

Lehrstuhl für Montagesystemtechnik und Betriebswissenschaften
der Technischen Universität München

Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung

Christian Meierlohr

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. Hon. Prof. Dr.-Ing., Dr. h.c., Dr.-Ing. E.h. J. Milberg
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

Die Dissertation wurde am 18.03.2003 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 30.07.2003 angenommen.

Forschungsberichte

iwb

Band 182

Christian Meierlohr

***Konzept zur rechnergestützten
Integration von Produktions-
und Gebäudeplanung in der
Fabrikgestaltung***

herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh

Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart

Herbert Utz Verlag

UTZ

Forschungsberichte iwü

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 (iwü)

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., 2003

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 2003

ISBN 3-8316-0292-1

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 iw b ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren und 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 iw b. 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 iw b-Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des iw b veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit am Institut für Produktionstechnik GmbH (*ifp*).

Besonders danken möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh, dem Leiter des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) an der Technischen Universität München, sowie Herrn Hon.-Prof. Dr.-Ing., Dr. h.c., Dr.-Ing. E.h. Joachim Milberg, dem ehemaligen Leiter des Lehrstuhls, für die wohlwollende Unterstützung und großzügige Förderung, die entscheidend zur erfolgreichen Durchführung dieser Arbeit beigetragen hat.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann, dem Leiter des Lehrstuhls für Produktentwicklung der Technischen Universität München, möchte ich mich für die Übernahme des Koreferates und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken.

Des Weiteren danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Christoph Maier und Herrn Dipl.-Ing. Ulrich Kohler, den Geschäftsführern des ifp, für die stete Unterstützung und berufliche Förderung sowie die langjährige gute Zusammenarbeit. Dieser Dank gilt auch allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des ifp für die kollegiale Zusammenarbeit.

Besonderer Dank gilt weiterhin Herrn Dr.-Ing. Manuel Geyer und Herrn Dipl.-Ing. Bernd Hartmann, deren wertvolle Anregungen meine Arbeit wesentlich unterstützt haben.

Bei meinen Eltern möchte ich mich ganz besonders herzlich bedanken. Sie haben mich stets in meiner Ausbildung unterstützt und damit den entscheidenden Grundstein zu dieser Arbeit gelegt.

München, im August 2003

Christian Meierlohr

Für Miriam

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	IX
1. Einleitung und Zielsetzung	1
1.1. Geänderte Anforderungen an die Fabrikplanung	1
1.2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	3
2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung... 6	6
2.1. Planungsinhalte der Fabrikgestaltung	6
2.1.1. Fabrikplanung und Fabrikgestaltung	6
2.1.2. Themenfelder der Produktions- und Gebäudeplanung.....	8
2.1.3. Wechselwirkung von Produktions- und Gebäudeplanung	9
2.1.4. Planungsfälle Neu- und Umplanung	11
2.2. Methoden und Vorgehensweisen	11
2.2.1. Methoden zur Planung des Produktionssystems.....	12
2.2.1.1. Bekannte Methoden und Ansätze	12
2.2.1.2. Weiterentwicklungen	14
2.2.1.3. Merkmale und Schwerpunkte.....	17
2.2.2. Ablauf der Gebäudeplanung	18
2.2.2.1. Planungsphasen gem. HOAI.....	18
2.2.2.2. Planung von Industriebauten	20
2.2.2.3. Charakteristische Merkmale der Gebäudeplanung..	22
2.2.3. Beteiligte Personengruppen und Informationsfluss	23
2.2.3.1. Beteiligte Personengruppen.....	23
2.2.3.2. Informationsfluss	25
2.3. Rechnergestützte Werkzeuge zur Fabrikgestaltung.....	28
2.3.1. Planung des Produktionssystems.....	28
2.3.1.1. Systeme zur Unterstützung von Einzelaufgaben	28
2.3.1.2. Systeme zur integrierten Planung	31

2.3.2. Planung des Gebäudes	34
2.3.2.1. Einsatzbereiche.....	34
2.3.2.2. Einzelfunktionen und integrierte Bearbeitung von Planungsaufgaben	35
2.3.2.3. Entwicklungstendenzen	37
2.3.2.4. Schnittstellen und Datenaustausch.....	37
2.3.3. Merkmale und Schwerpunkte	39
2.4. Zusammenfassung und Bewertung.....	40
3. Konzept zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung	43
3.1. Anforderungen und Gestaltungsgrundsätze.....	43
3.1.1. Berücksichtigung der Ist-Situation	43
3.1.2. Bedarfsorientierte Integration der Gebäudeplanung.....	44
3.1.3. Förderung von Informationsfluss und Datentransparenz.....	45
3.1.4. Erweiterte Rechnerunterstützung	46
3.1.5. Vorverlagerung von Planungsaspekten	47
3.1.6. Einordnung in den Planungsablauf.....	47
3.2. Entwurf eines Gesamtkonzepts	48
3.2.1. Konzeptdarstellung	48
3.2.2. Erweiterung der Produktionsplanung.....	49
3.2.3. Kopplung von Produktions- und Gebäudeplanung	50
3.3. Zusammenfassung	51
4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers	52
4.1. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen.....	52
4.1.1. Begriffe und Unterscheidungsmerkmale.....	53
4.1.1.1. Nicht-Produktionswissen	53
4.1.1.2. Unterscheidung nach Herkunft.....	53
4.1.1.3. Unterscheidung nach Inhalten	54
4.1.2. Informationsquellen.....	55
4.1.3. Klassifizierung des Nicht-Produktionswissens.....	58

4.1.4.	Möglichkeiten zur Wissensbereitstellung	60
4.1.4.1.	Erfassung und Aufbereitung des Wissens	60
4.1.4.2.	Rechnergestützter Zugriff auf Nicht-Produktionswissen	61
4.1.4.3.	Pflege des Wissens.....	66
4.1.5.	Einbindung in das Gesamtkonzept	67
4.2.	Rechnerunterstützung bei planerischen Tätigkeiten	68
4.2.1.	Identifizierung und Charakterisierung der Tätigkeiten	68
4.2.2.	Routinetätigkeiten	71
4.2.3.	Gestaltende Tätigkeiten	74
4.2.4.	Bewertende Tätigkeiten	78
4.2.5.	Einbindung in das Gesamtkonzept	81
4.3.	Zusammenfassung	82
5.	Durchgängige Nutzung der Informationen	85
5.1.	Informationserzeugung und -speicherung	85
5.1.1.	Merkmale der Planungsinformationen	86
5.1.1.1.	Unterscheidung nach Funktion und Inhalt	86
5.1.1.2.	Planung mit unvollständigen und unsicheren Informationen	87
5.1.1.3.	Explizite und implizite Erzeugung von Informationen	89
5.1.2.	Bestehende Datenmodelle zur Speicherung	91
5.1.2.1.	Objektorientierte Datenmodelle.....	91
5.1.2.2.	Modelle für die Produktionsplanung.....	92
5.1.2.3.	Modelle für die Gebäudeplanung.....	93
5.1.3.	Erweitertes Datenmodell in der Produktionsplanung.....	97
5.1.3.1.	Grundüberlegungen	97
5.1.3.2.	Entwurf eines erweiterten Datenmodells.....	98
5.1.4.	Einbindung in das Gesamtkonzept	100
5.2.	Bedarfsorientierte Informationsbereitstellung	101
5.2.1.	Nutzerorientierte Informationsbedarfe	102
5.2.1.1.	Allgemeine Anforderungen.....	102
5.2.1.2.	Empfänger- und phasenbezogene Merkmale	103

5.2.2. Möglichkeiten zur Informationsbereitstellung.....	106
5.2.2.1. EDV-technische Kopplung von Planungssystemen.....	107
5.2.2.2. Schnittstellen und Formate zur Informationsbereitstellung.....	108
5.2.2.3. Funktionen zur bedarfsorientierten Bereitstellung von Daten.....	111
5.2.3. Einbindung in das Gesamtkonzept.....	115
5.3. Zusammenfassung.....	115
6. Illustration anhand von Praxisbeispielen.....	118
6.1. EDV-Systemumgebung.....	118
6.2. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen.....	120
6.2.1. Beispiel: Gestaltung von Wandöffnungen.....	120
6.2.2. Übersicht: Nicht-Produktionswissen für den Einsatz in der Fabrikgestaltung.....	121
6.3. Unterstützung bei planerischen Tätigkeiten.....	124
6.4. Speicherung und Weiternutzung zusätzlicher Planungsinformationen.....	128
6.5. Zusammenfassung.....	135
7. Bewertung des Konzepts.....	137
7.1. Risiken und Zusatzaufwendungen.....	137
7.1.1. Technische Voraussetzungen.....	137
7.1.2. Einfluss auf die Tätigkeiten des Planers.....	138
7.1.3. Risiken in der Planungsmethodik.....	139
7.2. Darstellung von Nutzen-Potenzialen.....	139
7.2.1. Direkter Einfluss auf die Tätigkeit des Planers.....	139
7.2.2. Schnittstelle zwischen Produktions- und Gebäudeplanung.....	141
7.2.3. Potenziale in der Planungsmethodik.....	142
7.3. Vergleich von Vor- und Nachteilen.....	143
8. Zusammenfassung.....	144
Literaturverzeichnis.....	148

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Geänderte Anforderungen an die Fabrikplanung der Zukunft	2
Abb. 1-2: Schnittstelle zwischen Fabrik- und Gebäudeplanung als wesentlicher Erfolgsfaktor der Fabrikgestaltung	3
Abb. 2-1: Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung nach [FELIX1998, BILD 4]	7
Abb. 2-2: Planungsebenen der Fabrikplanung nach [WIENDAHL2001, S. 189]	8
Abb. 2-3: Aufgaben in Produktions- und Gebäudeplanung	8
Abb. 2-4: Wechselwirkungen von Produktions- und Gebäudeplanung	10
Abb. 2-5: Potenziale einer partizipative Fabrikplanung nach [WIENDAHL2000B, BILD 11]	15
Abb. 2-6: Integration von Planungsaufgaben in der Fabrikgestaltung	16
Abb. 2-7: Methoden zur Planung von Produktionssystemen	17
Abb. 2-8: Leistungsbereiche und -phasen der HOAI [DAMRATH2000]	19
Abb. 2-9: Planungsphasen bei Gebäuden (in Anlehnung an [SCHRÖDER1994])	20
Abb. 2-10: Beteiligte Personen im Rahmen der Fabrikgestaltung	23
Abb. 2-11: Anzahl beteiligter Fachplaner in den Planungsfeldern der Fabrikgestaltung nach [FELIX1998, S. 789 FF]	24
Abb. 2-12: Informationsfluss zwischen Planungsfeldern nach [FELIX1998, BILD20]	26
Abb. 2-13: Kommunikationsaufkommen in Bauprojekten nach [SCHWARZ1988, ABB. 1-4]	27
Abb. 2-14: Einsatz von Software für ausgewählte Aufgabengebiete der Fabrikgestaltung [KRATZ1999]	29
Abb. 2-15: Systemmodule bei ERGOPlan	32
Abb. 2-16: Funktionalitäten von FASTDESIGN	33
Abb. 2-17: Einsatzbereiche von eMPower	34
Abb. 2-18: Einsatzbereiche von Software zur Gebäudeplanung	35

Abb. 2-19: Schnittstellenformate zum Import und Export von Daten bei Bauprogrammen [SCHÄFER2000, T1], [SCHÄFER2000, T2].....	38
Abb. 2-20: Entwicklungsstand der EDV-Werkzeuge zur Produktions- und Gebäudeplanung	39
Abb. 3-1: Konzept zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung ...	48
Abb. 4-1: Herkunftsmerkmale von Nicht-Produktionswissen	54
Abb. 4-2: Informationsquellen für Nicht-Produktionswissen	55
Abb. 4-3: Inhalte der Arbeitsstättenverordnung.....	56
Abb. 4-4: Gestaltungs- und Ausführungshinweise für die Gebäudeplanung .	57
Abb. 4-5: Klassifizierung von Nicht-Produktionswissen für Gestaltungsfelder im Industriebau	59
Abb. 4-6: Erfassung und Aufbereitung von Planungswissen	61
Abb. 4-7: Grundmuster zur der Wissens-Bereitstellung	62
Abb. 4-8: Systemstruktur zur Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen....	63
Abb. 4-9: Objektbezogener Zugriff auf Planungswissen	65
Abb. 4-10: Funktionen und Aufgaben zur Pflege von Nicht-Produktionswissen	66
Abb. 4-11: Anstöße zur Wissenspflege bei der Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen	67
Abb. 4-12: Merkmale von Tätigkeiten zur erweiterten Planungsunterstützung	70
Abb. 4-13: Häufung von Tätigkeitsarten im Planungsverlauf	71
Abb. 4-14: Tätigkeitsfelder für Routineabläufe aus dem Bereich der Gebäudeplanung	72
Abb. 4-15: Logische Struktur zur Einbindung von Routinefunktionen zur Planungsunterstützung	73
Abb. 4-16: Tätigkeitsfelder für gestaltende Arbeiten in der Produktionsplanung mit Bezug zur Gebäudeplanung	75
Abb. 4-17: Logische Struktur zur Einbindung von gestaltenden Tätigkeiten zur Planungsunterstützung	76

Abb. 4-18: Tätigkeitsfelder für bewertende Tätigkeiten in der Produktionsplanung mit Bezug auf die Gebäudeplanung	79
Abb. 4-19: Logische Struktur zur Einbindung von bewertenden Tätigkeiten zur Planungsunterstützung	81
Abb. 4-20: Einordnung der Gestaltungsansätze Nicht-Produktionswissen und Systemische Unterstützung bei planerischen Tätigkeiten	83
Abb. 5-1: Unterscheidung der Planungsinformationen bei der Fabrikgestaltung nach Inhalt und Funktion.....	86
Abb. 5-2: Unvollständige und unsichere Informationen.....	88
Abb. 5-3: Angabe eines Änderungsbereichs für Planungsobjekte	89
Abb. 5-4: Explizite und implizite Informationsbearbeitung.....	90
Abb. 5-5: Klassen, Objekte und Beziehungen in Datenmodellen nach [JONAS2001, BILD 5-12]	92
Abb. 5-6: Datenmodelle in der Gebäudeplanung	94
Abb. 5-7: Wesentliche Merkmale des STEP-CDS-Modells	95
Abb. 5-8: Wesentliche Merkmale des IFC-Modells	96
Abb. 5-9: Erweitertes Datenmodell zur Kopplung von Produktions- und Gebäudeplanung	99
Abb. 5-10: Zeichnungen und ihre Funktion in der Gebäudeplanung	102
Abb. 5-11: Eingangsinformationen für wesentliche Themenbereiche der Gebäudeplanung	104
Abb. 5-12: Vorgaben zur Weitergabe von Planungsdaten in Zeichnungen	105
Abb. 5-13: Möglichkeiten zur Informationsübertragung zwischen Planungsbereichen	106
Abb. 5-14: Prinzipielle Kopplungsmethoden von Software-Anwendungen	107
Abb. 5-15: Objektdaten in systemneutralen Schnittstellenformat.....	110
Abb. 5-16: Erweiterte Auswahl von Objekten zur Datenbereitstellung.....	112
Abb. 5-17: Auswahl von Attributen zur Datenübertragung	113
Abb. 5-18: Verwaltung von Schnittstellen.....	114

Abb. 5-19: Einordnung der Gestaltungsansätze Informationserzeugung und -speicherung sowie Bedarfsorientierte Informationsbereitstellung.....	117
Abb. 6-1: Anforderungen an EDV-Werkzeuge zur Umsetzung einer rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung	119
Abb. 6-2: Nicht-Produktionswissen für die Gestaltung von Wandöffnungen für Türen und Tore	120
Abb. 6-3: Ablauf und logische Systemelemente einer Funktion zum parametrisierten Entwurf von Säulenrastern.....	125
Abb. 6-4: Eingabemaske zum parametrisierten Entwurf von Säulenrastern.....	126
Abb. 6-5: Eingabemaske zur Übernahme der Planungsergebnisse bei der Gestaltung von Säulenrastern	127
Abb. 6-6: Kostengruppen nach DIN 276 zur Gliederung von Bau-Elementen	130
Abb. 6-7: Notwendige Objektinformationen zur Flächenermittlung nach DIN 276 und DIN 277	131
Abb. 6-8: Systemumgebung zur Datenerfassung und Ergebnisdokumentation	132
Abb. 6-9: Eingabemaske zur Erfassung von Objektinformationen zur Flächenermittlung	133
Abb. 6-10: Beispielausgabe Flächenbilanzierung nach Flächennutzung und Kostengruppen	134
Abb. 7-1: Arbeitszeitaufteilung bei Konstruktions- und Montageplanungen	140
Abb. 7-2: Risiken und Nutzen des Gesamtkonzepts.....	143

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
Abb.	Abbildung
aecXML	eXtensible Markup Language standard for electronic communications in the architectural, engineering and construction industries
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAFM	Computer Aided Facility Management
CAP	Computer Aided Planing
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DWG	Datenaustauschformat der CAD-Software AutoCAD
DXF	Data Exchange Format
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
GUI	Graphic User Interface
HLSE	Kurzbezeichnung für die Gewerke Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektroinstallationen
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
Hrsg.	Herausgeber
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IFC	Industry Foundation Classes
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Abkürzungsverzeichnis

MTM	Method of Time Measurement: Verfahren zur Ermittlung von manuellen Ausführungszeiten auf Basis vordefinierter Zeitbausteine
Plan-Do-Check- Act-Zyklus	Vorgehensweise zur kontinuierliche Verbesserung von Prozessen oder technischen Systemen: Auf einen Planungs- (plan) und Umsetzungsschritt (do) folgt die Phase der Überprüfung der Ergebnisse (check). Gegebenenfalls müssen Korrekturen durchgeführt werden (act).
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
REFA	Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
Tab.	Tabelle
TGA	Technische Gebäudeausrüstung, z.B. Installationen für Druckluft
VBA	Visual Basic for Applications
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VR	Virtuelle Realität
XML	Extended Markup Language

1. Einleitung und Zielsetzung

1.1. Geänderte Anforderungen an die Fabrikplanung

Der verstärkte Trend zur industriellen Globalisierung stellt die Unternehmen vor einen zunehmenden Wettbewerbsdruck [MILBERG2000]. Um in diesem turbulenten Umfeld bestehen zu können, wird die schnelle Wandlungsfähigkeit von Unternehmen zur Adaptierung an veränderte Rahmenbedingungen gefordert. [REINHART ET AL.1999] Dazu zählt neben der Flexibilität, die eine mögliche Veränderung in bestehenden Strukturen ausdrückt, die Reaktionsfähigkeit als zweite Dimension der Wandlungsfähigkeit. Sie beschreibt das Potenzial, um jenseits vorhandener Korridore agieren zu können. Wirkdimensionen dieser Wandlungsfähigkeit sind das Produktspektrum, die Mitarbeiter, die Organisationsstruktur sowie die technischen System eines Unternehmens [Reinhart2000].

Unternehmen können in diesem dynamischen Umfeld daher nur bestehen, wenn sie u.a. ihre Produktionssysteme diesem Wandel anpassen [MILBERG2002]. Die Konfiguration von Produktionsanlagen besteht zukünftig aufgrund immer schneller werdender Märkte zeitlich nur begrenzt. Sie müssen reaktionsschnell, wandlungsfähig und problemlos umrüstbar sein. [VDI-Z2001]. Diese Forderung hat neben einer Reihe technischer Fragestellungen (z.B. modularer Aufbau von Produktionssystemen [WIENDAHL2000B]) erhebliche Auswirkungen auf die Fabrikplanung. *„Es ist abzusehen, dass die Planung in ihren Säulen ‚Planungsfelder‘, ‚Planungsmethoden‘ und ‚Organisation‘ grundlegend revidiert werden muss. (...) Daraus ergibt sich ein dringender Handlungsbedarf für angepasste Planungswerkzeuge und Planungsmethoden.“* [WIENDAHL2000B, S. 2]. Diese Änderungen sind in Abb. 1-1 dargestellt (nach [BISSSEL1996], [GAUSEMEIER2000], [INDUSTRIEBAU2000B], [KRÜGER2001], [WIENDAHL2000B], [WIENDAHL2001]).

1. Einleitung und Zielsetzung

Methoden	Werkzeuge	Organisation
<ul style="list-style-type: none">• Steigerung der Planungs-frequenzen: permanente Planung vs. einmaliges Ereignis• Verkürzung des Planungs-zeitraums• Arbeiten mit unscharfen Daten• kontinuierlicher Plandaten-abgleich mit der Ist-Situation• höchste Planungsgeschwindigkeit• Optimierung der Produktion schon in der Planung	<ul style="list-style-type: none">• Einsatz rechnergestützter Werkzeuge• Einsatz von multimedialen Werkzeugen (z.B. Virtual Reality VR)• Entlastung des Planers von Routinetätigkeiten• intelligente Assistenz-systeme zur Planungs-unterstützung• fachbezogene Spezial-software	<ul style="list-style-type: none">• zielorientierte Zusammen-arbeit aller Beteiligten• Partizipation der be-troffenen Mitarbeiter an der Planung• Arbeiten in autonomen, sich selbst organisierenden Einheiten• Einbindung von Externen in die Planung<ul style="list-style-type: none">- Lieferanten- Fachspezialisten

Abb. 1-1: Geänderte Anforderungen an die Fabrikplanung der Zukunft

Die geforderte Flexibilität und Wandlungsfähigkeit der Produktionssysteme hat Auswirkungen auf die Gebäudestrukturen zukünftiger Fabriken [HAHN2001]. Diese bilden die Basis zur Realisierung der technischen Produktionssysteme (Gebäudehülle, Medienversorgung usw.) und stehen mit ihnen in intensiver Wechselwirkung (siehe auch Kapitel 2.1.3). Für den Architekten ist daher in Zukunft eine weitaus intensivere Beschäftigung mit dem Planungsprojekt notwendig als es der heutigen Planungspraxis entspricht. Das bedeutet, dass „die Planung als ein komplexer Prozess betrachtet wird, denn die Planung von Fabriken ist kein Nebenschauplatz des bautechnischen Entwurfs.“ [HAHN2001, S. 52]. Auch die Planungsinhalte und -umfänge ändern sich in diesem Umfeld: „... Industriebau bedeutet heute nicht mehr Kraftwerk und Fabrikhallen, sondern alles, was die Industrie an Gebäuden für die Herstellung ihrer Produkte braucht.“ [HENN2000, S. 54]. Aus diesem Bedeutungswandel leiten sich Forderungen nach einer Optimierung der Prozesse in der bautechnischen Planung ab. Als wesentliche Elemente sind zu nennen [INDUSTRIEBAU2000B], [HAAS2001], [HAHN2001]:

- Verkürzung der Planung, Steigerung der Planungsfrequenz, Erhöhung der Planungsqualität
- Verbesserung der Koordination in der Planung und Integration aller notwendigen Planungsfelder
- Kommunikation und gesicherter Informationsfluss in der Planung sowohl zwischen den Planungsbeteiligten als auch zwischen den in der Planung eingesetzten Rechnerwerkzeugen

Ein Vergleich der geänderten Anforderungen an die Abläufe aus Fabrik- und Gebäudeplanung zeigt die hohe Bedeutung von Informationsfluss und Kommunikation für einen ganzheitlichen Planungserfolg. Informationsfluss bedeutet die effiziente Nutzung von einmal generierten Ergebnissen im weiteren Planungsablauf. Die Kenntnis über Planungswissen und -vorgehen der Beteiligten schafft eine gemeinsame Basis zur verbesserten Kommunikation. Neben einer Optimierung der Planungsmethoden und -werkzeuge innerhalb der Fachbereiche (z.B. Einsatz von Rechnerwerkzeugen, Parallelisierung von Planungsschritten) wird eine verstärkte Koordination aller Planungsbeteiligten als wesentlicher Faktor für den Planungserfolg gefordert. Dies gilt nicht nur innerhalb abgegrenzter Fachgebiete, sondern in besonderem Maß für die Planungsfelder Produktionssystem und Gebäudestruktur.

Zusammenfassend zeigen die Ausführungen, dass die Betrachtung und Verbesserung der Schnittstelle zwischen Fabrik- und Gebäudeplanung für die zukunftsorientierte Gestaltung von Produktionssystemen in einem turbulenten Unternehmensumfeld von großer Bedeutung ist.

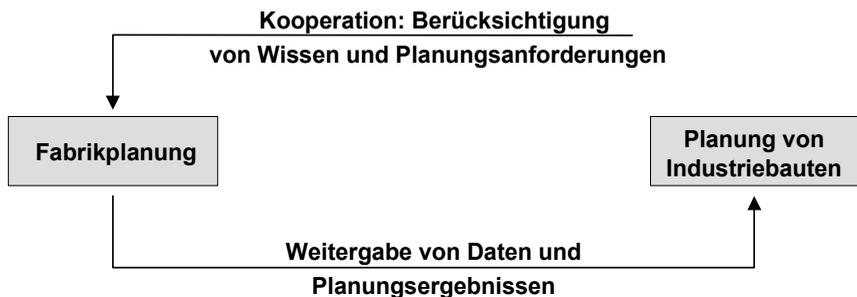


Abb. 1-2: Schnittstelle zwischen Fabrik- und Gebäudeplanung als wesentlicher Erfolgsfaktor der Fabrikgestaltung

1.2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Die Schnittstelle zwischen Fabrik- und Gebäudeplanung stellt einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die zukünftige Planung von Produktionssystemen dar. In der vorliegenden Arbeit soll ein Konzept entwickelt werden, das zu einer verbesserten Berücksichtigung von Aspekten der Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung beiträgt. Dieses Konzept beschreibt die

1. Einleitung und Zielsetzung

Inhalte und Funktionen für eine rechnergestützte Integration der Gebäude- in die Produktionsplanung. Diese dienen einer verbesserten Koordination der Projektbeteiligten durch die Berücksichtigung von Wissen und spezifischen Anforderungen und unterstützen die Weitergabe von Daten und Planungsergebnissen. Mit diesem Entwurf ist eine Basis geschaffen für eine spätere Umsetzung der Lösungsansätze in Form eines erweiterten EDV-Werkzeugs für den Produktionsplaner und den Einsatz im Rahmen von Projekten der Fabrikgestaltung. Das Konzept ermöglicht so eine bedarfsgerechte Reaktion auf die dargestellten zukünftigen Anforderungen an die Fabrikplanung.

Eine Analyse des gegenwärtigen Stands der Forschung und Technik zeigt in einem ersten Schritt die bestehenden Defizite an der Schnittstelle der beiden Planungsbereiche auf. Dazu wird der Einfluss der Gebäude- auf die Fabrikplanung dargestellt sowie bestehende Methoden und Werkzeuge hinsichtlich einer bedarfsgerechten Unterstützung des Produktionsplaners untersucht. Zusätzlich wird auf die Bedeutung der Informationsübertragung hingewiesen (Kapitel 2).

Ausgehend von dieser Situationsanalyse wird ein Konzept zur bedarfsgerechten Integration der Gebäude- in die Produktionsplanung vorgestellt. Es werden zuerst wesentliche Anforderungen erarbeitet. Darauf aufbauend wird ein Gesamtkonzept entwickelt. Inhaltliche Schwerpunkte für die weiteren Arbeiten sind eine erweiterte Unterstützung des Planers sowie die durchgängige Nutzung von Planungsinformationen (Kapitel 3).

Eine Detaillierung der Konzeptelemente findet in den folgenden Abschnitten statt. Ein wesentlicher Ansatzpunkt ist die Bereitstellung von Wissen und Informationen aus der Gebäudeplanung, die für die Arbeit und die Qualität der Planungsergebnisse von großer Bedeutung sind. Daneben werden Möglichkeiten für eine zusätzliche systemische Unterstützung des Produktionsplaners entwickelt (Kapitel 4).

Eine Verbesserung des Informationsflusses im Rahmen der Fabrikgestaltung wird durch die durchgängige Nutzung der Planungsdaten erreicht. Aspekte der Informationserzeugung, -speicherung und bedarfsorientierten Bereitstellung werden erarbeitet. Möglichkeiten zur EDV-technischen Realisierung schließen diese Untersuchungen ab (Kapitel 5).

In Kapitel 6 werden die aufgezeigten Konzeptbausteine anhand ausgewählter Anwendungsfälle aus der planerischen Praxis illustriert und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und Plausibilität bewertet. Daneben werden konkrete Systemelemente und -funktionen für eine EDV-technische Implementierung beschrieben.

Die Darstellung der verschiedenen Lösungsansätze wird durch eine Bewertung der Vor- und Nachteile abgeschlossen (Kapitel 7).

Kapitel 8 fasst die Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf weitere Entwicklungsmöglichkeiten zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung.

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

In diesem Kapitel soll der gegenwärtige Stand der Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung dargestellt werden. Zu Beginn werden wesentliche Begriffe und Inhalte der Fabrikgestaltung kurz erläutert und auf die wechselseitige Beeinflussung von Themen der Produktions- und Gebäudeplanung hingewiesen. (Kapitel 2.1).

Für die Bearbeitung der verschiedenen Themen steht eine Reihe von Vorgehensweisen und Methoden zur Verfügung. Diese werden für die Planungsbereiche ‚Produktionssystem‘ und ‚Gebäude‘ dargestellt (Kapitel 2.2). Zusätzlich wird die Unterstützung dieser Ansätze durch EDV-Hilfsmittel exemplarisch aufgezeigt (Kapitel 2.3).

Eine Bewertung schließt die Analyse des gegenwärtigen Stands der Technik ab und zeigt Defizite und Handlungsbedarfe auf (Kapitel 2.4).

2.1. Planungsinhalte der Fabrikgestaltung

2.1.1. Fabrikplanung und Fabrikgestaltung

Der Aufgabenbereich der Fabrikplanung ist integraler Bestandteil einer umfassenden Unternehmensplanung auf verschiedenen Ebenen (siehe auch Abb. 2-1). Vorgaben und Basisdaten stammen aus dem Bereich der langfristigen Unternehmensplanung, während Detailinformationen auch aus der Produktentwicklung sowie Produktionsplanung und -steuerung kommen. Die Schwerpunkte der Fabrikplanung findet man auf einer taktischen und operativen Ebene.

Gegenstand der Fabrikplanung ist der Bereich des Unternehmens, in dem die Herstellung verkaufsfähiger Produkte stattfindet [VONDRAN2001]. Dieses Gesamtsystem Fabrik umfasst wiederum verschiedene Subsysteme, z.B. Produktion, Gebäude oder Infrastruktur, die sich in weitere Teilbereiche gliedern lassen [JÄGER1991], [SCHMIGALLA1995]. Diese Unterteilung findet man in den verschiedenen Planungsebenen der Fabrikplanung wieder (Abb. 2-2).

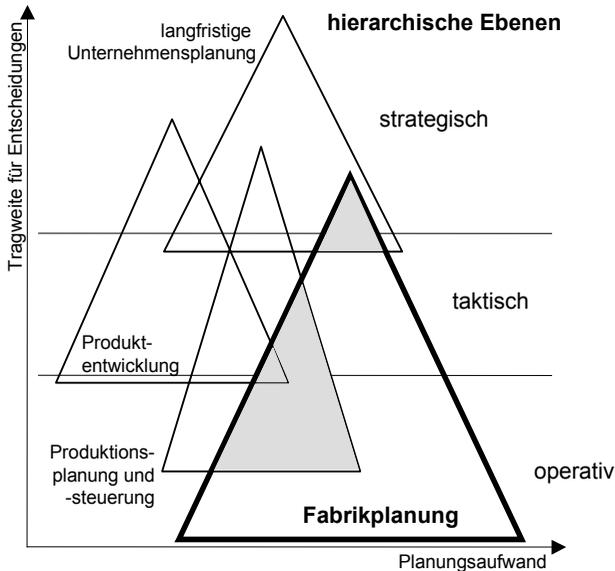


Abb. 2-1: Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung nach [FELIX1998, BILD 4]

Die Ebenen spiegeln wesentliche Aufgabenfelder der Fabrikplanung wieder. Die oberste Ebene stellen strategische Überlegungen im Rahmen der Unternehmensplanung dar, wie z.B. die Position des Standortes in einem Produktionsnetzwerk. Daraus abgeleitet stehen bei der Generalbebauung Aspekte zur Struktur des Werksgeländes im Vordergrund. Die folgenden Ebenen –Fabrikgebäude sowie Produktions- und Logistikbereich – sind die Schwerpunkte der planerischen Tätigkeit. Hier werden Fragestellungen nach der Flächendimensionierung und Gebäudestruktur ebenso behandelt wie die detaillierte Planung der logistischen Leistungsfähigkeit der Fabrik oder die Gestaltung des Produktionslayouts. Auf Arbeitsplatz-Ebene werden Aspekte der Logistiktechnik, Arbeitsplatzgestaltung sowie Raum- und Arbeitsplatzausstattung bearbeitet.

In der vorliegenden Arbeit werden die Inhaltsschwerpunkte der Fabrikplanung mit dem Begriff der Fabrikgestaltung bezeichnet. Diese Eingrenzung umfasst damit die Ebenen der Planung der Produktionssysteme (Produktionsplanung) und der Gebäudeplanung.

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

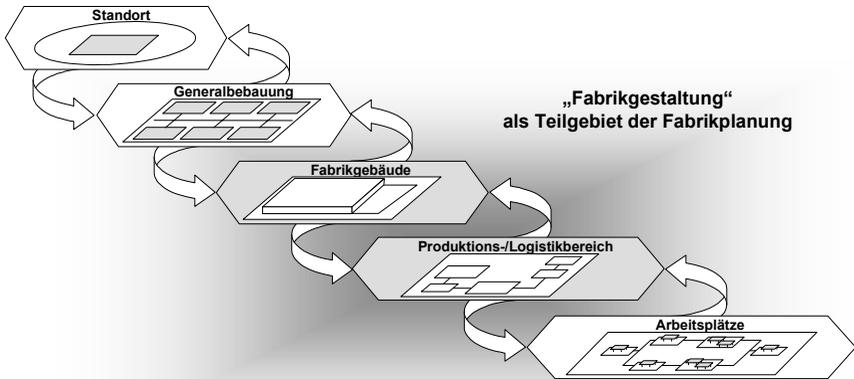


Abb. 2-2: Planungsebenen der Fabrikplanung nach [WIENDAHL2001, S. 189]

2.1.2. Themenfelder der Produktions- und Gebäudeplanung

Im umfassenden und komplexen Aufgabengebiet der Fabrikgestaltung können im Einzelnen verschiedene Themenfelder identifiziert werden. Während sich die Produktionsplanung nach [SCHÖNHEIT2000] mit der Gestaltung, Anordnung und Auslegung der Produktionsanlagen innerhalb der Fabrik beschäftigt, liegen die Schwerpunkte der Gebäudeplanung in der architektonischen Gestaltung des Gebäudes und seiner Subsysteme. Abb. 2-3 zeigt nach [WIENDAHL2001, BILD 4] und [WIENDAHL1996, S. 9-4] eine Darstellung der unterschiedlichen Aufgaben in den beiden Bereichen:

Produktionsplanung	Gebäudeplanung
<ul style="list-style-type: none"> • Flächenbedarfe • Materialfluss • Beschaffungs- und Distributionslogistik • Produktionslogistik • Betriebsmittel • Produktionsstruktur und -layout • Personalstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudestruktur: Tragwerk, Wände • An- und Ablieferzonen • Außerdarstellung, Bauformen • Neben- und Versorgungsbereiche • Kommunikations-, Erholungszonen • Brandschutz, Fluchtwege • Medienver-/entsorgung: Luft, Energie, Brauch- und Abwasser • Beleuchtung, Klima

Abb. 2-3: Aufgaben in Produktions- und Gebäudeplanung

Die dargestellten Themenfelder weisen auf die Komplexität und den erheblichen Umfang an Einzelaufgaben hin, die vom Produktions- und Gebäudeplaner bewältigt werden müssen. Detailliertere Untersuchungen unterscheiden bis zu 40 Planungsfelder für die Fabrikgestaltung [FELIX1998]. Dieser Umfang deutet schon auf vielfältige Wechselwirkungen zwischen den Planungsbereichen hin (Kapitel 2.1.3).

Die Aufgaben auf Standort- bzw. Generalbebauungsebene treten in der praktischen Planungstätigkeit eher untergeordnet auf. Auch sind die Vernetzungen zwischen Fabrik- und Gebäudeplanung an dieser Stelle kein Faktor, der erhebliche Auswirkungen auf die Planungsarbeit hat.

Die Bearbeitung von Aufgabenstellungen auf Arbeitsplatz-Ebene erfolgt heute in vielen Unternehmen zunehmend außerhalb ‚klassischer‘ Planungsprojekte im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Die dafür verwendeten Methoden und Werkzeuge sind ausführlich in der Literatur dargestellt ([IFP1999], [KOSTA1999], [KÜHL1999]). Bei diesen Aufgaben treten mögliche Berührungspunkte von Fabrik- und Gebäudeplanung in den Hintergrund.

2.1.3. Wechselwirkung von Produktions- und Gebäudeplanung

Eine Darstellung der Themenfelder der Produktions- und Gebäudeplanung lässt erste Rückschlüsse auf eine wechselseitige Beeinflussung zu. Für eine detailliertere Untersuchung werden zusätzliche Themenfelder identifiziert und nach ihrer gegenseitigen Beeinflussung charakterisiert (Abb. 2-4, in Anlehnung an [AGGTELEKY1990C, BILD 20.5] und [FELIX1988, BILD 15]).

In einem Vergleich der Arbeitsinhalte lassen sich verschiedene Schwerpunkte bei der Beeinflussung von Arbeitsfeldern erkennen. Am größten ist sie bei der technische Ausrüstung von Gebäuden (z.B. Medienversorgung, Klimatechnik), die in erster Linie von der gewählten Produktionsstruktur abhängt. Aufgrund der starken Wechselwirkung ist hier Wissen über Gestaltungsaspekte auf Seiten des Produktionsplaners notwendig.

Von ebenso großer Bedeutung ist das Planungsfeld der Gebäude- und Tragwerkstruktur (z.B. Hallenform, Säulenraster). Aus ersten Ergebnissen der Produktionssystemplanung (z.B. Segmentierung nach Produktion) leiten sich Forderungen an die bauliche Gestaltung (z.B. Fundamentierung, Hallenhöhen) ab [AHREND1993], [HALLWACHS1992]. Eine möglichst frühzeitige Kenntnis und

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

Berücksichtigung dieser Aspekte hilft, Iterationsschleifen und Mehrfachaufwendungen zu reduzieren.

Themenfelder der Produktionsplanung	Themenfelder der Gebäudeplanung													
	Gebäude	Gebäudeform, Aussenbereich	Bauphysik (z.B. Schall)	Tragwerk	Bodenmechanik	Außen- und Innenwände	Gebäude-ausrüstung	Medien-versorgung	Entsorgung (z.B.Kühlmittel)	Beleuchtung, Klima, Heizung	Sonstige Bereiche	Baulicher Brandschutz	Fluchtwege, Sicherheit	Behördliche Auflagen, Gesetze
<i>Logistik</i>														
Materialfluss		•		•	•	•						•	•	
Beschaffungslogistik														
Distributionslogistik														
Produktionslogistik														
<i>Produktionsstruktur</i>														
Flächenbedarfe		•		•				•		•			•	
Produktionslayout		•		•				•		•		•	•	•
Betriebsmittel			•			•		•	•			•	•	
Fördertechnik				•		•		•						•
Lagertechnik		•		•		•								•
Neben- und Soz.Räume		•	•					•	•	•			•	•
<i>Sonstige Bereiche</i>														
Personalstruktur			•					•		•		•	•	•

Abb. 2-4: Wechselwirkungen von Produktions- und Gebäudeplanung

Weitere Überschneidungen liegen bei sicherheitsbezogener Auflagen und anderer gesetzlichen Vorschriften. Im Bereich allgemeiner Vorgaben gibt es allein 20 Einzelgesetze, die Einfluss auf die industrielle Gebäudeplanung haben [FELIX1998]. Dabei handelt es sich um Vorgaben zur Ausführung von Gebäuden (z.B. Bauordnungen der Länder), Nutzung von Flächen (z.B. Flächennutzungsgesetz) und die Ausführung einzelner Gestaltungsmerkmale. Dies macht deutlich, wie wichtig eine Bereitstellung dieses Wissens für den Produktionsplaner ist.

Es gibt aber auch Themenfelder ohne oder nur mit geringer gegenseitiger Beeinflussung. Dazu zählen die Gestaltung der logistischen Abläufe mit zugehöriger Lager- und Fördertechnik, die Entsorgungsplanung und Aspekte der Bauphysik.

Insgesamt zeigt dieser Vergleich aber deutlich, dass im Rahmen der Produktionsplanung wesentliche Aspekte der Gebäudegestaltung beeinflusst werden. Daher benötigt der Planer neben seinem Wissen über Zusammenhänge des Produktionssystems bedarfsgerechte Kenntnisse zur Gestaltung des Gebäudes.

2.1.4. Planungsfälle Neu- und Umplanung

In der planerischen Praxis treten verschiedene Planungsfälle der Fabrikgestaltung auf. Diese umfassen nach [Wiendahl1996, Bild 9-4] die Neuplanung, Erweiterungsplanung aber auch Umplanungen zur Reduzierung und Verlagerung von Produktionssystemen. Obwohl sich ihr Anteil an der Gesamtzahl der Planungen unterscheidet und einem zeitlichen Wandel unterliegt (siehe [BRACHT1984], [GRUNDIG2000]), sind in allen Fällen die Bestimmungsgrößen Fläche/Gebäude und Produktionsstruktur betroffen.

Bei Neuplanungen steht in der Regel die Gestaltung des Produktionssystems am Beginn der Arbeiten. Das Gebäude wird als unterstützender Produktionsfaktor im Anschluss geplant. Daher trägt eine frühzeitige Berücksichtigung von Aspekten der Gebäudeplanung und der verlustarme Transfer von Arbeitsergebnissen zu effizienteren Abläufen bei der Arbeit des Produktionsplaners und damit zu einer zeitlichen Verkürzung bei.

Umplanungen der Produktion bedeuten einen Eingriff in eine bestehende Gebäudestruktur. Diesen Maßnahmen ist oft eine Analyse der zu beachtenden Randbedingungen und entstehenden Kosten vorgeschaltet. In diesem Fall helfen detailliertes Wissen aus der Gebäudeplanung bei den Arbeiten des Produktionsplaners. Gesetzliche Anforderungen an den baulichen Brandschutz können z.B. eine geplante Nutzungsänderung einer bestehenden Produktionshalle stark einschränken oder hohe Zusatzaufwendungen erfordern.

Diese Ausführungen weisen darauf hin, dass eine verstärkte Integration von Aspekten der Gebäudeplanung unter verschiedenen Betrachtungsschwerpunkten in vielen Fällen der planerischen Praxis erforderlich ist.

2.2. Methoden und Vorgehensweisen

Für die Bearbeitung der beschriebenen Inhalte stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Diese werden getrennt nach den Planungsbereichen Produktionssystem und Gebäude daraufhin untersucht, in wie weit eine Berücksichtigung der dargestellten Wechselwirkungen stattfindet.

2.2.1. Methoden zur Planung des Produktionssystems

2.2.1.1. Bekannte Methoden und Ansätze

6-Stufen-Methode nach REFA

Die Planungsmethode nach REFA [REFA1985] stellt einen allgemeinen Planungsrahmen zur Gestaltung von Fabriken dar. Es lässt sich eine prinzipielle Vorgehensweise in drei Phasen erkennen: Vorbereitungsphase, Lösungsfindung und Lösungsrealisierung. Diese Grobstruktur wird in sechs Stufen aufgebrochen, die chronologisch durchlaufen werden. Während in den ersten beiden Schritten die Projektvorbereitung getroffen wird (Festlegung der Ziele und Abgrenzung der Aufgaben), wird zu Beginn der Lösungsfindung eine ideale Lösung ermittelt. Im Anschluss werden verschiedene reale Lösungsalternativen erarbeitet. Anhand der festgelegten Zielkriterien kann nun eine optimale Lösung ausgewählt und umgesetzt werden.

In aktuelleren Darstellungen [FELIX1998] wird diese Vorgehensweise aufgegriffen und zu einem umfassenden „Planungszyklus der Fabrikplanung“ [FELIX1998, S. 37] ergänzt. Dieser umfasst neben den Phasen der Planung und Realisierung auch eine Phase der Systembewirtschaftung (Produktionsbetrieb) und -analyse (z.B. Controlling der Leistungsfähigkeit).

Systematischer Planungsablauf nach Kettner

Der systematische Planungsablauf nach Kettner [KETTNER1984] ist gekennzeichnet durch das Prinzip ‚vom Groben zum Feinen‘ und weist einen hohen Systematisierungsgrad auf. Er unterscheidet die Phasen „Vorarbeiten“, „Planung“ und „Ausführung“, die wiederum in sieben Schritte aufgeteilt sind. ([KETTNER1984], S. 13). Wesentliches Element der Planung ist die Erarbeitung eines Ideallayouts der Fabrik, das in den nächsten Schritten in ein umsetzbares Reallayout überführt wird. Dieses ist die Basis für die Fein- und anschließende Ausführungsplanung.

Die Durchführung der Arbeiten wird als zentrale Planungsaufgabe angesehen, die von einem Team aus Spezialisten durchgeführt wird. Auffallend bei diesem Planungsvorgehen ist eine starke Konzentration auf die Planung des Materialflusses sowie auf die Dimensionierung und Planung von Flächen. Großen Raum nimmt auch eine detaillierte Darstellung der Layoutplanung ein (Ideal-, Real- und Feinlayout). Die Einflüsse der Gebäudeplanung beim

Übergang von einem Ideal- zu einem Reallayout werden erkannt. Diese wird als externes Projekt verstanden und wird im Rahmen dieser Methode nicht weiter behandelt.

Fabrikplanung nach Aggteleky

Im Gegensatz zur vielstufigen Gestaltung bei Kettner beschränkt sich die Fabrikplanung bei Aggteleky [AGGTELEKY1990B], [AGGTELEKY1990C] auf drei wesentliche Planungsstufen. Nach einer Phase der Zielplanung und anderer Projektvorarbeiten erfolgen in einem zweiten Schritt die Analyse des Planungsfelds und eine sogenannte Feasibility-Studie zur Ermittlung einer technisch-wirtschaftlich optimalen Gesamtkonzeption. Diese Studie umfasst die Grob- und Bereichsplanung der Fabrik sowie die Planung der Kosten. Nach einer Entscheidung über die Fortsetzung des Projekts erfolgen Anpassungen der Planungsparameter und die Detailplanung. Diese enthält neben fabrikplanerischen Inhalten verschiedene Aufgaben der Gebäudeplanung und schließt auch die Planung des Aufbaus und der Inbetriebnahme mit ein.

Aggteleky beschreibt die umfassenden und komplexen Zusammenhänge aller Ebenen der Fabrikplanung (Abb. 2-2). Der Schwerpunkt der Darstellungen liegt in den Aufgaben der Generalbebauung und Planung der Produktions- und Logistiksysteme. In diesem Zusammenhang weist diese Methode auf die Bedeutung der Gebäudeplanung hin, so *„[bilden] die Bestimmung der Grundrissform und die Raumgestaltung (...) neben der Gliederung und materialflussgerechten Anordnung der Bereiche den dritten wichtigen Aufgabenbereich der Layoutplanung“* [AGGTELEKY1990B, S. 605]. Dazu werden einige wesentliche Fragestellungen der Gebäudestruktur dargestellt, sowie bewertete Lösungsmöglichkeiten und Gestaltungsansätze in Checklistenform angeboten.

Weitere Methoden

Eine generelle Darstellung des Ablaufs zur Fabrikplanung bietet [VDI1990] mit sechs Stufen von der Zieldefinition über Betriebsanalyse bis zur eigentlichen Planung. Diese basiert auf einer Bedarfsplanung und wird mit einer zunehmend detaillierteren Prinzip- und Feinplanung fortgesetzt.

Für Teilbereiche der Fabrikgestaltung liegen wiederum eine Reihe von Methoden und Vorgehensweisen vor. Der Segmentierungsansatz von Wildemann [WILDEMANN1988] bietet Hilfestellung zur Gliederung der Fabrik nach

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

weiteren Gesichtspunkten neben der Konzentration auf Materialflussbeziehungen. Diese und andere Methoden stellen eine wichtige Ergänzung dar, lassen aber indirekte Funktionsbereiche der Fabrik und die Gebäudegestaltung unberücksichtigt.

Erste Ansätze für eine integrierte bzw. simultane Fabrikgestaltung zeigt [ZÜLCH1993]. Es wird die simultane Bearbeitung verschiedener Teilbereiche innerhalb der Fabrikgestaltung beschrieben (z.B. Betriebsmittel, Personal, Materialfluss). Die Verknüpfung bleibt aber auf produktnahe Planungsfelder beschränkt. Der Schwerpunkt dieser Methode liegt im Zusammenwirken von Produktentwicklung und Montageplanung.

Auch bei [FELDMANN1996] werden Methoden zur Integration der Planung entwickelt, wiederum mit dem Schwerpunkt einer Zusammenfassung von Konstruktion und Montageplanung.

Für die Beschreibung und Bewertung weiterer Ansätze zur Unternehmens- und Fabrikplanung wird an dieser Stelle auf die Arbeiten von [BORCHERT1996] und [BISSEL1996] verwiesen.

2.2.1.2. Weiterentwicklungen

Die oben dargestellten Ansätze teilen den Ablauf in bestimmte Phasen, die in unterschiedlichem Detaillierungsgrad durchlaufen werden können. Neuere Arbeiten ([MENZEL2000]) bestätigen diesen grundlegenden Ablauf.

Die geänderten Anforderungen an die Gestaltung und Planung von Fabriken (Kapitel 1.1) führen zu einer Weiterentwicklung der bestehenden Methoden.

Folgende Ansätze nehmen in den letzten Jahren an Bedeutung zu:

- Partizipative Fabrikplanung
- Integrierte Bearbeitung von Planungsaufgaben

Partizipative Fabrikplanung

Dieser Ansatz bedeutet eine zunehmende Integration der von der Planung betroffenen Mitarbeiter in den Planungsprozess. Die Einbindung dieses Personenkreises kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen ([MENZEL2000, BILD 20]) und bietet je nach Planungsfeld unterschiedliche Potenziale (siehe Abb. 2-5).

Deutlich erkennbar sind viele Vorteile auf operativer Ebene, wie Arbeitsplatzoptimierung, Layoutplanung oder die Auswahl eingesetzter Technologien. Dieser Potenzialabschätzung entspricht auch der heutige Stand der Mitarbeiterbeteiligung an der Fabrikplanung, wobei eine Verlagerung von der ausschließlichen Beteiligung an der Umsetzung hin zur Beteiligung bei Struktur- und Layoutplanung zu erkennen ist [WIENDAHL2000]. Weitere Möglichkeiten bestehen in eingeschränktem Umfang auf einer taktischen und strategischen Planungsebene, in denen Fragestellungen zu Steuerungsverfahren oder zur Beratung der Produktentwicklung bearbeitet werden. Eine wesentliche Voraussetzung zur Realisierung dieser Möglichkeiten ist ein hoher Grad an Dezentralisierung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten für die Planungsprozesse.

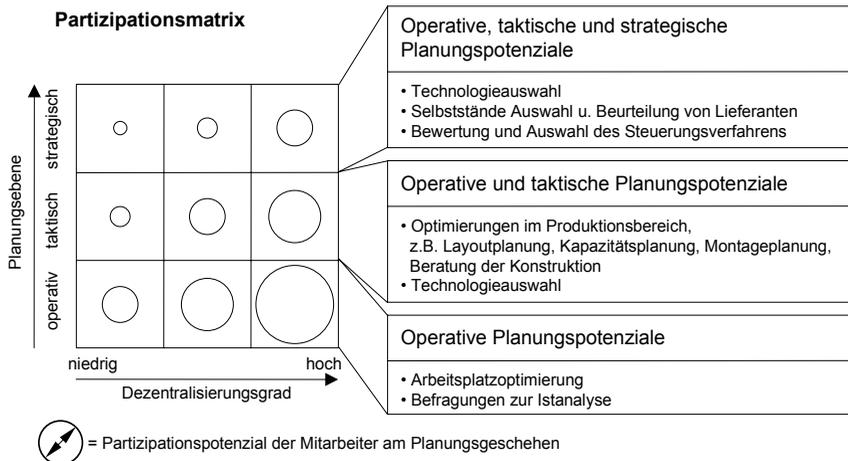


Abb. 2-5: Potenziale einer partizipative Fabrikplanung nach [WIENDAHL2000B, BILD 11]

Neben diesen organisatorischen Voraussetzungen müssen weitere Bedingungen für den Einsatz der partizipativen Fabrikplanung erfüllt sein:

- Moderne Werkzeuge zur Planung, die ein Zusammenarbeiten der unterschiedlichen Planungsbeteiligten unterstützen. Hier ist der Einsatz moderner Visualisierungstechnik zu nennen.
- Eine Schlüsselrolle kommt der Qualifikation der Planungsbeteiligten zu. Nicht nur ausreichendes Methodenwissen über die Zusammenarbeit im Team und die Vorgehensweisen bei der Fabrikplanung ist notwendig.

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

Ebenso wichtig ist das Vorhandensein bzw. die unmittelbare Bereitstellung von Wissen über die betroffenen Planungsbereiche. Gerade Zusammenhänge mit dem Bereich der Gebäudeplanung haben hier eine besondere Bedeutung.

Integrierte Bearbeitung von Planungsaufgaben

Bei der Integration von Planungsaufgaben in der Fabrikgestaltung muss zwischen einer Zusammenfassung von Inhalten und der Integration von Planungsschritten unterschieden werden. Abb. 2-6 zeigt aktuelle Ansätze aus verschiedenen Bereichen der Fabrikgestaltung nach [FÖRSTER 2001], [JONAS2001], [KÖHLER2000], [KÜHNLE2000], [VONDRAN2001], [WIENDAHL2000], [WIENDAHL2001], [Wirth2000b]:

Methodenintegration	Inhaltsintegration
<ul style="list-style-type: none">• Übertragung von Prinzipien des Simultaneous Engineering aus der Produktgestaltung auf die Fabrikplanung• Kooperative Planung in Netzwerken zwischen den Planungsbeteiligten• Arbeiten von räumlichen getrennten Orten an einem gemeinsamen Planungsobjekt• Übergang zu Planungen mit Workshop-Charakter• Wandlung der Rolle des Fabrikplaners hin zum Moderator zwischen den beteiligten Fachleuten• Arbeit an einer gemeinsamen Wissens- und Datenbasis (Datenmodell)	<ul style="list-style-type: none">• Integration von Teilbereichen der Fabrikplanung<ul style="list-style-type: none">- Layout- und Logistikplanung- Konstruktion und Montageplanung- Layout- und Lager-/Fördertechnikplanung• gemeinsame Betrachtung der Prozess- und Bauplanung• frühe Einbeziehung von Fachplanern in den Strukturierungsprozess der Fabrik• Integration von Produktionssystemplanung und -steuerung• Verknüpfung der bisher getrennten Planungsebenen (Standortebene, Arbeitsplatzebene) innerhalb eines Projekts

Abb. 2-6: *Integration von Planungsaufgaben in der Fabrikgestaltung*

Die Integration von Planungsschritten entsteht aus einer Parallelisierung von Planungsaufgaben im Sinne eines Simultaneous Engineering. Es steht die Arbeit in Netzwerken und Kooperationen im Vordergrund, im Gegensatz zu einer deutlichen Abgrenzung und sequentiellen Bearbeitung der Planungsaufgaben in der bekannten Fabrikplanung. Große Bedeutung kommt dem effizienten und verlustfreien Austausch von Daten zu.

