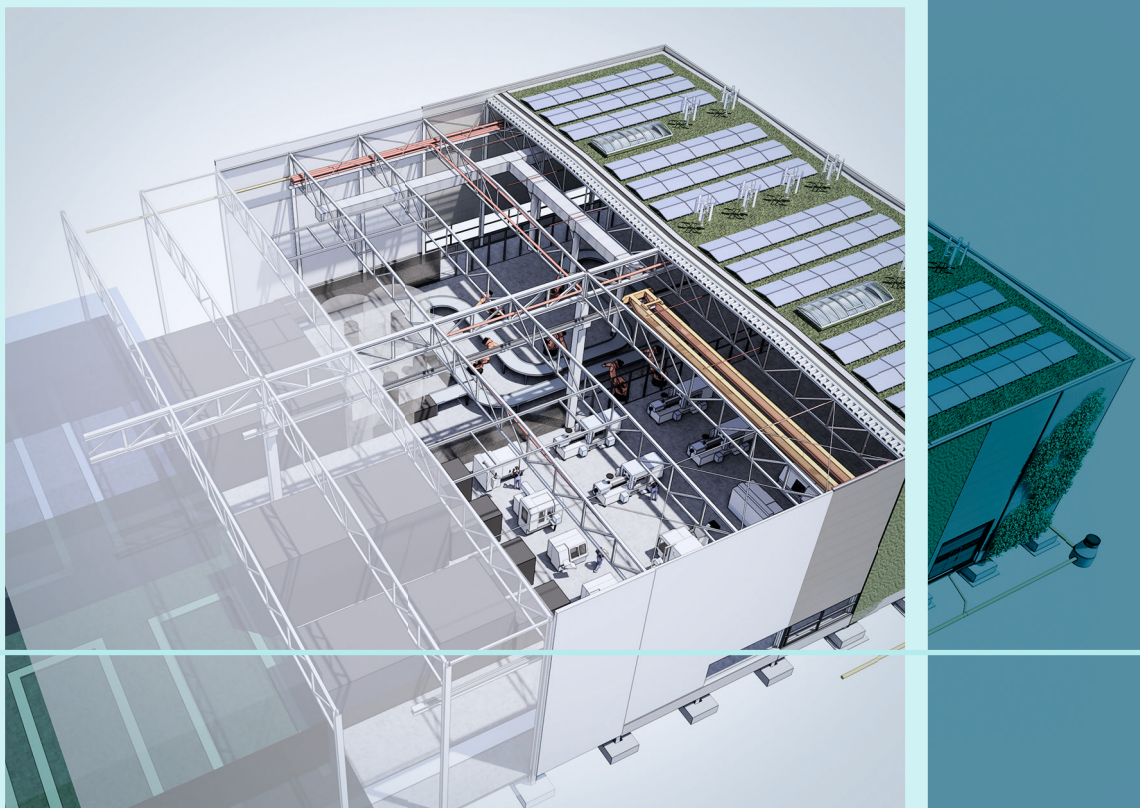


Hans-Hermann Wiendahl
Jürgen Reichardt
Peter Nyhuis



Handbuch Fabrikplanung

Konzept, Gestaltung und Umsetzung
wandlungsfähiger Produktionsstätten



3., vollständig überarbeitete Auflage

HANSER



Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

plus-9MPEm-cA4Sr

plus.hanser-fachbuch.de



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Hans-Hermann Wiendahl

Jürgen Reichardt

Peter Nyhuis

Handbuch Fabrikplanung

Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger
Produktionsstätten

3., vollständig überarbeitete Auflage

HANSER

Die Autoren:

Dr. Ing. habil. Hans-Hermann Wiendahl, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)/Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart

Sen. Prof. Dipl.-Ing. Architekt Jürgen Reichardt, Muenster School of Architecture (MSA), FH Münster/RMA Reichardt – Maas – Assoziierte Architekten GmbH & Co. KG, Essen

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis, Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover/Institut für Integrierte Produktion Hannover/Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH)



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht, auch nicht für die Verletzung von Patentrechten, die daraus resultieren können.

Ebenso wenig übernehmen Autor und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz- Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benützt werden dürften.

Bibliografische Information der deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2024 Carl Hanser Verlag München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Julia Stepp

Herstellung: Melanie Zinsler

Titelmotiv: © RMA Reichardt – Maas – Assoziierte Architekten GmbH & Co. KG, Essen

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Coverrealisation: Max Kostopoulos

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck und Bindung: Druckerei Hubert & Co. GmbH und Co. KG BuchPartner, Göttingen

