Häufigkeit des Auftretens. Abschließend ist es sinnvoll, soweit bekannt, die Ursachen für die verschiedenen Arten und Ausprägungen der Absatzverläufe festzuhalten, um, falls möglich, gezielte Maßnahmen zur Vermeidung der Ursachen initiieren zu können.

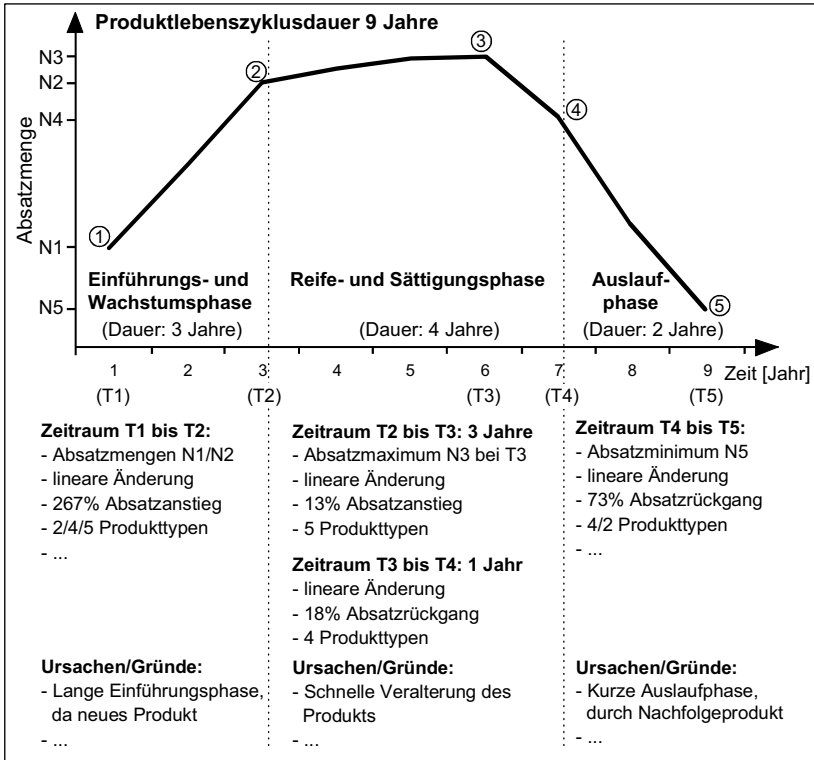


Bild 5-8: Beispielhafte Ermittlung der Charakteristika des langfristigen Absatzverhaltens des Produkts

Charakteristika des mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens

Im Anschluss an die Analyse des Produktlebenszyklus wird die Analyse des mittelfristigen (Bild 5-9) und des kurzfristigen (Anhang A4.1) Absatzverhaltens des Produkts nach dem gleichen Schema durchgeführt.

- Auftrittszeitpunkt im zeitlich übergeordneten Absatzverlauf
- Art und Ausprägung der Absatzverläufe und Zeitpunkte
- Charakteristische Absatzwerte
- Weitere Besonderheiten des Absatzverlaufs
- Ursachen/Gründe der Verlaufscharakteristika

Zu Beginn der Analyse werden die Auftrittszeitpunkte des betrachteten Absatzverlaufs im zeitlich übergeordneten Absatzverlauf (Zeitreihe) bestimmt (z. B. jährlich wiederkehrender Saisonverlauf). Im Folgenden werden gleichfalls die Art und Ausprägung der mittel- und kurzfristigen Absatzverläufe erfasst sowie deren Auftrittszeitpunkt und -dauer ermittelt (Bild 5-9, Anhang A4.1). Anschließend sind die charakteristischen zeitlichen und quantitativen Merkmale zu bestimmen (vgl. Kapitel 2.4.2 und 2.4.4). Beschreibungsmerkmale einer Absatzänderung sind Änderungsbetrag, Fristigkeit sowie Änderungsart (z. B. progressiv). Absatzschwankungen können mittels Extrema, Mittelwert, Frequenz, Amplitude oder prozentualer Abweichung vom Mittelwert charakterisiert werden. Zudem sind, wie beim langfristigen Absatzverlauf, die Charakteristika der Absatzbesonderheiten zu beschreiben und, soweit bekannt, die Ursachen für die identifizierten Absatzverlaufsarten festzuhalten.

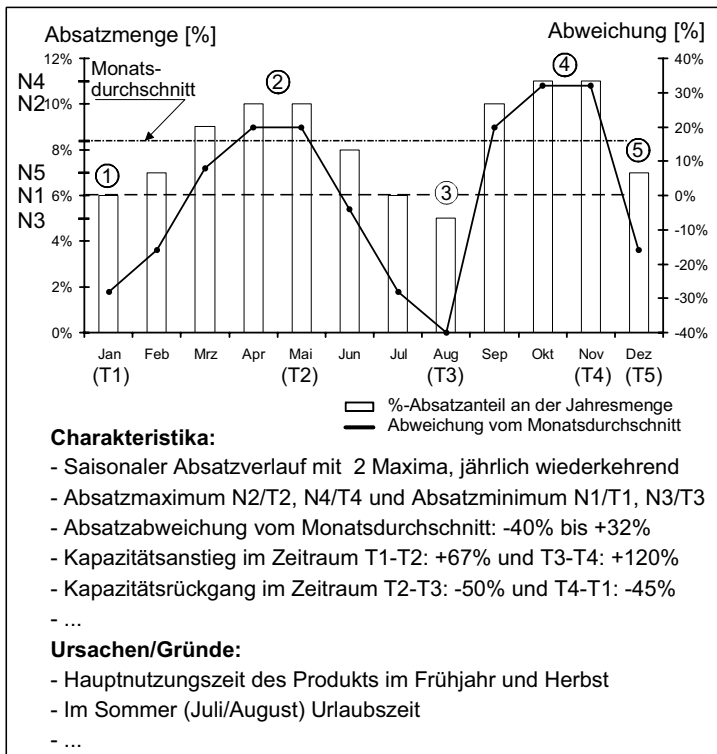


Bild 5-9: Beispielhafte Ermittlung der Charakteristika des mittelfristigen Absatzverhaltens

PV4-4 Bewertung der Sicherheit der Absatzprognose

Die von Marketing und Vertrieb ermittelten Daten zum Absatzverhalten des Produkts unterliegen, abhängig vom Ermittlungsverfahren und den Randbedingungen (dynamische unternehmensexterne Einflüsse), einer gewissen Unsicherheit. Zudem wird die Sicherheit der Prognosewerte mit zunehmendem Zeithorizont immer geringer. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, ist, abhängig von den vorliegenden Prognosedaten, eine Bewertung der Sicherheit der Absatzprognosewerte in Form der Definition eines Prognoseabweichungskorridors möglich. Dieser soll mögliche zeitliche und kapazitive Abweichungen (Varianz) vom prognostizierten Absatzverlauf aufzeigen (Bild 5-10). Der Abweichungskorridor stellt somit eine wichtige Planungsinformation zur richtigen Auslegung des Montagesystems in Bezug auf die erforderliche langfristige aber auch mittel- und kurzfristige Stückzahlflexibilität dar.

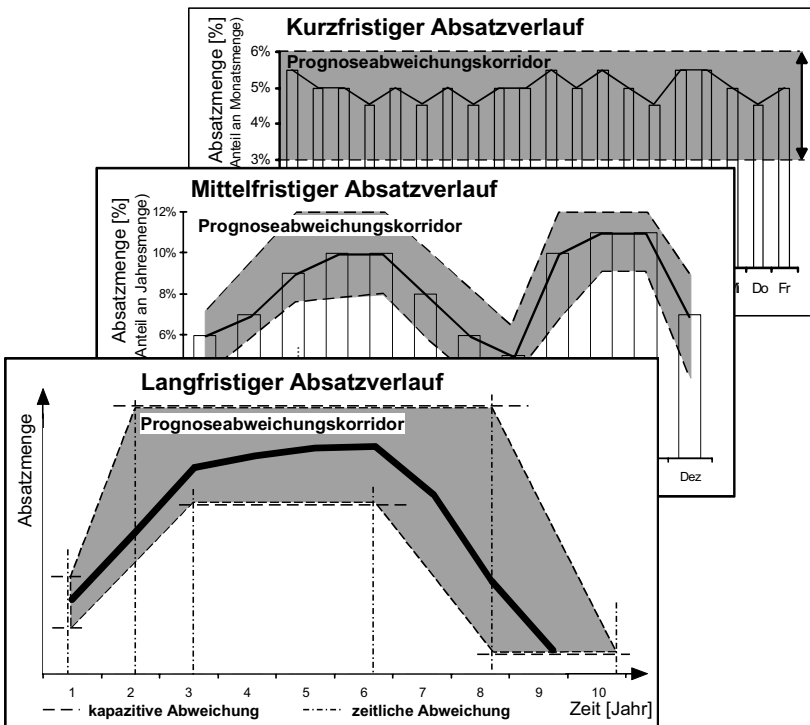


Bild 5-10: Beispielhafte Definition eines Prognoseabweichungskorridors für das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten

Für die Definition des Prognoseabweichungskorridors, die gemeinsam mit Vertrieb und Marketing erfolgen sollte, ist als Ausgangsbasis die Einschätzung der Sicherheit der ursprünglich prognostizierten oder mittels Szenariotechnik [GAUSEMEIER U. A. 1996; GRAF 1999, S. 171ff.] festgelegten Absatzverläufe notwendig. Dies betrifft zum einen das Eintreten der Prognosewerte zu den festgelegten Zeitpunkten und zum anderen die Ausprägung der Verläufe. Zur Bestimmung des Prognoseabweichungskorridors werden der erste Parameter des Abweichungskorridors, die quantitative (mengenmäßige) Varianz der Absatzkurve und damit die maximal und minimal möglichen Absatzwerte zu einem bestimmten Zeitpunkt festgelegt. Mit dem zweiten Parameter des Abweichungskorridors, der zeitlichen Varianz des Absatzverlaufs, werden die Zeitdauer bzw. der Anfangs- und Endzeitpunkt bestimmter Absatzwerte auf einen frühesten und spätesten Zeitpunkt eingegrenzt. Das Ergebnis ist ein Korridor, in dem sich der Absatzverlauf des Produkts mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bewegen wird. Abschließend sind die Ursachen für die Abweichungen von den prognostizierten Werten, d. h. für den Abweichungskorridor, zu notieren. Der Prognoseabweichungskorridor wird für das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten auf die gleiche Weise bestimmt. Bei extrem unterschiedlichen Prognosesicherheiten einzelner Produkttypen sollte der Abweichungskorridor getrennt für die verschiedenen Typen definiert werden. Auf Basis dieser zusätzlichen Planungsinformation ist es erforderlich, im Abschnitt PV4-3 Ergänzungen bei der Ermittlung der Charakteristika des Absatzverhaltens vorzunehmen.

PV4-5 Zusammenfassung und Visualisierung der Analyseergebnisse

In diesem Arbeitsschritt werden die Ergebnisse der Analyse des Absatzverhaltens für eine transparente und effiziente Weiterverwendung in den nachfolgenden Planungsschritten zusammengefasst. Anforderungen, die an die Visualisierung der Ergebnisse in diesem Zusammenhang gestellt werden, sind unter anderem eine einfache und schnelle Erstellung und Anpassung, Verständlichkeit und Transparenz der Darstellung und Inhalte, Berücksichtigung aller relevanten Informationen und Kombination der Analysedaten unterschiedlicher Zeithorizonte. Zur Aufbereitung der Charakteristika sind die Analyseergebnisse der Absatzverläufe der drei Zeithorizonte zum einen separat zusammenzufassen (vgl. Bild 5-6 bis Bild 5-10) und zum anderen in einem Gesamtbild des Absatzverhaltens

Produktlebenszyklus		
Einführung und Wachstum	Reife und Sättigung	Auslauf
Langfristiger Absatzverlauf		
Charakteristika	Charakteristika	Charakteristika
Mittelfristiger Absatzverlauf		
Charakteristika	Charakteristika	Charakteristika
Kurzfristiger Absatzverlauf		
Charakteristika	Charakteristika	Charakteristika
Besonderheiten		
Merkmale	Merkmale	Merkmale
Umwelteinflüsse		
Merkmale	Merkmale	Merkmale

Bild 5-11: *Beispielhafte Zusammenfassung der Charakteristika des Absatzverhaltens zu einem Gesamtbild*

des Produkts darzustellen (Bild 5-11), um zu jedem Lebenszykluszeitpunkt die resultierenden Anforderungen an die Stückzahlflexibilität des Montagesystems ableiten zu können.

PV4-6 Ableitung von Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montage

Nach der Ermittlung und Zusammenfassung der Charakteristika des Produktabsatzverhaltens (PV4-1 bis PV4-5) werden auf Basis dieser Daten die Anforderungen an die kurz-, mittel- und langfristige Stückzahlflexibilität bzw. Kapazitätsabstimmung des Montagesystems abgeleitet (Bild 5-12). Zur Darstellung der Anforderungen werden einige der Kriterien herangezogen, die in Kapitel 4 zur Charakterisierung der Funktionsweise und Einsatzzeignung der Strategiebausteine verwendet wurden. Mittels der hier bewerteten Kriterien erfolgt in einem späteren Planungsschritt dann die Auswahl der Abstimmungsstrategiebausteine. Zur Beschreibung der Anforderungen an die Kapazitätsabstimmung werden die Kriterien Höhe, Fristigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit, Reversibilität und Prognosesicherheit der Abstimmung verwendet.

		Produktlebenszyklusphasen			
		Einführung u. Wachstum	Reife u. Sättigung	Auslauf	
Fristigkeit	langfristig	Höhe der Abstimmung	sehr hoch	klein	hoch
		Fristigkeit	langfristig	langfristig	langfristig
		Reaktionsgeschwindigkeit	sehr langsam	sehr langsam	sehr langsam
		Reversibilität	nein	ja	nein
		Prognosesicherheit	mittel	hoch	hoch
Fristigkeit	mittelfristig	Höhe der Abstimmung	mittel - hoch		
		Fristigkeit	langfristig		
		Reaktionsgeschwindigkeit	langsam		
		Reversibilität	ja		
		Prognosesicherheit	hoch		
Fristigkeit	kurzfristig	Höhe der Abstimmung	klein		
		Fristigkeit	kurzfristig		
		Reaktionsgeschwindigkeit	sehr schnell - schnell		
		Reversibilität	ja		
		Prognosesicherheit	gering		

Bild 5-12: Beispielhafte Zusammenfassung der Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montage (ohne Berücksichtigung der Prognoseabweichung)

Die Ableitung der Anforderungen erfolgt in zwei Schritten. Zuerst werden die einzelnen Anforderungen definiert, die aus den verschiedenen Absatzverläufen und Besonderheiten in Bezug auf das kurz-, mittel- und langfristige Absatzverhalten des Produkts resultieren. Im zweiten Schritt werden die Anforderungen entsprechend dem Auftrittszeitpunkt bzw. der Auftritts-dauer im übergeordneten, langfristigen Zeithorizont zusammengefasst. Dadurch resultieren für bestimmte Zeitpunkte oder Zeitperioden im Lebenszyklus einerseits gleichartige und damit zusammenfassbare und andererseits unterschiedliche, nicht zusammenfassbare und somit

mehrfache Anforderungen an die Stückzahlflexibilität. Die Ableitung der Anforderungen an die Kapazitätsabstimmung kann mit und ohne Berücksichtigung des Prognoseabweichungskorridors erfolgen. Im ersten Fall werden jedoch neben den Minimalanforderungen auch die Maximalanforderungen an die Kapazitätsflexibilität sehr gut deutlich.

PV5 Festlegung der Planungsziele

In der Regel beinhaltet ein Projektauftrag zur Neuplanung oder Optimierung eines Montagesystems nur sehr allgemeine, auf grundlegenden Anforderungen oder Schwachstellen basierende Planungsziele. Diese sind daher auf Basis der erarbeiteten Analyseergebnisse der Planungsvorbereitungsphase (PV2 bis PV4) zu detaillieren und zu konkretisieren und im Pflichtenheft festzuhalten. Bei der Zieldefinition ist eine Unterscheidung in strategische Ziele, die sich auf die Philosophie des Unternehmens und die Produktion beziehen, und anlagenspezifische Ziele, die konkret auf die Gestaltung des Montagesystems ausgerichtet sind (vgl. PV3), sinnvoll [BULLINGER 1995, S. 89FF.; BULLINGER 1985, S.62FF.; GROB & HAFNER 1982, S. 44FF.; KONOLD & REGER 1997, S. 26FF.; REFA 1993, S. 202FF.].

Im Rahmen der entwickelten Vorgehensweise ist vor allem eine Konkretisierung des meist nur allgemein formulierten Ziels „Stückzahlflexible Montageanlage“ erforderlich. Das resultierende Zielsystem stellt dann die Grundlage für die nachfolgenden Planungsphasen dar. Bei der Definition strategischer Ziele in Bezug auf die Stückzahlflexibilität der Montage sind u. a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Berücksichtigung von Zielen, Veränderungen und Einflüssen bzgl. der definierten Produkt-Markt-Kombinationen
- Bedeutung von Reaktionsgeschwindigkeit und Kapazitätsflexibilität der Montage zur Erfüllung von Anforderungen und Veränderungen des Markts
- Bedeutung der Wirtschaftlichkeit bzw. Kosten der Montage gegenüber einer permanenten oder hohen Lieferfähigkeit

Bei der Definition anlagenspezifischer Ziele in Bezug auf Stückzahlflexibilität der Montageanlage sind u. a. folgende Aspekte zu betrachten:

- Fristigkeit, Art und Ausprägung von Absatzverläufen, die bei der Kapazitätsanpassung berücksichtigt werden sollen
- Reaktionsgeschwindigkeit und Reversibilität von Kapazitätsabstimmungen
- Grad der Berücksichtigung der Prognosesicherheit (Abweichungskorridor)
- Bevorzugt einzusetzende Gruppe von Abstimmungsstrategien (vgl. Kapitel 4)
- Transparenz und Verfügbarkeit der Montageanlage bei Kapazitätsabstimmungen

5.3 Phase 2: Flexibilitätsplanung

Die Phase der Flexibilitätsplanung stellt eine neue, zusätzlich integrierte Planungsphase im Rahmen der entwickelten Vorgehensweise dar. Sie beinhaltet im Wesentlichen drei Planungsschritte. Der erste Schritt umfasst die Bestimmung von Planungsszenarien für das Montagesystem in Bezug auf das kurz-, mittel- und langfristige Absatzverhalten des Produkts, bei der die erforderliche Anlagenkapazität und Kapazitätsflexibilität festgelegt werden. Zur Realisierung der Kapazitätsveränderung zwischen den Planungsszenarien im jeweiligen Zeithorizont werden im zweiten Planungsschritt geeignete Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung ausgewählt. Abschließend werden im dritten Schritt prinzipielle Wandlungsstrategien entwickelt, welche die Migration zwischen den Planungsszenarien aufzeigen und die Grundlage zur Gestaltung einer stückzahlflexiblen Montageanlage in der Grobplanungsphase darstellen.

FL1 Bestimmung von Planungsszenarien

Ziel des folgenden Planungsschritts ist die Bestimmung von relevanten Planungsszenarien für das Montagesystem in Bezug auf das kurz-, mittel und langfristige Absatzverhalten des Produkts. Ein Szenario beschreibt anhand bestimmter Merkmale eine mögliche Situation bzw. einen definierten Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt oder definierten Zeitraum in der Zukunft [GAUSEMEIER U. A. 1996; GRAF 1999].

Bei den zu bestimmenden Planungsszenarien handelt es sich nicht um Alternativszenarien zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern um Folgeszenarien, die definierte Situationen oder Zustände zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufzeigen und somit mögliche Stufen in der Entwicklung des Montagesystems von einem Zeitpunkt zum nächsten darstellen, ohne jedoch den Übergang zu beschreiben. Die Bestimmung der Planungsszenarien erfolgt getrennt, sowohl für den lang-, als auch für den mittel- und kurzfristigen zeitlichen Absatzverlauf, um den unterschiedlichen Anforderungen und damit den unterschiedlichen Kapazitätsentwicklungen des Montagesystems Rechnung zu tragen. Das Ergebnis sind Planungsszenarien für die drei Zeithorizonte. Die Beschreibung der Planungsszenarien erfolgt durch die Kenngrößen „Absatz- bzw. Produktionsmenge des Produkts pro Periode“ sowie „Abweichung von der Absatzprognose“ (Abweichungskorridor). Die Planungsdaten zur Bestimmung der Szenarien basieren auf den Auswertungen des Absatzverhaltens in Kapitel 5.2 (PV4).

Die Festlegung des Zeitpunkts eines Planungsszenarios für das Montagesystem (Bild 5-13) erfolgt im Wesentlichen aufgrund einer markanten Veränderung der Kenngröße Absatzmenge zum vorherigen oder nachfolgenden Szenario, und sie sollte auch eine Auswirkung auf den Montagekapazitätsbedarf haben. Zur Bestimmung der zweiten Kenngröße, der Prognoseabweichung, wird der prognostizierten Absatzmenge zunächst ein vertikaler, quantitativer Abweichungskorridor zugeordnet. Neben dem vertikalen kann auch noch ein horizontaler, zeitlicher Abweichungskorridor dem Planungsszenario zugeordnet werden, der den frühesten bzw.

spätesten Zeitpunkt des Eintritts des Szenarios definiert. Die Werte basieren auf dem zu diesem Zeitpunkt in Kapitel 5.2 (PV4-4) ermittelten Prognoseabweichungskorridor.

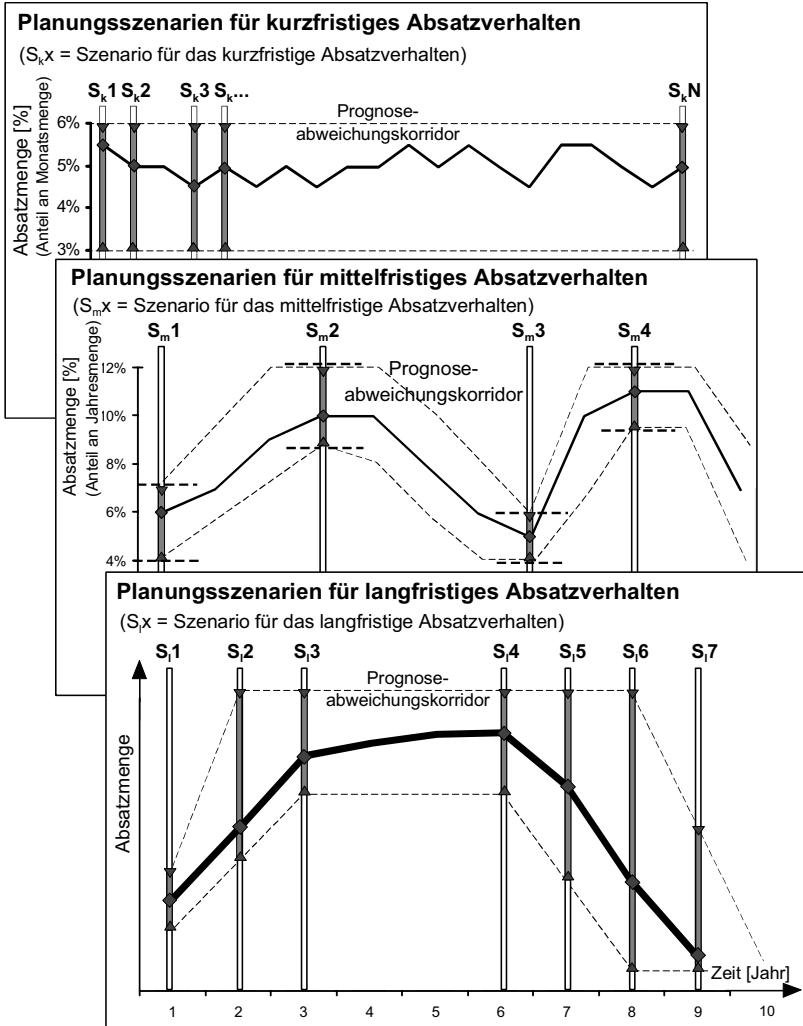


Bild 5-13: Beispielhafte Planungsszenarien des Montagesystems für das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten

Als Ergebnis erhält man für jedes Planungsszenario ein Toleranz- bzw. Flexibilitätsfenster, das die Soll-, Minimal- und Maximalkapazität sowie den frühesten und spätesten Eintrittszeitpunkt definiert, innerhalb dessen das Szenario als erfüllt gilt und durch das Montagesystem zu realisieren ist. Abhängig vom Eintrittszeitpunkt und den Charakteristika der definierten Planungsszenarien resultieren nun spezifische Anforderungen an die Kapazitätsveränderung des Montagesystems beim Übergang (Migration) zwischen den Szenarien. Dabei müssen sowohl die Plan-Werte als auch die Minimum- und Maximum-Werte, resultierend aus dem Prognoseabweichungskorridor, erfüllt werden können. Diese Anforderungen können mittels der in Kapitel 5.2 (PV4-6) definierten Kriterien für jeden Szenarioübergang ähnlich wie in Bild 5-12 beschrieben werden.

FL2 Auswahl von Strategiebausteinen zur Kapazitätsabstimmung

Zur Realisierung der Migration (Absatzveränderungen) zwischen den definierten Planungsszenarien und damit der gesamten Szenarienfolge des lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens (Kapazitätsentwicklung der Montageanlage von der Gegenwart in die Zukunft) müssen Strategiebausteine zur Kapazitätsveränderung der Montage ausgewählt werden. Gleichzeitig müssen diese Strategien den Anforderungen an das Montagesystem, die im Pflichtenheft definiert wurden, gerecht werden. Zur Migration können ein Strategiebaustein oder auch mehrere verwendet werden. Zudem muss der Übergang zwischen zwei Szenarien nicht zwingend in einem Schritt erfolgen (z. B. falls Zeitabstand oder Absatzänderung zu groß sind), sondern er kann auch mittels Zwischenschritten (Zwischenszenarien) realisiert werden.

Bei der Auswahl von Strategiebausteinen zur Kapazitätsabstimmung kommt der in Kapitel 4.2 erstellte Strategiebausteinkatalog zum Einsatz. Die Strategiewahl erfolgt zum einen getrennt und nacheinander für die Planungsszenarien des lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens sowie für jedes Szenariofolgepaar und zum anderen jeweils in zwei aufeinander folgenden Selektionsschritten (Bild 5-14). Im ersten Schritt wird eine Vorauswahl von Strategiebausteinen mittels der Kriterien „Höhe“, „Fristigkeit“, „Reaktionsgeschwindigkeit“, „Reversibilität“ und „Prognosesicherheit“ der Absatzveränderung vorgenommen, welche die Anforderungen an die Kapazitätsveränderung beschreiben und deren Ausprägung für jeden Planungsszenarioübergang im Planungsschritt FL1 ermittelt wurde. Dazu werden diese Merkmalsausprägungen mit denen der Strategiebausteine im Strategiebausteinkatalog verglichen (Mustervergleich mit dem Strategienreferenzmuster). Für ein sinnvolles Ergebnis sollte der Strategienkatalog bzw. die Strategiebausteinbewertung an die Randbedingungen des Unternehmens und der Planungsaufgabe - Art und Ausprägung der Montageanlage - angepasst werden (vgl. Kapitel 4.2). Strategiebausteine, deren Referenzmuster eine hohe Übereinstimmung mit dem Anforderungsprofil aufweisen und damit prinzipiell die geforderte Kapazitätsabstimmung ermöglichen, werden ausgewählt.

Im zweiten Auswahlschritt erfolgt eine weitere Selektion der ausgewählten Strategiebausteine (Bild 5-14). Hierzu wird ein Abgleich (Mustervergleich) der restlichen Beschreibungsmerkmale der Strategiebausteine aus den Kategorien „Prinzipielle Funktionsweise“ und „Realisierungsaufwand“ mit den im Pflichtenheft der Planungsaufgabe definierten strategischen und projektspezifischen Planungszielen sowie produkt- und montagespezifischen Anforderungen und Randbedingungen vorgenommen. Abschließend wird für jeden Strategiebaustein der Erfüllungsgrad der Anforderungen bewertet sowie eine Einsatzpriorisierung vorgenommen. Das Ergebnis dieser Selektion liefert letztendlich für jeden Planungsszenarioübergang mögliche, geeignete Strategiebausteine, welche die Anforderungen und Ziele am besten erfüllen.

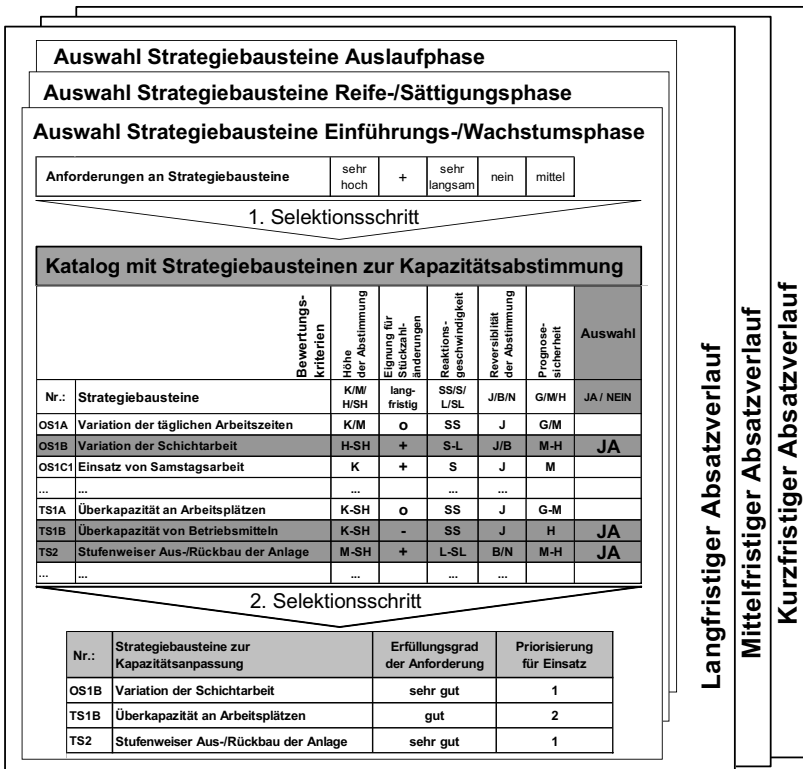


Bild 5-14: Beispielhafte Auswahl von Strategiebausteinen zur Realisierung der Szenarioübergänge des langfristigen Absatzverlaufs

FL3 Entwicklung prinzipieller Wandlungsstrategien

In diesem Arbeitsschritt erfolgt die Entwicklung alternativer, prinzipieller Wandlungsstrategien, welche die Anpassung der Kapazität der Montageanlage an das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten aufzeigen. Die Wandlungsstrategie beschreibt konkret, durch welche Kombination von Strategiebausteinen die Migration der Montageanlagenkapazität über die gesamte Szenarienfolge von einem zum nachfolgenden Planungsszenario ermöglicht werden kann. Zur Entwicklung prinzipieller Wandlungsstrategien werden die ausgewählten Strategiebausteine in einer Matrix (morphologischer Kasten) dem jeweiligen Planungsszenarioübergang zugeordnet und ihrer Priorität nach sortiert. Eine Wandlungsstrategie wird dann aus den einzelnen Migrationsschritten der Szenarien und damit aus den hierfür sinnvollen Strategiebausteinen des morphologischen Kastens zusammengesetzt (Bild 5-15). Dieser Prozess wird, für die drei Zeithorizonte getrennt, nacheinander durchgeführt.

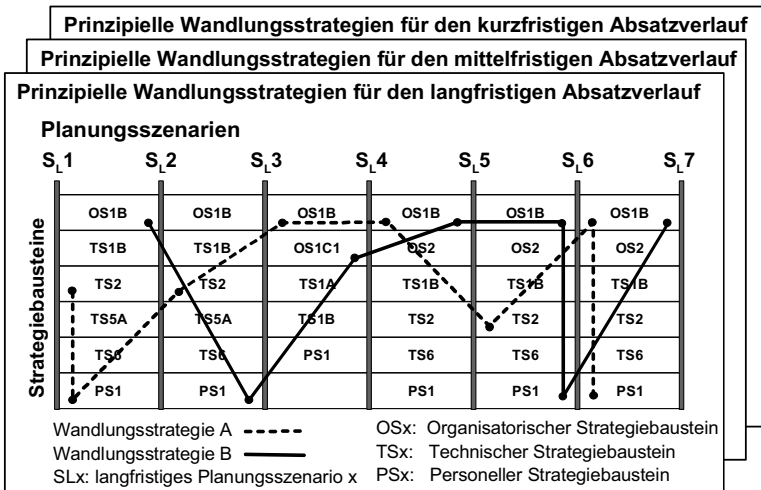


Bild 5-15: *Prinzipielle Wandlungsstrategien zur Kapazitätsabstimmung für den lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverlauf*

Die Migration zwischen zwei Szenarien kann dabei durch einen einzelnen Strategiebaustein oder mehrere kombinierte erfolgen. Abhängig von der Anzahl möglicher Strategiebausteine zur Realisierung eines Migrationsschritts könnten auf Basis der Kombinatorik eine Vielzahl unterschiedlicher prinzipieller Wandlungsstrategien abgeleitet werden, was jedoch nicht sinnvoll ist. Vielmehr sollte die Entwicklung grundlegend unterschiedlicher Wandlungsstrategien im Vordergrund stehen, die sich durch den ausschließlichen oder kombinierten Einsatz

bestimmter Strategiearten oder -gruppen (Kapitel 4.2) unterscheiden. Dies gilt insbesondere für die Wandlungsstrategie des mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens. Die Verwendbarkeit technischer und personeller Strategiebausteine hängt hier sehr stark von der Gestaltung und Kapazitätsanpassung des Montagesystems für das langfristige Absatzverhalten ab, und das Montagesystem wird sich erst in der Grobplanungsphase im Schritt GP4 konkretisieren.