Bei der Zusammenfassung von Planungsinhalten fällt auf, dass in Teilbereichen der Fabrikgestaltung schon verschiedene integrierte Methoden im

Einsatz sind. Dies betrifft insbesondere Planungsfelder, die mit der Layoutplanung der Fabrik zusammenhängen. In diesem Bereich sind auch zukünftige Forschungstendenzen zu erkennen bis hin zu intelligenten Assistenzsystemen, die die Planung unterstützen sollen [Wiendahl2000]. Im Bereich der Zusammenarbeit von Bau- und Gebäudeplanung sind die Notwendigkeiten einer Integration erkannt, Grundlagen in der Forschung erarbeitet und erste Ansätze in der Praxis realisiert [Haas2001].

Zentrale Voraussetzung für den Erfolg der dargestellten Integrationsmöglichkeiten ist die Beherrschung des Informationsflusses. Der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien soll sowohl die Speicherung der Daten als auch den Austausch der notwendigen Informationen gewährleisten. Vor dem Hintergrund immer leistungsfähigerer Rechner und komplexer werdender Aufgaben wird die rechnergestützte Planung propagiert. Parallel zur digitalen Produktentwicklung soll die Gestaltung der Produktionsmittel rechnergestützt in einer „Digitalen Fabrik“ [Westkämper2000, S. 92] erfolgen. Das gesamte Produktionssystem wird mit seinen Eigenschaften und Zusammenhängen im Rechner abgebildet. Detaillierte Angaben findet man in der Literatur [MILLER1999], [WAGNER1999], [WESTKÄMPER2001B].

2.2.1.3. Merkmale und Schwerpunkte

Im folgenden (Abb. 2-7) sind die wesentlichen Aussagen zum Stand der eingesetzten Methoden zur Planung von Produktionssystemen dargestellt.

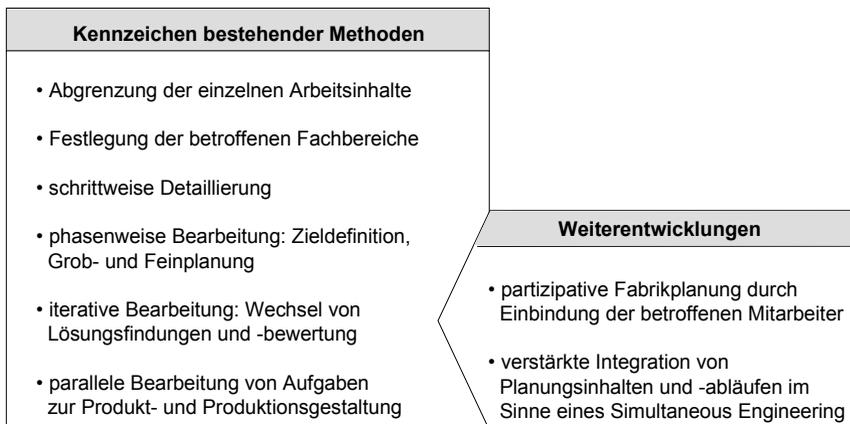


Abb. 2-7: Methoden zur Planung von Produktionssystemen

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

Die Zusammenfassung zeigt, dass für die umfangreichen Planungsaufgaben eine Reihe definierter Vorgehensweisen vorliegt. Diese geben die Inhalte, die Reihenfolge, den Detaillierungsgrad der Arbeiten und die zu beteiligenden Fachstellen an. Unterschiede sind in der Schwerpunktsetzung bei einzelnen Planungsphasen zu erkennen. Vielen Ansätzen gemeinsam ist der Hinweis auf die Notwendigkeit, Aspekte der Gebäudeplanung in verschiedenen Phasen des Planungsprozesses einzubinden.

Diese bekannten Methoden werden aufgrund geänderter Anforderungen adaptiert. Dies erfolgt durch eine verstärkte Einbeziehung der betroffenen Mitarbeiter und die zunehmende Integration von Planungsarbeiten. Diese bezieht sich auf das Zusammenwirken mit der Produktentwicklung. Weitere Bestrebungen umfassen die Beteiligung von Fachplanern bzw. eine Zusammenfassung von Planungsarbeiten in Netzwerken. Auf die hohe Bedeutung eines verlustarmen Austausches von Informationen wird hingewiesen.

Insgesamt erkennt man, dass sich methodische Weiterentwicklungen auf Verbesserungen innerhalb der Produktionsplanung konzentrieren. Die Anbindung an externe Planungsbereiche (z.B. Gebäudeplanung) ist von untergeordneter Bedeutung.

2.2.2. Ablauf der Gebäudeplanung

2.2.2.1. Planungsphasen gem. HOAI

Grundlage für die Abwicklung von Bauprojekten ist die **Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)** [HOAI2002]. In dieser laufend aktualisierten Übersicht sind detailliert die Leistungen der einzelnen an Bauprojekten beteiligten Personengruppen aufgeführt und für eine spätere Berechnung der Entgelte geregelt.

Erkennbar ist eine klare Aufteilung der **Leistungsbereiche** in die drei Hauptgruppen Objektplanung, Konstruktive Planung und Fachplanung (Abb. 2-8). Der Bereich der Objektplanung umfasst das gesamte Gebäude und liegt oft im Verantwortungsbereich des Architekten. An dieser Stelle findet man die Schnittstelle zu Bauherr (Auftraggeber) und Projektumfeld (z.B. Genehmigungsbehörden). Aufgabengebiete der konstruktiven Planung sind Tragwerk und andere Elemente der Gebäudestruktur. Zur Fachplanung zählen das

Gebiet der technischen Ausrüstung oder der Gestaltung des ‚Innenlebens‘ der Gebäude.

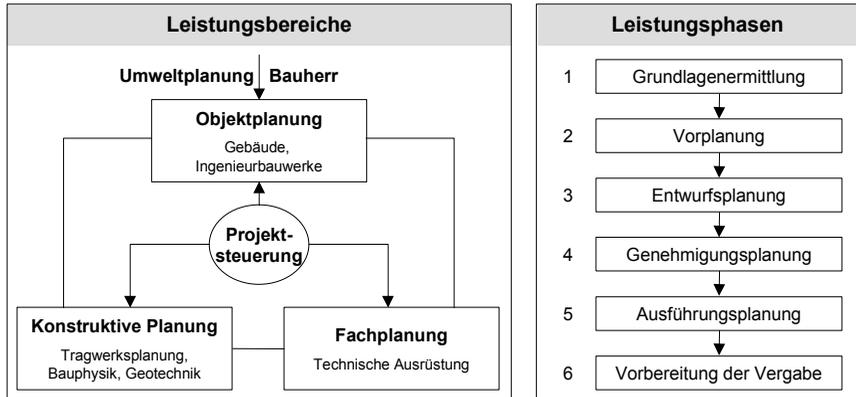


Abb. 2-8: Leistungsbereiche und -phasen der HOAI [DAMRATH2000]

Der logische Ablauf der Arbeiten gliedert sich in sechs sogenannte **Leistungsphasen** (Abb. 2-8), zu denen Aufgaben von der Grundlagenermittlung über die Vor-, Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur Ausführungsplanung und Vergabe von Gewerken zählen. Der Detaillierungsgrad der Planungen steigt dabei an.

Aus den Leistungsbereichen und -phasen lässt sich eine Vorgehensweise für die Planung von Gebäuden ableiten, die das Zusammenspiel der Beteiligten sowie wesentliche Inhalte in den einzelnen Planungsphasen aufzeigt (Abb. 2-9).

In dieser Übersicht werden die Rollen der Planungsbeteiligten deutlich. Eine zentrale Stellung als Entscheidungsorgan nimmt an mehreren Stellen der Bauherr ein. Der Architekt übernimmt, unterstützt von einer Reihe von Spezialisten, die gesamte Planung und Ausführungsvorbereitung des Projekts. In vielen Projekten ist er auch für die anschließende Ausführung und Realisierung verantwortlich. Erheblichen Einfluss haben eine Reihe unterschiedlicher Behörden als Genehmigungsinstanz.

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

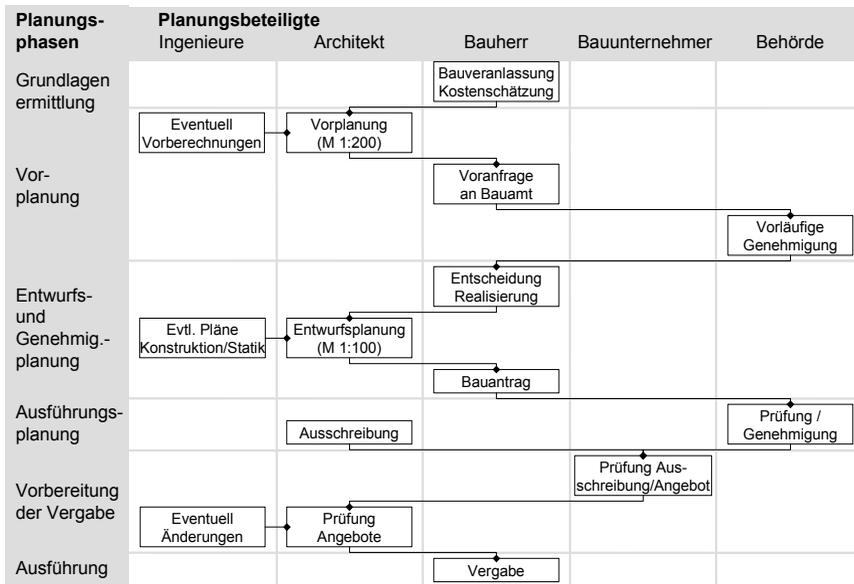


Abb. 2-9: Planungsphasen bei Gebäuden (in Anlehnung an [SCHRÖDER1994])

Weitere detaillierte Beschreibungen zur Organisation und Abwicklung von Hochbauprojekten findet man in der Literatur: [GROTH1990], [SCHRÖDER1994], [RÖSEL1999]

2.2.2.2. Planung von Industriebauten

Schwerpunktverlagerung bei Einzelaufgaben

Neben der oben dargestellten allgemeingültigen Vorgehensweise zur Planung von Gebäuden sind bei Industrie- und Fabrikbauten einige Besonderheiten zu beachten. Obwohl das Gebäude während der Nutzungsphase (Produktion) eine passive Rolle hat, treten Berührungspunkte mit Betriebseinrichtungen und Betriebsablauf auf, die in der industriellen Bauplanung zu berücksichtigen sind. Diese betreffen gemäß Abb. 2-4 die Bereiche

- Bautechnik (Tragwerk, Innenausbau, Verkehrsanbindung),
- Haus- und Betriebstechnik (Medienversorgung, Lüftung, Heizung, Entsorgung) sowie den
- Arbeitsplatz des Einzelnen (Arbeitsumfeld).

Zusätzlich sind Randbedingungen wie rechtliche Vorgaben, Normen und Richtlinien sowie die Gestaltung von Sozialbereichen zu beachten.

Diese Gestaltungsschwerpunkte führen zu einer Schwerpunktsverlagerung bei den Einzelaufgaben der Gebäudeplanung. Die Bedeutung der Fachplaner nimmt ebenso wie der Bedarf zur Abstimmung mit Spezialisten der Fabrikplanung stark zu. In Anlehnung an Abb. 2-9 verringert sich parallel die zentrale Rolle des (Industrie-) Architekten in seiner Leitungs- und Koordinierungsfunktion. Diese wird von dem Projektverantwortlichen des gesamten Fabrikplanungsprojekts übernommen ([Aggteleky1990c, Bild 20.14b]).

Arbeit an digitalen Gebäudemodellen

Die Aufgaben der Fachplaner können mit Hilfe verschiedener Rechnerwerkzeuge bearbeitet werden. Die Grundlage für den verstärkten Einsatz von Rechnern in der Gebäudeplanung bildet die Arbeit an einem gemeinsamen digitalen Gebäudemodell [CADNEWS2000]. Es wird versucht, alle für die Planung relevanten Gebäudeinformationen im Rechner zu speichern. Die Bandbreite der entwickelten bzw. eingesetzten Modelle ist sehr groß.

Erste Ansätze für Modelle zeigen [HARTMANN1992] und [DRACH1994]. Der Schwerpunkt liegt in der Speicherung von Geometriedaten. Diese allgemeingültigen Modelle werden ergänzt durch Formate und Vorgaben für spezielle Anwendungen. So stehen z.B. für den Datenaustausch im Bereich der Technischen Gebäudeplanung (TGA) Spezifikationen zur Verfügung, die zusätzliche Daten der Einzelelemente (z.B. Anschlusswerte von Verbrauchern) speichern und übertragen. [HAAG1999].

Moderne Entwicklungen versuchen eine Zusammenführung dieser geometrischen und objektbezogenen Informationen in einem gemeinsamen Datenmodell. Teilweise befinden sie sich im Praxiseinsatz und werden von immer mehr Software-Produzenten unterstützt. Zu diesen Entwicklungen zählen Referenzmodelle nach IFC (Industry Foundation Classes) [IAI2000], STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) [STEP-CDS2000] oder aecXML (eXtensible Markup Language (XML) standard for electronic communications in the architectural, engineering and construction industries) [WELTWEITBAU2000c] (siehe auch Kapitel 5.1.2).

2.2.2.3. Charakteristische Merkmale der Gebäudeplanung

Im Gegensatz zu den zahlreichen Methoden der Produktionsplanung sind die Abläufe der Gebäudeplanung in einer Vorgehensweise (HOAI) zusammengefasst und detailliert beschrieben. Auffällig ist eine strikte Trennung zwischen Planung (Architekt, Ingenieurbüro) und Ausführung (Bauunternehmen). Diese beginnt bei getrennten Unternehmen, die diese Arbeiten ausführen und geht bis zu rechtlich bindenden Vorgaben über die Pflichten und Rechte des einzelnen an der Bauplanung beteiligten Partners [GROTH1990]. Die teilweise sehr unterschiedlichen Zielsetzungen stehen einer gemeinsamen Lösungsfindung oder der Implementierung einer integrierten, gemeinsamen Vorgehensweise entgegen. Die daraus resultierende hohe Arbeitsteilung führt zu mehreren Ablauflinien in der Bauplanung, deren Verknüpfung aber für den Gesamtprozess bestimmend ist. Nicht nur die Anzahl der Schnittstellen ist von Bedeutung, auch die Fülle unterschiedlicher Informationsebenen und sogar Fachsprachen sind wesentliche Merkmale im Bauplanungsprozess [DRACH1994], [RÖSEL1999].

Neben diesen ablaufbezogenen Charakteristika kann man beim Planungsobjekt selbst einige Besonderheiten erkennen. Auf der Ebene des Gesamtprojekts ist nur selten eine Standardisierung der Lösungen möglich und es spielen viele subjektive Einflüsse und Entscheidungskriterien in der Lösungsfindung eine Rolle [GROTH1990]. Ein Beleg dafür ist die Vielzahl an Katalogen und Modellsammlungen für verschiedene Bauprojekte. Gleichzeitig existieren aber auf der Ebene von Detaillösungen (z.B. Türöffnungen) eine Reihe an rechtsverbindlichen Normen, Ausführungsvorschriften und Regeln zur Gestaltung (Kapitel 6.2.2). Auch die Bearbeitung von Einzelaufgaben und Berechnungen ist nach festen Strukturen geregelt (z.B. Flächenberechnung nach DIN 277).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Abläufe und Aufgaben der (industriellen) Bauplanung von mehreren Aspekten gekennzeichnet sind:

- Zur Bearbeitung der Aufgaben existiert eine detaillierte Beschreibung der Abläufe für die unterschiedlichen an der Planung beteiligten Personengruppen.
- Es existiert eine Vielzahl von beteiligten Planungspartner mit einer Reihe unterschiedlichster Schnittstellen. Im Industriebau ist auf die besondere Bedeutung der Fachplaner hingewiesen.

- Geringen Standardisierungsmöglichkeiten auf Projektebene steht eine große Zahl detaillierter Regeln und Informationen zur Ausführung und Gestaltung von Einzellösungen gegenüber.
- Weiterentwicklungen der Methoden (z.B. Arbeit an gemeinsamen Gebäudemodellen) zielen auf Verbesserungen im Bereich der Gebäudeplanung. Zusammenhänge zur Planung des Produktionssystems werden nicht explizit untersucht.

2.2.3. Beteiligte Personengruppen und Informationsfluss

2.2.3.1. Beteiligte Personengruppen

Die bisherigen Betrachtungen zu den Methoden zeigen, dass Fabrikplanungsprojekte durch eine Vielzahl beteiligter Fachgruppen gekennzeichnet sind. Eine Zusammenfassung des breiten Spektrums zeigt Abb. 2-10 ([HENN1996], [RÖSEL1999]).

Für eine Reihe der dargestellten Personengruppen liegt der Schwerpunkt im Bereich des Produktionssystems. Sie gestalten, ausgehend vom technischen Prozess der Produktentstehung, die dazu notwendigen Elemente wie Anlagen, Logistik oder das Layout des Produktionsbereichs.

Produktionssystem	Gebäudesystem	
<ul style="list-style-type: none"> • Materialflussplaner <ul style="list-style-type: none"> - Werksstruktur - Layout • Logistikplaner <ul style="list-style-type: none"> - externe Anbindung - interne Materialversorgung - Lager- und Fördertechnik • Planung des Datennetzes • Einrichtungsplanung • Prozessplanung <ul style="list-style-type: none"> - Technologien - Arbeitsplatz-Ausstattung 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzer • Bauherr • Behörden <ul style="list-style-type: none"> - Beratung - Prüfung - Genehmigung • Projektleitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Architekt: Entwurf und Bauleitung • Fachingenieure: <ul style="list-style-type: none"> - Tragwerksplanung - Statik - Bauphysik - Tiefbau • Gebäudetechnik: <ul style="list-style-type: none"> - Heizung - Lüftung und Klimaanlage - Gas- und Wasserversorgung - Elektrische Versorgung - Entsorgung - Lichttechnik • Ausführende Firmen

Abb. 2-10: Beteiligte Personen im Rahmen der Fabrikgestaltung

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

Analog gibt es Spezialisten für die Planung des Gebäudesystems. Diese lassen sich nach [RÖSEL1999, S. 108] in „Planende“, „Beratende“ und „Ausführende“ gliedern. Die planenden Personengruppen nehmen direkten Einfluss auf das Planungsprojekt (z.B. Architekt, Planer der Gebäudetechnik), während beratende Personen diese unterstützen (z.B. Fachingenieur zur Überprüfung der Statik). Die ausführenden Firmen realisieren die Entwürfe der beiden anderen Gruppen.

Daneben gibt es verschiedene Personengruppen, die in übergreifender Funktion tätig sind. Dazu zählen Nutzer bzw. Bauherren der Fabrik als Initiatoren des Projekts ebenso wie die Projektleitung. Eine weitere wichtige Rolle spielen Behörden und öffentliche Institutionen (Beispiele siehe [Rösel1999, S. 116-118]), die Überwachungsaufgaben übernehmen.

Das oben gezeigte Spektrum an Beteiligten lässt sich einzelnen Planungsfeldern zuordnen [FELIX1998]. Dadurch sind Rückschlüsse auf den Umfang der Zusammenarbeit und des Austausches von Informationen in den einzelnen Aufgabengebieten möglich. Eine Zusammenfassung der Auswertungen ist in Abb. 2-11 dargestellt.

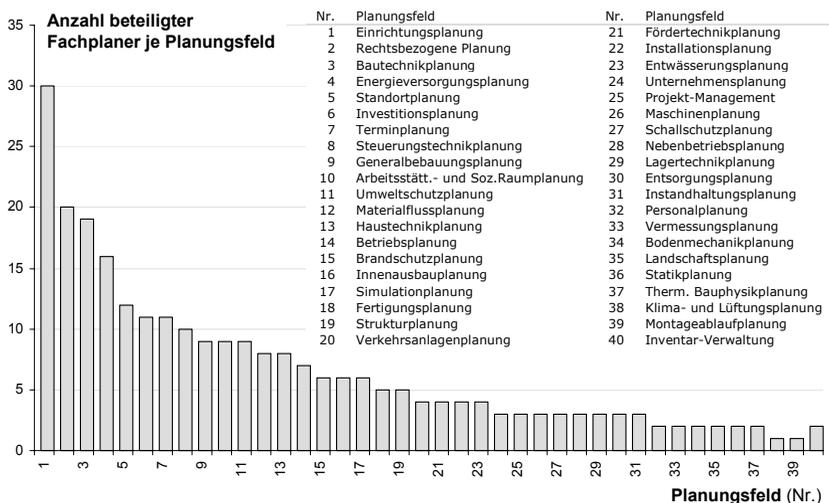


Abb. 2-11: Anzahl beteiligter Fachplaner in den Planungsfeldern der Fabrikgestaltung nach [FELIX1998, S. 789 FF]

Es zeigen sich einige Schwerpunkte, in denen eine sehr hohe Zahl unterschiedlicher Planer (>15) beteiligt ist. Dazu zählen Einrichtungs-, Bau-

technik- und Energieversorgungsplanung. Diese sind durch eine starke Wechselwirkung von Planungsaufgaben aus Produktions- und Gebäudesystem gekennzeichnet. Daneben gibt es eine Reihe von Planungsfeldern mit einer mittleren Zahl beteiligter Fachplaner. Es handelt sich um Gebiete aus der Produktions- und Gebäudeplanung, die ein umfangreiches Gebiet betreffen (z.B. Haustechnikplanung). Für die Bearbeitung von thematisch oder räumlich eingegrenzten Planungsfeldern (z.B. Schallschutzplanung) ist nur noch eine geringe Zahl von verschiedenen Spezialisten notwendig. Teilweise können sie von einem Fachmann bearbeitet werden.

Ingesamt zeigen die Darstellungen, dass trotz einer hohen Anzahl von Spezialisten in der Fabrikgestaltung Planungsfelder mit einer Häufung von beteiligten Personen vorhanden sind. Gerade in diesen Bereichen ist ein bedarfsgerechter und verlustarmer Austausch der benötigten Daten von großer Bedeutung.

2.2.3.2. Informationsfluss

Nicht nur die Anzahl von Informationsempfängern spielt bei der Kopplung der Planungsbereiche eine Rolle, wichtig ist auch die Intensität des Informationsaustausches. Abb. 2-12 zeigt diese Informationsbeziehungen zwischen den verschiedenen Planungsfeldern auf Basis der Auswertungen einer Reihe realer Projekte (nach [FELIX1998]). Es wird unterschieden zwischen dem Erhalt und der Abgabe von Informationen.

Auffallend bei dieser Auswertung ist, dass wiederum die Planungsbereiche in regem Austausch mit anderen Bereichen stehen, in denen viele Planungsspezialisten vertreten sind (Abb. 2-11). Zu diesen Bereichen zählen die Planung der Struktur, der Bautechnik, der Einrichtung und der Energieversorgung. Daneben gibt es eine Reihe von Planungsfeldern, die mit einer mittleren Anzahl anderer Planungsbereiche in Verbindung stehen. Diese Merkmale in der Zahl der Informationsempfänger und -menge erfordern unterschiedliche Übergabemechanismen.

Weitere Rückschlüsse auf die Anforderung zur Übergabe der Planungsdaten an die Gebäudeplanung erlaubt eine Darstellung der Kommunikationsbeziehungen im zeitlichen Verlauf von Bauprojekten [SCHWARZ1988, S. 20]. Abb. 2-13 zeigt deren Intensitätsverlauf für die Planungsfelder Gebäudehülle, Tragwerk, Heizung/Lüftung/Sanitär/Elektro (HLSE) und ausführende Unternehmen. Basis ist die Auswertung der Menge des Schriftwechsels (Protokolle,

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

Zeichnungen, Berechnungen) bei der Abwicklung eines realen Bauvorhabens mit über 45 Einzelgewerken.

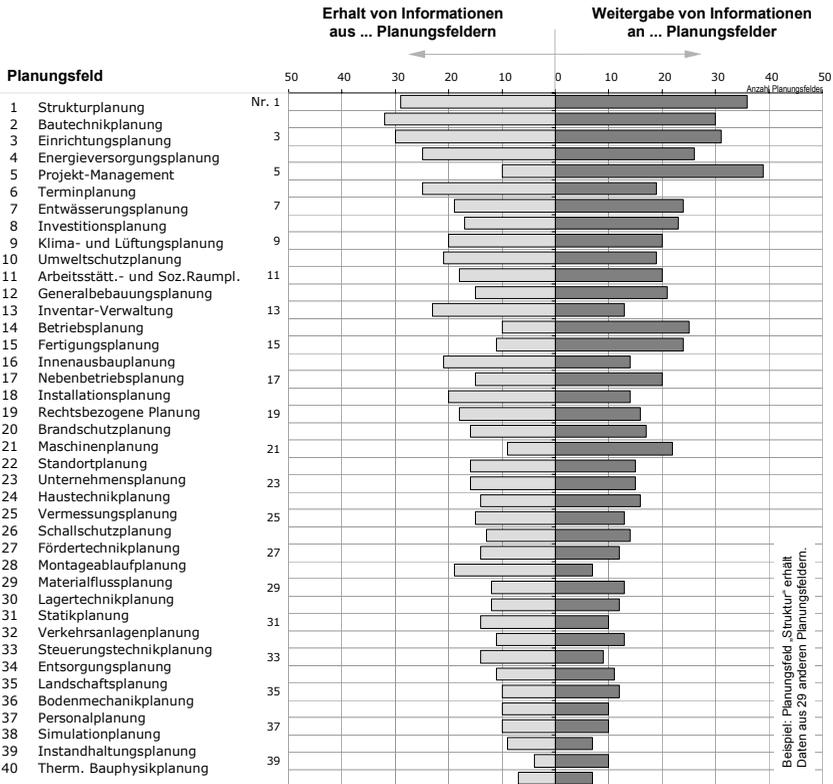


Abb. 2-12: Informationsfluss zwischen Planungsfeldern nach [FELIX1998, BILD20]

Die erste Bauphase I (Vorentwicklung) ist durch eine insgesamt niedrige Kommunikation im Vergleich zu späteren Phasen gekennzeichnet. Schwerpunkt ist hier die Gebäudehülle. Es finden auch erste Festlegungen für die Gebäudeausrüstung (HLSE) statt. Die planenden Funktionen weisen den stärksten Austausch von Planungsergebnissen in der Bauphase II (Werkplanung, Ausschreibungen) auf. Neben dem Entwurf der Gebäudehülle liefern die Fachbereiche Tragwerk und HLSE den Großteil ihrer Arbeitsergebnisse. In den Phasen der Realisierung (Bauphase III) liegen die Kommunikationsschwerpunkte bei den ausführenden Firmen (Rohbau und Ausbau). Nach

Übergabe des Gebäudes an den Nutzer sind Unternehmen zur Gestaltung der Gebäudehülle und zum Ausbau an den Arbeiten beteiligt.

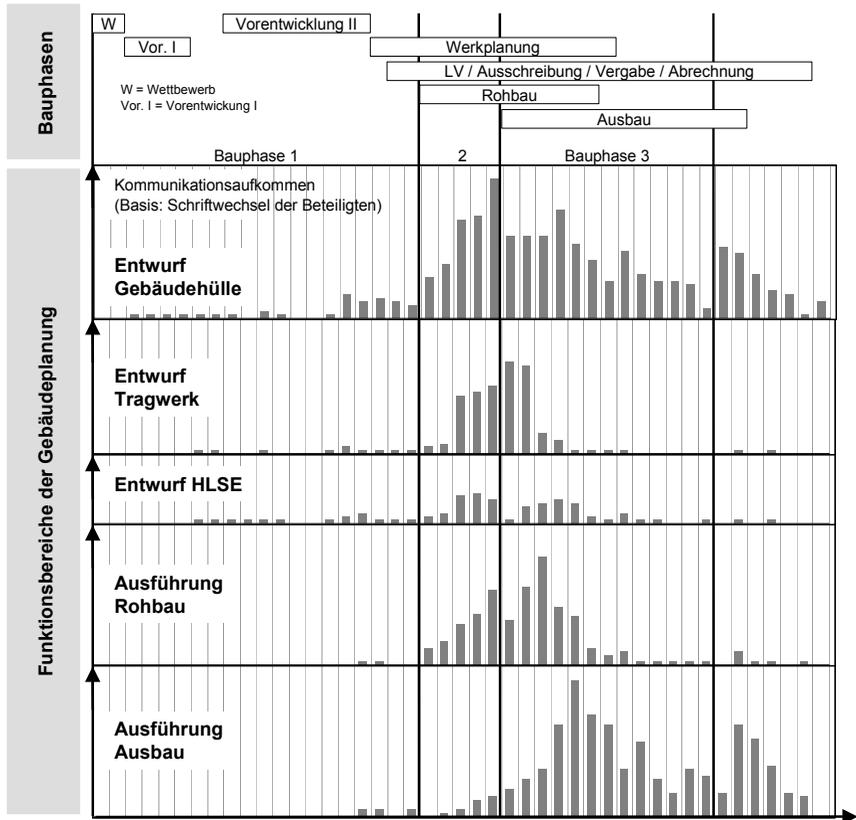


Abb. 2-13: Kommunikationsaufkommen in Bauprojekten nach [SCHWARZ1988, ABB. 1-4]

Aus dieser Darstellung lassen sich für die Kopplung von Produktions- und Gebäudeplanung verschiedene Anforderungen ableiten:

- Schon in einer frühen Projektphase müssen Informationen übertragen werden. Der Detaillierungsgrad dieser Informationen ist aber eher gering. Hier sind wenige, prägnante Daten notwendig.
- Mit Beginn der Werkplanungen steigt der Informationsbedarf stark an. Auch der Detaillierungsgrad der Informationen und damit die Menge wachsen. Zur Reduzierung von Informationsverlusten müssen in dieser

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

zweiten Bauphase die individuellen Bedarfe der Informationsbereitstellung in größerer Bandbreite berücksichtigt werden als bei der Übergabe von Daten in frühen Phasen.

Insgesamt zeigen diese Ausführung die große Bedeutung eines verlustarmen Informationsflusses bei einer hohen Anzahl von Beteiligten. Nacharbeiten und Zusatzaufwendungen zur Korrektur von Übertragungsfehlern können bis zu 2% der Bausumme erreichen [WELTWEITBAU2000B]. Die dadurch verursachten Terminüberschreibungen und vermeidbaren Kosten betragen allein in Deutschland jährlich dreistellige Millionenbeträge [STEP_CDS2001].

2.3. Rechnergestützte Werkzeuge zur Fabrikgestaltung

Bei der Analyse der vorhandenen Methoden zur Fabrikgestaltung wird die unterstützende Wirkung von EDV-Hilfsmitteln zur Bearbeitung von Aufgaben deutlich. Im Folgenden sollen existierende Rechnerwerkzeuge exemplarisch den Unterstützungsgrad darstellen. Die Untersuchung erfolgt getrennt nach den Bereichen Produktions- und Gebäudeplanung, um Unterschiede und Verknüpfungsmöglichkeiten herauszuarbeiten.

2.3.1. Planung des Produktionssystems

Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt auf rechnergestützten Werkzeugen zur Unterstützung bei Layout-, Materialfluss- und Strukturplanungen. Auf Systeme zur Gestaltung der Produktionsprozesse und -reihenfolge (Prozess- und Logistikplanung) sowie zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens (Ablaufsimulation) wird in Hinblick auf die betroffenen Planungsaufgaben mit starker Wechselwirkung zur Gebäudeplanung (Abb. 2-4) verzichtet.

2.3.1.1. Systeme zur Unterstützung von Einzelaufgaben

Für die Planungspraxis existieren eine Reihe von EDV-Systemen, die für spezielle Anwendungen entwickelt worden sind. Es kann unterschieden werden in Anwendungen mit Werkzeugfunktion und wissensorientierte Systeme, die eine zusätzliche methodische Unterstützung bieten.

Anwendungen mit Werkzeugfunktion

Verschiedene Untersuchungen (z.B. [VONDRAN2001, BILD 3.3]) belegen, dass für die identifizierten Schwerpunktaufgaben der Produktionsplanung der

2.3. Rechnergestützte Werkzeuge zur Fabrikgestaltung

Einsatz von EDV-Programmen sinnvoll ist. Die folgende Übersicht (Abb. 2-14) zeigt den Einsatz von Software-Werkzeugen für ausgewählte Planungsinhalte (nach [KRATZ1999]). Basis dieser Auswertung ist eine Analyse der im Einsatz befindlichen Software-Werkzeuge bei verschiedenen Produktionsunternehmen in Deutschland. Es werden die Arbeitsfelder Datenverwaltung, Layout- und Einrichtungsplanung sowie Lager- und Fördertechnik untersucht:

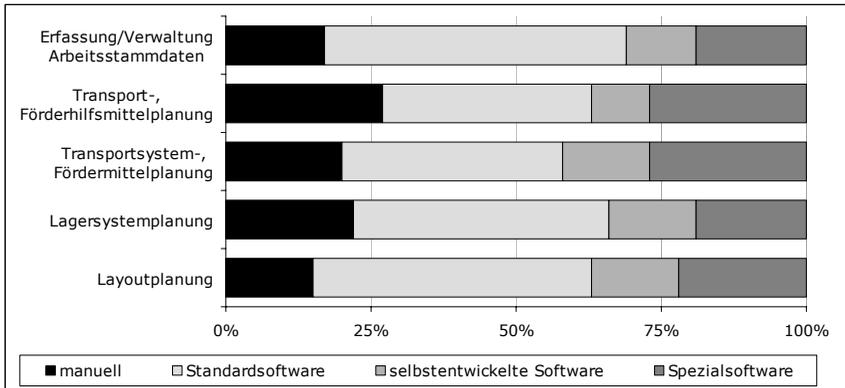


Abb. 2-14: Einsatz von Software für ausgewählte Aufgabengebiete der Fabrikgestaltung [KRATZ1999]

Auffallend ist der hohe Anteil von rechnergestützten Werkzeugen, da in der Summe in mehr als 75% der Fälle mit diesen Hilfsmitteln gearbeitet wird. In allen Anwendungsfällen werden dazu in erster Linie Standardprogramme eingesetzt. An zweiter Stelle rangieren Spezialanwendungen für die einzelnen Themenbereiche.

Die Vorteile einer rechnergestützten Planung sind in der Unternehmenspraxis erkannt und werden durch ein umfangreiches Angebot an Werkzeugen unterstützt [KRATZ1999], [LEHMANN1997]. Das Spektrum ist aber gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Einzelwerkzeugen, die unterschiedliche Spezialfunktionen unterstützen. Aspekte der Gebäudeplanung werden nur in sehr geringem Umfang berücksichtigt. Der Schwerpunkt liegt bei Materialfluss- und Einrichtungsplanung. Die Vielzahl unterschiedlicher Programmpakete weist auf eine weitere Schwachstelle hin. So ist beim Austausch der Planungsergebnisse aufgrund vieler Schnittstellen und unterschiedlicher Datenformate mit Mehraufwendungen und Informationsverlusten zu rechnen.

Wissensorientierte Systeme

Einen Sonderfall der rechnergestützten Produktionsplanung stellen wissensorientierte Systeme dar. Die Besonderheit dieser Anwendungen liegt darin, die bekannten Methoden der Planung im Rechner z.B. mittels Checklisten und Leitsätzen abzubilden und den Planer in seiner gestalterischen Arbeit durch teilweise selbstständige Problemlösung zu unterstützen. Ansätze für derartige System existieren schon seit längerer Zeit [LEHMANN1997]. Die Anwendungsfelder liegen in der innerbetrieblichen Standort-Planung sowie der Gestaltung und Dimensionierung von Fertigungsanlagen und anderen Betriebseinrichtungen (z.B. Lagerdimensionierung [FANG1996]).

Der Funktionsumfang dieser Systeme ist in mehrere Gruppen unterteilt [LANGER1993], [FANG1996]:

- **Werkzeug-Funktionen:** Verwaltung von allgemeinen und projektbezogenen Daten, Dimensionierungs- und Berechnungsfunktionen
- **Wissensdarstellung:** Bereitstellung von Grundlagen-Informationen in Form von Kennzahlen, morphologischen Kästen, Checklisten u.ä.
- **Analyse-Funktionen:** Ermittlung von Kennzahlen, Kostenabschätzungen, Gewichtung der Bewertungs- und Entscheidungsfunktionen
- **Bewertungs-Funktionen:** Unterstützung des Planers bei der Entscheidungsfindung (Methoden mit Benutzer-Schlussfolgerung, modellbasierte Analysemethoden mit Benutzer-Schlussfolgerung, systemische Schlussfolgerungsmethoden)

Die Bewertung des in der Literatur dargestellten Stands der Technik zeigt vorhandene wissensorientierte Systeme für Teilbereiche der Fabrikplanung. Diese beschränken sich auf jeweils ein spezielles Thema ([Fang1996], [DRACH1994]). Der Funktionsumfang der vorhandenen Systeme ist innerhalb der jeweiligen Spezialgebiete sehr umfassend.

Auf Forderungen nach intelligenten Assistenzsystemen zur umfassenden Unterstützung des Planers (siehe auch Kapitel 2.2.1.2) reagieren einzelne Ansätze z.B. im Bereich einer integrierten Montageplanung ([JONAS2001]). Systeme, die im Rahmen der Produktionsplanung auf spezielle Aspekte und Aufgaben der Gebäudeplanung eingehen, sind derzeit nicht bekannt.

2.3.1.2. Systeme zur integrierten Planung

Neben den dargestellten Systemen zur Unterstützung von Einzelfunktionen gibt es Anwendungen, die eine integrierte Planung des Produktionssystems unterstützen. Aus der Vielzahl der am Markt vorhandenen Lösungen werden im Folgenden drei Ansätze und Produkte exemplarisch dargestellt:

- Integrierte Gestaltung von Produktionssystem und -prozessen
- Integrierte Layout- und Strukturplanung
- Abbildung der digitalen Fabrik

Integrierte Gestaltung von Produktionssystem und -prozessen

Das System ERGOPLAN [DELMIA2002] ist ein aus verschiedenen eigenständigen Modulen zusammengesetztes System. Der Einsatz dieser Module richtet sich nach den Erfordernissen der jeweiligen Aufgabe. Die Module sind über eine gemeinsame Datenbasis miteinander verknüpft (siehe Abb. 2-15).

Ausgangspunkt der Planungen ist die Übernahme von Produktinformationen aus dem Bereich der Konstruktion. Nun stehen Module zur Produktanalyse aus fertigungstechnischer Sicht zur Verfügung. Im Anschluss können die Prozesse zur Produktherstellung geplant werden. Weitere angebotene Bausteine unterstützen den Planer beim Aufbau der Arbeitsstationen und einer ergonomischen Gestaltung der Arbeitsplätze. Module zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens (Ablaufsimulation, Zeitermittlung nach MTM-Verfahren) schließen den Planungsprozess ab. Darüber hinaus können die vorhandenen Daten zur operativen Fabriksteuerung verwendet werden.

Die datentechnische Integration der einzelnen Module in einer Datenbank ermöglicht eine Weiterverarbeitung einmal erstellter Planungsergebnisse über fast alle Planungsphasen hinweg. Eine Anbindung an andere Werkzeuge ist aber aufgrund der begrenzten Anzahl von Schnittstellen, die auf den Austausch graphischer Informationen zugeschnitten sind, nur bedingt möglich.

Die Zielsetzung des Systems ERGOPlan liegt in einem integrierten Produkt- und Prozess-Engineering für manuelle und teilautomatisierte Fertigungslinien ([VOGEL2000]). Darüber hinaus können Aspekte der Fabriksteuerung mit Hilfe des Systems geplant und im operativen Betrieb überwacht werden. Aus dieser Zielsetzung leitet sich ab, dass Aspekte der Struktur- bzw. Gebäudeplanung nicht gesondert berücksichtigt werden.

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

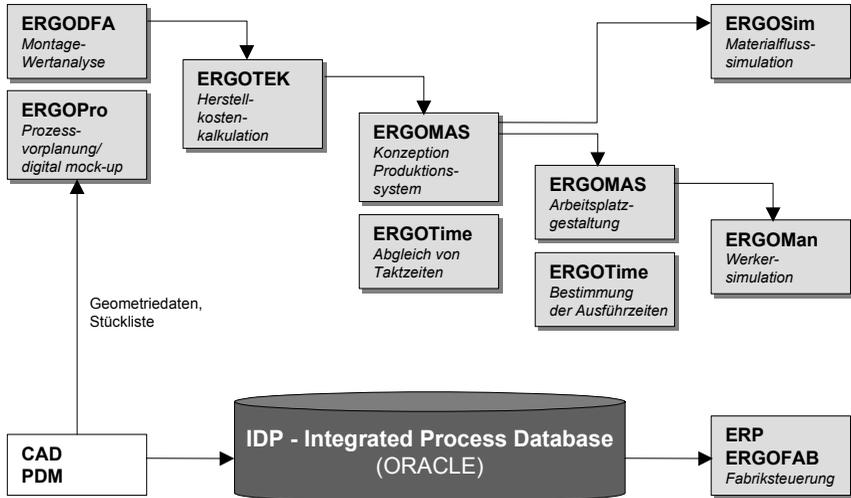


Abb. 2-15: Systemmodule bei ERGOPlan

Integrierte Layout- und Strukturplanung

Der Funktionsumfang von FASTDESIGN [PROJEKTEAM2001] beinhaltet die Planungsbereiche Fabrikplanung, Projekt- und Auftragsverwaltung in der Bauphase des Gebäudes und Facility Management in der Bewirtschaftungsphase. Dafür stehen eine Reihe von Einzelfunktionen zur Verfügung (siehe Abb. 2-16). Basis des gesamten Systems ist die CAD-Software AutoCAD® [AUTOCAD2002].

Die Darstellung der Einzelfunktionen zeigt eine stark layoutorientierte Betrachtungsweise der Planungsschritte und der betroffenen Objekte [SEIPEL2000]. Eine Unterstützung bei der Produktionsprozessgestaltung findet nicht statt. Eine dynamische Dimensionierung des Produktionssystems wird nur in Ansätzen mit Hilfe einfacher statischer Berechnungsmethoden unterstützt. Demgegenüber steht eine Nutzung der geometrischen Daten über den gesamten Objekt-Lebenszyklus hinweg, d.h. auch Aufgaben aus der Nutzungsphase werden innerhalb der gleichen Planungsumgebung unterstützt (z.B. Bereitstellung von Anschlusswerten für Maschinen zur Gestaltung der Medienversorgung).

Aspekte der Gebäudeplanung werden schon in der Entwurfsphase berücksichtigt (z.B. Flächengliederungen nach DIN 277). Auch in späteren Ab-

schnitten stehen spezielle Funktionen für dieses Planungsfeld zur Verfügung (z.B. Fluchtwege-Planung).

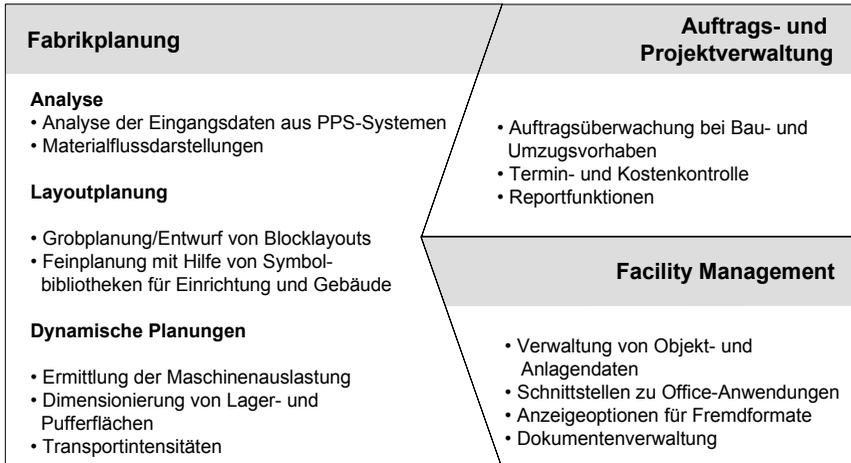


Abb. 2-16: Funktionalitäten von FASTDESIGN

Abbildung der digitalen Fabrik

Die Zielsetzung des Systems eMPower [TECNOMATIX2002] ist die Abbildung einer digitalen Fabrik mit allen notwendigen Objekten und Prozessen im Rechner. Das Paket gliedert sich in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung in vier Anwendungsbereiche mit jeweils unterschiedlichen Einzelprodukten (siehe Abb. 2-17), die über eine gemeinsame Datenbasis miteinander verbunden sind.

Im Vordergrund der Planungen mit eM-Power stehen die Prozesse und damit verbundene Ressourcen (z.B. Maschinen) und Objekte (z.B. Montagegruppen). Der Hauptnutzen liegt in der kompletten Abbildung der Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Planungsobjekten der digitalen Fabrik in einer Planungsumgebung [PURTON2001].

Aktuelle Entwicklungsansätze weisen auf eine stärkere Öffnung des Systems zur Nutzung der Daten durch andere Anwendungen hin (web-basierte Schnittstellen, konfigurierbarer Zugriff auf Datenbasis) [GUTIÉRREZ2002]. Eine Integration spezieller Aspekte der Gebäudeplanung ist in diesem System nicht vorgesehen.

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

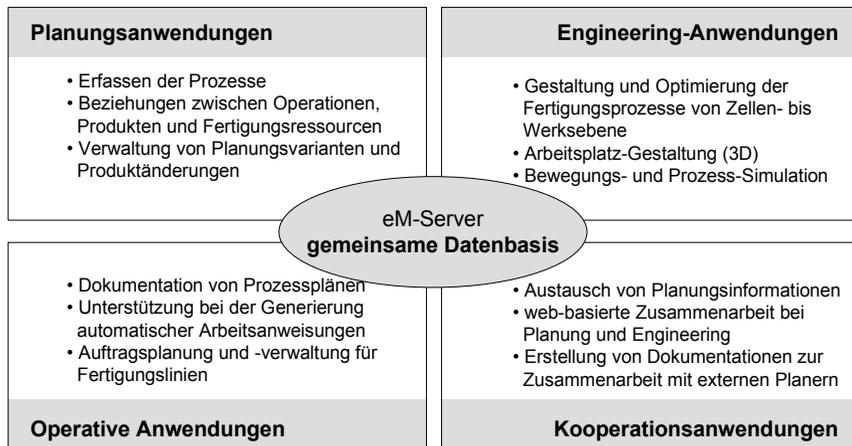


Abb. 2-17: Einsatzbereiche von eMPower

2.3.2. Planung des Gebäudes

Im folgenden werden einige rechnergestützte Werkzeuge aus dem Bereich der Gebäudeplanung sowie deren Einzelfunktionen dargestellt. Ziel ist es nicht, einen umfassenden Marktüberblick zu geben, sondern den aktuellen Stand der Technik und verfügbaren Anwendungen an Beispielen zu dokumentieren. Daneben werden mögliche funktionale und informationstechnische Schnittstellen zur Produktionsplanung erläutert.

2.3.2.1. Einsatzbereiche

Die Schwerpunkte der untersuchten 157 Einzelprogramme [SCHÄFER2000, T1], [SCHÄFER2000, T2] liegen in den Anwendungen CAD und Fachprogramme für Spezialaufgaben (Abb. 2-18). Weitere Aufgabenbereiche sind die Planung der Haustechnik sowie das Facility Management. Aus der Anzahl der eingesetzten Lizenzen lässt sich die dominierende Stellung der CAD-Software erkennen.

Eine Analyse der Nutzergruppen Architekt, Ingenieurbüro und Sonstige Nutzer zeigt, dass CAD- und Fachprogramme in allen drei Gruppen Anwendung finden. Das umfangreiche Spektrum an Haustechnik-Software wird überwiegend von Ingenieurbüros eingesetzt, während Werkzeuge zum Facility Management bei sonstigen Anwendergruppen verwendet werden.

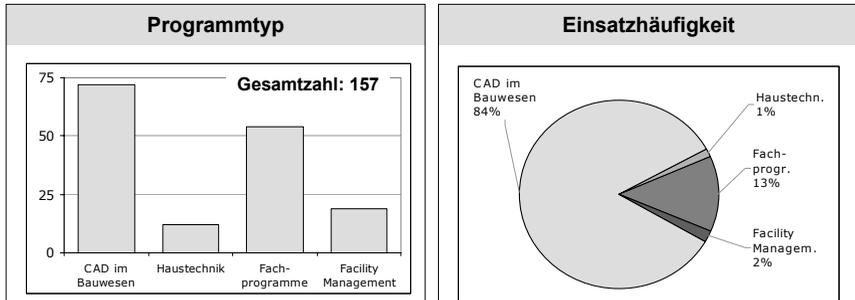


Abb. 2-18: Einsatzbereiche von Software zur Gebäudeplanung

In Hinblick auf das Zusammenwirken mit der Produktionsplanung bedeutet dies, dass Gebäudeplaner als Nutzer der erarbeiteten Daten über eine Vielzahl von EDV-Werkzeugen verfügen und damit unterschiedliche Anforderungen an die übergebenen Daten stellen. Bei der Übertragung dieser Informationen spielen zwar CAD-Daten eine bedeutende Rolle, ebenso wichtig ist die Übergabe von objektbezogenen Informationen zur Weiternutzung in Fachprogrammen. Daher spielen die EDV-technischen Schnittstellen dieser Anwendungen eine besondere Rolle bei der Verbesserung des Informations- und Datenflusses zwischen Fabrik- und Gebäudeplanung (Kapitel 2.3.2.4).

2.3.2.2. Einzelfunktionen und integrierte Bearbeitung von Planungsaufgaben

Eine Betrachtung der Funktionalitäten der vorhandenen Rechnerwerkzeuge zeigt verschiedene Schwerpunkte.

Hauptaufgabe ist die Unterstützung des Planers bei der Bearbeitung und Darstellung von graphischen und geometrischen Gebäudemerkmalen in zwei und verstärkt in drei Dimensionen (2D und 3D) [SCHÄFER2000, T1]. Es stehen eine Reihe von Einzelfunktionen zur Verfügung, wie z.B. Symbolbibliotheken, benutzerdefinierte Zeichenfunktionen, Visualisierungsmöglichkeiten. Schnittstellen zu Programmiersprachen und Datenbanken bieten ebenso wie graphische Austauschformate die Möglichkeit zum Datenaustausch mit anderen Programmen. Mit diesen Funktionen werden Aufgaben im Rahmen der Ausführungs- und Genehmigungsplanung realisiert.

Für Tätigkeiten in der Vorplanungsphase (Grundrissplanung, Kostenschätzung) stehen nur begrenzte EDV-Hilfsmittel zur Verfügung. [Heck1998].

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

Als Beispiel sei hier die Ermittlung von Gebäudemassen erwähnt, die von einigen Anwendungen unterstützt wird [SCHÄFER2000, T1].

Neben diesen allgemeinen Funktionen werden verschiedene Software-Pakete zur Unterstützung von Spezialaufgaben angeboten [RUKON2001], [ROCAD2001]. Besondere Bedeutung hat die - auch für die Fabrikgestaltung wichtige - Planung der Haus- und Gebäudetechnik (Lüftung, Medienversorgung, Entsorgungsleitungen). Diese Werkzeuge erweitern die genannten graphischen Funktionen um Hilfsmittel zur

- Dimensionierung und Auslegung von Anlagenkomponenten (z.B. Berechnung von Rohrleitungsquerschnitten),
- Unterstützung bei Rohr- und Leitungsnetz-Topographien (z.B. Berücksichtigung von Säulen bei der Leitungsverlegung)
- Berücksichtigung der vorhandenen Normen und Richtlinien (z.B. Berechnungsverfahren nach DIN)
- Arbeit mit Normteillebibliotheken und parametrisierten Teilegenerierung
- Dokumentation und Zeichnungserstellung (z.B. Stücklistenermittlung)

Diese Systeme sind in Form von Zusatzmodulen zu vorhandenen CAD-Systemen zuschaltbar. Wesentliches Merkmal dieser Werkzeuge sind hohe Anforderungen an Informationsmenge und -güte der Eingangsdaten für die weiteren Arbeiten.

Zusätzlich zu den dargestellten technisch orientierten Einzelfunktionen gibt es Ansätze zu einer durchgängigen Unterstützung des Gebäudeplanungsprozesses mit Hilfe von Groupware-Programmen [HAAS2001]. Diese web-basierte Software aus verschiedenen Komponenten hilft bei einer kooperativen Abwicklung von Bauprojekten zwischen den beteiligten Einzelunternehmen. Der Funktionsumfang dieser Module umfasst Aspekte wie

- Verwaltung von Projekten und Projektpartner,
- Projektdokumentation, Projektcontrolling (Kosten und Termine),
- Versions- und Änderungsverwaltung, Erkennen von unterschiedlichen Planungsständen,
- Darstellung unterschiedlicher CAD-Formate
- Dokumentenmanagement

Voraussetzung für den Einsatz dieses Werkzeugs ist ein für alle gültiges Datenformat für den Austausch von Geometrie- und Objektdaten.

2.3.2.3. Entwicklungstendenzen

Ausgehend von der gezeigten Ist-Situation lassen sich im Bereich der Werkzeuge zur Gebäudeplanung verschiedene Entwicklungstendenzen erkennen. Diese betreffen die Bereiche:

- Visualisierung von Planungsergebnissen und
- Verbesserung der Zusammenarbeit der an der Gebäudeplanung Beteiligten

Leistungsfähige CAD-Systeme erlauben eine immer besser werdende Darstellung der Gebäude schon in der Planungsphase. Der Einsatz der Virtual Reality rückt damit in den Vordergrund und ist für Architekten, Bauunternehmer und Investoren von wachsender Bedeutung [CADNEWS2000], [MODERNEGEBÄUDETECHNIK2000].