Bestimmte Migrationslösungen für Planungsszenarien können sowohl im kurz- und mittelfristigen als auch im langfristigen Absatzverhalten vorkommen. Diese Redundanz des Strategieneinsatzes ist als positiv anzusehen, da daraus Synergieeffekte durch Reduzierung der Planungskomplexität, erhöhte Transparenz beim Strategieneinsatz, reduzierter Planungs- und Realisierungsaufwand bei Planung, Gestaltung und Betrieb der stückzahlflexiblen Montageanlage resultieren. Eine gesamte prinzipielle Wandlungsstrategie für das kurz-, mittel- und langfristige Absatzverhalten kann somit nur in direktem Zusammenhang konzipiert und bewertet werden, und die geeignetste Lösung ist in dieser konzeptionellen Phase noch nicht bestimmbar. Die Eignung eines Strategiebausteins und damit der gesamten Wandlungsstrategie ist jedoch besonders von der Ausprägung der Montagesystemstruktur abhängig, die sich erst im Rahmen der Konkretisierung der Strategiebausteine in der Grobplanungsphase ergeben wird.

Das Ergebnis dieses Planungsschritts sind alternative prinzipielle Wandlungsstrategien zur Kapazitätsabstimmung der Montage mit dem kurz-, mittel- und langfristigen Absatzverlauf. Die prinzipiellen Wandlungsstrategien sind zugleich die Basis für die Entwicklung konkreter Prinziplösungen zur Kapazitätsveränderung und einer gesamten Wandlungsstrategie in Kapitel 5.4 (GP4, GP5). Darüber hinaus erhält der Montageplaner bereits einen guten Überblick über die prinzipiellen Möglichkeiten und Grenzen der Kapazitätsveränderung der Montage.

5.4 Phase 3: Grobplanung

In der umfassenden und elementaren Phase der Grobplanung des Montagesystems wird im Wesentlichen auf Basis der ermittelten Ablaufstruktur des Produkts eine Prinziplösung für die Montagesystemstruktur entwickelt. Anschließend wird das Konzept der Montageanlage in Form eines Groblayouts ausgearbeitet. *Bevor jedoch eine prinzipielle Montagestruktur entwickelt werden kann, müssen die Aspekte der Stückzahlflexibilität der Anlage zur Anpassung der Montagekapazität an das Absatzverhalten, die im vorherigen Kapitel auf Basis der festgelegten Planungsszenarien und der prinzipiellen Wandlungsstrategien definiert wurden, berücksichtigt werden.* Dazu sind verschiedene Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung der Montageanlage auf Basis der entwickelten prinzipiellen Wandlungsstrategien (Strategiebausteine) zu konzipieren. Das Ergebnis zeigt, mit welchen konkreten und verifizierten Strategiebausteinen die Migration der Montageanlagenkapazität von einem zum nachfolgenden Planungsszenario über die gesamte Szenarienfolge der drei Zeithorizonte ermöglicht werden

kann. Die Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung sind dabei durch deren Leistungs- und Funktionsmerkmale beschrieben. Anschließend ist die Bewertung und Auswahl der geeigneten Prinziplösungen im Rahmen der gesamten Wandlungsstrategie für das Montagesystem zur Kapazitätsabstimmung an den lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverlauf notwendig.

GP1 Detailanalyse des Produkts und der Prozesse

Für die Gestaltung einer Montageanlage ist detailliertes Wissen über den Produktaufbau, die Montageprozesse sowie die Montagereihenfolge notwendig. Aufbauend auf den grundlegenden Analysen in Kapitel 5.2 (PV2), wird dieses Wissen in diesem Teil der Produkt- und Prozessanalyse detailliert. Diese Tätigkeiten sind grundsätzlich im Rahmen jeder Montageplanung durchzuführen und stellen somit keine zusätzlichen Arbeitsschritte im Rahmen der Planung stückzahlflexibler Montagesysteme dar. Dennoch können hierbei wichtige Informationen (z. B. Montagevorranggraph) zur Realisierbarkeit einzelner technischer Strategiebausteine zur Kapazitätsveränderung gewonnen werden. Detaillierte Informationen zu den Arbeitsschritten bei der Produkt- und Prozessanalyse finden sich im Anhang A4.2 sowie bei GROB & HAFFNER [1982], BULLINGER [1995, S. 89FF.; 1986, S. 57FF.], BULLINGER & LUNG [1994], LOTTER & SCHILLING [1994, S. 74FF.], LOTTER [1986, S. 10FF.], ROSS [2002], SCHNEIDER [1999] und WIENDAHL [1997].

GP2 Ermittlung der Montageablaufstrukturen

Wichtig für die Gestaltung der Anlagenstruktur ist die Ermittlung alternativer Montageabläufe. Als Hilfsmittel zu deren Entwicklung wird der Montagevorranggraph verwendet. Dieser stellt den montageorientierten Produktaufbau hinsichtlich seiner logisch zeitlichen Ablaufstruktur dar (zeitliche und montageorientierte Reihenfolgebeziehung aller Teilverrichtungen), wodurch sich mögliche montage-technische Freiheitsgrade erkennen lassen [BULLINGER 1995, S. 94]. Ziel der Ablaufbildung und der folgenden Auswertung des Vorranggraphen ist es, Montageteilverrichtungen mit gleichartigen Anforderungen unter Berücksichtigung der bestehenden Vorrangbeziehungen zusammenzufassen und anschließend unter Berücksichtigung arbeitssystembezogener, arbeitsplatzbezogener oder mitarbeiterbezogener Kriterien Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln zuzuordnen [GROB & HAFFNER 1982, S. 61FF.; BULLINGER 1995, S. 89FF.; BULLINGER 1986, S. 94FF.; KONOLD & REGER 1997, S. 28FF.].

Die Entwicklung eines konkreten Montageablaufs mit definierten Montagestationen ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich, da die Anlagenkapazität und -struktur erst in den nachfolgenden Planungsabschnitten ermittelt werden. Im Rahmen der Planung einer stückzahlflexiblen Montageanlage ist es viel wichtiger, umfangreiches Wissen über unterschiedliche Montagereihenfolgen zur Realisierung der verschiedenen Abstimmungsstrategien zu generieren. *Somit stellt das in diesem Planungsschritt erarbeitete Wissen eine wichtige Basis für die Entwicklung von Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung der Montage (Kapitel GP 4) dar.*

GP3 Ermittlung des Kapazitätsbedarfs und der Taktzeit

Durch die Bestimmung der Planungsszenarien zur Kapazitätsabstimmung für das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten des Produkts wurde mit jedem Planungsszenario die geplante sowie die maximale und minimale Kapazität in Form der Stückzahl an Produkten pro Periode (Jahr, Monat oder Tag) für das Montagesystem festgelegt. Daraus wird in Verbindung mit der Typen- und Variantenstruktur und den jeweiligen Montagevorgabezeiten der notwendige Kapazitätsbedarf errechnet. In Verbindung mit dem zur Verfügung stehenden Kapazitätsangebot der Montage (Arbeitstage, Schichten etc.) können in Zusammenhang mit Kapitel GP4 die prinzipiell notwendige Anzahl an Mitarbeitern oder Arbeitsstationen sowie die prinzipielle Taktzeit in der Montage ermittelt werden [BULLINGER 1995, S. 103FF.; KONOLD & REGER 1997, S. 49FF.]. *Diese Werte stellen wichtige Ergebnisse für die nachfolgenden Planungstätigkeiten dar*, da sie zur Erfüllung der Montageaufgabe mit der erforderlichen Kapazität bei jedem Szenario eingeplant werden müssen.

GP4 Entwicklung von Prinziplösungen der Wandlungsstrategien zur Kapazitätsabstimmung

In diesem Arbeitsschritt erfolgt die Konkretisierung und Verifizierung der in Abschnitt FL3 definierten Wandlungsstrategien zur Abstimmung der Montagekapazität mit dem lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhalten. Dazu werden Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung des Montagesystems entwickelt, was einen neuen und elementaren Planungsschritt im Rahmen der entwickelten Vorgehensweise darstellt. Hierzu werden die im Rahmen der Wandlungsstrategie ausgewählten Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung für jedes Planungsszenario konkretisiert und die Prinziplösungen durch ihre Leistungs- und Funktionsmerkmale (z. B. Taktzeit, Schichtanzahl, Personenanzahl, Schichtstückzahl) beschrieben. Eine Prinziplösung stellt somit für ein Planungsszenario ein Montagesystemkonzept dar, dessen Anlagenstruktur (Anzahl Arbeitsstationen, Art- und Mengenteilung) und Organisationsform grob definiert sowie dessen organisatorische, technische und personelle Machbarkeit verifiziert wurde.

Da die Entwicklung der Prinziplösungen für die mittel- und kurzfristigen Wandlungsstrategien an die Prinziplösung der jeweiligen langfristigen Wandlungsstrategie individuell angepasst werden muss, wird mit den Prinziplösungen einer langfristigen Wandlungsstrategie und hierbei mit dem ersten Planungsszenario begonnen. Zur Reduzierung des Planungsaufwands empfiehlt sich ein selektives Vorgehen, so dass zuerst die Prinziplösungen derjenigen langfristigen Wandlungsstrategie konkretisiert werden, welche die Anforderungen objektiv am besten erfüllen. Aufbauend auf der ersten Prinziplösung des Montagesystemkonzepts der ausgewählten langfristigen Wandlungsstrategie, werden die Prinziplösungen für die nachfolgenden Planungsszenarien mittels der vorgesehenen Strategiebausteine entwickelt. Falls ein im Rahmen der Wandlungsstrategie vorgesehener Strategiebaustein nicht realisierbar ist oder die notwendige Kapazitätsabstimmung nicht ausreichend ermöglicht, kann dieser auch

ausgetauscht und ein alternativer, im Rahmen der Wandlungsstrategie ausgewählter Strategiebaustein verwendet werden. Der Übergang zwischen zwei Szenarien muss nicht in einem Anpassungsschritt (z. B. falls der Zeitabstand oder die Kapazitätsänderung zu groß sind), sondern kann auch mittels Zwischenschritten realisiert werden.

Wichtig bei der Entwicklung der Prinziplösungen des Montagekonzepts ist, dass diese sowohl die Anforderungen zur Realisierung der Montageaufgabe als auch des jeweiligen Strategiebausteins zur Kapazitätsabstimmung und somit die Anforderungen des Planungsszenarios erfüllen müssen. Ferner ist zu beachten, dass die Realisierbarkeit der Prinziplösung des Montagekonzepts (z. B. manuelle Anlage mit vier Stationen) durch direkte Validierung anhand der technischen, personellen und organisatorischen Randbedingungen (vgl. Kapitel GP1 bis 3) erfolgt. Somit können nachträglich auf Basis der Informationen zur Machbarkeit der verschiedenen technischen oder personellen Strategiebausteine in Verbindung mit den Gestaltungsmöglichkeiten der Anlage auch neue oder abgewandelte Wandlungsstrategien mittels der bereits entwickelten Prinziplösungen definiert werden. Eine detaillierte Planung der Anlagenstruktur (z. B. exakte Abtaktung oder Betriebsmittelgestaltung) im Rahmen der Entwicklung der Prinziplösungen des Montagekonzepts sollte in diesem Planungsschritt bzw. -stadium jedoch noch nicht erfolgen, da dies für die Anzahl der zu entwickelnden Prinziplösungen einen sehr großen Aufwand zur Folge hätte.

Die anschließende Entwicklung der Prinziplösungen für die Planungsszenarien der mittel- und kurzfristigen Wandlungsstrategien erfolgt mit gleicher Systematik. Jedoch geschieht dies separat und individuell angepasst an die zuvor entwickelten Prinziplösungen der langfristigen Wandlungsstrategien mittels selektiven Vorgehens. Es werden nur noch solche Strategiebausteine der mittel- und kurzfristigen Wandlungsstrategie konkretisiert, die sinnvoll mit den konkretisierten Prinziplösungen (Strategiebausteinen) der langfristigen Wandlungsstrategie kombiniert werden können. Grund hierfür ist, dass der Einsatz vor allem technischer und personeller, aber auch organisatorischer Strategiebausteine zur Realisierung der Prinziplösungen für die mittel- und kurzfristigen Planungsszenarien abhängig von der Ausprägung des Montagesystemkonzepts (Prinziplösung) der langfristigen Planungsszenarien ist. So kann beispielsweise eine spezielle Prinziplösung (Strategiebaustein) für das nachfolgende langfristige Planungsszenario vorgesehen, jedoch bereits als mittelfristige Prinziplösung eingeplant worden sein. Zudem kann ein Strategiebaustein auch für ein langfristiges Planungsszenario eingesetzt worden sein und nun nicht mehr für die mittel- und kurzfristigen Planungsszenarien verwendet werden (z. B. Montage in dritter Schicht). Daher gilt es bei der Entwicklung der Prinziplösungen für die langfristigen Prinziplösungen zu überprüfen, inwieweit die Prinziplösungen (Strategiebausteine) für mittel- und kurzfristige Wandlungsstrategien davon betroffen sind.

Eine systematische und übersichtliche Darstellung der entwickelten Prinziplösungen kann, wie in Bild 5-16 beispielhaft zu sehen, erfolgen. Horizontal nebeneinander angetragen und mit einer Linie verbunden werden Prinziplösungen, die auf organisatorischen und personellen

Strategiebausteinen basieren. Prinziplösungen, die auf technischen Strategiebausteinen zur Kapazitätsveränderung basieren, werden vertikal übereinander im entsprechenden Bereich für den Automatisierungsgrad eingetragen und durch einen Pfeil miteinander verbunden. Zur Kennzeichnung der Prinziplösungen werden Buchstaben verwendet. Sobald ein technischer Umbau des Grundmontagesystems als Strategie verwendet wird, wird an den ersten Buchstaben ein zusätzlicher Buchstabe angehängt und mit jeder weiteren technischen Änderung wird dieser verändert (z. B. A 4-10, AB 4-10). Neue Anlagenstrukturen oder Ausbaustufen, die nicht auf einer vorherigen Anlagenlösung aufbauen und somit einen Strukturbruch darstellen, erhalten einen neuen Anfangsbuchstaben. Bei einer Duplizierung des Systems wird eine Zwei vor den Anfangsbuchstaben gesetzt (z. B. 2AB 4-10). Die nachfolgenden Zahlen kennzeichnen die Mitarbeiteranzahl im System und die Schichten pro Woche.

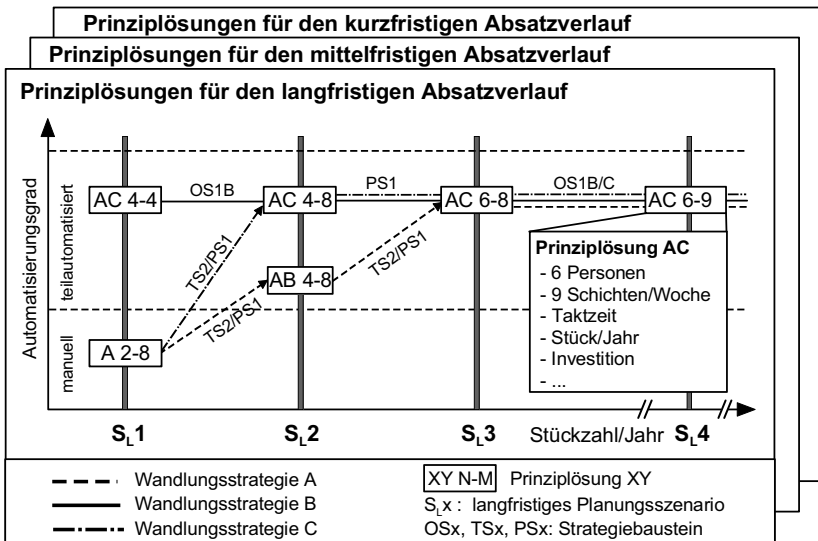


Bild 5-16: Prinziplösungen zur Kapazitätsanpassung für die lang-, mittel- und kurzfristigen Wandlungsstrategien

Als weiteres Planungs- und Visualisierungshilfsmittel sowie zur Überprüfung der Kapazitätspotenziale insbesondere in Bezug auf den definierten Prognoseabweichungskorridor können die entwickelten und konkretisierten Prinziplösungen der lang-, mittel- und kurzfristigen Wandlungsstrategien in das jeweilige Absatzverlaufdiagramm (Bild 5-17) eingetragen

werden. Darin lassen sich beispielsweise auch die Prinziplösungen der lang- und mittelfristigen Wandlungsstrategien kombinieren. Mit Hilfe dieser Graphik wird sehr gut sichtbar, welches Kapazitätsflexibilitätspotenzial die entwickelten Prinziplösungen aufweisen und wie gut dadurch der Prognoseabweichungskorridor abgedeckt wird. Die möglichen unterschiedlichen Prinziplösungen spiegeln somit die Entwicklung des Montagesystems zur Kapazitätsabstimmung wider und geben das zu jedem Zeitpunkt vorhandene Flexibilitäts- bzw. Kapazitätspotenzial wieder. Darüber hinaus wird aber auch offensichtlich, in welchen Zeitabständen beispielsweise technische Prinziplösungen realisiert werden müssen.

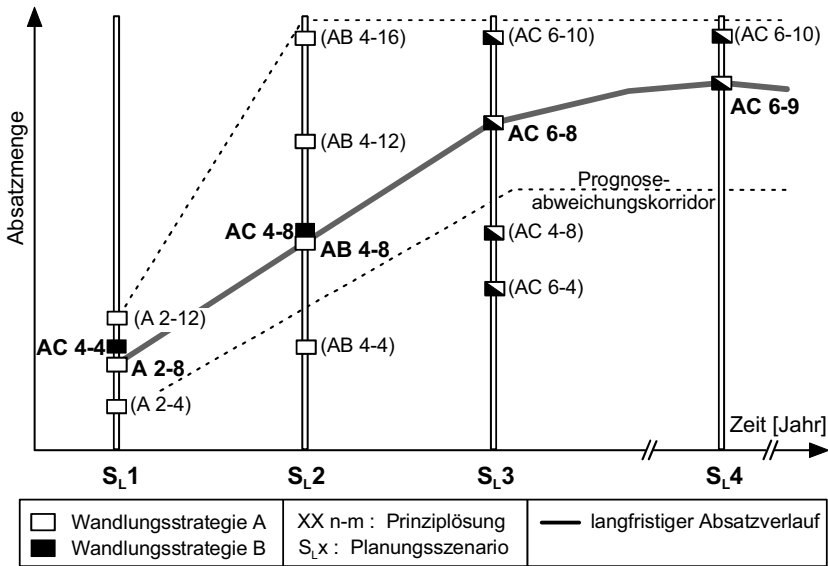


Bild 5-17: Kapazitätsflexibilität der entwickelten Prinziplösungen der langfristigen Wandlungsstrategien

In dieser Planungsphase zeigt sich aufgrund der vielfältigen, komplexen, vielfach voneinander abhängigen sowie aufeinander aufbauenden Möglichkeiten zur Kapazitätsabstimmung der Montage, wie wichtig es ist, bereits während der Grobplanung der Montageanlage die Abstimmungsmöglichkeiten zu untersuchen und bei der Anlagengestaltung zu berücksichtigen. Durch diese Planungstätigkeiten erhält der Planer ein umfangreiches Wissen über die Möglichkeiten, Komplexität und Grenzen der Kapazitätsabstimmung des Montagesystems.

GP5 Auswahl der Wandlungsstrategie zur Kapazitätsabstimmung

Nach der Konkretisierung der Wandlungsstrategien im Arbeitsschritt GP4 erfolgt in diesem Planungsabschnitt mit neuen Arbeitsschritten innerhalb der entwickelten Vorgehensweise die Bewertung und Gegenüberstellung der verschiedenen Wandlungsstrategien sowie die Auswahl der geeignetsten Lösung zur Kapazitätsabstimmung des Montagesystems mit dem Absatzverlauf (Bild 5-18). Dazu werden die im Arbeitsschritt GP4 entwickelten Wandlungsstrategien hinsichtlich der Erfüllung der an sie gestellten Anforderungen aus den Planungsszenarien sowie dem Pflichtenheft bewertet.

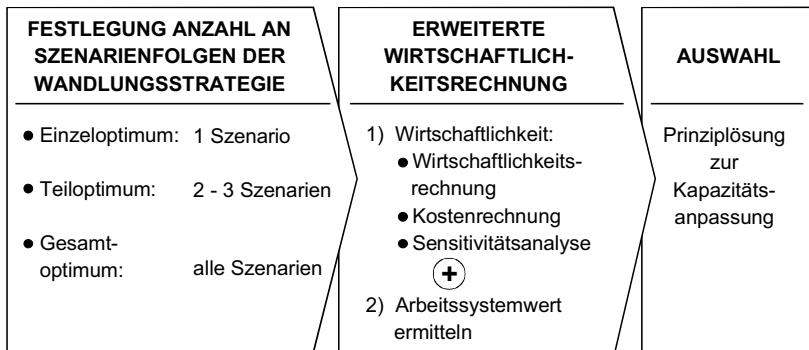


Bild 5-18: Vorgehen zur Bewertung der Prinziplösungen der Wandlungsstrategien

Die Bewertung erfolgt auf qualitativer und quantitativer Basis im Rahmen einer *erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung*. Die grundsätzliche Fragestellung vor der Bewertung vor allem der langfristigen Wandlungsstrategien ist, ob diese auf Basis der Prinziplösungen für ein einzelnes Planungsszenario oder einer Planungsszenarienfolge geschehen soll. Die unterschiedliche Anzahl an Planungsszenariofolgen (Prinziplösungsfolgen), die berücksichtigt werden, führen zu einem Optimum für ein Einzelszenario (z. B. ein Jahr), eine Teilszenarienfolge (z. B. mehrere Jahre oder Phasen des Produktlebenszyklus) oder die Gesamtszenarienfolge (gesamte Produktlebenszyklusdauer).

Festlegung der Anzahl an Planungsszenarien

Bei der Auswahl eines Einzelszenarios erfolgt die Entscheidung für die optimale Prinziplösung zur Kapazitätsabstimmung für das jeweils nächste Planungsszenario. Prinziplösungen bzw. Wandlungsstrategien, die für die nachfolgenden Planungsszenarien und damit beispielsweise für die mittel- oder langfristige Kapazitätsentwicklung des Montagesystems aus technischer, organisatorischer und wirtschaftlicher Sicht geeignet wären, werden nicht berück-

sichtigt. Der Vorteil dieses Vorgehens liegt in der konkreten Berücksichtigung der jeweils aktuellen Absatzdaten, was insbesondere im Hinblick auf mittel- und langfristige unsichere Absatzprognosedaten vorteilhaft ist (Vermeidung einer Fehlinvestition).

Bei der Auswahl der Wandlungsstrategie im Hinblick auf ein Optimum in Bezug auf die Gesamtszenarienfolge erfolgt die Berücksichtigung der Prinziplösungen für alle definierten Planungsszenarien des lang-, mittel- oder kurzfristigen Absatzverhaltens. Einen großen Nachteil stellt der hohe Aufwand zur Bewertung aller Prinziplösungen der Planungsszenarien der verschiedenen Wandlungsstrategien insbesondere bei unterschiedlichen technischen Lösungen dar. Der Vorteil dieses Auswahlverfahrens liegt in der ganzheitlichen, optimalen Systementwicklung, was eine hohe Sicherheit und Relevanz der ausgewählten Lösungsfolgen insbesondere mit Blick auf die wirtschaftlichste Prinziplösungsfolge und Systemgestaltung (vor allem bei hohen Investitionen) ermöglicht. Bei unsicheren langfristigen Absatzprognosen ist dieses Vorgehen nicht zu empfehlen.

Einen Kompromiss dieser beiden Extreme in Bezug auf die Fristigkeit bei der Festlegung der Wandlungsstrategie stellt die Auswahl von Prinziplösungen für eine Teilszenarienfolge dar. Bei diesem oftmals sichereren und praktikableren Vorgehen wird eine Wandlungsstrategie für die nächsten zwei oder drei Szenarienfolgen ausgewählt und dieses Vorgehen zeitlich roulierend wiederholt. Dadurch wird der Tatsache Rechnung getragen, dass langfristige Absatzprognosedaten in der Regel ungenau und unsicher sind. Mit der roulierenden Planung wird das Risiko einer Fehlplanung bei extremer Veränderung der geplanten Absatzmenge über die Zeit der betrachteten Szenarien hinaus reduziert.

Eine richtige oder falsche Auswahl des Planungshorizonts der Wandlungsstrategie gibt es nicht, vielmehr muss diese fallspezifisch getroffen werden. Der Planungshorizont hängt zum einen von der Sicherheit der Absatzprognosedaten ab sowie dem Zeitpunkt im Produktlebenszyklus, von dem ab er festgelegt werden soll. Zum anderen hängt er aber auch von der Art der Strategiebausteine bzw. Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung ab, die zur Realisierung der Planungsszenarien eingesetzt werden. So birgt beispielsweise der Einsatz investitionsintensiver und nicht reversibler technischer Prinziplösungen ein höheres Risiko bei einer langfristigen Festlegung der Wandlungsstrategie, jedoch können aus der richtigen langfristigen Festlegung erhebliche Kostenvorteile resultieren. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es sich empfiehlt, bei geringer Prognosesicherheit (großer Abweichungskorridor) eher einen kürzeren Planungshorizont mit einem optimalen Einzelszenario oder einer Teilszenarienfolge für die Wandlungsstrategie auszuwählen. Ist die Prognosesicherheit dagegen sehr hoch, so kann eine optimale Wandlungsstrategie für einen langen Planungshorizont mit einer großen Anzahl an Teilszenarien oder der Gesamtszenarienfolge ausgewählt werden.

Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung

Nach der Festlegung des Planungshorizonts bzw. der Anzahl an Planungsszenarien der Wandlungsstrategie, die betrachtet werden sollen, ist eine Bewertung und Gegenüberstellung der relevanten, alternativen Wandlungsstrategien und die Auswahl der geeignetsten Wandlungsstrategie durchzuführen. Dabei sollte ebenfalls selektiv vorgegangen und die Bewertung nicht für alle Prinzipzlösungen der Wandlungsstrategien durchgeführt werden, sondern im ersten Schritt nur für die als qualitativ am geeignetsten betrachteten Lösungsalternativen. Zudem kann durch stufenweise Bewertung und Auswahl z. B. lang-, mittel- und kurzfristiger Lösungsalternativen separat, nacheinander oder in anderer Reihenfolge, abhängig von der Priorität im jeweiligen Anwendungsfall, die Anzahl der Lösungskombinationen schrittweise verringert und der Bewertungsaufwand damit erheblich reduziert werden.

Die Bewertung und Auswahl erfolgen mit monetär quantifizierbaren und monetär nicht quantifizierbaren Kriterien im Rahmen einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung [BULLINGER 1995, S. 137FF.; GROB & HAFFNER 1982, S. 111FF.]. Dieses Bewertungsverfahren beinhaltet zum einen die Ermittlung des Arbeitssystemwerts (Nutzwertanalyse) und zum anderen eine Wirtschaftlichkeits- und Kostenrechnung (statische oder dynamische Verfahren) in Verbindung mit einer Sensitivitätsanalyse [BULLINGER 1995, S. 143FF.; WARNECKE U. A. 1980; BRONNER 1964; DÄUMLER 1976; RITTER 1988, S. 38FF.]. Beide Bewertungsergebnisse werden in die Auswahl mit einbezogen. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise bei einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung sowie weiterführende Literatur zur Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung finden sich im Anhang A4.2.

Eine mögliche Vorgehensweise zur wirtschaftlichen Bewertung und Auswahl alternativer technischer Montagesystemerweiterungen (Systemfolgenauswahl) beschreiben auch LOTTER U. A. [1998, S. 120FF.]. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung basiert auf dem Kriterium der eingesparten ausgabewirksamen Kosten der Ausbaustufen, die durch dynamische Investitionsrechnung ermittelt werden (vgl. Kapitel 3.1.4). Eine Möglichkeit zur Lösung des komplexen Problems der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Bezug auf die Bestimmung der wirtschaftlich optimalen Kapazitätsgrenze in Zusammenhang mit Ergänzungsinvestitionen und optimalen Investitionszeitpunkten wird eröffnet durch die Verwendung mathematischer Simulationsmodelle (vgl. Kapitel 3.1.4) wie bei RITTER [1988, S. 55FF.]. Er verwendet dabei ebenfalls die dynamische Investitionsrechnung und berücksichtigt zudem die Unsicherheit der Prognosewerte mittels Korrekturverfahren, Risiko- und Sensitivitätsanalyse.

Auswahl der Wandlungsstrategie

Im letzten Schritt der erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung erfolgt die graphische Aufbereitung (Visualisierung) und Gegenüberstellung der Ergebnisse der Arbeitssystemwertermittlung und Wirtschaftlichkeitsrechnung für jede Planungsalternative und die Auswahl der geeignetsten lang-, mittel- und kurzfristigen Wandlungsstrategie.

GP6 Entwicklung von Prinziplösungen der Montagesystemstruktur

Nach der Auswahl einer Wandlungsstrategie zur Kapazitätsabstimmung im vorherigen Kapitel werden nun für die relevanten Prinziplösungen der Wandlungsstrategie und damit für die einzelnen Planungsszenarien die bereits grob konzipierten Anlagenstrukturen (vgl. GP4) in Form alternativer Prinziplösungen der Montagesystemstruktur weiterentwickelt und bewertet. Begonnen wird mit der Systemstruktur für das erste Planungsszenario. Entsprechend der Relevanz und Abhängigkeit der Systemstrukturen in den nachfolgenden Planungsszenarien (zeitlicher Realisierungsabstand, Grad der technischen oder organisatorischen Abhängigkeit, Planungsaufwand etc.) sind diese parallel dazu, mit dem erforderlichen Detaillierungsgrad, mitzuentwickeln. Andernfalls müssen deren Anforderungen (z. B. Ausbaufähigkeit) bei der aktuellen Systemstrukturplanung Berücksichtigung finden.

Die Entwicklung der Prinziplösungen der Anlagenstruktur kann auf Basis der Arbeitspunkte GP2 und GP3 nach folgendem prinzipiellen Vorgehen erfolgen: Montagevorranggraph, -ablaufstruktur und Kapazitätsbedarf konkretisieren, Kapazitätsteilung durchführen, Betriebsmittelkonzepte erstellen, Montageorganisationsform, Flussprinzip und Arbeitsplatzanordnung festlegen, Pufferart, -prinzip und Verkettung definieren, Material- und Informationsfluss festlegen sowie Lösungsalternativen bewerten und auswählen [BULLINGER 1995, S. 94FF.; BULLINGER 1986, S. 95FF.; GROB & HAFFNER 1982, S. 61FF.; KONOLD & REGER 1997, S. 28FF.]. Die Lösungsgestaltung in den aufgezählten Vorgehensschritten hängt stark von den Planungsparametern Produkt, Fertigungsstückzahl, Variantenvielfalt, Art der Montageverrichtungen, Fertigungstechnologien, Automatisierungsgrad etc. ab. Leitlinien zur Entwicklung geeigneter Strukturen für Montagesysteme in Abhängigkeit der Parameter finden sich bei BULLINGER [1995, S. 113FF.; 1986, S. 147FF.], GROB & HAFFNER [1982, S. 73FF.] und KONOLD & REGER [1997, S. 32FF.] Wurden für ein Planungsszenario alternative Prinziplösungen der Montagesystemstruktur entwickelt, so werden diese ebenfalls mittels der erweitereten Wirtschaftlichkeitsrechnung (vgl. GP5) bewertet und die geeignetste Lösung wird ausgewählt.

Im Rahmen dieser Planungsvorgehensweise für stückzahlflexible Montagesysteme ist es wichtig, dass zur Umsetzung der entwickelten Prinziplösung der Wandlungsstrategie (Strategiebausteine) und damit zur Kapazitätsabstimmung geeignete Maßnahmen geplant werden. Dazu ist beispielsweise zu überlegen, wie ein Montagesystem technisch zu gestalten ist, um wirtschaftlich mit unterschiedlicher Personenanzahl montieren zu können (z. B. einfache Umrüstbarkeit) oder wie bei einem stufenweisen Ausbau das Anlagenkonzept zu gestalten ist, um möglichst viele Anlagenkomponenten weiterverwenden zu können und den Planungs- und Umbauaufwand gering zu halten. Hierfür eignet sich der Einsatz von Methoden zur Flexibilisierung von Produktaufbau und Montageanlage [ANDREASEN & AHM 1988, S. 17FF.] mit Fokus auf Modularisierung und Standardisierung (vgl. Kapitel 3 und 6).

GP7 Konzeption der Materialbereitstellung

Parallel zur Entwicklung der Montagesystemstruktur muss die Planung von Materialfluss und -bereitstellung erfolgen [BULLINGER 1995, S. 123FF.], da diese Punkte einen großen Einfluss auf die Gestaltung des Montagesystems haben und die Effizienz, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit des Montagesystems maßgeblich beeinflussen. *Dies gilt vor allem bei stückzahlflexiblen Montagesystemen, da die Materialbereitstellung ebenfalls an die kurz-, mittel- und langfristige veränderte Montagekapazität und damit die veränderte Montagesystemsorganisation und -struktur angepasst werden muss.* Zur Erreichung eines Gesamtoptimums aus Montage- und Logistiksystem ist daher ein an der Wandlungsstrategie der Montageanlage ausgerichtetes, *stückzahlflexibles Logistik- und Materialbereitstellungskonzept* zu entwickeln. Ein Lösungsansatz hierfür wird von DÜRRSCHMIDT [2001] und REINHART U. A. [2000] beschrieben.