Bei der Zusammenarbeit verschiedener Planungsbeteiligter spielt das Internet eine zunehmende Rolle. Verschiedene Projekte und Forschungsvorhaben versuchen gemeinsame Nutzungsplattformen zu schaffen. Diese reichen von einfachen Viewern für die unterschiedlichsten Datenformate über Client-Server-Systeme für virtuelle Projektteams [BMBF2001] bis hin zu Entwicklungs- und Integrationsplattformen, in denen alle notwendigen Projektinformationen abgebildet und verwendet werden können [OEBBEKE2001]. Ziel ist eine reibungslosere Zusammenarbeit der Projektpartner [IAI2000].

2.3.2.4. Schnittstellen und Datenaustausch

Der rechnergestützte Austausch der notwendigen Daten (Kapitel 2.3.2.1) erfolgt in der Gebäudeplanung nach unterschiedlichen Prinzipien [Heck1998]. Weit verbreitet sind proprietäre Austauschformate, die abhängig von der eingesetzten Software sind (z.B. DXF-Format [AUTOCAD2002]). Deren Informationsgehalt ist auf die Übertragung geometrischer Informationen beschränkt. Zudem kann der Austausch nur zwischen Programmen erfolgen, die diese speziellen Formate unterstützen.

Darüber hinaus existieren allgemeine, software-neutrale Protokolle (z.B. Initial Graphics Exchange Specification IGES [IGES2002]) mit definierten Formaten

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

und erweiterten Informationsinhalten. Die Umwandlung der Daten erfolgt mittels Pre- bzw. Postprozessoren der unterschiedlichen Anwendungsprogramme. Aktuelle Entwicklungen stellen einheitliche Produktmodelle dar, die in der Bauplanung analog zu den bestehenden Modellen in der Produktentwicklung des Maschinen- und Anlagenbaus entwickelt werden ([STEP-CDS2000], [IAI2000]). Hier existiert ein normiertes Modell des Planungsprojekts mit allen Objektinformationen und ihren Abhängigkeiten zueinander, auf das die Planungsbeteiligten Zugriff haben.

Die einzelnen Austauschprinzipien und -formate werden von den Anbietern rechnergestützter Werkzeuge unterschiedlich stark unterstützt [SCHÄFER2000, T1], [SCHÄFER2000, T2]. Eine Zusammenfassung zeigt Abb. 2-19. Darin dominieren graphische Austauschformate. Die Schnittstellen DXF und DWG [AutoCAD2002] haben sich zu einem quasi-Industriestandard entwickelt. Die Schnittstellen für den Austausch von nicht-graphischen Informationen sind überwiegend Text-Schnittstellen im ASCII-Standard. Einige Pakete besitzen noch spezielle Möglichkeiten zur Anbindung an die Software zur Abwicklung von Ausschreibungen und Auftragsvergabe. Erst moderne Schnittstellen wie IFC und STEP erlauben eine Übertragung weiterer objektbezogener Daten und Angaben zur logischen Struktur des Gebäudes. Die Graphik zeigt aber einen geringen Verbreitungsgrad dieser Formate.

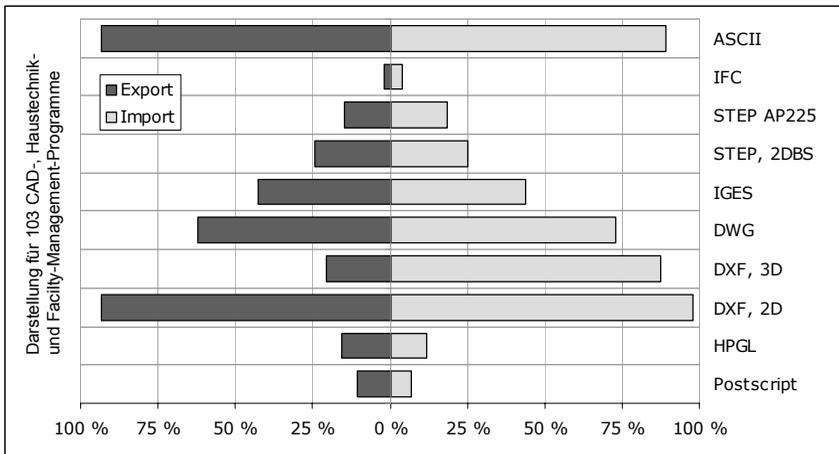


Abb. 2-19: Schnittstellenformate zum Import und Export von Daten bei Bauprogrammen [SCHÄFER2000, T1], [SCHÄFER2000, T2].

Diese Vielzahl vorhandener Schnittstellen soll aber nicht über die Ist-Situation in der Bauplanung hinwegtäuschen. „Angaben ... zufolge sollen zirka 90 Prozent der innerhalb dieser Branche ausgetauschten Daten 2D-Zeichnungen sein“ [AEC_REPORT2000A]. Gründe dafür liegen in einer dominierenden Marktstellung des 2D-DXF-Standards. Hersteller-unabhängige Formate haben in diesem Umfeld Schwierigkeiten, sich zu behaupten. Darüber hinaus sind umfangreiche 3D-Gebäudemodelle als Planungsergebnis in der für die Leistungsbeschreibung und -abrechnung wichtigen HOAI nicht vorgesehen [HAAS&PARNTER1995A].

Vor dem Hintergrund einer parallelen Abwicklung von Planungsaufgaben werden leistungsfähige Schnittstellen in Zukunft an Bedeutung zunehmen, wie die Arbeiten an einheitlichen Modellen auf Gebäude- und Komponentenebene (z.B. Produktdatenaustausch in der TGA [LIEBICH1999]) zeigen.

2.3.3. Merkmale und Schwerpunkte

Der Einsatz von Rechnerwerkzeugen in der Produktions- und Gebäudeplanung ist als notwendig erkannt. Die vorhandenen Werkzeuge implementieren bereichsbezogen die bekannten Planungsmethoden. Eine Betrachtung der im Einsatz befindlichen Systeme zeigt eine Vielzahl an Lösungen. Das Spektrum reicht von Insellösungen für eng begrenzte Fragestellungen über Anwendungen, die über ein gemeinsames Datenformat kommunizieren können, bis hin zu integrierten EDV-Werkzeugen, die das gesamte Planungsmodell im Rechner abbilden.

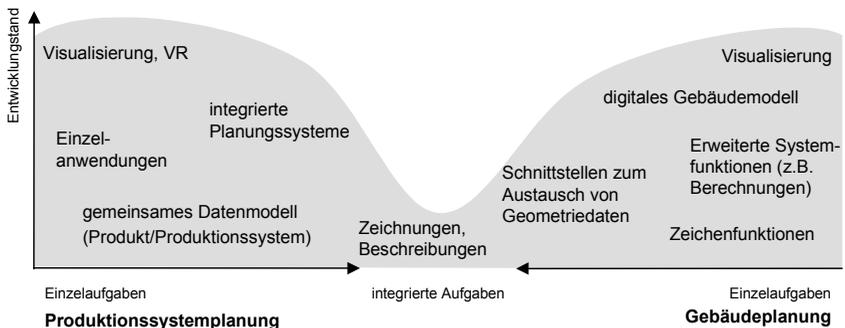


Abb. 2-20: Entwicklungsstand der EDV-Werkzeuge zur Produktions- und Gebäudeplanung

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

In einer Gegenüberstellung des Entwicklungsstands der untersuchten EDV-Werkzeuge (Abb. 2-20) ist deutlich zu erkennen, dass innerhalb der beiden Planungsbereiche ein sehr hoher Entwicklungsstand erreicht ist. Eine Weiterentwicklung der vorhandenen Werkzeuge finden bereichsbezogen statt.

Obwohl die Notwendigkeit einer verstärkten Zusammenarbeit von Produktionssystem- und Gebäudeplanung methodisch erkannt und in Teilbereichen implementiert ist, fehlen bei den Werkzeugen Funktionen zur bedarfsbezogenen Unterstützung des Produktionsplaners und einer durchgängige Nutzung der vorhandenen Planungsdaten. Die Entwicklung von umfangreichen Datenmodellen (Digitale Fabrik, Digitales Gebäudemodell) findet bereichsbezogen ohne Berücksichtigung von empfängerbezogenen Anforderungen statt. Dadurch entsteht eine EDV-technische Lücke bei der gemeinsamen Bearbeitung von Planungsaufgaben.

2.4. Zusammenfassung und Bewertung

Im Rahmen der unternehmensweiten Planungsaktivitäten spielt die Fabrikgestaltung eine wichtige Rolle. Dieses umfassende Planungsfeld hat die Gestaltung des Produktionssystems mit zugehörigen Subsystemen zum Inhalt. **Planungsinhalte** in der unternehmerischen Praxis sind Aufgabenstellungen aus den Gebieten Fabrikgebäude und Logistik- und Produktionssystem. Eine Untersuchung der Einzelarbeiten zeigt einen hohen Grad an wechselseitiger Beeinflussung in den Bereichen Produktionsstruktur und Maschinenaufstellung, bei Gebädetragwerk und -struktur sowie einer Reihe gesetzlicher Vorgaben zur Fabrikgestaltung. Trotz unterschiedlicher Betrachtungsweisen gilt dieser Zusammenhang für die am häufigsten auftretenden Planungsfälle der Neu- bzw. Umgestaltung der Produktion.

Zur Durchführung der notwendigen Arbeiten stehen eine Reihe von **Methoden** zur Verfügung. Für die Produktionssystemplanung existieren detaillierte Vorgehensweisen für die stufenweise Abwicklung der Arbeiten von der Zielfindung, über Grob- und Feinplanungen bis zur Ausführungsplanung. Unterschiede in den Methoden zeigen sich in der Schwerpunktsetzung einzelner Arbeitsaufgaben. Eine Berücksichtigung von Aspekten der Gebäudeplanung wird teilweise gefordert. In manchen Fällen werden Hinweise auf Gestaltungsmerkmale gegeben. Ansätze zur Weiterentwicklung der Methoden beziehen sich auf die Beteiligung von direkt Betroffenen und eine verstärkte Integration von Aufgaben zur Produkt- und Produktionsplanung.

Die ablaufbezogenen Vorgaben für die Gebäudeplanung sind im Vergleich zur Produktionssystemplanung verbindlicher und detaillierter ausgeführt. Für Aufgaben im Bereich von Industriebauten treten einige spezielle Arbeitsfelder (z.B. technische Gebäudeausrüstung) in den Vordergrund. Auffallend bei den vorhandenen Vorgehensweisen sind neben einer Vielzahl von Planungsbeteiligten die große Zahl von dokumentierten Lösungsvorschlägen auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen, die den Gebäudeplaner in seiner Arbeit unterstützen können.

Die Untersuchung der beteiligten Personengruppen bei Produktions- und Gebäudeplanung zeigt eine große Anzahl unterschiedlicher Spezialisten. Eine wesentliche Rolle für den Erfolg ihrer Arbeit spielt der verlustarme und effiziente Austausch von Planungsinformationen.

Zur Unterstützung der vorhanden Methoden stehen eine Reihe von **rechnergestützten Werkzeugen** zur Verfügung. Diese helfen bei Einzelaufgaben der Planung. Zusätzlich gibt es integrierte Softwarelösungen, die den gesamten Planungsprozess begleiten. Dieser umfasst in der Produktionsplanung eine parallele Produkt- und Produktionsgestaltung.

Die vorhandenen Softwarelösungen in der Gebäudeplanung unterstützen bei Einzelaufgaben, allen voran bei der geometrischen Entwurfsarbeit. Auch Anwendungen zur Dimensionierung und Berechnung stehen dem Planer zur Verfügung. Die hohe Anzahl der Planungsbeteiligten sowie die umfangreiche Kommunikation erfordern viele datentechnische Schnittstellen zum Austausch der Planungsergebnisse. Dabei kommt es zu einer Eingrenzung auf die Übermittlung geometrischer Daten, weitere Informationen können nur beschränkt weitergegeben werden. Neuere Ansätze versuchen die Implementierung von digitalen Gebäudemodellen, die von allen Planungspartner gemeinsam genutzt werden.

Weiterentwicklungen im Software-Bereich bleiben auf die jeweiligen Planungsfelder beschränkt, so dass eine EDV-technische Lücke zur gemeinsamen Bearbeitung von Aufgaben entsteht.

In einer zusammenfassenden Bewertung des gegenwärtigen Entwicklungsstands bei Methoden und Werkzeugen der Fabrikgestaltung lassen sich folgende Grundthesen formulieren, die die Basis für die Entwicklung eines Konzepts zur rechnergestützten Integration der Gebäudeplanung bilden:

2. Situationsanalyse: Methoden und Werkzeuge der Fabrikgestaltung

- *Für die Bearbeitung der komplexen Zusammenhänge in der Fabrikgestaltung benötigt der Produktionsplaner umfangreiches Wissen aus der Gebäudeplanung.*
- *Bei der Zusammenarbeit von Produktions- und Gebäudeplanung gehen viele Informationen und Planungsergebnisse verloren.*
- *In den vorhandenen EDV-Systemen zur Unterstützung des Produktionsplaners fehlen Hilfsmittel und Funktionen, die ihn bei der Bearbeitung gebäudebezogener Aufgaben unterstützen.*

3. Konzept zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung

Im vorherigen Kapitel wurden die bestehenden Methoden und Werkzeuge zur Planung von Produktionssystemen und (Industrie-)Gebäuden beschrieben. Im folgenden wird ein Konzept zur Optimierung der erkannten Schwachstellen entwickelt.

Es werden zuerst wesentliche Anforderungen und Grundsätze formuliert, die bei der Konzepterarbeitung zu beachten sind (Kapitel 3.1). Anschließend erfolgt der Entwurf eines Gesamtkonzepts (Kapitel 3.2). Dieser dient als Grundlage für die Festlegung von Gestaltungsschwerpunkte in den folgenden Kapiteln der Arbeit.

3.1. Anforderungen und Gestaltungsgrundsätze

3.1.1. Berücksichtigung der Ist-Situation

Die Untersuchung der angewendeten Methoden und Werkzeuge zur Planung von Produktionssystemen und Gebäuden zeigt zwei parallel zueinander bestehende Planungswelten. Jeder dieser Bereiche ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl unterschiedlicher Arbeitsschwerpunkte, Vorgehensweisen und (Rechner-)Werkzeuge zur Unterstützung der planerischen Arbeit. Zukünftige Entwicklungen berücksichtigen Ansätze zur Integration der beiden Bereiche. Der Schwerpunkt liegt aber in einer Optimierung von Einzelaspekten. Für die Entwicklung eines verbesserten Konzepts zur rechnergestützten Integration wird von einer mittelfristig weiter vorhanden Koexistenz ausgegangen und eine bessere Verknüpfung der Planungswelten gesucht.

Da die Untersuchung des Stands der Technik noch kein allgemeingültiges Datenmodell für beide Planungsbereiche gezeigt hat, bleibt der Austausch von Informationen über definierte Schnittstellen weiterhin von großer Bedeutung.

Durch die Berücksichtigung der Ist-Situation bei Methoden und Werkzeugen ist eine rasche, evolutionäre Entwicklung und Realisierung des Konzepts möglich. In diesem Zusammenhang ist auch die Akzeptanz durch den Fabrikplaner zu beachten, der nicht durch völlig geänderte Vorgehensweisen und Werkzeuge überfordert werden soll. Er benötigt stattdessen Unterstützung in

3. Konzept zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung

seiner gestalterischen Arbeit, in der er seine individuelle Erfahrung und Kompetenz weiter einbringen kann [FANG1996].

3.1.2. Bedarfsorientierte Integration der Gebäudeplanung

Ein wesentlicher Aspekt der Konzeptentwicklung ist der Umfang der Integration von Produktions- und Gebäudeplanung. Die Analyse der wechselseitigen Beeinflussung von einzelnen Arbeitsgebieten in Kapitel 2.1 zeigt, dass nicht alle Aspekte der Gebäudeplanung Einfluss auf die Produktionsplanung haben. Auch die charakteristischen Merkmale im Ablauf der Gebäudeplanung (Kapitel 2.2.2.3) weisen auf erhebliche Hindernisse einer vollständigen Integration hin.

Obwohl prinzipiell eine Berücksichtigung der Wechselwirkungen in den Methoden und Werkzeuge von Gebäudeplaner denkbar ist, soll im vorliegenden Konzeptentwurf eine bedarfsorientierte Integration der gebäudebezogenen Aspekte in die Arbeit des Produktionsplaners erfolgen. Insbesondere bei industriellen Bauprojekten verlagert sich die gesamte Leitungsfunktion vom Architekten hin zum Verantwortlichen des gesamten Projekts aus dem Bereich der Produktionsplanung (Kapitel 2.2.2.2). Dies zeigt sich auch in der unterstützenden Funktion der Gebäudeplanung, die mit dem Leitgedanken „form follows flow“ [HENN1995, S. 54] charakterisiert wird. Der Produktionsplaner legt mit seiner Arbeit viele Randbedingungen fest, die als Eingangsgrößen der nachfolgenden Bauplanung dienen. Mit der Vielzahl an standardisierten Gestaltungshinweisen und -vorgaben besteht neben diesen ablaufbezogenen Aspekten zusätzlich eine umfangreiche Informationsbasis zur Berücksichtigung in den Arbeitsinhalten der Produktionsplanung.

Die notwendige Unterstützung des Produktionsplaners unterscheidet sich stark nach Arbeitsinhalt bzw. Planungsphase. In der Entwurfsphase überwiegen kreative, gestalterische Tätigkeiten, für die das Wissen über wesentliche Themen aus Fabrik- und Gebäudeplanung notwendig ist. Hier helfen neben den vorhandenen Entwurfswerkzeugen Methoden und Werkzeuge zur Bereitstellung und Nutzung von grundlegenden Gestaltungsregeln und Planungsvorgaben.

In späteren Phasen der Feingestaltung gibt es eine Reihe von analytischen Tätigkeiten zur Quantifizierung und Bewertung von Lösungen. Aufgrund einer iterativen Vorgehensweise bei der Lösungsfindung und der Bearbeitung ver-

schiedener Varianten werden verschiedene Aufgaben wiederholt durchgeführt. Hier soll der Planer durch erweiterte Rechnerwerkzeuge entlastet werden.

Mit fortschreitender Planungsdauer nimmt der Austausch von Informationen zu. Jetzt kommt einer möglichst verlustfreien und empfängerorientierten Weitergabe der Planungsergebnisse eine wachsende Bedeutung zu.

Diese Ausführungen zeigen, dass eine bedarfsorientierte rechnergestützte Integration der Gebäudeplanung in die Methoden und Werkzeuge der Produktionsplanung für die Bereiche Bereitstellung von Wissen, Erweiterung der systemischen Unterstützung und Verbesserungen des Informationsflusses sinnvoll ist.

3.1.3. Förderung von Informationsfluss und Datentransparenz

Der Informationsfluss spielt bei der Kooperation der Planungsbereiche Produktionssystem und Gebäude eine große Rolle. Die Besonderheiten der Fabrikgestaltung stellen spezielle Anforderungen.

Die Vielzahl der an der Planung Beteiligten erfordert eine besonders effiziente Gestaltung des Informationsflusses ([EBERHARD1998]). Auch muss es möglich sein, flexibel auf die unterschiedlichen Bedarfe dieser Nutzer zu reagieren und bedarfsgerechte Daten zur Verfügung zu stellen.

Trotz erster Ansätze zur Entwicklung von allgemeingültigen Datenmodellen muss eine Vielzahl von verschiedenen Datenformaten und Schnittstellen beim Datenaustausch berücksichtigt werden. Schwerpunkte bleiben weiterhin geometrische Informationen über die Planungsobjekte. Diese müssen aber ergänzt werden können um Struktur-Informationen (z.B. Zuordnung der Geometrie zu logischen Einheiten des Produktionssystems) und weitere Objekt-Informationen (z.B. Verbrauchswerte oder Gewichte von Maschinen).

Die in den eingesetzten Rechnerwerkzeugen verwendeten Datenmodelle müssen diese verschiedenen Informationsinhalte speichern und verwalten können. Der wahlweise Zugriff auf diese Daten muss ebenso gewährleistet sein wie eine Erweiterbarkeit der objekt-bezogenen Informationen im Laufe des Planungsprojekts.

Ein wesentlicher Gestaltungsaspekt ist die Bedarfsorientierung beim Informationsaustausch. Es werden die Inhalte und Formate des Empfängers soweit als möglich berücksichtigt, um eine verlustarme Weiternutzung der Daten zu gewährleisten. Wichtig ist diese Bedarfsorientierung schon zum Zeitpunkt der

3. Konzept zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung

Speicherung der Daten, so dass keine Informationen verloren gehen, die zwar in diesem Moment nicht relevant sind, aber für einen späteren Nutzer eine wichtige Planungsgrundlage bilden.

Viele Planungsprojekte sind durch unsichere und ungenaue Informationen gekennzeichnet ([REMPPEL1998], [JONAS2001]). Bei der Speicherung und Weitergabe von Daten muss dieser Zusammenhang transparent gemacht werden. Aufwändige Arbeiten zur Überprüfung können reduziert werden.

Ziel soll es sein, trotz inhomogener Daten- und Systemwelten den Fluss der ausgetauschten Daten möglichst verlustfrei zu gestalten und eine hohe Transparenz über die Güte der Informationen zu schaffen, um die Weiter-nutzung von einmal erarbeiteten Ergebnissen zu gewährleisten.

3.1.4. Erweiterte Rechnerunterstützung

Die Komplexität der Planungsinhalte und die Menge der zu verarbeitenden Informationen machen die Unterstützung des Planers durch Rechnerwerkzeuge auch in Zukunft notwendig ([EBERHARD1998]). Die Planung ist aber weiterhin geprägt von der Kreativität, Erfahrung und Initiative des Planers. Flexible Rechnerwerkzeuge sollen sowohl die Integration menschlicher Erfahrung und Wissen als auch die Nutzung der Rechnerleistung ermöglichen [VONDRAN2001]. Diese Rechnerunterstützung geht über die bestehenden Funktionen zur Gestaltung und Visualisierung hinaus und beinhaltet verschiedene Gestaltungsansätze:

- Integration und Automatisierung von Prozessschritten [Reinhart1996]: Der Planer soll von wiederkehrenden, aufwändigen Arbeiten entlastet werden. Dadurch bleibt mehr Zeit und Energie für gestalterische Tätigkeiten. Die Entlastung durch den Rechner steigert zusätzlich die Planungsgenauigkeit und -qualität.
- Realisierung (einfacher) Assistenzfunktionen: In Verbindung mit gespeichertem Planungswissen und -regeln können diese Funktionen den Planer in seiner gestalterischen Arbeit unterstützen [WIENDAHL2000B]. Dazu zählen Funktionen für Entwurf und Detaillierung sowie zur Analyse und Überprüfung von Planungsergebnissen und der Konsistenz von Planungsdaten. Der Schwerpunkt soll auf der unterstützenden Funktion des Planers liegen, nicht in einer vollständigen Übernahme der Tätigkeiten durch den Rechner.

Zielsetzung ist es nicht, „den Rechneinsatz zu maximieren, sondern den Anwendernutzen zu optimieren“ [Feldmann1996, S. 48].

3.1.5. Vorverlagerung von Planungsaspekten

Wesentliches Merkmal der bestehenden Methoden und Vorgehensweisen sind Iterationsschleifen im Planungsverlauf. Neben notwendigen Wiederholungen existieren vermeidbare Iterationen, die keine Ergebnisverbesserung bringen, sondern den Planungsaufwand steigern. Dazu zählen Mehraufwendung durch verspätete Informationen oder ungenaue und unvollständige Informationsübermittlung [STEP_CDS2000]. Auch Tätigkeiten, die zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden, aber Einfluss auf frühe Phasen haben, führen zu vermeidbaren Mehraufwendungen.

Daher spielt die gezielte Vorverlagerung von Planungsaspekten eine wesentliche Rolle bei der Verbesserung der Abläufe. Davon können Tätigkeiten betroffen sein, wichtiger ist aber die Berücksichtigung von Wissen und Erfahrungen. Dies gilt im Besonderen für die in Abb. 2-4 dargestellten Arbeitsbereiche mit hoher Wechselwirkung. Eine möglichst frühzeitige Kenntnis und Beachtung dieser Aspekte reduziert Iterationsschleifen und Mehrfachaufwendungen.

3.1.6. Einordnung in den Planungsablauf

In diesem Zusammenhang soll auf die Einordnung des Konzepts in den Planungsablauf des Produktionsplaners hingewiesen werden. Die meisten Festlegungen und kostenbeeinflussenden Entscheidungen werden in Frühphasen von Projekten getroffen [PLATZ1995].

In vielen Fabrikplanungen steht der Entwurf des Produktionssystems zu Beginn der Arbeiten. Die entwickelten Ergebnisse werden anschließend an die Spezialisten der Gebäudeplanung weitergegeben. Dort findet eine weitere Bearbeitung statt, Ergebnisse fließen für eine weitere Iterationsschleife zur Produktionsplanung zurück. Der beschriebene Kreislauf wird unter Umständen mehrmals durchlaufen, wobei die Ergebnisse zunehmend detaillierter werden. Im Rahmen des Konzeptentwurfs in dieser Arbeit wird die erstmalige Übertragung von Informationen von Produktions- zu Gebäudeplanung untersucht. Der Grund liegt darin, dass in dieser Phase der weitere Erfolg der Planungen am stärksten beeinflusst wird und deshalb bestehende Hindernisse

3. Konzept zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung

in der Zusammenarbeit mit anderen Planungsbeteiligten an dieser Stelle vorrangig reduziert werden müssen.

Die Einbindung des Planers in die vorhandene Projektorganisation soll erhalten bleiben. Die Vorteile von Weiterentwicklungen in den Methoden zur Produktionsplanung (Kapitel 2.2.1.2) und Projektorganisation (z.B. Arbeit in Simultaneous-Engineering-Teams [Lindemann1997]) können besser genutzt werden. Der Produktionsplaner soll durch die Integration von Aspekten der Gebäudeplanung zusätzliche Beiträge für die Projektarbeit liefern.

3.2. Entwurf eines Gesamtkonzepts

3.2.1. Konzeptdarstellung

Aufbauend auf den beschriebenen Anforderungen lässt sich folgendes Gesamtkonzept einer verbesserten rechnergestützten Integration der Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung skizzieren (Abb. 3-1):

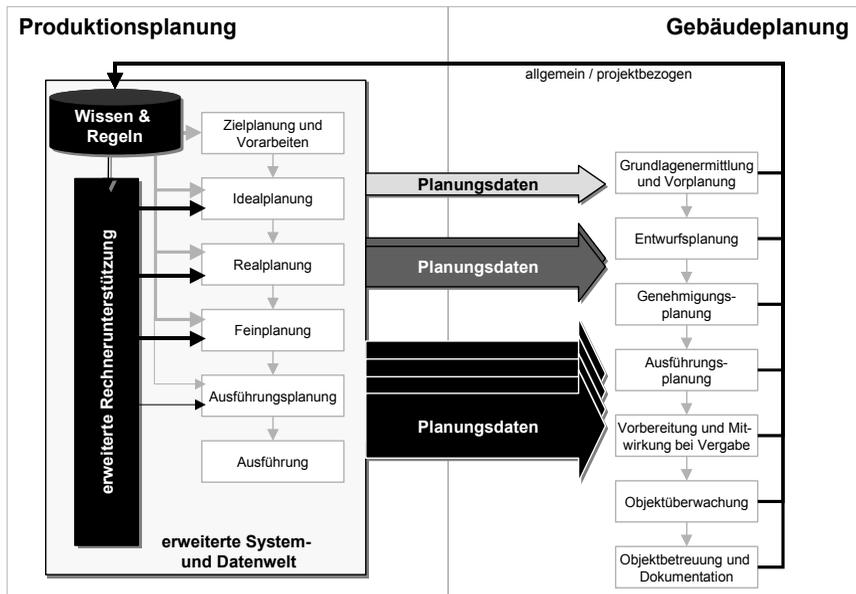


Abb. 3-1: Konzept zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung

Wesentliche Merkmale des Konzepts zur Optimierung der Produktionsplanung und deren Kopplung mit der Gebäudeplanung werden im Folgenden erläutert, eine detaillierte Ausarbeitung findet in den Kapiteln 4 und 5 statt.

3.2.2. Erweiterung der Produktionsplanung

Zentrales Element des Konzepts ist die Erweiterung der Produktionsplanung um Erfordernisse der Gebäudeplanung. Es werden die anerkannten Methoden und Vorgehensweisen beibehalten und in Einzelpunkten durch Aspekte der Gebäudegestaltung erweitert. Dies betrifft sowohl frühe Planungsphasen (z.B. Idealplanung) als auch Teilbereiche der anschließenden Real- und Feinplanung. Grundlage dieser Anpassung ist die **Bereitstellung von Wissen** aus dem Gebiet der Gebäudeplanung.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist der **Einsatz zusätzlicher EDV-Funktionen** zur Planungsunterstützung. Erst die dadurch mögliche Entlastung des Planers schafft die Freiräume zur Bearbeitung weiterer Planungsaufgaben und -inhalte. Diese Entlastung erfolgt sowohl in zeitlicher Hinsicht durch die Übernahme von Routinetätigkeiten durch den Rechner (z.B. Flächen- und Kostenermittlungen) als auch bzgl. bestimmter Planungsaufgaben. Ein Beispiel ist die rechnergestützte Gestaltung und Analyse von Gebäudestrukturen.

Voraussetzung zur Realisierung dieser Ansätze aus Sicht der Produktionsplanung ist die Arbeit in einer **erweiterten System- und Datenwelt**. Der Planer befindet sich in einer bekannten EDV-basierten Planungsumgebung, die um verschiedene Funktionalitäten erweitert ist. So werden Mehraufwendungen und Effizienzverluste durch unterschiedliche Bedienung und Arbeitsweisen vermieden. Notwendig dazu ist außerdem eine gemeinsame Datenbasis für die durchzuführenden Arbeiten. Die Informationen aller Planungsobjekte sind in einem einheitlichen Datenmodell gespeichert und stehen für den Zugriff auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen bereit. Verschiedene bestehende Softwarelösungen bieten heute schon die Basis für diesen Ansatz. Der gemeinsame Informationsspeicher muss um zusätzlich benötigte Datenelemente erweitert werden (z.B. Strukturierung von Objekten gemäß Vorgaben der Gebäudeplanung). Um eine flexible Nutzung der Werkzeuge auch bei geänderten Randbedingungen sicherzustellen, muss eine Anpassbarkeit des Datenmodells möglich sein. Das betrifft sowohl die Konfiguration von Schnittstellen nach außen als auch die Möglichkeit, die Modellstruktur an geänderte Anforderungen anzupassen.

3.2.3. Kopplung von Produktions- und Gebäudeplanung

Neben den dargestellten Ansätzen zur Verbesserung der Produktionsplanung ist ein weiterer Kerngedanke des Konzepts die verbesserte informationstechnische Verbindung der Planungsbereiche.

Hauptschnittstelle zwischen Produktions- und Gebäudeplanung ist die **Übertragung von Planungsergebnissen**. Diese werden im Rahmen der Produktionsplanung generiert und gespeichert. Die Bereitstellung der Informationen erfolgt nach Inhalt, Menge und Format gemäß den Bedürfnissen des Empfängers zur Weiternutzung in der Gebäudeplanung. Dieser arbeitet in verschiedenen System- und Datenwelten, so dass die Übergabe aller Informationen in einem allgemeingültigen Format schwer fällt. Das bedeutet im Laufe des Planungsfortschritts mit zunehmender Zahl der beteiligten Fachplaner einen Zuwachs an verschiedenen bereitzustellenden Übergabeformaten.

Um die durchgängige Nutzung von einmal generierten Informationen zu gewährleisten, muss das Datenmodell der Produktionsplanung Anforderungen der Gebäudeplanung berücksichtigen. Es ist deshalb in der Lage, auch solche Informationen zu erfassen und zu speichern, die im Rahmen der Planungen anfallen, für die weitere Produktionsplanung zwar nicht weiterverwendet werden, aber für die Übergabe zur Gebäudeplanung von Bedeutung sind. Die Rechnerwerkzeuge der Produktionsplanung wiederum werden um Funktionen erweitert, die überprüfen, ob die geforderten Eingangsdaten vorliegen. Es können z.B. automatisch alle Maschinenobjekte daraufhin geprüft werden, ob Informationen zu ihren Anschlusswerten gespeichert sind. Diese dienen als wesentliche Grundlage für die Planung des Leitungsnetzes zur Medienversorgung.

Diese Aspekte verdeutlichen eine wesentliche Wirkung der Gebäude- auf die Produktionsplanung. Sie definiert die Anforderungen an die Datenübertragung hinsichtlich Inhalt, Form und Umfang der Informationen. Eine verbesserte Kopplung ist auch durch **die Bereitstellung von Wissen und Regeln der Gebäudeplanung** für die Gestaltung im Rahmen der Produktionsplanung möglich. Bei der Festlegung dieses Wissens kann unterschieden werden zwischen allgemeingültigen Aspekten (z.B. Brandschutznormen im Industriebau) und unternehmens- oder projektbezogenen Daten (z.B. Vorgaben über Fassadenabmessungen und -raster für die Gebäudestruktur eines Unternehmens). Diese Informationen sollen aber nicht nur dem Planer zur Verfügung gestellt werden, auch die beschriebene erweiterte Rechnerunterstützung

ist davon betroffen. Es ist eine Reihe von Funktionen und Anwendungsformen denkbar, die diese Informationen nutzen, um den Planer von Tätigkeiten zu entlasten oder bei der gestalterischen Arbeit zu unterstützen. Als Beispiel sei die automatisierte Überprüfung von Sicherheitsvorschriften genannt.

Diese Aspekte zeigen eine bi-direktionale Kopplung von Produktions- und Gebäudeplanung, d.h. es erfolgt eine gegenseitige Beeinflussung der Planungsbereiche.

3.3. Zusammenfassung

Basis für die Entwicklung eines Gesamtkonzepts zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung sind die Ergebnisse aus der Betrachtung des aktuellen Stands der Technik in Kapitel 2.

Vor der Darstellung des Gesamtkonzepts werden **Anforderungen** definiert, die bei dessen Entwurf zu berücksichtigen sind. Dies sind die Berücksichtigung des Stands der Technik bei Methoden und Werkzeugen sowie eine bedarfsorientierte Integration der Gebäudeplanung in die Produktionsplanung, u.a. durch den Einsatz erweiterter Rechnerwerkzeuge. Weitere wichtige Aspekte sind eine Verbesserung des Informationsflusses, eine Vorverlagerung von Planungsinhalten sowie die Einbindung des Planers in bestehende Organisationsstrukturen.

Abgeleitet von diesen Aspekten wird ein **Gesamtkonzept** aus Sicht der Produktionsplanung entwickelt. Dieses umfasst verschiedene Ansätze zur Optimierung der Produktionsplanung und Gesichtspunkte für eine verstärkte Kopplung mit der Gebäudeplanung. Zu den Grundüberlegungen zählt die bedarfsgerechte Anpassung der Abläufe in der Produktionsplanung. Dazu werden die EDV-Werkzeuge zur Durchführung von wiederkehrenden Einzeltätigkeiten des Produktionsplaners erweitert und verstärkt die Inhalte der Gebäudeplanung berücksichtigt. Notwendig ist die Bereitstellung von Wissen und Gestaltungsregeln aus diesem Bereich. Parallel wird durch eine bedarfsgerechte Erweiterung der Datenmodelle in der Produktionsplanung die durchgängige Nutzung und Übertragung von erarbeiteten Planungsergebnissen verbessert.

Das beschriebene Gesamtkonzept trägt durch **eine erweiterte systemische Unterstützung des Produktionsplaners** und eine **durchgängige Nutzung von Planungsdaten** zu einer verbesserten, rechnergestützten Fabrikgestaltung bei.

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

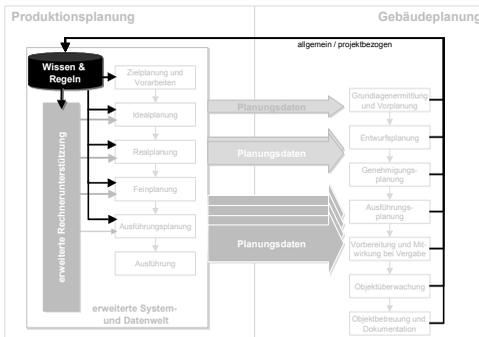
Nach der Vorstellung eines Gesamtkonzepts zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung werden in diesem Kapitel die erweiterten Möglichkeiten zur systemischen Unterstützung des Produktionsplaners detailliert.

Die Grundlage dieser Unterstützung ist die Bereitstellung von Wissen und Informationen aus dem Bereich der Gebäudeplanung (Kapitel 4.1). Die relevanten Informationen werden charakterisiert und verschiedene Möglichkeiten für deren Bereitstellung in Systemen zur Produktionsplanung dargestellt.

Dieses Wissen steht für eine weitere Unterstützung des Planers zur Verfügung. Verschiedene Tätigkeiten und Arbeitsinhalte mit Bezug zur Gebäudeplanung eignen sich zur Integration in die Rechnerwerkzeuge (Kapitel 4.2). Im Anschluss an ihre Charakterisierung werden technische Umsetzungsmöglichkeiten gezeigt.

In Kapitel 4.3 sind die wichtigsten Gesichtspunkte einer erweiterten systemischen Planungsunterstützung zusammengefasst.

4.1. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen



Nebenstehende Abbildung zeigt die Einordnung dieses Elements in das Gesamtkonzept der rechnergestützten Integration.

Das zur Unterstützung des Planers in der Produktionsplanung zusätzlich einzubringende Wissen aus der Gebäudeplanung stammt aus allgemeinen und projektbezogenen Quellen.

Der Anwender kann es in allen Phasen der Produktionsplanung einsetzen. Außerdem bildet es eine wesentliche Grundlage für weitere Konzeptelemente.

4.1.1. Begriffe und Unterscheidungsmerkmale

4.1.1.1. Nicht-Produktionswissen

Bei der Gestaltung von Fabriken sind Informationen aus einer Reihe verschiedener Wissensgebiete erforderlich. Ein wichtiger Teilbereich sind Kenntnisse zur Gestaltung der Fabrik auf Ebene von Produktionssystem und Arbeitsplatz (siehe auch Abb. 2-3). Über diese Informationen verfügt der Fabrikplaner aufgrund seiner Ausbildung, Erfahrung und dem Einsatz verschiedener Planungswerkzeuge. Dieses Wissen betrifft den Kernbereich des Produktionssystems und soll als Produktionswissen bezeichnet werden.

Andere Informationen, die zur Gestaltung des Umfelds des eigentlichen Produktionssystems notwendig sind, können davon deutlich abgegrenzt werden. Dieses sogenannte Nicht-Produktionswissen ist sehr vielschichtig und reicht von allgemeinen Unternehmensinformationen bis hin zu detaillierten Ausführungsbestimmungen einzelner Gewerke. Im Rahmen dieser Arbeit soll der Begriff auf Wissensgebiete aus der Gebäudeplanung eingegrenzt werden, die für die Fabrikgestaltung von Bedeutung sind (siehe auch Kapitel 2.1.2 und Kapitel 2.1.3).

4.1.1.2. Unterscheidung nach Herkunft

Für eine bedarfsgerechte Integration des Nicht-Produktionswissens in die Arbeit des Produktionsplaners ist die Herkunft der Einzelinformationen wichtig. Hier ist eine Unterscheidung nach verschiedenen Kriterien möglich:

- allgemeingültig bzw. projekt-neutral
- branchen- oder projekt-bezogen

Aufgrund dieser unterschiedlichen Herkunft weisen die Einzelinformationen verschiedene Merkmale auf (Abb. 4-1), die Auswirkungen auf die Möglichkeiten haben, sie dem Fabrikplaner systemgestützt bereitzustellen. Dies betrifft sowohl die Aufbereitung und Bereitstellung der Informationen, ihre Aussagekraft in den jeweiligen Planungsphasen als auch den Bedarf zur Aktualisierung.

Insgesamt zeigt sich, dass sowohl allgemeingültiges als auch spezifisches Wissen geeignet ist, in unterschiedlichen Formen aufbereitet und bereitgestellt zu werden.

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

Merkmal der Informationen	Herkunft ...	
	allgemein, projektneutral	branchen-/projektbezogen
• Detaillierungsgrad der Informationen (z.B. Angaben von Planungswerten)	gering bis hoch („Hintergrundwissen“ vs. detaillierte DIN-Regeln)	mittel bis hoch (Branchen-Standards vs. detaillierte Ausführungsbestimmungen im Unternehmen)
• Möglichkeit zur Strukturierung der Informationen	begrenzt, in Teilbereichen hoch	hoch, verschiedene Strukturierungsschemata möglich
• Möglichkeit zur direkten Anwendung der Informationen durch den Planer	begrenzt, da Anpassung auf konkreten Anwendungsfall notwendig	hoch
• Bedeutung in der Planungsphase ... - Ideal-/Grobplanung - Real-/Feinplanung - Ausführungsplanung	hoch hoch begrenzt	begrenzt hoch hoch
• Einbindung in Rechnerwerkzeuge - fixe Codierung im Programm - Kopplung des Wissenszugriffs auf externe Datenquelle im Programm - Verweis auf externe Quellen	} in Abhängigkeit von den Inhalten sind alle 3 Möglichkeiten denkbar	wg. hohem Anpassungs- und Aktualisierungsbedarf nicht sinnvoll sinnvoll sinnvoll (z.B. Intranet)
• Notwendigkeit zur ständigen Aktualisierung der Informationen		begrenzt

Abb. 4-1: Herkunftsmerkmale von Nicht-Produktionswissen

4.1.1.3. Unterscheidung nach Inhalten

Nicht nur die Herkunft der Informationen ist für die Integration in die Systeme zur Fabrikgestaltung von Bedeutung, sondern auch eine prinzipielle Unterscheidung nach Inhalten ist zu beachten. Es muss getrennt werden zwischen Faktenwissen (WAS-Information) und Methodenwissen (WIE-Information).

Faktenwissen steht in diesem Zusammenhang für eine Sammlung von beschreibenden Fakten. Sie findet man in geordneten Listen, Tabellen, Katalogen u.ä.. Im Rahmen einer Einbindung in die EDV-Werkzeuge des Planers sind für diese Daten Aspekte der Aufbereitung, Strukturierung und Bereitstellung zu beachten. Auch die Aktualisierung der Informationen spielt hier eine große Rolle.

Im Gegensatz dazu umfasst Methodenwissen die Beschreibung zeitlicher und logischer Abfolgen von Arbeitsschritten zur Bearbeitung der Planungs-

aufgaben. Auch die Darstellung von Handlungsalternativen bei bestimmten Entscheidungsparametern zählt zu dieser Art von Planungswissen [KOMMANA1993]. Oft liegt dieses Wissen als Erfahrung des Planers vor [MATHIS1988]. Bei der Bereitstellung von Methodenwissen ist im Vorfeld zu klären, inwieweit das Wissen gesammelt und aufbereitet werden kann. Auch ist zu entscheiden, ob die Informationen dem Planer passiv beschreibend angeboten werden (z.B. Aufruf von Ablaufplänen innerhalb der Planungsumgebung) oder der Planer in seinen Arbeitsschritten vom System gemäß des hinterlegten Methodenwissens geführt wird.

4.1.2. Informationsquellen

Das für die Planung von Gebäuden im Rahmen der Fabrikgestaltung notwendige Wissen ist auf verschiedene Quellen verteilt (Abb. 4-2).

Die Vorgabe von Gestaltungsrichtlinien in Form von Gesetzen und rechtlich verbindlichen Normen hat im Bereich der Gebäudeplanung einen höheren Stellenwert als bei der Produktionsplanung. Man unterscheidet neben allgemeinen Gesetzen in DIN-Normen, Vorgaben zu Sicherheitsaspekten und Verordnungen zur Gestaltung von Arbeitsplätzen.

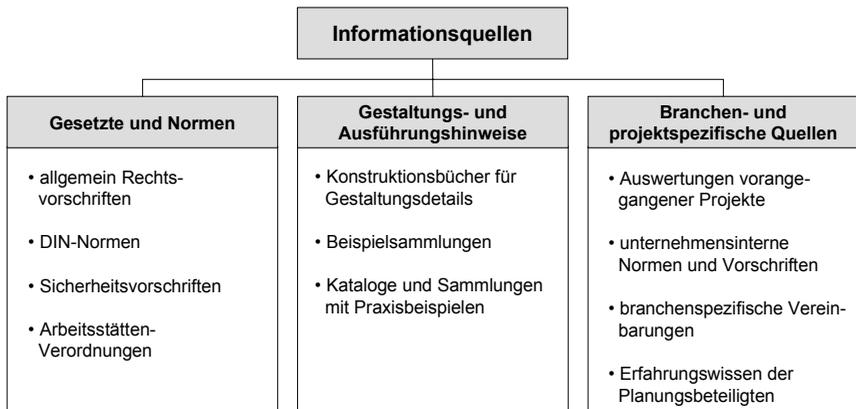


Abb. 4-2: Informationsquellen für Nicht-Produktionswissen

Eine ebenso wichtige Rolle spielen im Baubereich Sammlungen mit Praxisbeispielen. Dabei handelt es sich um Lösungen auf verschiedenen Detaillierungsebenen. Diese reichen von der Gestaltung einzelner Elemente (z.B. Treppenformen) bis hin zur Strukturierung von Gebäude und Grundstück. Ergänzt

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

werden diese Anregungen um branchen- und projektspezifische Quellen. Dazu zählt die (unternehmensinterne) Analyse von bereits realisierten Projekten ebenso wie die Definition unternehmensweiter Normen und Vorschriften (z.B. einheitliche Gestaltung der Außenfassade). Unternehmensübergreifend gibt es weitere branchenspezifische Vorgaben (z.B. Vorgaben für die Prozessgestaltung in der Lebensmittelproduktion nach HACCP [PETRIDIS2001]).

Im folgenden werden anhand von Beispielen die Charakteristika der einzelnen Informationsquellen dargestellt. Die allgemeingültigen Gesetze und Normen (siehe auch Tab. 6-1) bieten eine Reihe konkreter Gestaltungshinweise. Beispielhaft soll dies an den Inhalten der Arbeitsstättenverordnung dargestellt werden [ARBEITSSTÄTTEN1997] (Abb. 4-3). Sie definiert, in Abhängigkeit von der Art der Arbeitsplätze, die Anforderungen an diese Arbeitsbereiche. Es wird unterschieden in allgemeine Anforderungen (z.B. Verkehrswege), Anforderungen an bestimmte Räume (z.B. Pausenräume) und Anforderungen an den Betrieb (z.B. Flucht- und Rettungspläne).

Systemische Unterstützung des Produktionsplaners möglich durch Implementierung des Wissens in Systemfunktionen ... Wissensbereitstellung		
			↓	↓
Lüftung		5	●	●
Beleuchtung	Lage von Schalter-Elementen	7	●	●
	Lage und Größe von Fenstern, Gesamtfläche		●	●
Fenster	Raumbedarf im geöffneten Zustand	9	●	●
Türen, Tore	Lage in Abhängigkeit von der Nutzungsart	10	●	●
	Einfluss auf Verkehrswege		●	●
	Abmessungen in Abhängigkeit der Personen- zahl und Nutzungsart		●	●
Schutz gegen Absturz	Gestaltung der notwendigen Sicherungen	12	●	
Schutz gegen Brände	abhängig von Nutzungsart : Brandgefährdung	13	●	
	Erforderliche Löscheinheiten je Gefährdung		●	
Schutz gegen Lärm	max. zulässige dB-Werte	15	●	
Verkehrswege	Anordnung und Maße von Wegen	17	●	●
	Anforderungen an Rampen		●	
	Abmessungen von Treppen		●	●
Zusätzliche Anforderungen an Fahrtreppen und Rettungswege	Festlegung von Neigungswinkeln	18	●	●
	Angaben zu Abständen	19	●	

Abb. 4-3: Inhalte der Arbeitsstättenverordnung

4.1. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen

Systemische Unterstützung des Produktionsplaners möglich durch Implementierung des Wissens in Systemfunktionen ... Wissensbereitstellung		
Thema	Details	§§	↓	↓
Laderampe	notwendige Breitenangaben	21	●	
Raumabmessungen, Luftraum, Bewegungsfläche	Vorgaben von Raumhöhen und -abmessungen Festlegung von Bewegungsflächen	23 24	● ●	●
Pausen- und Bereitschaftsräume	Vorgabe der Abmessungen Anforderungen an die Einrichtung	29 bis 31	● ●	
Umkleide- und Waschräume, Toiletten	Abmessungen: Flächen, Höhe Anzahl abhängig von Mitarbeiterzahl	34 bis 37	● ●	

Abb. 4-3 (Fortsetzung): Inhalte der Arbeitsstättenverordnung

Auffallend ist der umfassende Geltungsbereich wie auch der hohe Grad der Detaillierung, der in diesen Vorschriften hinterlegt ist. Sie sind in zweifacher Hinsicht zur Unterstützung des Planers geeignet. Neben einer rein beschreibenden Funktion besteht bei einigen Vorgaben zusätzlich die Möglichkeit, dieses Wissen in rechnergestützte Planungswerkzeuge so zu implementieren, dass gestaltende Funktionen des Planers unterstützt werden. Die einzelnen Gestaltungsdetails sind in der Abbildung entsprechend gekennzeichnet.

Die erwähnten Kataloge und Beispielsammlungen für Bauplaner umfassen eine Vielzahl von Details für die Gebäudegestaltung (Abb. 4-4). Der Schwerpunkt liegt in der Ausarbeitung der Gebäudestruktur. Für den Themenbereich der technischen Gebäudeausrüstung gibt es wiederum spezialisierte Sammlungen in der Literatur: [DANIELS1996], [PISTOHL1998], [PISTOHL1999].

Bauentwurfslehre „Neufert“ [NEUFERT2000] Entwurf atlas „Henn“ [HENN1976]				
Bereich	Thema	Ausführungsbeispiele	↓	↓
Geländeflächen	Pförtner	Platzierung am Werksgelände, Abmessungen	●	
Befestigte Flächen	Parkplätze		●	●
	Anfahrt Laderampen		●	●
	Wendemöglichkeiten LKW		●	●
	Breite von Verkehrswegen		●	●
	Gleisanbindungen			●
Gebäude	Bauentwurf	Fragebogen zur Klärung von allg. Fragen		●
Außenwände	Flachbauten: Grundformen		●	●
	Türen und Tore	Öffnungsgrößen	●	
	Fenster	Richtmaße für Öffnungen		●
	Tore	Ausführungsformen		●

Abb. 4-4: Gestaltungs- und Ausführungshinweise für die Gebäudeplanung

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

Bauentwurfslehre „Neufert“ [NEUFERT2000] Entwurf atlas „Henn“ [HENN1976]				
Bereich	Thema	Ausführungsbeispiele		
Außenwände	Flachbauten: Grundformen Türen und Tore Fenster Tore	Öffnungsgrößen Richtmaße für Öffnungen Ausführungsformen	●	●
			●	
				●
				●
Innenwände	Anordnung von Festpunkten Büro Büro Büro Achsabstände in Industriebauten	Aufzüge, Treppen Meister, Fertigung Gangbreite Platzbedarfe	●	
			●	
			●	
			●	
			●	●
Decken	Geschoßbauten	Möglichkeiten zur Tragwerksausführung		●
Baukonstruktive Einbauten	Leitern und Treppen Treppenhäuser	Ausführungsformen und Normen	●	●
			●	
Sonstige Maßnahmen	Brandschutz	bauliche Maßnahmen	●	
Lufttechnische Anlagen	Lüftung	Planungsgrundlagen	●	
Starkstromanlagen	Leuchten	Anordnungsmöglichkeiten	●	
Förderanlagen	Aufzugsanlagen Krane und Kranbahnen Staplerfahrzeuge	Abmessungen Platzbedarfe	●	●
			●	●
			●	
Nutzspezifische Anlagen	Platzbedarfe Lager Maschinen Sanitäräume Kantinen	Menschen und Gruppen Gestaltung, Abmessungen Flächenbedarfe		●
				●
				●
				●
				●

Abb. 4-4 (Fortsetzung): Gestaltungs- und Ausführungshinweise für die Gebäudeplanung

4.1.3. Klassifizierung des Nicht-Produktionswissens

Nach der Festlegung von wesentlichen Unterscheidungsmerkmalen und Themenbereichen kann das für eine integrierte Produktions- und Gebäudeplanung notwendige Nicht-Produktionswissen zusammenfassend klassifiziert werden (Abb. 4-5).

Insgesamt steht eine breite Informationsbasis für den Fabrikplaner zur Verfügung. Für Planungsschritte auf geringer Detaillierungsstufe (z.B. Gebäudestruktur) liegen branchen- und projektspezifische Daten vor, während eine Reihe von Gestaltungsdetails (z.B. Sozialräume) mit Hilfe allgemeiner Vorgaben bearbeitet werden können. Auffallend ist der hohe Anteil an Faktenwissen. Nur für wenige Themen liegen ausgeprägte Methodenbeschreibungen vor.

4.1. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen

Gestaltungsmerkmal	Herkunft des Wissen		Charakter des Inhalts	
	allgemein	branchen-, projektbez.	Methodenwissen	Faktenwissen
Grundstücksstrukturierung				
Grundstückerschließung		○		●
Gebäudeanordnung und -verbindung	○	●	○	●
Zugangsbereiche für Personal und Material	○	●		○
Zuordnung von Erholungs- und Nutzflächen		●		○
Gebäudever- und -entsorgung	○	●		●
Grünanlagen und Parkmöglichkeiten		○		○
Gebäudestrukturierung				
Gebäudespezialisierung		●		●
Nutzungsflächenstruktur		●	○	●
Verbindung der Nutzungsflächen		○		○
Gebäudeaufbau	○	○		●
Gebäudegröße und -form	○	●	○	●
Gebäudegestaltung				
Tragwerk und Stützraster	●	○		●
Dachgestaltung und Oberlichter	○			○
Fassaden- und Wandgestaltung	○	●	○	●
gebäudeinterne Abtrennungen	○	●		●
Fenster- und Tür/Torgestaltung	●		○	●
Ver- und Entsorgungseinrichtungen	●	○	○	○
Medienversorgung und Leitungsführung	○	●	●	●
Unterkellerung des Gebäudes		○		●
Klimatisierung	●	○	●	●
Gestaltung Sozialbereiche				
Pausen- und Erholungszone	●		○	●
Sozialräume	●	○	○	●
Schulungsräume	●			●
Informations- und Kommunikationsfluss				
Verkehrsbereiche für Personal	○	○		○
Kommunikationszonen	○	●	●	○
Beeinflussungsanalysen der Funktionsbereiche	○		●	○
Sicherheitsaspekte				
Brandschutz	●	○	○	●
Fluchtwege	●		○	●
Gefahrenutlagerung	●	○		●
Verkehrswege	○		○	●

● = klare/dominierende Merkmalsausprägung ○ = schwache Merkmalsausprägung

Abb. 4-5: Klassifizierung von Nicht-Produktionswissen für Gestaltungsfelder im Industriebau

Aus dieser Übersicht lassen sich einige Anforderungen bzgl. einer rechnergestützten Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen für den Fabrikplaner ableiten.

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

Die umfassende Basis an Faktenwissen ist gut geeignet für eine systemische Aufbereitung. Die Strukturierung der Informationen nach Planungsinhalten ist möglich und kann für eine übersichtliche Bereitstellung genutzt werden.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist aber die Möglichkeit zur nutzerbezogenen Anpassung der eingesetzten EDV-Werkzeuge. So ist z.B. eine unveränderbare Implementierung von Parametern zur Gestaltung von gebäudeinternen Wänden im Quellcode des Programms nicht sinnvoll, da hier unternehmensspezifische Aspekte zu berücksichtigen sind (z.B. Anforderungen aufgrund bestimmter Fertigungstechnologien).

Einige der vorhandenen Methoden und Vorgehensweisen eignen sich zur Implementierung in Rechnerwerkzeuge. Der Produktionsplaner ist dadurch in der Lage, Tätigkeiten von nachgelagerten Spezialisten der Gebäudeplanung ausführen und zeitliche Verzögerungen oder Mehraufwendungen zu reduzieren.

Der kontinuierlichen Pflege und Adaption der Informationen kommt eine große Bedeutung zu, da branchen- und projektspezifischen Aspekte einem Wandel unterworfen sind. Hier müssen Funktionen zur Pflege ebenso berücksichtigt werden, wie die organisatorische Einbindung dieser Anpassungsaufgaben.

4.1.4. Möglichkeiten zur Wissensbereitstellung

Die vorangegangene Analyse der Wissensfelder und Informationsquellen schafft die Voraussetzungen, um im folgenden die verschiedenen Gestaltungsaspekte einer EDV-gestützten Wissensbereitstellung darzustellen:

- Erfassung und Aufbereitung des Wissens
- Bereitstellungs- und Zugriffsfunktionen für den Planer
- Pflege des Wissens

4.1.4.1. Erfassung und Aufbereitung des Wissens

Bei der Erfassung und Aufbereitung des identifizierten Wissens können zwei Zielsetzungen verfolgt werden. Im ersten Fall geht es darum, die Informationen zu sammeln und sie in Form einer rechnergestützten Präsentation zur Verfügung zu stellen. Dieser Ansatz kann aber noch weiterentwickelt werden. Die Informationen werden in einer Form aufbereitet, die für eine erweiterte Rechnernutzung geeignet ist. Abb. 4-6 zeigt für die verschiedenen Arten des Planungswissens die Möglichkeiten zur Aufbereitung.

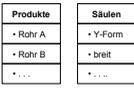
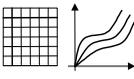
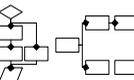
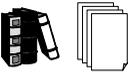
Wissensform [KOMMANA1993]	einfache Aufbereitung	erweiterte Aufbereitung
Geordnete Listen 	<ul style="list-style-type: none"> • elektronische Archivierung • Checklisten • Morphologischer Kasten [Daenzer1997] 	<ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung der Informationen zu Objekten der Planung (z.B. Abmessung von Türen) [Kommana1993] • parametergestützter Entwurf und Gestaltung von Objekten • Arbeiten mit Standardlösungen (v.a. in frühen Planungsphasen)
Tabellen, Graphiken 	<ul style="list-style-type: none"> • Lösungskataloge 	
Fluss-/Blockdiagramme 	<ul style="list-style-type: none"> • elektronische Archivierung • Checklisten 	<ul style="list-style-type: none"> • Assistenzfunktionen zur Anleitung des Planers • Regeln und Entscheidungstabellen
Bücher, Berichte 	<ul style="list-style-type: none"> • Kurzübersichten • Sammlung von Querverweisen • elektronische Archivierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Überführung in Tabellenform für Entscheidungsbäume [Fang1996] • Semantische Netzwerke mit hierarchischen Strukturen • Überführung in Expertensysteme zur Planungsunterstützung [Mathis1988], [Puppe1990], [Drach1994]
Gedankenmodell, Erfahrung 	<ul style="list-style-type: none"> • schriftliche Dokumentation • verbale Formulierungen und Skizzen 	

Abb. 4-6: Erfassung und Aufbereitung von Planungswissen

Man erkennt den beschreibenden Charakter der einfachen Aufbereitung des Wissens. Vorteile sind der begrenzte Aufwand zur Erstellung und Pflege der Informationen sowie vielfältige und einfache Möglichkeiten zur Integration in vorhandene Rechnerwerkzeuge (siehe Kapitel 4.1.4.2). Andererseits ist eine direkte Umsetzbarkeit für den Planer eingeschränkt. Dies gilt bei der Nutzung von Erfahrungswissen (Regeln und Entscheidungen), bei der der Planer stärker gefordert ist, es auf die aktuelle Problemstellung zu übertragen.

Der Nutzen einer erweiterten Aufbereitung von Wissen ist weitaus größer. Hier gibt es Möglichkeiten, den Planer aktiv in seiner gestalterischen Arbeit zu unterstützen. Diese Werkzeuge stellen aber hohe Anforderungen in der Aufbereitung und Pflege sowie bei der Bedienung. Daher soll von diesen Möglichkeiten nur in Fällen Gebrauch gemacht werden, in denen der Nutzen für den Planer die aufgezeigten Hindernisse überwiegt (z.B. Assistenzfunktionen für häufig wiederkehrende Aufgaben).

4.1.4.2. Rechnergestützter Zugriff auf Nicht-Produktionswissen

Im folgenden werden Wege aufgezeigt, wie die Gestaltung des Zugriffs auf Nicht-Produktionswissen durch den Planer in einer rechnergestützten Planungsumgebung möglich ist. Wesentliche Gestaltungsaspekte sind die logi-

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

sche Struktur der beteiligten Rechnersysteme sowie die Gestaltung der Zugriffsfunktionen auf das hinterlegte Wissen.

Die **logische Struktur** beschreibt das Zusammenwirken der Systeme Werkzeug zur Planung der Produktion und Wissensbereitstellung. Unter Berücksichtigung von Ansätzen in der Literatur ([HARTMANN1992], [PUPPE1988]) sind prinzipielle Stufen der Integration denkbar (Abb. 4-7).

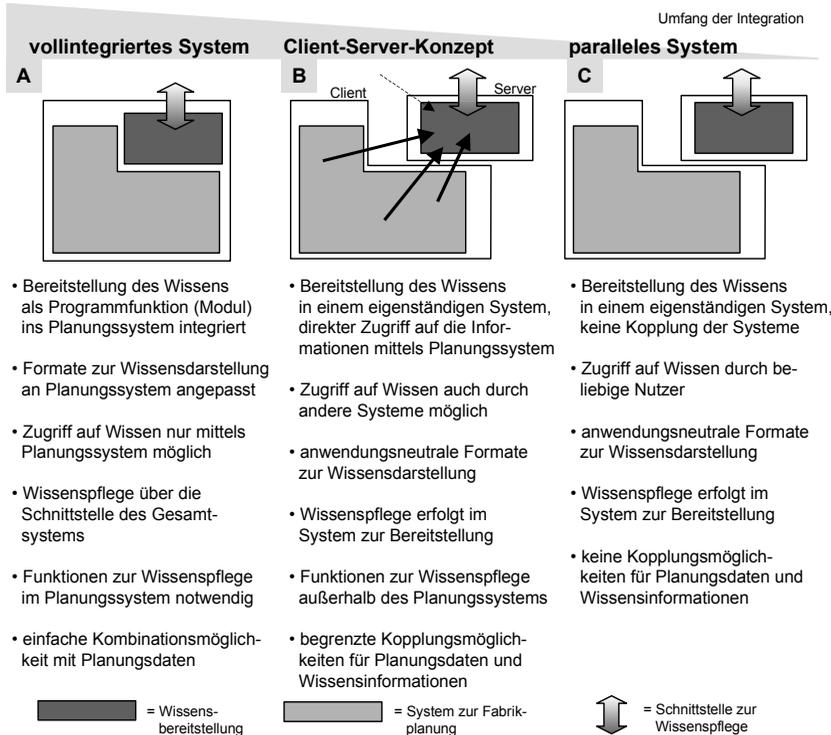


Abb. 4-7: Grundmuster zur der Wissens-Bereitstellung

Die vollintegrierte Lösung (A) hat den Vorteil, dass Planungs- und Wissensdaten in einem System vorhanden sind und für Bearbeitungsaufgaben direkt zur Verfügung stehen. Auch kann die Aufbereitung des Wissens optimal an die Anforderungen des Planungswerkzeugs angepasst werden. Demgegenüber steht eine Abgeschlossenheit des Systems, die die Pflege und Anpassung bei Änderungen erschwert. Das Client-Server-Konzept (B) erleichtert diese Anpassung durch ein eigenständiges System zur Wissensbereitstellung, das Sonderfunktionen für die Pflege der Daten enthält.

Durch ein neutrales Datenformat ist es möglich, die bereitgestellten Informationen für andere Nutzer zur Verfügung zu stellen. Diese Flexibilität und Offenheit erfordert eine definierte Schnittstelle zum Werkzeug der Fabrikgestaltung. Diese muss in der Lage sein, Anforderungen an die Wissensbasis zu übermitteln und die Rückübertragung der Ergebnisse gewährleisten. Bei zwei parallelen Systemen (C) entfällt diese Schnittstelle, da keine Verbindung der Systeme existiert. Änderungen und Eingriffe in die Werkzeuge zur Fabrikgestaltung sind nicht nötig. Daten werden in einem allgemeinen Format bereitgestellt werden. Aufgrund dieser Trennung sind aber auch Nachteile zu identifizieren. So ist der Zugriff auf das Wissen für den Planer aufwendiger, da er ein zusätzliches System bedienen muss. Eine systemische Kopplung der Planungsdaten mit den Wissensdaten ist nicht mehr möglich, sodass erweiterte Unterstützungsfunktionen für den Produktionsplaner nicht realisiert werden können.

Eine Kombination der Grundmuster verknüpft die spezifischen Vorteile miteinander. Dabei ist zu differenzieren, welche Art von Wissen in welcher Grundkomponenten am geeignetsten gespeichert werden kann. Unterscheidungsmerkmale sind u.a. die Häufigkeit des Zugriffs, die Relevanz für andere Informationsnutzer oder die Möglichkeit, spezielle EDV-Funktionen des Planungssystems direkt zu unterstützen. Abb. 4-8 zeigt den Entwurf einer solchen Mischform und beispielhafte Ausführungsformen. Diese Systemstruktur ist geeignet, die identifizierten Arten von Nicht-Produktionswissen für einen rechnergestützten Zugriff bereitzustellen.

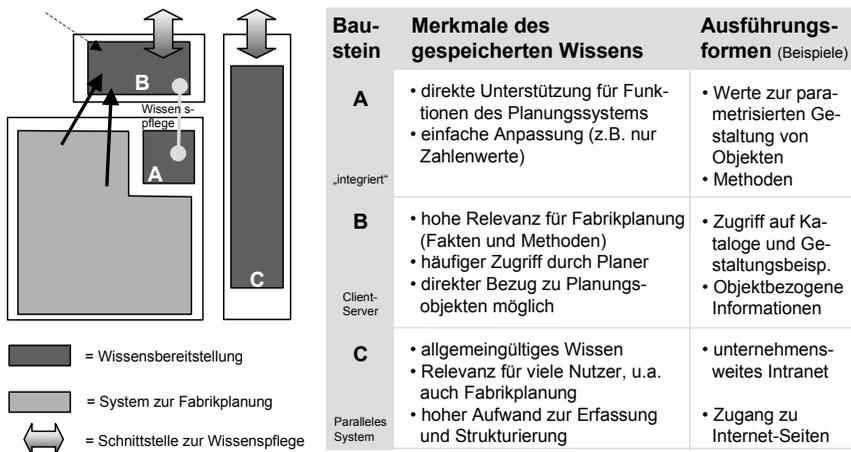
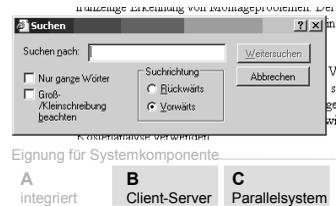


Abb. 4-8: Systemstruktur zur Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen

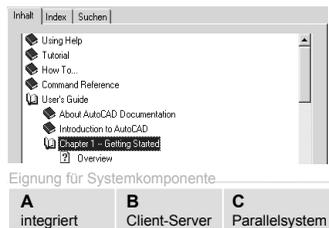
4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

Im Zusammenhang mit der Systemstruktur steht auch der **Zugriff auf das Wissen** durch den Planer. Für die Auswahl von Informationen in Rechner-systemen existieren eine Reihe von Mechanismen. Diese sind im folgenden kurz erläutert und hinsichtlich ihrer Eignung für die jeweiligen Strukturkomponenten (Abb. 4-8) gekennzeichnet.

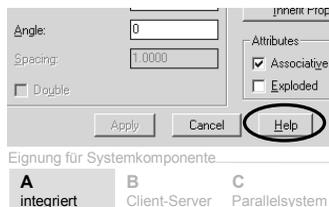
Stichwort-orientierte Suchmechanismen. Sie ermöglichen es, sowohl Inhaltsverzeichnisse als auch die bereitgestellten Informationen selbst nach bestimmten Stichworten zu durchsuchen. Beispiele sind Suchmechanismen in HTML-Dokumenten.



Zugriffe über eine *vorgegebene Menüstruktur*. Das vorhandene Wissen ist hierarchisch geordnet. Durch die Auswahl von übergeordneten Gliederungspunkten können bestimmte Themengebiete gefunden werden.



Funktionsbezogener Zugriff. Beim Aufruf bestimmter Programmfunktionen ist der direkte Zugriff auf zugehöriges Wissen möglich.



Im folgenden (Abb. 4-9) soll ein weiterer Zugriffsmechanismus entwickelt werden, der auf spezielle Aspekte in der Arbeitsweise des Planers eingeht. Diese ist gekennzeichnet durch ein „Denken in Objekten und Bauteilen“ [HARTMANN1992, S. 40] und eine stark visuelle, layoutbezogene Planung [JONAS2001].

Nach der Auswahl eines Objekts (❶) soll der Zugriff auf zugehörige Wissensgebiete möglich sein. Dazu wird aus der Attribut-Liste des ausgewählten Objekts der eingetragene Referenzwert (Säule) für den Wissenszugriff an das System zur Wissensdarstellung übergeben (❷). Hier werden nun alle mit

4.1. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen

diesem Merkmal gekennzeichneten Elemente gelistet und dem Planer bereitgestellt (z.B. HTML-Dokument mit Säulenformen, ⑤).

Eine Erweiterung des angebotenen Wissensspektrums ist durch die Angabe sogenannter Querverweise möglich, die den Zusammenhang zu themenverwandten Informationen herstellen. Diese Querverweise können sowohl auf Objektebene erfolgen (ausgewähltes Objekt = Säule, zugehöriger Querweis = Dach, ④) als auch auf Ebene der Wissensbausteine (bereitgestelltes Wissen = Abmessungen von Säulen, zugehöriger Querweis: mögliche Gebäudehöhen, ⑤). Diese Querverweise sind in Matrizen abgebildet und stellen ein eigenes Element in der Wissensaufbereitung dar.

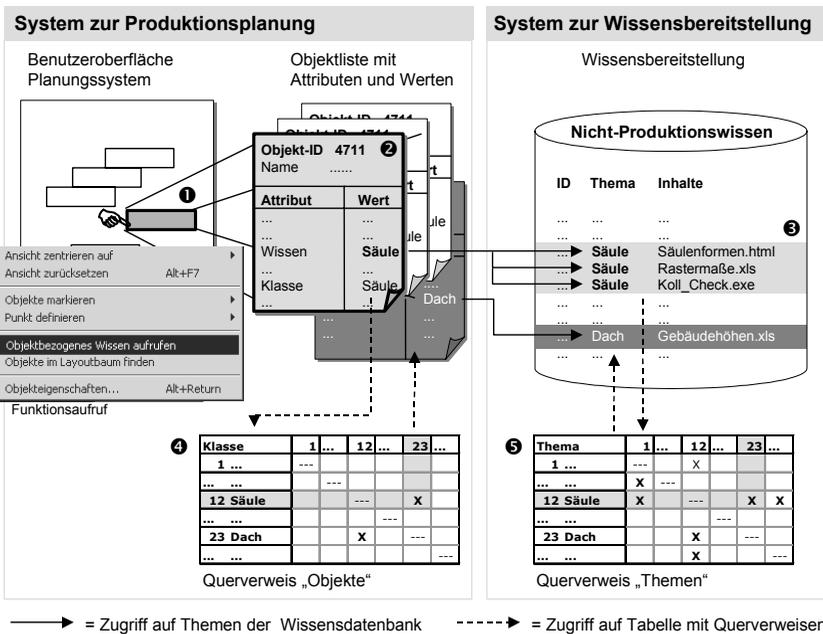


Abb. 4-9: Objektbezogener Zugriff auf Planungswissen

Vorteile dieser Methode sind die optimale Integrierbarkeit in die Arbeitsweise des Planers und der schnelle Zugriff auf relevante Daten. Neben erhöhten Anforderungen an die Datenspeicherung und Konfigurierbarkeit der Datenmodelle (z.B. Objektorientierung, freie Belegung von Attributen) in den Planungssystemen ist ein erhöhter Aufwand bei der Aufbereitung des Planungswissens zu beachten. Da eine eindeutige objektbezogene Zuordnung erfolgen muss, bietet sich dieser Mechanismus nur für Wissensgebiete an, bei

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

denen dies möglich ist. Beispiele sind Gestaltungsvorgaben für Tore, Hallenraster und andere Gebäudeelemente.

4.1.4.3. Pflege des Wissens

Das zur Planungsunterstützung identifizierte Nicht-Produktionswissen ist einem permanenten Wandel unterworfen ([LANGE1993], BILD 37). Um die Verwendungsfähigkeit trotzdem zu gewährleisten, spielt die Pflege dieses Wissens eine wichtige Rolle. Dabei sind notwendige Funktionen und Aufgaben sowie die Kontinuität der Wissenspflege näher zu betrachten.

Die verschiedenen **Funktionen und Aufgaben** zur Wissenspflege zeigt Abb. 4-10. Zielsetzung bei der Verteilung der Aufgabenverantwortung ist es, dass der Systemanwender die meisten Tätigkeiten selbst durchführt. Nur bestimmte Teilbereiche bleiben einem Spezialisten überlassen [FANG1996].

Aufgabe / Funktion	Anwender / Planer	System-Spezialist
Änderung von Fakten Korrektur von Einzelparametern in vorhandenen Datenstrukturen Überführung von Planungswissen in eine system-kompatible Form	●	●
Änderung von Methoden Änderung von Methoden zur Planungsunterstützung Anbindung und Entfernen von Funktionen mit Methodenwissen ("add-in's")	●	●
Anpassung der Systemstruktur Anfügen und Löschen von (elektronischen) Dokumenten Anpassung der Informationsstruktur (z.B. Menüstruktur der Wissensgebiete) Protokoll und Dokumentation der Änderungen	● ○ ●	● ●

● = Hauptverantwortlicher ○ = Nebenaufgabe

Abb. 4-10: Funktionen und Aufgaben zur Pflege von Nicht-Produktionswissen

Der Anwender ist für eine kontinuierliche Anpassung des Wissens verantwortlich, ohne größere Änderungen in der Systemstruktur durchführen zu müssen. Diese bleiben dem Systemspezialisten vorbehalten. Eine wichtige Funktion übernimmt die Dokumentation der durchgeführten Änderungen (z.B. unter Angabe von Person und Änderungsdatum).

Um die Verwendbarkeit der Informationen im Planungsprozess zu gewährleisten, muss die Pflege des **Wissens kontinuierlich** erfolgen. Der in vielen Bereichen bewährte Zyklus des Plan – Do – Check – Act [KOSTA1999] kann auch hier z.B. nach Abschluss eines Planungsprojekts durchgeführt werden. Auch terminlich vorgegebene Anstöße zur Verifizierung des Wissens sind denkbar. Schließlich gibt es noch unternehmensexterne Einflüsse, die eine

Überarbeitung der Wissensbasis erforderlich machen. Dazu zählen die Verabschiedung neuer oder geänderter Normen und Gesetze. Den verschiedenen Komponenten der Systemstruktur zur Bereitstellung des Wissens sind in Abb. 4-11 diese Anstöße zur Wissenspflege zugeordnet.

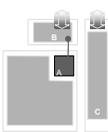
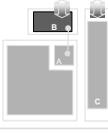
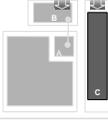
Systemkomponente	Anstöße zur Wissenspflege
A  „integriert“	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkt bei singulären Anstößen (hoher Aufwand zum Eingriff in Planungs- und Wissenssystem) • Versionsanpassungen des Planungssystems • zeitlich terminierte Anstöße (z.B. regelmäßige Systemwartung) • externe Einflüsse (z.B. neue Gesetze und Normen)
B  Client-Server	<ul style="list-style-type: none"> • kontinuierliche Pflege der Daten (auch während laufender Projekte) • Auswertung der Projekterfahrungen bei Abschluß von Projekten • Einbindung in Abteilungsbezogenes Knowledge-Mangement • externe Einflüsse (z.B. neue Gesetze und Normen)
C  Paralleles System	<ul style="list-style-type: none"> • Einbindung in unternehmensweites Knowledge-Mangement • externe Einflüsse (z.B. neue Gesetze und Normen) • zeitlich vorgegebene Anstöße

Abb. 4-11: Anstöße zur Wissenspflege bei der Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen

Erkennbar sind sowohl kontinuierliche als auch singuläre Anstöße. Auch die weiteren im Unternehmen vorhandenen Prozesse des Knowledge-Managements sind zu beachten. Hinweise darauf liefert die Literatur: [BÜRCEL1998], [HAUN2002], [MERTINS2001].

4.1.5. Einbindung in das Gesamtkonzept

Nach einer detaillierten Konzeption der Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen wird diese zusammenfassend in den Gesamtkontext zur rechnergestützten Integration der Gebäudeplanung eingeordnet.

Das zur Unterstützung des Planers in der Produktionsplanung zusätzlich einzubringende Wissen kann als Nicht-Produktionswissen definiert werden. Es gliedert sich nach Inhalt und Herkunft in Fakten- und Methoden- bzw. allgemeines und projektspezifisches Wissen und stammt aus einer Reihe unterschiedlicher Quellen.

Hier werden verschiedene Themenfelder von der Strukturierung von Grundstück und Gebäude über Detailgestaltungen in der Feinplanung und tech-

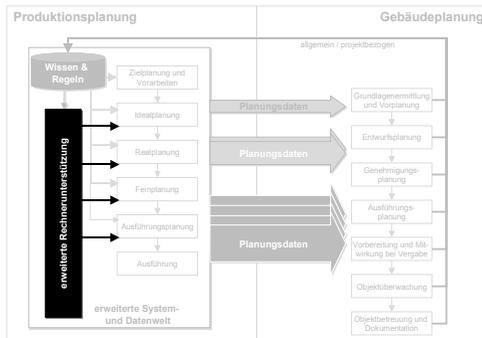
4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

nischen Gebäudeausrüstung bis hin zu allgemeingültigen Sicherheitsaspekten abgedeckt.

Um diese Informationen dem Planer in verschiedenen Phasen der Produktionsplanung zur Verfügung stellen zu können, werden Funktionen zur Erfassung und Aufbereitung, zur Bereitstellung und zum Zugriff auf das Wissen sowie zur Pflege des Wissens ausgearbeitet. Neben bekannten Such- und Zugriffsmechanismen unterstützt ein objektbezogener Ansatz die Arbeitsweise des Planers. Die zur Implementierung erforderliche Systemstruktur ist eine bedarfsgerechte Kombination aus integrierten und extern vorhandenen Komponenten.

Für eine Illustration anhand von exemplarischer Anwendungsfälle aus der planerischen Praxis sei auf Kapitel 6.2 verwiesen.

4.2. Rechnerunterstützung bei planerischen Tätigkeiten



Ein weiteres Element im Gesamtkontext der rechnergestützten Integration der Gebäudeplanung ist die Erweiterung der Systemfunktionen zur Unterstützung des Planers.

Damit sind bedarfsorientierte Zusatzfunktionen beschrieben, die bei der Bearbeitung von Aufgaben in Zusammenhang mit

der Gebäudeplanung zu einer Entlastung des Anwenders beitragen. Dies erfolgt mit unterschiedlichen Schwerpunkten über den gesamten Projektablauf hinweg.

4.2.1. Identifizierung und Charakterisierung der Tätigkeiten

Das Tätigkeitsspektrum bei der Planung und Gestaltung von Fabriken ist sehr breit. Um die Möglichkeiten einer erweiterten Rechnerunterstützung bei diesen Aufgaben zu erarbeiten, werden zunächst Schwerpunkte identifiziert. Dies ist durch die Analyse von bestehenden Planungssystemen und -werkzeugen

möglich, für die eine erweiterte Rechnerunterstützung konzipiert bzw. realisiert worden ist (siehe auch Kapitel 2.3).

So weisen [JONAS2001], [FANG1996] oder [VONDRAN2001] bei der Montage- bzw. Fördermittelplanung auf die Notwendigkeit von Unterstützungsleistungen hin. Diese betreffen die Gestaltung und Bewertung von Lösungen sowie die Dokumentation von Ergebnissen. Weitere Systeme zur Gestaltungsunterstützung im Montagebereich sind bei [BLEY1995] und [FELDMANN1996] zu finden. [LEHMANN1997] zeigt den Stand der Technik für die Materialflussplanung. Im Bereich der Gebäudeplanung existieren Lösungen für Detailbereiche wie der technischen Gebäudeausrüstung (Installation, Aufzüge bei [DRACH1994]) oder Hilfestellungen bei der Modellierung von Wohngebäuden ([HECK1998]). Sie liefern Anregungen, welche Funktionen sich für die Integration in erweiterte Systemfunktionen der Produktionsplanung eignen.

Aus diesen Arbeiten lassen sich drei Tätigkeitsfelder ableiten, für die eine rechnergestützte Planung Vorteile bringt:

- **Routinetätigkeiten**, z.B. Aufbereitung von Daten
- **Gestaltende Tätigkeiten** für Einzelelemente
- Funktionen zur **Bewertung und Analyse** von Ergebnissen

Die identifizierten Tätigkeitsbereiche weisen eine Reihe von Merkmalen in unterschiedlichen Ausprägungen auf (Abb. 4-12), die Hinweise zur Entwicklung erweiterter Unterstützungsmöglichkeiten gibt. Sie lassen sich zusammenfassend charakterisieren:

Routinetätigkeiten sind gekennzeichnet durch die Wiederholung gleicher Vorgangsfolgen. Sie können bei Vorhandensein einer kompletten Datenbasis vom Rechner selbstständig ausgeführt werden.

Eine vollständige Automatisierung von *gestaltenden Tätigkeiten* erscheint weniger sinnvoll, da hier eine Reihe von Entscheidungen vom Planer zu treffen sind. Auch verhindern teilweise unvollständige und unsichere Informationen die Übertragung der Bearbeitung an den Rechner. Trotzdem ist eine teilweise rechnergestützte Gestaltung von Elementen möglich, z.B. kann der Planer in seiner Arbeitsreihenfolge aufgrund hinterlegter Methoden geführt werden.

Im Bereich von *bewertenden Tätigkeiten* spielt die Interpretation von Ergebnissen eine zentrale Rolle. Diese Aufgabe kann nur mit hohem Aufwand und unbefriedigenden Resultaten dem Rechner übertragen werden [DRACH1994].

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

Ein Teil der zur Entscheidung notwendigen Arbeiten, nämlich die Ermittlung und Aufbereitung von Bewertungsdaten, ist aber gut für eine Rechnerunterstützung geeignet.

Merkmal	Routine-tätigkeiten	Gestaltende Tätigkeiten	Bewertende Tätigkeiten
Hauptaufgaben	Ausführung von vordefinierten Aufgaben	Lösungsfindung, -detaillierung	Analyse und Bewertung von Lösungen, Überprüfung von Regeln, Entscheidung über zusätzliche Iterationen
Häufigkeit	häufig	häufig	begrenzt
notwendige Datenbasis	Die Daten müssen vollständig sein und einer vorgegebenen Definition entsprechen.	Umgang mit unvollständigen oder unsicheren Daten	Daten müssen vollständig sein oder über Angaben zu möglichen Schwankungsbreiten verfügen.
Möglichkeit zur umfassenden Automatisierung	hoch, wg. sich wiederholender, gleicher Vorgangsfolgen	begrenzt, Anstoß vom Planer, Hilfe bei der Durchführung von Einzelschritten	begrenzt, Ermittlung der Bewertungsgrundlage, Interpretation durch Planer
Nutzung von gespeichertem Wissen	Methodenwissen über Ablauffolge	Methodenwissen über Ablaufschritte Gestaltungsparameter (z.B. Längenangaben)	v.a. Methodenwissen, Bewertungskriterien und Vergleichsparameter
Anforderungen an Flexibilität des Systems	gering, Wiederholung gleicher Vorgänge	mittel, einfacher Zugriff auf Gestaltungsparameter, Vorgänge bleiben ähnlich	hoch, Änderungen der Bewertungskriterien und -methoden sowie der Vergleichswerte, Regeln
Interaktion System ↔ Planer	gering, Anstoß vom Planer, selbsttätige Bearbeitung	hoch, Erfassung von Gestaltungsparameter, Entscheidung über Gestaltungsalternativen	mittel Anstoß und Ergebnisinterpretation durch Planer
Anforderungen an Planer zur Bedienung/ Ergebnissenutzung	gering, nur Wissen über Systembedienung notwendig	mittel, Wissen über Funktionsumfang, Bedienung und Anwendungsgrenzen nötig	hoch, Wissen über Bedienung, Ergebnisgenerierung, -darstellung und -interpretation notwendig
Beispiele mit Bezug zur Gebäudeplanung	- Aufbereitung von Daten zum Export - Dokumentation von Planungsergebnissen	- Platzierung von Säulen im Layout der Fabrik - Gestaltung von Wandöffnungen	- Prüfung von Fluchtwegenentfernungen - Kostenermittlung nach DIN

Abb. 4-12: Merkmale von Tätigkeiten zur erweiterten Planungsunterstützung

4.2. Rechnerunterstützung bei planerischen Tätigkeiten

Eine praxisbasierte Betrachtung des zeitlichen Auftretens der Tätigkeiten in den Phasen der Produktionsplanung (Abb. 4-13) zeigt eine sich verändernde Häufigkeit. Liegt der Schwerpunkt in frühen Phasen bei der Gestaltung, so nimmt im Laufe der Arbeiten der Anteil an Bewertungs- und Routinetätigkeiten zu.

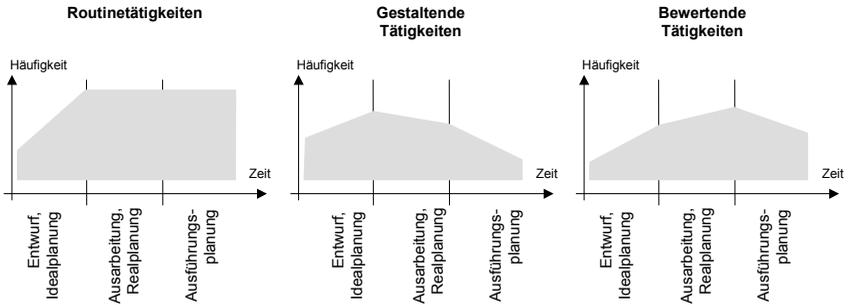


Abb. 4-13: Häufung von Tätigkeitsarten im Planungsverlauf

Insgesamt lässt sich feststellen, dass durch eine erweiterte Rechnerunterstützung der identifizierten Tätigkeitsfelder für alle Phasen des Planungsprozesses eine deutliche Entlastung des Planers möglich ist. Dies ist die Ausgangsbasis zur weiteren Konzeption der Rechnerunterstützung.

In den folgenden Abschnitten werden dazu zunächst detaillierte Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Gebäudeplanung identifiziert. Anschließend wird eine logische Systemstruktur zur Implementierung erarbeitet. Ausgewählte Prinzipien und Ausführungsbeispiele schließen die Darstellungen ab.

4.2.2. Routinetätigkeiten

Bei der Betrachtung von Arbeitsinhalten in den einzelnen Phasen der Gebäudeplanung sind bestimmte **Routineaufgaben zu identifizierbar**, für die eine Integration in EDV-Werkzeuge zur Produktionsplanung sinnvoll ist (Abb. 4-14). Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass es auch innerhalb der Planung von Produktionssystemen eine Reihe von Tätigkeiten gibt, die den Merkmalen von Routinetätigkeiten entsprechen und sich für eine Rechnerintegration eignen. In Bezug auf die Themenstellung und Einordnung der vorliegenden Arbeit sollen hier aber die Verknüpfungspunkte von Produktions- und Gebäudeplanung untersucht werden.

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

In dieser Aufstellung zeichnen sich bestimmte Schwerpunkte ab. Die Generierung zusätzlicher Planungsinformationen auf Basis der vorhandenen Daten spielt eine wichtige Rolle. Dazu ist es notwendig, einen möglichst umfassenden systemischen Zugriff auf die gespeicherten Informationen des Fabrikplanungssystems zu besitzen. In diesem Zusammenhang steht auch die Überprüfung auf Vollständigkeit der Daten. Diese Funktion sorgt schon vor der Generierung bzw. Weitergabe der Informationen dafür, dass unvollständige Daten erkannt und gegebenenfalls korrigiert werden. Zusätzlich eignen sich Aufgaben zur Datenübergabe zur Implementierung in die Rechnersysteme. Hier steht die Überführung der Informationen in die Datenformate der Nutzer im Vordergrund (siehe auch Kap. 5.1.4). Insgesamt kann man erkennen, dass in allen Planungsphasen routinemäßige Einzelaufgaben identifiziert werden können.

Aufgabenbereich / Einzelaufgaben	Phasen der Gebäudeplanung					
	Grundlagen- ermittlung	Vorplanung	Entwurfs- planung	Genehmigungs- planung	Ausführungs- planung	Vorbereitung der Vergabe
Generierung zusätzlicher Planungsinformationen Visualisierung in verschiedenen Detaillierungsstufen Ermittlung von Flächen und Raumvolumina Ermittlung von Gebäudedimensionen Übergabe von Grundlagen zur Gebäudebeschreibung	○ ○ ●	● ● ●	● ●	●	●	● ●
Datenaufbereitung Abgleich von Änderungen Prüfung auf Vollständigkeit der Bearbeitung / Datenkonsistenz Darstellung in Planungssymbolik für Gebäudeplanung			○	● ● ●	● ● ●	●
Datenübergabe Austausch von Planungszeichnungen (Geometriedaten) Übergabe alpha-numerischer Grunddaten für Einzelaufgaben		● ○	● ○	● ●	○ ●	

● = häufiges Auftreten der Aufgaben ○ = geringes Auftreten der Aufgaben

Abb. 4-14: Tätigkeitsfelder für Routineabläufe aus dem Bereich der Gebäudeplanung

Aufbauend auf diese Tätigkeitsfelder und Einzelaufgaben wird nun eine **logische Struktur** entwickelt, um diese Funktionen in Rechnerwerkzeuge zur Produktionsplanung einzubinden. Einen Überblick der dazu notwendigen Systemelemente und ihr Zusammenwirken zeigt Abb. 4-15.

Die Interaktionen zwischen Anwender und System sind bewusst auf ein Minimum beschränkt. Der Anwender liefert den Anstoß zur Ausführung (①) und erhält einen Hinweis über den Erfolg der Bearbeitung (②) in Form einer ein-

4.2. Rechnerunterstützung bei planerischen Tätigkeiten

fachen Statusmeldung (z.B. „Übergabe der Daten ist abgeschlossen“) oder einer detaillierten Ergebnisdarstellung (z.B. Flächenübersicht). In einigen Fällen können in der Abarbeitung der Routinetätigkeiten Eingaben des Anwenders notwendig sein (4).

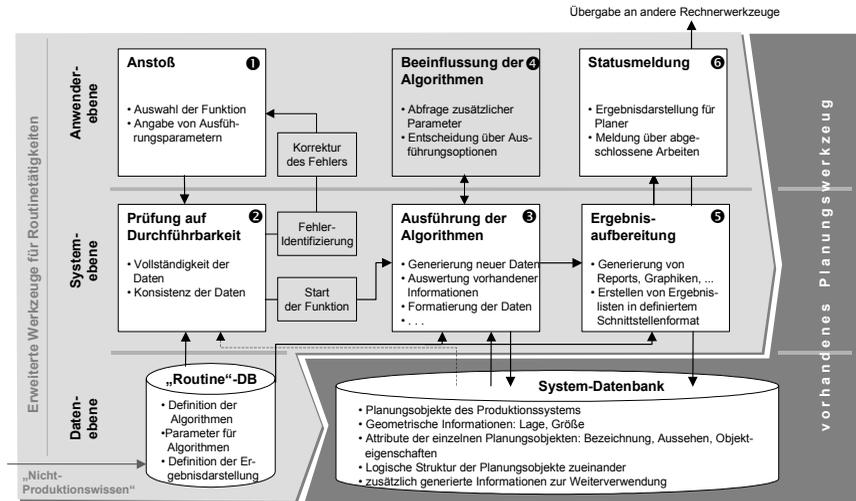


Abb. 4-15: Logische Struktur zur Einbindung von Routinefunktionen zur Planungsunterstützung

Eine wesentliche Funktion nach dem Aufruf der Funktion ist die Prüfung auf Durchführbarkeit (2). Damit wird vor der Bearbeitung der Aufgaben sichergestellt, dass die Algorithmen korrekt ausführbar sind. Dazu ist der Zugriff auf die hinterlegten Informationen des Planungssystem nötig. Die notwendigen Prüfparameter werden in der „Routine-Datenbank“ hinterlegt. Bei identifizierten Fehlern erfolgt ein Hinweis an den Anwender, so dass Korrekturen möglich sind.

Zentrales Element ist die Ausführung der Algorithmen zur Bearbeitung der Routinetätigkeiten (3). Dieses Funktionselement steht in enger Verknüpfung mit den im Rechner hinterlegten Daten. Diese Systemdatenbank enthält alle Informationen der Planungsobjekte und stellt diese für die Algorithmen zur Verfügung (z.B. Geometriedaten bei der Flächenermittlung). Ebenso werden neu generierte Ergebnisse in diese Datenbank eingetragen. Daneben sind zu diesem Zeitpunkt noch Informationen aus der „Routine-Datenbank“ notwendig. Darin sind die Algorithmen sowie Daten zu deren Ausführung enthalten, wie z.B. Angaben zur Ergebnisdarstellung oder Berechnungsparameter. Diese

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

Datenbank enthält aber keine Informationen zu den Planungsobjekten und ist projekt-neutral zu verwenden. Eintragungen und Änderungen in dieser Datenbank werden im Zuge der Bereitstellung und Pflege von Nicht-Produktionswissen durchgeführt.

Nach der Bearbeitung der Algorithmen erfolgt die Aufbereitung der Ergebnisse (5). Man unterscheidet in

- Ergebnisse zur Visualisierung für den Anwender (Ergebnislisten, Visualisierung von Planungsobjekten, Statusmeldungen),
- Ergebnisse, die an externe Rechnerwerkzeuge in Dateiform übergeben werden sowie
- Ergebnisse für die weitere Nutzung in der Planungsumgebung des Produktionsplaners (Speicherung in der Systemdatenbank).

Mit Hilfe dieser logischen Struktur können Routinetätigkeiten aus dem Bereich der Gebäudeplanung zur automatisierten Ausführung in Systeme zur Produktionsplanung eingebunden werden.

4.2.3. Gestaltende Tätigkeiten

Die Betrachtung von Arbeitsinhalten im Rahmen der Produktionsplanung identifiziert verschiedene gestaltende Tätigkeiten des Planers, bei denen Themen aus der Gebäudeplanung eine unterschiedlich starke Rolle spielen (Abb. 4-16).

Den größten Anteil haben in dieser Aufstellung Aufgaben zur Generierung und Änderung von Planungsobjekten. Diese Tätigkeiten lassen sich in allen Projektphasen wiederfinden. Bei der Konzeption einer erweiterten Rechnerunterstützung spielen für diese Aufgaben die Interaktionen zwischen Planer und System eine große Rolle.

Gerade in frühen Projektphasen kommt Dimensionierungsarbeiten zum Systementwurf eine gesteigerte Bedeutung zu. Um die Ermittlung von Anzahl und Abmessung von Elementen rechnerisch zu unterstützen, ist die Implementierung der zugehörigen Regeln und Parameter aus dem Bereich der Gebäudeplanung notwendig.

Arbeiten zur Strukturierung von Planungsobjekten finden in den späteren Projektphasen statt. Die Strukturierungen sollen in Hinblick auf die Weitergabe der Ergebnisse an eine nachgelagerte Gebäudeplanung erfolgen. Auch bei

4.2. Rechnerunterstützung bei planerischen Tätigkeiten

der Nutzung der Informationen für bewertende Tätigkeiten spielt eine definierte Ordnung der Planungsobjekte eine Rolle.

Art Einzelaufgabe	Beispiel(e)	Phase der Produktionsplanung				
		Zielplanung & Vorarbeiten	Ideal- / Grobplanung	Real- / Feinplanung	Ausführungsplanung	
Dimensionierung = Ermittlung von Zahlenwerten und anderen Parametern						
Ermittlung von Abmessungen	Fluchtöffnungen, Lastaufzüge	●	●	○		
Ermittlung der Anzahl von Objekten	Anzahl Pausen- / Soz.Räume	●	●	○		
Gestaltung von Planungsobjekten = Generierung und Eigenschaftsänderung von Planungsobjekten						
Erstellung von (geometrischen) Objekten	Türen und Tore	○	●	●	○	
Platzierung von (geometrischen) Objekten	automat. Setzen von Fenstern	○	●	●	○	
Änderung der Abmessungen/Position von Objekten	Säulenraster im Layout		●	●		
Änderungen von nicht-geometrie-bezogenen Objekt-Attributen	Anschlusswerte von Anlagen		○	●	●	
Strukturierung von Planungsobjekten = Ordnen und Gliedern der Planungsobjekte						
Zuordnung von Objekten zu vorgegebenen Struktur-Einheiten	Zuordnung zu Klassen der Gebäudeplanung ("Wand")		●	●		
Hierarchische Einordnung von Objekten	Zuordnung zu Räumen		○	●	●	

● = häufiges Auftreten der Aufgaben ○ = geringes Auftreten der Aufgaben

Abb. 4-16: Tätigkeitsfelder für gestaltende Arbeiten in der Produktionsplanung mit Bezug zur Gebäudeplanung

Insgesamt verteilen sich die gestaltenden Arbeiten über alle Projektphasen und ermöglichen über den gesamten Projektverlauf die Unterstützung des Planers.

Zur Umsetzung dieser Tätigkeiten ist eine Reihe von Daten und Funktionen notwendig. Die folgende logische Struktur dieser Elemente zeigt ihre Einbindung in Rechnerwerkzeuge zur Produktionsplanung (Abb. 4-17).

Deutlich erkennbar sind die vielfältigen Interaktionen zwischen Planer und System. Dazu zählt zu Beginn eines Arbeitszyklus der Aufruf der Funktion (●). Dies erfolgt über vorgegebene Menüstrukturen (z.B. Aufruf zur Generierung neuer Objekte) oder durch die Auswahl eines Objekts, bei dem Änderungen durchgeführt werden sollen. In diesem Fall dürfen nur objektbezogen mögliche Operationen angeboten werden. Schon beim Aufruf kann die Übergabe von Parametern notwendig sein. Diese sind in der „Gestaltungs-Datenbank“ enthalten.

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

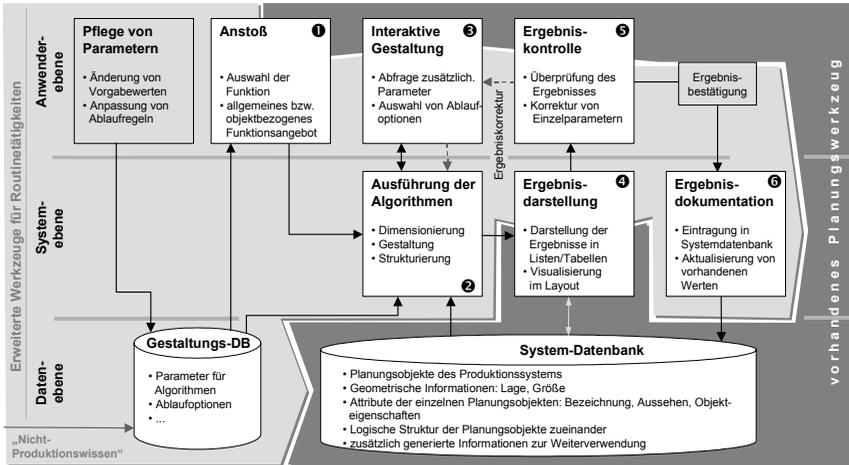


Abb. 4-17: Logische Struktur zur Einbindung von gestaltenden Tätigkeiten zur Planungsunterstützung

Die Kernelemente der Funktionsbearbeitung sind auf System- und Anwender-Ebene zu finden. Sie umfassen die Ausführung der Algorithmen (②), die Darstellung der Ergebnisse (③), eine Kontrolle durch den Anwender (④) mit gegebenenfalls notwendiger Korrektur von Ausführungsparametern (⑤) und Wiederaufruf der Algorithmen. Erst bei zufriedenstellenden Ergebnissen erfolgt die Dokumentation der Ergebnisse in der Systemdatenbank (⑥). In Abhängigkeit von der Gestaltungsfunktion werden Objekte hinzugefügt, gelöscht, bestimmte Eigenschaften vorhandener Objekte oder die Struktur der Objekte verändert.

Grundlage der Bearbeitung stellen Informationen zu den Planungsobjekten aus der Systemdatenbank dar. Diese werden ergänzt durch Ausführungsparameter, die in der „Gestaltungs-Datenbank“ hinterlegt sind. Dazu zählen, z.B. vorgegebene Standardabmessungen von Objekten (Breite von Toren, Abstände bei Hallenrastern) oder Entscheidungsregeln bei der Dimensionierung (z. B. Anzahl Notausgänge als Funktion der Mitarbeiter in einem Raum). Die Pflege der Datenbank erfolgt im Zuge der Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen. Im Verlauf der Planungsarbeiten ist es aber notwendig, dass auch Änderungen dieser Parameter durch den Anwender möglich sind. Beispiel dafür ist die Änderung von Vorgabewerten für die Generierung von Layout-Elementen.

Die beschriebene logische Struktur ist gekennzeichnet durch eine enge Verknüpfung der erweiterten Rechnerwerkzeuge mit dem vorhandenen Planungssystem. Dies ist nicht nur auf Daten- und Systemebene nötig. Große Bedeutung liegt auch auf den Elementen zur Interaktion auf Anwenderebene. Der Arbeitsfluss des Planers bei gestaltenden Tätigkeiten darf nicht durch den Wechsel in externe Systeme mit anderer Bedienung bzw. Benutzeroberfläche gestört werden.

Nach dieser Beschreibung der logischen Struktur werden abschließend einige Prinzipien der zentralen Funktionen ‚Interaktive Gestaltung‘ und ‚Ausführung der Algorithmen‘ detailliert. Es sich um folgende Ansätze

- Arbeiten mit Prototypen,
- Parametrisierter Entwurf mit Vorgabe von Werten und
- Bedeutung von Querverweisen.

Arbeiten mit Prototypen: Bei diesem Ansatz [DRACH1994], [JONAS2001] werden Planungsobjekte im Layout durch sogenannte Prototypen repräsentiert. Diese zeichnen sich durch eine vereinfachte geometrische Form aus und sind in ihren Abmessungen normiert. Trotzdem verfügen sie über alle notwendigen Objekt-Eigenschaften wie die zugehörigen realen Planungsobjekte. Der Schwerpunkt dieses Ansatzes liegt in der Unterstützung von Dimensionierungsarbeiten. Im Vordergrund steht die Ermittlung der Anzahl von Objekten und ihre Speicherung in der Objektdatenbank mit vordefinierten Eigenschaften. Eine Detaillierung kann in späteren Projektphasen erfolgen (Beispiel: Platzierung von Säulen in Form einfacher Quader im Layout).

Parameter-gestützter Entwurf von Objekten: Diese Methode orientiert sich an bekannten Assistenzfunktionen aus dem Bereich von Office-Anwendungen [VISIO1997], [DOBERENZ2001] und unterstützt die Gestaltung und Generierung von geometrischen Objekten [HECK1998]. Der Anwender wird vom System durch mehrere Stufen geführt und steuert die Erstellung des Objekts über die Auswahl bzw. Eingabe von Parametern. Es wird eine schrittweise Vorgehensweise unterstützt:

- Auswahl der Objekt-Variante (z.B. Tür)
- Auswahl von Varianten (z.B. Doppelflügel)
- Eintragen von Hauptabmessungen (z.B. Höhe, Breite) unter Verwendung von hinterlegtem Nicht-Produktionswissen (bevorzugte Standardmaße)

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

- Eintragen von Objekteigenschaften: Name, Zuordnung zu logischen Strukturelementen (z.B. zu „Wand 0020“)
- Systemgestütztes Erstellen im Planungsmodell

Diese Methode unterstützt die Generierung von Layout-Elementen in frühen Projektphasen. Sie eignet sich sowohl für Neu- als auch Umplanungen zur Erfassung der Ist-Situation.

Arbeiten mit Querverweisen: Bei der Berücksichtigung von Aspekten der Gebäudeplanung sind viele Wechselwirkungen zwischen einzelnen Objekten zu beachten (z.B. Säulengestaltung \Leftrightarrow Dachformen). Auf diese Abhängigkeiten soll der Produktionsplaner systemgestützt hingewiesen werden. Grundlage für die Querverweise können Abhängigkeitsmatrizen sein, die in der „Gestaltungs-Datenbank“ als Nicht-Produktionswissen gespeichert sind (siehe auch Abb. 4-9). Dadurch kann das System bei der Bearbeitung eines Objekts den Benutzer auf andere betroffene Objekte z.B. durch Textmeldungen oder farbliche Markierungen hinweisen. Ausbaustufen können sein:

- Regelung des Änderungszugriffs auf bestimmte Objekte: kein Zugriff auf Sohn-Objekte, nur Änderungen am Vater-Objekt
- Überwachung der Änderungen: Eigenschaftsänderungen bei einem Objekt können zu einer Überschreitung von zulässigen Eigenschaftsänderungen bei damit verbundenen Objekten führen.

Dieser Ansatz unterstützt den Planer in den Phasen der Detaillierung und iterativen Problembearbeitung. Eine Illustration dieser Methode anhand von Einzelaspekten einer EDV-technischen Realisierung zeigt Kapitel 6.3.

4.2.4. Bewertende Tätigkeiten

Möglichkeiten für eine erweiterte Rechnerunterstützung sind auch bei bewertenden Tätigkeiten des Planers vorhanden. Das Spektrum reicht von Aufgaben zur Ermittlung der Bewertungsgrundlagen (z.B. für die Diskussion im Planungsteam) über den Vergleich von Einzelkriterien mit Vorgaben bis hin zur Überprüfung von Regeln und direkt abgeleiteten Handlungen. Diese Alternativen treten in den Planungsphasen mit unterschiedlicher Gewichtung auf (Abb. 4-18).

Obwohl sich die Aufbereitung von Bewertungsgrundlagen über den gesamten Projektverlauf erstreckt, lassen sich einige Schwerpunkte erkennen. Stehen zu Beginn des Projekts Kennzahlen zur schnellen Bewertung im Vordergrund,

4.2. Rechnerunterstützung bei planerischen Tätigkeiten

fallen später Aufgaben zur Überprüfung der Daten (insbesondere vor der Weitergabe an andere) ins Gewicht.

Bei der Überprüfung von Einzelkriterien unterscheidet man in qualitative und quantitative Vergleiche. Auch die Überprüfung von Verträglichkeiten (z.B. k.o.-Kriterien für bestimmte Ausführungskombinationen) ist für die Planungen notwendig. Gestiegene Anforderungen an den Planer stellt die Berücksichtigung von Regeln und Handlungsanweisungen. Es sind nicht nur eine höhere Anzahl von Informationen und Daten zu beachten, auch die Regeln und Abhängigkeiten sind komplexer.

Art	Einzelaufgabe	Beispiel(e)	Phase der Produktionsplanung				
			Zielplanung & Vorarbeiten	Ideal- / Grobplanung	Real- / Feinplanung	Ausführungsplanung	
		mit Bezug zur Gebäudeplanung					
Aufbereiten von Bewertungsgrundlagen	Ermittlung von Kennzahlen Prüfung von Daten	Kostenermittlung Konsistenz, Vollständigkeit	●	○	●	●	
Prüfen / Vergleich mit Einzelkriterien	Vergleich von Kennzahlen mit Vorgaben	Länge der Fluchtwege, Brand-schutzbestimmungen			●	●	
	Vergleich von qualitativen Kriterien	Dachformen in Abhängigkeit von den Hallenabmessungen		●	●		
	Verträglichkeitsprüfungen	Abgleich von Maschinengewicht mit Fundamentabmessung			●		
Berücksichtigung von Regeln und Handlungsvorgaben	Überprüfung von logischen Strukturen	logische Zuordnung von Wand-öffnungen zu Wänden		○	●	●	
	Kennzeichnung von Fehlern	Markierung von Maschinen, mit zu geringen Abstand		●	●		
	Korrektur von Fehlern	Datenfehler, Falscheingaben		○	●	●	

● = häufiges Auftreten der Aufgaben ○ = geringes Auftreten der Aufgaben

Abb. 4-18: Tätigkeitsfelder für bewertende Tätigkeiten in der Produktionsplanung mit Bezug auf die Gebäudeplanung

Die verschiedenen bewertenden Tätigkeiten treten, von Ausnahmen abgesehen, in den späteren Projektphasen auf. Diese sind durch einen kontinuierlichen Prozess von Lösungssynthese und -analyse gekennzeichnet, so dass hier der systemischen Unterstützung der Bewertung eine große Bedeutung zukommt.