Grundsätzlich ist die Aufgabe der Materialbereitstellung nach REFA [1991, S. 172], das verfügbare Material für die Verwendung bei der Aufgabendurchführung in der benötigten Art und Menge termingerecht am Bereitstellungsplatz zur Verfügung zu stellen. Daraus ergeben sich prinzipiell die Aufgaben der Gestaltung von Organisation, Technik und Ablauf (Disposition) der Materialbereitstellung. Bei Materialflussbeziehungen ist zwischen vier Hierarchieebenen (Ordnungen) zu differenzieren, angefangen bei Werken oder Zulieferern (1. Ordnung) bis hin zu Arbeitsplätzen (4. Ordnung) [BULLINGER & LUNG 1994]. Die Methode der Materialbereitstellung ist von der Art des Montagesystemtyps abhängig, die mittels Produktvolumen, Produktionsstückzahl und Werkstückfluss grob klassifiziert werden kann. Der Bereich der Organisation der Materialbereitstellung lässt sich im Wesentlichen durch die Parameter Art, Form, Gegenstand, Menge, Quelle, Ort/Senke, Auslösung, Durchführung und Zeitpunkt der Bereitstellung beschreiben. Zudem ist die Bereitstell- und Informationstechnik festzulegen [BULLINGER 1995, S. 128FF.; BULLINGER & LUNG 1994]. Eine detaillierte Beschreibung der notwendigen Arbeitsschritte sowie weiterführende Literatur zur Konzeption der Materialbereitstellung finden sich im Anhang A4.2.

GP8 Entwicklung von Groblayouts

Im Arbeitsschritt GP6 wurde eine Prinziplösung für die Montagesystemstruktur eines Planungsszenarios entwickelt. Diese muss nun weiter ausgearbeitet und in ein Layout übergeführt werden. Wesentliche Einflussfaktoren bei der Layoutplanung, die, abhängig von Produkt und Fertigungsverfahren, mehr oder weniger Berücksichtigung finden, sind Betriebsbereiche, Materialfluss, Infrastruktur und Gebäudetechnik. Bei der Layoutplanung werden dann die notwendigen Montagesystemkomponenten (Betriebsmittel) detailliert und in einem Raum bzw. einer Fläche unter Berücksichtigung von Flächenabmessung, räumlichen Gegebenheiten, Transport- und Verkehrswegen, Materialbereitstellflächen sowie sonstigen Nebenflächen angeordnet. Letztendlich muss bei der Layoutplanung aber auch ein Kompromiss zwischen unterschiedlichen Zielen wie geringe Umbaukosten, niedrige Materialflusskosten, Übersichtlichkeit sowie Sicherstellung der Ver- und Entsorgung gefunden werden [BULLINGER 1986,

S. 186FF.; BULLINGER 1995, S. 132FF.; AGGTELEKY 1990; KETTNER & SCHMIDT 1984]. *Ferner ist bei der Layoutentwicklung als neue Anforderung im Rahmen der entwickelten Planungsvorgehensweise stets die Weiterentwicklung der Montagesystemstruktur entsprechend der ausgewählten Prinziplösung zur Kapazitätsanpassung der Planungsszenarien und deren Montagestrukturen zu berücksichtigen.* Dies betrifft beispielsweise die Möglichkeit zur Erweiterung der Montageanlage, ohne diese dafür versetzen zu müssen. Eine Beschreibung einzelner Arbeitsschritte dieser Planungsaufgabe ist im Anhang A4.2.

GP9 Bewertung der Groblayouts

Im Rahmen dieses Arbeitspunkts müssen die entwickelten alternativen Groblayouts bewertet werden, um zu entscheiden, welche Lösung die geeignetste ist und im Folgenden weiter detailliert und umgesetzt werden soll. Die Bewertung und Auswahl erfolgt wiederum mittels der „erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung“ [BULLINGER 1995, S. 137FF.], mit deren Hilfe die Vor- und Nachteile sowie die Chancen und Risiken der Layoutalternativen transparent gemacht werden. Für die Ermittlung des Arbeitssystemwerts ist es sinnvoll, die bereits definierten Bewertungskriterien zu überarbeiten (detaillieren) und an bisher nicht relevante Aspekte wie Flächennutzungsgrad, Flächenerweiterbarkeit, Zugänglichkeit zum Arbeitssystem oder Materialanlieferung anzupassen. Ferner sind zur Beurteilung der Layoutalternativen andere monetäre Größen wie Umbauaufwand (zeitlich und monetär), Installationskosten oder Flächenkosten zu ermitteln und zu berücksichtigen. Als Ergebnis dieser Planungsaufgabe wird eine Layoutvariante ausgewählt und im Folgenden weiter detailliert.

5.5 Phase 4: Feinplanung

Im Rahmen der Phase 4, der Feinplanung des Montagesystems, werden das ausgewählte Montagekonzept (Groblayout) sowie die darin enthaltenen Arbeitsplätze und Betriebsmittel in Bezug auf Organisation, Technik, Materialbereitstellung, Layout und Personalorganisation ausgearbeitet und dokumentiert. Dies beinhaltet im Wesentlichen die Planungsaufgaben der Konkretisierung von Montageablauf und Arbeitsmethoden (FP1), der Gestaltung von Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln (FP2), der Detaillierung des Materialbereitstellungskonzepts (FP3), der Entwicklung eines Feinlayouts (FP4) sowie der Bewertung, Auswahl und Dokumentation des Arbeitssystems (FP5). Entstehen bei den Planungen FP1 bis FP4 alternative Lösungen, so sind diese ebenfalls mittels der erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung (vgl. GP 5) mit angepassten Kriterien zu bewerten. Eine detaillierte Beschreibung der Arbeitsschritte der fünf Planungsaufgaben sowie weiterführende Literatur finden sich in Anhang A4.3.

Neben den grundsätzlichen Planungsaufgaben erfordern die Feinplanungsarbeitsschritte aber auch die Konkretisierung von Maßnahmen zur Umsetzung der Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung der Montageanlage (Prinziplösungen der Wandlungsstrategien). Dabei sind

die in der Grobplanungsphase festgelegten Anforderungen an die Kapazitätsabstimmung des Montagesystems zu berücksichtigen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Dokumentation der Möglichkeiten der Kapazitätsveränderung der Anlage durch die realisierten Strategiebausteine. Bis auf diese Tätigkeiten sind in dieser Phase aber keine weiteren neuen oder abgeänderten Arbeitsschritte in Bezug auf die entwickelte Vorgehensweise erforderlich.

5.6 Phase 5: Systemrealisierung und -einführung

Nach Ausarbeitung und Genehmigung aller Planungsergebnisse erfolgt die Realisierung sowie die Einführung des Montagesystems. Die Realisierung umfasst die Erstellung eines Pflichtenhefts, die Beschaffung der Betriebsmittel, den Aufbau und Test der Montageanlage sowie deren Anpassung und Optimierung (Planungsaufgabe RE1). Weitere Planungsaufgaben dieser Planungsphase sind die Personaleinsatzplanung, der Systemanlauf und die Serienbetreuung des Montagesystems (Planungsaufgabe RE2). *Neue oder abgewandelte Arbeitsschritte sind hierbei im Rahmen der Gestaltung stückzahlflexibler Montagesysteme mit Ausnahme der Information und Schulung der Montagemitarbeiter über die verschiedenen Möglichkeiten und Funktionsweisen zur Anpassung der Montageanlagenkapazität nicht erforderlich.* Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte der beiden Planungsaufgaben RE1 und RE2 sowie weiterführende Literatur dazu finden sich im Anhang A4.4.

5.7 Phase 6: Systembetrieb und -abstimmung

Nach dem Serienanlauf der Montageanlage ist während des Betriebs eine kontinuierliche oder periodenbezogene Kontrolle der Ist-Systemkennwerte wie Ausbringung, Verfügbarkeit, Qualitätsrate, Produktivität etc. mit den Plan- bzw. Soll-Kennwerten in Form eines Soll-Ist-Vergleichs notwendig. Wird bei einem der Kennwerte eine Abweichung festgestellt, kann einerseits durch eine Anpassung oder Optimierung des Montagesystems (Systemelemente) mittels einer „Feed-back-Kontrolle“ die Erfüllung des Systemkennwerts erreicht werden. Andererseits ist aber auch eine Korrektur oder Anpassung des Soll-Kennwerts („Feed-Forward-Kontrolle“) denkbar, wodurch die zukünftige Erfüllung dieses Kennwerts ermöglicht wird.

Das Vorgehen zur Überwachung der Anlagenkennwerte und Ableitung geeigneter Anpassungsmaßnahmen bei Soll-Ist-Abweichungen basiert auf allgemeinen Controlling-Vorgehensweisen z. B. nach WEBER [1999] oder HEINEN [1991]. Diese umfassen in der Regel die Schritte Kontrollgrößen definieren, Soll- und Toleranzbereich festlegen, Ist-Werte erfassen, Soll- und Ist-Wert vergleichen, Abweichungsursache analysieren und Korrekturmaßnahmen einleiten. Die Kontrolle und Anpassung anderer, ebenfalls wichtiger Systemkennwerte erfolgt analog dazu. Das allgemeine Vorgehen zur Kapazitätsplanung und -steuerung einer Montage-

5 Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme

anlage wird bei REFA [1991, S. 179FF.], STÜTZLE [1987], RITTER [1988], HARTMANN [1962] und REICHMANN [1968] beschrieben. *Im Folgenden wird lediglich auf das für die Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme relevante neue Vorgehen zur Überwachung und Abstimmung von Kapazitätsangebot und -bedarf eingegangen* (Bild 5-19).

Arbeitsschritt BA1	Arbeitsschritt BA2	Arbeitsschritt BA3
1) Kontrollgröße festlegen <ul style="list-style-type: none"> ● Kapazitätsbedarf (Soll) ● Kapazitätsangebot (Ist) (lang-, mittel- und kurzfristiger Zeithorizont) 	1) Soll-Werte ermitteln Kapazitätsbedarf (lang-, mittel- und kurzfristiger Zeithorizont)	1) Soll-Ist-Abweichung Ausprägung, Ursache und Auswirkungen analysieren und bewerten
2) Ist-Werte bestimmen Kapazitätsangebot (lang-, mittel- und kurzfristiger Zeithorizont)	2) Soll-Ist Vergleich Kapazitätsbedarf und Kapazitätsangebot (lang-, mittel- u. kurzfristiger Zeithorizont)	2) Anpassung initiieren Anpassungsstrategie auswählen und Rücksprung in Phase 5, 4, 3, 2 oder 1 zur Planung und Umsetzung

Bild 5-19: Vorgehen zur Abstimmung der Kapazität des Montagesystems

Das Ziel der erweiterten Planungstätigkeiten dieser Phase ist die rechtzeitige und bedarfsgerechte Abstimmung der Kapazität der Montageanlage mit dem aktuellen und auch zukünftigen Absatzverlauf des Produkts mittels der festgelegten oder einer neu definierten situationsgerechten Wandlungsstrategie. Dadurch soll zu jedem Zeitpunkt die Lieferfähigkeit des Produkts am Markt in Verbindung mit einer wirtschaftlichen Montage gewährleistet werden (Vermeidung von Unter- oder Überkapazität). Dieses Ziel kann jedoch nur durch einen kontinuierlichen Soll-Ist-Vergleich des kurz-, mittel- und langfristigen Absatzverlaufs des Produkts mit dem kurz-, mittel- und langfristigen Kapazitätsangebot der Montageanlage erreicht werden. Bei Abweichungen von Kapazitätsbedarf und -angebot ist es notwendig, die Größe, Art, Ursache und Dauerhaftigkeit der Abweichung sowie die Auswirkungen mit bzw. ohne Kapazitätsabstimmung der Montage zu analysieren und zu bewerten. Auf Basis dieser Ergebnisse wird entschieden, welche adäquate Maßnahme zur Anpassung der Soll-Ist-Abweichung ergriffen und umgesetzt wird. Abhängig von der Ausprägung und Auswirkung der Abweichung können mögliche prinzipielle Maßnahmen vom absichtlichen Verzicht einer Kapazitätsabstimmung über die Abstimmung im Rahmen der festgelegten Wandlungsstrategie bis hin zur Auswahl oder Entwicklung einer neuen Wandlungsstrategie für die Montageanlage reichen. Je nach ausgewählter Maßnahme ist dann ein Rücksprung in die entsprechende Planungsphase dieser Vorgehensweise zur Planung und Umsetzung der Kapazitätsabstimmung notwendig.

BA1 Festlegung der Kontrollgröße Kapazität und der Ist-Werte des Kapazitätsangebots

Die entscheidende Kontrollgröße zum Betrieb eines stückzahlflexiblen Montagesystems ist dessen Kapazitätsangebot (Ist-Wert), das mit dem Soll-Wert, dem Kapazitätsbedarf des Produkts am Markt (Absatzstückzahl), verglichen wird. Zur Berücksichtigung der drei Planungszeithorizonte bei der Kapazitätsabstimmung der Montage mit dem Absatzbedarf ist eine Differenzierung der Kontrollgrößen Kapazitätsangebot und -bedarf in kurz-, mittel- und langfristige notwendig. Die Darstellung der Kontrollgröße Kapazität kann in Form der Stückzahl oder Montagesstunden pro Periode (Schicht, Tag, Monat oder Jahr) erfolgen. Bei großer Typenvielfalt des Produkts mit sehr unterschiedlichen Montagezeiten ist eine Differenzierung von Kapazitätsbedarf und -angebot nach Typen oder auch die Umrechnung der Stückzahlen in die resultierenden Montagesstunden sinnvoll. Neben der direkten Kontrollgröße Kapazität können noch andere, jedoch nur indirekt wirkende und verwendbare Kontrollgrößen wie Markt- oder Konjunktorentwicklung definiert und zur Beurteilung der mittel- und langfristigen Entwicklung des Soll-Werts der Absatzstückzahl herangezogen werden.

Die Erfassung der Ist-Werte der aktuellen Anlagenkonfiguration kann für die mittel- und langfristige Kapazität der Anlage beispielsweise durch Kumulation der vergangenen Kapazitätswerte des jeweils untergeordneten Zeithorizonts in Verbindung mit einer Hochrechnung auf Basis eines Mittelwerts für Monat und Jahr berechnet werden. Neben den absoluten Kapazitätswerten sollte auch die zugrunde liegende Kapazitätskonfiguration der Anlage notiert werden (z. B. 8 Mitarbeiter, 10 Schichten pro Woche). Die Festlegung der Ist-Werte muss nach jeder Anpassung der Montageanlagenkapazität erneut erfolgen.

BA2 Ermittlung des Kapazitätsbedarfs und Soll-Ist-Vergleich

Entscheidend für ein rechtzeitiges und zielgerichtetes Abstimmen der Montageanlagenkapazität während des Betriebs ist die regelmäßige Ermittlung des Kapazitätsbedarfs (Soll-Wert) für die drei Zeithorizonte sowie der kontinuierliche Abgleich mit dem Kapazitätsangebot durch einen Soll-Ist-Vergleich. In Abhängigkeit der kurz-, mittel- oder langfristigen Kapazitätsabstimmung ergeben sich aufgrund des Ermittlungsaufwands für die Soll-Werte unterschiedliche Zeitabstände für die Datenerfassung und den Soll-Ist-Vergleich, die von kontinuierlich bis periodenbezogen reichen. Als Orientierungshilfe lassen sich folgende Zeitabstände zur Datenerfassung prinzipiell definieren, sie sind jedoch an die firmen- und produktionsspezifischen Randbedingungen der Absatz-, Kapazitäts- und Auftragsplanung anzupassen. Für die kurzfristige Kapazitätsabstimmung ist im Allgemeinen eine tägliche bis wöchentliche Ermittlung der Absatz- bzw. Auftragszahlen sinnvoll. Die Daten hierfür können z. B. auf Basis der wöchentlichen Auftragsplanung erhoben werden. Im Rahmen der mittelfristigen Kapazitätsabstimmung ist eine Datenerfassung alle ein bis zwei Monate denkbar. Basis für diese Planzahlen können die Monatsabsatzplanwerte für die Produktion sein. Für die langfristige Kapazitäts-

5 Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme

abstimmung ist eine Datenermittlung alle 6 bis 12 Monate sinnvoll, die im Rahmen der Halb- oder Ganzjahresabsatzplanung bzw. -kapazitätsplanung erfolgen kann. Die erforderlichen Absatz- bzw. Plandaten für diese Planung werden in der Regel von Vertrieb und Marketing ermittelt und der Produktionsplanung und -steuerung (Disposition) zur Verfügung gestellt.

Die Prognose der Soll-Werte des Absatzes kann, abhängig vom Verfahren (vgl. Kapitel 2.4.5), vor allem im mittel- und langfristigen Zeithorizont eine gewisse Streuung, Ungenauigkeit und damit Unsicherheit aufweisen. Die Ursache kann z. B. die Güte der Datenerfassung, die Art des Auswertungsverfahrens, die Interpretation der Daten oder die Unvorhersagbarkeit der Marktentwicklung sein. Daher ist bei der Vorhersage der Absatzentwicklung (des Kapazitätsbedarfs) im mittel- und langfristigen Zeithorizont die Festlegung eines Prognoseabweichungskorridors (vgl. Kapitel PV4 Punkt 4) mit „worst case“- und „best case“-Werten hilfreich. Tritt beim Soll-Ist-Vergleich von Kapazitätsangebot und -bedarf eine Abweichung auf, so sind zum einen die Ausprägung der Abweichung (Art, Intensität und Dauer der Abweichung sowie Prognosesicherheit und Reaktionszeit bis zum Eintritt der Abweichung) zu erfassen sowie die Ursachen hierfür zu analysieren. Zum anderen sind die kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen auf die Kapazität bzw. eine Abstimmung der Kapazität des Montagesystems zu untersuchen. Dazu sind die Eigenschaften bzw. Kapazitätspotenziale der im aktuellen und zukünftigen Planungsszenario verfügbaren oder geplanten Strategiebausteine heranzuziehen (vgl. Kapitel GP4 und GP5) und in das Soll-Ist-Kapazitätsdiagramm einzutragen (Bild 5-20).

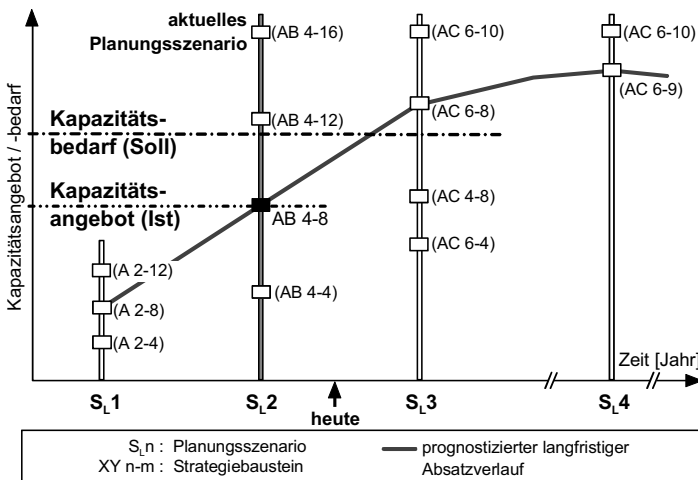


Bild 5-20: Beispielhafte Darstellung von Kapazitätsbedarf, -angebot sowie Kapazitätspotenzialen der Strategien zur langfristigen Kapazitätsabstimmung

Als zusätzliche Kontrollunterstützung können neben dem Soll-Ist-Vergleich auch Warn- und Eingriffsgrenzen auf Basis der Kapazitätspotenziale einzelner, wichtiger Abstimmungsstrategien (Planungsszenarien) definiert werden, um bei Abweichungen des Kapazitätsbedarfs vom Soll-Wert erste Warnungen zu generieren und rechtzeitig eine Abstimmung initiieren zu können. Dies ist vor allem bei langfristigen und großen Kapazitätsbedarfsanpassungen sinnvoll, bei denen die Planung und Umsetzung der Anpassungsmaßnahme eine längere Zeit oder einen hohen Aufwand erfordern.

BA3 Initiierung von Strategien zur Kapazitätsabstimmung

Wurden im kurz-, mittel- oder langfristigen Zeitbereich Abweichungen zwischen dem Kapazitätsangebot der Montage und dem Kapazitätsbedarf am Markt festgestellt, so muss entschieden werden, in welcher Weise auf diese Abweichung reagiert wird. Als Abstimmungsstrategien stehen die im Rahmen der Planungsszenarien erarbeiteten Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung zur Verfügung. Bei der Entscheidung, welche Prinziplösungen aus den vorhandenen Möglichkeiten ausgewählt werden, müssen folgende Aspekte fallspezifisch berücksichtigt werden:

- Ursache der Abweichung
- Ausprägung der Abweichung
- Markt-, Branchen- und Konjunktorentwicklung
- Auswirkungen auf die Montageanlage (Verfügbarkeit, Kosten etc.)
- Relevanter Zeitbereich der Kapazitätsabstimmung
- Mögliche Prinziplösungen (Strategiebausteine) zur Kapazitätsabstimmung

Zudem sollte die Auswahl der Abstimmungsstrategien immer in Abstimmung mit den geplanten und notwendigen kurz-, mittel- und langfristigen Kapazitätsanpassungen der Montageanlage erfolgen. Als Folge der Auswahl einer Abstimmungsstrategie ist ein Rücksprung in die jeweils notwendige Phase dieser Vorgehensweise zur Planung und Umsetzung des Strategiebausteins bzw. der Prinziplösung notwendig.

Eine allgemeingültige Orientierungshilfe bzw. einen Leitfaden mit grundlegenden Reaktionsmaßnahmen zur Kapazitätsabstimmung bei Abweichungen von Kapazitätsangebot und -nachfrage für den kurz-, mittel- und langfristigen Zeithorizont stellen nachfolgend beschriebene fünf alternative Vorgehensweisen dar:

- 1.) Keine Abstimmung der Kapazität der Montageanlage
- 2.) Abstimmung der Montagekapazität im Rahmen der vorgesehenen Prinziplösungen des aktuellen Planungsszenarios
- 3.) Abstimmung der Montagekapazität im Rahmen aller Prinziplösungen der ausgewählten Wandlungsstrategie

- 4.) Abstimmung der Montagekapazität durch Auswahl und Umsetzung von Prinziplösungen anderer Wandlungsstrategien
- 5.) Abstimmung der Montagekapazität durch Auswahl und Entwicklung neuer Strategiebausteine und Prinziplösungen im Rahmen einer neuen Wandlungsstrategie

Vorgehensweise 1:

Trotz einer Abweichung von Kapazitätsangebot und -bedarf wird keine Maßnahme zur Abstimmung der Montagekapazität initiiert. Damit wird seitens der Montage nicht auf die Bedürfnisse des Markts reagiert, mit der Folge von Über- oder Unterkapazität der Montageanlage und den resultierenden Auswirkungen.

Vorgehensweise 2:

Zur Abstimmung von Kapazitätsangebot und -bedarf werden ausschließlich die im Rahmen dieses Planungsszenarios vorgesehenen bzw. geplanten Strategiebausteine/Prinziplösungen eingesetzt. Liegt die Kapazitätsveränderung bzw. -abweichung außerhalb des mit dem aktuellen Planungsszenario realisierbaren Kapazitätsbereichs, so kann für den nicht realisierbaren Teil der Kapazitätsveränderung darüber hinaus Vorgehensweise 1 oder 3 angewandt werden. Zur Umsetzung dieser Vorgehensweise ist ein Rücksprung in die Feinplanungs- oder Realisierungsphase notwendig.

Vorgehensweise 3:

Liegt der Kapazitätsbedarf ober- oder unterhalb des Kapazitätsangebots, das mit den Prinziplösungen des aktuellen Planungsszenarios realisiert werden kann, so wird die Abstimmung der Kapazität mittels der Prinziplösungen (Strategien) eines anderen Planungsszenarios im Rahmen der ausgewählten Wandlungsstrategie realisiert, das diese Anforderungen erfüllt. Dabei können Planungsszenarien vor- oder rückwärts übersprungen oder Zwischenszenarien eingeführt werden. Hierfür ist ein Rücksprung in die Grobplanungsphase 3 erforderlich. Beim Einsatz nicht reversibler Strategiebausteine/Prinziplösungen im Folgeszenario ist eine hohe Sicherheit der Absatzprognose erforderlich. Falls keine anderen Planungsszenarien festgelegt wurden, ist Vorgehensweise 4 anzuwenden.

Vorgehensweise 4:

Treten große Abweichungen zwischen der aktuellen und der geplanten Absatzentwicklung, für die eine Wandlungsstrategie zur Kapazitätsabstimmung der Montageanlage entwickelt wurde, auf und ist die Kapazitätsabweichung mittels der vorgesehenen Prinziplösungen der aktuellen Wandlungsstrategie nicht abstimmbare, so kann auf andere Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung im Rahmen des entwickelten Prinziplösungsplans zurückgegriffen werden. Hierzu ist ein Rücksprung in die Phase 3 (GP4 und 5) notwendig, wo passende, bereits grob konzipierte Prinziplösungen anderer Wandlungsstrategien ausgewählt, geplant und umgesetzt werden können. Diese Vorgehensweise erfordert eine hohe Sicherheit der Absatzprognosewerte.

Vorgehensweise 5:

Ergibt sich eine grundlegende Änderung der Absatzentwicklung und stehen dafür zur Abstimmung der Anlagenkapazität keine geeigneten, im Rahmen des Prinziplösungsplans entwickelten Strategiebausteine zur Verfügung, so muss in die Flexibilitätsplanungsphase 2 zurückgekehrt werden. Dort sind neue Planungsszenarien zu definieren, situationsgerechtere Strategiebausteine auszuwählen, neue Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung zu konzipieren und eine neue Wandlungsstrategie zu entwickeln. Diese Vorgehensweise erfordert eine sehr hohe Sicherheit der Absatzprognose.

5.8 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde eine Methode zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme entwickelt. Diese basiert in ihrer Grundstruktur auf in der Literatur beschriebenen Planungsvorgehensweisen für Montageanlagen. Erweitert wurde die Planungsvorgehensweise dabei um den wichtigen Aspekt der kurz-, mittel- und langfristigen Abstimmbarkeit der Kapazität der Montageanlage mit dem Absatzbedarf. Diese Weiterentwicklung spiegelt sich zum einen in den Phasen Planungsvorbereitung, Grobplanung und Betrieb wider, in die sowohl neue als auch erweiterte Planungsschritte integriert wurden. Zum anderen wurde in die Vorgehensweise eine völlig neue Flexibilitätsplanungsphase integriert.

Eine besonders wichtige Aufgabe in der *Phase der Planungsvorbereitung* stellen die Ermittlung, Analyse und Aufbereitung der wichtigsten Planungsdaten zur Gestaltung einer stückzahlflexiblen Montageanlage dar. Diese Phase fokussiert vor allem auf eine detaillierte und ganzheitliche Betrachtung und Analyse des lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens des Produkts unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Absatzprognose, die zur Ableitung der Anforderungen an die Kapazitätsflexibilität der Montageanlage herangezogen wird.

Wesentlicher Inhalt der neuen *Phase der Flexibilitätsplanung* ist die Festlegung von Planungsszenarien, in denen die erforderliche Kapazität der Montageanlage in Bezug auf das kurz-, mittel- und langfristige Absatzverhalten des Produkts definiert wird. Für die Realisierung dieser Planungsszenarien werden geeignete Strategiebausteine zur Veränderung der Montagekapazität aus dem in Kapitel 4 entwickelten Strategienkatalog ausgewählt. Auf Basis dieser Planungsgrundlagen ist es möglich, prinzipielle Wandlungsstrategien zur Kapazitätsabstimmung der Montage zu entwickeln.

In der folgenden *Grobplanungsphase* werden die Aspekte der Kapazitätsflexibilität der Montageanlage in Bezug auf die Organisationsform bzw. Anlagenstruktur berücksichtigt. Dazu werden auf Basis der prinzipiellen Wandlungsstrategien mittels der Strategiebausteine für jedes Planungsszenario der drei Zeithorizonte alternative Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung der Montageanlage entwickelt. Darauf aufbauend, kann in Abhängigkeit von dem

zu berücksichtigenden Planungshorizont eine konkrete Wandlungsstrategie für das Montagesystem zur Kapazitätsabstimmung mit dem Absatzverlauf ausgewählt werden. Die einsatzrelevanten Prinziplösungen werden anschließend in Form von Groblayouts ausgearbeitet.

In den *Phasen Feinplanung, Realisierung und Einführung des Montagesystems* sind keine wesentlichen neuen oder abgeänderten Planungsschritte in Bezug auf die Gestaltung stückzahlflexibler Montagesysteme erforderlich. Es erfolgt dabei die Konkretisierung der Maßnahmen zur Umsetzung der Anpassungsstrategien der Montage.

In der *Phase Systembetrieb und -abstimmung* wurden zusätzliche Arbeitsschritte integriert, die eine rechtzeitige Abstimmung der Kapazität der Montageanlage mit den aktuellen und zukünftigen Absatzzahlen des Produkts mittels der festgelegten oder neu definierten, situationsgerechteren Wandlungsstrategien ermöglichen. Dazu ist ein kontinuierlicher Soll-Ist-Vergleich des kurz-, mittel- und langfristigen Absatzverlaufs des Produkts mit dem entsprechenden Kapazitätsangebot der Montageanlage notwendig. Bei Abweichungen von Kapazitätsbedarf und -angebot wird, abhängig von der Ursache und Ausprägung der Abweichung, eine adäquate Reaktion zur Anpassung des Kapazitätsangebots ausgewählt und umgesetzt.

6 Anwendungsbeispiel

In Kapitel 6 wird am Beispiel der Konzeption eines Montagesystems für Pkw-Schiebedachsysteme [REINHART U. A. 1999A; REINHART U. A. 1999B] exemplarisch die Anwendung der Vorgehensweise zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme aufgezeigt. Dabei werden die Ergebnisse der wesentlichen Planungsschritte und verwendeten Methoden jeder Planungsphase kurz beschrieben. Abschließend werden die während der Betriebsphase bestehenden Möglichkeiten zur Kapazitätsabstimmung der Montageanlage dargestellt.

6.1 Phase 1: Planungsvorbereitung

Planungsanstoß (PV1)

Im Rahmen einer Pkw-Neuentwicklung eines Automobilherstellers wurde an einen Pkw-Zulieferer für Schiebedachsysteme der Auftrag zur Neuentwicklung und Produktion eines Pkw-Schiebedachs vergeben. Das zu entwickelnde Schiebedach stellt eine Sonderausstattung des Pkws dar und wird Just-In-Time (JIT) am Pkw-Montageband angeliefert. Aufgrund dieser Randbedingungen ist mit stark schwankenden und vor allem auch kurzfristigen Änderungen der Abrufstückzahlen durch den Automobilhersteller zu rechnen. Die Entwicklung des Schiebedachs und der Montageanlage erfolgt in Eigenverantwortung des Systemlieferanten unter Vorgabe von Anforderungen, die in einem Pflichtenheft enthalten sind. Für das Projekt wurde ein Simultaneous Engineering Team aus Entwicklung, Fertigungsplanung, Logistik, Qualität, Disposition und Einkauf aufgestellt. Aufgabe dieses Teilprojekts war es, parallel zur Produktentwicklung ein Montagesystem zu entwickeln, das zum einen eine reaktionsschnelle und wirtschaftliche Abstimmung der Montagekapazität mit den Abrufstückzahlen des Automobilherstellers ermöglicht und zum anderen eine hohe Verfügbarkeit (Lieferfähigkeit) hat.

Analyse von Produkt, Produktion und Schwachstellen (PV2/3)

Das Pkw-Schiebedach ist eine neuartige Leichtbauweise in Baukastenform und besteht in der Endmontage aus 30 Bauteilen/-gruppen. Die wesentlichen Bauteile sind Rahmen, Glasdeckel mit Ausstellmechanik, Sonnenschutz, Wasserrinne, Abdeckung, Keder, Motorträger mit Antriebswelle sowie die Rahmenendstücke (Bild 6-1). Der Rahmen setzt sich aus Vorderteil, zwei Führungsschienen, Querstrebe und Motorträger zusammen. Die Verbindung des Rahmens erfolgt durch die Fügeprozesse Toxen und Kaltstauchen. Am Glasdach werden seitlich die Kulissen angeschraubt und die Führungen mit Antriebskabel eingehängt. Die Abdeckung wird auf den Rahmen geschraubt und der Elektroantrieb an den Motorträger. Die restlichen Fügeprozesse sind Kleben (Abdichten der Rahmenteile), Stecken, Pressen und Schnappen. Das Schiebedach wird in wenigen, nicht montageprozessrelevanten Varianten montiert. Diese

resultieren aus 7 verschiedenen Sonnenschutzfarben sowie zwei Antriebsarten (manuell und elektrisch). Etwa 25% der Dächer sollen mit Elektroantrieb ausgestattet werden.

Die Analyse der Produktion des Systemlieferanten ergab, dass die Fertigungstiefe sehr gering ist und die Kernkompetenzen die Montage der Schiebedachsysteme sowie die Vorfertigung des umschäumten Glasdeckels und des Sonnenschutzes sind. Teilweise werden Baugruppen (z. B. Führung) an Vormontearbeitsplätzen montiert, die zugleich als Mitarbeiterausgleichspool für die Montagesysteme dienen. Die meisten Montagesysteme sind lange, teilautomatisierte Montagelinien aus Doppelgurt-Transferbändern mit integrierten manuellen, teil- und vollautomatisierten Arbeitsstationen. Bedingt durch die JIT-Belieferung und die hohen Qualitätsanforderungen des Automobilherstellers, wird seitens des Systemlieferanten eine hohe Lieferfähigkeit gefordert, die eine hohe Anlagenverfügbarkeit und Produktqualität bedingen. Ein Lager mit Schiebedächern existiert aufgrund des großen Platzbedarfs sowie der notwendigen hohen Anzahl an Transportbehältern nicht. Als Sicherheitsbestand wird lediglich eine Tagesproduktionsmenge in der Fertigung vorgehalten.

Die bisher eingesetzten Montageanlagen, insbesondere beim Vorgängerprodukt, sind aus technischer und personeller Sicht für eine kurzfristige und hohe Änderung der Montagekapazität zu unflexibel. Daher wurde die Kapazitätsveränderung bisher hauptsächlich durch Schichtmodelle und -verlängerung realisiert. Hierzu steht ein sehr flexibles Arbeitszeitmodell mit verschiedenen Schichtmodellen, flexibler Arbeitszeit sowie Jahresarbeitszeitkonten zur Verfügung (vgl. Kapitel 6.3). Die Mitarbeiter in der Produktion sind überwiegend hoch qualifiziert und können in unterschiedlichen Montagesystemen eingesetzt werden.

Analyse der Produkt-Markt-Kombinationen (PV4)

Eine sichere Prognose und damit genaue Planung der lang-, mittel- und kurzfristigen Verkaufs- oder Produktionsstückzahlen des Schiebedachs ist seitens des Pkw-Herstellers nur bedingt möglich. Grund dafür ist zum einen die Absatzmenge des Schiebedachs, die abhängig vom Markterfolg des neuen Pkw-Modells ist, der zum hart umkämpften Marktsegment der

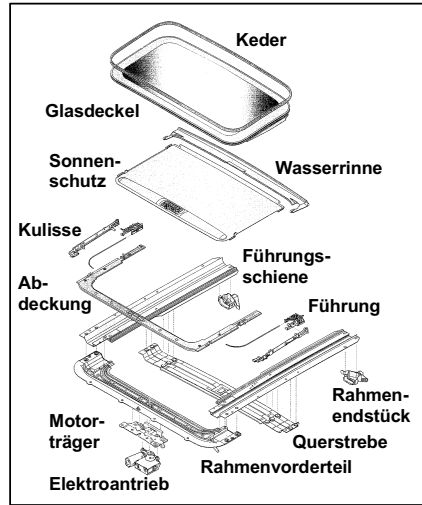


Bild 6-1: *Produktaufbau des Pkw-Schiebedachsystems*

„Golf-Klasse“ zählt. Dieses ist gekennzeichnet durch eine Marktsättigung (Ersatzbedarf) mit der Folge von Verdrängungswettbewerb. Zum anderen handelt es sich bei dem Schiebedachsystem um eine Sonderausstattung des Pkws mit der Unsicherheit, wie viel Prozent der Pkw-Käufer sich letztendlich dafür entscheiden. Aufgrund des aktuellen Trends zum Einbau einer Klimaanlage anstelle eines Schiebedachs ist zudem mit rückgängigen Produktionsstückzahlen zu rechnen. Da die Bestellung von Schiebedächern im Pkw unter anderem auch sehr stark vom Jahreszeitpunkt des Pkw-Kaufs bzw. der Lieferung abhängt, entstehen zusätzliche saisonale Nachfrageschwankungen.

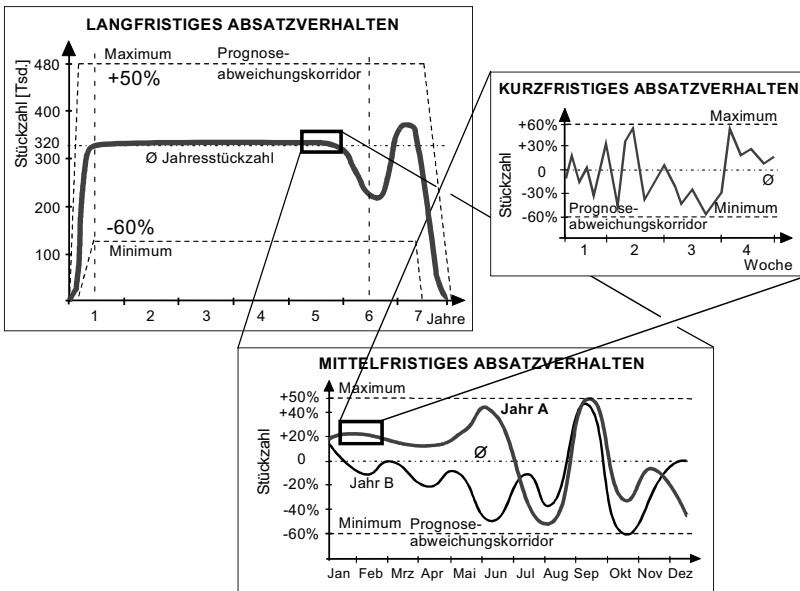


Bild 6-2: Prognostiziertes lang-, mittel- und kurzfristiges Absatzverhalten des Schiebedachs inkl. Prognoseabweichungskorridor

Die Planung der lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzstückzahlen (Bild 6-2) für das Schiebedachsystem erfolgte auf Basis langjähriger Erfahrungen der Modellreihen des Pkw-Herstellers und insbesondere des Vorgängermodells. Die Dauer des Produktlebenszyklus des Pkw-Modells und damit des Schiebedachs wurde mit ca. 7 Jahren angenommen. Die Absatzzahl wurde über den gesamten Lebenszyklus (mit Ausnahme der Auslaufphase) relativ konstant mit durchschnittlich 320.000 Stück pro Jahr prognostiziert (Bild 6-2). Die Jahresstückzahl verteilt sich in etwa gleich auf die 7 Sonnenschutzfarben und 25% der Schiebedächer

sollen mit Elektroantrieb geliefert werden. Die Einführungs- und Wachstumsphase ist mit 3 Monaten sehr kurz, d. h. die gesamte Montagekapazität und Kapazitätsflexibilität muss unmittelbar nach Produktionsstart zur Verfügung stehen. Die Reife- und Sättigungsphase fällt mit einer Dauer von ca. 6 Jahren eher lang aus. Die Kapazität ist in diesem Zeitraum konstant. Die Auslaufphase des Produkts ist mit ca. 1,5 Jahren eher kurz und die Absatzzahlen weisen wegen des Verkaufs von Pkw-Sondermodellen mit serienmäßiger Schiebedachausstattung gegen Ende der Lebenszykluskurve nach einem ersten Rückgang um ca. 30% nochmals einen markanten Anstieg auf, bevor sie dann letztendlich wieder abfallen. Aufgrund der Unsicherheit des Markterfolgs des Pkws sowie des Käuferverhaltens zum Kauf eines Schiebedachs wurde ein sehr großer Prognoseabweichungskorridor mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit für die Produktionsstückzahlen festgelegt. Dieser reicht von 125.000 bis 480.000 Schiebedächern pro Jahr (Bild 6-2). Die Produktionsstückzahlen können sich somit innerhalb eines Korridors von -60% bis +50% vom geplanten Jahresdurchschnitt ändern.

Die Unsicherheit des Markterfolgs und insbesondere das nicht planbare Käuferverhalten bei Sonderausstattungen spiegelt sich auch in den geplanten mittelfristigen (monatlichen) und kurzfristigen (wöchentlichen/täglichen) Produktionsstückzahlen wider. So erfolgte die Prognose auch hierfür auf Basis der Absatzverläufe des Vorgängerschiebedachs (ebenfalls Sonderausstattung). Diese waren jeweils gekennzeichnet durch antizyklische, unregelmäßige und extreme Schwankungen der Abrufstückzahlen, die monatlich, wöchentlich und täglich zwischen -60% bis +50% vom jeweiligen Durchschnittswert lagen (Bild 6-2). Es wurde aber erkannt, dass der monatliche Stückzahlverlauf über das Jahr hinweg von Januar bis Mai um den Jahresmittelwert schwankt und bis auf das Hoch im September und die beiden Tiefs im August (Urlaubszeit) und Oktober keine weiteren Merkmale oder andere wiederkehrende Verlaufsausprägungen aufweist. Die monatlichen Absatzschwankungen treten in dieser Ausprägung zudem in jedem Jahr des Produktlebenszyklus auf und die kurzfristigen, wöchentlichen und täglichen Absatzschwankungen in ähnlicher Ausprägung in jedem Monat bzw. jeder Woche des Jahres. Die durchschnittliche geplante Montagekapazität beträgt 27.000 Stück pro Monat und 7.000 Stück pro Woche und kann tägliche Stückzahlschwankungen von 500 bis 2.100 Stück pro Tag aufweisen. Um der Unsicherheit der Vorhersage des Absatzverlaufs Rechnung zu tragen, wurde für den geplanten mittel- und kurzfristigen Stückzahlverlauf ein entsprechender Prognoseabweichungskorridor festgelegt, innerhalb dessen die Absatzzahlen von -60% bis +50% bzw. +60% vom Durchschnittswert schwanken können (Bild 6-2).

Auf Basis der Prognose der Ausprägung und des Verlaufs der Abrufstückzahlen des Schiebedachs wurden die lang-, mittel- und kurzfristigen Anforderungen an die Kapazitätsabstimmung der Montageanlage abgeleitet (Bild 6-3). Die Montagekapazität wird als Basis auf den Durchschnittswert der lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzmenge ausgelegt, wobei eine Kapazitätsflexibilität in der Höhe des Prognoseabweichungskorridors bzw. der Änderungen und Schwankungen der Absatzzahlen vorgesehen wird. Bezüglich des langfristigen Absatz-

verlaufs besteht somit im Wesentlichen die Anforderung, dass die Anlagenkapazität mit einer langsamen bis sehr langsamen Reaktionsgeschwindigkeit mit hohem Betrag veränderbar sein muss (Bild 6-3). Die Abstimmung muss ferner mit mittelfristigem Zeithorizont möglich und zudem reversibel sein. Eine entsprechende kurzfristige Anpassung muss in der Einführungs- und Wachstumsphase möglich sein. Die Anforderungen im mittelfristigen Absatzverlauf sind geprägt durch kleine bis hohe Kapazitätsveränderungen aufgrund der Schwankungen, die reversibel sein müssen und mit einer langsamen Reaktionsgeschwindigkeit erfolgen können (Bild 6-3). Für die kurzfristige Kapazitätsanpassung sind ebenfalls kleine bis hohe Kapazitätschwankungen reversibel zu realisieren, die eine sehr schnelle bis schnelle Reaktionsgeschwindigkeit erfordern (Bild 6-3). Zusammenfassend kann als Anforderung abgeleitet werden, dass eine hohe, reversible Kapazitätsveränderung der Montageanlage mit einer langsamen, aber auch sehr schnellen Reaktionsgeschwindigkeit erforderlich ist. Zudem ist die Prognosesicherheit der Absatzveränderung für den mittel- und kurzfristigen Zeithorizont gering.

		Produktlebenszyklusphasen			
		Einführung und Wachstum	Reife u. Sättigung	Auslauf	
Fristigkeit	langfristig	Höhe der Abstimmung	sehr hoch	klein - hoch	mittel - hoch
		Fristigkeit	kurzfristig	mittelfristig	mittelfristig
		Reaktionsgeschwindigkeit	schnell - langsam	- / sehr langsam	sehr langsam
		Reversibilität	nein	ja	ja
		Prognosesicherheit	hoch	gering	mittel - hoch
Fristigkeit	mittelfristig	Höhe der Abstimmung		klein - hoch	
		Fristigkeit		mittelfristig	
		Reaktionsgeschwindigkeit		langsam	
		Reversibilität		ja	
		Prognosesicherheit		gering	
Fristigkeit	kurzfristig	Höhe der Abstimmung		klein - hoch	
		Fristigkeit		kurzfristig	
		Reaktionsgeschwindigkeit		sehr schnell - schnell	
		Reversibilität		ja	
		Prognosesicherheit		gering	

Bild 6-3: Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montageanlage unter Berücksichtigung des Prognoseabweichungskorridors

Festlegung der Planungsziele (PV5)

Im Rahmen der Definition der Planungsziele wurde eine Konkretisierung der strategischen und anlagenspezifischen Ziele in Bezug auf die Stückzahlflexibilität der Montage vorgenommen. Als strategische Ziele wurden vor allem die hohe Lieferfähigkeit der Montage sowie eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit und Kapazitätsflexibilität in Bezug auf alle Veränderungen der Abruflstückzahlen genannt. Bei den anlagenspezifischen Zielen wurde eine einfache und vielschichtige Anpassbarkeit der Montagekapazität definiert. Ferner muss der gesamte lang-,

mittel- und kurzfristige Stückzahlbereich mit der erforderlichen Reaktionsgeschwindigkeit bei der Kapazitätsabstimmung abgedeckt werden können. Vorzugsweise sollen organisatorische und personelle Strategiebausteine eingesetzt werden, technische Strategiebausteine nur dann, wenn damit eine gleichbleibend hohe Anlagenverfügbarkeit gewährleistet werden kann. Dies stellt eine wichtige allgemeine Anforderung dar, da durch Lieferverzögerungen oder fehlerhaft montierte Schiebedächer für den Systemlieferanten erhebliche Folgekosten entstehen. Die Veränderung der Montagekapazität darf zudem keinen hohen Investitionsaufwand insbesondere zur Flexibilisierung der Montagetechnik erfordern. Ferner soll eine wirtschaftliche Montage in allen Betriebspunkten der Anlage erreicht werden. Als weiteres anlagenspezifisches Planungsziel wurde eine einfache Materialversorgung der Linie definiert, da die meisten Bauteile großvolumig sind und somit eine hohe Umschlaghäufigkeit an der Linie aufweisen.

6.2 Phase 2: Flexibilitätsplanung

Bestimmung von Planungsszenarien (FL1)

Die Bestimmung der Planungsszenarien erfolgte für den lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverlauf des Produkts jeweils getrennt. Für den langfristigen Absatzverlauf wurden 5 Planungsszenarien definiert (Bild 6-4). Planungsszenario 1 (LS1) wird im ersten Jahr für die Einführungs- und Wachstumsphase festgelegt und hat als Plankapazität das Minimum des Abweichungskorridors mit 125.000 Stück. Planungsszenario 2 (LS2), mit der Jahresdurchschnittsstückzahl von 320.000 als Plankapazität, wird für den Beginn der Reife- und Sättigungsphase definiert und stellt für diese beiden Phasen das Hauptplanungsszenario dar. Parallel dazu, jedoch ohne eine Zuordnung zu einem festen Eintrittszeitpunkt in diesen Phasen, werden die Planungsszenarien 3 und 4 (LS3, LS4) definiert, die als Plankapazität die obere und untere Grenze des Stückzahlbereichs mit 480.000 und 125.000 Stück zugewiesen bekommen. Da keine definierten Eintrittszeitpunkte der drei Planungsszenarien bestimmt werden können, deren Eintritt jedoch als wahrscheinlich prognostiziert wurde, werden sie als Parallelszenarien definiert. Für die Auslaufphase des Produkts wird Planungsszenario 5 (LS5) festgelegt, das die gleichen Parameter wie Planungsszenario 1 aufweist.

Für den mittelfristigen Absatzverlauf wurden aus gleichem Grund wie bei den langfristigen Szenarien drei parallel gültige Planungsszenarien definiert (Bild 6-4). Szenario 1 (MS1) hat als Plankapazität den Monatsdurchschnittswert von 27.000 Stück und stellt das Hauptplanungsszenario für das gesamte Jahr mit Ausnahme der Monate mit den Absatzextremwerten dar. Parallel dazu werden die beiden Planungsszenarien MS2 und MS3 mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit für die Extremwerte des Absatzes mit einer Plankapazität von +50% (40.000 Stück) und -60% (11.000 Stück) vom monatlichen Durchschnittswert festgelegt. Für

den kurzfristigen Absatzverlauf wurden analog zu den mittelfristigen Planungsszenarien drei parallel gültige Szenarien, KS1, KS2 und KS3, ohne definierten Eintrittszeitpunkt festgelegt (Bild 6-4). Die Plankapazität der Szenarien wurde mit dem wöchentlichen/täglichen Durchschnittswert (KS1) sowie der Abweichung von +50% (KS2) und -60% (KS3) definiert.

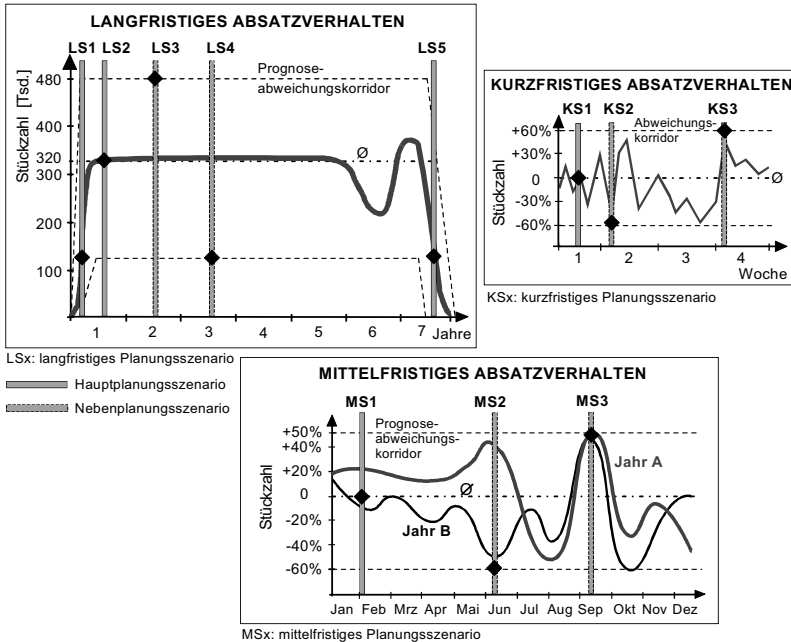


Bild 6-4: Festgelegte Planungsszenarien für die lang-, mittel- und kurzfristige Kapazitätsanpassung der Montageanlage

Auswahl von Strategiebausteinen zur Kapazitätsabstimmung (FL2)

Auf Basis der bisherigen Planungsergebnisse wurden aus dem Katalog mehrere Strategiebausteine mit unterschiedlicher Eignung zur Realisierung der Kapazitätsveränderungen der lang-, mittel- und kurzfristigen Planungsszenarien nach dem 2-stufigen Selektionsverfahren ausgewählt (Bild 6-5). Zur Abstimmung der Kapazität der Montage wurden zum einen organisatorische Strategiebausteine wie die Variation des Schichtmodells (1 bis 3 Schichten) oder der Einsatz von Samstagarbeit ausgewählt. Zum anderen sollen aber auch personelle Strategiebausteine wie die Veränderung der Mitarbeiteranzahl im System in Verbindung mit Überkapazität an Arbeitsplätzen eingesetzt werden. Die Verwendung eines Nebenmontagesystems

6 Anwendungsbeispiel

ist zur mittel- und langfristigen Kapazitätsabstimmung geeignet, wird aber wegen prozesstechnischer Anforderungen und mangelnder Wirtschaftlichkeit nicht realisierbar sein. Zur kurz- und mittelfristigen Kapazitätsabstimmung wurde zudem der Strategiebaustein der Variation der täglichen Schichtarbeitszeit um ± 1 Stunde, bei Jahresarbeitszeitkonten von ± 100 Stunden ausgewählt. In Ausnahmefällen soll auch mittels der Strategie Lagerhaltung das Puffern von Schiebedächern für 1 bis 2 Tage eingesetzt werden, um dadurch kurzfristige, tägliche Stückzahlsschwankungen zu kompensieren. Technische Strategiebausteine, wie der Einsatz paralleler Hauptsysteme oder eine Überkapazität an Betriebsmitteln, sind im zweiten Schritt des Selektionsverfahrens ausgeschlossen, da aufgrund technischer Anforderungen Prozesse wie Toxen oder Kaltstauchen automatisiert erfolgen müssen. Ein Duplizieren der Anlage oder nur dieser Stationen ist nicht wirtschaftlich. Die Strategiebausteine Veränderung der Mitarbeiterzahl und Überkapazität an Arbeitsplätzen wurden zu einer Strategie zusammengefasst.

Nr.:	Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung	Einsatzbereich	Erfüllungsgrad der Anforderungen	Priorisierung für Einsatz
OS1A	Variation der täglichen Arbeitszeiten	M / K	2 / 1	B / A
OS1B	Variation der Schichtarbeit	L / M / K	1 / 1 / 1	A / A / A
OS1C1	Einsatz von Samstagsarbeit	L / M / K	2 / 2 / 1	B / A / A
OS3	Lagerhaltung	K	3	B
TS1A	Überkapazität an Arbeitsplätzen	L / M / K	1 / 1 / 1	A / A / A
PS1	Veränderung der Mitarbeiteranzahl	L / M / K	1 / 1 / 1	A / A / A

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend
L = langfristig; M = mittelfristig; K = kurzfristig

A = 1. Wahl; B = 2. Wahl; C = 3. Wahl

Bild 6-5: Ausgewählte Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung der Montage

Entwicklung prinzipieller Wandlungsstrategien (FL3)

Auf Basis der ausgewählten Strategiebausteine wurden für die definierten lang-, mittel- und kurzfristigen Planungsszenarien prinzipielle Wandlungsstrategien (Bild 6-6) entwickelt. Bei den Planungsszenarien des langfristigen Absatzverhaltens wurde das Szenario LS2 als Basis gesetzt und einerseits die Kapazitätsreduzierung durch die Szenarien LS1, 4 und 5 und andererseits die Kapazitätserhöhung durch Szenario LS3 berücksichtigt, da diese die beiden resultierenden Kapazitätsveränderungen darstellen. Die ersten beiden langfristigen prinzipiellen Wandlungsstrategien (LWSI und LWSII) beinhalten den ausschließlichen Einsatz einer Strategieart: zum einen bei LWSI die Veränderung der Mitarbeiteranzahl (PS1) im System (5 bis 17 Mitarbeiter) bei konstanter Schichtanzahl (2 Schichten pro Tag) in Verbindung mit dem notwendigen Folgestrategiebaustein TS1A, zum anderen bei LWSII der Strategiebaustein Veränderung des Schichtmodells (OS1B) in Verbindung mit dem Strategiebaustein Samstagsarbeit (OS1C1). Dadurch besteht die Möglichkeit, die Montage 1 bis 6 Arbeitstage pro Woche

mit 1 bis 3 Schichten zu betreiben. Die dritte Schicht soll aufgrund der hohen Lohnkosten für Nachtzuschlag nur im äußersten Bedarfsfall eingesetzt werden. Als dritte prinzipielle Wandlungsstrategie (LWSIII) besteht die Möglichkeit, die drei Strategiearten in ihrer gesamten Variationsbreite kombiniert einzusetzen. Daraus ergeben sich eine große Anzahl vielfältiger und feinstufiger Möglichkeiten zur Kapazitätsveränderung.

Bei den Planungsszenarien des mittel-/kurzfristigen Absatzverhaltens wurden die Szenarien MS1/KS1 als Basis definiert und die Kapazitätsreduzierung und -erhöhung durch die Szenarien MS2/KS2 und MS3/KS3 berücksichtigt (Bild 6-6). Wie beim langfristigen Absatzverhalten bestehen auch für die mittel- und kurzfristigen Planungsszenarien die gleichen Möglichkeiten der drei prinzipiellen Wandlungsstrategien (MWSI, II, III / KWSI, II, III) und in Bezug auf die ausschließliche und kombinierte Anwendung der Strategiebausteine Veränderung des Schichtmodells (OS1B) und Veränderung der Mitarbeiteranzahl (PS1) inklusive der jeweiligen zuvor dargestellten Folgestrategiebausteine. Bei den kurzfristigen Planungsszenarien werden jedoch im Rahmen der prinzipiellen Wandlungsstrategie KWSIII „Kombination der Strategiebausteinearten“ jetzt erstmals auch die Strategiebausteine Arbeitszeitmodelle (OS1A) und Lagerhaltung (OS3) berücksichtigt. Sie dienen dabei als zusätzliche Strategien zur Feinabstimmung der Kapazität im Rahmen der großen Kapazitätsabstimmungsstufen durch Schichtmodelle oder Mitarbeiteranzahlveränderung. Die prinzipiellen Wandlungsstrategien des kombinierten Strategiebausteineinsatzes wurden bei den kurz-, mittel- und langfristigen Planungsszenarien favorisiert, da sie vielfältigere und feinstufigere Kapazitätsveränderungsmöglichkeiten bieten.

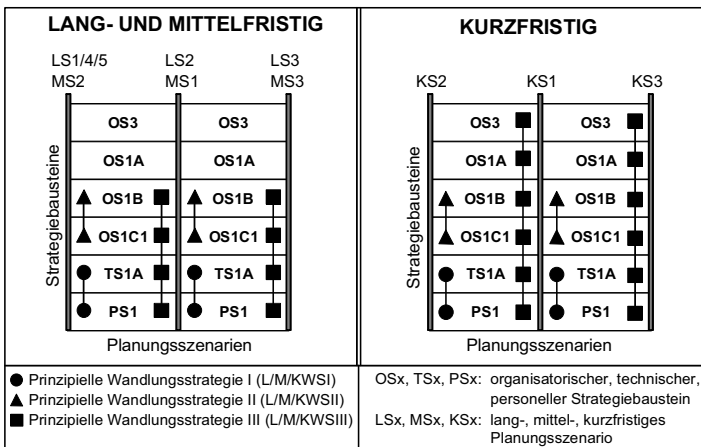


Bild 6-6: Lang-, mittel- und kurzfristige prinzipielle Wandlungsstrategien

6.3 Phase 3: Grobplanung

Produktanalyse und Montageablaufstruktur ermitteln (GP1 bis GP3)

Die Ergebnisse der Arbeitspunkte GP1, GP2 und GP3 werden im Folgenden nicht einzeln beschrieben, sondern es wird lediglich auf die variable Montageablaufstruktur eingegangen. Basis für die Konzeption effizienter Anlagenstrukturen mit unterschiedlicher Personalstärke ist ein variabler Montagevorranggraph. Dieser besteht beim Schiebedach aus dem Basismontageobjekt Rahmen, in das alle anderen Bauteile nacheinander gefügt werden. Dadurch kann der Montageablauf in Verrichtungen mit fixem (Rahmenvorderteil, Rahmen, Glasdeckel, Abdeckung, Verschraubung, Prüfung und Verpackung) sowie innerhalb eines definierten Zeitbereichs variablem Montagezeitpunkt und damit hohem Montagefreiheitsgrad (Sonnenschutz, Wasserrinne, Keder, Antrieb, Endstücke) aufgeteilt werden (siehe Anhang A5.1). Der Vorteil einer modularen und flexiblen Montageablaufstruktur besteht in der leichteren Erstellung von Montageaustaktungen mit unterschiedlicher Arbeitsplatzzahl (Personalstärke).

Entwicklung von Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung und Auswahl einer Wandlungsstrategie (GP4 und GP5)

Die Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung wurden auf Basis der lang-, mittel- und kurzfristigen prinzipiellen Wandlungsstrategien III (L/M/K-WSIII) entwickelt, da diese die erforderlichen vielfältigen Möglichkeiten zur Kapazitätsveränderung bieten. Im ersten Schritt wurden zur lang- und mittelfristigen Kapazitätsabstimmung prinzipielle Montagesystemabtaktungen mit unterschiedlicher Mitarbeiteranzahl erstellt. Mögliche Anlagenabtaktungen ergaben sich für 6, 7, 11, 15 und 17 Mitarbeiter. Die Abtaktungen mit 6, 15 und 17 Mitarbeitern haben aufgrund von höheren Taktverlusten eine um 10% bis 15% geringere Ausbringung pro Mitarbeiter als die Abtaktungen mit 7 oder 11 Mitarbeitern.

Im zweiten Schritt wurden für die unterschiedlichen Anlagenabtaktungen variable Schichtmodelle angewandt. Dies kann wie folgt aussehen: LS1/LS4/LS5/MS2 mit 0-5 Schichten pro Woche \Leftrightarrow 6-10 Schichten pro Woche (2-schichtig) \Leftrightarrow LS2/MS1 \Leftrightarrow 11-12 Schichten pro Woche (2-schichtig inkl. Samstagsarbeit) \Leftrightarrow 13-18 Schichten pro Woche (3-schichtig inkl. Samstagsarbeit) \Leftrightarrow LS3/MS3. Aufgrund der höheren Personalkosten in der dritten Wochenschicht, im Gegensatz zur ersten und zweiten Samstagsschicht, sollte diese Lösung immer als letzte eingesetzt werden. Der kombinierte Einsatz der Veränderung von Schichtmodell und Mitarbeiteranzahl ergibt eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten (Bild 6-7), die den gesamten Stückzahlbereich abdecken und den Einsatz von Zwischenszenarien ermöglichen.

Die entwickelten Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung für die kurzfristigen Planungsszenarien sind analog zu denen der mittel- und langfristigen. Jedoch wurden dabei die weniger effizienten Abtaktungen mit 6, 15 und 17 Mitarbeitern nicht mehr berücksichtigt. Berücksichtigung fand aber das Flexibilitätspotenzial durch den Strategiebaustein Variation der

Schichtarbeitszeit (OS1B) um ± 1 Stunde pro Schicht ($\pm 14\%$ der Schichtleistung). Zur vollen Ausschöpfung dieses Potenzials ist im 2-Schichtbetrieb der Beginn der ersten und das Ende der zweiten Schicht entsprechend zu verlegen. Durch diesen zusätzlichen Strategiebaustein lässt sich der gesamte Kapazitätsbereich sehr feinstufig durch Zwischenszenarien abdecken. Eine Übersicht, ähnlich Bild 6-7, über die entwickelten Prinzipzlösungen zur kurzfristigen Kapazitätsabstimmung befindet sich im Anhang A5.2. Zudem besteht dabei die Möglichkeit, durch Einsatz des Strategiebausteins Lagerhaltung die Überproduktion an einem Tag zu puffern, um damit den höheren Stückzahlbedarf an einem der folgenden Tage auszugleichen.

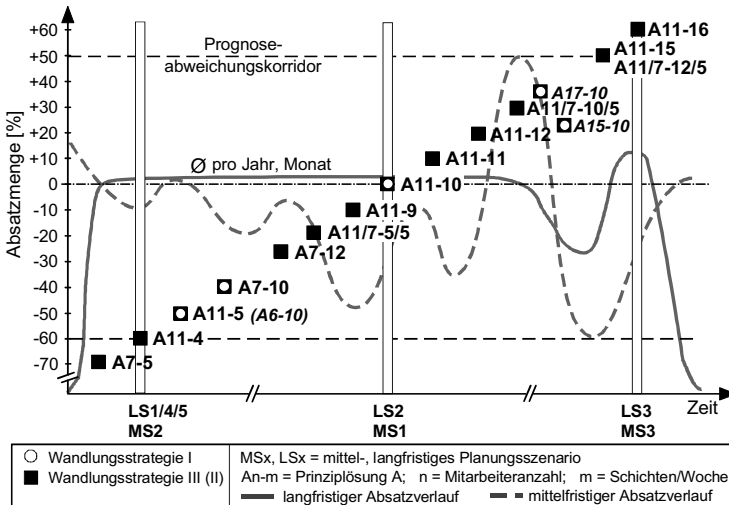


Bild 6-7: Prinziplösungen zur lang- und mittelfristigen Kapazitätsabstimmung

Bei der Auswahl der Wandlungsstrategie wurde im kurz-, mittel- und langfristigen Absatzbereich jeweils die gesamte Szenarienfolge berücksichtigt, um ein Gesamtoptimum der Kapazitätsabstimmung zu erreichen. Grund dafür ist einerseits die geringe Anzahl der Planungsszenarien und andererseits, dass das Eintreten der Planungsszenarien gleich wahrscheinlich und wiederkehrend ist, was eine reversible Kapazitätsabstimmung erfordert. Ferner war bei der Auswahl trotz der unsicheren Prognose des Absatzverlaufs kein Investitionsrisiko bei den verschiedenen Planungsszenarien zu berücksichtigen. Die wichtigsten Kriterien, die zur Auswahl der Wandlungsstrategie III in den drei Zeithorizonten geführt haben, waren die hohe und reversible Kapazitätsveränderung, die Abdeckung des gesamten Kapazitätsbereichs, eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit, Transparenz und Durchgängigkeit der eingesetzten Strategiebausteine sowie eine hohe Verfügbarkeit der Montageanlage in allen Kapazitätsstufen.

Die große Kapazitätsabstimmung für den gesamten Stückzahlbereich erfolgt durch Variation der Schichtanzahl (1 bis 3-Schichtbetrieb) an 4 bis 6 Arbeitstagen. Um die Schichtmodelle so selten wie möglich ändern zu müssen und dennoch die Montagekapazität einfach verändern und an die Tagesstückzahl anpassen zu können, wird als zweite Basisstrategie die Veränderung der Mitarbeiteranzahl zwischen 7 und 11 Mitarbeitern vorgesehen. Voraussetzung dafür ist jedoch eine Flexibilisierung der Arbeitsplätze und Betriebsmittel, so dass eine Umverteilung der Arbeitsinhalte auf die jeweilige Mitarbeiteranzahl ohne höhere Nebenzeiten oder Taktverluste möglich ist. Zur Feinanpassung der Tagesmontagekapazität im kurzfristigen Absatzbereich wird als dritte Basisstrategie die Variation der täglichen Schichtarbeitszeit um ± 1 Stunde, im Rahmen der Jahresarbeitszeitkonten der Mitarbeiter von ± 100 Stunden vorgesehen. Die ausgewählte Wandlungsstrategie erfüllt somit alle Anforderung sehr gut, die an die Montageanlage in Bezug auf Stückzahlflexibilität, Technik, Organisation und Personal und letztendlich deren Wirtschaftlichkeit gestellt wurden.

Entwicklung der Prinzipiölung der Anlagenstruktur (GP6/7) und des Groblayouts des Montagesystems (GP8/9)

Die Umsetzung der Strategie Veränderung der Mitarbeiteranzahl erfordert, dass die Montageanlage mit unterschiedlicher Personenanzahl betrieben werden kann. Dazu ist das Verschieben von Arbeitsinhalten zusammen mit den Betriebsmitteln im Rahmen der unterschiedlichen Ausstattungen von einer Anlagenkonfiguration zur anderen notwendig. Entsprechend diesen Anforderungen wurden für die Montage zum einen ortsflexible Betriebsmittel (z. B. teilautomatisierte Vorrichtung zum Fügen des Keders) entwickelt, die modular mit standardisierten Schnittstellen aufgebaut sind und über eine dezentrale Steuerung verfügen. Dadurch können sie an verschiedenen Stellen in der Montagelinie eingesetzt werden. Zum anderen wurden mitarbeiterflexible Betriebsmittel (z. B. Vor-/Endmontage Glasdeckel) entwickelt, die sich einfach umkonfigurieren lassen und eine flexible Bedienung von einer oder mehreren Personen ohne höhere Nebenzeiten ermöglichen [REINHART U. A. 1999B]. Auf Basis dieser Betriebsmittelkonzepte (siehe Anhang A5.3) sowie weiterer Gestaltungsansätze wurden verschiedene prinzipielle Anlagenstrukturen wie Linienanordnung, Baustellenmontagesystem, Doppelarbeitsplatzmontage, Haupt- und Nebenflussstrukturen oder Vor- und Endmontagestrukturen in unterschiedlicher Ausprägung entwickelt und bewertet.