Bevor die Elemente und logische Struktur zur Rechnerunterstützung des Planers bei bewertenden Tätigkeiten beschrieben werden, sei auf einen zentralen Gestaltungsaspekt hingewiesen. In der Literatur werden Expertensysteme zur Planungsunterstützung nach Art der Ableitung von Schlussfolgerungen durch den Rechner unterschieden [LANGE1993], d.h. bis

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

zu welchem Grad die Interpretation der Bewertungsergebnisse durch den Rechner bzw. den Anwender erfolgt. Erfahrungen mit diesen Systemen zeigen, dass Assistenzsysteme gefordert sind, die den Planer unterstützen und Handlungsoptionen bieten, selbst aber keine selbstständigen Entscheidungen durchführen [FANG1996]. Die Kompetenz zur Ergebnisinterpretation liegt beim Anwender. In diesem Zusammenhang ist eine hohe Transparenz über die Ermittlung der Bewertungsgrundlage zur Interpretation gefordert [VONDRAN2001].

Diese Forderung ist bei einer möglichen Systemstruktur zur Unterstützung des Planers bei Bewertungsaufgaben berücksichtigt (Abb. 4-19).

Ausgangspunkt einer systemgestützten Bewertung ist der Anstoß durch den Planer (❶). Er wählt verschiedene Bewertungsfunktionen und Ausführungsparameter. Die Auswahl erfolgt menügestützt.

Zentrale Elemente bei der Systemgestaltung sind die Algorithmen zur Bewertung (❷) sowie die in der „Bewertungs-Datenbank“ hinterlegten Informationen. Bei den Algorithmen kann analog zur obigen Darstellung unterschieden werden in die Ermittlung von Grundlagen, die Durchführung von Vergleichen und die Überprüfung von Regeln. Gegebenenfalls sind bei der Ausführung der Anweisungen Interaktionen mit dem Anwender für zusätzliche Parameter oder Ausführungsoptionen notwendig (❸).

Die Basisdaten zur Ausführung der Algorithmen werden aus der Systemdatenbank des Planungswerkzeug entnommen. In der „Bewertungs-Datenbank“ sind neben Parametern zur Ausführung der Algorithmen wichtige Bewertungsregeln und Vergleichswerte gespeichert. Zusätzlich sind Parameter für automatische Handlungsoptionen hinterlegt. Die Pflege dieser Datenbank erfolgt im Zuge der Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen.

Die Ergebnisse der rechnergestützten Bewertung werden für den Anwender dargestellt (❹). Dazu ist in Einzelfällen (z.B. Markierung betroffener geometrischer Elemente im Layout) der Zugriff auf vorhandene Systemfunktionen des Planungswerkzeugs notwendig. Wichtig sind bei der Ergebnisaufbereitung auch Hinweise zur Ergebniserzeugung (z.B. hinterlegte Basiszahlen), um die Transparenz bei der Interpretation zu erhöhen.

Die Deutung der Ergebnisse erfolgt durch den Anwender (❺). Er entscheidet über die Bestätigung der bewerteten Lösung oder über notwendige Iterationen zur erneuten Lösungsfindung. In Fällen, in denen Korrekturmaßnahmen vorgeschlagen werden, besteht die Möglichkeit, diese zu bestätigen. Unter

Nutzung weiterer Informationen aus der „Bewertungs-Datenbank“ erfolgen nun rechnergestützte Eingriffe in die Daten der Systemdatenbank (6). Anwendungsbeispiel ist hier die Korrektur von falschen Eigenschaftswerten durch vom System vorgeschlagene Werte.

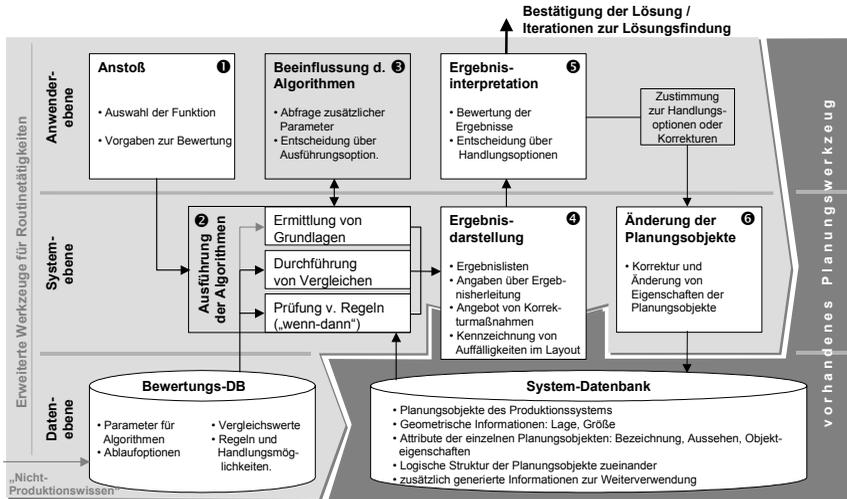


Abb. 4-19: Logische Struktur zur Einbindung von bewertenden Tätigkeiten zur Planungsunterstützung

Die dargestellte logische Struktur weist nur wenige Verknüpfungen zu einem vorhandenen Planungssystem auf. Es handelt sich um Einzelfunktionen, wie z.B. Aufruf der Funktionen, Visualisierung und Zugriff auf Daten aus der Systemdatenbank. Der Schwerpunkt liegt in den Bewertungsalgorithmen und der Datenbank zur Bereitstellung des notwendigen Wissens.

4.2.5. Einbindung in das Gesamtkonzept

Im Rahmen des Konzepts zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung hat die Unterstützung des Produktionsplaner durch erweiterte Rechnerwerkzeuge eine große Bedeutung. Die ausgearbeiteten Einzelheiten können zusammenfassend in den Gesamtkontext eingeordnet werden.

Im breiten Tätigkeitsspektrum des Planer können anhand bestimmter Eigenschaften Arbeiten unterschieden werden, die sich für eine Rechnerunterstützung eignen. Es handelt sich um Routinetätigkeiten, gestaltende und bewertende Tätigkeiten.

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

Für jede Tätigkeitsart wird im Anschluss gezeigt, wie eine systemische Einbindung in die vorhandenen Planungswerkzeuge möglich ist. Es werden zuerst Einzelfunktionen identifiziert, die in Zusammenhang mit der Gebäudeplanung stehen. Bei der Gestaltung der logischen Struktur zur Einbindung in die vorhandenen Planungswerkzeuge werden die Gestaltungsdimensionen ‚Interaktion mit dem Anwender‘, ‚Bearbeitung der Aufgaben auf Systemebene‘ und ‚Bereitstellung des notwendigen Nicht-Produktionswissens‘ bearbeitet. Eine Detaillierung von Einzelaspekten und Ausführungsmöglichkeiten ergänzt diese Darstellung.

Durch diese Arbeiten ist eine Erweiterung der vorhandenen Rechnerwerkzeuge zur Planung unter Berücksichtigung von Aspekten der Gebäudeplanung möglich. Einzelne Gesichtspunkte einer möglichen Realisierung sind Illustration anhand von Praxisanwendungen in Kapitel 6.3 beschrieben.

4.3. Zusammenfassung

Basis der Ausführungen in diesem Kapitel ist der Entwurf eines Gesamtkonzepts zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung. Eine wesentliche Komponente dieses Konzepts ist die anforderungsgerechte, erweiterte systemische Unterstützung des Produktionsplaners (Abb. 4-20). Dies erfolgt durch die Bereitstellung von Wissen und Regeln aus der Gebäudeplanung und einer Erweiterung der Rechnerwerkzeuge.

Ein erster Schritt ist die **Bereitstellung von Informationen aus dem Bereich der Gebäudeplanung** zur Nutzung in den einzelnen Phasen der Produktionsplanung. Dazu wird der Begriff des Nicht-Produktionswissens definiert und anhand von Merkmalen bezüglich Inhalt und Herkunft der Informationen charakterisiert. Die Quellen für diese Informationen reichen von allgemeinen Gesetzen und Normen bis hin zu spezifischen projektbezogenen Gestaltungsdetails.

Bei einer Analyse der enthaltenen Informationen können bestimmte Wissensfelder gekennzeichnet werden, die besonderen Bezug zu den Aspekten der Fabrikgestaltung haben und dem Planer zur Verfügung gestellt werden müssen. Ihre Inhalte reichen von allgemeinen Strukturierungsinformationen zu Grundstück und Gebäude über Hinweise zu Einzelobjekten der Planung bis zu detaillierten Sicherheitsvorgaben.

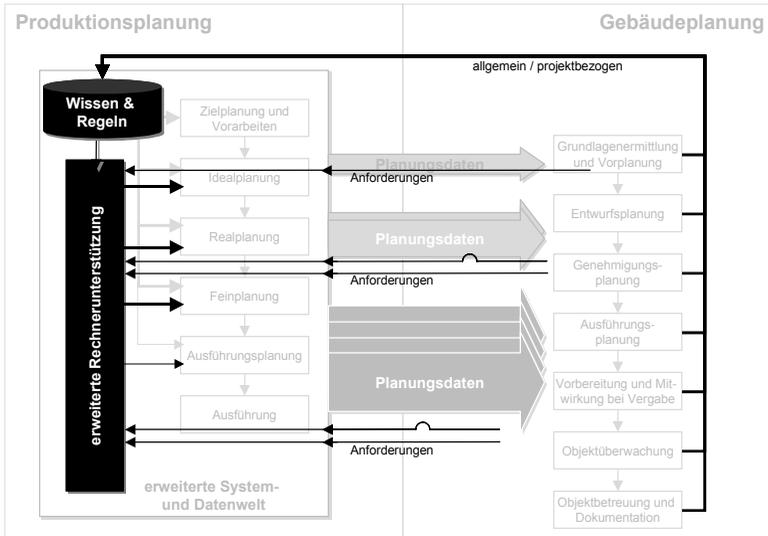


Abb. 4-20: Einordnung der Gestaltungsansätze Nicht-Produktionswissen und Systemische Unterstützung bei planerischen Tätigkeiten

Nach Hinweisen zur Erfassung und Aufbereitung der Informationen werden verschiedene rechnergestützte Methoden zum schnellen Zugriff in der Planungsarbeit erläutert. Neben bekannten Mechanismen unterstützt die objektbezogene Auswahl von Daten die Arbeitsweise des Produktionsplaners im besonderen. Um die Unterstützung des Planungsvorgangs durch diese zusätzlichen Informationen permanent zu gewährleisten, wird kurz auf die Bedeutung der Wissenspflege eingegangen.

Das zur Verfügung gestellte Nicht-Produktionswissen wird genutzt, um den **Planer bei konkreten Aufgaben zu unterstützen**. Dazu werden die Möglichkeiten der vorhandenen EDV-Werkzeuge erweitert. In einem ersten Schritt erfolgt die Identifizierung möglicher Tätigkeiten. Es können innerhalb des umfangreichen Arbeitsspektrums Routinetätigkeiten, gestaltende Tätigkeiten und bewertende Arbeiten abgegrenzt und in ihren Eigenschaften beschrieben werden.

Für diese Bereiche werden nun systemische Ansätze zur Implementierung erarbeitet. Zuerst erfolgt die Detaillierung der Tätigkeiten und Identifizierung von Einzelfunktionen, die in besonderem Bezug zur Gebäudeplanung stehen. Darauf aufbauend wird eine logische Systemstruktur aus den einzelnen Funktionselementen erstellt, die notwendig sind, diese Tätigkeiten in Zukunft

4. Erweiterte systemische Unterstützung des Planers

rechnerstützt auszuführen. Die Erläuterung ausgewählter Gestaltungsdetails schließt die Darstellung ab.

Es ist deutlich erkennbar, wie diese Ansätze in den Abläufen der Produktionsplanung verwendet werden können. Dadurch kann der Planer in seiner täglichen Arbeit Aspekte der Gebäudeplanung berücksichtigen und die Qualität der Ergebnisse steigern. Zur Illustration an Beispielen aus der planerischen Praxis sei auf die Kapitel 6.2 und 6.3 verwiesen.

Die Darstellung des zweiten Ansatzes, einer Verbesserung des Daten- und Informationsflusses zur Weiternutzung der Planungsergebnisse, erfolgt im nächsten Kapitel.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

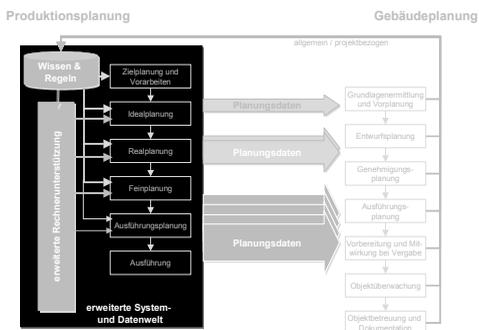
Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Möglichkeiten einer erweiterten systemischen Unterstützung des Produktionsplaners erarbeitet worden sind, handelt dieser Abschnitt von der durchgängigen Nutzung der Planungs-Informationen.

In einem ersten Schritt werden besondere Merkmale der Daten identifiziert. Diese definieren Anforderungen an Datenmodelle zur Speicherung, für die, basierend auf vorhandenen Modellen zur Datenspeicherung, Erweiterungsmöglichkeiten aufgezeigt (Kapitel 5.1) werden.

Wichtiges Konzeptmerkmal zur durchgängigen Nutzung der Informationen ist die bedarfsorientierte Bereitstellung. Die Informationsempfänger der Gebäudeplanung stellen bestimmte Anforderungen an die übertragenen Daten. Davon abgeleitet werden Möglichkeiten für die Bereitstellung dieser Informationen erarbeitet (Kapitel 5.2).

Eine Zusammenfassung schließt diese Konzeptdetaillierung ab und ordnet die Gestaltungsaspekte in das Gesamtkonzept ein (Kapitel 5.3).

5.1. Informationserzeugung und -speicherung



Ein drittes Element des Konzepts zur Integration der Gebäudeplanung ist ein erweitertes System- und Datenmodell für die Arbeit des Produktionsplaners.

Dieses ist die Basis zur Implementierung der in Kapitel 4 beschriebenen erweiterten systemischen Unterstützung und

schafft die Voraussetzungen für eine durchgängige Nutzung der Planungsergebnisse.

5.1.1. Merkmale der Planungsinformationen

Die bei der Fabrikgestaltung entstehenden Informationen sind durch verschiedene Merkmale gekennzeichnet (z.B. Genauigkeit, Änderungshäufigkeit), von denen sich Anforderungen an die Speicherung zur Weiternutzung im Planungsverlauf ableiten lassen. Besonderes Augenmerk liegt auf der Betrachtung von Besonderheiten aus dem Bereich der Gebäudeplanung und auf Gesichtspunkten, die bei einer Kopplung von Produktions- und Gebäudeplanung zu berücksichtigen sind.

5.1.1.1. Unterscheidung nach Funktion und Inhalt

Eine erste Unterscheidung der Planungsinformationen erfolgt aufgrund ihres Inhalts bzw. ihrer Funktion. Hier ist eine Gliederung in Grund- bzw. aufgabenbezogene sowie in beschreibende und strukturierende Daten möglich [VONDRAN2001]. Eine Beschreibung dieser Informationen mit Beispielen zeigt Abb. 5-1.

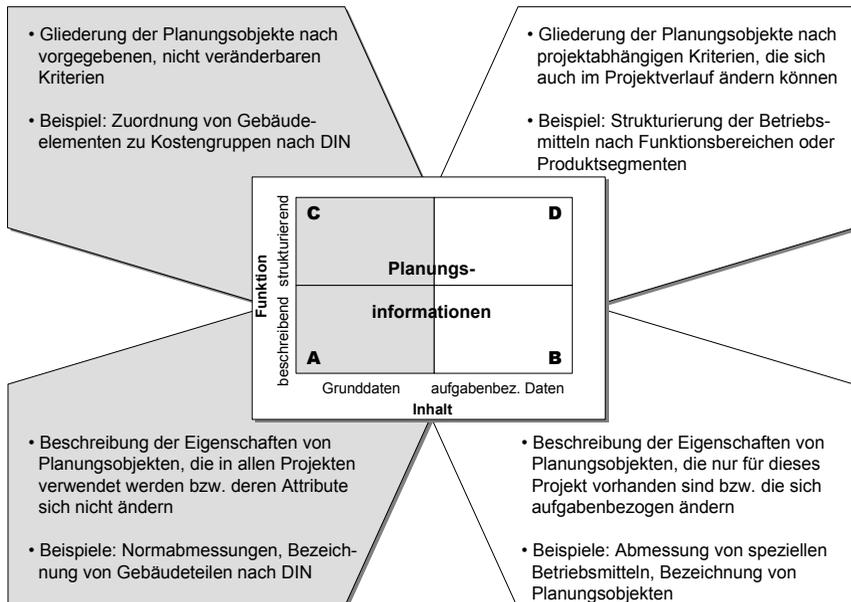


Abb. 5-1: Unterscheidung der Planungsinformationen bei der Fabrikgestaltung nach Inhalt und Funktion

Man erkennt vier unterschiedlichen Arten von Informationen, die in der Fabrikgestaltung unterschiedlich häufig auftreten. In der Gebäudeplanung sind die projektneutralen, beschreibenden Grunddaten (**A**) von größerer Bedeutung als in der Produktionsplanung. Der Grund liegt in den vielfältigen Normen und Regeln, die zur Beschreibung der Planungsobjekte existieren (siehe auch Kapitel 4.1.2). Diese zusätzlichen Informationen liegen schon in der Produktionsplanung vor bzw. können einfach ermittelt werden. Sie stehen für die Weiternutzung zur Verfügung. Beispielhaft sei hier auf die Dokumentation von Maschinengewichten bei deren Platzierung im Fabriklayout hingewiesen. Diese Daten können anschließend für eine detaillierte Fundamentplanung verwendet werden.

Ähnliche Aussagen lassen sich für strukturierende Informationen (**C**) treffen. Auch hier spielt eine projektneutrale Strukturierung der Planungsobjekte aus Sicht der Gebäudeplanung eine wichtige Rolle. Es existieren z.B. verschiedene definierte Kostengruppen zur Strukturierung aller in der Gebäudeplanung auftretender Objekte ([DIN276, T1-T3], [AGGTELEKY1990B, ABB. 12.67]).

Für aufgaben- bzw. projektbezogene Informationen (**B, D**) gilt, dass zusätzliche Eigenschaften und Strukturierungsmerkmale im Rahmen der Produktionsplanung vorliegen, die erfasst und gespeichert werden müssen, um eine Verbesserung des Informationsflusses gewährleisten zu können

Insgesamt zeigt sich also, dass bei den Funktionen zur Informationsspeicherung eine Erweiterung der Systeme zur Produktionsplanung sowohl um beschreibende als auch strukturierende Elemente notwendig ist.

5.1.1.2. Planung mit unvollständigen und unsicheren Informationen

Bei der parallelen bzw. verteilten Arbeit an voneinander abhängigen Objekten, wie es in der Fabrikgestaltung häufig der Fall ist, spielt der Umgang mit unvollständigen und unsicheren Informationen eine große Rolle ([SPUR1997], [STEINWASSER1997]). Unvollständige Informationen sind Arbeitsergebnisse, die in der weiteren Planung noch ergänzt werden müssen, während unsichere Informationen Ergebnisse darstellen, die noch verändert werden können. Abb. 5-2 zeigt ein Anwendungsbeispiel aus der Fabrikgestaltung.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

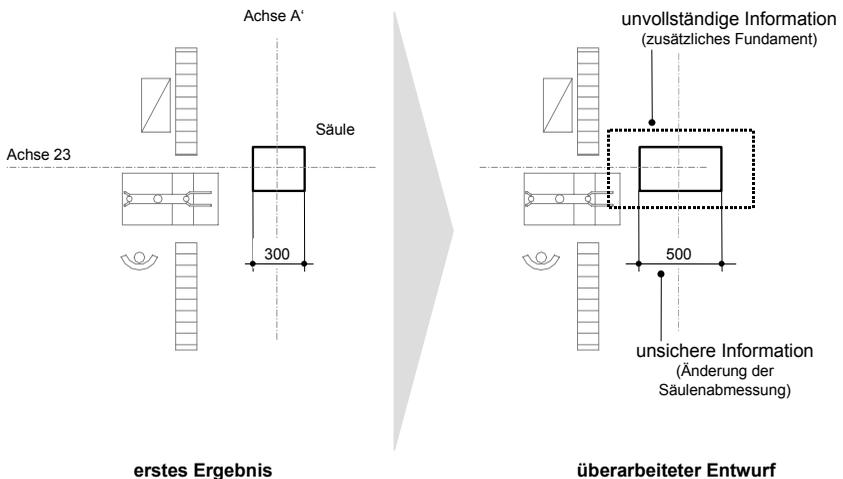


Abb. 5-2: Unvollständige und unsichere Informationen

Im Zuge der Planungen haben sich z.B. aufgrund eines zusätzlichen Hallenkranes die Abmessungen der Hallensäule geändert. Die neuen Belastungen erfordern zusätzliche Fundamente für die Säule. Dies hat Auswirkungen auf die Platzierungen benachbarter Maschinen (Kollision mit dem Fundament).

Das Beispiel zeigt die Bedeutung des Wissens über ungenaue Planungsinformationen. Lösungsansätze, die für diese Problematik im Bereich der Kopplung von Konstruktion und Montageplanung entwickelt worden sind ([DEBUSCHEWITZ1998], [JONAS2001]), können für die Fabrikgestaltung adaptiert werden. Zentrales Element ist die Definition eines „Änderungsbereichs“, der für bestimmte Eigenschaften eines Planungsobjekts angibt, in welchem Umfang noch Ergänzungen bzw. Änderungen auftreten. Auch Querverweise zu verbundenen Objekten sind darin enthalten.

Abb. 5-3 zeigt diesen Änderungsbereich für das oben dargestellte Fallbeispiel. Analoge Überlegungen sind auch für andere Objekte der Produktionsplanung möglich (Beispiel Bearbeitungsmaschine: Angabe über Position, Anzahl Mitarbeiter).

Der Änderungsbereich enthält Informationen über geometrische Eigenschaften, Gewicht und Werkstoff sowie Verweise zu verbundenen Objektklassen (siehe auch Abb. 4-9). Weitere Bestandteile eines Änderungsbereichs sind Angaben zu Änderungsdatum und Änderungsverantwortlichen.

Objekt-Name Säule_A_23		Objekt-ID 234-499-709		
Information	aktueller Wert	mögl. Änderungen	Datum	Name
Position, x	23.000 mm	keine Angabe	02.06.02	Meier
Position, y	15.000 mm	keine Angabe	02.06.02	Meier
Position, z	0 mm	---	02.06.02	Meier
...
Abmessung, x	500 mm	350 oder 750 mm	02.06.02	Meier
Abmessung, y	500 mm	---	02.06.02	Meier
Abmessung, z	6.500 mm	+ 1,000 mm, - 0.0	02.06.02	Meier
...
Werkstoff	Stahl	Beton, Klasse 3.2	14.05.02	Huber
Gewicht	2,56 to	keine Angabe	14.05.02	Huber
...
Verbundene Objektklassen				
Fundament Deckenträger				

Abb. 5-3: Angabe eines Änderungsbereichs für Planungsobjekte

Die skizzierte Vorgehensweise zur Angabe von Änderungsbereichen bedeutet einen zusätzlichen Aufwand in den Arbeitsprozessen. So müssen in der Produktionsplanung die flexiblen Bereiche eingeplant werden, die in der Gebäudeplanung fixiert werden müssen. Dieser Mehraufwand wird durch die Vermeidung von Abstimmungen und Anpassungsarbeiten ausgeglichen. Auch sind EDV-gestützte Funktionen denkbar, die den Planer bei diesen Arbeiten unterstützen. Angaben z.B. über die Änderungsmöglichkeit der Säulenabmessungen können automatisiert auf alle Objekte dieser Klasse übertragen werden.

5.1.1.3. Explizite und implizite Erzeugung von Informationen

Bei der Arbeit des Planers findet die permanenten Erzeugung bzw. Änderung von Informationen statt. Es werden bewusst Informationen ausgewählt, die im aktuellen Arbeitsprozess verändert werden sollen. Gleichzeitig finden aber Änderungen an Planungsobjekten statt, die nicht in der Aufmerksamkeit des Planers liegen. Abb. 5-4 zeigt diesen Zusammenhang exemplarisch für die Dimensionierung und Platzierung von Maschinen.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

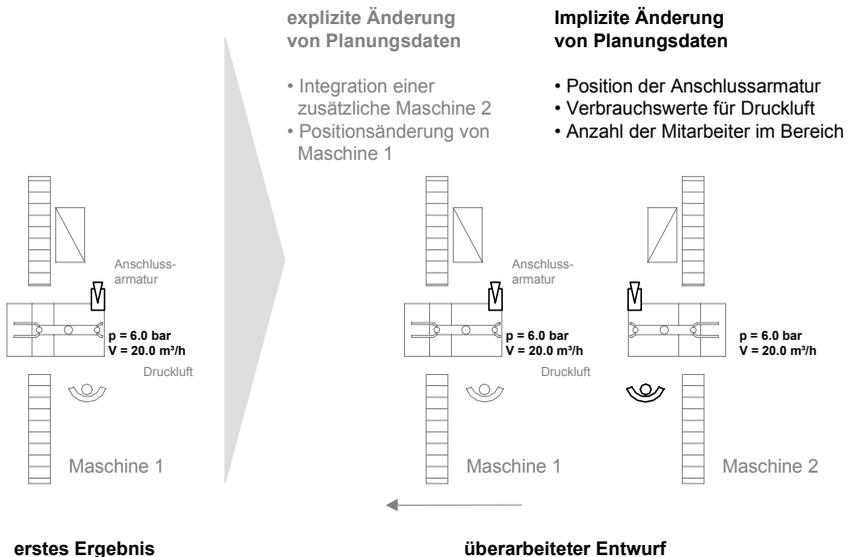


Abb. 5-4: Explizite und implizite Informationsbearbeitung

Fokus der Bearbeitung ist in diesem Beispiel die Platzierung einer neuen Maschine und die zugehörige Verschiebung der vorhandenen Anlage. Gleichzeitig werden aber eine Reihe von Planungsdaten beeinflusst, die zwar für die aktuelle Aufgabe nicht von Bedeutung sind, aber für spätere Arbeiten in der Gebäudeplanung genutzt werden müssen:

- Räumliche Lage von Anschlusselementen zur Medienversorgung als Eingangsgröße zur EDV-gestützten Generierung von Leitungsnetzen.
- Verbrauchswerte der Druckluftanschlüsse: Innerhalb einer bestimmten Entfernung von der Versorgungsanlage ändert sich die notwendige Menge dieses Mediums. Dies hat Einfluss auf die Dimensionierung.
- Mitarbeiter: Durch die zusätzliche Maschine erhöht sich die Anzahl der Werker. Dies ist z.B. für die Dimensionierung von Notausgängen und Fluchtwegen von Bedeutung.

Ein wesentlicher Schlüsselfaktor zur Verbesserung der Kopplung zwischen Produktions- und Gebäudeplanung ist die Identifizierung dieser impliziten Informationsänderungen und der zugehörigen Verknüpfung zwischen Planungsobjekten [WELTWEITBAU2000C]. In seiner Arbeit wird der Planer auf Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Objekten hingewiesen und

erkennt Änderungen, die der aktuelle Arbeitsprozess an anderer Stelle verursacht. Diese Änderungen werden dokumentiert und den betroffenen Projektteilnehmern zugestellt. Dadurch wird der Abgleich von Planungsvarianten erleichtert. Dies spielt insbesondere in der Fabrikgestaltung mit einer Vielzahl von Beteiligten aus verschiedenen Bereichen eine große Rolle.

Erweiterte Datenmodelle zur Speicherung dieser Informationen müssen deshalb die Möglichkeit zur Speicherung dieser Verknüpfungen, aber auch zur Bearbeitung der Verknüpfungen aufweisen (siehe auch Kapitel 4.1.4.2).

5.1.2. Bestehende Datenmodelle zur Speicherung

5.1.2.1. Objektorientierte Datenmodelle

Die Systeme zur Speicherung von Planungsdaten haben sich in den letzten Jahren gewandelt. Während die Systeme der 1. Generation noch auf die Speicherung einfacher geometrischer Elemente (Linien, Kreise) und isolierter Zahlenwerte beschränkt waren, setzen sich im Ingenieurbereich objektorientierte Konzepte durch [KOWALCZYK1997].

Mit Hilfe von Objekten ist man in der Lage, die Eigenschaften realer technischer Systeme in allen Einzelheiten abzubilden (z.B. geometrische Daten, Farbe). Objekte sind Elemente der realen Welt, die durch Daten (Attribute) und Funktionen (Methoden) beschrieben werden können [HARTMANN1992]. Funktionen beschreiben das Verhalten von Objekten unter Nutzung der Attribute. Objekte können darüber hinaus auch abstrakte Elemente sein (z.B. Beziehungen, Listen).

Zur Formulierung dieser objektorientierten Modelle haben sich Klassen und Objekte sowie ihre Beziehungen untereinander bewährt [HECK1998]. Klassen stellen eine Menge gleicher Objekte dar. Sie beschreiben die Attribute und Methoden, die diese Objekte charakterisieren. Zusätzlich ist die Abbildung von Strukturen und Hierarchien möglich, die für eine erweiterte Systembeschreibung notwendig sind [LANGE1993]. Abb. 5-5 zeigt in Anlehnung an [JONAS2001, BILD 5-12] ein einfaches Beispiel von Klassen und ihrer Beziehungen zueinander.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

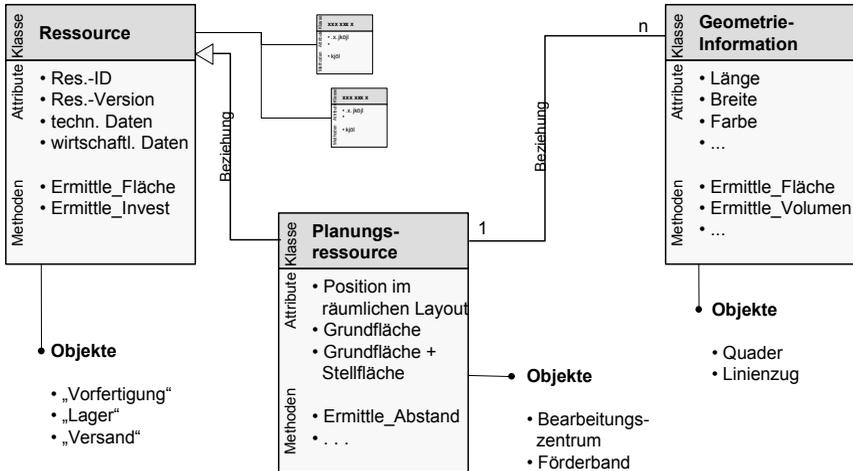


Abb. 5-5: Klassen, Objekte und Beziehungen in Datenmodellen nach [JONAS2001, BILD 5-12]

In der Darstellung ist der Aufbau von Leistungselementen einer Fabrik („Ressourcen“ [JONAS2001, S. 96]) aus einzelnen Elementen modelliert. Deutlich ist zu erkennen, wie einzelne Klassen durch ihre Attribute und Methoden beschrieben werden. Mit Hilfe von Beziehungen lassen sich Hierarchien festlegen. Die Daten der Klasse Planungsressource sind z.B. in der übergeordneten Klasse Ressource enthalten. Außerdem ist zu erkennen, dass sich die Klasse Planungsressource aus einer Vielzahl einzelner Objekte der Klasse Geometrieinformation zusammensetzt (1:n-Verbindung).

Detailliertere Beschreibungen der objektorientierten Modellierung finden sich in [BOOCH1998] und [RUMBAUGH1998]. Aufbauend auf diesen Prinzipien haben sich im Bereich der Produktions- als auch der Gebäudeplanung eine Reihe von Datenmodellen entwickelt.

5.1.2.2. Modelle für die Produktionsplanung

Viele der im Bereich der Produktionsplanung existierenden EDV-Werkzeuge (siehe Kapitel 2.3) verfolgen den objektorientierten Ansatz zur Datenspeicherung. Es können zwei Detaillierungsstufen unterschieden werden:

Speicherung von Objektdaten: Viele EDV-Systeme zur Unterstützung von Einzelfunktionen speichern definierte Attribute der bearbeiteten Elemente. Das sind in erster Linie geometrische Objekte, die durch umfangreiche Eigen-

schaften beschrieben werden können, zu denen auch ausgewählte Aspekte aus der Gebäudeplanung zählen. Beispielhaft sei hier auf das Planungssystem FASTDESIGN [PROJEKTEAM2001] hingewiesen.

Speicherung von Objektdaten und -beziehungen: Werkzeuge zur integrierten Planung von Produktionssystemen (Kopplung z.B. von Konstruktion und Montageplanung) erweitern diesen objektorientierten Ansatz. Es sind nicht nur die Objekte aus dem Produktionssystem hinterlegt, sondern auch der Zugriff auf Produktelemente ist möglich. Zusätzlich können vorgangsbezogene Daten (z.B. Montagevorgänge, Steuerungsstrategien, Ausführungszeiten) gespeichert und mit den betroffenen Objekten verknüpft werden. Beispiele dafür sind die Datenmodelle „IPD“ und „eMS“ der Systeme von DELMIA und Tecnomatix ([DELMIA2002], [TECNOMATIX2002]).

Neben diesen kommerziellen Systemen existieren eine Reihe von Forschungsentwicklungen, die sich mit der integrierten Speicherung von Fabrikplanungsdaten beschäftigen [BLEY2001]. Dazu zählen der Ausbau des STEP-Standards zu einem umfassenden Produkt- und Prozessmodell durch eine standardisierte Beschreibung der Produkt- und Prozessdaten. Ein anderer Ansatz untersucht die Möglichkeit zur Integration der unterschiedlichen Datenbestände aus Einzelanwendungen über eine gemeinsame Integrationsplattform.

Im Bereich der Produktionsplanung steht eine Reihe von objektorientierten Ansätzen zur Verfügung, die in der Planungspraxis Verwendung finden. Diese können unter dem Gesichtspunkt einer verbesserten Kopplung mit der Gebäudeplanung modifiziert werden.

5.1.2.3. Modelle für die Gebäudeplanung

Ansätze zur objekt-orientierten Modellierung in der Gebäudeplanung sind schon seit längerem entwickelt worden. Ihr Kerngedanke ist es, alle notwendigen Informationen über die verschiedenen Elemente der Gebäude (z.B. Wände, Räume) zu speichern. Einen Überblick über die Entwicklung und wesentliche Merkmale dieser Datenmodelle zeigt Abb. 5-6 [DRACH1994], [HAAG1999], [HAAS1999], [HECK1998].

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

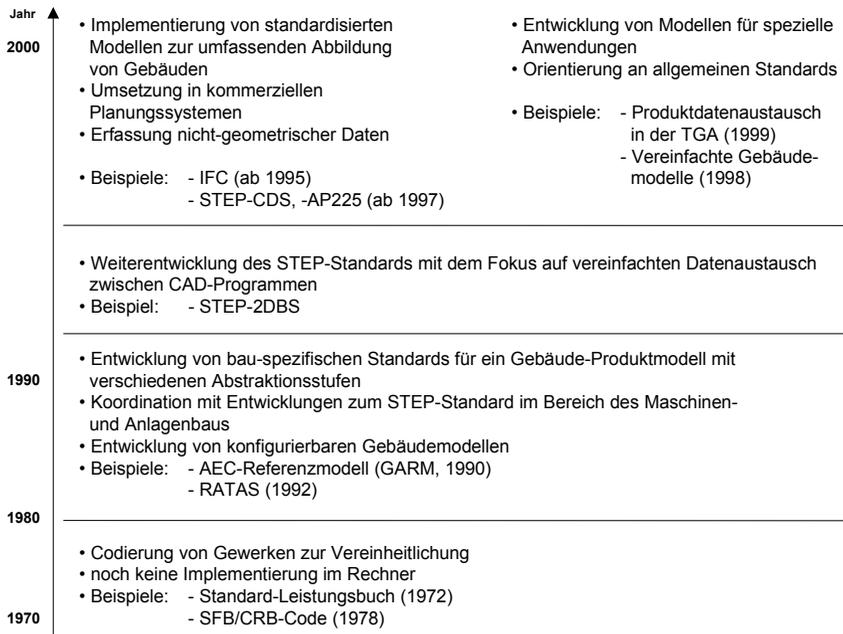


Abb. 5-6: Datenmodelle in der Gebäudeplanung

In den letzten Jahren haben sich zwei Entwicklungsrichtungen gebildet. Auf der einen Seite arbeiten internationale Gremien an einer umfassenden Beschreibung von objektorientierten Gebäudemodellen. Andererseits entstehen Spezialanwendungen für begrenzte Anwendungsbereiche. Im folgenden sollen für wesentliche Entwicklungen die wichtigsten Gestaltungsdetails zusammengefasst werden. Dadurch können Schwerpunkte für eine Kopplung mit Modellen zur Produktionsplanung identifiziert werden.

Für den Produktdatenaustausch gibt es im Maschinenwesen schon seit langem die Bestrebung, einen allgemeinen Standard zur Beschreibung von Produktkomponenten zu finden. Dieser STEP-Standard lässt weitere Nutzungsmöglichkeiten zu. Die Festlegungen können ausgeweitet und als **STEP-CDS-Modell** auch zu einer Beschreibung von Gebäudemodellen genutzt werden (Abb. 5-7).

Merkmal	Ausprägung		
<p>Allgemeines</p> <p>Elemente zur Gebäudemodellierung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • STEP-CDS = Standard for the Exchange of Produkt Model Data - Construction Drawing Subset • Teil der allgemeinen STEP-Definitionen zum Produkt-Datenaustausch • Fokus auf Datenaustausch und Änderungsmanagement <ul style="list-style-type: none"> • Strukturierung des Gebäudes <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD G[Gebäude] --> ES[Eigenschaften, Sachdaten] G --> GA[Gebäudeabschnitt] GA --> GE[Gebäudeelement] GA --> GK[Gestaltungskomponente] GE --> ES GE --> GK </pre> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Informationsklassen zur Beschreibung und Strukturierung <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Typen von Bauteilen</p> <ul style="list-style-type: none"> Rohbau Innenausbau Räume Techn. Gebäudeausrüstung Geländemodell <p>Rohbau-Elemente</p> <ul style="list-style-type: none"> Wände Stützen Streben Decken Balken Fundamente Kerne, Treppenhäuser Kabel, Spanglieder Allgemeine Bauteile </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Strukturierungsmöglichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> Bauabschnitte Geschosse Dächer Treppen Allg. Bauteilgruppen <p>Administrative Aufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> Änderungswunsch Einverständnis Beschreibung als Text Schrittweiser Datenaustausch <p>Sachdaten</p> <ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften, z.B. Material Klassifizierender Code Identifikatoren </td> </tr> </table>	<p>Typen von Bauteilen</p> <ul style="list-style-type: none"> Rohbau Innenausbau Räume Techn. Gebäudeausrüstung Geländemodell <p>Rohbau-Elemente</p> <ul style="list-style-type: none"> Wände Stützen Streben Decken Balken Fundamente Kerne, Treppenhäuser Kabel, Spanglieder Allgemeine Bauteile 	<p>Strukturierungsmöglichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> Bauabschnitte Geschosse Dächer Treppen Allg. Bauteilgruppen <p>Administrative Aufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> Änderungswunsch Einverständnis Beschreibung als Text Schrittweiser Datenaustausch <p>Sachdaten</p> <ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften, z.B. Material Klassifizierender Code Identifikatoren
<p>Typen von Bauteilen</p> <ul style="list-style-type: none"> Rohbau Innenausbau Räume Techn. Gebäudeausrüstung Geländemodell <p>Rohbau-Elemente</p> <ul style="list-style-type: none"> Wände Stützen Streben Decken Balken Fundamente Kerne, Treppenhäuser Kabel, Spanglieder Allgemeine Bauteile 	<p>Strukturierungsmöglichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> Bauabschnitte Geschosse Dächer Treppen Allg. Bauteilgruppen <p>Administrative Aufgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> Änderungswunsch Einverständnis Beschreibung als Text Schrittweiser Datenaustausch <p>Sachdaten</p> <ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften, z.B. Material Klassifizierender Code Identifikatoren 		
<p>Beispiele, Anwendungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementierung in verschiedene Rechnersysteme • Unterstützung durch internationalen Zusammenschluß von Unternehmen • Anwendungsfälle in verschiedenen Planungsphasen <ul style="list-style-type: none"> - Entwurfsplanung: Datenaustausch, Weitergabe von Änderungen - Fabrik- und Anlagenplanung: Arbeiten mit gleicher Datenbasis - Erstellung von Angebotsunterlagen: 3D-Geometrien zur Mengenermittlung - Baustellenmanagement: Nutzung der Daten zur Festlegung des Baustellen-Layouts - Anwendung in der Realisierung: Mengenermittlung für einzelne Bauabschnitte - Nutzung und Instandhaltung von Gebäuden: Übergabe an Systeme des rechnergestützten Facility Managements (CAFM) möglich 		
<p>Quellen, zusätzliche Literatur</p>	<p>[HAAS&PARTNER1995A], [STEP-CDS2000], [STEP-CDS2001], [WELTWEITBAU2000A]</p>		

Abb. 5-7: Wesentliche Merkmale des STEP-CDS-Modells

Der Standard gliedert das Gebäude hierarchisch in mehrere Ebenen. Die einzelnen Elemente (z.B. Wand) setzen sich wiederum aus verschiedenen Formen (z.B. Quader) zusammen. Eine Reihe von Klassen dient zur Beschrei-

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

bung und Strukturierung der Elemente. Die vielfältigen Einsatzbereiche lassen den Nutzen und die Vorteile eines solchen umfassenden Produktmodells erkennen. Es sind Verbesserungen bei Datenaustausch, bei Änderungsmanagement und bei der Nutzung der Informationen für andere Anwendungen möglich. Gleichzeitig sei aber auf die hohen Aufwendungen zur Erfassung dieser Informationen hingewiesen. Mit dem STEP-CDS-Modell existiert ein allgemeingültiges Modell zur Beschreibung der in der Gebäudeplanung auftretenden Objekte, das von immer mehr Anwendungen unterstützt wird (siehe Abb. 2-19).

Der Ansatz einer standardisierten Gebäudebeschreibung wird auch vom **IFC-Modell** verfolgt. Dieses konzentriert sich ausschließlich auf die Anwendung in der Bauindustrie. Wesentliche Gestaltungsaspekte zeigt Abb. 5-8.

Merkmalsname	Ausprägung
Allgemeines	<ul style="list-style-type: none"> • IFC = Industry Foundation Classes • internationaler Zusammenschluss zur Definition eines Gebäudemodells über alle Planungsphasen hinweg • Schwerpunkt: Objektbeschreibung und Abbildung der Abhängigkeiten der Objekte zueinander
Elemente zur Gebäudemodellierung	<ul style="list-style-type: none"> • Definition von Informationsklassen zur Beschreibung aller im Bauprojekt auftretenden Elemente • Geometrische Elemente <ul style="list-style-type: none"> - Formen von Bauelementen, - parametrisierte Beschreibungen (z.B. für Türen) - Inneneinrichtung: Klassifizierungen zur Übergabe an Facility Management • Strukturmerkmale <ul style="list-style-type: none"> - Beziehungen zwischen Elementen, z.B. Fenster ↔ Wand - Räume, Geschosse u.ä. als eigene Objekte (keine Definition über Wand) - Maßliche Raster zur Positionierung von Elementen (Verschiebung der Raster) • nicht-technische Elemente <ul style="list-style-type: none"> - Organisationsstruktur des Projekts: Beteiligte, Beziehungen zueinander - Termin- und Kostenplanung - Verweis auf externe Dokumentationen
Beispiele, Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> • Implementierung in verschiedenen Rechnersysteme • Unterstützung durch internationalen Zusammenschluss von 650 Unternehmen • derzeitiger Entwicklungsstand: Modellierung von Gebäudestrukturen, geometrischen Elementen und ihren Beziehungen zueinander möglich • Ausweitung des Modells auf Elemente zur technischen Gebäudeausrüstung (z.B. Wärmelasten) und Leitungsplanung (z.B. Trassenführung)
Quellen, zusätzliche Literatur	[IAI2000], [IAI2001A], [IAI2001C]

Abb. 5-8: Wesentliche Merkmale des IFC-Modells

Im IFC-Modell ist nicht nur die Abbildung realer Elemente des Gebäudes vorgesehen. Durch zusätzliche logische Verknüpfungen, die Modellierung von Strukturmerkmalen (z.B. Raum) als eigenes Objekt und die Übernahme von

nicht-technischen Informationen zeigt sich der umfassende Ansatz im Bereich der Gebäudeplanung.[IAI2001B]. Dieses Datenmodell ist aber aufgrund des derzeit eingeschränkten Objektumfangs in seiner Nutzung und Verbreitung noch eingeschränkt (siehe Abb. 2-19).

Zusammenfassend kann man erkennen, dass die Entwicklung von Datenmodellen in der Gebäudeplanung eine umfassende Abbildung des Gebäudes zum Ziel hat. Die Klassen und Objekte entsprechen realen Elementen und ihren Beziehungen zueinander. Für eine Integration von Produktions- und Gebäudeplanung ist es daher notwendig, wesentliche Teile dieser Entwicklungen auf die Datenmodelle der Produktionsplanung zu übertragen und so eine durchgängige Nutzung der Ergebnisse zu erreichen.

5.1.3. Erweitertes Datenmodell in der Produktionsplanung

5.1.3.1. Grundüberlegungen

Für die Entwicklung eines Datenmodells zur Unterstützung der Integration von Produktions- und Gebäudeplanung sind folgende Grundgedanken zu berücksichtigen:

- *Basismodell*: Die notwendigen Erweiterungen werden in die bestehenden Modelle zur Produktionsplanung integriert. Diese Modelle umfassen neben den realen Objekten des Produktionssystems mit einer Reihe von Attributen und Gliederungsebenen häufig Informationen zu Produkten und Prozessen (z.B. Ausführungszeiten, Mengen je Produkt, Materialflüsse).
- *Schwerpunktsetzung*: Es werden nicht alle Anforderungen und Möglichkeiten von Gebäudemodellen übertragen. Wesentlich sind Elemente und Objekte, die sowohl für Produktions- als auch Gebäudeplanung von Nutzen sind. Es handelt sich um die realen Elemente (z.B. Wand) sowie Elemente zur Strukturierung der Fabrik nach Vorgaben der Gebäudeplanung (z.B. Raumgliederung nach DIN).
- *Querverweise*: Die verschiedenen Ausführungen zum Konzept der Integration von Produktions- und Gebäudeplanung haben die Bedeutung von Querverweisen zwischen Objekten gezeigt (vgl. Kapitel 4.1.4.2, Kapitel 5.1.1). Auch beim Umgang mit impliziten Informationen (Kapitel 5.1.1.3) spielen diese Querverweise eine wichtige Rolle. Daher sollen im

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

Datenmodell neben Objektverknüpfungen aus technischen Gründen (z.B. Säule/Fundament) auch informationsbezogene Beziehungen (z.B. Hallengrundriss/Dachform) abgebildet werden können.

- *Änderungsbereich*: Die Bedeutung dieser Funktion zum Umgang mit unvollständigen und unsicheren Informationen (Kapitel 5.1.1.2) ist gerade bei der parallelen Arbeit an einem Modell sehr groß. Daher muss es in der Erweiterung eines Datenmodells berücksichtigt werden.
- *Anpassbarkeit*: Als Nachteil objektorientierter Modelle wird auf deren vorgegebene starre Struktur verwiesen [KOWALCZYK1997]. Um trotzdem eine flexible Nutzung zu ermöglichen, werden Benutzer-Attribute definiert, die in der Datenstruktur hinterlegt sind und deren Inhalte und Verbindungen zu anderen Attributen projektabhängig definiert werden können.

Ziel ist eine bedarfsgerechte Erweiterung der bestehenden Modelle für die Produktionsplanung. Damit wird es möglich, Informationen der Gebäudeplanung in einer Form zu erfassen und zu speichern, dass diese sowohl für gebäudebezogene Arbeiten in der Produktionsplanung als auch für eine Übergabe an Anwendungen der Gebäudeplanung zur Verfügung stehen. Dieser Gestaltungsansatz hat den Vorteil, bestehende und verbreitete Datenmodelle Nutzen zu können. Der Planer arbeitet in seiner gewohnten Umgebung und es müssen nur ausgewählte und für ihn notwendige Informationen zusätzlich erfasst werden.

5.1.3.2. Entwurf eines erweiterten Datenmodells

Aus diesen Überlegungen lässt sich der Entwurf eines erweiterten Datenmodells ableiten (Abb. 5-9). Dieser enthält die zusätzlich notwendigen Klassen für Objekte zur Speicherung von Aspekten der Gebäudeplanung.

Das bestehende Modell ist vereinfacht durch Klassen aus der Produktionsplanung beschrieben. Eine detaillierte Darstellung dieser Modellelemente und ihrer Verknüpfungen findet sich in [JONAS2001]. Die größte Bedeutung für eine Kopplung zur Gebäudeplanung hat die Klasse zur Beschreibung der realen Objekte im Planungsfeld. Dazu zählen z.B. Maschinen, Anlagen, Einrichtungen und Gebäudeteile. Die Verknüpfung erfolgt über eine eindeutige Objektnummer.

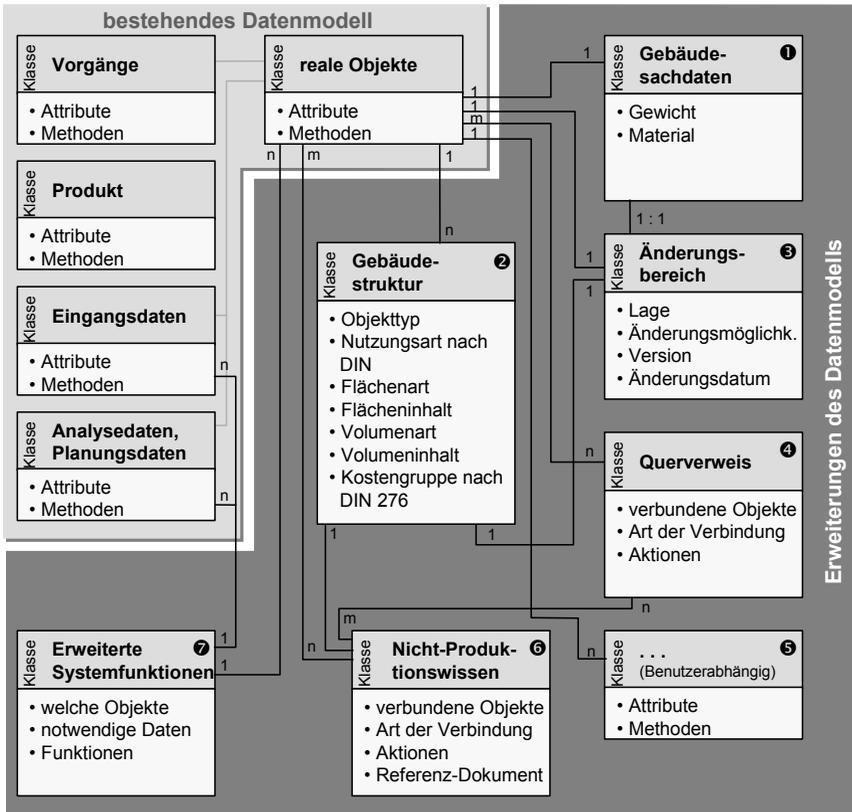


Abb. 5-9: Erweitertes Datenmodell zur Kopplung von Produktions- und Gebäudeplanung

Die zusätzlichen Elemente zur Berücksichtigung von gebäudebezogenen Aspekten lassen sich in ihrer Funktion unterscheiden:

- erweiterte Beschreibung der realen Objekte durch Gebäudesachdaten (①), 1:1-Verknüpfung mittels einer eindeutigen Objektnummer.
- Strukturierung des Planungsfelds nach gebäudebezogenen Gesichtspunkten (Gebäudestruktur, ②). Hier können die Strukturmerkmale der IFC- oder STEP-CDS-Definitionen hinterlegt werden. Für jedes Objekt ist die Zuordnung zu mehreren Klassen möglich.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

- Einbindung weiterer Angaben zur Arbeit mit den Objekten im Sinne der aufgezeigten erweiterten Systemfunktionen: Änderungsbereich (③) , Querverweise (④).
- Zusätzlich ist eine benutzerabhängige Klasse definiert, die die Speicherung von projektabhängigen Eigenschaften erlaubt (⑤). Darin können z.B. alpha-numerische Daten oder auch Verweise zu externen Planungsdokumenten gespeichert werden.

Auch die Einbindung der in Kapitel 4 dargestellten zusätzlichen Planungsfunktionen ist berücksichtigt. Zur Darstellung von Nicht-Produktionswissen (⑥) wird mit Hilfe des objektorientierten Zugriffs (Kapitel 4.1.4.2) auf gespeichertes (externes) Wissen referenziert. Der Aufruf von hinterlegten Daten erfolgt von realen Objekten, zugeordneten Querverweisen oder auch über Strukturierungsmerkmale aus.

Die erweiterten Systemfunktionen zur Unterstützung des Planers (Kapitel 4.2.2 bis 4.2.4) sind ebenfalls in das erweiterte Datenmodell integriert (⑦). Neben den Funktionen und Methoden sind Angaben darüber gespeichert, welche Objekte die notwendigen Berechnungsdaten liefern müssen. Diese Informationen können aus speziellen Klassen des bestehenden Datenmodells (z.B. Eingangsdaten) abgerufen werden.

In diesem Entwurf eines erweiterten Datenmodells sind die zusätzlichen Informationsklassen mit ihren Attributen und Methoden festgelegt, die es ermöglichen, Aspekte der Gebäudeplanung in den Datenmodellen zur Produktionsplanung zu speichern und für weitere Arbeiten zur Verfügung zu stellen. Beispiele für einzelne Objekte des erweiterten Datenmodells und ihre Attribute sind in Kap. 6.4 dargestellt.

5.1.4. Einbindung in das Gesamtkonzept

Die ausgearbeiteten Einzelheiten zur Speicherung von Informationen im Rahmen eines Konzepts zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung werden zusammenfassend dargestellt.

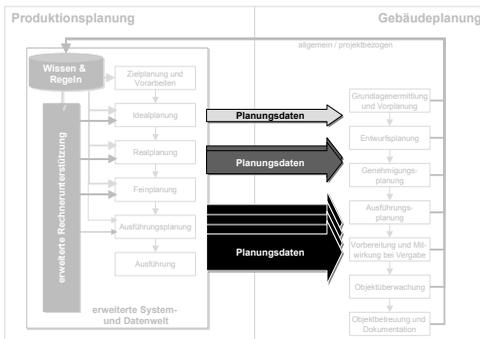
Die Vielzahl von Informationen wird anhand spezieller Merkmale beschrieben. Es ist eine Unterscheidung möglich nach Funktion und Inhalt, die Angaben in beschreibende bzw. strukturierende Daten untergliedert. Weitere Merkmale sind unvollständige bzw. ungenaue Informationen sowie die Arbeit mit expliziten und damit verbunden impliziten Planungsdaten. Diese

Besonderheiten stellen bestimmte Anforderungen an eine erweiterte Speicherung von Daten.

Vor dem Entwurf eines erweiterten Datenmodells für die Werkzeuge der Produktionsplanung werden die existierenden Modelle in den Planungswelten untersucht. Schwerpunkt ist neben einer kurzen Darstellung von objektorientierten Modellen bei Systemen zur Produktionsplanung die Darstellung moderner digitaler Gebäudemodelle. Für die weitere Arbeit sind die darin definierten Informationsklassen und -attribute zur Strukturierung und Beschreibung von Gebäuden interessant.

Aufbauend auf diesen Grundlagen und unter Berücksichtigung der dargestellten Anforderungen können die Spezifikationen eines erweiterten Datenmodells beschrieben werden. Diese ergänzen bestehende die Modelle aus der Produktionsplanung um Informationsklassen zur Beschreibung und Strukturierung der Planungsobjekte aus gebäudeplanerischer Sicht und bieten Möglichkeiten, zusätzliche Funktionen (z.B. Nicht-Produktionswissen, Planungsfunktionen) zu integrieren. Es steht damit die Basis für eine spätere Implementierung in vorhandenen EDV-Systemen zur Unterstützung des Planers zur Verfügung.

5.2. Bedarfsorientierte Informationsbereitstellung



Die Beschreibung des Konzepts zur Integration der Gebäudeplanung wird durch den Aspekt einer bedarfsorientierten Bereitstellung von Planungsdaten vervollständigt.

Dabei geht es darum, den verschiedenen Nutzern die in der Produktionsplanung erarbeiteten Ergebnisse so zu übertragen, dass eine effiziente Weiternutzung in allen Phasen der Gebäudeplanung möglich ist. Eine Unterscheidung bezüglich Inhalt und Form der Daten ist dafür notwendig.

Die Beschreibung des Konzepts zur Integration der Gebäudeplanung wird durch den Aspekt einer bedarfsorientierten Bereitstellung von Planungsdaten vervollständigt. Dabei geht es darum, den verschiedenen Nutzern die in der Produktionsplanung erarbeiteten Ergebnisse so zu übertragen, dass eine effiziente Weiternutzung in allen Phasen der Gebäudeplanung möglich ist. Eine Unterscheidung bezüglich Inhalt und Form der Daten ist dafür notwendig.

5.2.1. Nutzerorientierte Informationsbedarfe

Die Informationsbedarfe der in der Gebäudeplanung identifizierten Empfängergruppen (Kapitel 2.2.3.1) können für die weitere Bearbeitung unterschieden werden in allgemeine Anforderungen (Form, Detaillierungsgrad, Güte) sowie empfänger- bzw. phasenbezogene Merkmale.

5.2.1.1. Allgemeine Anforderungen

Bei der Informationsübergabe in der Gebäudeplanung gibt es bzgl. der **Form der Daten** zwei grundsätzliche Möglichkeiten. Zentrale Bedeutung haben nach wie vor Zeichnungen in verschiedenen Maßstäben und Detaillierungsstufen. [AGGTELEKY1990C, BILD 22.15] listet wesentliche Beispiele und Funktionen der Zeichnungen auf (Abb. 5-10).

Phase	Zeichnungsart	Funktionen der Zeichnungen
Entwurf	Layoutpläne <ul style="list-style-type: none"> • Ideal- und Groblayout • Zonenplan • Aufstellungsplan 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergänzung von mündlichem, geschriebenen Text
Feinplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Feinlayout • Hauptleitungslayout • Aussparungs- und Belastungsplan Baupläne <ul style="list-style-type: none"> • Architektenplan • Gesamtbebauungsplan • Bautechnische Ausführungspläne Dispositionspläne <ul style="list-style-type: none"> • Aufstellungspläne • Trassenverlauf von Förderanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gedankenträger und Ausdrucksform bei der gestalterischen Arbeit • Informationsträger bei der Kommunikation, Koordinierung und Definition von technischen Details und Zusammenhängen • Hilfsmittel bei Herstellung, Montage und Inbetriebnahme
Ausführungsplanung	Ausführungspläne <ul style="list-style-type: none"> • Ausführungszeichnungen • Montagepläne • Fundamentpläne der Maschinen • Rohrleitungspläne • Stromlaufpläne • Schaltschemata • Kabelpläne 	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation (auch in kaufmännischer und juristische Hinsicht)

Abb. 5-10: Zeichnungen und ihre Funktion in der Gebäudeplanung

Diese Form des Datenaustausches wird von bestehenden Planungswerkzeugen sowohl in Produktions- als auch Gebäudeplanung umfassend unterstützt (siehe auch Abb. 2-19) und soll nicht weiter betrachtet werden.

Zunehmend an Bedeutung gewinnt die EDV-gestützte Übertragung von nicht-geometrischen Daten. Es ist zu unterscheiden in allgemeingültige Formen (z.B. STEP-Definition) oder in speziell auf den Empfänger zugeschnittene

Formate (z.B. VDI-Richtlinie 6021 zum Austausch von Daten zur thermischen Lastrechnung [LIEBICH1999]). Diese Möglichkeiten müssen aber ergänzt werden um einen flexibel zu gestaltenden Transfer ausgewählter Objektinformationen. Hier können sowohl die Attribute bestimmter Objekte als auch die Beziehung von Objekten zueinander übertragen werden [NEUBERT2000]. Damit kann auf die veränderten Bedürfnisse der Empfänger reagiert werden.

Neben Anforderungen an Form und Inhalt ist beim Austausch von Planungsdaten von der Produktions- zur Gebäudeplanung der **Grad der Detaillierung** zu beachten. Dieser hängt stark von der Hierarchie des Empfängers ab [RÖSEL1999] und ist auf Entscheidungsebene am geringsten. Dieser unterschiedliche Detaillierungsgrad ist aber nicht an den zeitlichen Verlauf des Planungsprojekts gekoppelt. Typisch ist vielmehr ein gleichzeitiger Bedarf von unterschiedlich detaillierten Informationen [GROTH1990]. Verschiedene Entwurfsorganisationen arbeiten parallel an gleichen Problemen mit verschiedener oder ähnlicher Detaillierungsstufe. Aus diesen Gründen ist der umfassende Zugriff auf die vorhandenen Daten Grundvoraussetzung zur Befriedigung der verschiedenen Informationsbedürfnisse. Ebenso notwendig sind Möglichkeiten der Filterung von Daten und ihrer Verdichtung.

Daneben gibt es noch einige allgemeingültige Anforderungen an die **Güte der übergebenen Informationen** zu erfüllen. Diese sind nach [RÖSEL1999]:

- Verständlichkeit: Eine direkte Verwertung der Informationen muss möglich sein. Sie liegt in der Sprache des Empfängers vor.
- Vollständigkeit: Alle zur Verwertung erforderlichen Angaben sind vorhanden. Die Pflicht zur Prüfung auf Vollständigkeit liegt beim Sender der Daten.
- Richtigkeit: Sachliche Fehler der Daten müssen ebenso auf Senderseite geprüft worden sein.
- Rechtzeitigkeit: Der richtige Zeitpunkt hängt vom Termin zur Verwertung der Information ab.

5.2.1.2. Empfänger- und phasenbezogene Merkmale

Die folgenden Merkmalslisten geben einen Überblick, welche Informationsbedarfe in der Gebäudeplanung im Rahmen von Fabrikplanungsprojekten auftreten.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

Die Bereiche Gebäudestruktur und -technik konnten in der Analyse des Informationsflusses (Kapitel 2.2.3.2 und Abb. 2-12) als Schwerpunkte des identifiziert werden. Abb. 5-11 zeigt die notwendigen inhaltlichen Angaben für diese Planungsfelder [AGGTELEKY1990C, ABB. 20.1].

Planungsbereich	Gebäudestruktur	Gebäudetechnik (HLSE, Beleuchtung, Ver- und Entsorgung)
System- und Strukturplanung, Dimensionierung <ul style="list-style-type: none"> • Aufgabenstellung • Hauptabmessungen der Schlüsselmaschinen • Maschine- und Apparateliste • Personalbedarfsplan • Gliederung der Betriebsbereiche • Betriebsbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Rahmenbedingungen • Angabe der Geschoßebenen und Unterkellerungen • Erforderliche Gruben und Dachaufbauten • Spezialfundamente für Betriebsmittel • Anordnung auf dem Grundstück • Erforderliche Verbindungen zu anderen Bereichen • Einzuhaltende Abstände 	<ul style="list-style-type: none"> • Installierte Leistung der Betriebsmittel • Großverbraucher, spezielle Betriebsmittel • Erforderliche Ver- und Entsorgungssysteme • Schichtbetrieb, Spitzenbelastung usw. • Erforderliche Anschlussleistung • Besondere Sicherheitsvorkehrungen
Grobplanung <ul style="list-style-type: none"> • Flächen- und Raumplanung • Layout und Bodenbelastung • Arealnutzungsplan 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzfläche, Hauptmaße, Nutzhöhe • Unterteilung, Raumform • Stützeinteilung, Kranbahnen, Nutzlast • Bodenbelastung, Punktbelastungen (fix, beweglich) • Verkehrswege, Torgrößen, Türen • Transportwege • Fenster und Oberlichten • Tragfähigkeit der Stützen und Tragkonstruktion • Brandabschnitte und Fluchtwege • Leitungstrassen, Durchbrüche, Bodenkanäle 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage der Hauptverbraucher • Anordnung der Zentralanlagen • Unterteilung der Versorgungsbereiche • Linienverteilung • Layout der Hauptleitungsnetze • Spezielle Anforderungen (z.B. Klima)
Bereichsplanung <ul style="list-style-type: none"> • Produktionsbereiche • Hilfs- und Nebenbereiche • Ver- und Entsorgung (Hauptleitungslayout) • Haustechnische Ausrüstung • Sonstiges 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportwege, Treppen usw. • Bodenbelag • Tragfähigkeit und Schutzart der Wände • Korrosionsschutz • Anforderungen an die Arbeitsplätze • Anforderungen an die Produktionsbereiche • Dynamische Belastungen • Lärmquellen, akustische Belastungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Raumblätter • Anforderungen an Heizung, Lüftung • Angabe der Wärmequellen • Anforderungen an allgemeine Beleuchtung • Anforderungen an Ver- und Entsorgungsanschlüsse • Raumebelegung, Anforderungen an Klimatisierung • Anforderungen an Sozialbereiche
Weitere Angaben <ul style="list-style-type: none"> • Vorgesehene Ausbaustufen • Spätere Nutzungsart <p>In der Gebäudespezifikation sind lediglich grundsätzliche Forderungen und Richtwerte enthalten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Alternativen <p>Die Detailangaben werden im Laufe der Ausführungsplanung im Einvernehmen mit Architekten und Bauingenieur festgelegt.</p>	<p>Angaben für Anschlussleitungen und sonstige gestalterische Details werden im Rahmen der Ausführungsplanung bestimmt</p>

Abb. 5-11: Eingangsinformationen für wesentliche Themenbereiche der Gebäudeplanung

Die Vielzahl an Einzelinformationen lässt sich in folgenden Kategorien gliedern:

5.2. Bedarfsorientierte Informationsbereitstellung

- Gebäudestruktur: Gliederung des Gebäudes, geometrische Daten über Elemente des Gebäudes und der Halleneinrichtung, Parameter zur Halleneinrichtung (z.B. Maschinengewichte)
- Gebäudetechnik: Leistungswerte von Einzelelementen, geometrische Daten über Versorger und Verbraucher, geometrische Daten zur Lage von Leitungsnetzen

Für ausgewählte Themen können diese Vorgaben noch weiter spezifiziert werden, z.B. sind in [AGGTELEKY1990C, S. 700] die notwendigen Eingangsdaten zur Planung von Hauptleitungen angegeben.

Neben den inhaltlichen Aspekten sind bei der Übertragung von Planungsergebnissen Anforderungen an die Form zu erfüllen. Besondere Bedeutung haben diese bei der Übergabe von Informationen in Form von Zeichnungen und Plänen. Es liegen detaillierte Checklisten und DIN-Normen über die Inhalte von Plänen und Zeichnungen sowie die Art der Darstellung vor. Abb. 5-12 fasst wesentliche Vorgaben zusammen [ENGEL1992], [DIN107], [DIN1080, T1], [DIN1356]:

Pläne im Maßstab 1:100 (Entwurf, Genehmigung)	zusätzliche Angaben in Pläne im Maßstab 1:50 (Ausführung)	DIN-Normen zur Darstellung
<p>Grundrisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • maßliche Einordnung auf Grundstück • Raumstruktur und -bezeichnungen • Rettungs- und Fluchtwege • Versorgungsleitungen und Schächte • Angaben zur Gefahrenpunkten <p>Schnitte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Höhenmaße und Geschößangaben • Parameter von Treppen und Rampen • Geschößbezeichnung <p>Ansichten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orientierung auf Grundstück • Wandöffnungen: Tore, Fenster • Einordnung zu Umgebung 	<p>Grundrisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maße von Einzelelementen • Treppen • Höhenangaben • Materialangaben • Sonstige Aspekte <p>Schnitte</p> <p>Ansichten</p> <p>Gebäudetechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elemente: Bezeichnungen • Abmessungen und Lager <p>Fundamentpläne</p> <p>Sonstiges</p>	<p>DIN 107</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konventionen zur Bezeichnung <p>DIN 1080</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begriffe • Formelzeichen • Einheiten <p>DIN 1386</p> <ul style="list-style-type: none"> • Darstellungen • Linien • Beschriftungen und Maßangaben • Materialien • Sonstige baubezogene Inhalte

Abb. 5-12: Vorgaben zur Weitergabe von Planungsdaten in Zeichnungen

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

Die Anforderungen an die Form der Daten sind bei der EDV-gestützten Übertragung noch detaillierter. So gibt es spezielle Vorgaben zur Bezeichnung von Objekten und Zeichnungslayern, zu Maßeinheiten und Koordinatensystemen (z.B. [VDI6027], [VDI3805]).

Diese Ausführungen geben einen Eindruck von der Vielzahl unterschiedlicher Informationsbedürfnisse der wesentlichen Nutzergruppen der Gebäudeplanung. Neben standardisierten und genau definierten Vorgaben müssen auch flexible Zugriffsmechanismen zur Informationsübertragung bereitgestellt werden.

5.2.2. Möglichkeiten zur Informationsbereitstellung

Die Art der Informationsbereitstellung ist im wesentlichen von den Parametern Datenmenge und Anzahl der Empfänger abhängig. Aus diesen Unterscheidungsmerkmalen können verschiedene Möglichkeiten für den Informationsaustausch abgeleitet werden (Abb. 5-13). Dieser bezeichnet im Folgenden die Übergabe von Daten aus dem erweiterten System der Produktionsplanung an verschiedene Empfängersysteme in der Gebäudeplanung zur Weiternutzung von erarbeiteten Planungsergebnissen.

hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz definierte Schnittstellen sinnvoll • Rechnerunterstützung zum Datenaustausch • Beispiel: Übermittlung von Statikdaten 	<ul style="list-style-type: none"> • Kombiniertes Einsatz von definierten Schnittstellen und Mechanismen zur flexiblen Gestaltung von Schnittstellen • Rechnerunterstützung • Beispiel: Daten aus Einrichtungsplanung
	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Weitergabe von Informationen, z.T. auch ohne Rechnerunterstützung • geringere Anforderungen an Schnittstellen • Beispiel: Daten für Landschaftsplanung 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanismen zur flexiblen Gestaltung von Schnittstellen oder Einsatz von neutralen Formaten • Rechnerunterstützung möglich • Beispiel: Angaben über Struktur des Produktionssystems
niedrig	niedrig	hoch
	Anzahl Empfänger	

Abb. 5-13: Möglichkeiten zur Informationsübertragung zwischen Planungsbereichen

Die Übersicht zeigt, dass EDV-gestützte Möglichkeiten in sehr vielen Fällen zur Anwendung kommen können. Für diese werden die relevanten Aspekte zur Informationsbereitstellung betrachtet. Es handelt sich um

- grundlegende Kopplungsmöglichkeiten von Planungssystemen,
- Schnittstellen und Formate zur Informationsbereitstellung sowie
- Funktionen zur bedarfsorientierten Bereitstellung von Daten.

5.2.2.1. EDV-technische Kopplung von Planungssystemen

Für die Kopplung von verschiedenen EDV-Programmen gibt es mehrere prinzipielle Möglichkeiten, die in Abb. 5-14 dargestellt sind [HARTMANN1992], [HECK1998].

Eine direkte Kopplung ist gekennzeichnet durch die direkte Verbindung von Programmen. Die erarbeiteten Ergebnisse können ohne weitere Zwischenschritte von A nach B übertragen werden. Ausprägungen gibt es als 1:1-Verbindung, aber auch als n:m-Verbindung zwischen mehreren Anwendungen. Typisches Beispiel ist das im CAD-Bereich weit verbreitete DWG-Format. Der Vorteil dieser Kopplung liegt in der hohen Effizienz des Datenaustausches. Dem gegenüber steht ein enorm hoher Aufwand zur Erstellung und Pflege der Schnittstellen in allen Einzelanwendungen bei einer Änderung der Formatdefinition.

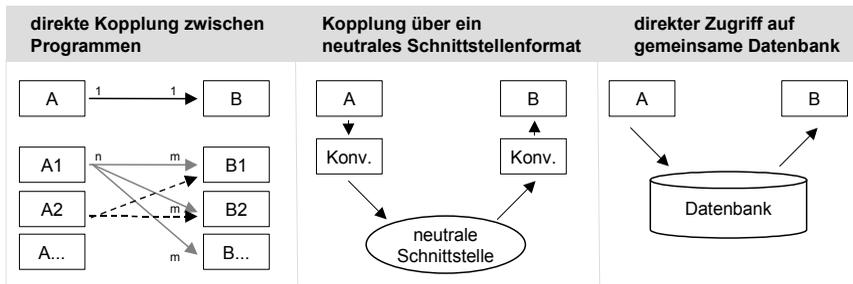


Abb. 5-14: Prinzipielle Kopplungsmethoden von Software-Anwendungen

Beim Einsatz einer neutralen Schnittstelle ist es möglich, diesen hohen Aufwand zu reduzieren. Dazu werden die programmspezifischen Daten durch Konverter (oder Post- bzw. Pre-Prozessoren) in das neutrale Format gewandelt. Dieses kann von anderen Anwendungen gelesen und wieder rücktransformiert werden. Beispiele sind die Datenaustausch-Formate IGES oder auch STEP. Eine Mischform mit der direkten Kopplung von Programmen ist in definierten Anwendungsbereichen denkbar. In diesem Fall werden wenige quasi-Standards als Eingangsformat von Anwendungen zugelassen [LEHMANN1997]. Den Vorteilen einer Standardisierung und eines reduzierten Pflegeaufwands bei Änderungen steht aber eine langwierige Abstimmung gegenüber. Auch kann es zu einer redundanten Haltung von Daten in den einzelnen Anwendungen kommen, die ein aufwendiges Änderungsmanagement notwendig macht.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

Die Kopplung über eine gemeinsame Datenbank bzw. ein gemeinsames Datenmodell erlaubt es, alle projektrelevanten Daten in einer Anwendung zu verwalten. Alle anderen Nutzer greifen auf diese Informationen zu, so dass verschiedene Arbeitsbereiche verlustfrei miteinander gekoppelt werden können. In diesen Systemen können die Vorteile eines redundanzfreien Datenbestands genutzt werden. Dazu sind aber leistungsfähige Datenbanksysteme zur Verwaltung notwendig. Auch die Definition der hinterlegten Produktmodelle ist sehr aufwendig, da die Anforderungen der verschiedensten Anwendungen berücksichtigt werden müssen. Aus diesen Gründen findet man Praxisanwendungen in themenbezogenen Planungsfeldern mit spezifischen Schwerpunkten. Beispiele gibt es im Bereich von CAD- und CAE-Anwendungen oder in Ansätzen im Baubereich (IFC-Gebäudemodell).

Zusammenfassend zeigen sich bei den bestehenden prinzipiellen Kopplungsmöglichkeiten von EDV-Anwendungen Vor- und Nachteile, die eine einheitliche Lösung des Problems der Datenübertragung als nicht empfehlenswert erscheinen lassen, sondern eine differenzierte Gestaltung erfordern.

5.2.2.2. Schnittstellen und Formate zur Informationsbereitstellung

Zur Bearbeitung von Projekten der Fabrikgestaltung steht trotz der aufgezeigten Entwicklungen (Kapitel 5.1.2) derzeit kein gemeinsames Datenmodell für die Planungsbereiche Produktionssystem und Gebäude zur Verfügung. Auch die erarbeiteten Erweiterungen im Datenmodell der Produktionsplanung (Kapitel 5.1.3) entsprechen in ihrem Umfang nicht einem umfassenden Gebäudemodell. Es müssen daher zusätzliche Schnittstellen zur Übertragung von Daten aus der Produktions- in die Gebäudeplanung zur bereitgestellt werden. Unter Berücksichtigung der in Kap. 5.2.2.1 beschriebenen prinzipiellen Gesichtspunkte entfällt die Möglichkeit zur Nutzung einer gemeinsamen Datenbank und es verbleibenden folgende Möglichkeiten zur Informationsbereitstellung:

- Nutzung bestehender Schnittstellen (systemspezifisch und -neutral) unter Berücksichtigung gebäudespezifischer Erweiterungen
- Flexibel konfigurierbare Schnittstellen
- Report-Funktionen zur nicht-EDV-gestützten Informationsbereitstellung

Die Funktionen der **bestehenden systembezogenen Schnittstellen** umfassen den Austausch von graphischen Informationen. Bekanntestes Beispiel

ist das DXF-Format, das sich zu einem quasi-Industriestandard entwickelt hat [WELTWEITBAU2000B], aber auch andere Formate ermöglichen die Übertragung von Geometrie-Daten. Um dies ohne wesentliche Nachbearbeitung zu ermöglichen, werden für die Gebäudeplanung Standards zur Strukturierung beschrieben. Eine VDI-Richtlinie [VDI6027] regelt z.B. für den Bereich der TGA die Vorgaben für Layerbezeichnungen in den Bereichen Gebäudestruktur, TGA, Tragwerksplanung, Vermessung, Maßstäbe, Referenzpunkte in Zeichnungen u.ä. Diese Vorgaben können im Datenmodell der Produktionsplanung berücksichtigt werden (z.B. als zulässige Attributwerte bei der Beschreibung von geometrischen Objekten) und stehen bei der Übergabe von graphischen Daten mittels vorhandener Formate zur Verfügung.

Neben diesen Schnittstellen zum Austausch von Geometrien spielt der Transfer von text-bezogenen Informationen eine große Rolle. Dafür **existieren** verschiedene **systemneutrale Schnittstellen**. In den letzten Jahren hat sich parallel zu vorhandenen Text-Formaten (z.B. ASCII) der internet-basierte Austausch im HTML-Format und dessen Weiterentwicklungen etabliert. Eine Sonderrolle für die Kommunikation zwischen den an Bauprojekten Beteiligten spielt das aecXML-Format [DIAZ2000], [BENTLEY2000A]. Wesentliches Kennzeichen von XML-Formaten ist der Einsatz von definierten Elementtypen (z.B. „Baubeginn“), die zu Beginn der Dokumente definiert sind. Diesen Elementtypen können dann Inhalte zugeordnet werden. Verschiedene Empfänger der Informationen können diese für ihre Arbeit nutzen (z.B. Abfragen nach „Baubeginn > 01.01.2002“), da die Inhalte der Elementtypen stets gleich interpretiert werden [BENTLEY2000B]. Die Darstellung der Informationen erfolgt für jeden Elementtyp nutzerabhängig. Für Anwendungen im Baubereich können Vorgaben für Elementtypen aus dem Bereich der IFC entnommen werden [IAI2000], es sind aber auch benutzerspezifische Definitionen möglich. Für die Datenübertragung aus der Produktionsplanung bietet sich dieses Format zur Weitergabe von nicht-geometrischen Informationen an. Dazu können die definierten Elementtypen als zusätzliche Attribute den Planungsobjekten zugewiesen werden.

Trotz der dargestellten Möglichkeiten zum Datenaustausch mittels bestehender Schnittstellen hat sich in der planerischen Praxis ein **systemneutrales, frei konfigurierbares Dateiformat bewährt**. Dieses ermöglicht die Reaktion auf die Bedürfnisse einer Vielzahl unterschiedlicher Nutzer.

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

In eine Datei werden alle benötigten Informationen des Datenmodells der Produktionsplanung eingetragen und stehen anschließend den verschiedenen Werkzeugen zur Gebäudeplanung zur Verfügung. Die Ausgabe der Daten für eine Klasse von Elementen (z.B. reale Objekte) erfolgt in Tabellenform. Jedem Objekt dieser Klasse wird eine Tabellenzeile zugewiesen. Die Spalten der Tabellen enthalten die einzelnen Attribute dieser Klasse. Wichtig ist die eindeutige Identifizierbarkeit eines Objekts. Verweise auf die Objekte anderer Klassen können durch deren Identifikationsnummern dokumentiert werden. Beispiele dieser Tabellen für die Objektklassen reale Objekte und Gebäudestruktur zeigt Abb. 5-15.

REALE OBJEKTE									
Objekt_ID	Bezeichn.	Vater	Sohn	x-Koord.	y-Koord.	z-Koord.	...	Verkn. Gebäude- struktur	Verkn. Änderungs- bereich
...	"Lager	...	OBJ_10245,
OBJ_10203	Rohteile"	OBJ_9064	OBJ_10265,	7824	34876	0	...	STR_9864	AEND_43
OBJ_10245	"Stütze_A1"	OBJ_10203	XXX	7824	34876	0	...	XXX	AEND_4375
OBJ_10245	"Boden_F2"	OBJ_10203	XXX	3524	30869	1260	...	XXX	AEND_4376
...
OBJ_20304	"Lichtb_Süd"	OBJ_18766	XXX	64849	29838	2500	...	STR_8674	AEND_257
...

GEBÄUDESTRUKTUR									
Objekt_ID	Bezeichn.	Vater	Sohn	Kosten- gruppe DIN	x-y-Fläche	Volumen	...	Verkn. Änderungs- bereich	...
STR_9864	"Lager"	STR_8755	XXX	...	479	2500	25000	...	AEND_857
...
STR_8670	"Außen- wände"	STR_5094	STR_8672, STR_8674	...	330	6548	12967	...	AEND_7464
STR_8674	"Außentüren"	STR_8670	XXX	...	334	12,5	15,25	...	AEND_4734
...

Verknüpfung

Abb. 5-15: Objektdaten in systemneutralen Schnittstellenformat

Neben einzelnen Attributen sind die Strukturbeziehungen (Vater-Sohn-Beziehungen) abgebildet. Deutlich ist auch die Verknüpfung zu anderen Objektklassen (z.B. Gebäudestruktur oder Änderungsbereich) aus dem Datenmodell zu erkennen. Für den einfachen Datenaustausch können die Tabellen in ASCII- oder CSV-Format [REINKE1997], [STAAS1997] gespeichert werden.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Übergabe von Information in **nicht-EDV-gestützter** Form hingewiesen. Trotz der oben dargestellten vielfältigen Möglichkeiten des Informationsaustausches muss weiterhin eine Möglichkeit gegeben sein, Daten in Form von Zeichnungen oder Reports bereitzustellen. Grund dafür sind Dokumentationsvorgaben oder die Zusammenarbeit mit Planungspartnern, die keine umfangreichen EDV-Werkzeuge einsetzen. Inhalte dieser Reports sind Attribute von Objekten oder

die Beziehung von Objekten untereinander. Gestaltungsschwerpunkt für diese Art der Informationsweitergabe ist die einfache Entwicklung und Änderung der notwendigen Reports.

Zusammenfassend lassen sich differenzierte technische Möglichkeiten zur Bereitstellung der im Datenmodell zur Produktionsplanung vorhandenen Informationen identifizieren. Diese reichen von einer Anpassung und Nutzung bestehender Schnittstellen über die systemneutrale, frei konfigurierbare Datenbereitstellung hin zu einfachen Reportfunktionen, die eine nicht-EDV-gestützte Datenübermittlung realisieren (siehe auch Kapitel 6.4).

5.2.2.3. Funktionen zur bedarfsorientierten Bereitstellung von Daten

Zur Realisierung der dargestellten bedarfsorientierten Bereitstellung von Daten sind verschiedene Funktionen notwendig, die in die EDV-Werkzeuge zur Produktionsplanung zu integrieren sind. Es handelt sich um die Möglichkeiten zur

- Objektauswahl,
- Auswahl der zu übertragenen Attribute und Inhalte und des Übertragungsformats sowie
- Verwaltung der benutzerabhängig definierten Schnittstellen.

Der erste Schritt zur Bereitstellung von Daten ist die **Auswahl der Objekte**, deren Eigenschaften übertragen werden. Die vorhandenen Planungswerkzeuge bieten die Möglichkeit, Objekte graphisch gestützt zu markieren. Diese geometrisch orientierte Auswahl berücksichtigt bestehende Objektbeziehungen, d.h. bei Auswahl des Vater-Objekts können alle zugehörigen Sohn-Objekte selektiert werden.

Die Bereitstellung von Informationen für die Gebäudeplanung verlangt nach erweiterten Filter-Möglichkeiten. Diese greifen auf Objekte und Informationen zu, die nicht geometrisch dargestellt werden können, trotzdem aber im erweiterten Datenmodell zur Verfügung stehen. Abb. 5-16 zeigt Anwendungsbeispiele:

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

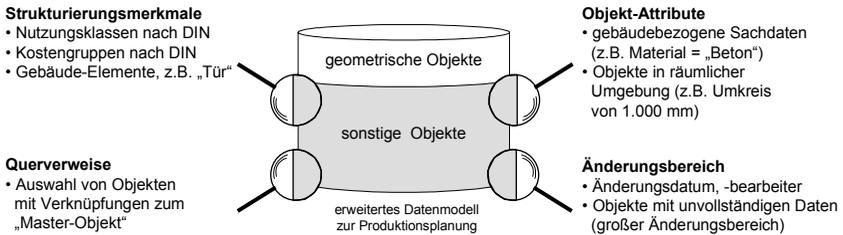


Abb. 5-16: Erweiterte Auswahl von Objekten zur Datenbereitstellung

Die Beispiele zeigen, wie die zusätzlichen Klassen des Datenmodells genutzt werden können, um gezielt Objekte und deren Eigenschaften für die Informationsübermittlung zu finden. Die Auswahl erfolgt durch Vorgabe von Filterkriterien für einzelne Attribute der Objekte, nach denen die Datenbasis durchsucht wird. Soweit möglich, werden identifizierte Objekte graphisch markiert. Alternativ ist die Ergebnisdarstellung in Listenform in einem Ausgabefenster möglich. Die Auswahl steht anschließend zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung.

Bei der Umsetzung dieser Filterfunktion ist auf eine einfache Interaktion zwischen EDV-Werkzeug und Planer zu achten. Das bedeutet, dass die Erfassung der Kriterien systemisch gestützt erfolgen muss. Der Anwender wählt die notwendigen Attribute aus und kann Grenzwerte für den Filtervorgang angeben. Eine Prüffunktion stellt sicher, dass nur zulässige Werte erfasst werden.

In engem Zusammenhang mit der Selektion von Objekten zur Informationsübertragung steht die Auswahl der einzelnen **Attribute und deren Inhalte**. Dies ist stark vom Informationsempfänger abhängig und muss möglichst flexibel erfolgen. Basis für diese Auswahl sind die für jede Klasse definierten Attribute. Diese können vom Benutzer für die Übertragung gewählt und für alle markierten Objekte ausgegeben werden. Neben dieser freien Auswahl sind einige Attribute fest vorgegeben. Dazu zählt die eindeutige Objekt-Identifikation. Nur so kann die Weiterverwendung der Daten in anderen Anwendungen bzw. die Verknüpfung zwischen Objekten erfolgen. In Abb. 5-17 ist dieser Vorgang für die Klasse Gebäudestruktur dargestellt.

Der Benutzer legt durch einfaches Markieren die gewünschten Attribute fest. Als zusätzliche Information erhält er Angaben über das Datenformat, in dem die Eigenschaften gespeichert sind. Gegebenenfalls können hier Konvertierungen vorgenommen werden, falls der Informationsempfänger dies

benötigt. Diese Änderung des Datentyps wirkt sich nur auf den Export der Daten aus. Die internen Formate bleiben unverändert. Zwingend erforderliche Attribute sind gekennzeichnet.



Abb. 5-17: Auswahl von Attributen zur Datenübertragung

Für die Ausgabe der gewählten Informationen in Tabellenform stehen verschiedene **Formate** zur Auswahl. Neben allgemeingültigen EDV-Formaten (ASCII, CSV und andere) können die Daten in Berichtsform ausgedruckt werden. Dazu stehen einfache vordefinierte Formate zur Verfügung. Eine umfassende Gestaltung der Berichte wird in spezialisierten Anwendungen (z.B. Tabellenkalkulationen) durchgeführt, da die notwendigen Funktionen nur mit hohem Aufwand in die Planungssysteme integriert werden können.

Die oben dargestellten Funktionen erlauben es, eine Vielzahl nutzerorientierter Informationsübertragungen zu konfigurieren. Daraus entsteht der Bedarf, die **Schnittstellen zu verwalten**, um im Wiederholungsfall einfach auf vorhandene Definitionen zugreifen zu können. Diese Spezifikationen enthalten Filterkriterien für die Objektwahl, festgelegte Attribute der gewählten Objekte und das Format zum Export der Daten.

Aufgaben, die bei der Verwaltung der Schnittstellen anfallen sind das Neuanlegen und Löschen von Konfigurationen sowie deren Änderung und Dokumentation. Eine spezielle Schnittstelle erlaubt es zudem, diese Vorgaben für andere Systemnutzer zu exportieren oder vorgefertigte Konfigurationen (z.B. vom Hersteller einer Spezialanwendung aus dem Bereich der Gebäude-

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

planung) einzulesen. Bei der Verwaltung der Schnittstellen ist eine Gliederung nach verschiedenen Gesichtspunkten möglich. Damit können z.B. alle Schnittstellen für ein bestimmtes Projekt zusammengefasst werden. Auch bestehende, allgemeine Schnittstellen (z.B. DXF, aecXML) sind in dieser Übersicht enthalten. Sie stehen für eine Änderung nicht zur Verfügung. In Abb. 5-18 ist der Entwurf eines solchen Verwaltungswerkzeugs mit wesentlichen Funktionsmerkmalen skizziert.

Der Planer hat mit diesem Werkzeug die Möglichkeit, die vorhandenen Schnittstellen zu pflegen. Nach der Auswahl einer Schnittstelle stehen ihm die beschriebenen Einzelfunktionen zur Verfügung. Gleichzeitig hat er nach Abschluss dieser Arbeiten die Möglichkeit, eine Schnittstelle zur Informationsübertragung zu nutzen. Er kann direkt in die Objektauswahl wechseln und seine Arbeit fortsetzen.

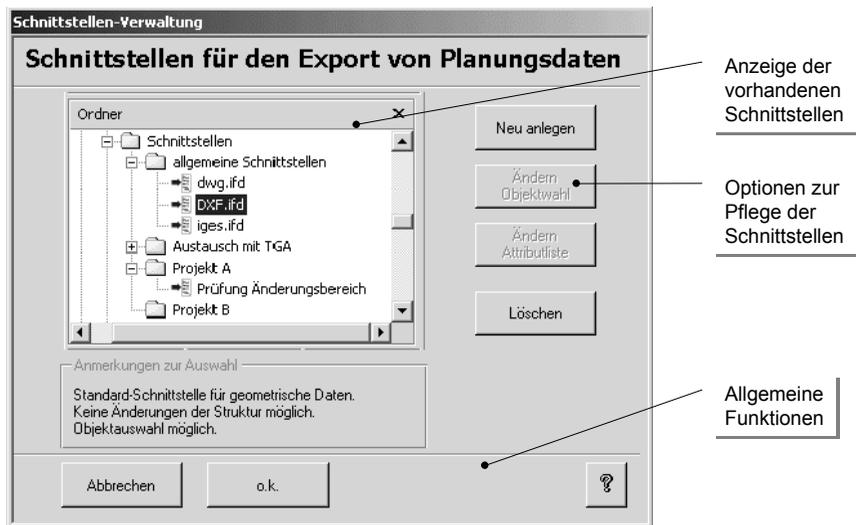


Abb. 5-18: Verwaltung von Schnittstellen

Diese Ausführungen zeigen, dass für eine flexible, bedarfsorientierte Weitergabe der vorhandenen Planungsergebnisse eine Reihe zusätzlicher Funktionen in EDV-Werkzeuge zur Produktionsplanung notwendig ist. Sie betreffen die Auswahl von Objekten, die Festlegung von Ausgabeformaten und die Verwaltung der individuell definierten Schnittstellen.

5.2.3. Einbindung in das Gesamtkonzept

Neben der Erzeugung und Speicherung von Informationen spielt deren bedarfsorientierte Weitergabe eine wichtige Rolle bei der rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung. Eine Reihe von Einzelaspekten sind zu beachten, die im folgenden zusammengefasst sind.

Aus dem identifizierten Nutzerspektrum und Schwerpunkten im Informationsfluss lassen sich nutzerorientierte Informationsbedarfe ableiten. Neben allgemeine Anforderungen (z.B. Detaillierungsgrad, Vollständigkeit der Daten), können detaillierte Aussagen zu den notwendigen Daten einzelner Planungsbereiche getroffen werden. Dazu zählen einzelne Informationsinhalte von Zeichnungen ebenso wie Planungsgrundlagen für Aufgabenfelder der Bau- und TGA-Planungen.

Abschließend werden verschiedene Umsetzungsaspekte zur Bereitstellung der Planungsdaten erläutert. Nach dem Hinweis auf allgemeine Kopplungsmechanismen von EDV-Systemen werden mögliche existierende und zusätzlich notwendige Schnittstellen dargestellt. Diese zeichnen sich durch eine große Flexibilität des Datenzugriffs aus. Hinweise zu einzelnen EDV-Funktionen zur Realisierung dieser Ansätze (Objektauswahl, Schnittstellen-Verwaltung) schließen die Ausführungen ab.

5.3. Zusammenfassung

Grundlage für die Arbeiten in diesem Kapitel ist der Entwurf eines Gesamtkonzepts zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung (Kapitel 3) sowie die Detaillierung von Möglichkeiten zur erweiterten systemischen Unterstützung des Produktionsplaners (Kapitel 4). Eine weitere wesentliche Komponente des Gesamtansatzes ist die durchgängige Nutzung der erarbeiteten Planungsergebnisse und -daten. Dabei sind Aspekte zur

- Informationserzeugung und -speicherung sowie
- eine bedarfsorientierte Bereitstellung der Informationen

zu berücksichtigen. Zielsetzung von Kapitel 5 ist die Detaillierung dieser Verbesserungsmöglichkeiten.

In einem ersten Schritt werden die Aspekte der **Informationserzeugung und -speicherung** betrachtet. Die in der Produktionsplanung entstehenden Planungsergebnisse weisen eine Reihe von Merkmalen auf, die bei der weiteren

5. Durchgängige Nutzung der Informationen

Nutzung berücksichtigt werden müssen. Unterschiede gibt es bei der Funktion und den Inhalten (beschreibend, strukturierend). Besondere Bedeutung hat der Umgang mit unsicheren und unvollständigen Daten, für den das Element eines Änderungsbereichs eingeführt wird. Um die wechselseitige Beeinflussung von Ergebnissen besser abzuwickeln (implizite und explizite Informationen), ist der Einsatz von Querverweisen nötig.

Im nächsten Schritt sind vorhandene Datenmodelle zur Sicherung dieser Informationen zu untersuchen. Nach einer kurzen Erläuterung des objektorientierten Ansatzes vieler im Einsatz befindlicher Systeme werden die Merkmale von Datenmodellen zur Produktionsplanung vorgestellt. Ziel ist es, alle Aspekte der Planungen in einem EDV-Werkzeuge zu speichern. Ein Vergleich mit internationalen Standards im Bereich der Gebäudeplanung (STEP-CDS, IFC) zeigt, dass versucht wird, alle Aspekte der Bauplanung im Rechner zu erfassen.

Auf Basis dieser Darstellung und der erkannten Defizite der jeweiligen Ansätze wird der Entwurf eines erweiterten Datenmodells für die Produktionsplanung vorgestellt. Dieser berücksichtigt wesentliche Elemente und Informationsklassen der bestehenden Gebäudemodelle und wird über einzelne Planungsobjekte mit vorhandenen Modellen der Produktionsplanung verbunden. Daneben werden neue Elemente (Nicht-Produktionswissen, Funktionen zur Unterstützung des Planers, Änderungsbereiche) integriert und die Grundlage für die Speicherung von Informationen geschaffen, die für die Gebäudeplanung von Nutzen sind.

Auf Basis der in Kapitel 2.2.3 identifizierten Nutzergruppen und Informationsflüsse können Ansätze für eine **bedarfsorientiert Bereitstellung** der Daten für die Gebäudeplanung entwickelt werden. So vielfältig wie die Planungsgruppen und ihre Interaktionen sind auch die spezifischen Informationsbedarfe. Neben allgemeinen Anforderungen an Form, Detaillierung und Güte lassen sich detaillierte Daten identifizieren, die als Grundlage der weiteren Arbeit dienen. Diese reichen von Inhalten und Darstellungsnormen für Zeichnungen bis hin zu Eingangsdaten für die Gestaltung der technischen Gebäudeausrüstung oder die Ausführung von Architekturleistungen an der Gebäudehülle.

Die Möglichkeiten zur EDV-technischen Bereitstellung dieser identifizierten Informationen können allgemein beschrieben werden. Detaillierte Anforderungen an den Einsatz standardisierter Schnittstellenformate (unter Berücksichtigung von Anforderungen der Gebäudeplanung) oder die Entwicklung frei

konfigurierbaren Übertragungen werden darauf aufbauend entwickelt. Für die Implementierung dieser Möglichkeiten sind eine Reihe von Funktionen zur Verwaltung und Änderung notwendig, die als Entwurf und anhand von Ausführungsdetails dargestellt werden.

Abb. 5-19 zeigt die **Einordnung** der beschriebenen Gestaltungsansätze zur durchgängigen Nutzung der Planungsinformationen **in das Gesamtkonzept**.

Es ist deutlich erkennbar, wie diese Ansätze unter Berücksichtigung der Einflüsse aus dem Bereich der Gebäudeplanung zur durchgängigen Nutzung der erarbeiteten Planungsergebnisse genutzt werden. Bekannte Schnittstellenprobleme zwischen Produktions- und Gebäudeplanung können verbessert und die Qualität des gesamten Planungsprozesses gesteigert werden.

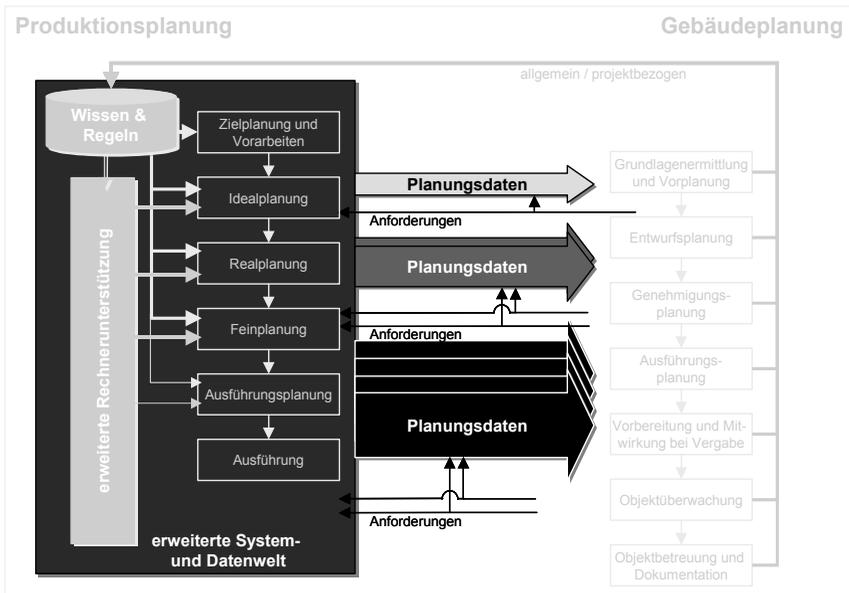


Abb. 5-19: Einordnung der Gestaltungsansätze Informationserzeugung und -speicherung sowie Bedarfsorientierte Informationsbereitstellung

Damit ist ein umfassendes Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in wesentlichen Einzelheiten dargestellt und kann als Ausgangspunkt für eine EDV-technische Implementierung verwendet werden. Im nächsten Kapitel soll anhand exemplarisch ausgeführter Beispiele eine möglichen Realisierung von Funktionalitäten des Konzepts sowie der Bezug zur planerischen Praxis erläutert werden.

6. Illustration anhand von Praxisbeispielen

In den vorangegangenen Kapiteln ist ein Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung entwickelt worden. Diese Überlegungen werden im Folgenden anhand ausgewählter Beispiele aus der Planungspraxis verdeutlicht. Es handelt sich dabei nicht um die Beschreibung eines realisierten EDV-Systems, vielmehr sollen wesentliche Aspekte des Konzeptentwurfs auf Plausibilität verifiziert und einzelne Gesichtspunkte für eine EDV-technische Umsetzung beleuchtet werden.

Den Ausführungen vorangestellt sind daher die für eine Umsetzung des Konzepts notwendigen Funktionen und Daten eines EDV-Systems (Kapitel 6.1). Die Anwendungsbeispiele orientieren sich an den grundlegenden Aspekten des erarbeitete Gesamtkonzepts. Sie umfassen die Funktionalitäten

- Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen (Kapitel 6.2),
- erweiterte systemische Unterstützung in Gestaltung und Bewertung (Kapitel 6.3) sowie
- Speicherung zusätzlicher Planungsinformationen und Weiternutzung in der Gebäudeplanung (Kapitel 6.4) .

Eine Zusammenfassung schließt die Ausführungen ab (Kapitel 6.5).

6.1. EDV-Systemumgebung

Bei der Betrachtung der derzeit am Markt verfügbaren Systeme (Kapitel 2.3) lässt sich erkennen, dass derzeit kein System alle erforderlichen Voraussetzungen erfüllen bzw. Funktionen bieten kann. Die folgenden Beispiele und Lösungsansätze werden systemneutral dargestellt. Die zur Realisierung und Implementierung notwendigen wesentlichen Anforderungen sind in Abb. 6-1 zusammengefasst.

Auf verschiedenen System-Ebenen müssen bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Für den Benutzer ist ein objekt-bezogener Zugriff auf einzelne Elemente sowie ihre Attribute erforderlich, da viele Funktionen auf diese wirken bzw. ihre Daten als Ausgangsbasis benötigen. Für eine einfache und interaktive Bedienung soll eine Benutzer-Oberfläche nach dem GUI-Standard (MS-Windows) verwendet werden. Die Objektwahl ist interaktiv möglich und es können Eigenschaften mit Hilfe von Dialogfenstern angezeigt und geändert werden.

Visualisierung und Bedienung	Basis-System und Schnittstellen	Datenspeicherung
<ul style="list-style-type: none"> • 3D-Visualisierung des Planungsraums • graphisch-gestützte Objektwahl • GUI-orientierte Bedienung (Windows-Standard) • Erweiterbarkeit der Menüstruktur, einfacher Zugriff auf zusätzliche Funktionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Benutzergestützte Erweiterbarkeit der System-Funktionen • frei konfigurierbarer Zugriff auf Objektdaten • Zugriff auf externe Informationen und Dokumente • Import von graphischen und alphanumerischen Daten 	<ul style="list-style-type: none"> • Objekt-orientierte Datenbank zur Speicherung von Objekt-Daten: Geometrie- und sonstige Informationen • Erweiterbarkeit der Datenbasis: Objekte und Attribute • Multi-User-Zugriff und Verwaltung von Änderungen

Abb. 6-1: Anforderungen an EDV-Werkzeuge zur Umsetzung einer rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung

Neben den Basisfunktionen zur Objektverwaltung, -änderung und -visualisierung soll das Basissystem eine Erweiterbarkeit der Funktionen erlauben. Dadurch können zusätzliche Aufgaben dem Rechner übertragen werden. Beispiele sind Makros, anwendungsspezifische Programmiersprachen (z.B. VBA [MICROSOFT1998]) oder die Möglichkeiten zur Integration von vorgefertigten Modulen (analog zu den Add-Inn's der Microsoft-Office-Produkte [FAHNENSTICH2002]). Zur Realisierung aufgabenbezogener Schnittstellen (siehe auch Kap. 5.2.2.3) ist ein frei konfigurierbarer Zugriff auf die vorhandenen Objektdaten ebenso nötig wie die Definition von Ausgabeformaten. Die Einbindung von zusätzlichen Informationen (Nicht-Produktionswissen) kann z.B. über web-basierte Schnittstellen erfolgen.

Die für die Arbeit notwendigen Objektdaten sind in einer objekt-orientierten Datenbank hinterlegt. Die Attribute der Objekte stehen für einen Zugriff zur Verfügung. Um eine Anpassung des EDV-Werkzeugs an geänderte Randbedingungen und damit den langfristigen Einsatz zu gewährleisten, müssen Möglichkeiten vorhanden sein, die einem Objekt zugeordneten Informationsklassen zu erweitern. Auch neue Objekte müssen angelegt werden können.

Zusammenfassend lassen sich die notwendigen Anforderungen mit den Schlagworten 'objektorientierte Datenbasis,' ,Erweiterbarkeit der Systemfunktionalitäten' und ,interaktiver Zugriff auf Planungsdaten bzw. -objekte' beschreiben.

6.2. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen

In Anlehnung an die in Kapitel 4.1 unterschiedenen Wissensarten (Fakten- und Methodenwissen) wird ein Anwendungsfall für den direkten Einsatz von Faktenwissen in der planerischen Arbeit dargestellt. Eine Übersicht weiterer Wissensgebiete für die Produktionsplanung mit Literaturangaben ergänzt dieses Beispiel.

6.2.1. Beispiel: Gestaltung von Wandöffnungen

Bei der Planung der Gebäudestruktur sind Wandöffnungen (Türen, Tore) neben Fassaden- und Dachstruktur wichtige Gestaltungsaspekte. Daher sollen bei der Skizzierung der Gebäudestruktur durch den Fabrikplaner schon Anforderungen der Gebäudeplanung berücksichtigt werden. Im Vordergrund steht die geometrische Ausführung (Höhe, Breite), während die technische Ausgestaltung in späteren Phasen durch den Architekten erfolgt.

Die geometrischen Merkmale von Wandöffnungen sind von verschiedenen Faktoren abhängig. Neben produktionstechnischen Aspekten (z.B. Durchfahrthöhe für sperrige Produkte) gibt es im Bauwesen bevorzugte Maße zur Gestaltung von Wandöffnungen für Türen und Tore [DIN18100]. Das darin definierte Maßsystem korreliert mit den Maßen anderer Bauelemente. Auch spielen Anforderungen aus der Arbeitsstätten-Verordnung [ARBEITSTÄTTEN1997] eine Rolle. Abb. 6-2 zeigt diese Einflüsse.

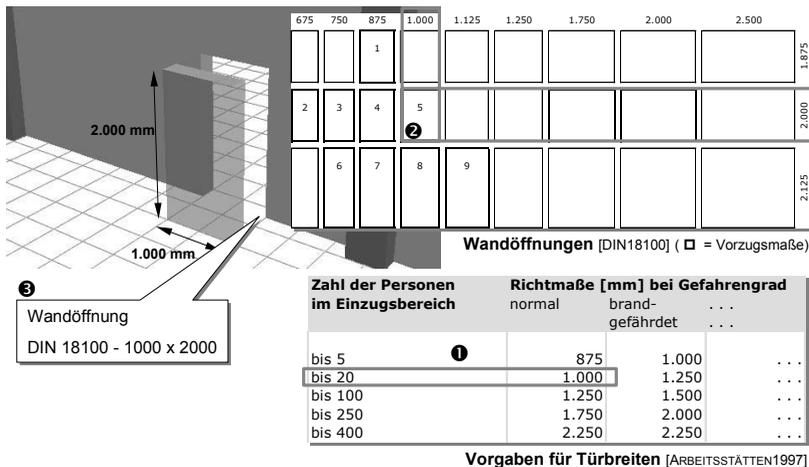


Abb. 6-2: Nicht-Produktionswissen für die Gestaltung von Wandöffnungen für Türen und Tore

Ausgangspunkt ist die Notwendigkeit einer Türöffnung in einem Arbeitsraum mit ca. 15 manuellen Montageplätzen (Gefahrengrad normal, ①). Die Türöffnung ist als Fluchtweg vorgesehen. Ein Abgleich mit den Vorgaben der Arbeitsstättenverordnung und der Maßtabelle für Wandöffnungen verweist auf die gewählte Wandöffnung (②). Die Beschreibung der Öffnung in der Planungsdokumentation erfolgt im DIN-konformen Format (DIN 18100 – 1000 x 2000, ③)

Dieser Zugriff auf Nicht-Produktionswissen hat eine Reihe von Vorteilen im Gegensatz zur herkömmlichen Festlegung der Abmessungen „nach Gefühl“:

- Hilfestellung für den Fabrikplaner: Klare Entscheidungs- und Gestaltungsvorgaben erleichtern die maßliche Festlegung und machen Rückfragen bei Bauspezialisten unnötig.
- Sicherheit für nachfolgende Planungsbeteiligte: Eine zusätzliche Überprüfung der gewählten Gestaltung ist im weiteren Planungsverlauf nicht mehr notwendig.
- Weitergabe von Planungsinformationen: Durch die Dokumentation in vorgegebener Notation entfallen Interpretationsfehler und Rückfragen.
- Weiternutzung der Planungsinformationen: Die entstandenen Planungsdaten können für weitere Auswertungen (z.B. Masse-Auszüge für Angebotsphase, Flächenabschätzungen) verwendet werden. Da sie den Norm-Anforderungen entsprechen, sind auch die daraus abgeleiteten Ergebnisse gesichert und müssen nicht aufwändig hinterfragt werden.