Das Ergebnis der Anlagenstrukturplanung ist ein teilautomatisiertes Montagesystem in Linienform in zwei Systemkonfigurationen mit unterschiedlicher Mitarbeiteranzahl. Die Montageanlage besteht aus einem Doppelgurttrennsystem, in dem die manuellen, teil- und vollautomatisierten Montagestationen integriert sind (Bild 6-8). Zu Beginn der Anlage erfolgt an einem automatischen Drehteller die Vormontage des Rahmenvorderteils, das in der nachfolgenden Tox- und Kaltstauchstation zum Rahmen komplettiert wird. Anschließend werden der vormontierte Glasdeckel, Sonnenschutz und Wasserrinne in den Rahmen eingeschoben, die Abdeckung manuell aufgesetzt und vollautomatisch verschraubt sowie der Keder montiert.

Der letzte Linienabschnitt umfasst die automatische Montage des Elektroantriebs, die elektrische Funktionsprüfung, die teilautomatisierte Montage der Rahmenendstücke sowie das manuelle Ausheben des Schiebedachs mit einem Handhubgerät in einen Transportbehälter.

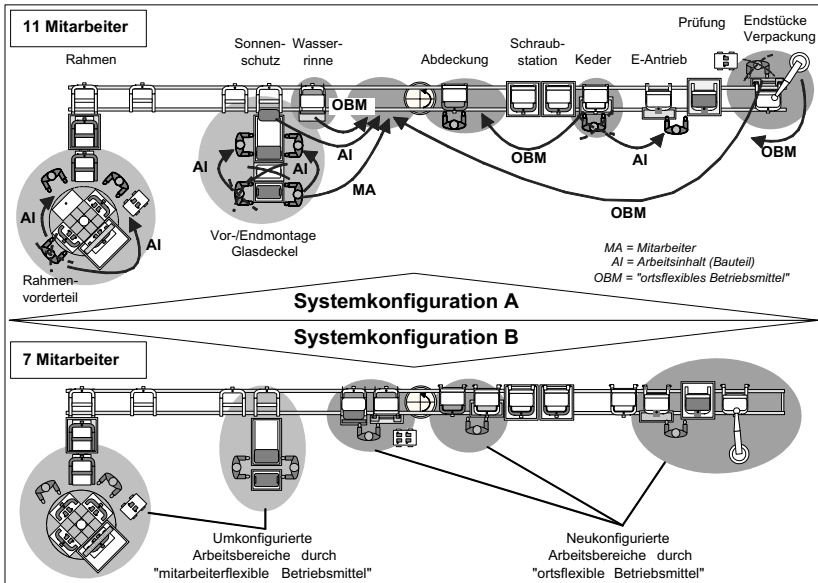


Bild 6-8: Layout der Systemkonfiguration A und B des Montageanlagenkonzepts

In der Systemkonfiguration A sind 11 Mitarbeiter zur Montage notwendig (Bild 6-8). Nach Umstellung der Anlage in Systemkonfiguration B sind nur noch 7 Mitarbeiter bei einem Taktzeitanstieg von 64% erforderlich. Die Gesamtmontagezeit des Schiebedachs steigt dabei um 5% an. Die Umstellung lässt sich in kurzer Rüstzeit (ca. 15 Minuten) durchführen. Dazu erfolgt bei reduzierter Mitarbeiteranzahl eine Verschiebung der im Montagezeitpunkt variablen Arbeitsinhalte (AI) mit den zugehörigen ortsflexibel einsetzbaren Betriebsmitteln (OBM). Für die verbliebenen Mitarbeiter entstehen neue oder erweiterte Arbeitsbereiche an der Linie (vgl. Pfeile in Bild 6-8). Unterstützt wird die Personalreduzierung durch den Einsatz der mitarbeiterflexiblen Betriebsmittel, die nach deren Umkonfiguration von weniger Mitarbeitern ohne höhere Nebenzeiten bedienbar sind. Zum Ausgleich der Personalkapazität werden als Mitarbeiterpool die Vormontageplätze und die anderen Montagelinien genutzt. Die Flexibilisierung der Arbeitsplätze erforderte einen ca. 10% größeren Flächenbedarf der Montageanlage. Die Montagekosten konnten um ca. 8% reduziert werden. Weitere Einsparungen sind durch die

bedarfsgerechte Anpassung der Montagekapazität zu erwarten. Für die Flexibilisierung der Betriebsmittel und Arbeitsplätze waren lediglich 2% der Anlageninvestition erforderlich.

Die Arbeitspunkte Grobkonzeption der Materialbereitstellung (GP7) sowie die Entwicklung und Auswahl von Groblayouts (GP8 und GP9) wurden, für die Montagesystemvarianten A und B gleichzeitig, integriert durchgeführt. Auf eine detailliertere Beschreibung dieser Planungsergebnisse wird an dieser Stelle verzichtet.

6.4 Phase 4 und 5: Feinplanung, Realisierung und Einführung

In den Planungsphasen 4 und 5 wurde die Feinplanung und Umsetzung der Wandlungsstrategie III für den kurz-, mittel- und langfristigen Absatzverlauf durchgeführt. Dies bezog sich zum einen auf die beiden Montagesystemvarianten A und B und zum anderen auf die organisatorische Gestaltung der Arbeitszeitmodelle. Auf eine Beschreibung dieser Planungsergebnisse wird an dieser Stelle verzichtet.

6.5 Phase 6: Systembetrieb und -abstimmung

Festlegung der Kontrollgröße Kapazität (BA1)

Im Rahmen des Systembetriebs und der Systemabstimmung wurden als Kontrollgrößen zur Erfassung von Kapazitätsangebot und -bedarf die tägliche, monatliche und halb- bzw. ganzjährige Produktionsstückzahl festgelegt. Eine Differenzierung der geplanten Absatzstückzahlen nach Varianten (Antrieb und Dachhimmelfarbe) erfolgte dabei im Rahmen der monatlichen und jährlichen Kapazitätsbetrachtung nicht.

Soll-Ist-Vergleich von Kapazitätsbedarf und -angebot (BA2)

Die Zeitabstände für die Datenerfassung der Soll-Werte des Kapazitätsbedarfs erfolgen analog zu Kapitel 5.7. Die lang- und mittelfristige Montagekapazitätsplanung (Soll-Ist-Vergleich von Kapazitätsbedarf und -angebot) erfolgt auf Basis einer halbjährlichen und monatlichen Stückzahlvorschau, die durch den Pkw-Hersteller zur Verfügung gestellt wird. Dabei wird zudem eine Prognoseabweichung bei den halbjährlichen Stückzahlen von $\pm 20\%$ und den monatlichen von $\pm 10\%$ berücksichtigt. Die detaillierte, kurzfristige Kapazitätsplanung basiert einerseits auf einer 10-Tages-Vorschau und andererseits einem täglichen Abgleich der Produktionsstückzahlen für den nächsten Tag, die direkt über ein EDV-System beim Pkw-Hersteller abgerufen werden können. Die Analyse der Ursachen und Ausprägungen der mittel- und langfristigen Absatzentwicklung erfolgt in den definierten Zeitabständen mit dem Disponenten des Pkw-Herstellers. Die Analyse und Bewertung der Auswirkungen einer Soll-Ist-Abweichung

von Kapazitätsbedarf und -angebot sowie die Entscheidung über die Art der Kapazitätsabstimmung der Montage werden gemeinsam durch den Disponenten, Fertigungsleiter und Montagemeister des Schiebedachherstellers vorgenommen.

Initiierung von Strategien zur Kapazitätsabstimmung (BA3)

Nach Einführung des Pkw am Markt zeichnete sich im langfristigen Absatzbereich ab, dass die Jahresabsatzmengen an Schiebedächern um 10%-20% kleiner als der geplante Mittelwert von 320.000 Stück ist. Somit erfolgte die Kapazitätsabstimmung vorrangig zwischen den Planungsszenarien LS1/4 und LS2. Im mittelfristigen Absatzbereich wird der maximale geplante Kapazitätsbedarf größer als +40% des Monatsdurchschnitts nicht erreicht, und es treten vorrangig Kapazitätsabstimmungen zwischen den Szenarien MS2 und MS1 auf. Im kurzfristigen Kapazitätsbereich wird jedoch das gesamte Flexibilitätspotenzial von $\pm 60\%$ ausgeschöpft, und die Kapazitätsabstimmungen erfolgen gleich verteilt zwischen den Szenarien KS2 \leftrightarrow KS1 \leftrightarrow KS3. Die ausgewählte Wandlungsstrategie mit ihren verschiedenen Strategien zur Kapazitätsabstimmung erfüllt somit die Anforderungen seitens des Markts sehr gut, so dass im Rahmen des Betriebs der Schiebedachmontageanlage bisher nur die Reaktionsweisen 1 bis 3 zur Kapazitätsabstimmung eingesetzt wurden (vgl. Kapitel 5.7).

6.6 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Kapitels wurde die Planung einer stückzahlflexiblen Montageanlage für ein Pkw-Schiebedachsystem auf Basis der entwickelten Planungsvorgehensweise für stückzahlflexible Montagesysteme dargestellt. Anhand der Beschreibung der wichtigsten Planungsschritte sowie der eingesetzten Methoden konnte einerseits die Anwendbarkeit und andererseits die Effizienz der entwickelten Vorgehensweise dargestellt und somit auch nachgewiesen werden. Von besonderer Wichtigkeit waren dabei die Planungsaktivitäten in der Phase der Planungsvorbereitung zur Analyse des Absatzverhaltens, in der Flexibilitätsplanungsphase zur Ermittlung von Abstimmungsstrategien sowie die Entwicklung von Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung im Rahmen der Grobplanungsphase. Die eigentliche Abstimmung der Montageanlagenkapazität mit dem Absatzbedarf erfolgt im Rahmen des Anlagenbetriebs durch einen kontinuierlichen Soll-Ist-Vergleich der lang-, mittel- und kurzfristigen Kontrollgrößen Kapazitätsbedarf und -angebot sowie der zur Verfügung stehenden Strategien zur Kapazitätsabstimmung. Basis für diese Kapazitätsflexibilität in der Betriebsphase der Montageanlage war letztendlich, sich von Beginn der Planung an Gedanken über die erforderliche extreme Stückzahlflexibilität der Anlage und der dafür geeigneten Strategiebausteine zu machen. Das Schiebedach-Montagesystem befindet sich in der beschriebenen Ausprägung bei dem Schiebedachlieferanten im Einsatz.

7 Bewertung des Konzepts stückzahlflexibler Montagesysteme

Im Rahmen dieses Kapitels soll eine Bewertung des in dieser Arbeit entwickelten Konzepts zur Planung und zum Einsatz (Kapazitätsabstimmung) stückzahlflexibler Montagesysteme erfolgen. Die Bewertung wird anhand der Kriterien *Qualitätsverbesserung*, *Kostenreduzierung* und *Durchlaufzeit- bzw. Reaktionszeitverkürzung* im Hinblick auf das *Planungsvorgehen*, die *Planungsergebnisse* sowie den *Einsatz (Abstimmung) stückzahlflexibler Montagesysteme* erfolgen. Eine objektive quantitative und qualitative Bewertung der Kriterien ist nicht möglich, da hierfür ein Planungsprojekt und der Einsatz des Montagesystems unter gleichen Randbedingungen sowohl ohne als auch mit der entwickelten Methodik durchgeführt werden müsste. Daraus ließen sich dann aber auch nur relative Referenzwerte zur Bewertung ableiten, da die absoluten Werte von der Größe und Komplexität des Planungsobjekts abhängen. Daher erfolgt die Bewertung der Kriterien allgemein gültig, auf Basis eines subjektiven, qualitativen Nutzen-Aufwand-Vergleichs (Bild 7-1). Das Bewertungsergebnis zeigt deutlich die signifikanten Vorteile und den höheren Nutzen des entwickelten Planungs- und Abstimmungskonzepts für stückzahlflexible Montagesysteme.

	NUTZEN	AUFWAND
Qualität	<ul style="list-style-type: none"> • Transparenter Planungsablauf und -status • Wissenssteigerung und -sicherung • Berücksichtigung unsicherer Absatzdaten • Aktualität der Planungsergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen neuer Planungsinhalte und -methoden
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> • Erheblich geringerer Aufwand und Kosten bei Anpassungsplanung und -umsetzung • Marktorientierte Kapazitätsabstimmung • Vermeidung von Marktnachteilen und Kosten für Über- oder Unterkapazität der Montage • Reduzierung des Anlageninvestitionsrisikos 	<ul style="list-style-type: none"> • Schulungsaufwand bei Einführung der Planungsmethode • Erhöhte Personalkapazität bei Neuplanungen • Zusätzlicher Planungsaufwand bei Anpassungen
Zeit	<ul style="list-style-type: none"> • Deutlich niedrigere relative Planungszeit • Verkürzung der „time to market“ • Kürzere Reaktionszeiten • Verbesserte Lieferfähigkeit am Markt • Verbesserung der Kunden-/Marktorientierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere absolute Planungszeit für Planungsinhalte

Bild 7-1: Zusammenfassung von Nutzen und Aufwand des entwickelten Konzepts für stückzahlflexible Montagesysteme

Die entwickelte Planungsmethodik stellt eine allgemein gültige, universell einsetzbare Vorgehensweise dar, die für jede Art von Montageorganisationsform (Gruppen-, Reihen-, Taktstraßenmontage etc.), Kleinserien- bis Großserienmontage, manuelle oder automatisierte Anlagen sowie typen-/variantenarme oder -reiche Montagen unterschiedlicher Branchen verwendet werden kann. Zur Verbesserung der Anwendbarkeit der Methode für Montagen mit speziellem Fokus ist es möglich, entsprechendes Spezialplanungswissen in die Planungsmethodik zu integrieren. Im Rahmen dieses Kapitels wird eine detaillierte Beschreibung der Nutzen- und Aufwandsbewertung des entwickelten Konzepts für stückzahlflexible Montagesysteme getrennt nach Qualitäts-, Kosten- und Zeitaspekten gegeben.

7.1 Bewertung der Qualität der Planung

Die *Qualität einer Planung* (Bild 6-3) drückt sich zum einen in der *Vollständigkeit, Richtigkeit* und *termingerechten Aufgabenerfüllung* und zum anderen durch die *Güte der Planungsergebnisse* aus. Hierzu trägt das entwickelte Planungskonzept durch seine hohe Transparenz im Planungsablauf bei. Gekennzeichnet ist dies durch seine klare hierarchische und logische Strukturierung der Planungsvorgehensweise in Planungsphasen und -schritte, wodurch eine eindeutige Abgrenzung und zeitliche Zuordnung der eindeutig definierten Planungstätigkeiten und -methoden in den Phasen möglich ist. Dadurch ist eine sehr gute Terminierung des zeitlichen Ablaufs der Planungsphasen und -schritte sichergestellt, wodurch das Controlling des Planungsfortschritts und der Termineinhaltung des Planungsprojekts ermöglicht und vereinfacht wird. Somit ist der aktuelle zeitliche und inhaltliche Planungsstatus jederzeit erkennbar und er bietet damit eine gute Orientierungshilfe für alle Teammitglieder. Die Verwendung einer bewährten Planungsvorgehensweise als Grundstruktur erleichtert die Anwendbarkeit des entwickelten Planungskonzepts und vermeidet das Erlernen eines neuen Planungsablaufs. Qualifizierungsbedarf besteht lediglich für die neu integrierten Planungsinhalte und -methoden, die in ihrer Anwendung und im Einsatzzeitpunkt während des Planungsablaufs erlernt werden müssen. Das Planungskonzept führt zu einer kontinuierlichen Wissenssteigerung und -sicherung. Dies basiert einerseits auf der Verbesserung des Planungswissens der Arbeitsplaner durch die neuen Planungsinhalte und -methoden und andererseits durch den Zugewinn an Fachwissen bzw. Erfahrung in Bezug auf die Möglichkeiten der Kapazitätsabstimmung (Anpassung und Abgleich) von Montagesystemen, die zudem in dem firmenspezifisch angepassten und wiederverwendbaren Strategienbaustein-katalog dokumentiert sind.

Das *zweite Qualitätsmerkmal*, die *Güte* und damit die *Aktualität der Planungsergebnisse*, wird durch das entwickelte Konzept in hohem Maße in Bezug auf die Unsicherheit des Absatzverlaufs unterstützt. Durch die Verwendung eines Prognoseabweichungskorridors und der Entwicklung unterschiedlicher Planungsszenarien und Wandlungsstrategien wird die Unsicherheit über den zukünftigen mittel- und langfristigen Absatzverlauf, der für die Kapazitäts-

auslegung der Montage besonders wichtig ist, während des gesamten Planungsprozesses berücksichtigt und damit die Planungssicherheit wesentlich verbessert. Zudem ermöglicht das definierte Flexibilitätspotenzial für die Montage in Form der unterschiedlichen Strategien zur Kapazitätsveränderung der Montage, dass im Betrieb der Anlage auf Veränderungen der Absatzdaten in der erforderlichen Reaktionsgeschwindigkeit und mit der richtigen Kapazitätsabstimmungsstrategie reagiert werden kann. So wird die Aktualität der Planungsergebnisse während des Planungsverlaufs aber vor allem auch im Betrieb der Montage deutlich verbessert. Dadurch ist letztendlich auch ein geringerer Sicherheitsgrad in Bezug auf die Richtigkeit der Absatzplanungsdaten erforderlich, und es wird das Risiko der Fehlauslegung der Montageanlage bzw. -kapazität und damit auch einer Fehlinvestition deutlich verringert.

7.2 Bewertung der Kosten bei der Planung und Abstimmung

Die Bewertung des entwickelten Konzepts unter dem Kostenaspekt (Bild 7-1) muss zum einen unter dem Gesichtspunkt der *reduzierten* und *entstandenen Kosten im Planungsprozess* sowohl während der *Anlagenneuplanung* als auch bei *Anpassungsplanungen* während des Einsatzes der Montageanlage betrachtet werden. Zum anderen gilt es aber auch, den Kostenaspekt in Bezug auf den Einsatz einer stückzahlflexiblen Montageanlage zu betrachten.

Bei der Einführung der Planungsmethodik vor dem Planungsbeginn entstehen einmalige Kosten für die Schulung der Planungsmitarbeiter zum Erlernen der neuen Planungsinhalte und -methoden der entwickelten Planungsvorgehensweise. Im Planungsverlauf entstehen keine weiteren Qualifizierungskosten. Der Personalaufwand bzw. die erforderliche Personalkapazität zur Planung des Montagesystems (Planungsprozesses) steigt gegenüber herkömmlichen Planungsvorgehensweisen durch die zusätzlichen Arbeitsinhalte, den Methodeneinsatz und den Dokumentationsaufwand an. Verantwortlich dafür sind zum einen die Auswertungen und Bewertungen des prognostizierten Absatzverlaufs, die Planungsinhalte in der neuen Flexibilitätsplanungsphase sowie die Entwicklung und Bewertung kapazitätsflexibler Prinziplösungen von Montagesystemen in der Grobplanungsphase.

Ein zusätzlicher Planungs- und Umsetzungsaufwand entsteht bei der Realisierung der Kapazitätsabstimmung des Montagesystems im Betrieb gegenüber einer konventionell ausgelegten Montageanlage, deren Kapazität nicht oder nur bedingt (organisatorisch) verändert werden kann. Der Aufwand hängt jedoch sehr stark von der Art und Ausprägung der Abstimmungsstrategie (organisatorisch, personell, technisch) ab. Der resultierende Aufwand ist jedoch erheblich geringer als der Aufwand, der entsteht, um bei einer konventionell geplanten, nicht kapazitätsflexibel ausgelegten Montageanlage eine Kapazitätsveränderung zu erreichen. Grund dafür ist, dass im Rahmen der entwickelten Planungsvorgehensweise bereits mögliche Lösungen zur Kapazitätsveränderung während der Planung der Montage entwickelt und grob

konzipiert wurden. Es entstehen somit nur noch ein geringerer Aufwand und Kosten für die Anpassungs- und Umsetzungsplanungen der Kapazitätsabstimmung der Montageanlage im Betrieb. Diese Abstimmungskosten müssen jedoch den erheblicheren Kosten und Unternehmensnachteilen, die aus einer nicht kapazitätsflexiblen Gestaltung der Montage mit Über- oder Unterkapazität resultieren, gegenübergestellt werden. Dies sind z. B. hohe Fixkosten, erhöhte Montagekosten, Lagerkosten, Fehlinvestitionen, aber auch Imageverlust, Verringerung der Kundenloyalität sowie Rückgang von Umsatz und Marktanteilen durch mangelnde Lieferfähigkeit. Derartige Faktoren sind in der Regel für ein Unternehmen um einiges schwerwiegender einzustufen. Das Planungskonzept trägt somit in erheblichem Maße zur Erzielung wirtschaftlicher Montagekosten, Vermeidung von Lagerkosten, Lieferfähigkeit am Markt und damit Sicherung oder auch Steigerung der Marktanteile bei.

7.3 Bewertung des Zeitaspekts bei der Planung und Abstimmung

Die Bewertung des entwickelten Planungskonzepts unter dem Zeitaspekt (Bild 7-1) bezieht sich zum einen bei Neu- und Umplanung der Montage auf die *Zeitdauer bzw. Durchlaufzeit der Planung bis zum fertigen Planungsergebnis* und charakterisiert somit auch die „time to market“. Zum anderen gilt es bei der Bewertung aber auch, die *Reaktionszeit, d. h. die Planungs- und Umsetzungszeitdauer bis zur Abstimmung der Montagekapazität, während des Betriebs der Montageanlage* zu betrachten.

Vom Standpunkt der *absoluten Planungszeitdauer* ist diese bei der entwickelten Planungsmethode im Vergleich zu einer konventionellen Planung höher anzusetzen. Ursache dafür sind die zusätzlichen Planungsinhalte und -methoden zur Bewertung des Absatzverhaltens, insbesondere aber die neuen Planungsinhalte in der Flexibilitätsplanungsphase (Entwicklung von Planungsszenarien und Abstimmungsstrategien) sowie in der Grobplanungsphase (Entwicklung und Bewertung alternativer Prinziplösungen zur Kapazitätsabstimmung sowie der Auswahl einer Wandlungsstrategie). Die Erhöhung der Planungszeit ist jedoch stark abhängig zum einen von der Größe und Komplexität des Planungsprojekts und zum anderen von der bereitgestellten Personalkapazität (Personalaufwand). Bei entsprechend größerer Personalkapazität zur Kompensation der längeren absoluten Planungszeitdauer entstehen dann folglich höhere Personalkosten.

Betrachtet man allerdings die *relative Planungszeitdauer* und in diesem Zusammenhang die „time to market“ des Produkts, so ist diese für bestimmte Planungsfälle deutlich niedriger anzusetzen als mit der konventionellen Planungsmethode. Dies trifft vor allem auf stückzahlflexible Montageanlagen zu, die einen stufenweisen Ausbau oder eine stufenweise Erhöhung des Automatisierungsgrads vorsehen. Mit der hier entwickelten Planungsmethode kann sehr schnell ein einfaches, manuelles Montagesystem als erste Ausbaustufe geplant und in Betrieb

genommen werden, um damit in der Einführungsphase des Produkts den Markt in kürzerer „time to market“ und mit zeitlichem Vorsprung vor den Wettbewerbern zu beliefern. In der Zwischenzeit wird die nächste, komplexere Ausbaustufe der Montageanlage mit höherem Planungsaufwand und längerer Realisierungszeit geplant und gebaut. Dadurch werden Investitionen erst dann getätigt, wenn sie erforderlich sind. Dies vermeidet eine teure Überkapazität der Montage und reduziert das Investitionsrisiko erheblich.

Im Betrieb der Montageanlage wird die *Reaktionszeit* bis zur Abstimmung der Montagekapazität an den Absatzbedarf durch das entwickelte Planungskonzept bzw. die stückzahlflexible Gestaltung der Montageanlage erheblich reduziert und damit die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht. Dies ist vor allem bei technischen, irreversiblen Änderungen der Montagekapazität der Fall. Darüber hinaus wird aber auch eine rechtzeitige und vor allem bedarfsgerechte Veränderung der Montagekapazität ermöglicht. Grund dafür ist zum einen das vorhandene Flexibilitätspotenzial in Form der vorausgeplanten Abstimmungsstrategien (Prinziplösungen) und zum anderen die Befähigung oder Erhöhung der Reaktionsfähigkeit der Montage, durch den Rücksprung in die Flexibilitätsplanungsphase zur Entwicklung neuer, nicht vorausgeplanter Abstimmungsstrategien bei nicht berücksichtigten Absatzveränderungen. Insgesamt gesehen, ist damit eine deutliche Verbesserung der Kunden- und Marktorientierung möglich.

8 Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

Die zunehmende Dynamik der Märkte und die damit verbundenen unkalkulierbaren Verhaltensänderungen von Kunden und Wettbewerbern stellen eine hohe Herausforderung für Unternehmen dar. Sie werden gezwungen, sich auf häufige, schnelle und auch sehr extreme Veränderungen im Produktspektrum sowie der Varianten- und Absatzzahlen einzustellen. Vor allem die Herausforderung der Anpassung der Produktionskapazität produzierender Unternehmen und insbesondere der Montagekapazität an die Veränderungen des Absatzes stellt das Ausgangsproblem dieser Arbeit dar. Eine mit dem Nachfrageverlauf wirtschaftlich synchronisierte Montage vermeidet Unter- oder Überkapazität und ermöglicht jederzeit die Lieferfähigkeit am Markt. Die Anforderung besteht darin, Montagesysteme gezielt so zu planen, zu gestalten und zu betreiben, dass ihre Kapazität mit der erforderlichen Reaktionszeit effizient und wirtschaftlich veränderbar ist. Für diese Thematik stellt die vorliegende Arbeit einen richtungsweisenden *Leitfaden* vor, der die *Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme* zum Inhalt hat.

Das Ziel dieser Arbeit war zum einen die *Definition von Strategiebausteinen zur Kapazitätsveränderung der Montage* und zum anderen das Kernelement, die *Entwicklung einer Vorgehensweise zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme*, um eine Steigerung der Kundenorientierung der Montage zu erreichen. Die Realisierung dieser Zielsetzung erfolgte in zwei Hauptschritten:

- Bereitstellung von Know-how zur Kapazitätsveränderung von Montagesystemen durch Definition und Bewertung von Strategiebausteinen (vgl. Kapitel 4)
- Verbesserung des Wissens zur Gestaltung stückzahlflexibler Montagesysteme durch Integration dieser Thematik in eine Montageplanungsmethode (Kapitel 5):
 - Vertiefung des Wissens über die notwendige Kapazitätsflexibilität der Montage durch Entwicklung einer Systematik zur Ableitung der Anforderungen auf Basis von Absatzverlaufsszenarien (vgl. Kapitel 5.2)
 - Verbesserung der Planungssicherheit und -ergebnisse bei der Entwicklung stückzahlflexibler Montagestrategien und -konzepte durch Integration einer Flexibilitätsplanungsphase (vgl. Kapitel 5.3) sowie einer Entwicklungsmethode für stückzahlflexible Montageprinziplösungen (vgl. Kapitel 5.4)
 - Situationsgerechte, rechtzeitige Veränderung der Montagekapazität durch Implementierung einer Systematik zur Kapazitätsabstimmung im Betrieb (vgl. Kapitel 5.6)

Zur Realisierung der Zielsetzung der Arbeit wurden in einem ersten Schritt (vgl. Kapitel 2) die *Anforderungen des Markts in Form des Absatzverhaltens von Produkten* untersucht und bewertet. Dies hat gezeigt, dass beim Absatzverlauf eines Produkts zwischen dem langfristigen (Produktlebenszyklus) sowie dem mittel- und kurzfristigen Absatzverlauf unterschieden werden muss und diese jeweils sehr unterschiedliche Verlaufsausprägungen in Form von Änderungen und Schwankungen aufweisen. Diese wiederum resultieren aus vielschichtigen externen (Branche, Kunde, Wettbewerb) und internen (Marketing, Kapazität) Faktoren. Auf Basis von Erfahrungswissen, Prognoseverfahren oder branchen- und produktkategorieabhängiger Einflussfaktoren lässt sich jedoch in Abhängigkeit vom Betrachtungshorizont mit einer entsprechenden Unsicherheit die Art und Fristigkeit der Absatzentwicklungen eines Produkts vorhersagen.

In einem weiteren Analyseschritt der Arbeit wurden bekannte *Ansätze aus Forschung und Technik zur Kapazitätsveränderung der Montage* sowie zur *Planung insbesondere stückzahlflexibler Montagesysteme* untersucht (vgl. Kapitel 3). Als Defizit wurde deutlich, dass zwar unterschiedliche theoretische und praxisorientierte Maßnahmen zur Kapazitätsveränderung aufgezeigt werden, es jedoch keine umfassende Zusammenstellung, Systematisierung und Bewertung der Einsetzignung unterschiedlicher, prinzipieller Strategien zur Kapazitätsveränderung von Montagesystemen gibt. Im Rahmen der Analyse existierender Planungsvorgehensweisen für Montagesysteme wurde ebenfalls deutlich, dass diese den Aspekt der stückzahlflexiblen Anlagengestaltung fast nicht berücksichtigen. Es fehlt eine systematische, ganzheitliche und allgemeingültige Planungsvorgehensweise für stückzahlflexible Montagesysteme, die Anforderungen an die Kapazitätsflexibilität definiert, alternative kapazitätsflexible Montagekonzepte entwickelt sowie im Betrieb der Anlage eine situationsgerechte Kapazitätsabstimmung ermöglicht.

Zur Veränderung bzw. Abstimmung der Montagekapazität mit dem Absatzbedarf wurden *18 organisatorische, technische und personelle Strategiebausteine* definiert und deren Funktionsweise in allgemeiner Form, unabhängig von der Art der Montagestruktur oder Organisationsform, charakterisiert (vgl. Kapitel 4). Hierzu wurden Kriterien wie Art, Form, Reaktionsgeschwindigkeit, Höhe, Stufenanzahl und Reversibilität der Kapazitätsabstimmung verwendet. Ferner erfolgte eine Bewertung der Einsetzignung der Strategiebausteine in Bezug auf die verschiedenen Ausprägungen (Absatzschwankungen und -änderungen), der Höhe und der Prognosesicherheit von Absatzveränderungen. Für eine effektive und effiziente Anwendung der Strategiebausteinsammlung wurden diese in einem Auswahlkatalog zusammengefasst und auf Basis der beschriebenen Kriterien strukturiert und aufbereitet. Mit Hilfe des *Strategiebausteinkatalogs* als Instrumentarium können, abhängig von einer spezifischen Absatzveränderung, geeignete Strategien zur Kapazitätsabstimmung der Montage ausgewählt werden. Der Strategiebausteinkatalog ist hinsichtlich der Anzahl und Art der Strategiebausteine sowie der Bewertungskriterien erweiterbar und somit auch firmenspezifisch anpassbar.

Den Kern der Arbeit stellte die *Entwicklung der Vorgehensweise zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme* dar (vgl. Kapitel 5). Als Basis wurde die Planungsvorgehensweise nach BULLINGER [1995] aufgegriffen und um die neuen Inhalte zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme abgeändert und erweitert. Dadurch entstand eine durchgängige, hierarchisch aufgebaute und methodenunterstützte Planungsvorgehensweise für die Neu- und Umplanung stückzahlflexibler Montageanlagen, die auf einem bekannten Vorgehen aufbaut und somit ein einfaches Anwenden der erweiterten Planungsinhalte ermöglicht. Die Planungsvorgehensweise berücksichtigt den gesamten Produktlebenszyklus von der Einführung bis zum Auslauf des Produkts, die mittel- und kurzfristigen Absatzverläufe sowie die Unsicherheit der prognostizierten Absatzdaten. Neue und abgeänderte Arbeitsinhalte wurden vor allem in den Phasen Planungsvorbereitung, Grobplanung und Systembetrieb integriert. Zudem wurde die Vorgehensweise aber auch um eine völlig neue, elementare Phase der Flexibilitätplanung vor der Grobplanungsphase erweitert.

In der *Phase der Planungsvorbereitung* wurde vor allem Wert auf eine detaillierte und ganzheitliche Analyse und Beurteilung des lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens des Produkts unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Absatzprognosedaten gelegt. Darauf basierend werden die Anforderungen an die Kapazitätsflexibilität der Montage abgeleitet, die dazu dienen, in der neuen *Phase der Flexibilitätplanung* unterschiedliche Planungsszenarien zum Kapazitätsverlauf und zur -abstimmung der Montage festzulegen und daraus prinzipielle Wandlungsstrategien zu entwickeln. Die Umsetzung der Planungsszenarien erfolgt durch Einsatz der verschiedenen Strategiebausteine zur Kapazitätsveränderung. In der *Grobplanungsphase* steht die Entwicklung alternativer Prinziplösungen von Montagesystemen mit unterschiedlicher Kapazität im Vordergrund. Dadurch wird deutlich, mit welchen konkreten Strategiebausteinen und -kombinationen die Migration der Anlagenkapazität von einem zum nachfolgenden Planungsszenario realisiert werden kann. Auf Basis dieser Montageprinzipslösungen wird, abhängig vom Planungshorizont, eine konkrete Wandlungsstrategie zur Kapazitätsabstimmung der Montage für den lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverlauf ausgewählt. In der weiteren Grobplanung sowie den *Phasen Feinplanung, Realisierung und Einführung* des Montagesystems steht die Konkretisierung der Maßnahmen zur Umsetzung der Strategiebausteine zur Montagekapazitätsabstimmung im Vordergrund. Wesentliche neue Planungsinhalte sind dazu nicht erforderlich. Zentrale Aufgabe der *Phase Systembetrieb und -abstimmung* ist die rechtzeitige und bedarfsgerechte Kapazitätsabstimmung der Montageanlage mit aktuellen und zukünftigen Veränderungen der Absatzzahlen des Produkts mittels festgelegter oder neu definierter, situationsgerechterer Wandlungsstrategien. Basis dafür ist ein in definierten Zeitabständen durchzuführender Vergleich von kurz-, mittel- und langfristigem Kapazitätsbedarf und -angebot. Bei Abweichungen wird durch Rücksprung in die entsprechende Planungsphase bzw. den Planungsschritt der Vorgehensweise eine adäquate Reaktion zur Abstimmung des Kapazitätsangebots, abhängig von Ursache und Ausprägung, ausgewählt und umgesetzt.

Im letzten Teil der Arbeit wurde im Rahmen eines *Anwendungsbeispiels* die *Planung einer stückzahlflexiblen Montageanlage für ein Pkw-Schiebedachsystem* anhand der entwickelten Planungsvorgehensweise durchgeführt (vgl. Kapitel 6). Das Montagesystem befindet sich in der beschriebenen Ausprägung im Einsatz. Dadurch konnte zum einen die Anwendbarkeit und zum anderen die Effizienz der entwickelten Vorgehensweise in der Praxis dargestellt und verifiziert werden. Abgeschlossen wurde die Arbeit mit einer *qualitativen Bewertung von Nutzen und Aufwand* des entwickelten Konzepts zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme anhand der Kriterien *Qualitätsverbesserung, Kostenreduzierung* und *Durchlaufzeit- bzw. Reaktionszeitverkürzung* (vgl. Kapitel 7). Das Bewertungsergebnis zeigt die signifikanten Vorteile und den höheren Nutzen des entwickelten Konzepts.

8.2 Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine allgemein gültige Vorgehensweise zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme entwickelt. Um aber auch Montagesysteme mit einem speziellen Fokus (z. B. manuell, automatisiert, Taktstraßenmontage, Kleinserien) gezielt stückzahlflexibel zu planen und zu gestalten, ist eine *Spezialisierung der entwickelten Strategiebausteine und Planungsmethodik* erforderlich. Dies kann einerseits durch eine Anpassung der entwickelten Planungsvorgehensweise an die Charakteristika der jeweiligen Montageart oder durch Übertragung der Strategiebausteine und Planungsmethodik auf bestehende Planungsvorgehensweisen für spezielle Montagestrukturen oder -arten erfolgen. Dieser Gedanke in Bezug auf zukünftige Entwicklungen betrifft auch den wichtigen Aspekt der Typen- und Variantenflexibilität einer Montageanlage. Dabei besteht Bedarf an der *Entwicklung einer integrierten Vorgehensweise zur Planung und Abstimmung stückzahl- und variantenflexibler Montagesysteme*.

Um die Kapazitätsflexibilität nicht nur in der Montage, sondern auch in anderen Fertigungsbereichen zu erreichen und damit die gesamte Produktion flexibel und wirtschaftlich an den Absatzbedarf anpassen zu können, ist eine *Übertragung der Methode zur Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Anlagen auf einzelne oder alle Anlagen der Vorfertigung* (spanende, umformende, formbildende Fertigung etc.) denkbar. Im nächsten Schritt stellt sich die Frage, wie die Methode der Planung und Steuerung flexibler Kapazitäten weiter zu entwickeln ist, um sie standortübergreifend global auf der Ebene von *Werken oder Produktionsstätten* anzuwenden.

Um dem Einfluss unterschiedlicher Faktoren (z. B. Branche) auf die Ausprägung des lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverlaufs bei der Kapazitätsabstimmung der Montage gezielt Rechnung tragen zu können, ist es denkbar, die entwickelte *Planungsvorgehensweise und insbesondere den Strategienkatalog für derartige Verlaufsformen zu spezialisieren* und

Lösungsansätze aufzuzeigen, wie Montagesysteme zu gestalten sind, um sie an ganz bestimmte Absatzverläufe anpassen zu können.

Für eine effiziente und wirtschaftliche Montage spielt die Materialversorgung (Montagelogistik) eine wesentliche Rolle. Die Kapazitätsflexibilität der Montageanlage kann nur dann effizient genutzt werden, wenn auch die Montagelogistik eine entsprechende Stückzahlflexibilität aufweist. Daher ist es wichtig, dass das Montageanlagen- und Logistikkonzept als Einheit verstanden wird und nicht nur parallel, sondern integriert entwickelt wird. Folglich besteht Bedarf zur Erweiterung oder Kombination der vorliegenden Planungsvorgehensweise mittels bestehender Planungsvorgehensweisen für flexible Logistiksysteme zu einer integrierten *Vorgehensweise zur Planung und Abstimmung stückzahlflexibler Montage- und Logistiksysteme*.

Eine komplexe Aufgabe stellt derzeit die wirtschaftliche Bewertung der Eignung eines Strategiebausteins oder einer Wandlungsstrategie zur Kapazitätsabstimmung dar. Handlungsbedarf ist in der *Entwicklung eines simulationsbasierten Tools zur Bewertung- und Auswahlunterstützung* zu sehen, das speziell auf die Montage bzw. ein Montagesystem zugeschnitten ist und das die unterschiedlichen internen und externen Einflussfaktoren wie mögliche Strategiearten und Höhe der Kapazitätsveränderungen, Entwicklung des Absatz- und Kapazitätsverlaufs in Gegenwart und Zukunft, Reaktionsgeschwindigkeit sowie Reversibilität der Strategiebausteine berücksichtigt.

9 Literaturverzeichnis

ANDREASEN & AHM 1988

Andreasen, M. M.; Ahm, T.: Flexible Assembly Systems. Berlin: Springer, 1988.

AGGTELEKY 1990

Aggteleky, B.: Fabrikplanung. München: Hanser, 1990.

ALBERT 1976

Albert, B.: Die absatzpolitisch bedingte mittel- bis langfristige Absatzprognose: Ein offenes Modell der Informationsbeschaffung und -verarbeitung. Würzburg: Physica, 1976.

BECK 1997

Beck-Texte (Hrsg.): Arbeitsgesetze. DTV, 1997.

BICK 1992

Bick, W.: Systematische Planung hybrider Montagesysteme unter besonderer Berücksichtigung der Ermittlung des optimalen Automatisierungsgrades. Berlin: Springer, 1992. (zugl. Dissertation TU München, 1991)

BRONNER 1964

Bronner, A.: Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsrechnung. Berlin: Beuth-Vertrieb GmbH, 1964.

BRUNNER 1962

Brunner, M.: Planung in Saisonunternehmungen. Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag, 1962.

BULLINGER 1986

Bullinger, H.-J. (Hrsg.); Ammer, D. u. a.: Systematische Montageplanung. München: Hanser, 1986.

BULLINGER 1995

Bullinger, H.-J.: Arbeitsplatzgestaltung: Personalorientierte Gestaltung marktgerechter Arbeitssysteme. Stuttgart: Teubner, 1995.

BULLINGER & LUNG 1994

Bullinger, H.-J.; Lung, M.: Planung der Materialbereitstellung in der Montage. Stuttgart: Teubner, 1994.

CHAKRAVARTHY 1997

Chakravarty, B.: A New Strategy Framework for Coping with Turbulence. In: Sloan Management Review, Winter 1997, S. 69-82.

DAENZER 1986

Daenzer, W. F.: Systems engineering, Leitfaden zur methodischen Durchführung umfangreicher Planungsvorhaben. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 1986.

DÄUMLER 1987

Däumler, K.-D.: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. Herne/Berlin: Verlag Neue Wirtschafts-Briefe GmbH & Co., 1987.

DIN 33415 1984

DIN 33415: Fließarbeit: Begriffe, Merkmale. Berlin: Beuth-Verlag, 1984.

DIN 8593 1985

DIN 8593: Fertigungsverfahren Fügen. Berlin: Beuth-Verlag, 1985.

DIN 6789 1990

DIN 6789: Dokumentationssystematik: Aufbau technischer Produktdokumentationen. Berlin: Beuth-Verlag, 1990.

DITTMAYER 1981

Dittmayer, S.: Arbeits- und Kapazitätsteilung in der Montage. Berlin: Springer, 1981. (zugl. Dissertation Universität Stuttgart, 1981)

DÜRRSCHMIDT 2001

Dürschmidt, S.: Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme. (zugl. Dissertation TU München, 2001)

EICH 2001

Eich, B.: Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung. (zugl. Dissertation TU München, 2001)

EVERSHEIM 1989

Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik, Bd. 4: Fertigung und Montage. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1989.

EVERSHEIM & SCHUH 1999

Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management 3. Gestaltung von Produktionssystemen. Berlin: Springer, 1999.

FICHTMÜLLER 1996

Fichtmüller, N.: Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme. Berlin: Springer, 1996. (zugl. Dissertation TU München, 1995)

FRAUENFELDER 1999

Frauenfelder, M.: Anpassungsfähige Anlagenkonzepte für die Großserienmontage. In: Reinhart, G.; Milberg, J. (Hrsg.): Stückzahlflexible Montagesysteme – Lösungen für eine bedarfsgerechte Montage. München: Utz 1999, S. 4-1 - 4-19.

FREUDENMANN 1965

Freudenmann, H.: Planung neuer Produkte. Stuttgart, 1965.

GAUSEMEIER U. A. 1996

Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien. München: Hanser, 1996.

GEYER 1999

Geyer, J.: Saisonale Absatzschwankungen erfordern eine bedarfsorientierte Montage. In: Reinhart, G.; Milberg, J. (Hrsg.): Stückzahlflexible Montagesysteme – Lösungen für eine bedarfsgerechte Montage. München: Utz 1999, S. 5-1 - 5-13.

GRAF 1999

Graf, H.-G.: Prognosen und Szenarien in der Wirtschaftspraxis. München u. a.: Hanser, 1999.

GROB & HAFFNER 1982

Grob, R.; Haffner, H.: Planungsleitlinien Arbeitsstrukturierung. Berlin: Siemens, 1982.

GROSCHKE 1967

Groschke, K.: Das Produktionsprogramm, seine Änderungen und Ergänzungen. Berlin: Duncker & Humblot, 1967.

GUTENBERG 1973

Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band 2. Der Absatz. 12. Aufl. Berlin: Springer, 1973.

GUTENBERG 1983

Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band 1: Die Produktion. 24. Aufl. Berlin: Springer, 1983.

HACKSTEIN 1989

Hackstein, R.: Produktionsplanung und -steuerung. Ein Handbuch für die Betriebspraxis. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1989.

HALLER 1999

Haller, M.: Bewertung der Flexibilität automatisierter Materialflusssysteme der variantenreichen Großserienproduktion. (zugl. Dissertation TU München, 1999)

HANSMANN 1983

Hansmann, K.-W.: Kurzlehrbuch Prognoseverfahren: mit Aufgaben und Lösungen. Wiesbaden: Gabler, 1983.

HARTMANN 1962

Hartmann, W.: Die Produktionselastizität als Faktor der industriellen Absatzplanung. (zugl. Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg, 1962).

HEINEN 1991

Heinen, E. (Hrsg.): Industriebetriebslehre. Entscheidungen im Industriebetrieb. Wiesbaden: Gabler, 1991.

HENSCHEL & KNAPPE 1975

Henschel, H.; Knappe, E.: Volkswirtschaftslehre, Band 1: Grundlagen der makroökonomischen Analyse. Würzburg, 1975.

HOFFMANN 1972

Hoffmann, K.: Der Produktlebenszyklus: Eine kritische Analyse. Freiburg: Rombach, 1972.

HOFSTÄTTER 1977

Hofstätter, H.: Die Erfassung der langfristigen Absatzmöglichkeiten mit Hilfe des Lebenszyklus eines Produkts. Würzburg: Physica, 1977.

HOITSCH 1993

Hoitsch, H.-J.: Produktionswirtschaft. Grundlagen einer industriellen Betriebswirtschaftslehre. München: Vahlen, 2. Aufl. 1993.

HYMOS 1999

Autorengemeinschaft HYMOS (Hrsg.): Gemeinsamer Abschlussbericht zum BMBF-Verbundprojekt HYMOS – Hybride Montagesysteme. Dortmund: Verlag der Gesellschaft für Arbeitsschutz- und Humanisierungsforschung mbH (GfAH), 1999.

9 Literaturverzeichnis

JAECK 1978

Jaeck, H.-J.: Konsum- und Absatzprognose: Dargestellt als Fallstudie. Berlin: Duncker & Humblot, 1978.

JÜNEMANN 1989

Jünemann, R.: Materialfluss und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Berlin: Springer, 1989.

KAPFERER & DISCH 1966

Kapferer, C.; Disch, W. K.: Absatzprognose. Köln: Westdeutscher Verlag, 1966.

KETTNER & SCHMIDT 1984

Kettner, H.; Schmidt, J.: Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. München: Hanser, 1984.

KILGER 1959

Kilger, W.: Produktionsplanung einschließlich des Fertigungsprogramms. In: Dynamische Betriebsplanung zur Anpassung an wirtschaftliche Wechsellagen. Wiesbaden, 1959.

KILGER 1973

Kilger, W.: Optimale Produktions- und Absatzplanung: Entscheidungsmodelle für den Produktions- und Absatzbereich industrieller Betriebe. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1973.

KONOLD & REGER 1997

Konold, P.; Reger, H.: Angewandte Montagetechnik – Produktgestaltung, Planung, Systeme, Komponenten. Wiesbaden: Vieweg, 1997.

KÜHN 1989

Kühn, M.: Flexibilität in logistischen Systemen. Heidelberg: Physica, 1989.

LINDERMAIER 1998

Lindermaier, R.: Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen. Berlin: Springer, 1998. (zugl. Dissertation TU München, 1998)

LOTTER 1986

Lotter, B.: Wirtschaftliche Montage. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986.

LOTTER & SCHILLING 1994

Lotter, B.; Schilling, W.: Manuelle Montage. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1994.

LOTTER U. A. 1998

Lotter, B.; Hartel, M.; Menges, R.: Manuelle Montage – wirtschaftlich gestalten. Renningen-Malmsheim: expert-Verlag, 1998.

MATHES 1998

Mathes, I.: International wettbewerbsfähig am Standort Deutschland. In: 1. Deutsche Fachkonferenz - Die Zukunft der Produktion, 1./2. Juli 1998, Stuttgart. Landsberg: mi-Verlag, 1998.

METZGER 1977

Metzger, H.: Planung und Bewertung von Arbeitssystemen in der Montage. Berlin: Springer, 1977. (zugl. Dissertation Universität Stuttgart, 1977)

MIESE 1976

Miese, M.: Systematische Montageplanung in Unternehmen mit Kleinserienproduktion. Essen: Giradet, 1976.

PFOHL 1996

Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen. Berlin: Springer, 1996.

PRÜFER 1998

Prüfer, I.: Produktion für zyklische Märkte. In: 1. Deutsche Fachkonferenz – Die Zukunft der Produktion, 1./2. Juli 1998, Stuttgart. Landsberg: mi-Verlag, 1998.

REFA 1985

REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums – Teil 3 Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung. München: Hanser, 1985.

REFA 1990

REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation – Planung und Betrieb Komplexer Produktionssysteme. München: Hanser, 1990.

REFA 1991

REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation – Planung und Steuerung Teil 2. München: Hanser, 1991.

9 Literaturverzeichnis

REFA 1991A

REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation – Planung und Steuerung Teil 1. München: Hanser, 1991.

REFA 1993

REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation – Arbeitsgestaltung in der Produktion. München: Hanser, 1993.

REICHMANN 1968

Reichmann, T.: Die Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf – Ein Beitrag zur Verbindung von Produktions-, Investitions- und Lagerplanung. Köln: Westdeutscher Verlag, 1968. (zugl. Dissertation J.-W. Goethe-Universität Frankfurt, 1967)

REICHWALD & BEHRBOHM 1983

Reichwald, R.; Behrbohm, P.: Flexibilität als Eigenschaft produktionswirtschaftlicher Systeme. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 53 (1983) 9, S. 831-851.

REINHART & DÜRRSCHMIDT 1998

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.: Montagesysteme für langfristige Stückzahl-schwankungen. In: ZWF 93 (1998) 4, S. 135-138.

REINHART U. A. 1998

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Krüger, A.: Bedarfsorientierte Montage mit flexiblen Systemen vermeidet Überkapazitäten. In: Maschinenmarkt 104 (1998) 38, S. 56-61.

REINHART U. A. 1999A

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Krüger, A.: Stückzahlflexible Montage- und Logistiksysteme. Integrierte Planung kapazitätsflexibler Systeme. In: wt Werkstatttechnik 89 (1999) 9, S. 413-418.

REINHART U. A. 1999B

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Krüger, A.: Stückzahlflexible Montage. Vortrag am 15. Deutschen Montagekongress. Landsberg/Lech: Verlag moderne Industrie, 1999.

REINHART U. A. 1999C

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Hirschberg, A.; Selke, C.: Wandel – Bedrohung oder Chance?. In: io Management Zeitschrift 68 (1999) 5, S. 20-24.

REINHART U. A. 1999D

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Hirschberg, A.; Selke, C.: Reaktionsfähigkeit für Unternehmen. Eine Antwort auf turbulente Märkte. In: ZWF 94 (1999) 1/2, S. 21-24.

REINHART 2000

Reinhart, G.: Im Denken und Handeln wandeln. In: Reinhart, G.; Hoffmann, H. (Hrsg.): Nur der Wandel bleibt. Wege jenseits der Flexibilität. Münchner Kolloquium 2000. München: Utz, 2000, S. 17-40.

REINHART U. A. 2000

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Krüger, A.: Integrierte Montage- und Logistikplanung. In: Hossner, R. (Hrsg.): Jahrbuch Logistik 2000. Düsseldorf: Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, 2000, S. 216-218.

REINHART & SCHNEIDER 1995

Reinhart, G.; Schneider, B.: Montage. In: Kern, W. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Stuttgart: Poeschel, 1995, S. 1236-1248.

RITTER 1988

Ritter, A.: Optimierung der Produktionskapazität bei zyklischer Nachfrage: EDV-gestützte Kapazitätsplanung mit Hilfe dynamischer Investitionskalküle. Berlin: Schmidt, 1988. (zugl. Dissertation Universität Mannheim, 1987)

ROGGE 1972

Rogge, H.-J.: Methoden und Modelle der Prognose aus absatzwirtschaftlicher Sicht: Ein Beitrag zur Prognoseforschung im Unternehmensbereich. Berlin: Duncker & Humblot, 1972.

ROSS 2002

Ross, P.: Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrads von Montageprozessen in frühen Phasen der Montageplanung. (zugl. Dissertation TU München, 2002)

SAUER 1987

Sauer, H.: Mengen- und ablauforientierte Kapazitätsplanung bei Montagesystemen. Berlin: Springer, 1987. (zugl. Dissertation Universität Stuttgart, 1987)

SCHÄFER 1953

Schäfer E.: Grundlagen der Marktforschung. 3. Auflage, Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag, 1953.

9 Literaturverzeichnis

SCHEER 1983

Scheer, A.-W.: Absatzprognosen. Berlin: Springer, 1983.

SCHMIDT 1992

Schmidt, M.: Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme. Berlin: Springer, 1992. (zugl. Dissertation TU München, 1991)

SCHNEIDER 1999

Schneider, B.: Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile. (zugl. Dissertation TU München, 1999)

SCHREYÖGG 1998

Schreyögg, G.: Organisation. Grundlagen moderner Organisationsgestaltung. Wiesbaden: Gabler, 1998.

SCHUMANN 1981

Schumann, K.: Der Lebenszyklus von Produkten und sein Einfluss auf Produktion und Vertrieb. (zugl. Dissertation TU Berlin, 1981)

SETHI & SETHI 1990

Sethi, A. K.; Sethi, S. P.: Flexibility in Manufacturing. A Survey. In: The International Journal of Flexible Manufacturing Systems 2 (1990), S. 289-328.

SPUR & STÖFERLE 1986

Spur, G.; Stöferle, T.: Handbuch der Fertigungstechnik, Bd. 5: Fügen, Handhaben, Montieren. München: Hanser, 1986.

STINNES 1974

Stinnes, A.-H.: Simultane Produktionsprogramm-, Kapazitäts- und Preisplanung in Unternehmungen mit saisonalem Absatzverlauf mit Hilfe von Methoden des Operations Research. (zugl. Dissertation Universität Aachen, 1974)

STÜTZLE 1987

Stützle, G.: Langfristige Kapazitätsplanung unter Berücksichtigung der betrieblichen Elastizität. München: Florentz, 1987.

SUAREZ U. A. 1995

Suarez, F.F.; Cusumano, M.A.; Fine, C.H.: An Empirical Study of Flexibility in Manufacturing. In: Sloan Management Review, Fall 1995, S. 25-32.

UHLMANN & SCHRÖDER 1998

Uhlmann, E.; Schröder, C.: Agile Produktion als Antwort auf den Wandel der Märkte. In: ZWF 93 (1998) 5, S. 180-184.

UPTON 1997

Upton, D. M.: Process Range in Manufacturing. An Empirical Study of Flexibility. In: Management Science 43 (1997) 8, S. 1079-1092.

VÄHNING 1985

Vähning, H.: Flexibilität von personalintensiven Montagesystemen bei Serienfertigung. Berlin: Springer, 1985. (zugl. Dissertation Universität Stuttgart, 1984)

VOLBERG 1981

Volberg, K.: Zur Problematik der menschlichen Flexibilität. In: Betriebswirtschaftliche Schriften zur Unternehmensführung, Bd. 31: Personalwesen. Düsseldorf: Mannhold-Verlag, 1981.

VDI 2860 1990

VDI Richtlinie 2860: Blatt 1: Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen: Begriffe, Definitionen, Symbole. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1990.

WALDRAFF 1982

Waldruff, A.: Das logistische Regelfeld Absatz – Bestände – Fertigung. Bern: Lang, 1982.

WARNECKE 1975

Warnecke, H.-J. (Hrsg.); Löhr, H.-G.; Kiener, W.: Montagetechnik – Schwerpunkt der Rationalisierung. Mainz: Krauskopf-Verlag, 1975.

WARNECKE U. A. 1980

Warnecke, H.-J.; Bullinger, H.-J.; Hichert, R.: Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure. München: Hanser, 1980.

WEBER 1999

Weber, J.: Einführung in das Controlling. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1999.

WENDLAND 1998

Wendland U.: Ein Mittelständler macht mobil. In: 1. Deutsche Fachkonferenz – Die Zukunft der Produktion, 1./2. Juli 1998, Stuttgart. Landsberg: mi-Verlag, 1998.

WESNER 1977

Wesner, E.: Die Planung von Marketing-Strategien auf der Grundlage des Modells des Produktlebenszyklus. (zugl. Dissertation Universität Berlin, 1977)

WESTKÄMPER U. A. 2000

Westkämper, E.; Wiendahl, H.-H.; Pritschow, G.; Rempp, B.; Schanz, M.: Turbulenz in der PPS – eine Analogie. In: wt Werkstattstechnik 90 (2000) 5, S. 203-207.

WIENDAHL 1980

Wiendahl, H.-P.: Technologische, kapazitive und strukturelle Flexibilität – Voraussetzungen, Möglichkeiten, Grenzen. Vortrag auf dem Kongress: Produktion – Planung Steuerung (PPS), Böblingen, 12.-14. November 1980. (Veranstalter RKW u. a.)

WIENDAHL 1997

Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. München: Hanser, 1997.

WIENDAHL & RÖHRIG 1998

Wiendahl, H.-P.; Röhrig, M.: Die atmende Fabrik. In: 1. Deutsche Fachkonferenz – Die Zukunft der Produktion, 1./2. Juli 1998, Stuttgart. Landsberg: mi-Verlag, 1998.

WILDEMANN 1992

Wildemann, H.: Arbeitszeitmanagement. St. Gallen, 1992.

WÖHE 1990

Wöhe, G.: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. München: Vahlen, 17. Aufl. 1990.

ZÄPFEL 1982

Zäpfel, G.: Operatives Produktionsmanagement. Berlin: Springer, 1982.

10 Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1:	Ziele einer stückzahlflexiblen Montage.....	3
Bild 1-2:	Überblick über die Struktur und Inhalte der Arbeit	5
Bild 2-1:	Abstimmung von Personal- und Betriebsmittelkapazität nach REFA [1991, S. 393] und WIENDAHL [1997, S. 323].....	8
Bild 2-2:	Charakterisierung des kurz-, mittel- und langfristigen Zeithorizonts	10
Bild 2-3:	Montage als Teilsystem des Produktionssystems [WARNECKE 1975].....	12
Bild 2-4:	Gegenüberstellung der Systematik Montagesystem und -anlage.....	13
Bild 2-5:	Flexibilitätsbedarfstypen [REICHWALD & BEHRBOHM 1983, S. 831FF.].....	15
Bild 2-6:	Flexibilitätspotenzialtypen [REICHWALD & BEHRBOHM 1983, S. 831FF.].....	15
Bild 2-7:	Charakterisierung von Absatzveränderungen durch Änderung und Schwankung des Verlaufs.....	19
Bild 2-8:	Grundformen von Bedarfsverläufen nach WIENDAHL [1997, S. 301F.], REFA [1991, S. 15] und WÖHE [1990, S. 491FF.].....	20
Bild 2-9:	Schematische Darstellung der additiven Zeitreihenzerlegung nach HENSCHEL & KNAPPE [1975, S. 24].....	21
Bild 2-10:	Klassischer Produktlebenszyklus anhand verschiedener Maßgrößen nach SCHUMANN [1981, S. 28].....	24
Bild 2-11:	Reale Produktlebenszyklusverläufe eines Pneumatik-Drehzylinders (Verlauf A) und eines Elektrohandwerkzeugs (Verlauf B).....	26
Bild 2-12:	Links- und rechtssteiler Zyklusverlauf nach WESNER [1977, S. 78]	26
Bild 2-13:	Produktlebenszyklen vom Typ S, B und G_{om} nach WESNER [1977, S. 86F.].....	27
Bild 2-14:	Mittelfristige, saisonale Absatzschwankungen	29
Bild 2-15:	Kurzfristige Absatzschwankungen	30
Bild 3-1:	Gleichlauf-, Zeitstufen- und Ausgleichsprinzip zur Kapazitätsabstimmung nach HOITSCH [1993, S. 97].....	35
Bild 3-2:	Anpassung der Produktionskapazität an Beschäftigungsschwankungen [GUTENBERG 1983]	36
Bild 3-3:	Flexible Arbeitszeitmodelle nach BULLINGER [1995, S. 285]	38
Bild 3-4:	Überdimensionierung der Kapazität eines Montagesystems durch in Reihe oder parallel angeordnete Reserve-Arbeitsplätze	40
Bild 3-5:	Kapazitätsabgleich durch absatzpolitische Maßnahmen	41
Bild 3-6:	Unterschiedliche Ausprägungen flexibler Arbeitszeitmodelle	43
Bild 3-7:	Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung nach GEYER [1999].....	44
Bild 3-8:	Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung nach LOTTER U. A. [1998].....	45
Bild 3-9:	Simulationsverfahren zur Abstimmung von Produktion und Absatz	47
Bild 3-10:	Problemlösungszyklus der Systemtechnik nach DAENZER [1986, S. 41]	48
Bild 3-11:	Systematik zur Planung und Einführung komplexer Produktionssysteme nach REFA [1990, S. 89].....	49

Bild 3-12:	Systematik zur Planung flexibler Montagesysteme nach BULLINGER [1995, S. 87F.]	51
Bild 3-13:	Leitfäden zur Planung und Gestaltung flexibler Montagestrukturen nach KONOLD & REGER [1997, S. 24].....	53
Bild 4-1:	Kriterien zur Charakterisierung der Strategiebausteine.....	60
Bild 4-2:	Organisatorische, technische und personelle Strategiebausteine zur Abstimmung der Montagekapazität.....	65
Bild 4-3:	Strategiebaustein Veränderung der Arbeitszeit durch Teil- und Gleitzeit nach BULLINGER [1995, S. 287 und S. 305].....	68
Bild 4-4:	Strategiebaustein Variation der Schichtarbeit	69
Bild 4-5:	Strategiebaustein zusätzliche Arbeitstage (Beispiel Samstagsarbeit).....	71
Bild 4-6:	Strategiebaustein zeitweise Stilllegung der Montageanlage.....	73
Bild 4-7:	Strategiebaustein Lagerhaltung.....	74
Bild 4-8:	Strategiebaustein typen- und variantenflexible Montage	75
Bild 4-9:	Strategiebaustein Out-/Insourcing der Montage	76
Bild 4-10:	Strategiebaustein Überkapazität an Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln.....	78
Bild 4-11:	Strategiebaustein stufenweiser Aus- oder Rückbau des Montagesystems	79
Bild 4-12:	Strategiebaustein Engpassorientierung.....	80
Bild 4-13:	Strategiebaustein Ein- oder Ausgliedern von Montageinhalten	81
Bild 4-14:	Strategiebaustein Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme.....	83
Bild 4-15:	Strategiebaustein Einsatz eines Nebenmontagesystems	84
Bild 4-16:	Strategiebaustein Veränderung des Automatisierungsgrads.....	85
Bild 4-17:	Strategiebaustein Veränderung der Mitarbeiteranzahl	86
Bild 4-18:	Strategiebaustein Einsatz von Springerpersonal.....	88
Bild 5-1:	Wesentliche abgeänderte und neue Planungsaufgaben im Gesamtkonzept der entwickelten Planungsvorgehensweise.....	92
Bild 5-2:	Vorgehensweise zur Planung stückzahlflexibler Montagesysteme	93
Bild 5-3:	Zusätzliche Analysepunkte bei der Ist- und Schwachstellenanalyse	95
Bild 5-4:	Arbeitsschritte zu Analyse und Bewertung des Absatzverhaltens des Produkts	96
Bild 5-5:	Umfeldinformationen und -einflüsse einer Unternehmung nach GRAF [1999, S. 61FF.].....	97
Bild 5-6:	Beispielhafte Erfassung des langfristigen Absatzverhaltens des Produkts.....	98
Bild 5-7:	Beispielhafte Erfassung des mittel- und kurzfristigen Absatzverhaltens	98
Bild 5-8:	Beispielhafte Ermittlung der Charakteristika des langfristigen Absatzverhaltens des Produkts	100
Bild 5-9:	Beispielhafte Ermittlung der Charakteristika des mittelfristigen Absatzverhaltens.....	101
Bild 5-10:	Beispielhafte Definition eines Prognoseabweichungskorridors für das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten	102

Bild 5-11:	Beispielhafte Zusammenfassung der Charakteristika des Absatzverhaltens zu einem Gesamtbild	103
Bild 5-12:	Beispielhafte Zusammenfassung der Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montage (ohne Berücksichtigung der Prognoseabweichung)....	104
Bild 5-13:	Beispielhafte Planungsszenarien des Montagesystems für das lang-, mittel- und kurzfristige Absatzverhalten	107
Bild 5-14:	Beispielhafte Auswahl von Strategiebausteinen zur Realisierung der Szenarioübergänge des langfristigen Absatzverlaufs.....	109
Bild 5-15:	Prinzipielle Handlungsstrategien zur Kapazitätsabstimmung für den lang-, mittel- und kurzfristigen Absatzverlauf.....	110
Bild 5-16:	Prinzipiellösungen zur Kapazitätsanpassung für die lang-, mittel- und kurzfristigen Handlungsstrategien	115
Bild 5-17:	Kapazitätsflexibilität der entwickelten Prinzipiellösungen der langfristigen Handlungsstrategien.....	116
Bild 5-18:	Vorgehen zur Bewertung der Prinzipiellösungen der Handlungsstrategien	117
Bild 5-19:	Vorgehen zur Abstimmung der Kapazität des Montagesystems	124
Bild 5-20:	Beispielhafte Darstellung von Kapazitätsbedarf, -angebot sowie Kapazitätspotenzialen der Strategien zur langfristigen Kapazitätsabstimmung	126
Bild 6-1:	Produktaufbau des Pkw-Schiebedachsystems	132
Bild 6-2:	Prognostiziertes lang-, mittel- und kurzfristiges Absatzverhalten des Schiebedachs inkl. Prognoseabweichungskorridor.....	133
Bild 6-3:	Anforderungen an die Stückzahlflexibilität der Montageanlage unter Berücksichtigung des Prognoseabweichungskorridors.....	135
Bild 6-4:	Festgelegte Planungsszenarien für die lang-, mittel- und kurzfristige Kapazitätsanpassung der Montageanlage	137
Bild 6-5:	Ausgewählte Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung der Montage	138
Bild 6-6:	Lang-, mittel- und kurzfristige prinzipielle Handlungsstrategien	139
Bild 6-7:	Prinzipiellösungen zur lang- und mittelfristigen Kapazitätsabstimmung.....	141
Bild 6-8:	Layout der Systemkonfiguration A und B des Montageanlagenkonzepts	143
Bild 7-1:	Zusammenfassung von Nutzen und Aufwand des entwickelten Konzepts für stückzahlflexible Montagesysteme.....	146

Anhang

A1 Charakteristika der Gewinn- und Preisentwicklung in den Produktlebenszyklusphasen

Einführungsphase

In der Einführungsphase eines Produkts entstehen in der Regel hohe Verluste aufgrund negativer Deckungsbeiträge [WESNER 1977, S. 45]. Die Ursachen sind zu geringe Absatzstückzahlen, hohe Kosten für Werbung und Distribution, Belastungen durch die Amortisation der hohen Forschungs- und Entwicklungskosten für das Produkt, Investitionen für die Produktion sowie die hohen Fertigungskosten (Anlaufverluste, niedrige Verfügbarkeit, fehlende Rationalisierung) [SCHUMANN 1981; HOFSTÄTTER 1977]. Die Verluste werden gegen Ende der Einführungsphase mit steigenden Absatzzahlen immer kleiner und gehen gegen null (Gewinnschwelle). Bei der Preisentwicklung kann in dieser Phase zwischen Hoch- oder Tiefpreispolitik unterschieden werden.