Eine EDV-technische Realisierung des Zugriffs auf dieses Nicht-Produktionswissen ist z.B. mittels Web-Browser möglich. Darin sind die in Abb. 6-2 enthaltenen Informationen hinterlegt und können z.B. über eine einfache Stichwortsuche aufgerufen werden.

6.2.2. Übersicht: Nicht-Produktionswissen für den Einsatz in der Fabrikgestaltung

Dieses Beispiel zeigt den Nutzen von bereitgestelltem Nicht-Produktionswissen. Es ist ein kleiner Ausschnitt aus dem breiten Themenspektrum, das bei der Gestaltung von Fabriken Einfluss auf die Planungen hat. Im Rahmen dieser Arbeit können nicht alle Aspekte im Detail dargestellt werden. In der folgenden Tabelle sind Verweise zu weiteren Informationen für

6. Illustration anhand von Praxisbeispielen

einzelne Themenbereiche zusammengefasst (Tab. 6-1). Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, enthält aber eine Vielzahl von Problemstellungen aus der Planungspraxis. Zusätzlich sei auf Abb. 4-3 (Inhalte der Arbeitsstättenverordnung) und Abb. 4-4 (Gestaltungs- und Ausführungshinweise für die Gebäudeplanung) verwiesen.

Themenbereich	Einzelinformationen	Quelle
<i>Gebäude-Entwurf</i>		
Allgemeine Anforderungen an moderne Industriebauten	Merkmale von Fabriken zur flexiblen Nutzung	[WIRTH2001]
Rastermaße zur Grobplanung von Gelände und Gebäude	Nutzungsart des Gebäudes, Stützteilung, Wege und Wendeflächen	[AGGTELEKY1990B], S. 629, Abb. 12.51
Verkehrswege auf Industriegelände	Wendekreise für LKW- und Bahnverkehr	[KETTNER1984], S. 134
Gestaltung der Grundrissform	Formen, Längen- und Breitenverhältnisse, Gebäudetiefe	[AGGTELEKY1990B], S. 611 [SCHMITT1993], S. 404
Höhengestaltung von Industriegebäuden	Empfohlene Höhenmaße, Rasterungen, Bodenniveau, Geschoßzahl	[AGGTELEKY1990B], S. 613, 648 [GRUNDIG2000], S. 236
Gebäudeformen	Überblick über verschiedene Gebäudeformen Gestaltungsaspekte von - Hallenbauten - Flachbauten - Geschoßbauten Strukturalternativen	[GRUNDIG2000] [KETTNER1984], S. 145 S. 142 S. 147 [HENN1996], S. 9-85
Dachgestaltung	Dachformen in Abhängigkeit von der Hallengröße	[SCHMITT1993], S. 512
Kommunikationsbeziehungen in Industriegebäuden	Anordnung und Gestaltung der Kommunikationsbereiche	[HENN1996], S. 9-84
Abmessungen von Fenstern und Türen	Norm-Abmessungen und Empfehlungen für verschiedene Einsatzbereiche	[SCHMITT1993], S. 273, 277
<i>Gebäude-Ausstattung / Innenraumgestaltung</i>		
Gestaltung von Verkehrswegen	Maßliche Angaben, Platzierung und Wegeführung	[DIN18225]
Gestaltung von Treppen	Abmessung, Steigung, Sicherheitsaspekte	[DIN18064]

6.2. Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen

Themenbereich	Einzelinformationen	Quelle
Gestaltung von Personen- und Last-Aufzügen	Flächenbedarf, Abmessungen	[DIN15309]
Farbgebung und -gestaltung im Raum	Farbwirkung, Sicherheitsfarben zur Bereichskennzeichnung	[AGGTELEKY1990C], S. 488, 495
Sanitäre Anlagen	Dimensionierung, Anordnung, Flächenbedarf	[AGGTELEKY1990C], Abb. 20.19, 20.20
Leitungsnetze zur Ver- und Entsorgung	Bewertung unterschiedlicher Anordnungsalternativen	[AGGTELEKY1990B], S. 604
Planung von Leitungsnetzen	Vorgehensschritte, Hilfen zur Dimensionierung	[MATHIS1988], S. 29
Elemente der techn. Gebäudeausrüstung	Ausführungshinweise und Normen zu den Bereichen Trinkwasser, Abwasser, Sanitär, Elektro, Fernmelde- und Kommunikationseinrichtungen, Beleuchtung, Aufzüge und Rolltreppen, Heizung, Lüftung, Abfallentsorgung	[PISTHOL1998], [PISTHOL1999]
Ausführung von Bauelementen	Ausführungsbeispiele und geltende Vorgaben für die Gestaltung einzelner Bauelemente	[MITTAG2000]
Untersuchung des Informationsflusses	Methode zur Untersuchung der Informations- und Kommunikationsbeziehungen	[HENN1996], S. 9-70
<i>Sicherheitsaspekte und andere rechtliche Vorgaben</i>		
Flächen für Rettungsfahrzeuge	Flächen und Wege	[DIN14090]
Brandschutz	Gestaltung von Brandabschnitten und Fluchtwegen, max. Flächen, Platzierung von baulichen Brandschutzmaßnahmen	[KIRCHER1998] [SCHMITT1993], S. 90
Rettungswege im Industriebau	Breiten, Treppengestaltung, Anordnung, „gefangener Raum“	[KIRCHER1998], Teil4/2, S. 15
Prüfung der baulichen Nutzung	Kennzahlen zur Überprüfung der Nutzung des Geländes	[JÄGER1983] [KETTNER1984], S. 135 [GRUNDIG2000], S. 235
DIN-Normen und Baurechtliche Vorschriften	Überblicksinformation	[BAUREGELN2002]

Tab. 6-1: Literaturhinweise auf Nicht-Produktionswissen für den Einsatz im Rahmen der Fabrikgestaltung

6.3. Unterstützung bei planerischen Tätigkeiten

Bei erweiterten Systemfunktionen zur Unterstützung des Planers (Kapitel 4.2.1) können Routine-, gestaltende und bewertende Aufgaben unterschieden werden. Das folgende Beispiel für eine gestaltende Tätigkeit den möglichen Arbeitsablauf des Planers sowie notwendige Informationen und Systemfunktionen für eine EDV-technische Realisierung. Insbesondere wird auf die notwendige Erweiterung eines vorhandenen EDV-Planungssystems hingewiesen. Bei der Tätigkeit handelt es sich um den parametrisierten Entwurf von Säulenrastern im Rahmen der Gestaltung der grundlegenden Gebäudestruktur.

Ein in der planerischen Praxis häufiger Problemfall tritt auf, wenn ein detailliertes Hallenlayout (Maschinenaufstellung, Lagereinrichtung, Arbeitsplatzdarstellung) innerhalb einer vorgegebenen Grundfläche an Spezialisten der Bauplanung zur weiteren Bearbeitung übergeben wird. Bei der nun folgenden Entwicklung der Gebäudehülle samt der notwendigen Stützsäulen kommt es in der Praxis zu Kollisionen mit bestehenden Einrichtungsobjekten. In diesem Fall sind aufwändige Korrekturen und Mehrarbeiten notwendig.

Eine einfache Funktion unterstützt den Fabrikplaner bei dieser Problemstellung. Ein parametrisierter Entwurf von Säulenrastern, der sich an den im Bauwesen verwendeten maßlichen Normen und Standards orientiert, zeigt mögliche Kollisionen mit der Einrichtung schon während der Layoutplanung. Der Planer kann frühzeitig alternative Standorte auswählen bzw. begründete Forderungen an die folgende Bauplanung stellen. Die einzelnen Ablaufschritte und die Einbindung in ein EDV-gestütztes Planungssystem dieser Funktionalität zeigt Abb. 6-3.

Kennzeichen dieser Funktionalität ist eine Regelkreisstruktur, die solange durchlaufen wird, bis die Ergebnisse in Ordnung sind. Erst dann erfolgt die Übernahme der neuen Objektinformationen in die Datenbasis. Nach Aufruf der Funktion erfolgt die interaktive Erfassung der Gestaltungsparameter. An dieser Stelle wird auf im System hinterlegtes Nicht-Produktionswissen zurückgegriffen. Im Anwendungsbeispiel sind dies Vorgaben über Säulenraster (in Abhängigkeit von der Hallengröße) und maßliche Vorgaben zu den Säulen bzw. deren Fundamenten.

6.3. Unterstützung bei planerischen Tätigkeiten

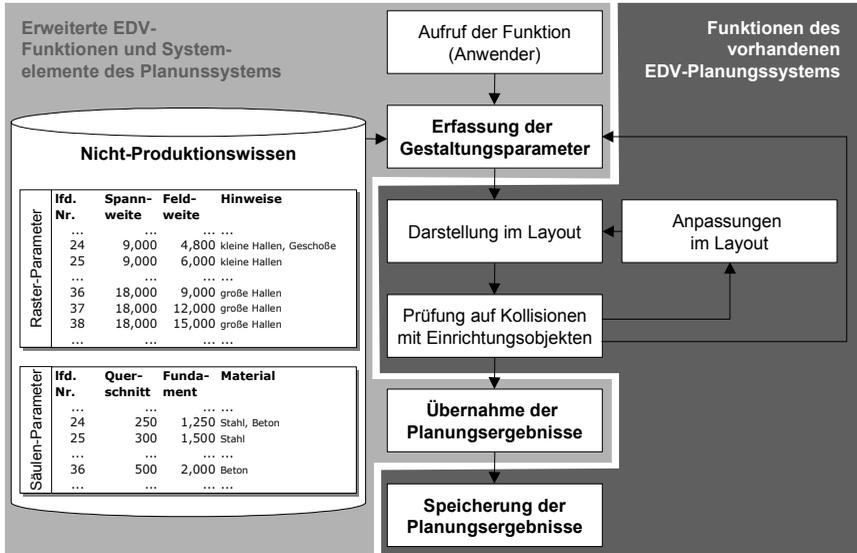


Abb. 6-3: Ablauf und logische Systemelemente einer Funktion zum parametrisierten Entwurf von Säulenrastern

Nach der Darstellung der Ergebnisse im Layout und einer Überprüfung durch den Planer erfolgt die Übernahme der Planungsergebnisse für die weiteren Arbeiten (siehe Abb. 6-5). Sind die Ergebnisse nicht in Ordnung, können Anpassungen im Layout durchgeführt oder die Gestaltungsparameter verändert werden. Nach der Speicherung der Planungsergebnisse stehen die zusätzlichen Informationen zur Weiternutzung in der Systemdatenbank zur Verfügung.

Deutlich erkennbar wird in dieser Übersicht (Abb. 6-3), in wie weit vorhandene Systemelemente bei einer Implementierung genutzt werden können und wo eine Erweiterung des EDV-Werkzeugs hinsichtlich Funktionen und Daten notwendig ist.

6. Illustration anhand von Praxisbeispielen

Gestaltung Säulnraster

Erfassung Gestaltungsparameter

Geometrische Gestaltungsparameter

Nullpunkt: 0 | 0 | 0 auswählen

Weitere Gestaltungsparameter

- Säulenfundamente erzeugen
- Kollisionen farbig markieren
- Kollisionen als Liste anzeigen

Abbrechen o.k. ?

Definition der geometrischen Parameter

- manuelle Eingabe
- Auswahl von Vorgaben
- graphische Auswahl im Layout

Angabe weiterer Optionen bei Ausführung der Funktion

Steuerung der nächsten Schritte

Abb. 6-4: Eingabemaske zum parametrisierten Entwurf von Säulnrastern

Abb. 6-4 zeigt, welche Einzelinformationen für den Entwurf notwendig sind. Dazu zählen die geometrischen Vorgaben für die Raster- und Säulenabmessungen. Diese stehen über Auswahlfelder zur Verfügung, die auf das gespeicherte Nicht-Produktionswissen mit vorgegeben Zahlenwerten zugreifen. In Abhängigkeit von diesen Werten wird zusätzlich die Säulenform ausgewählt. Weitere Eingaben sind die Festlegung des Nullpunktes des Rasters (meist definierter Nullpunkt zur Bemaßung des Gebäudes) sowie die Anzahl der Säulen in x- und y-Richtung. Ergänzt werden diese Angaben um Parameter der systemischen Kollisionskontrolle mit vorhandenen Einrichtungsobjekten. Bei Gebäuden mit geplanter Unterkellerung und/oder großen Säulenquerschnitten spielen die Abmessungen der Säulenfundamente eine wichtige Rolle. Sie können optional mit den Säulen generiert werden. Nach der Festlegung aller notwendigen Parameter werden die Säulen vom Rechner im Layout platziert.

Gestaltung Säulenraster

Übernahme Gestaltungsparameter

Geometrische Gestaltungsparameter

Raster x: 4.800
Raster y: 9.000
Versatz x: 2.550
Versatz y: 14.010
Säulenquerschnitt: 500 x 500
Säulenform: Y-Abschluß
Säulenhöhe: 6.500
inkl. Säulenfundament:

Weitere Objekt-Informationen

Material: Beton
Objektklasse: Gebäudestruktur
Flächenklasse: KGF - Konstrukt
Änderungsbereich: bearbeiten

Anmerkungen

mögliche Kollisionsgefahr bei Achse B23, m1, 01.09.02
 jedem Einzelobjekt zuordnen

Abbrechen zurück o.k. ?

Darstellung der festgelegten geometrischen Daten

Auswahl weiterer Objektinformationen

Möglichkeit für Anmerkungen zu den Einzelobjekten

Steuerung der nächsten Schritte

Abb. 6-5: Eingabemaske zur Übernahme der Planungsergebnisse bei der Gestaltung von Säulenrastern

Nach Abschluss der Säulengestaltung werden die Ergebnisse gespeichert (Abb. 6-5). Es sollen aber nicht nur die hinterlegten geometrischen Angaben gesichert werden, sondern auch weitere objektbezogene Daten, die für verschiedene Zwecke genutzt werden können. Dazu zählen die Vorgabe einer Objektklasse (z.B. Gebäudestruktur) und die Zuordnung zu einer Flächenklasse nach DIN 277 [DIN277, T1-T2] zur Berechnung der Gebäudeflächen. Auch die Festlegung des Änderungsbereichs der Objektdaten (z.B. zulässige Änderung des Flächenrasters) findet an dieser Stelle statt. Anmerkungen des Planers schließen die zusätzliche Datenerfassung ab.

Anhand der dargestellten Funktionsbeschreibung lassen sich die Vorteile einer erweiterten systemischen Unterstützung des Planers erkennen:

- Geführtes Vorgehen: Durch den Einsatz von Dialogfenstern wird der Anwender in der richtigen Reihenfolge durch die Arbeiten geleitet. Daneben wird auch eine vollständige Bearbeitung der Aufgaben sichergestellt. Diese Methode verbessert insbesondere bei Anwendern mit geringem Erfahrungswissen die Qualität der Planung.

6. Illustration anhand von Praxisbeispielen

- Entlastung des Planers: Zeitaufwändige Zeichenarbeiten werden nach Angabe der Gestaltungsparameter vom System übernommen. Auch die systemgestützte Suche und Kennzeichnung von Kollisionsstellen verringert den Arbeitsaufwand des Nutzers.
- Unmittelbare Fehleridentifizierung und -behandlung: Auftretende Fehler und Planungskonflikte (z.B. Kollision von Säulen- und Maschinenfundament) werden unmittelbar aufgezeigt und erfordern eine Reaktion des Planers. So können Objekte entsprechend verschoben oder Anforderungen an die Gebäudestruktur zur Vermeidung des Konflikts formuliert werden.
- Steigerung der Planungsqualität: Durch den Zugriff auf abgesichertes Nicht-Produktionswissen ist die Möglichkeit, Fehlinformationen für die Planung zu verwenden, deutlich reduziert. In der Folge verringern sich Wiederholungsarbeiten zur Korrektur der Fehler.
- Weitergabe gesicherter Planungsdaten: Basis der Gestaltungsarbeiten sind gesicherte Daten und Werte. Es wird ausgeschlossen, dass in der Planung definierte Säulnraster in der Realität nicht angewendet werden können. Aufgetretene Planungskonflikte sind dokumentiert und können in späteren Projektphasen gezielt bearbeitet werden. Spätere Nutzer können in größerem Maß den übergebenen Planungsdaten vertrauen und sie für die eigenen Arbeiten einsetzen.

Weitere Anregungen für die systemische Unterstützung des Planers bei seinen Tätigkeiten können die Themen des Methodenwissens in Abb. 4-5 geben.

6.4. Speicherung und Weiternutzung zusätzlicher Planungsinformationen

Die Ausführungen in Kapitel 5 zeigen, dass während der Planung des Produktionssystems eine Reihe von Informationen entstehen, die für eine spätere Nutzung in der Gebäudeplanung geeignet sind. Diese werden in einem erweiterten Datenmodell gespeichert und stehen für weitere Aufgaben zur Verfügung.

Ein wichtiger Anwendungsfall ist in diesem Zusammenhang die Ermittlung von Flächenwerten zur Kostenschätzung. Dazu sind für die Gebäudeplanung transparente und unmissverständliche Vorgaben in DIN 276 (Kosten von

6.4. Speicherung und Weiternutzung zusätzlicher Planungsinformationen

Hochbauten [DIN276, T1-T3] und DIN 277 (Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau [DIN277, T1-T2]) gegeben. Für diese Flächen- bzw. Raumkennzahlen liegen umfangreiche Tabellen vor, in denen für verschiedene Gebäudetypen Kostenwerte auf Basis von tatsächlichen Bauvorhaben dokumentiert sind [BKI1999]. Dieses in der Planungspraxis bewährte Verfahren erlaubt in frühen Planungsphasen verlässliche Aussagen über die zu erwartenden Gebäudekosten.

Wesentliche Einzelaspekte einer möglichen Implementierung dieses Verfahrens werden im Folgenden dargestellt. Zuerst werden die Begriffe und die Gliederung von Grundflächen nach DIN 277 und von Gebäudeelementen nach DIN 276 erläutert. In einem zweiten Schritt werden die notwendigen Objektklassen in einem Datenmodell beschrieben. Gestaltungsaspekte zur rechnergestützten Erfassung der Flächenwerte und bedarfsgerechten Ergebnisdokumentation schließen die Beschreibung des Anwendungsbeispiels ab.

Gliederung von Gebäudeflächen und -elementen

Zur Ermittlung der notwendigen Kennzahlen ist eine einheitliche Gliederung der Gebäudeflächen notwendig (Tab. 6-2). Die Brutto-Grundfläche eines Gebäudes gliedert sich in Konstruktions-Grundfläche und Netto-Grundfläche. Die Netto-Grundfläche wiederum ist unterteilt in Nutzfläche, Funktionsfläche und Verkehrsfläche. Die Nutzfläche unterscheidet man zwischen Haupt- und Nebennutzfläche.

Flächenart	
Brutto-Grundfläche (BGF)	Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerks
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	Summe der Grundflächen aller Bauteile eines Bauwerks (z.B. Wände, Stützen, ...)
Netto-Grundfläche (NGF)	Summe der nutzbaren Grundflächen aller Grundrissebenen
Nutzfläche (NF)	Teil der NGF, der der Nutzung des Bauwerks dient. DIN 277 definiert eine Unterteilung der NF in Haupt- und Nebennutzflächen abhängig von der Nutzung dieser Flächen (für Industriebauten relevante HNF: 2 – Büroarbeit, 3 – Produktion, 4 – Lager, 7 – Sonstige

6. Illustration anhand von Praxisbeispielen

Flächenart	
Funktionsfläche (FF)	Teil der NGF zur Unterbringung zentraler betriebstechnischer Anlagen eines Bauwerks (z.B. Heizung)
Verkehrsfläche (VF)	Teil der NGF, der dem Zugang zu Räumen, dem Verkehr im Bauwerk und dem Verlassen im Notfall dient

Tab. 6-2: Flächengliederung von Gebäuden nach DIN 277 [DIN277, T1-T2]

Die Ermittlung dieser Flächen muss für alle Geschosse im Bauwerk durchgeführt werden und erfolgt durch die Summierung der Einzelflächen der Objekte (siehe auch [HECK1998]). Daher ist eine Zuordnung der Elemente zu den oben definierten Flächenarten notwendig.

Eine weitere Methode zur Kostenermittlung von Bauwerken nutzt wesentliche Elemente der Baukonstruktion (z.B. Wände). Dazu wird das Bauwerk nach DIN 276 in Kostengruppen unterschiedlichen Detaillierungsgrads gegliedert. Für die einzelnen Kostengruppen werden wesentliche Parameter ermittelt (z.B. Fläche von Außenwänden, Volumen von Gebäudestützen), die wiederum mit Hilfe von Kennwerten aus Tabellen kostenmäßig bewertet werden können. Von den insgesamt sieben vorhandenen Gruppen ist im vorliegenden Beispiel die Gruppe „300 Baukonstruktionen“ von Bedeutung. Diese Kostengruppe lässt sich in die folgenden, für die Kostenermittlung relevanten, Untergruppen gliedern (Abb. 6-6):

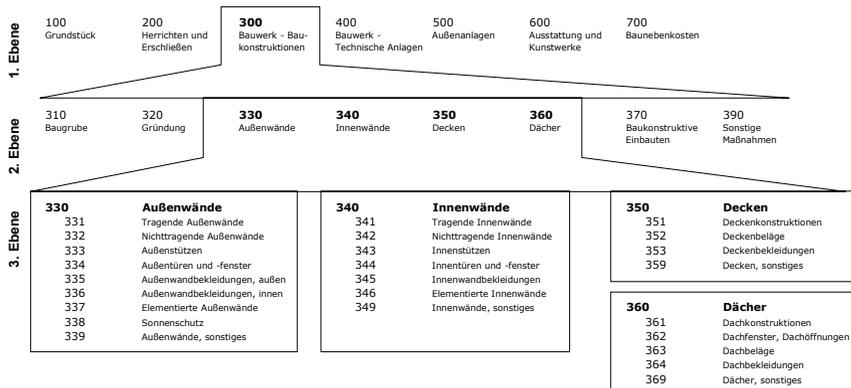


Abb. 6-6: Kostengruppen nach DIN 276 zur Gliederung von Bau-Elementen

Ein Vergleich mit den oben dargestellten Flächenarten zeigt, dass eine Zuordnung von Einzelobjekten zu den Einzelgruppen der Kostengruppe 300

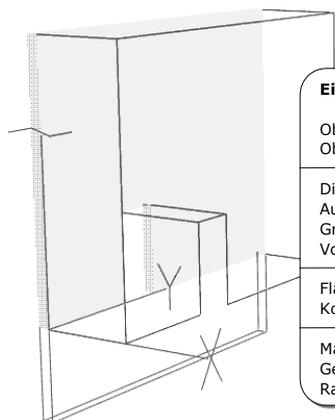
6.4. Speicherung und Weiternutzung zusätzlicher Planungsinformationen

für diejenigen Elemente notwendig ist, die der Flächennutzungsart „Konstruktionsgrundfläche“ zugeordnet werden können. Mit Hilfe dieser Zuordnungen können alle für die Kennwertermittlung notwendigen Elemente gekennzeichnet und beschrieben werden.

Objekteigenschaften zur Ermittlung von Flächenkennwerten

Neben den oben beschriebenen Kriterien zur Gliederung nach DIN 276 und 277 sind weitere Objekteigenschaften zur Flächenermittlung notwendig. Diese Einzelinformationen sind in Abb. 6-7 dargestellt. Geometrische Angaben werden für die Berechnung der Flächenwerte benötigt. Es handelt sich um Linienzüge zur Beschreibung von Flächen in verschiedenen Ebenen (z.B. Außenfläche als Polygonfläche in der y-z-Ebene) oder Abstände von Punkten im Raum (z.B. Ausdehnung des Körpers in x-Richtung zur Volumenermittlung). Diese werden aus den vorhandenen Geometriedaten abgeleitet, die für die graphische Darstellung der Einzelobjekte im Planungssystem verwendet werden. Zusätzliche Objekteigenschaften wie z.B. Angaben zum Material oder die Zuordnung zu bestimmten Räumen und Geschossen ergänzen die Beschreibung.

Das Datenmodell des EDV-Systems muss in der Lage sein, diese Informationen objektbezogen zu erfassen, zu speichern und wieder zur Verfügung zu stellen.



Eigenschaft	Wert	Bemerkung
Objekt-ID	234-98763-78	
Objekt-Name	Wandelement Süden-003	
Dicke [mm]	250,00	Ausdehnung in x-Richtung
Außenfläche [m ²]	46,00	Fläche des Polygons in y-z-Ebene
Grundfläche [m ²]	2,00	Projizierte Fläche in x-y-Ebene
Volumen [m ³]	11,50	Dicke • Außenfläche
Flächenart	KGF	nach DIN 277
Kostengruppe	332	Außenwand, nicht tragend
Material		
Geschoss	0	EG
Raum	15	Schweißkabine

Abb. 6-7: Notwendige Objektinformationen zur Flächenermittlung nach DIN 276 und DIN 277

Rechnergestützte Erfassung und Ergebnisdokumentation

Die Sammlung dieser Daten erfolgt im Rahmen der Elementerzeugung und -bearbeitung durch den Produktionsplaner. Gliederungs- und Beschreibungs-Informationen lassen sich in einem Dialog zwischen Rechner und Planer erfassen. Geometrische Informationen werden automatisch vom Rechner auf Basis der vorhandenen Grunddaten generiert. Der detaillierte Ablauf der beiden Funktionen und die zugehörige Systemstruktur ist in Abb. 6-8 skizziert.

Deutlich ist die zentrale Bedeutung des erweiterten Datenmodells mit verschiedenen Informationselementen bei der Erfassung der Daten als auch für die Ergebnisdarstellung erkennbar. Es werden nicht nur die Geometrie- und Strukturdaten der Objekte verwaltet, auch Vorgabewerte und Berechnungsalgorithmen sind als Nicht-Produktionswissen hinterlegt. Die Erfassung der Daten kann vom Anwender aufgerufen werden oder startet im Rahmen der Elementerzeugung automatisch. Nach der Erfassung der Parameter werden diese auf Plausibilität geprüft und im Datenmodell gespeichert. Dort stehen sie zur Verfügung, sobald nach dem Start der Ergebnisdokumentation die notwendigen Grunddaten ausgelesen werden. Nach der Bearbeitung in Berechnungs- und Strukturierungsalgorithmen erfolgt die Darstellung der Ergebnisse in bedarfsgerechtem Format.

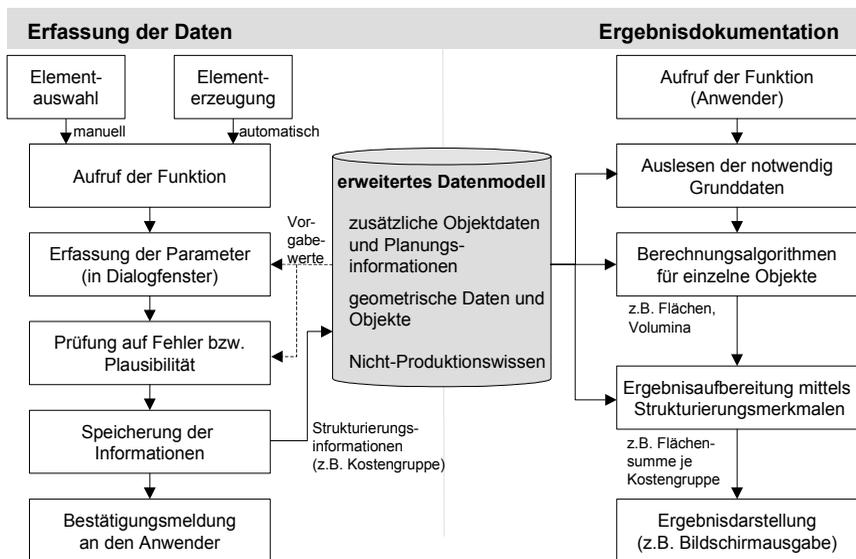


Abb. 6-8: Systemumgebung zur Datenerfassung und Ergebnisdokumentation

6.4. Speicherung und Weiternutzung zusätzlicher Planungsinformationen

Abb. 6-9 zeigt das Dialogfeld zur Erfassung dieser Daten. Nach Auswahl des Objekts und Aufruf der Funktion zur Bearbeitung der Objekteigenschaften steht ein Register für den Eintrag von Daten zur Verfügung. Die Festlegung von Flächenart und Kostengruppe erfolgt mit Hilfe vorgegebener Werte. Dafür stehen Hintergrundinformationen (Nicht-Produktionswissen) zur Einteilung von Objekten zur Verfügung. An dieser Stelle stößt der Planer die Berechnung der Flächen- und Volumenwerte an. Besondere Bedeutung hat die sogenannte „bounding-Grundfläche“. Diese berücksichtigt auch Teile des Objekts, die über dessen Grundfläche in der x-y-Ebene hinausreichen.

The screenshot shows a software dialog box titled 'Objekteigenschaften' (Object Properties). It contains several tabs: 'Allgemein', 'Darstellung', 'Eigenschaften', 'Änderungsbereich', 'Flächen', and 'Geometriedaten'. The 'Flächen' tab is active. At the top, it displays 'Objekt-ID: 234-98763-78' and 'Objekt-Name: Wandelement Süden-003'. Below this, there are three main sections:

- Flächenart nach DIN 277:** A dropdown menu is set to 'KGF - Konstruktionsgrundflä'. To its right is an 'Informationen' button.
- Flächen und Volumen:** A table with four rows:
 - Grundfläche (x-y-Ebene): 2 m²
 - Wandfläche (y-z-Ebene): 46 m²
 - Volumen des Objekts: 11,5 m³
 - Grundfläche "bounding": 2 m²
- Kostengruppe nach DIN 276:** A dropdown menu is set to 'Außenwand - nicht tragend'. To its right is another 'Informationen' button.

At the bottom of the dialog are three buttons: 'Abbrechen', 'o.k.', and a help icon. On the right side of the image, three callout boxes with arrows point to specific elements:

- The first callout points to the 'Informationen' button next to the 'Flächenart' dropdown, with the text: 'Auswahl der Flächen-nutzung nach DIN 277'.
- The second callout points to the 'Flächen und Volumen' table, with the text: 'Berechnete Objekt-parameter auf Basis der geometrischen Grunddaten'.
- The third callout points to the 'Informationen' button next to the 'Kostengruppe' dropdown, with the text: 'Zuordnung zu Kosten-gruppen - nur bei Flächen der Nutzungs-art „KGF“'.

Abb. 6-9: Eingabemaske zur Erfassung von Objektinformationen zur Flächenermittlung

Mit Hilfe der erfassten Daten können die für eine Kostenabschätzung notwendigen Basiswerte ermittelt und bereitgestellt werden.

Bei der Ausgabe der Informationen wird auf die hinterlegten Objektdaten zurückgegriffen. So können z.B. Übersichtstabellen mit Kennwerten zur Flächengliederung erstellt werden. Auch die Ausgabe von kostengruppenbezogenen Parametern zur Kostenermittlung ist für Elemente der Baukonstruktion möglich. Nachfolgende Abbildung (Abb. 6-10) zeigt eine solche Flächenbilanzierung zur Verwendung in der weiteren Gebäudeplanung. Diese

6. Illustration anhand von Praxisbeispielen

Listen dienen als Eingangsinformation für EDV-Anwendungen zur Erstellung von Ausschreibungsunterlagen und können in verschiedenen Formaten gespeichert werden. Ebenso ist eine Druckausgabe zur direkten Verwendung z.B. in Planungsbesprechungen möglich.

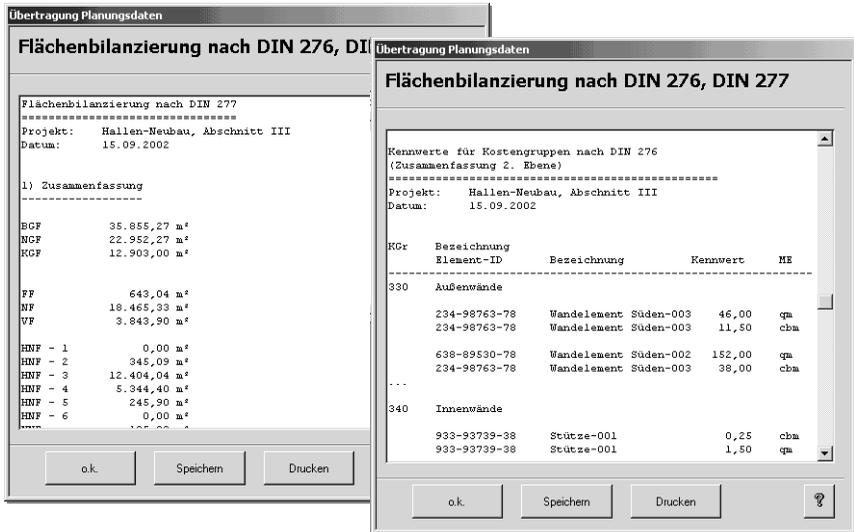


Abb. 6-10: Beispielausgabe Flächenbilanzierung nach Flächennutzung und Kostengruppen

Anhand dieses Beispiels lassen sich die Vorteile einer erweiterten Speicherung von Planungsinformationen erkennen:

- Speicherung der Informationen zum Zeitpunkt ihres Entstehens: Bei der Erzeugung der Einzelobjekte ist für den Planer ihre Zuordnung zu den oben dargestellten Flächenarten einfach möglich. Dieses Daten werden zu diesem Zeitpunkt gespeichert und stehen später auf Abruf zur Verfügung.
- Geführtes Vorgehen: Durch die dargestellten Interaktionen wird gewährleistet, dass die zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Informationen gesichert werden. Die Vorgabe von definierten Werten vereinfacht diesen Vorgang und entlastet den Planer.
- Nutzerorientierte Speicherung von Informationen: Bei der Definition der Objekteigenschaften zur Speicherung der Daten werden die Bedürfnisse der späteren Nutzer berücksichtigt. Dies betrifft sowohl die Eigen-

schaften (z.B. Zuordnung von Objekten zu Flächenarten) als auch die gespeicherten Werte (Verwendung standardisierter Werte). Auch die Ausgabe von Planungsdaten erfolgt in den vom Nutzer definierten Format.

- Zugriff auf indirekte Informationen: Die Daten sind als Objekteigenschaften gespeichert. Dadurch ist ein rechnergestützter, flexibler Zugriff möglich. Es können nicht nur die zur Flächenberechnung notwendigen Informationen ermittelt werden. Ebenso ist denkbar, die für Ausschreibungen notwendigen Volumendaten für Konstruktionselemente des Bauwerks zu ermitteln: Abfrage der geometrischen Daten für alle Objekte, für die die Klasse „Flächennutzung“ mit dem Wert „KGF“ belegt ist. Auf diese Weise werden indirekte Informationen festgehalten, die zwar für die Planung des Produktionssystems nicht unmittelbar relevant sind, bei späteren Arbeiten aber eine wichtige Rolle spielen.
- Unmittelbar nutzbare Informationen: Die übergebenen Informationen (z.B. Flächenwerte nach DIN 277) orientieren sich an den Bedürfnissen der weiteren Nutzer. Sie können ohne weitere Interpretationen und Nachfragen für andere Aufgaben verwendet werden.

6.5. Zusammenfassung

Aufbauend auf der Entwicklung und Detaillierung eines Gesamtkonzepts zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in den Kapiteln 3 bis 5 werden wesentliche Gestaltungsaspekte anhand von Beispielen aus der Planungspraxis erläutert. Anhand dieser Beispiele können neben inhaltlichen Aspekten auch Möglichkeiten zur Implementierung der Funktionen in vorhandenen Rechnerwerkzeugen dargestellt werden. EDV-technische Aspekte werden dabei systemunabhängig beschrieben.

Die Anwendungsbeispiele beziehen sich auf die wesentlichen Konzeptbausteine und betreffen folgende Themen:

- Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen
- Unterstützung bei planerischen Tätigkeiten durch Systemfunktionen
- Speicherung und Weiternutzung zusätzlicher Planungsinformationen

Im ersten Anwendungsfall wird gezeigt, wie Nicht-Produktionswissen bei konkreten Fragestellungen der Fabrikgestaltung genutzt wird. Es handelt sich

6. Illustration anhand von Praxisbeispielen

um die Bereitstellung von Informationen zur maßlichen Gestaltung von Tür- und Toröffnungen, die in der Gebäudeplanung verwendet werden. Ergänzt wird diese Darstellung um eine Auflistung von Themenbereichen und Einzelinformationen aus der Gebäudeplanung, die für die Produktionsplanung von Bedeutung sind.

Im nächsten Beispiel geht es um die erweiterte systemische Unterstützung des Planers in seiner gestaltenden Arbeit. Es wird die Platzierung von Säulen im Fabriklayout mit Hilfe von Standardwerten der Gebäudeplanung beschrieben. In diesem Arbeitsschritt ist gleichzeitig eine rechnergestützte Kollisionsprüfung mit vorhandenen Einrichtungselementen möglich. Die überprüften Planungsergebnisse werden im Datenmodell gespeichert und stehen nach Abschluss dieser Arbeiten als gesicherte Planungsergebnisse für die Gebäudeplanung zur Verfügung. Anhand dieser Beschreibung wird verdeutlicht, welche Funktionen vorhandener EDV-Systeme genutzt und an welchen Stellen an Erweiterung hinsichtlich Daten und Funktionen notwendig ist.

Die Erfassung und Speicherung der Informationen sowie ihre bedarfsorientierte Bereitstellung wird in einem dritten Anwendungsfall erläutert. Zu den einzelnen Elementen des Planungsfelds (Gebäude- und Einrichtungskomponenten) werden schon bei der Erstellung Gliederungskriterien erfasst und gespeichert, die später für eine DIN-gerechte Auswertung von Flächen und Rauminhalten verwendet werden können. Diese Ergebnisse nutzen Spezialisten der Gebäudeplanung für Kostenabschätzungen oder die Erstellung von Ausschreibungsunterlagen. Deutlich werden in dieser Beschreibung die Elemente eines erweiterten Datenmodells und Möglichkeiten zur Erfassung zusätzlicher Planungsinformationen erläutert.

Anhand dieser Beispiele werden wesentliche Aspekte des Gesamtkonzepts beleuchtet. Ergänzend wird auf einzelne Gesichtspunkte einer EDV-technischen Implementierung hingewiesen. Sie zeigen die Durchgängigkeit und Anwendbarkeit des beschriebenen Integrationsansatzes. So kann eine Überprüfung bzw. Verifizierung des erarbeiteten Gesamtkonzepts anhand exemplarischer Anwendungen der planerischen Praxis erfolgen. Die Illustrationen sind daneben als Anregung zur Entwicklung weiterer Funktionalitäten für eine rechnergestützte Integration von Produktions- und Gebäudeplanung zu verstehen und schließen die Entwicklung und Detailierung des Gesamtkonzepts ab, das nun abschließend bewertet wird.

7. Bewertung des Konzepts

Eine quantitative Bewertung des vorgestellten Konzepts ist nur möglich, wenn eine Planungsaufgabe unter den gleichen Randbedingungen mit herkömmlichen Methoden und Werkzeugen abgewickelt wird. Nur durch diese redundanten Arbeiten können Vergleichswerte ermittelt werden, dieses Vorgehen ist aber in der Praxis nicht umzusetzen ([LINDERMAIER1998]). Die folgende Konzeptbewertung beschränkt sich auf eine qualitative Beurteilung bzw. eine Angabe von möglichen Nutzenpotenzialen (Kapitel 7.2). Diesen Vorteilen werden mögliche Risiken und Zusatzaufwendungen bei der Umsetzung des Konzepts vorangestellt (Kapitel 7.1).

7.1. Risiken und Zusatzaufwendungen

7.1.1. Technische Voraussetzungen

Die Realisierung des oben beschriebenen Konzepts stellt gesteigerte Anforderungen an die eingesetzten EDV-Systeme. Eine große Rolle spielt der freie und flexible Zugriff auf die gespeicherten Informationen. Um dies zu ermöglichen, müssen die vorhandenen Datenmodelle erweitert bzw. erneuert und konfigurierbare Schnittstellen zugelassen werden. Daneben müssen die Systeme so gestaltet sein, dass die beschriebenen Funktionen zur Unterstützung des Planers implementiert werden können. Um eine Anpassung an veränderte Randbedingungen zu gewährleisten, müssen diese Algorithmen einfach aktualisierbar sein. Insgesamt bedeutet dies sowohl einen erhöhten Aufwand zur Schaffung dieser EDV-Voraussetzungen bei Systemanbietern als auch zur kontinuierlichen Pflege von Daten und Funktionen auf Anwenderseite.

Mit dem verstärkten Einsatz von rechnergestützten Werkzeugen nimmt die Abhängigkeit des Planers von EDV-Systemen zu, so dass die technische Verfügbarkeit gewährleistet sein muss. Auch bei der Bedienbarkeit der Einzelfunktionen und der Interaktion von System und Benutzer sind gestiegene Anforderungen zu beachten. Einige der zusätzlich notwendigen Funktionen umfassen komplexe Abläufe, die für den Bediener aber transparent und einfach nachvollzogen werden müssen. Neben einer übersichtlichen Benutzerführung spielen Plausibilitätsprüfungen eine große

7. Bewertung des Konzepts

Rolle. Sie verhindern, dass falsche Eingaben in den nachfolgenden Planungen ungeprüft weiterverwendet werden.

Neben diesen Voraussetzungen auf Seiten der EDV-Systeme muss ein hoher Aufwand zur Aufbereitung des Nicht-Produktionswissens geleistet werden. Diese Arbeiten umfassen die Sichtung allgemeingültiger Wissensquellen ebenso wie die Aufbereitung unternehmens- bzw. projektspezifischer Daten in eine systemisch nutzbare Form. Um einen kontinuierlichen Einsatz zu gewährleisten, muss neben diesen einmaligen Arbeiten die permanente Pflege des gespeicherten Wissens erfolgen. Während die Bereitstellung allgemeingültigen Wissens auch von externer Seite erfolgen kann, findet die Aufbereitung spezifischer Daten in den einzelnen Unternehmen statt.

7.1.2. Einfluss auf die Tätigkeiten des Planers

Der Umgang mit den weiterentwickelten Werkzeugen zur Planung hat unmittelbare Auswirkungen auf die tägliche Arbeit des Planers. Es ist eine umfassende Schulung der Anwender notwendig, die den Umgang mit den erweiterten Funktionen zur Planungsunterstützung vermittelt. Der Einsatz dieser Systeme erscheint in Planungsabteilungen sinnvoll, in denen der Umstieg von einer papier-basierten auf eine EDV-gestützte Planung von Produktionssystemen schon erfolgt ist und sich entsprechende Softwarewerkzeuge im Praxiseinsatz bewährt haben.

Neben dem Umgang mit den erweiterten Systemfunktionen stellt der Ansatz einer durchgängigen Speicherung und Nutzung von Informationen besondere Anforderungen an den Planer. Die Bedürfnisse der Nutzer der Daten in der Gebäudeplanung müssen vermittelt und vom Systembediener anerkannt werden. Nur dann ist sichergestellt, dass die vorhandenen Informationen gespeichert und weitergeben werden. Zusätzlicher Schulungsaufwand ist nötig, um einen flexiblen Zugriff auf die vorhandenen Daten zu realisieren und flexibel auf die unterschiedlichen Anforderungen bei der Informationsübergabe (z.B. Inhalte, Formate) eingehen zu können.

Durch die Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen werden Arbeiten und Entscheidungen von der Gebäude- zur Produktionsplanung vorverlagert. Dies führt zu einer Steigerung des Aufgabenumfelds und gegebenenfalls Arbeitsaufwands des Planers sowohl in inhaltlicher Hinsicht (z.B. Festlegung von Türbreiten) als auch bezüglich der Verantwortung für die Kostenfestlegung

für das geplante Produktionssystem, da keine Verschiebung der Entscheidung auf spätere Planungsphasen mehr erfolgt.

7.1.3. Risiken in der Planungsmethodik

Das entwickelte Konzept einer verbesserten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung hält an der methodischen Trennung der beiden Planungsbereiche fest. Es werden zwar Informationen und Hilfestellungen für den Produktionsplaner vorgehalten, um die Aspekte der Bauplanung in seiner Arbeiter besser berücksichtigen zu können, der Ansatz ersetzt aber nicht die gemeinsame Projektarbeit mit Spezialisten der Gebäudeplanung. Mögliche Erwartungshaltungen seitens der Projektverantwortlichen bzw. -initiatoren hinsichtlich eines reduzierten Einsatzes von Fachplanern können nicht erfüllt werden und müssen im Vorfeld eines Projekts korrigiert werden.

Ein wesentliches Merkmal der verbleibenden Koexistenz der Planungsbereiche stellt der Verzicht auf ein gemeinsames, integriertes Datenmodells zur Speicherung aller produktions- und gebäudebezogener Informationen dar. Es kommt dadurch zu einer redundanten Datenhaltung in den eingesetzten EDV-Werkzeugen. Dies erfordert weiterhin Arbeiten zur Abstimmung und Pflege von Änderungen.

Die oben aufgezeigten zusätzlichen Aufwendungen für den Einsatz von erweiterten Rechnerwerkzeugen machen deutlich, dass deren Anwendung nicht für alle Planungsprojekte geeignet ist. Sie beschränkt sich auf umfangreiche Aufgabenstellungen, bei denen der erhöhte Aufwand im Vorfeld der Planungen gerechtfertigt erscheint, ist aber für kleinere Arbeitsumfänge (z.B. Änderungen der Maschinenaufstellung im Rahmen von KVP-Prozessen) nur bedingt geeignet.

7.2. Darstellung von Nutzen-Potenzialen

7.2.1. Direkter Einfluss auf die Tätigkeit des Planers

Die Bedeutung einer erweiterten systemischen Unterstützung des Anwenders zeigt die Analyse der Zeitanteile bei planerischen Aufgaben [IRLINGER1991] (Abb. 7-1). Die Ergebnisse können in ihrer Aussage auf die Fabrikgestaltung übertragen werden. Neben einem hohen Anteil an Koordinierungs- und Informationsaufgaben bilden die eigentlichen gestalterischen und bewertenden

7. Bewertung des Konzepts

Tätigkeiten einen Schwerpunkt der Arbeit (45%). Auch Tätigkeiten zur Information und Koordination sind teilweise betroffen.

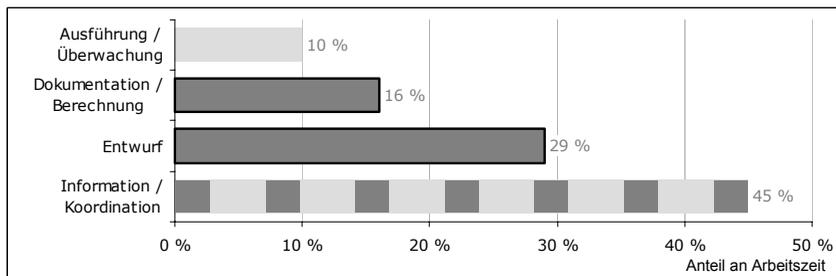


Abb. 7-1: Arbeitszeitaufteilung bei Konstruktions- und Montageplanungen

Die beschriebenen systemischen Funktionen zur Unterstützung des Planers wirken in diesen Arbeitsbereichen. Die Entlastung des Planers von Routinetätigkeiten schafft mehr Freiräume für gestalterische Tätigkeiten im Rahmen der Lösungsfindung und -bewertung, die wiederum systemisch unterstützt werden. Durch die Berücksichtigung von Nicht-Produktionswissen wirken die Hilfestellungen in Themenbereichen, die dem Produktionsplaner wenig vertraut sind und mit zusätzlichem Aufwand angeeignet werden müssen. Für den Bereich der Bauplanungen weisen Studien auf erheblichen Einsparmöglichkeiten bei Zeit und Kosten (bis zu 30%) hin [TONKE1999].

Durch die Bereitstellung von bewährtem und anerkanntem Nicht-Produktionswissen und erleichterten Zugriffsmöglichkeiten trifft der Planer eine Reihe von Entscheidungen auf der Basis gesicherter Fakten. Dadurch werden Fehlermöglichkeiten wirksam reduziert. Aber auch eine schnelle und zielgerichtete Lösungsfindung ist möglich. Daneben können Mitarbeiter mit geringer Planungserfahrung leichter und schneller in ein Planungsteam integriert werden.

Die entwickelten Funktionen zur Entlastung des Planers stehen diesem wahlweise zur Verfügung. Er wird, im Gegensatz zu Ansätzen, die eine vordefinierte Reihenfolge von Arbeiten durchlaufen, durch sie nicht in seiner individuellen Vorgehensweise eingeengt, sondern wirksam unterstützt. Dieser Aspekt ist für die Akzeptanz der Rechnerfunktionen von wesentlicher Bedeutung [FANG1996] und gewährleistet ihre Nutzung durch den Anwender.

7.2.2. Schnittstelle zwischen Produktions- und Gebäudeplanung

Neben den dargestellten Verbesserungen im direkten Einflussbereich des Planers liegen weitere Vorteile in der Schnittstelle zwischen Produktions- und Gebäudeplanung. In einem ersten Schritt werden Informationen, die für eine nachfolgende Gebäudeplanung hilfreich sind, bedarfsorientiert gespeichert und stehen für spätere Nutzer zur Verfügung. Der Informationsfluss wird erheblich verbessert. Die bisher notwendigen Nacharbeiten und Zusatzaufwendungen reduzieren sich, so dass erhebliche Kosten- und Terminpotenziale abgeschöpft werden können (Kapitel 2.2.3.2).

Ein weiterer Effekt ist in diesem Zusammenhang zu betrachten. Im Bereich der Gebäudeplanung existieren eine Reihe von Gestaltungs- und Analysewerkzeugen, die zu einer qualitativen Steigerung der Bauplanung beitragen (z.B. EDV-gestützte Dimensionierung von Leitungsnetzen) Diese Hilfsmittel erfordern eine Reihe von Daten, die aber bisher aufgrund der hohen zeitlichen Aufwendungen und Kosten für eine (Wieder-)Ermittlung nicht zur Verfügung stehen [IAI2001B]. Durch eine verbesserte und bedarfsorientierte Speicherung und Übergabe vorhandener Informationen ist die Voraussetzung geschaffen, diese Möglichkeiten in der Gebäudeplanung verstärkt einzusetzen.

Für den Umgang mit ungenauen Informationen, die viele Planungsprojekte in frühen Phasen kennzeichnen, steht mit dem Ansatz der Änderungsbereiche ein effizientes Werkzeug zur Verfügung. Durch ein strukturiertes Speichern von Planungsergebnissen mit möglichen Änderungen ist es möglich, schon zu einem frühen Zeitpunkt weitere Planungsbeteiligte mit Daten zu versorgen und durch eine teilweise Parallelisierung der Arbeiten die Planungszeit zu reduzieren. Auch Änderungen können einfacher und strukturierter bearbeitet werden. Auf diese Weise werden die Planungszyklen weiter verkürzt.

Durch die dargestellten Verbesserungen an der Schnittstelle zwischen Produktions- und Gebäudeplanung ist eine vollständige Integration nicht mehr zwingend notwendig. In Anbetracht der in Kapitel 2.2 identifizierten Unterschiede sind umfangreiche Abstimmungen notwendig, um alle Anforderungen bzgl. Funktionen und Abläufen in einem System- und Datenmodell berücksichtigen zu können. Diesem langfristigen Ansatz steht mit dem beschriebenen Konzept eine rasch umsetzbare Lösung gegenüber, die auf die wesentlichen Defizite (unzureichendes Wissen über die Gebäudeplanung, fehlende EDV-Hilfsmittel, Verluste in der Informationsübertragung) reagiert.

7.2.3. Potenziale in der Planungsmethodik

Ein großes Nutzenpotenzial des beschriebene Gesamtkonzepts liegt darin, die Planungsqualität und -sicherheit in frühen Projektphasen zu steigern. Dieser Aspekt hat deshalb besondere Bedeutung, da in diesen ersten Abschnitten sowohl Planungsergebnis als auch die entstehenden Kosten am stärksten beeinflusst werden können [PLATZ1995]. Gerade *„im Bauwesen werden aufgrund des Einzelfertigungscharakters Kosten und Qualität zu einem noch größeren Prozentsatz durch die technische Bearbeitung (Entwurf, ...) und die Planung der Bauausführung (...) bestimmt. Bis zu 80% der Kosten werden dabei in den der eigentlichen Bauausführung bzw. -fertigung vorgelagerten Bereichen festgelegt.“* [HARTMANN1992, S. 1]. Durch eine Vorverlagerung von Arbeitsinhalten und Entscheidungen auf sicherer Wissensbasis gerade auch außerhalb der Erfahrungen des Produktionsplaners steigt der Informationsgrad über das Planungsprojekt an. Aufwändige Änderungen in späteren Projektphasen aufgrund erst dort erkannter Probleme werden reduziert. Wesentliche Voraussetzung dafür ist die Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen.

Auch für die nachfolgende Gebäudeplanung ist es von Vorteil, von Beginn an mit einem erhöhten Wissenstand über das Planungsobjekt arbeiten zu können [Ayrle1994]. Nicht nur die inhaltliche Planungsarbeit wird verbessert, auch für die Festlegung der Baukosten existiert eine genauere und verlässlichere Kalkulationsbasis. Gerade dieser Aspekt hat im Bauwesen eine besondere Bedeutung, da später auftretende Änderungen nicht nur kostenintensiv sind, sondern aufgrund der bestehenden Honorar- und Gebührenordnung oft als nichtverhandelbare Zusatzleistungen bezahlt werden müssen.

Die Wirkung des dargestellten Konzepts beschränkt sich nicht nur auf den Beginn von Planungsprojekten. Die Betrachtung des zeitlichen Auftretens von bestimmten Tätigkeiten (Abb. 4-13) oder des Kommunikationsaufkommens (Abb. 2-13) zeigen, dass die Ansätze auch für spätere Phasen zur Planungsunterstützung dienen.

Die dargestellten Erweiterungen der Informationsspeicherung und -weitergabe erlauben eine stärkere Parallelisierung von frühen Projektaufgaben mit den Spezialisten aus der Gebäudeplanung. Daher können durch die verbesserte Integration von Produktions- und Gebäudeplanung viele Vorteile, wie sie in der Produkt- und Produktionsplanung seit längerem bekannt sind ([DEBUSCHEWITZ1998, KOHLER2000]), auf die Fabrikgestaltung übertragen

werden. Dazu zählen neben Zeit- und Kostenverbesserungen auch eine verstärkte erfolgsorientierte Zusammenarbeit im Planungsteam.