Wachstumsphase

In der Wachstumsphase werden erstmals Gewinne erzielt und diese steigen wegen des intensiven Absatzwachstums sehr stark an. Gründe dafür sind gesunkene Aufwendungen für Werbung und Skaleneffekte in der Produktion durch höhere Absatzzahlen. Ferner verringern sich die Anlaufverluste in der Produktion und erste Rationalisierungsmaßnahmen ermöglichen Stückkostensenkungen. Die Gewinne steigen bis zum Ende der Wachstumsphase weiter an, gegen Ende der Wachstumsphase verschlechtert sich jedoch die Gewinnsituation wieder aufgrund eines leichten Preisverfalls, steigenden Werbeaufwendungen, Aufnahmewiderstände durch Wettbewerbsprodukte, Entwicklungskosten für Produktverbesserungen sowie Serviceleistungen [WESNER 1977]. Beim Übergang zur nächsten Phase erreicht der Gewinnverlauf sein Maximum und durchläuft den „*Break-even Point*“.

Reifephase

In der Reifephase nehmen die Gesamtgewinne wieder ab, da der Preis des Produkts weiterhin absolut abnimmt und zudem eine Reduzierung der Stückkosten kaum noch möglich ist. Die Grenzgewinne sind negativ und fallen stark ab, wobei die Änderungsraten gegen Ende der Phase abflachen und ein Minimum erreichen. Weitere Gründe für diesen extremen Gewinnverfall sind nach WESNER [1977] in der stagnierenden und rückläufigen Umsatz- bzw. Absatzentwicklung, im Auftreten von Substitutionsprodukten, dem zunehmenden Preisverfall und der Anpassung der Werbeaufwendungen an die aktuelle Absatzsituation zu suchen.

Sättigungsphase

In dieser Phase nehmen die Gewinne mit einer stärker abflachenden Änderungsrate weiter ab, nähern sich der Nulllinie an und verlaufen dort ausgeglichen auf relativ niedrigem Niveau. Sie können jedoch bei sehr starkem Absatzrückgang auch bereits die Gewinnschwelle unterschreiten. Die Ursache für die geringe Gewinnspanne ist im starken Absatzrückgang, dem Angebot zahlreicher Produktvarianten sowie ausbleibender Rationalisierungseffekte in der Produktion zu suchen. Der Preis stellt nun das wichtigste Wettbewerbsinstrument dar.

Degenerations-/Auslaufphase

In dieser Phase schrumpfen die Gewinne weiter und nähern sich der Nulllinie an oder unterschreiten diese sogar aufgrund starken Nachfragerückgangs, Preisverfalls sowie steigender Produktionskosten (z. B. Überkapazität). Die Verschlechterung der Ertragslage führt zur Überprüfung der Kostenstruktur, die über die weitere Existenz des Produkts im Markt entscheidet. Teilweise kann es für eine gewisse Zeit erforderlich sein, ein solches Produkt weiter im Produktprogramm zu belassen, um Synergieeffekte zu anderen Produkten des Sortiments zu erhalten. Der Verlust dieser Produkte muss dann jedoch durch die Ertragsentwicklung anderer Produkte kompensiert werden [GUTENBERG 1973]. Die Preisentwicklung ist sehr unterschiedlich, teilweise erfolgen Preiserhöhungen oder auch -senkungen.

A2 Bewertungsmatrix der Strategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung

A2.1 Bewertung der prinzipiellen Funktionsweise der Strategiebausteine

In der Bewertungsmatrix ist die Zusammenfassung der Bewertung der Strategiebausteine mit den Kriterien der Kategorie prinzipielle Funktionsweise dargestellt.

Nr.: STRATEGIEBAUSTEINE		Prinzipielle Funktionsweise								
		Art der Abstimmung	Prinzip der Abstimmung	Form der Abstimmung	Aktive/Passive Abstimmung	Reaktionsgeschwindigkeit	Höhe der Abstimmung	Stufenanzahl der Abstimmung	Reversibilität der Abstimmung	Umsetzungsgrad der Strategie
		O/T/P	GL/ZS/AG	D/G/M/AG	P/A	SS/S/L/SL	K/M/H/SH	1/2/3/n	J/B/N	U/P
OS1A	Variation der täglichen Arbeitszeiten	O	GL	D	P	SS	K/M	n	J	U
OS1B	Variation der Schichtarbeit	O	ZS	D	P	S-L	H-SH	n	J/B	U
OS1C1	Einsatz von Samstagarbeit	O	GL	D	P	S	K	1	J	U
OS1C2	Einsatz von Sonn- und Feiertagsarbeit	O	GL	D	P	L	K	1	J	U
OS2	Zeitweise Stilllegung der Montageanlage	O	ZS/GL	D	P	SS	M-H	1/n	J	U
OS3	Lagerhaltung	O	AG	AG	P	SS (L-SL)	K-M	n	J	U (P)
OS4	Typen- und variantenflexible Montage	O	AG	AG	P	SS	K-H	n	J	U
OS5	Out-/Insourcing der Montage	O	GL/ZS	M	P/A	SL	K-H	1-n	B-N	P
TS1A	Überkapazität an Arbeitsplätzen	T	GL/ZS	G	P/A	SS	K-SH	n	J	U
TS1B	Überkapazität von Betriebsmitteln	T	GL/ZS	M	P/A	SS	K-SH	n	J	U
TS2	Stufenweiser Aus-/Rückbau der Anlage	T	ZS	G/M	A	L-SL	M-SH	1	B/N	P
TS3	Engpassorientierung	T	GL	D/G/M	A/P	SS-SL	K	1	J/B/N	P
TS4	Ein-/Ausgliederung von Vormontagen	T	GL	G	A	S-L	K	1	B	P
TS5A	Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme	T	ZS	M	A	SL/SS	H-SH	1	N	P
TS5B	Einsatz eines Nebenmontagesystems	T	ZS	M	A	L-SL/SS	K-M	1	N	P
TS6	Veränderung des Automatisierungsgrads	T	ZS	G	A	SL	K-H	1-n	N	P
PS1	Veränderung der Mitarbeiteranzahl	P	GL/ZS	G/M	P/A	SS-SL-SL	K-SH	n	J/B	U
PS2	Einsatz von Springerpersonal	P	GL	G/M	P	SS	K	1	J	U

(Legende zur Erklärung der Abkürzungen siehe Kapitel 4.1.1)

A2.2 Bewertung der Einsatzzeignung und des Realisierungsaufwands der Strategiebausteine

In der Bewertungsmatrix ist die Zusammenfassung der Bewertung der Strategiebausteine mit den Kriterien der Kategorien Einsatzzeignung für Absatzveränderungen und Umsetzungsaufwand dargestellt.

Nr.:	STRATEGIEBAUSTEINE	BEMERTUNGS-KRITERIEN						Einsatzzeignung bei spezifischen Absatzveränderungen			Umsetzungsaufwand		
		Einsatzzeignung bei Absatzveränderungen			Einsatzzeignung bei Absatzschwankungen			K/M/H/SH	Prognose-sicherheit	Planungs-aufwand	Realisierungs-aufwand	Investitions-aufwand	
		kurz-fristig	mittel-fristig	lang-fristig	kurz-fristig	mittel-fristig	lang-fristig						
OS1A	Variation der täglichen Arbeitszeiten	+	o	o	+	+	+	K/M	G/M	G	G	G	
OS1B	Variation der Schichtarbeit	+	+	+	o	+	+	H-SH	M-H	G	G/H	G	
OS1C1	Einsatz von Samstagsarbeit	+	+	+	+	+	+	K	M	G	G	G	
OS1C2	Einsatz von Sonn- und Feiertagsarbeit	o	-	-	-	+	o	K	H	G	G	G	
OS2	Zeitweise Stilllegung der Montageanlage	+	o	-	+	+	o	M-H	G-M	G	G	G	
OS3	Lagerhaltung	o	o	-	+	+	-	K-M	M-H	G (H)	G (H)	G (H)	
OS4	Typen- und variantenflexible Montage	+	+	o	+	+	+	K-H	G	G	G	G	
OS5	Out-/insourcing der Montage	-	o	+	-	o	+	K-H	H	H	H	G-H	
TS1A	Überkapazität an Arbeitsplätzen	+	+	o	+	+	+	K-SH	G-M	G-H	G-H	G	
TS1B	Überkapazität von Betriebsmitteln	+	o	-	+	+	o	K-SH	H	G	G-H	G	
TS2	Stufenweiser Aus-/Rückbau der Anlage	-	o	+	-	-	o	M-SH	M-H	H	H	H	
TS3	Engpassorientierung	o/+	o/+	o/+	o/+	o/+	o/+	K	G-H	G/H	G/H	G/H	
TS4	Ein-/Ausgliederung von Vormontagen	o	+	+	o	o	+	K	M	H	H	G	
TS5A	Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme	-	o	+	-	-	o	H-SH	H	H	H	H	
TS5B	Einsatz eines Nebenmontagesystems	-/o	o	+	-	-	+	K-M	M-H	H	H	H	
TS6	Veränderung des Automatisierungsgrads	-	o	+	-	-	o	K-H	H	H	H	H	
PS1	Veränderung der Mitarbeiteranzahl	+	+	+	+	+	+	K-SH	G-H	G/(H)	G/(H)	G	
PS2	Einsatz von Springerpersonal	o	-	-	+	+	o	K	G	G	G	G	

(Legende zur Erklärung der Abkürzungen siehe Kapitel 4.1.2 und 4.1.3)

A3 Beschreibung der Wirkungsweise der Strategiebausteine

A3.1 Organisatorische Strategiebausteine

OS1A/B/C Flexible Arbeitszeitgestaltung

Prinzipiell lassen sich flexible Arbeitszeitmodelle durch die Merkmale *flexible Lage*, *flexible Dauer* sowie *flexible Lage und Dauer der Arbeitszeit* unterscheiden. Einen Überblick und eine Beschreibung der am häufigsten verwendeten flexiblen Arbeitszeitmodelle sowie deren Ausprägungen gibt BULLINGER [1995, S. 265FF.]. Mit Hilfe der flexiblen Arbeitszeitmodelle sind unterschiedlichste Ausprägungen der täglichen, wöchentlichen, monatlichen oder jährlichen Arbeitszeit hinsichtlich Lage und Dauer der Arbeitszeit möglich und bieten somit umfassende Möglichkeiten zur Abstimmung der Montagekapazität mit dem Absatzbedarf. Die am häufigsten eingesetzten flexiblen Arbeitszeitmodelle, unterteilt nach ihrem Wirkprinzip, sind *Variation der Arbeitszeit* (Gleitzeit, Teilzeit), *Variation der Schichtarbeit* (Schichtmodelle, Teilzeitschichten) und *zusätzliche Arbeitstage* (Samstage, Sonn- und Feiertage).

OS1A Variation der Arbeitszeit

Das Prinzip der Anpassung der Arbeitszeit ist bei dieser Strategiebausteingruppe durch eine flexible Dauer und Lage der Arbeitszeit gekennzeichnet. Das Arbeitszeitgesetz in Deutschland definiert die Arbeitszeit als die zur täglichen Leistung der Arbeit zur Verfügung stehende Zeit ohne Pausen. Die werktägliche Arbeitszeitdauer ist täglich auf 8 Stunden und wöchentlich auf 48 Stunden (6 Arbeitstage) festgelegt. Der Samstag ist dabei ein gewöhnlicher Arbeitstag. Die tatsächliche Arbeitszeit und die Verteilung auf die einzelnen Wochentage wird durch landesspezifische Gesetzgebungen, Tarifverträge, Betriebsvereinbarungen und den Arbeitsvertrag geregelt [BULLINGER 1995, S. 272F.]. Dabei kann die tägliche Arbeitszeit auf bis zu 10 Stunden verlängert werden, wenn die Verlängerung innerhalb eines definierten Zeitraums ausgeglichen wird. Abweichend von Tarifverträgen oder Betriebsvereinbarungen, können hierfür auch Ausnahmeregelungen vereinbart werden.

Variable tägliche oder wöchentliche Arbeitszeitmodelle beinhalten vor allem die *Gleit-* und *Teilzeitarbeit*. *Gleitzeit* ist eine Form von Arbeitszeitmodell, bei der ein Arbeitnehmer innerhalb eines gewissen Rahmens über Beginn, Lage, Dauer und Ende seiner täglichen Arbeitszeit entscheiden kann [BULLINGER 1995, S. 285FF.]. Die Bestimmungsparameter sind Kernzeit, Gleitzeitspanne, Rahmenarbeitszeit, Zeitguthaben/-schulden, Ausgleichszeitraum, Ausgleichseinheit, Sollzeit und Pausenregelung. Bei homogener Arbeitszeit und tagesbezogener Betrachtungsweise können drei Hauptvarianten von Gleitzeitmodellen (Bild 4-3) unterschieden werden. Zur Abstimmung der Personalkapazität des Montagesystems können durch Veränderung der Bestimmungsparameter in bestimmten Grenzen unterschiedlichste Ausprägungen der Gleitzeit erreicht werden, und somit kann bei erhöhtem Kapazitätsbedarf der Gleitzeitrahmen voll ausgenutzt werden. Bei reduziertem Kapazitätsbedarf können die Arbeitnehmer gleiten.

Bei der *Teilzeitarbeit* ist die Länge der individuell vereinbarten Arbeitszeit geringer als die regelmäßige Arbeitszeit vergleichbarer Vollzeitbeschäftigter. Dabei reicht die Bandbreite von einer Wochenstunde bis zur Untergrenze der tariflich festgelegten Vollzeitbeschäftigung. Durch die Bestimmungsparameter Dauer, Verteilung und Lage, Flexibilität sowie Zeitpunkt der Arbeitszeitfestlegung können Teilzeitarbeitsmodelle in starre und flexible Teilzeitregelungen unterschieden werden [BULLINGER 1995, S. 304ff.]. Ferner ist es möglich, neben der Länge der täglichen Arbeitszeit, die Anzahl der Wochenarbeitstage mit Hilfe dieses Arbeitszeitmodells zu variieren und dadurch die Montagepersonalkapazität (Montagekapazität) anzupassen.

OS1B Variation der Schichtarbeit

Das Prinzip der Anpassung der Arbeitszeit ist bei dieser Strategiebausteingruppe durch eine flexible Lage der Arbeitszeit bei Schichtsystemen sowie eine flexible Dauer und Lage der Arbeitszeit bei Teilzeitschichten gekennzeichnet. Nach BULLINGER [1995, S. 290] fällt bei *Schichtarbeit* die gleiche Arbeitsaufgabe (-leistung) über einen erheblich längeren Zeitraum als die wirkliche Arbeitszeit eines Arbeitnehmers an und wird von mehreren Arbeitnehmern oder -gruppen in festgelegter Reihenfolge (Schichten) am selben Arbeitsplatz erfüllt (Bild 4-4). Schichtsysteme können sehr unterschiedliche Ausprägungen haben und sind durch die Bestimmungsparameter Anzahl, Rhythmus, Dauer, Zyklus, Übergabe und Wechselzeitpunkt einer Schicht sowie die tages- und wochenbezogene Schichtlage gekennzeichnet [BULLINGER 1995, S. 292ff.]. Neben den versetzten Arbeitszeiten und normaler Schichtarbeit werden vielfach auch *Teilzeitschichten*, bei denen die Dauer der Arbeitszeit kürzer als die der normalen Schichtarbeitszeit ist, zur Verlängerung oder Verkürzung der Betriebszeiten eingesetzt. Die am häufigsten verwendete Teilzeitschicht ist die so genannte „Hausfrauenschicht“ von 16 bis 22 Uhr, die auf die normale Tagesarbeitszeit folgt. Durch eine individuelle Gestaltung (Ausprägung) des Schicht- und Teilzeitschichtsystems, das vor allem auf den Parametern Anzahl, Dauer, Lage und Kombination der Schicht- und Teilzeitschichten pro Tag (Woche) basiert, lässt sich durch nacheinander zum Einsatz kommende Arbeitsgruppen die Betriebszeit pro Arbeitstag und somit die Ausbringung der Montageanlage sehr gut an die erforderliche Absatzmenge anpassen [BULLINGER 1995, S. 308ff.].

OS1C Zusätzliche Arbeitstage

Das Prinzip der Anpassung der Arbeitszeit ist bei dieser Strategiebausteingruppe durch eine flexible Lage der Arbeitszeit gekennzeichnet. Sie beinhaltet zusätzliche Arbeitstage wie Samstag, Sonn- und Feiertage. Der *Samstag* ist nach dem Arbeitszeitgesetz in Deutschland ein normaler Arbeitstag und ermöglicht es, die Kapazität des Montagesystems auf Basis einer 5- oder 6-Arbeitstagewoche zu verändern (Bild 4-5). Die Ausprägung des Arbeitszeitmodells an Samstagen kann im Rahmen der Strategiegruppen OS1A und B erfolgen. An *Sonn- und Feiertagen* herrschen grundsätzlich für fast alle Beschäftigungsbereiche Arbeitsverbot. Ausnahmeregelungen bestehen für Bereiche der Daseinsvorsorge und Dienstleistungen sowie in industriellen Betrieben aufgrund technischer Erfordernisse, Gefahr der Beschädigung von

Produktionseinrichtungen oder unzumutbarer Beeinträchtigung der internationalen Konkurrenzfähigkeit mit Gefahr des Verlusts der Arbeitsplätze wegen der längeren Betriebszeiten der ausländischen Konkurrenz. Grundsätzlich darf jedoch an Sonn- und Feiertagen die Arbeitszeitdauer 8 Stunden nicht überschreiten [BULLINGER 1995]. Somit kann aber im Rahmen der bestehenden gesetzlichen und tariflichrechtlichen Regelungen für Sonn- und Feiertagsarbeit die Kapazität eines Montagesystems verändert werden.

OS2 Zeitweise Stilllegung der Montageanlage

Bei dem Strategiebaustein zeitweise Stilllegung der Montageanlage wird die Montage des Produkts und somit die Ausbringung für eine befristete Dauer unterbrochen (Bild 4-6). Beim Einsatz paralleler Haupt- oder Nebenmontagesysteme (TS5A/B) kann dies auch lediglich auf die Parallelsysteme angewandt werden. Dadurch wird die Ausbringung des Produkts nicht komplett, sondern nur um einen gewissen Anteil verändert. Die Stilllegung von Montageanlagen kann von einem Tag bis zu mehreren Wochen dauern und stellt die extreme Ausprägung der Strategiebausteine OS1A, B und C dar. Während der Stillstandszeit erfolgt entweder kein, ein reduzierter oder ein normaler Absatz des Produkts auf Basis aufgebauter Lagerbestände. Dadurch entsteht eine Kombination dieses Strategiebausteins mit dem Strategiebaustein Lagerhaltung (OS3). Falls die Montageanlage produktneutral gestaltet ist, kann auf dieser in der Stilllegungszeit auch ein anderes Produkt, ein anderer Typ oder eine andere Variante montiert werden (vgl. Strategiebausteine OS4, TS5B). Während der Stillstandszeit können zudem notwendige Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden.

OS3 Lagerhaltung

Bei diesem Strategiebaustein werden fertige Produkte oder deren Baugruppen auf Lager gelegt. Veränderungen der Absatzmengen am Markt werden nicht durch Kapazitätsveränderung der Montage, sondern durch einen entsprechenden Auf- oder Abbau des Lagerbestandes ausgeglichen (Bild 4-7). Bei Überkapazität des Montagesystems wird der Lagerbestand aufgebaut, bei Unterkapazität abgebaut und der Markt sowohl aus der Montageanlage als auch aus dem Lager beliefert. Die Kapazität des Montagesystems kann dadurch konstant gehalten und optimal ausgelastet werden, sofern diese mit dem langfristigen Absatzbedarf abgestimmt ist. Die Eignung des Strategiebausteins ist unter anderem von der Produktgröße, den -varianten, dem -wert, der täglichen Ausbringung sowie der vorhandenen Lagerkapazität abhängig. Der Einsatz des Strategiebausteins ermöglicht nur eine geringe Kundenorientierung, die durch kundenneutrale Montage von Produkten oder geringe Typen- und Variantenanzahl kompensiert wird.

OS4 Typen- und variantenflexible Montage

Bei diesem Strategiebaustein werden unterschiedliche Typen und Varianten eines Produkts im gleichen Montagesystem montiert. Die Montage der Typen und Varianten erfolgt entweder gleichzeitig im Mix oder losweise nacheinander. Die Abstimmung der Montagekapazität der

Anlage mit dem veränderten Absatzbedarf einzelner Typen oder Varianten wird bei konstanter Gesamtanlagenkapazität durch eine typen- und variantenflexible Montage aller Produkte realisiert (Bild 4-8). Erfährt die Gesamtabsatzmenge und damit der Kapazitätsbedarf der Anlage eine Veränderung oder bewirkt die extreme Verschiebung der Variantenstückzahlanteile aufgrund unterschiedlicher Montagezeiten eine Veränderung der erforderlichen Gesamtanlagenkapazität, so führt dies zu einem Kapazitätsengpass oder -überschuss für bestimmte Produkte, und es ist ein anderer Strategiebaustein zur Kapazitätsveränderung der Anlage einzusetzen.

OS5 Out-/Insourcing der Montage

Bei diesem Strategiebaustein erfolgt die Kapazitätsabstimmung der Montage durch Fremdvergabe von Produkten oder Baugruppen an Zulieferer (Outsourcing) oder durch Zurückholen (Insourcing) der Montagen in das Unternehmen (Bild 4-9). Das Out- oder Insourcing einer Montage kann zum einen zeitlich begrenzt (verlängerte Werkbank) oder für die gesamte Lebensdauer des Produkts erfolgen und zum anderen einen Teil oder die gesamte Absatzmenge (Montagekapazität) betreffen. Entsprechend diesen Ausprägungen erfolgt die Abstimmung der Montagekapazität mit den Absatzveränderungen entweder unter temporärer Zuhilfenahme des Zulieferers oder komplett durch den Zulieferer.

A3.2 Technische Strategiebausteine

TS1A/B Überkapazität an Arbeitsplätzen/Betriebsmitteln

Diese Strategiebausteingruppe kann in die Teilstrategien Überkapazität an Arbeitsplätzen (TS1A) und Überkapazität an Betriebsmitteln (TS1B) unterteilt werden (Bild 4-10). Im ersten Fall erfolgt eine Aufteilung von Arbeitsinhalten an einer Station auf vorinstallierte, ungenutzte Arbeitsplätze und im zweiten Fall werden alle Arbeitsstationen (Betriebsmittel) zwei- oder mehrfach in einer Anlage vorgesehen. Die Arbeitsstationen können manuelle, teil- oder vollautomatisierte Arbeitsplätze oder Betriebsmittel sein. Die Kapazitätsveränderung der Montage erfolgt im ersten Fall der Arbeitsplatzüberkapazität durch Einsatz der erforderlichen Stationsanzahl (Arbeitsplätze zzgl. Personen) und im zweiten Fall durch variablen Einsatz der mehrfach vorhandenen, gleichen Arbeitsstationen (Betriebsmittel). Die Arbeitsplatzüberkapazität, die einer Artteilung, und die Betriebsmittelüberkapazität, die einer Mengenteilung entspricht, werden somit je nach Kapazitätsbedarf genutzt. Häufig wird jedoch eine Kombination aus Arbeitsplatz- und Betriebsmittelüberkapazität zur Kapazitätsanpassung der Montage eingesetzt. Zur Umsetzung der Kapazitätsveränderung durch diesen Strategiebaustein ist der Einsatz der Folge- oder Kombinationsstrategiebausteine PS1 oder PS2 notwendig.

TS2 Stufenweiser Aus-/Rückbau der Anlage

Bei diesem Strategiebaustein wird eine Montageanlage zur Kapazitätsabstimmung mit manuellen, teil- oder vollautomatisierten Arbeitsstationen stufenweise aus- oder rückgebaut, ohne jedoch primär den Automatisierungsgrad einzelner Stationen (Arbeitsschritte) zu verändern

(Bild 4-11). Die Anzahl der zusätzlichen Arbeitsstationen hängt vor allem von der geforderten Höhe der Kapazitätsveränderung ab. Aus- und Rückbau der Anlage kann durch Art- und/oder Mengenteilung erfolgen. Bei einer langfristigen Absatzänderung kann durch wiederholte Anwendung des Strategiebausteins eine stufenweise Anpassung der Anlagenkapazität an den Absatzbedarf erreicht werden. Zur Umsetzung des Strategiebausteins ist der Einsatz des Folgestrategiebausteins PS1 notwendig. Wird beim Einsatz des Strategiebausteins der Automatisierungsgrad einzelner Arbeitsstationen (-schritte) verändert, so ist dazu der Kombinationsstrategiebaustein TS6 erforderlich.

TS3 Engpassorientierung

Bei diesem Strategiebaustein erfolgt die Kapazitätsanpassung/-erweiterung durch Beseitigung der kapazitiven Engpassstation im Montageablauf der Anlage (Bild 4-12). Eine Engpassmontagestation ist gekennzeichnet durch die größte Bearbeitungszeit oder die geringste Ausbringung und ist somit bestimmend für die Taktzeit bzw. Ausbringung der gesamten Montageanlage. Die Beseitigung der Engpassstation kann durch Mengen- und/oder Artteilung der Montageaufgabe der Station, Neuverteilung der Arbeitsinhalte, Steigerung der Leistungsintensität der Station oder Verbesserung der Stationsverfügbarkeit erfolgen. Die Veränderung der Kapazität der Engpassstation erfolgt letztendlich aber durch den Einsatz eines anderen Strategiebausteins (Folgestrategie).

TS4 Aus-/Eingliederung von Montageinhalten

Bei diesem Strategiebaustein werden zur Kapazitätsabstimmung Montageinhalte aus der Anlage ausgegliedert oder in die Anlage eingegliedert (Bild 4-13). Ausgegliederte Montageinhalte können beispielsweise als Vormontagen an Zulieferer vergeben (vgl. Strategie OS5) oder in einer eigenen Vormontage montiert werden. Aus den veränderten Montageinhalten resultiert in der Anlage eine Über- oder Unterkapazität (Mitarbeiter). Nach der Umverteilung und neuer Austaktung der Montageinhalte kann mit der gleichen Personenanzahl eine höhere oder reduzierte Ausbringung und somit eine Kapazitätsanpassung erreicht werden. Die Über- oder Unterkapazität an Mitarbeitern wegen der aus- oder eingegliederten Montageinhalte muss innerhalb des Unternehmens ausgeglichen werden. Bei der Umsetzung des Strategiebausteins werden häufig die Kombinationsstrategien TS3 und TS4 eingesetzt.

TS5A Einsatz paralleler Hauptmontagesysteme

Bei diesem Strategiebaustein wird zur Kapazitätsanpassung die Anzahl gleichartiger, parallel betriebener Montagesysteme für ein Produkt verändert. Zur Kapazitätserhöhung wird eine bestehende Montageanlage dupliziert oder mehrfach installiert (Bild 4-14). Zur Reduzierung der Kapazität werden eine oder mehrere der parallel betriebenen Montageanlagen außer Betrieb genommen und demontiert. Falls lediglich eine Stilllegung einer parallel betriebenen Montageanlage für einen befristeten Zeitraum erfolgen soll, so entspricht dies dem Strategiebaustein OS2.

TS5B Einsatz eines Nebenmontagesystems

Bei diesem Strategiebaustein wird zur Kapazitätsabstimmung, parallel zum Hauptmontagesystem, ein Nebenmontagesystem mit geringerer Kapazität betrieben (Bild 4-15). Die Kapazität des Nebensystems wird entsprechend dem Bedarf der Absatzschwankung oder -änderung ausgelegt. Das Nebensystem ist kein Duplikat des Hauptsystems, sondern weist eine für den Kapazitätsbedarf geeignete, individuelle Anlagenstruktur und Organisationsform mit unterschiedlicher Anzahl, Leistung und Automatisierungsgrad der Montagestationen sowie der Personenanzahl auf. Falls das Nebensystem in Nutzungspausen nur stillgelegt wird, entspricht das der Strategie OS2. Bei produktflexibler Gestaltung des Nebensystems kann es während der Nutzungspausen auch zur Montage anderer, ähnlicher Produkte eingesetzt werden.

TS6 Veränderung des Automatisierungsgrads

Bei diesem Strategiebaustein wird der Grad der Automatisierung eines Montagesystems beginnend beim manuellen oder mechanisierten über ein teilautomatisiertes bis hin zum vollautomatisierten Montagesystem oder in umgekehrter Richtung in einem oder mehreren Schritten verändert (Bild 4-16). Zur Kapazitätsveränderung werden der Automatisierungsgrad bzw. die Leistung einzelner oder aller Montage- und Handhabungsprozesse verändert. Im Idealfall erfolgt dies unter Beibehaltung der Stationsanzahl der Anlage. In der Praxis müssen jedoch die einzelnen Arbeitsinhalte an den Montagestationen durch Art- und Mengenteilung neu verteilt und ausgetaktet werden. Der Einsatz des Strategiebausteins erfolgt vielfach in Kombination mit den Strategiebausteinen TS1 bis TS4 und PS1. Die Veränderung der Kapazität resultiert somit aus der Erhöhung oder Reduzierung der Taktzeit der Montagestationen und damit der gesamten Montageanlage, woraus sich eine Veränderung der Ausbringung ergibt. Der Grad der Veränderung des Automatisierungsgrads hängt unter anderem von der erforderlichen Anlagentaktzeit, der Automatisierbarkeit sowie der Wirtschaftlichkeit der Automatisierungslösungen der Montageprozesse ab.

A3.3 Personelle Strategiebausteine**PS1 Veränderung der Mitarbeiteranzahl**

Bei diesem Strategiebaustein wird die Montagepersonenanzahl eines Montagesystems an den notwendigen Kapazitätsbedarf durch unterschiedliche Personalstärken, von der Voll- bis zur Mindestpersonalbesetzung, angepasst (Bild 4-17). Die Montagetätigkeiten müssen dazu im Rahmen einer neuen Austaktung der Anlage auf die jeweilige Mitarbeiteranzahl durch Art- und Mengenteilung neu verteilt werden, um keine Taktverluste zu erhalten und wirtschaftlich zu montieren (z. B. Bedienung von zwei Arbeitsplätzen durch eine Person). Dieser Strategiebaustein stellt in der Regel die Folgestrategie aus dem Einsatz der Strategiebausteine TS1 bis TS6 dar.

PS2 Einsatz von Springerpersonal

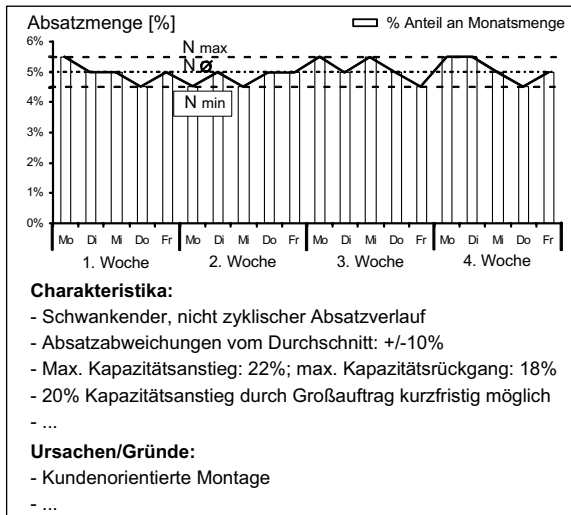
Bei diesem Strategiebaustein wird zur Veränderung der Anlagenkapazität bei Bedarfsveränderungen oder einem Kapazitätsengpass in der Montageanlage nicht die gesamte Personenanzahl im Montagesystem verändert, sondern es werden lediglich ein oder zwei zusätzliche Personen als Springer an den Kapazitätsengpassstationen in der Anlage oder im Anlagenumfeld eingesetzt (Bild 4-18). Ein Springer ist laut DIN 33415 [1984] eine Arbeitskraft, die für die Ablösung und/oder zur Unterstützung von Mitarbeitern an einem oder mehreren Arbeitsplätzen und in verschiedenen Montageanlagen eingesetzt werden kann. Springer müssen daher eine hohe Qualifizierung haben und eine Vielzahl an Montage- und Organisationstätigkeiten beherrschen. Der Einsatz eines Springers erfolgt stationär an einem oder wechselnd zwischen Arbeitsplätzen mit Art-/Mengenteilung der Arbeitsinhalte an den Arbeitsplätzen. Der Springereinsatz ist im Gegensatz zum Strategiebaustein PS1 nur für eine kurzfristige Zeitdauer angedacht.

A4 Detaillierte Beschreibung einzelner Planungsaufgaben

A4.1 Phase 2: Planungsvorbereitung (PV)

PV4-3 Ermittlung der Charakteristika des Absatzverhaltens

Beispielhafte Ermittlung der Charakteristika des kurzfristigen Absatzverhaltens



A4.2 Phase 3: Grobplanung (GP)

GP1 Detailanalyse des Produkts und der Prozesse

Im Rahmen der Produktanalyse werden detailliert die Produktstruktur und die Bauteile und -gruppen in Bezug auf deren Eigenschaften wie Variantenbildung, Bauteilwert, Anlieferungszustand, Handhabungsfähigkeit etc. untersucht (montageerweiterte ABC-Analyse). Im Rahmen der Montageprozessanalyse erfolgt eine detaillierte Betrachtung der Fügeverfahren, der notwendigen Betriebsmittel, der Prozessautomatisierbarkeit sowie der Prozesszeiten. Einen weiteren wichtigen Analysepunkt stellt die Ermittlung der Montagefreiheitsgrade der Bauteile dar, die u. a. durch den Grad der Produktmodularisierung oder die Variantenbildungszeitpunkte bestimmt werden und die wichtig für die Entwicklung alternativer Montagereihenfolgen und Anlagenstrukturen (Abschnitt GP2, GP6) sind [EICH 2001; ROSS 2002; SCHNEIDER 1999].

GP5 Auswahl der Wandlungsstrategie zur Kapazitätsabstimmung

Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung

Im ersten Teil der erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung, der Ermittlung des Arbeitssystemwerts, werden die in Abschnitt PV5 definierten anlagenspezifischen Ziele (z. B. Wiederverwendungsgrad der Anlagenkomponenten, Transparenz der Anlagenentwicklung, Investitionsrisiko, Reversibilität der Wandlungsstrategie, Gütegrad der Kapazitätsabstimmung, Investitionsintervalle etc.) als monetär nicht quantifizierbare Bewertungskriterien verwendet. Der Erfüllungsgrad dieser Ziele wird für jede Planungsalternative bewertet. In Verbindung mit dem Gewichtungsfaktor jedes Kriteriums wird der Arbeitssystemwert für jede Planungsalternative berechnet [BULLINGER 1995, S. 139FF.].

Im zweiten Teil der erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung, dem Wirtschaftlichkeitsvergleich [BULLINGER 1995, S. 143FF.; WARNECKE U. A. 1980; BRONNER 1964; DÄUMLER 1976; RITTER 1988, S. 38FF.], werden Kriterien berücksichtigt, die monetär quantifizierbar sind oder in monetäre Größen übergeführt werden können. Diese setzen sich aus einmaligen Kosten bzw. Investitionen (z. B. Anschaffung, Umbau, Anlauf etc.) und laufenden Kosten (z. B. Personal, Instandhaltung, Abschreibung etc.) zusammen. Nach Zusammenstellung der erforderlichen Leistungs- und Kostenfaktoren jeder Alternative, die in diesem Planungsstadium größtenteils abgeschätzt werden müssen, können für jede Alternative die Gesamtkosten oder Stückkosten ermittelt werden. Dazu eignen sich statische Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung (Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung, Rentabilitäts- und Amortisationsrechnung), die jedoch zeitlich und mengenmäßig einmalige und konstante Zahlungsströme zugrunde legen. Die Berücksichtigung aller Zahlungsströme entsprechend ihrem zeitlichen Anfall und instabiler Marktverhältnisse, wie dies bei der Bestimmung der mittel- bis langfristigen optimalen Kapazitätsgröße eines Investitionsobjekts notwendig ist, erfordert jedoch den Einsatz dynamischer Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung (interner Zinsfuß, Kapitalwertmethode, Annuitätsmethode). Im Rahmen der Bestimmung der optimalen, zukünftigen Kapazität einer Produktionseinheit kann es sich um die Neuanschaffung einer Anlage oder die Überprüfung der Weiterverwendung einer bestehenden Anlage handeln. Schwierigkeiten bereitet dabei die Zurechnung von Kosten und Erlösen auf das Investitionsobjekt im Allgemeinen und vor allem bei Ersatzanschaffung oder Ergänzungsanschaffung [RITTER 1988, S. 40FF.]. Diese Problematik entsteht auch bei der wirtschaftlichen Bewertung der Wandlungsstrategien mit Teil- oder Gesamtzenarienfolgen, die auf technischen Strategiebausteinen basieren. Hierbei stellt sich die Frage, welche Art von Investition in welcher Höhe und zu welchem Zeitpunkt wirtschaftlich ist oder ob der Einsatz von nicht investitionsintensiven organisatorischen oder personellen Strategiebausteinen wirtschaftlicher, sicherer und damit sinnvoller ist. Für die richtige Ermittlung der Kosten- und Leistungsfaktoren der verschiedenen Wandlungsstrategien und damit die Gewährleistung einer richtigen Bewertung der Wandlungsstrategien müssen alle relevanten Parameter der Kostenverursachung von Kapazitätsabstimmungsmaßnahmen in der Montage identifiziert und erfasst werden [REICHMANN 1968,

S. 40FF.]. Bei der Kostenrechnung kann hierbei zur Bestimmung der Herstell- oder Selbstkosten die Zuschlagskalkulation oder Zuschlagsrechnung mit Maschinenstundensätzen verwendet werden. Zur Verifizierung der in diesem Planungsstadium weitgehend auf geschätzten Daten basierenden Ergebnisse der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung dient die Durchführung einer Sensitivitätsanalyse [BULLINGER, 1995]. Dabei wird durch Variation der Berechnungsparameter die Konstanz des Ergebnisses überprüft und Parameter mit dem größten Einfluss werden identifiziert. Damit lassen sich dann Aussagen über die Risiken der Investitionsalternativen treffen.

GP7 Konzeption der Materialbereitstellung

Das Vorgehen bei der Planung der Materialbereitstellung ist ähnlich wie bei der Montage-systemplanung in die Phasen Planungsvorbereitung, Ist-Analyse, Grob-, Feinplanung und Realisierung unterteilt. In der Ist-Analyse werden Anforderungen und Randbedingungen der Materialbereitstellung ermittelt. Dazu wird zum einen eine Analyse der Bauteile in Bezug auf deren logistische Eigenschaften wie Volumen, Gewicht, Varianten etc. (vgl. Abschnitt PV2, GP1) durchgeführt [LOTTER 1986, S. 9FF.]. Zum anderen wird die Logistikstruktur des Werks bzw. Fertigungsbereichs in Bezug auf die Ziele, Strategien, Potenziale und Materialflussstruktur analysiert und Schwachstellen abgeleitet [BULLINGER & LUNG 1994]. In Verbindung mit den Zielen der Planungsaufgabe können damit die Anforderungen an das Materialbereitstellungskonzept definiert werden. Im Rahmen der Grobplanung wird bauteilspezifisch die Dispositionsstrategie, abhängig von Teilemenge, -wert und Verbrauchscharakter, durch eine ABC-XYZ Analyse [WIENDAHL 1997, S. 283FF.] festgelegt sowie die Materialdispositionsstrategie durch die Bedarfsermittlung (auftrags-, programm- oder verbrauchsgestütztes Dispositionsverfahren) und die Art der Materialbeschaffung (Bereitstell-, Bestellrhythmus-, Bestellpunktverfahren) definiert. Nachfolgend wird die Materialbereitstellungsstrategie nach Art (verbrauchs- und bedarfsgesteuert) und Form (Auftragskommissionierung, periodische Bereitstellung, Kanban, Mehrbehältersystem etc.) festgelegt. Eine weitere wichtige Planungsaufgabe stellt die Entwicklung des Grobkonzepts der Material- und Informationsflussstruktur dar. Dazu sind zum einen Material- und Informationsflussströme nach Art und Intensität, die Grobstruktur der physischen Materialflussstruktur und -schnittstellen sowie Lager- und Pufferstufen zu planen. Zum anderen sind Flächenbedarfe für Förder-, Transporttechnik, Transportwege, Lager, Puffer, Bereitstellzonen zu definieren sowie Informationsschnittstellen, -quellen, -senken und die Art und Menge der Informationen zu planen [BULLINGER 1995, S. 123FF.; BULLINGER & LUNG 1994; DÜRRSCHMIDT 2001; DAENZER 1986; EICH 2001; JÜNEMANN 1989; SCHNEIDER 1999].

GP8 Entwicklung von Groblayouts

Begonnen wird bei der Layoutentwicklung in der Regel mit der Erstellung eines Ideallayouts, das unter Berücksichtigung der räumlichen, materialflusstechnischen und gebäudetechnischen Randbedingungen in ein Real-Groblayout (räumliche Anordnung der Teilsysteme) übergeführt wird. Im Rahmen der Weiterentwicklung des realen Groblayouts zum Feinlayout werden Materialfluss, Montageablauf, Arbeitsplatzumgebung, Arbeitsorganisation, Arbeitssicherheit etc. weiter detailliert.

A4.3 Phase 4: Feinplanung (FP)

FP1 Konkretisierung des Montageablaufs und der Arbeitsmethoden

In diesem Feinplanungsschritt wird die organisatorische Gestaltung des Arbeitssystems detailliert, wobei der Montageablauf (räumliches und zeitliches Zusammenwirken von Mensch, Betriebsmittel und Bauteilen) weiter ausgearbeitet wird. Dadurch wird die Montagefolge und -verrichtung an den einzelnen Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln genau bestimmt. Basis hierzu ist der Montagevorranggraph. Ferner werden die Arbeitsmethode an den manuellen und teilautomatischen Arbeitsplätzen festgelegt und die notwendigen Verrichtungszeiten ermittelt. Dadurch ist das Arbeitsverfahren und die Regeln zur Ausführung des Arbeitsablaufs durch den Mitarbeiter definiert. Dies kann beispielsweise durch Beschreibung des Bewegungsablaufs oder durch „SvZ-Analysen“ (Systeme vorbestimmter Zeiten) wie „Work Faktor“ oder MTM erfolgen. Informationen zu den Methoden und Checklisten finden sich bei BULLINGER [1986, S. 249FF.], KONOLD & REGER [1997, S. 55FF.], GROB & HAFNER [1982, S. 96FF.], LOTTER [1986, S. 36FF.], LOTTER & SCHILLING [1994, S. 85FF.], LOTTER U. A. [1998, S. 7FF.] und REFA [1993, S. 227FF.].

FP2 Gestaltung von Arbeitsplätzen und Betriebsmitteln

In diesem Arbeitsschritt erfolgt die detaillierte technische Gestaltung der manuellen, teil- oder vollautomatisierten Arbeitsplätze und Montagestationen sowie der Verkettungsmittel, der Puffer und der Arbeitsplatzumgebung. Dies beinhaltet die funktionsgerechte und ergonomische Auswahl und Gestaltung der Arbeitsplatzausrüstung (Arbeitstisch, Betriebsmittel, Teilebereitstellung). Im Rahmen der Betriebsmittelgestaltung sind zudem Prinzipversuche zur Realisierung sicherer Prozesse durchzuführen. Ferner müssen die Verkettungsmittel zwischen den Arbeitsstationen sowie die Puffer nach Art, Größe und Anzahl ausgelegt werden. Informationen zur Gestaltung von Arbeitsplätzen und Montagestationen in Bezug auf Ergonomie, Flexibilität oder Verfügbarkeit finden sich bei BULLINGER [1986, S. 249FF.], KONOLD & REGER [1997, S. 55FF.], GROB & HAFNER [1982, S. 96FF.], LOTTER [1986, S. 36FF.], LOTTER & SCHILLING [1994, S. 115FF.] und REFA [1993, S. 227FF.].

FP3 Detaillierung des Materialbereitstellungskonzepts

Im Rahmen der Feinplanung der Materialbereitstellung werden die groben Logistik- und Materialbereitstellungskonzepte weiter ausgearbeitet. Dies erfordert die Festlegung des Anlieferungszustands der Bauteile wie Gebindegrößen, Transportmittel und -hilfsmittel, die auf Basis der bauteilspezifischen Materialbereitstellungsstrategien sowie der Anforderungen des Montagesystems bestimmt werden. Des Weiteren sind die Anliefercharakteristika der Bauteile mittels der Parameter Anlieferhäufigkeit und -menge in Abhängigkeit des Verbrauchscharakters sowie der definierten Transporteinheiten zur Optimierung des Transportaufwands zu planen. Weitere Planungsschritte umfassen die Festlegung der Förder- und Lagertechnik unter Berücksichtigung der Erweiterungsfähigkeit und Integrierbarkeit in bestehende Systeme sowie die Definition der Organisation, der Durchführung und der Materialbereitstellung. Abschließend wird die Materialflussstruktur durch Konkretisierung der Materialflussbeziehungen, Bereitstell-, Förder- und Lagertechnik detailliert und die Detaillierung der Informationsflussstruktur (z. B. Datenerfassungs-, Datenverarbeitungs- und Datenausgabesysteme) durchgeführt. Letztendlich fließen die Ergebnisse in die Feinplanung des Layouts (FP4) ein [BULLINGER 1995, S. 123FF.; BULLINGER & LUNG 1994; DÜRRSCHMIDT 2001; EICH 2001; JÜNEMANN 1989; DÄNZER 1986; SCHNEIDER 1999].

FP4 Entwicklung des Feinlayouts

Bei der Feinplanung des Montagesystemlayouts erfolgt die detaillierte Anordnung und Gestaltung der Montagesystemkomponenten wie Arbeitsplätze, Verkettungsmittel oder Regale im Layout. Die Layoutgestaltung der Arbeitsplätze umfasst im Wesentlichen die Festlegung des Montage-raums sowie die Anordnung der Betriebsmittel und Bauteilbehälter unter Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte. Eine weitere Planungsaufgabe stellt die Gestaltung der Arbeitsplatzumgebung unter physiologischen, sicherheitstechnischen und informatorischen Gesichtspunkten dar. Anschließend kann die Arbeitsorganisation, d. h. die Art der Auftragsbearbeitung, die Durchführung von Umfeldaufgaben sowie der Informationsfluss im Montagesystem festgelegt werden. Zu beachten sind bei der Gestaltung der Personalorganisation eine erhöhte Eigenverantwortung, erweiterte Aufgabenbereiche mit unterschiedlichen Anforderungen, Wissen über Zusammenhänge und bereichsübergreifendes Know-how, soziale Kompetenz, eine kooperations- und kommunikationsfreundliche Organisation sowie ein angepasstes Arbeitszeit-, Entlohnungs- und Qualifikationssystem [BULLINGER 1995, S. 151FF.]. Abschließend erfolgt die Aktualisierung der geschätzten oder errechneten Kosten und Arbeits-systemdaten wie Ausbringung, Vorgabezeiten oder Stückkosten [BULLINGER 1986, S. 249FF.; KONOLD & REGER 1997, S. 55FF.; GROB & HAFFNER 1982, S. 96FF.; LOTTER 1986, S. 36FF.; LOTTER & SCHILLING 1994, S. 115FF.; REFA 1993, S. 227FF.; AGGTELEKY 1990; KETTNER & SCHMIDT 1984].

FP5 Bewertung, Auswahl und Dokumentation des Arbeitssystems

Wurden alternative Feinlayouts der einzelnen Arbeitsstationen oder des gesamten Montagesystems erstellt, so werden diese mittels der *erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnung* (vgl. Kapitel GP9) bewertet und die geeignetste Lösung zur Realisierung ausgewählt. Abschließend erfolgt eine Präzisierung des entwickelten Montagesystems durch Festlegung der organisatorischen Regelungen der indirekten und direkten Tätigkeiten (Art, Umfang, Verantwortlichkeit und zeitliche Anordnung der direkten und indirekten Tätigkeiten), die Präzisierung der notwendigen Betriebsmittel (Betriebsmittelspezifikation, Eigenfertigung oder Kauf) sowie die Präzisierung des endgültigen Layouts in Form maßstabsgetreuer Aufstellungs- und Installationspläne. Den Abschluss bildet die Erstellung vorläufiger Montageunterlagen wie Personaleinsatzplanung, Arbeitsplatzanforderungen, Montagepläne, Arbeitsanweisungen, Prüfpläne oder Instandhaltungspläne [BULLINGER 1986, S. 300FF.; KONOLD & REGER 1997, S. 55FF.; GROB & HAFFNER 1982, S. 96FF.; LOTTER 1986, S. 36FF.; LOTTER & SCHILLING 1994, S. 115FF.; REFA 1993, S. 227FF.]. Darüber hinaus sind Unterlagen zu den verschiedenen Möglichkeiten und Ausprägung zur Kapazitätsveränderung der Montageanlage zu erstellen.

A4.4 Phase 5: Systemrealisierung und -einführung (RE)

RE1 Beschaffung, Aufbau, Test und Anpassung der Anlage

Nach der Auswahl des zu realisierenden Montagesystems erfolgen Konstruktion und Bau (Beschaffung) der Montageanlage im eigenen Hause oder durch einen externen Anlagenhersteller. Zur Beschaffung der Anlage ist die Erstellung eines Pflichtenhefts der Anlage bzw. deren Komponenten erforderlich, welches alle erforderlichen Angaben wie Erzeugnisbeschreibung, Leistungsdaten des Montagesystems, Montageablauf, Erzeugnisprüfung, Anlagenkonzeption, Anlagenausführung, Energieversorgung, Steuerung, Arbeitssicherheit, Konstruktionsrichtlinien, Dokumentation, Transport, Aufstellbedingungen, Einkaufs-, Liefer- und Abnahmebedingungen enthält. Auf Basis dieses Pflichtenhefts erfolgt die Ausschreibung und Anfrage bei mehreren Anlagenherstellern, die ihrerseits ein Angebot in Form eines Lastenhefts abgeben. Nach Auswahl eines Anlagenherstellers erfolgen Konstruktion, Bau, Aufbau, Anpassung und Abnahme der Montageanlage beim Anlagenhersteller. Anschließend kann die Anlage im eigenen Unternehmen aufgebaut und überprüft werden [BULLINGER 1986, S. 309FF.; REFA 1990, S. 329FF.; LINDERMAIER 1998; LOTTER 1986, S. 401FF.].

RE2 Systemanlauf und Serienbetreuung

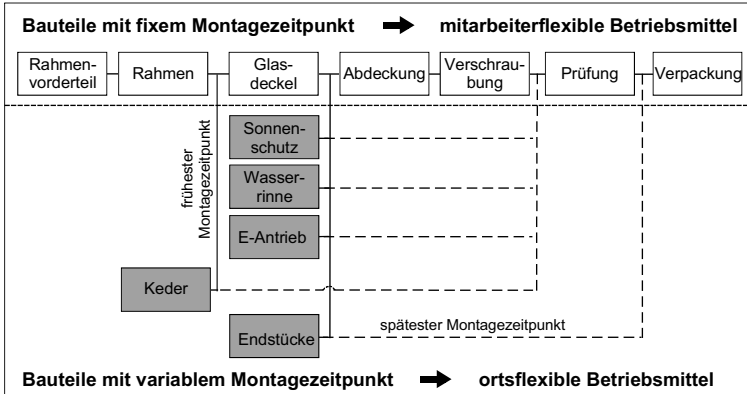
Im Rahmen des Systemanlaufs erfolgt während der Anlagenbeschaffung die Personaleinsatzplanung im Unternehmen. Hierbei wird der Personalbedarf an direkt und indirekt produktivem Personal sowie die erforderlichen Qualifikationen ermittelt. Anschließend wird das Personal nach Anzahl und Qualifikation aus dem eigenen Unternehmen oder durch Einstellungen

bereitgestellt und es werden die erforderlichen Schulungsmaßnahmen für die Arbeitsaufgaben durchgeführt. In diesem Zusammenhang sind die Mitarbeiter auch über die Wandlungsstrategie der Montageanlage bzw. die Einzelstrategiebausteine zur Kapazitätsabstimmung der Anlage zu schulen.

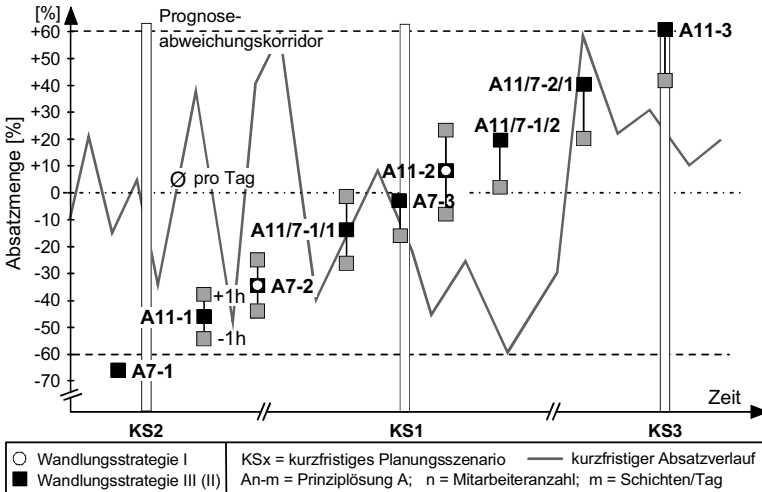
Nach dem Aufbau der Anlage kann die Arbeitsunterweisung der Mitarbeiter an den Arbeitsstationen der Montageanlage erfolgen. Im Anschluss an die Inbetriebnahme des Montagesystems werden in der Regel verschiedene Anlauftests oder Montagesystemfähigkeitsproben (Funktions-, Betriebs- oder Leistungsproben) durchgeführt [LINDERMAIER 1998]. Häufig wird vor dem Serienanlauf noch eine Vornull- und Nullserie zur Systemfähigkeitsprüfung und damit zur Freigabe der Produktion verlangt. Im Rahmen der Serienbetreuung erfolgt dann eine Kontrolle der Zielerfüllung bzw. der Leistungsfähigkeit des Montagesystems sowie eine Überprüfung und Aktualisierung aller im Rahmen der Planungsphase ermittelten Kosten und Arbeitssystemdaten [BULLINGER 1986, S. 309FF.; REFA 1990, S. 329FF.; LINDERMAIER 1998; LOTTER 1986, S. 401FF.; BULLINGER 1995, S. 152FF.].

A5 Zusätzliche Informationen zum Anwendungsbeispiel

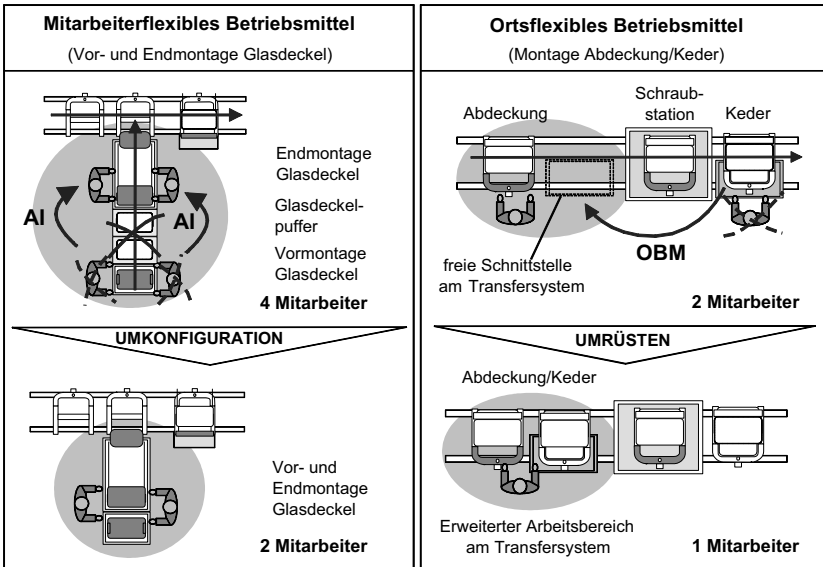
A5.1 Variabler Montagevorranggraph des Schiebedachs



A5.2 Prinziplösungen zur kurzfristigen Kapazitätsabstimmung



A5.3 Konzept der mitarbeiter- und ortsflexiblen Betriebsmittel



iwb Forschungsberichte Band 1–121

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

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

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

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

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

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

Seminarberichte iwb

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

Seminarberichte iwb sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, utz@utzverlag.com

- 1 **Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung**
115 Seiten · ISBN 3-931327-01-9
- 2 **Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt**
82 Seiten · ISBN 3-931327-02-7
- 3 **Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung**
110 Seiten · ISBN 3-931327-03-5
- 4 **Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte**
134 Seiten · ISBN 3-931327-04-3
- 5 **Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung**
95 Seiten · ISBN 3-931327-05-1
- 6 **Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung**
86 Seiten · ISBN 3-931327-76-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-77-9
- 8 **Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**
130 Seiten · ISBN 3-931327-78-7
- 9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**
120 Seiten · ISBN 3-931327-79-5
- 10 **3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**
90 Seiten · ISBN 3-931327-10-8
- 11 **Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
110 Seiten · ISBN 3-931327-11-6
- 12 **Autonome Produktionssysteme**
100 Seiten · ISBN 3-931327-12-4
- 13 **Planung von Montageanlagen**
130 Seiten · ISBN 3-931327-13-2
- 14 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 15 **Flexible fluide Kleb/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung**
80 Seiten · ISBN 3-931327-15-9
- 16 **Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart**
80 Seiten · ISBN 3-931327-16-7
- 17 **Industriekeramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-17-5
- 18 **Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen**
165 Seiten · ISBN 3-931327-18-3
- 19 **Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung**
85 Seiten · ISBN 3-931327-19-1
- 20 **Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen - Plug & Play - Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**
105 Seiten · ISBN 3-931327-20-5
- 21 **Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen**
95 Seiten · ISBN 3-931327-21-3
- 22 **Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
95 Seiten · ISBN 3-931327-22-1
- 24 **EDM Engineering Data Management**
195 Seiten · ISBN 3-931327-24-8
- 25 **Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**
152 Seiten · ISBN 3-931327-25-6
- 26 **Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten · ISBN 3-931327-26-4
- 27 **Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten · ISBN 3-931327-27-2
- 28 **Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten · ISBN 3-931327-28-0
- 29 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlußseminar**
156 Seiten · ISBN 3-931327-29-9
- 30 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 31 **Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten · ISBN 3-931327-31-0
- 32 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 33 **3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten · ISBN 3-931327-33-7
- 34 **Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten · ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten · ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten · ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätssteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
95 Seiten · ISBN 3-931327-37-X
- 38 **Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**
128 Seiten · ISBN 3-931327-38-8
- 39 **Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**
130 Seiten · ISBN 3-931327-39-6
- 40 **Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen**
160 Seiten · ISBN 3-931327-40-X
- 41 **Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**
146 Seiten · ISBN 3-89675-041-0
- 42 **Stückzahlflexible Montagesysteme**
139 Seiten · ISBN 3-89675-042-9
- 43 **Produktivität und Verfügbarkeit - ...durch Kooperation steigern**
120 Seiten · ISBN 3-89675-043-7
- 44 **Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von Mikrobauteilen**
125 Seiten · ISBN 3-89675-044-5
- 45 **Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**
173 Seiten · ISBN 3-89675-045-3
- 46 **Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation**
108 Seiten · ISBN 3-89675-046-1
- 47 **Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation**
131 Seiten · ISBN 3-89675-047-X
- 48 **Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen**
106 Seiten · ISBN 3-89675-048-8

- 49 **Rapid Prototyping · Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung**
150 Seiten · ISBN 3-89675-049-6
- 50 **Rapid Manufacturing · Methoden für die reaktionsfähige Produktion**
121 Seiten · ISBN 3-89675-050-X
- 51 **Flexibles Kleben und Dichten · Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle**
137 Seiten · ISBN 3-89675-051-8
- 52 **Rapid Manufacturing · Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien**
124 Seiten · ISBN 3-89675-052-6
- 53 **Mischverbindungen · Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung**
107 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 54 **Virtuelle Produktion · Integrierte Prozess- und Produktsimulation**
133 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 55 **e-Business in der Produktion · Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele**
150 Seiten · ISBN 3-89675-055-0
- 56 **Virtuelle Produktion – Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug**
150 Seiten · ISBN 3-89675-056-9
- 57 **Virtuelle Produktion – Datenintegration und Benutzerschnittstellen**
150 Seiten · ISBN 3-89675-057-7
- 58 **Rapid Manufacturing · Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien**
169 Seiten · ISBN 3-89675-058-7
- 59 **Automatisierte Mikromontage · Werkzeuge und Füge-technologien für die Mikrosystemtechnik**
114 Seiten · ISBN 3-89675-059-3
- 60 **Mechatronische Produktionssysteme · Genauigkeit gezielt entwickeln**
131 Seiten · ISBN 3-89675-060-7
- 61 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 62 **Rapid Technologien · Anspruch – Realität – Technologien**
100 Seiten · ISBN 3-89675-062-3
- 63 **Fabrikplanung 2002 · Visionen – Umsetzung – Werkzeuge**
124 Seiten · ISBN 3-89675-063-1
- 64 **Mischverbindungen · Einsatz und Innovationspotenzial**
143 Seiten · ISBN 3-89675-064-X
- 65 **Fabrikplanung 2003 – Basis für Wachstum · Erfahrungen Werkzeuge Visionen**
136 Seiten · ISBN 3-89675-065-8
- 66 **Mit Rapid Technologien zum Aufschwung · Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder**
185 Seiten · ISBN 3-89675-066-6
- 67 **Mechatronische Produktionssysteme · Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvorgehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder**
148 Seiten · ISBN 3-89675-067-4
- 68 **Virtuelle Produktion · Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik**
139 Seiten · ISBN 3-89675-068-2
- 69 **Kooperationsmanagement in der Produktion · Visionen und Methoden zur Kooperation – Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation – Kooperation entlang der Wertschöpfungskette**
134 Seiten · ISBN 3-89675-069-0
- 70 **Mechatronik · Struktur- und Dynamik von Werkzeugmaschinen**
161 Seiten · ISBN 3-89675-070-4
- 71 **Klebtechnik · Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten**
ISBN 3-89675-071-2 · erscheint 12/04
- 72 **Fabrikplanung 2004 · Erfolgsfaktor im Wettbewerb · Erfahrungen – Werkzeuge – Visionen**
ISBN 3-89675-072-0 · erscheint 12/04
- 73 **Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion · Erwartungen – Erfahrungen – Entwicklungen**
ISBN 3-89675-073-9 · erscheint 12/04
- 74 **Virtuelle Produktionssystemplanung · Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik**
ISBN 3-89675-074-7 · erscheint 12/04
- 75 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**

Forschungsberichte iwb

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

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

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

- 136 Brandner, Stefan
Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken
 2000 · 172 Seiten · 61 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-715-6
- 137 Hirschberg, Arnd G.
Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung
 2000 · 165 Seiten · 49 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-729-6
- 138 Reek, Alexandra
Strategien zur Fokuspositionierung beim Laserstrahlschweißen
 2000 · 193 Seiten · 103 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-730-X
- 139 Sabbah, Khalid-Alexander
Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen
 2000 · 148 Seiten · 75 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-739-3
- 140 Schliffenbacher, Klaus U.
Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken
 2000 · 187 Seiten · 70 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-754-7
- 141 Sprenzel, Andreas
Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung
 2000 · 144 Seiten · 55 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-757-1
- 142 Gallasch, Andreas
Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion
 2000 · 150 Seiten · 69 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-781-4
- 143 Cuiper, Ralf
Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen
 2000 · 168 Seiten · 75 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-783-0 · lieferbar ab ca. 02/01
- 144 Schneider, Christian
Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion
 2000 · 180 Seiten · 66 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-789-X
- 145 Jonas, Christian
Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen
 2000 · 183 Seiten · 82 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-870-5
- 146 Willnecker, Ulrich
Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen
 2001 · 175 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-891-8
- 147 Lehner, Christof
Beschreibung des Nd:Yag-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss
 2001 · 205 Seiten · 94 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0004-X
- 148 Rick, Frank
Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen
 2001 · 145 Seiten · 57 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0008-2
- 149 Höhn, Michael
Sensorgeführte Montage hybrider Mikrosysteme
 2001 · 171 Seiten · 74 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0012-0
- 150 Böhl, Jörn
Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung
 2001 · 179 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0020-1
- 151 Bürgel, Robert
Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben
 2001 · 185 Seiten · 60 Abb. · 10 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0021-X
 lieferbar ab ca. 09/01
- 152 Stephan Dürrschmidt
Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion
 2001 · 914 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0023-6

- 153 Bernhard Eich
Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung
2001 · 132 Seiten · 48 Abb. · 6 Tabellen · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0028-7
- 154 Wolfgang Rudorfer
Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
2001 · 207 Seiten · 89 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0037-6
- 155 Hans Meier
Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe
2001 · 162 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0044-9
- 156 Gerhard Nowak
Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
2001 · 203 Seiten · 95 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0055-4
- 157 Martin Werner
Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
2001 · 191 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0058-9
- 158 Bernhard Lenz
Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung
2001 · 150 Seiten · 47 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0094-5
- 159 Stefan Grunwald
Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung
2002 · 206 Seiten · 80 Abb. · 25 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0095-3
- 160 Josef Gartner
Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen
2002 · 165 Seiten · 74 Abb. · 21 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0096-1
- 161 Wolfgang Zeller
Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen
2002 · 192 Seiten · 54 Abb. · 15 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0100-3
- 162 Michael Loferer
Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
2002 · 178 Seiten · 80 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0118-6
- 163 Jörg Fährer
Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
2002 · 176 Seiten · 69 Abb. · 13 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0124-0
- 164 Jürgen Höppner
Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler
2002 · 132 Seiten · 24 Abb. · 3 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0125-9
- 165 Hubert Götte
Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
2002 · 258 Seiten · 123 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0126-7
- 166 Martin Weißberger
Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
2002 · 210 Seiten · 86 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0138-0
- 167 Dirk Jacob
Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
2002 · 200 Seiten · 82 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0142-9
- 168 Ulrich Roßgoderer
System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
2002 · 175 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0154-2
- 169 Robert Klingel
Anziehverfahren für hochfeste Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen
2002 · 164 Seiten · 89 Abb. · 27 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0174-7

- 170 Paul Jens Peter Ross
Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung
 2002 · 144 Seiten · 38 Abb. · 38 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0191-7
- 171 Stefan von Praun
Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess
 2002 · 250 Seiten · 62 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0202-6
- 172 Florian von der Hagen
Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen
 2002 · 220 Seiten · 104 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0208-5
- 173 Oliver Kramer
Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe
 2002 · 212 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0211-5
- 174 Winfried Dohmen
Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme
 2002 · 200 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0214-X
- 175 Oliver Anton
Ein Beitrag zur Entwicklung telepräseneter Montagesysteme
 2002 · 158 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0215-8
- 176 Welf Broser
Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
 2002 · 224 Seiten · 122 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0217-4
- 177 Frank Breiting
Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
 2003 · 156 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0227-1
- 178 Johann von Pieverling
Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
 2003 · 163 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0230-1
- 179 Thomas Baudisch
Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
 2003 · 190 Seiten · 67 Abb. · 8 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0249-2
- 180 Heinrich Schieferstein
Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
 2003 · 132 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0251-4
- 181 Joachim Berlak
Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
 2003 · 244 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0258-1
- 182 Christian Meierlohr
Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
 2003 · 181 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0292-1
- 183 Volker Weber
Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken
 2004 · 210 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0330-8
- 184 Thomas Bongardt
Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
 2004 · 170 Seiten · 40 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0332-4
- 185 Tim Angerer
Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
 2004 · 180 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0336-7
- 186 Alexander Krüger
Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
 2004 · 197 Seiten · 83 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0371-5