7.3. Vergleich von Vor- und Nachteilen

Eine Zusammenfassung wesentlicher Vor- und Nachteile des dargestellten Konzepts zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung findet man in Abb. 7-2:



Abb. 7-2: Risiken und Nutzen des Gesamtkonzepts

Mögliche Hindernisse liegen in der Realisierung und Einführungsphase der beschriebenen Methoden und Werkzeuge. Dieser höhere Aufwand fällt aber einmalig an und umfasst die Schaffung von technischen, personellen und organisatorischen Voraussetzungen.

Demgegenüber stehen Veränderungen, die permanent im Planungsprozess wirken und sowohl die Arbeit der Produktionsplanung (z.B. Steigerung der Planungsqualität, Entlastung des Planers) als auch die wichtige Schnittstelle zur Gebäudeplanung (weniger Verluste bei Datenspeicherung und -austausch) dauerhaft verbessern.

8. Zusammenfassung

In einem zunehmend turbulenten Umfeld ist die schnelle Wandlungs- und Anpassungsfähigkeit für Unternehmen und ihre Produktionssysteme von existenzieller Bedeutung. Die Fabrikplanung ist in diesem Zusammenhang vor gestiegene Anforderungen wie eine Verkürzung der Planungszeiten und eine verbesserte Integration der Planungsbeteiligten gestellt. Dieser Wandel ist auch im Bereich des Industriebaus zu erkennen, wo ebenfalls eine Optimierung der Planungsabläufe von Architekten und Bauplanern hinsichtlich Zeit und Kommunikation gefordert ist. Aufgrund vielfältiger Wechselwirkungen zwischen Fabrik- und Gebäudeplanung ist die Verbesserung der Schnittstellen ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Planung von Produktionssystemen.

Vor diesem Hintergrund wurde ein Konzept zur rechnergestützten Integration der Gebäude- in die Produktionssystemplanung entwickelt. Schwerpunkte sind die Berücksichtigung von Aspekten der Gebäudeplanung in der Tätigkeit des Produktionsplaners sowie eine Verbesserung der Weitergabe und Nutzung von erarbeiteten Planungsergebnissen.

Das Aufgabenfeld der Fabrikgestaltung umfasst die beiden großen Themenbereiche der Planung von Produktionssystem (Produktionsplanung) und der baulichen Infrastruktur mit Gebäudehülle und technischer Ausstattung (Gebäudeplanung). Zwischen diesen Feldern bestehen eine Reihe von Wechselwirkungen, die für den Produktionsplaner von Bedeutung sind. Diese betreffen neben der Gebäudestruktur (z.B. Säulen und Tragwerk), der technischen Gebäudeausrüstung (z.B. Medienversorgung) auch eine Reihe von gesetzlichen Vorgaben.

Zur Bearbeitung der dargestellten Planungsinhalte existiert eine Reihe von Vorgehensweisen. Die derzeit bekannten Methoden der Produktionsplanung sind gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Ablaufschritten mit definierten Aufgaben. Die Berücksichtigung der Gebäudeplanung wird in wenigen Ansätzen gefordert und es werden vereinzelt Hinweise zur Ausführung der Planungen gegeben. Für die Gebäudeplanung existiert mit der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) eine sehr detaillierte und allgemein anerkannte Beschreibung der Planungsabläufe und -aufgaben. Charakteristische Merkmale sind neben einer Vielzahl von beteiligten Personengruppen eine große Menge an existierenden Lösungsvorschlägen (z.B. Normen zur Gestaltung von Türen) für einzelne Aufgabenstellungen auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen. Eine Untersuchung der an den

Planungen beteiligten Personengruppen und ihrer Kommunikationsbeziehungen verdeutlicht die große Bedeutung eines verlustarmen und bedarfsorientierten Informationsflusses im Rahmen der Planungen. Aktuelle Weiterentwicklungen der vorhandenen Methoden sind durch eine Parallelisierung von Planungsarbeiten und eine verstärkten Integration der Beteiligten gekennzeichnet. Sie unterstreichen die Bedeutung des Informationsaustausches, sind aber auf die jeweiligen Planungsbereiche beschränkt.

Zur EDV-technischen Unterstützung des Produktionsplaners gibt es eine Reihe von Werkzeugen zur Bearbeitung von Spezialaufgaben (z.B. dynamische Ablaufsimulation, Materialflussplanung) sowie Systeme zur integrierten Planung von Produkt und Produktionssystem. Bedarfsorientierte Funktionen und Schnittstellen zur Berücksichtigung von Aspekten der Gebäudeplanung findet man nicht. Auch für die Einzelaufgaben der Gebäudeplanung existieren Software-Werkzeuge, gibt es aber nur wenige Systeme, die eine integrierte Planung unterstützen. Aktuelle Entwicklungen beschäftigen sich mit dem Aufbau eines gemeinsam nutzbaren digitalen Gebäudemodells. Besondere Schnittstellen zur Gestaltung der Produktionssysteme existieren nicht.

Zusammenfassend lassen sich folgende Grundthesen formulieren, die für die weitere Konzeptentwicklung als Ausgangsbasis dienen:

- Der Produktionsplaner benötigt detailliertes Wissen aus der Gebäudeplanung zur Durchführung seiner Arbeiten.
- Bei der Übertragung von Planungsergebnissen treten Verluste auf.
- Es fehlen Hilfsmittel und EDV-gestützte Funktionen zur erweiterten Unterstützung des Planers unter Berücksichtigung von Anforderungen der Gebäudeplanung.

Auf Basis der dargestellten Nachteile wurde ein Konzept zur rechnergestützten Integration der Planungsbereiche Produktionssystem und Gebäude entwickelt. Es stellt eine Weiterentwicklung der beschriebenen Ist-Situation aus Sicht des Produktionsplaners dar und strebt eine bedarfsorientierte Integration bei Planungsfeldern mit vielen Berührungspunkten an (Planungen der Gebäudestruktur, technische Ausstattung). Ausgangspunkt ist die stärkere Berücksichtigung von Wissen und Regeln aus dem Bereich der Gebäudeplanung schon in frühen Phasen der Produktionssystemplanung. Neben der Wissensbereitstellung zählen erweiterte EDV-Funktionen zur

8. Zusammenfassung

Planungsunterstützung und eine Verbesserung des Informationsflusses von der Produktions- zur Gebäudeplanung zu den Kernpunkten des Integrationsansatzes.

In der folgenden Konzeptdetaillierung wird in eine erweiterte systemische Unterstützung des Produktionsplaners und eine durchgängige Nutzung von Planungsdaten unterschieden. Das für eine verbesserte Planung notwendige Nicht-Produktionswissen weist charakteristische Merkmale bzgl. Herkunft und Inhalt auf. Dadurch können Themenfelder und Informationsquellen identifiziert werden, die als Wissensbasis dienen. Für die systemische Abfrage der Daten kann eine Reihe bekannter Mechanismen genutzt werden. Die layout-orientierte Arbeitsweise des Produktionsplaners unterstützt zusätzlich ein spezieller objektbezogener Zugriffsmechanismus auf gespeichertes Planungswissen.

Dieses Wissen ist zur Implementierung zusätzlicher Systemfunktionen zur Unterstützung des Planers notwendig. Die Tätigkeiten können in Routine-tätigkeiten, gestaltende Aufgaben und Funktionen zur Analyse und Bewertung unterschieden und durch Aufgabenstellungen aus dem Bereich der Gebäudeplanung konkretisiert werden. Die für eine Implementierung in bestehende EDV-Systeme notwendigen Abläufe und logischen Systemkomponenten werden je Tätigkeitsart beschrieben. Im Vordergrund stehen Aspekte zur Steuerung der Funktionen durch den Anwender, zur Ausführung unter Nutzung von Produktions- und Nicht-Produktionsinformationen und zur Ergebnisdarstellung und -speicherung.

Um die Forderung nach einer durchgängigen Nutzung der Planungsinformationen realisieren zu können, müssen in einem ersten Schritt die charakteristischen Merkmale identifiziert werden. Im Bereich der Produktions- und Gebäudeplanung fallen die Arbeit mit unvollständigen bzw. unsicheren Informationen und die implizite Beeinflussung von Planungsergebnissen auf. Es werden Änderungsbereiche für Informationen eingeführt, in denen mögliche Schwankungen erfasst werden. Die gegenseitige Beeinflussung von Daten dokumentieren Querverweisen zwischen einzelnen Objektklassen. Um diese Informationen speichern zu können, ist eine Ergänzung der vorhandenen Datenmodelle notwendig. Unter Berücksichtigung von modernen objektorientierten Gebäudemodellen wird ein erweitertes Datenmodell zur Produktionssystemplanung entwickelt. Dieses ist durch zusätzliche Informationselemente wie Änderungsbereiche, Querverweise, Gebäudesach- sowie -strukturdaten gekennzeichnet.

Mit Hilfe dieses Modells können bedarfsorientiert Informationen für die Gebäudeplanung bereitgestellt werden. Eine Analyse der Nutzergruppen und Informationsflüsse zeigt als Schwerpunkte die Übergabe von Daten zur Gebäudestruktur- und Haustechnikplanung. Dies erfolgt neben bestehenden Austauschformaten über eine systemneutrale, frei konfigurierbare Schnittstelle. Die Darstellung der dazu notwendigen Systemfunktionen wie Informationsauswahl, Schnittstellendefinition und -verwaltung vervollständigt die Arbeiten zur durchgängigen Nutzung von Planungsdaten.

Wesentliche Aspekte des entwickelten Ansatzes zur Integration von Produktions- und Gebäudeplanung werden anhand von Praxisbeispielen illustriert. Diese umfassen eine Zusammenstellung relevanter Quellen für Nicht-Produktionswissen, eine mögliche systemische Umsetzung zur Unterstützung des Planers bei gestalterischen Tätigkeiten und die nutzerorientierte Speicherung und Weitergaben von Gebäudestruktur- und -flächendaten.

Die Bewertung des Konzepts ist durch einen Vergleich von Risiken und Nutzenpotenzialen in den Bereichen Technik, Arbeit des Planers und Planungsmethodik möglich. Trotz zusätzlicher einmaliger Aufwendungen zur Realisierung der Systemfunktionen überwiegen die Verbesserungen im Planungsablauf. Diese zielen auf eine Entlastung des Planers durch erweiterte Systemfunktionen und auf eine verbesserte Kopplung der Produktionssystem- und Gebäudeplanung. Durch die Bereitstellung von Nicht-Produktionswissen können Anforderungen der Gebäudeplanung in der Entscheidungsfindung besser berücksichtigt werden. Eine bedarfsorientierte Speicherung und Weitergabe von Planungsergebnissen reduziert die heute vorhandenen erheblichen Verluste im Informationsfluss und dadurch vermeidbare Zusatzkosten und Terminüberschreitungen.

Mit dem vorliegenden Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung liegt ein Ansatz für eine bereichsübergreifende Optimierung des Fabrikgestaltungsprozesses in frühen Projektphasen vor. Dieser kann in weiteren Arbeiten um Aspekte des Rückflusses von Planungsergebnissen aus der Gebäudeplanung und um spezifische Verbesserungen für spätere Planungsphasen ausgedehnt werden. Eine Implementierung dieses ersten Schrittes ermöglicht eine rasche Reaktion auf gestiegene Anforderungen an die Fabrikgestaltung in einem sich schneller wandelnden Umfeld und führt zu deutlichen Verbesserungen bei Planungsqualität und -zeit.

Literaturverzeichnis

[AEC_REPORT2000A]

Dressler Verlag GmbH (Hrsg.): WeltWeitBau entwickelt Konverter zu STEP-CDS für zahlreiche CAD-Systeme <<http://www.dressler-verlag.de/deutsch/aec/aktuelles/news/03/weltweitbau01.htm>> (2000).

[AGGTELEKY1990B]

Aggteleky, B.: Fabrikplanung: Werkentwicklung und Betriebs-rationalisierung. Bd 2. Betriebsanalyse und Feasibility-Studie: technisch-wirtschaftliche Optimierung von Anlagen und Bauten. München: Hanser 1990.

[AGGTELEKY1990C]

Aggteleky, B.: Fabrikplanung: Werkentwicklung und Betriebs-rationalisierung. Bd 3. Ausführungsplanung und Projekt-management: Planungstechnik in der Realisierungsphase. München: Hanser 1990.

[AHREND1993]

Ahrend, H.-W.: Gemeinsame Planung von Fabrik und Gebäude. <<http://iaf2.mb.uni-magdeburg.de/veroffen/gemplan.html>> (1993).

[ARBEITSSTÄTTEN1997]

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Arbeits-stättenverordnung (ArbStättV) und Arbeitsstätten-Richtlinien (ASR). Stand August 1997. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft 1997.

[AUTOCAD2002]

Autodesk-Software 2002: <<http://www.autodesk.de>>

[AYRLE1994]

Ayrle, H.: Systemtechnische Software für die Bauplanung am Beispiel der Planung lokaler Datennetze mit XNET2. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994.
(Fortschrittsberichte VDI Reihe 4 Nr. 126).

[BAUREGELN2002]

Beuth Verlag GmbH 2002: <<http://www.bauregeln.de>>

[BENTLEY2000A]

Bentley Systems Inc. (Hrsg.): Industry Leaders Submit aecXML Schema. <<http://www.bentley.com/news/headline/2000q3/schema.htm>> (07.07.2000).

[BENTLEY2000B]

Bentley, K.: aecXML - A Framework for Electronic Communications for the AEC Industries. <<http://www.iai-na.org/files/aecwhite.doc>> (2000).

[BISEL1996]

Bissel, D.: Beitrag zur prozessorientierten Planung dynamischer Fabriksysteme. Dortmund: Praxiswissen 1996.

[BKI1999]

BKI Baukostenzentrum Deutscher Architektenkammern: BKI-Mittelwerte: Lager- und Versandgebäude, Industrielle Produktionsstätten. <<http://www.baukosten.de>> (1999)

[BLEY1995]

Bley, H.; Dietz, S.; Seel, U.: Aufbereitung von Wissen zur Auswahl von Montagemitteln. Düsseldorf: VDI-Verlag 1995.
(VDI-Berichte 1217, S. 159-178).

[BLEY2001]

Bley, H.; Franke, C.: Integration von Produkt- und Produktionsmodell mit Hilfe der Digitalen Fabrik. wt Werkstattstechnik 91 (2001) 4, S. 214-220.

[BMBF2001]

Lorenz, B.; Jüngst, A.: ICSS - Integriertes Client-Server-System für das virtuelle Bauteam iCSS: Projektbeschreibung.
<<http://www.baufo.net/projekte/ics.htm>> (2001).

[BOOCH1998]

Booch, G.; Rumbaugh, J.; Jacobson, I.: UML: The Unified Language user guide. Reading, USA: Addison-Wesley 1998.

[BORCHERT1996]

Borchert, G.: Informationsmodell zur rechnerintegrierten Produktionsstrukturplanung. Dissertation. Technische Universität Chemnitz-Zwickau 1996.

[BRACHT1984]

Bracht, U.: Rechnergestützte Fabrikanalyse und -planung auf der Basis einer flächenbezogenen Werksstruktur-Datenbank. Düsseldorf: VDI-Verlag 1984.
(Fortschr.-Ber. VDI-Z Reihe 2 Nr.76).

[BÜRCEL1998]

Bürgel, H.D. (Hrsg.): Wissensmanagement. Berlin: Springer 1998.

[CADNEWS2000]

Medienbüro Schlenz (Hrsg.): CAT BAU 2000 in Stuttgart. CAD News (2000) 3, S. 25.

[DAENZER1997]

Daenzer, W.F. (Hrsg.): Systems Engineering - Methodik und Praxis. 9. Aufl. Zürich: Industrielle Organisation 1997.

[DAMRATH2000]

Damrath, R. et. al.: Relationale Prozessmodellierung in kooperativer Gebäudeplanung. Forschungsantrag zum DFG-Schwerpunktprogramm: Vernetzt-kooperative Planungsprozesse im konstruktiven Ingenieurbau. Universität Hannover: Institut für Bauinformatik 2000.

[DANIELS1996]

Daniels, K.: Gebäudetechnik: Ein Leitfaden für Architekten und Ingenieure. 2. Aufl. München: Oldenbourg 1996.

[DEBUSCHEWITZ1998]

Debuschewitz, M.: Integrierte Methodik und Werkzeuge zur herstellkostenorientierten Produktentwicklung. Berlin: Springer 1998.

[DELMIA2002]

Delmia Corp. (Hrsg.): ERGOFAB – Controlling of Processes in Regular Plant Operation <<http://www.delmia.com/gallery/pdf/ergofab.pdf>> (2002).

[DÍAZ2000]

Díaz, J.: XML - Die neue Generation des Datenaustausches <<http://www.fh-giessen.de/fachbereich/b/labore/bauinformatik/vortrag.htm>> (28.03.2000)

[DIN107]

DIN 107: Bezeichnung mit links oder rechts im Bauwesen. Berlin: Beuth 1974.

[DIN276, T1-T3]

DIN 276, Teil 1: Kosten von Hochbauten - Begriffe. Berlin: Beuth 1981.

DIN 276, Teil 2: Kosten von Hochbauten - Kostengliederung. Berlin: Beuth 1981.

DIN 276, Teil 3: Kosten von Hochbauten - Kostenermittlungen. Berlin: Beuth 1981.

[DIN277, T1-T2]

DIN 277, Teil 1: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau - Begriffe, Berechnungsgrundlagen. Berlin: Beuth 1987.

DIN 277, Teil 2: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau - Gliederung der Nutzflächen, Funktionsflächen und Verkehrsflächen (Netto-Grundfläche). Berlin: Beuth 1987.

[DIN1080, T1]

DIN 1080, Teil1: Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen. Berlin: Beuth 1976.

[DIN1356]

DIN 1356: Bauzeichnungen. Berlin: Beuth 1974.

[DIN1990]

DIN, Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Bauplanung: Normen. 7. Aufl. Berlin: Beuth 1990.

[DIN14090]

DIN 14 090: Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken. Berlin: Beuth 1977.

[DIN15309]

DIN 15 309: Personenaufzüge für andere als Wohngebäude sowie Bettenaufzüge - Baumaße, Fahrkorbmaße, Türmaße. Berlin: Beuth 1984.

[DIN18064]

DIN 18 064: Treppen - Begriffe. Berlin: Beuth 1979.

[DIN18100]

DIN 18 100: Wandöffnungen für Türen. Berlin: Beuth 1983.

[DIN18225]

DIN 18 225: Industriebau - Verkehrswege in Industriebauten. Berlin: Beuth 1988.

[DOBERENZ2001]

Doberenz, W., Kowalski T.: Microsoft Access 2000 Programmierung. Unterschleißheim: Microsoft Press 2001.

[DRACH1994]

Drach, A.: Flexible Werkzeuge für die integrierte Gebäudeplanung. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994.
(Fortschrittsberichte VDI Reihe 4 Nr. 125)

[EBERHARD1998]

Eberhard, C.: Untersuchung eines computerunterstützten Fabrikplanungssystemes bezüglich der Durchführung fabrikplanerischer Aufgaben und der Einbindung in eine integrierte Planungsumgebung. Diplomarbeit. Universität Stuttgart: 1998.

[ENGEL1992]

Engel, R.: Projektbuch Bauplanung. 2. Aufl. Düsseldorf: Werner 1992.

[FAHNENSTICH2002]

Fahnenstich, K.; Haselier, R.G.: Microsoft Excel 2002 - einfach klipp & klar. Unterschleißheim: Microsoft Press 2002.

[FANG1996]

Fang, D.: Entwicklung eines wissensbasierten Assistenzsystems für die Planung von Lagersystemen. Dortmund: Praxiswissen 1996.

[FELDMANN1996]

Feldmann, Ch.: Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung. Dissertation. Technische Universität München: 1996.

[FELIX1998]

Felix, H.: Unternehmens- und Fabrikplanung: Planungsprozesse, Leistungen und Beziehungen. München: Hanser 1998.

[FÖRSTER2001]

Förster, A.; Wirth, S.; Gäse, Th.: Integrative modulare Produktionssystemplanung - Ein neuer methodischer Ansatz zur rechnergestützten Planung. wt Werkstattstechnik 91 (2001) 4, S. 221-228.

[GAUSEMEIER2000]

Gausemeier, J.; Grafe, M.; Ebbesmeyer, P.: Nutzenpotenziale von Virtual Reality in der Fabrik- und Anlagenplanung. wt Werkstattstechnik 90 (2000) 7/8, S. 282-286.

[GROTH1990]

Groth, A.: Methodische Beiträge zur Beschreibung von Anforderungen an integrierte DV-Systeme (CAD) für verteilte Bauentwurfsorganisationen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990. (Fortschrittsberichte VDI Reihe 4 Nr. 99).

[GRUNDIG2000]

Grundig, C.-G.: Fabrikplanung - Planungssystematik, Methoden, Anwendungen. München: Hanser 2000.

[GUTIÉRREZ2002]

Gutiérrez, I.: Neue Power für die Fertigungsplanung <www.maisberger.com/upload/TCNO_eMPower6.rtf> (2002).

[HAAG1999]

Haag, H.: Produktdatenaustausch in der TGA, VDI 3805. In: Der rechnergestützte Planungsprozess in der TGA: Tagung Stuttgart, 27. Oktober 1999. Düsseldorf: VDI-Verlag 1999.

[HAAS&PARTNER1995A]

Haas W. (Hrsg.): Der Datentransfer im Bauwesen - bisher ein Problem <http://www.haspar.de/AP225/ISO-10303-22_deu.htm> (1995).

[HAAS1999]

Haas, W.: Datenaustausch und Datenintegration - STEP und IAI als Beiträge zur Standardisierung. BundesBauBlatt (1999) 11.

[HAAS2001]

Haas, W. et. al.: Durchgängige Datenkommunikation zwischen Bauherr, Planern und Bauunternehmungen in der Fabrikplanung der Automobilindustrie. bauinformatik Journal (2001) 1.

[HAHN2001]

Hahn, H.: Fabrikplanung 2005 +. Die wandlungsfähige Fabrik ist die Fabrik der Zukunft. IndustrieBau 4 (2001) S. 52 ff.

[HALLWACHS1992]

Hallwachs, U. et al.: Integrierte Fabrik- und Industriebauplanung. VDI-Z 134 (1992) 10, S. 48- 57.

[HARTMANN1992]

Hartmann, D.; Fischer, A.; Heinz, K.; König, D.: Anwendung wissensbasierter Informationstechnologie in Konstruktion und Planung - dargestellt an prototypischen Beispielen aus dem CAD/CAP-Bereich der Bauindustrie und des Maschinenbaus. Fortschrittsberichte VDI Reihe 4 Nr. 114. Düsseldorf: VDI-Verlag 1992.

[HAUN2002]

Haun, M.: Handbuch Wissensmanagement. Berlin: Springer 2000.

[HECK1998]

Heck, P.: Ein objektorientiertes CAD-Modell für die raum- und bauteilorientierte Bearbeitung von Gebäuden in der Vorplanung. Dissertation. Universität Kaiserslautern 1998.

[HENN1976]

Henn, W.: Industriebau – Band 2: Entwurfs- und Konstruktionsatlas. München: Callwey 1976.

[HENN1995]

Henn, G.: Visuelles Systemdenken für Kommunikationsarchitekturen. in: Sommer, D. (Hrsg.): Industriebau: Radikale Umstrukturierung. Basel: Birkhäuser 1995.

[HENN1996]

Henn, G.; Kühnle, H.: Strukturplanung. in: Eversheim, W.; Schuh, G.(Hrsg.): Betriebshütte - Produktion und Management. 7. völlig neu bearbeitete Auflage. Berlin: Springer 1996.

[HENN2000]

Henn, G.: Interview „Mein Ziel ist es, den Abstand zwischen Lehre und Praxis zu verringern“. IndustrieBau 3 (2000) S. 54 ff.

[HOAI2002]

HOAI - Honorarordnung für Architekten und Ingenieure.
Düsseldorf: Werner 2002.

[IAI2000]

International Alliance for Interoperability (Red.): New Member
Brief - 2000 <http://www.iai-na.org/domains/aecxml/about/aecxml-_about_new_member_b_right.html> (2000).

[IAI2001A]

International Alliance for Interoperability (Red.): Inhalt und Umfang
der IFC 2x <http://www.iai-ev.de/dokumente/documents/inhalt_ifc2x.htm> (2001).

[IAI2001B]

International Alliance for Interoperability (Red.): IFC - Industry
Foundation Classes. Ein neuer Standard aus der CAD-Welt.
<http://www.iai-ev.de/ifc/content_ifc.htm> (2001).

[IAI2001c]

International Alliance for Interoperability (Red.): IFC - IFC Release
2x - die Grundlage für den Datenaustausch im Bauwesen
<http://www.iai-ev.de/dokumente/content_dokumente.htm>
(2001).

[IGES2002]

Volkswagen AG: CAD-Datenaustausch <<http://www.vw-zulieferer.de/fed//de/austausch/formate/iges.htm>> (16.09.2002).

[IFP1999]

ifp GmbH (Hrsg.): KVP und Kaizen. Nicht veröffentlichte
Projektunterlagen. München: ifp-GmbH 1999.

[INDUSTRIEBAU2000B]

Juhr, M.: Flexible, schnelle und kooperative Fabrikkonzepte.
industrieBAU 2 (2000) S. 66-67.

[IRLINGER1991]

Irlinger, F. et. al.: Entwicklung eines Leitsystems für die Koordination von Produkt- und Montageplanung (Projektleitsystem). In: Sonderforschungsbereich 336 (Montageautomatisierung durch Integration von Konstruktion und Planung) – Arbeits- und Ergebnisberichte Januar 1989 - Juni 1991. Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften: Technische Universität München 1991.

[JÄGER1983]

Jäger, W.G.: Flucht- und Rettungswege. Landsberg/Lech: ecomed 1983.

[JÄGER1991]

Jäger, A.: Systematische Planung komplexer Produktionssysteme. Berlin: Springer 1991.

[JONAS2001]

Jonas, Ch.: Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen. Berlin: Springer 2001.

[KETTNER1984]

Kettner, H.; Schmitt, J.; Greim, H.-R.: Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. München: Hanser 1984.

[KIRCHER1998]

Kircher, F.: Brandschutz im Bild für Ingenieure - Aktuelle Anforderungen an den vorbeugenden, baulichen Brandschutz mit Detaillösungen für die haftungssichere Fachplanung. Augsburg: WEKA 1998.

[KOHLER2000]

Kohler, U.; Werner, M.: Durchgängige Produktions- und Logistikplanung. In: Günthner, W.A.; Reinhart, G. (Hrsg.): Abschlussbericht MATVAR. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 2000.

[KOMMANA1993]

Kommana, S. R.: Wissensbasierte Planung von flexiblen Fertigungssystemen. München: Hanser 1993.

[KOSTA1999]

Kosta, C.: Der kontinuierliche Verbesserungsprozess und seine Methoden. München: Hanser 1999.

[KOWALCZYK1997]

Kowalczyk, W.: Ein interaktiver Modellierer für evolutionäre Produktmodelle. Technische Universität München 1997.
(Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau)

[KRATZ1999]

Kratz, D.: Durchführung einer Studie zur Leistungsfähigkeit und Verbreitung von Fabrikplanungssoftware. Diplomarbeit. Universität Siegen, Institut für Fertigungstechnik: 1999.

[KRÜGER2001]

Krüger, C.: Plan your Plant - Fraunhofer TEG stellt neues Konzept für Fabrikplanungen vor. wt Werkstattstechnik 91 (2001) 4, S. 229-232.

[KÜHL1999]

Kühl, S.: Gruppenarbeit: einführen, bewerten und weiterentwickeln. München: Hanser 1999.

[KÜHNLE2000]

Kühnle, H.; Bergbauer, J.; Falke, C.: Positionspapiere der Projektpartner - Teilprojekt Fabrik als Produkt. In: Wirth, S. (Hrsg.): „Flexible, temporäre Fabrik“ - Arbeitsschritte auf dem Weg zu wandlungsfähigen Fabrikstrukturen. Wissenschaftliche Berichte FZK-PFT 203. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe 2000.

[LANGE1993]

Lange, V.: Entwerfen von Fertigungsanlagen mit Modell- und Erfahrungsunterstützung. Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.
(Fortschrittsberichte VDI Reihe 2 Nr. 302)

[LEHMANN1997]

Lehmann, H.: Integrierte Materialfluss- und Layoutplanung durch Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem. Dissertation. Technische Universität München: 1997.

[LIEBICH1999]

Liebich, T.: Datenaustausch zur thermischen Lastrechnung von Gebäuden - Die VDI-Richtlinie 6021 und ihre Umsetzung in der IFC-Schnittstelle. In: Der rechnergestützte Planungsprozess in der TGA: Tagung Stuttgart, 27. Oktober 1999, Düsseldorf: VDI-Verlag 1999.

[LINDEMANN1997]

Lindemann, U.: Erfolgreiche Produkte durch integrierte Produktentwicklung. In: Reinhart, G.; Milberg, J. (Hrsg.): Mit Schwung zum Aufschwung. Landsberg/Lech: Moderne Industrie 1997, S. 115-136.
(Münchener Kolloquium 1997)

[LINDERMAIER1998]

Lindermaier, R.: Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen. Berlin: Springer 1998.

[MATHIS1988]

Mathis, C.: Installationsplanung mit einem wissensbasiertem System. Düsseldorf: VDI-Verlag 1988.
(Fortschrittsberichte VDI Reihe 4 Nr. 89).

[MENZEL2000]

Menzel, W.: Partizipative Fabrikplanung – Grundlagen und Anwendung. Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.
(Fortschrittsberichte VDI Reihe 2 Nr. 546).

[MERTINS2001]

Mertins, K. et al.: Knowledge Management. Best Practice in Europe. Berlin: Springer 2001.

[MICROSOFT1998]

Microsoft Corporation (Hrsg.): Microsoft Visual Basic 6.0 Programmierhandbuch. Unterschleißheim: Microsoft Press 1998.

[MILBERG2000]

Milberg, J.: Unternehmenspolitik im Wandel. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Münchner Kolloquium 2000 - ... nur der Wandel bleibt. München: Utz 2000.

[MILBERG2002]

Milberg, J.: Premiummarken-Strategie als Erfolgsfaktor: Das Beispiel BMW Group. Vortragsmanuskript. Fachhochschule Rosenheim (25.04.2002).

[MILLER1999]

Miller, F.: Weltpremiere: Virtual Reality für jedes Büro. In: CAT BAU 2000 – Pressespiegel. Stuttgart: Messe Stuttgart International 2000.

[MITTAG2000]

Mittag, M.: Baukonstruktionslehre. 18. Aufl. Braunschweig: Vieweg 2000.

[MODERNEGEBÄUDETECHNIK2000]

Huss Verlag GmbH (Hrsg.): Internet, Visualisierung und CAFM sind Schwerpunkte. Moderne Gebäudetechnik (2000) 5 S. 43.

[NEUBERT2000]

Neubert, M.; Horbach, S.: Ergebnisdokumentation, -präsentation und Planungsunterstützung im Planungssystem 2000+. In: Vernetzt planen und produzieren. Vortragsband IBF-Fachtagung 2000. Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme, Technische Universität Chemnitz: 2000.

[NEUFERT2000]

Neufert, P.; Neff, L.: Bauentwurfslehre. 36. erweiterte und überarbeitete Auflage. Braunschweig: Vieweg 2000.

[PETRIDIS2001]

Petridis, K. D.; Schlüter, S.: HACCP umsetzen – Voraussetzungen, Grundlagen, Einführung. München: Hanser 2001.

[PISTOHL1998]

Pisthol, W.: Handbuch der Gebäudetechnik: Planungsgrundlagen und Beispiele. Band 2 Heizung, Lüftung, Energiesparen. 2. neu bearb. und erw. Auflage. Düsseldorf: Werner 1998.

[PISTOHL1999]

Pisthol, W.: Handbuch der Gebäudetechnik: Planungsgrundlagen und Beispiele. Band 1 Sanitär, Elektro, Förderanlagen. 3. neu bearb. und erw. Auflage. Düsseldorf: Werner 1999.

[PLATZ1995]

Platz, J.: Projektmanagement für Ingenieure. Vorlesungsskript. Technische Universität München 1995.

[PUPPE1988]

Puppe, F.: Einführung in Expertensysteme. Berlin: Springer 1988.

[PUPPE1990]

Puppe, F.: Problemlösungsmethoden in Expertensystemen. Berlin: Springer 1990.

[PURTON2001]

Purton, P.: Superjumbo, a Landmark in Aviation History. <www.aerospace777.com/data/business/deal/May%202001.htm> (2001).

[REFA1985]

REFA, Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.: Methodenlehre der Planung und Steuerung (Teil 5). München: Hanser 1985.

[REINHART1996]

Reinhart, G.; Lindemann, U.; Heinzl, J.: Qualitätsmanagement: Ein Kurs für Studium und Praxis. Berlin: Springer 1996.

[REINHART ET AL.1999]

Reinhart, G.; Dürrschmidt, S.; Hirschberg, A.; Selke, C.: Wandel - Bedrohung oder Chance? Sollen Unternehmen Turbulenz vermeiden oder beherrschen. io-management 68 (1999) 5.

[REINHART2000]

Reinhart, G.: Denken und Handeln wandeln. In: Reinhart, G.; Hoffmann, H. (Hrsg.): Münchner Kolloquium: ... nur der Wandel bleibt. Wege jenseits der Flexibilität. München: Utz 2000.

[REINKE1997]

Reinke-Solutions-Team: Excel 97 – Das Handbuch. Unterschleißheim: Microsoft-Verlag 1997.

[REMPPEL1998]

Rempel, D.: Konzeption eines rechnerintegrierten Vorgehens zur Reduzierung der Produktentwicklungszeit am Beispiel einer Rohbauplanung im Automobilbau. Diplomarbeit. Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) Technische Universität München: 1998.

[RoCAD2001]

Mensch und Maschine Software AG (Hrsg.): Produktinformationen RoCAD. Wessling: Mensch und Maschine 2001.

[RÖSEL1999]

Rösel, W.: Baumanagement: Grundlagen, Technik, Praxis. 4. Aufl. Berlin: Springer 1999.

[RUKON2001]

TACOS Technische und Administrative Computer-Systeme GmbH (Hrsg.): RUKON® - TGA setzt Maßstäbe, mit denen Sie neue Maßstäbe setzen. Münster: TACOS Technische und Administrative Computer-Systeme 2001.

[RUMBAUGH1998]

Rumbaugh, J.; Jacobson, I.; Booch, G.; The unified modelling language reference manual. Reading, USA: Addison-Wesley 1998.

[SCHÄFER2000, T1]

Schäfer A. et. al.: Marktübersicht Bausoftware 2000 - Teil 1 - AVA, Fachprogramme, Tragwerksplanung, Datensammlungen. Hannover: AIDA - Institut für Architekturinformation und Darstellung, Universität Hannover 2000.

[SCHÄFER2000, T2]

Schäfer A. et. al.: Marktübersicht Bausoftware 2000 - Teil 2 - CAD, Facility Management, Haustechnik. Hannover: AIDA - Institut für Architekturinformation und Darstellung, Universität Hannover 2000.

[SCHMIGALLA1995]

Schmigalla, H.: Fabrikplanung - Begriffe und Zusammenhänge. München: Hanser 1995.

[SCHMITT1993]

Schmitt, H.; Heene, A.: Hochbaukonstruktion: die Bauteile und das Bauegefüge; Grundlagen des heutigen Bauens. 12. überarb. und erw. Auflage. Braunschweig: Vieweg 1993.

[SCHÖNHEIT2000]

Schönheit, M.; Däumler, M.; Prinz, F.: Die Fabrik, ein lebender Organismus - Fabrikplanung aus einer Hand. wt Werkstattstechnik 90 (2000) 3, S. 89-91.

[SCHRÖDER1994]

Schröder, E.: Die Strukturierung von integrierten EDV-Systemen in der Planung, Realisation und Bewirtschaftung von baulichen Objekten. Dissertation Universität Hannover 1994.

[SPUR1997]

Spur, G.; Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt. München: Hanser 1997.

[STAAS1997]

Staas, D.: Excel 97 für Anwendungsprogrammierer. München: Hanser 1997.

[STEINWASSER1997]

Steinwasser, P.: Modulares Informationsmanagement in der integrierten Produkt- und Prozessplanung. Bamberg: Meisenbach 1997.

[STEP_CDS2000]

STEP-CDS (Hrsg.): Pressemitteilung vom 28.01.2000. <http://www.step-cds.de/ger/presse/Presse_Mitteilungen.htm> (2000).

[STEP_CDS2001]

STEP-CDS (Hrsg.): Problembeschreibung. <http://www.step-cds.de/ger/sc/SC_Problem.htm> (2001)

[TECNOMATIX2002]

Tecnomatix Technologies Ltd. 2002: <www.tecnomatix.de>

[TONKE1999]

Tonke, R.: IAI - Internationale Allianz für Interoperabilität. In: Der rechnergestützte Planungsprozess in der TGA: Tagung Stuttgart, 27. Oktober 1999, Düsseldorf: VDI-Verlag 1999. (VDI-Berichte, 1477).

[VISIO1997]

Visio International Ltd. (Hrsg.): Arbeiten mit Visio Technical – Programmdokumentation. Dublin: Visio International Ltd. 1997.

[VONDRAN2001]

Vondran, S.: Materialflussgerechte Planung von Produktionssystemen unter Einbeziehung der Förderhilfsmittelplanung. Düsseldorf: VDI-Verlag 2001.
(Fortschrittsberichte VDI Reihe 13 Nr. 48).

[WAGNER1999]

Wagner, M.: Nur noch digitale Prototypen. CADWORLD (1999) S. 76-77.

[WELTWEITBAU2000A]

WeltWeitBau GmbH (Hrsg.): STEP/CDS Info.
<<http://www.wwbau.de/de/STEP/STEP.htm>> (2000).

[WELTWEITBAU2000B]

WeltWeitBau GmbH (Hrsg.): Von Konkurrenz zu Kooperation.
<http://www.microfilmdienst.de/wwb/de/Presse/2000/BI/BI_V1.html> (2000).

[WELTWEITBAU2000C]

WeltWeitBau GmbH (Hrsg.): Informationsmanagement - eine Herausforderung für das Bauwesen.
<<http://www.microfilmdienst.de/wwb/de/Presse/2000/News/infoman.html>> (2000).

[WESTKÄMPER2000]

Westkämper, E.: Kontinuierliche und partizipative Fabrikplanung. wt Werkstattstechnik 90 (2000), 3, S. 92-95.

[WESTKÄMPER2001B]

Westkämper, E.; Bischoff, J.; von Briel, R.; Dürr, M.: Fabrikdigitalisierung - Ein angepasster Ansatz für die digitale Fabrikplanung in bestehenden Fabriken und Gebäuden. wt Werkstattstechnik 91 (2001) 6, S. 304-307.

[WIENDAHL1996]

Wiendahl, H.-P.: Grundlagen der Fabrikplanung. in: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Betriebshütte - Produktion und Management. 7. völlig neu bearbeitete Auflage. Berlin: Springer 1996.

[WIENDAHL2000]

Wiendahl, H.-P.: Partizipative Fabrikplanung: Methoden zur erfolgreichen Mitarbeiterbeteiligung. München: Transfer-Centrum 2000.

[WIENDAHL2000B]

Wiendahl H.-P.; Worbs, J.; Vollmer, L.: Abschlussbericht VA16 Teilprojekt Fabrikplanung. Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Universität Hannover 2000.

[WIENDAHL2001]

Wiendahl, H.-P.; Reichhardt, J.; Hernández, R.: Kooperative Fabrikplanung - Wandlungsfähigkeit durch zielorientierte Integration von Prozess- und Bauplanung. wt Werkstattstechnik 91 (2001) 4, S. 186-191.

[WIRTH2000B]

Wirth, S. (Hrsg.): Flexible, temporäre Fabrik - Arbeitsschritte auf dem Weg zu wandlungsfähigen Fabrikstrukturen. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe 2000.
(Wissenschaftliche Berichte FZK-PFT 203).

[WIRTH2001]

Wirth, S.: Fabrik der Zukunft. Neue Anforderungen an den Industriebau. Industriebau (2001) 5 S. 52 ff.

[VDI1990]

Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Rechnergestützte Fabrikplanung '90. Vom Werkzeug zum ganzheitlichen Ansatz, Fellbach. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990 .
(VDI-Berichte 824).

[VDI6027]

VDI-Richtlinie 6027 (Entwurf): Anforderungen an den Datenaustausch von CAD-Systemen - Konventionen. Berlin: Beuth 1998.

[VDI3805]

VDI-Richtlinie 3805/1 bis 3805/16: Produktdatenaustausch in der TGA. Berlin: Beuth 1998-2002.

[VDI-Z2001]

Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Warum Fabriken auf Wanderschaft gehen. VDI-Z 143 (2001) 3, S. 27.

[ZÜLCH1993]

Zülch, G.: Integrierte Fabrikplanung – Ansätze zu einer ganzheitlichen Vorgehensweise. VDI-Z 135 (1993) 3, S. 34-38.

iwb Forschungsberichte Band 1–121

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

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

- 1 *Streifinger, E.*
Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel
1986 · 72 Abb. · 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 *Fuchsberger, A.*
Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen
1986 · 90 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 *Maier, C.*
Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrierobotern
1986 · 77 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 *Summer, H.*
Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen
1986 · 74 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 *Simon, W.*
Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen
1986 · 141 Abb. · 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 *Büchs, S.*
Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung
1986 · 74 Abb. · 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 *Hunzinger, I.*
Schneiderodierte Oberflächen
1986 · 79 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 *Pilland, U.*
Echtzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen
1986 · 54 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 *Barthelmeß, P.*
Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung
1987 · 70 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 *Reikhofer, 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 *Groha, A.*
Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 *Riese, K.*
Klipsmontage mit Industrierobotern
1988 · 92 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6
- 16 *Lutz, P.*
Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung
1988 · 44 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3
- 17 *Klippel, C.*
Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems
1988 · 86 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0
- 18 *Rascher, R.*
Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung
1989 · 110 Abb. · 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9
- 19 *Heusler, H.-J.*
Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 *Kirchknopf, P.*
Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 *Sauerer, Ch.*
Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 *Karstedt, K.*
Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigungsautomatisierung
1990 · 92 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7
- 23 *Peiker, St.*
Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems
1990 · 66 Abb. · 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0
- 24 *Schugmann, R.*
Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage
1990 · 71 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0
- 25 *Wirba, 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 Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung
1992 · 125 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-53965-4
- 34 *Fischbacher, J.*
Planungsstrategien zur störungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten
1991 · 60 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-54027-X
- 35 *Moser, O.*
3D-Echtzeitkollisionsschutz für Drehmaschinen
1991 · 66 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-54076-8
- 36 *Naber, H.*
Aufbau und Einsatz eines mobilen Roboters mit unabhängiger Lokomotions- und Manipulationskomponente
1991 · 85 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-54216-7
- 37 *Kupec, Th.*
Wissensbasiertes Leitsystem zur Steuerung flexibler Fertigungsanlagen
1991 · 68 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-54260-4
- 38 *Maulhardt, U.*
Dynamisches Verhalten von Kreissägen
1991 · 109 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-54365-1
- 39 *Götz, R.*
Strukturierte Planung flexibel automatisierter Montagesysteme für flächige Bauteile
1991 · 86 Abb. · 201 Seiten · ISBN 3-540-54401-1
- 40 *Koepfer, Th.*
3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung · ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsteilung
1991 · 74 Abb. · 126 Seiten · ISBN 3-540-54436-4
- 41 *Schmidt, M.*
Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme
1992 · 108 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-55025-9
- 42 *Burger, C.*
Produktionsregelung mit entscheidungsunterstützenden Informationssystemen
1992 · 94 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-55187-5
- 43 *Hoßmann, J.*
Methodik zur Planung der automatischen Montage von nicht formstabilen Bauteilen
1992 · 73 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-5520-0
- 44 *Petry, M.*
Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmabkastens 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 *Schrüfer, 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 Zustandesregelung 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 *Helml, 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. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56890-5
- 62 *Stetter, R.*
**Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur
Effizienzsteigerung des Industrierobereinsatzes**
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1
- 63 *Dirndorfer, A.*
Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57031-4
- 64 *Wiedemann, M.*
**Simulation des Schwingungsverhaltens spanender
Werkzeugmaschinen**
1993 · 81 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-57177-9
- 65 *Woenckhaus, Ch.*
**Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-
Layoutoptimierung**
1994 · 81 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-57284-8
- 66 *Kummetsteiner, G.*
**3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur
Planung manueller Montagesysteme**
1994 · 62 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-57535-9
- 67 *Kugelmann, F.*
**Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen
Automatisierung von Produktionssystemen**
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57549-9
- 68 *Schwarz, H.*
**Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-
Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik**
1994 · 96 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-57577-4
- 69 *Viethen, U.*
Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen
1994 · 70 Abb. · 142 Seiten · ISBN 3-540-57794-7
- 70 *Seehuber, M.*
**Automatische Inbetriebnahme
geschwindigkeitsadaptiver 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 *Zellmayer, 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 *Raith, 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 3-540-58663-2
- 81 *Romanow, P.*
**Konstruktionsbegleitende Kalkulation von
Werkzeugmaschinen**
1995 · 66 Abb. · 151 Seiten · ISBN 3-540-58771-3
- 82 *Kahlenberg, R.*
**Integrierte Qualitätssicherung in flexiblen
Fertigungszellen**
1995 · 71 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-58772-1
- 83 *Huber, A.*
**Arbeitsfolgenplanung mehrstufiger Prozesse in der
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 *Linner, St.*
Konzept einer integrierten Produktentwicklung
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1
- 89 *Eder, Th.*
**Integrierte Planung von Informationssystemen für
rechnergestützte Produktionssysteme**
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6
- 90 *Deutsche, U.*
**Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung
in mittelständischen Unternehmen**
1995 · 80 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-59337-3
- 91 *Dieterle, A.*
Recyclingintegrierte Produktentwicklung
1995 · 68 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-60120-1

- 92 *Hechl, Chr.*
Personalorientierte Montageplanung für komplexe und variantenreiche Produkte
1995 · 73 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Albertz, F.*
Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen · Gestellstrukturen
1995 · 83 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60608-8
- 94 *Trunzer, W.*
Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgesensoren
1996 · 101 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-60961-X
- 95 *Fichtmüller, N.*
Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme
1996 · 83 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-60960-1
- 96 *Trucks, V.*
Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen
1996 · 64 Abb. · 141 Seiten · ISBN 3-540-60599-8
- 97 *Schäffer, G.*
Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme
1996 · 71 Abb. · 170 Seiten · ISBN 3-540-60958-X
- 98 *Koch, M. R.*
Autonome Fertigungszellen · Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung
1996 · 67 Abb. · 138 Seiten · ISBN 3-540-61104-5
- 99 *Moctezuma de la Barrera, J.L.*
Ein durchgängiges System zur computer- und rechnergestützten Chirurgie
1996 · 99 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-61145-2
- 100 *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 *Krönert, U.*
Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitsuche und Standardisierung
1997 · 53 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-63338-3
- 109 *Pfersdorf, I.*
Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur Organisation des industriellen Service
1997 · 74 Abb. · 172 Seiten · ISBN 3-540-63615-3
- 110 *Kuba, R.*
Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion
1997 · 77 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-63642-0
- 111 *Kaiser, J.*
Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozeß mit Produktmodellen
1997 · 67 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-63999-3
- 112 *Geyer, M.*
Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und Arbeitssystemgestaltung
1997 · 85 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-64195-5
- 113 *Martin, C.*
Produktionsregelung · ein modularer, modellbasierter Ansatz
1998 · 73 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-64401-6
- 114 *Löffler, Th.*
Akustische Überwachung automatisierter Fügeprozesse
1998 · 85 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-64511-X
- 115 *Lindnermaier, R.*
Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen
1998 · 84 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-64686-8
- 116 *Koehrer, 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 *Pflob, E.*
Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
1999 · 69 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-65525-5
- 121 *Spitznagel, J.*
Erfahrungsgeleitete 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 3-931327-06-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-07-9
- 8 **Qualitätsmanagement · der Weg ist das Ziel**
130 Seiten · ISBN 3-931327-08-7
- 9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen · Analysen und Konzepte**
120 Seiten · ISBN 3-931327-09-5
- 10 **3D-Simulation · Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**
90 Seiten · ISBN 3-931327-10-8
- 11 **Unternehmensorganisation · Schlüssel für eine effiziente Produktion**
110 Seiten · ISBN 3-931327-11-6
- 12 **Autonome Produktionssysteme**
100 Seiten · ISBN 3-931327-12-4
- 13 **Planung von Montageanlagen**
130 Seiten · ISBN 3-931327-13-2
- 14 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 15 **Flexible Fluide Kleb/Dichtstoffe · Dosierung und Prozeßgestaltung**
80 Seiten · ISBN 3-931327-15-9
- 16 **Time to Market · Von der Idee zum Produktionsstart**
80 Seiten · ISBN 3-931327-16-7
- 17 **Industriekeramik in Forschung und Praxis · Probleme, Analysen und Lösungen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-17-5
- 18 **Das Unternehmen im Internet · Chancen für produzierende Unternehmen**
165 Seiten · ISBN 3-931327-18-3
- 19 **Leittechnik und Informationslogistik · mehr Transparenz in der Fertigung**
85 Seiten · ISBN 3-931327-19-1
- 20 **Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen · Plug & Play · Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**
105 Seiten · ISBN 3-931327-20-5
- 21 **Rapid Prototyping · Rapid Tooling · Schnell zu funktionalen Prototypen**
95 Seiten · ISBN 3-931327-21-3
- 22 **Mikrotechnik für die Produktion · Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
95 Seiten · ISBN 3-931327-22-1
- 24 **EDM Engineering Data Management**
95 Seiten · ISBN 3-931327-24-8
- 25 **Rationelle Nutzung der Simulationstechnik · Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**
152 Seiten · ISBN 3-931327-25-6
- 26 **Alternative Dichtungssysteme · Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten · ISBN 3-931327-26-4
- 27 **Rapid Prototyping · Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten · ISBN 3-931327-27-2
- 28 **Rapid Tooling · Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten · ISBN 3-931327-28-0
- 29 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen · Abschlußseminar**
156 Seiten · ISBN 3-931327-29-9
- 30 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 31 **Engineering Data Management (EDM) · Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten · ISBN 3-931327-31-0
- 32 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 33 **3D-CAD · Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten · ISBN 3-931327-33-7
- 34 **Laser in der Produktion · Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten · ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation · Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten · ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung · Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten · ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit · Produktivitätsteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
95 Seiten · ISBN 3-931327-37-X
- 38 **Rapid Prototyping · Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**
128 Seiten · ISBN 3-931327-38-8
- 39 **Rapid Tooling · Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**
130 Seiten · ISBN 3-931327-39-6
- 40 **Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie · Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen**
160 Seiten · ISBN 3-931327-40-X
- 41 **Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**
146 Seiten · ISBN 3-89675-041-0
- 42 **Stückzahlflexible Montagesysteme**
139 Seiten · ISBN 3-89675-042-9
- 43 **Produktivität und Verfügbarkeit · ...durch Kooperation steigern**
120 Seiten · ISBN 3-89675-043-7
- 44 **Automatisierte Mikromontage · Handhaben und Positionieren von Mikrobautteilen**
125 Seiten · ISBN 3-89675-044-5
- 45 **Produzieren in Netzwerken · Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**
173 Seiten · ISBN 3-89675-045-3
- 46 **Virtuelle Produktion · Ablaufsimulation**
108 Seiten · ISBN 3-89675-046-1
- 47 **Virtuelle Produktion · Prozeß- und Produktsimulation**
131 Seiten · ISBN 3-89675-047-X
- 48 **Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen**
106 Seiten · ISBN 3-89675-048-8

- 49 **Rapid Prototyping · Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung**
150 Seiten · ISBN 3-89675-049-6
- 50 **Rapid Manufacturing · Methoden für die reaktionsfähige Produktion**
121 Seiten · ISBN 3-89675-050-X
- 51 **Flexibles Kleben und Dichten · Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle**
137 Seiten · ISBN 3-89675-051-8
- 52 **Rapid Manufacturing · Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien**
124 Seiten · ISBN 3-89675-052-6
- 53 **Mischverbindungen · Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung**
107 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 54 **Virtuelle Produktion · Integrierte Prozess- und Produktsimulation**
133 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 55 **e-Business in der Produktion · Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele**
150 Seiten · ISBN 3-89675-055-0
- 56 **Virtuelle Produktion – Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug**
150 Seiten · ISBN 3-89675-056-9
- 57 **Virtuelle Produktion – Datenintegration und Benutzerschnittstellen**
150 Seiten · ISBN 3-89675-057-7
- 58 **Rapid Manufacturing · Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien**
169 Seiten · ISBN 3-89675-058-7
- 59 **Automatisierte Mikromontage · Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik**
114 Seiten · ISBN 3-89675-059-3
- 60 **Mechatronische Produktionssysteme · Genauigkeit gezielt entwickeln**
131 Seiten · ISBN 3-89675-060-7
- 61 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 62 **Rapid Technologien · Anspruch – Realität – Technologien**
100 Seiten · ISBN 3-89675-062-3
- 63 **Fabrikplanung 2002 · Visionen – Umsetzung – Werkzeuge**
124 Seiten · ISBN 3-89675-063-1
- 64 **Mischverbindungen · Einsatz und Innovationspotenzial**
143 Seiten · ISBN 3-89675-064-X
- 65 **Fabrikplanung 2003 – Basis für Wachstum · Erfahrungen Werkzeuge Visionen**
136 Seiten · ISBN 3-89675-065-8
- 66 **Mit Rapid Technologien zum Aufschwung · Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder**
ISBN 3-89675-066-6 · lieferbar ab ca. 07/03
- 67 **Mechatronische Produktionssysteme · Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvorgehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder**
ISBN 3-89675-067-4 · lieferbar ab ca. 07/03
- 68 **Virtuelle Produktion · Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik**
ISBN 3-89675-068-2 · lieferbar ab ca. 09/03

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 Sprengel, Andreas
Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung
 2000 · 144 Seiten · 55 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-757-1
- 142 Gallasch, Andreas
Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion
 2000 · 150 Seiten · 69 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-781-4
- 143 Cuiper, Ralf
Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen
 2000 · 168 Seiten · 75 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-783-0 · 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 telepräsenster Montagesysteme
2002 · 158 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0215-8
- 176 Welf Broser
Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
2002 · 224 Seiten · 122 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0217-4
- 177 Frank Breitingner
Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
2003 · 156 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0227-1
- 178 Johann von Pieverling
Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
2003 · 163 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0230-1
- 179 Thomas Baudisch
Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
2003 · 190 Seiten · 67 Abb. · 8 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0249-2
- 180 Heinrich Schieferstein
Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
2003 · 132 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0251-4
- 181 Joachim Berlak
Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
2003 · 244 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0258-1