Printed in Germany

Print-ISBN: 978-3-446-46837-5

E-Book-ISBN: 978-3-446-47360-7

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 3. Auflage	IX	1.4.3 Mengen- und Variantenflexibilität	48
Vorwort zur 2. Auflage	XII	1.4.4 Grenzwertorientierung	51
Vorwort zur 1. Auflage	XIII	1.4.5 Selbstorganisation und Partizipation	56
Gedankwort	XV	1.4.6 Vernetzung und Kooperation	58
Die Autoren	XVII	1.4.7 Demografische Entwicklung	61
Die Mitverfasser	XIX	1.4.8 Unternehmenskultur	62
1 Grundlagen der Fabrikplanung	1	1.5 Zusammenfassung	66
1.1 Einleitung	3	2 Erfolgsfaktoren der Fabrik	73
1.1.1 Wandlungsträge Fabriken	3	2.1 Geschichte der Produktionskonzepte ..	77
1.1.2 Bisherige Ansätze der Unternehmens-	6	2.1.1 Die 1910er- bis 1950er-Jahre: Massen-	77
1.1.3 Wettbewerbsfaktoren überlegener	10	produktion	77
Organisationen	10	2.1.2 Die 1960er- bis 1980er-Jahre: Varianten-	79
1.1.4 Lösungsansatz für die Fabrikplanung	14	produktion	79
1.2 Synergetische Fabrikplanung	15	2.1.3 Ab den 1990er-Jahren: Kundenindividuelle	90
1.2.1 Bestehende Fabrikplanungsansätze	15	Produktion	90
1.2.2 Ansatz der Synergetischen Fabrikplanung	17	2.1.4 Zusammenfassung	95
1.2.3 Prozess- und Schalenmodell	20	2.2 Veränderungsfähigkeit	96
1.3 Planungsgrundlagen	29	2.2.1 Historie	97
1.3.1 Fabrikplanung als Teil der Unternehmens-	29	2.2.2 Systematik	104
planung	29	2.2.3 Veränderungsprozess	111
1.3.2 Zielhierarchie der Fabrikplanung	31	2.2.4 Zusammenfassung	122
1.3.3 Von der Wettbewerbsstrategie zur Fabrik-	32	2.3 Nachhaltigkeit	122
strategie	32	2.3.1 Einführung	122
1.3.4 Marktleistung	36	2.3.1.1 Historie	122
1.3.5 Geschäftsprozesse	40	2.3.1.2 Begriffe	123
1.3.6 Gestaltungsfelder der Fabrik	41	2.3.1.3 Grundlegende Modelle	126
1.3.7 Produktionsstandort und Fabrik	41	2.3.2 Nachhaltige Fabrikgestaltung	128
1.3.8 Morphologie der Fabriktypen	42	2.3.2.1 Ökologische Gestaltungsparameter	128
1.4 Produktionsanforderungen	46	2.3.2.2 Soziale Gestaltungsparameter	134
1.4.1 Generelle Aspekte	46	2.3.2.3 Ökonomische Gestaltungsparameter	137
1.4.2 Reaktionsschnelligkeit	47	2.3.3 Verankerung in der Fabrikplanung	139
		2.3.3.1 Analysemethoden und Gestaltungs-	139
		hinweise	139
		2.3.3.2 Bewertungsmethoden	141
		2.3.3.3 Bewertungsmethode ecoFabrik	143
		2.3.4 Zusammenfassung	148

2.4	Digitalisierung	148	5	Konzeptplanung	249
2.4.1	Einführung	148	5.1	Grundlagen	253
2.4.2	Digitalisierung der Fabrik	150	5.1.1	Fabrikorganisation in der Konzeptplanung	253
2.4.2.1	Digitalisierung der Produktionsprozesse	151	5.1.2	Produktionstechnologien	262
2.4.2.2	Digitalisierung der Logistikprozesse	153	5.1.3	Betriebsmittel	271
2.4.3	Digitalisierung in der Fabrikplanung	155	5.2	Strukturentwicklung	283
2.4.3.1	Digitalisierung der Prozesssicht	156	5.3	Strukturdimensionierung	286
2.4.3.2	Digitalisierung der Raumsicht	162	5.3.1	Eingangsgößen	286
2.4.4	Zusammenfassung	169	5.3.2	Ressourcendimensionierung	287
2.5	Kommunikation	169	5.3.3	Flächenbestimmung der Produktion	290
2.5.1	Grundlagen der Kommunikation	170	5.3.4	Flächenbestimmung des Lagers	293
2.5.1.1	Definition und Kommunikationsmodelle	170	5.3.5	Flächenmodule	295
2.5.1.2	Merkmale von Kommunikationsprozessen	172	5.4	Groblayoutplanung	296
2.5.2	Einflussgrößen auf Kommunikation	174	5.4.1	Layout-Arten	296
2.5.3	Kommunikationsorientierte Planungsansätze	174	5.4.2	Ideales und maßstäbliches Funktionsschema	297
2.6	Zusammenfassung	175	5.4.3	Ideales 2D- und 3D-Groblayout	298
3	Strategie und Zielfestlegung	187	5.4.4	Reales Groblayout	300
3.1	Zielfestlegung	189	5.4.5	Bewertung	302
3.1.1	Hauptschritte	189	5.5	Generalbebauung	306
3.1.2	Logistikprofil des Standorts	189	5.5.1	Anforderungsprogramm	307
3.1.3	Umfeldanalyse	192	5.5.1.1	Flächenbedarf und Raumspiegel	307
3.1.4	Erfolgsfaktoren	193	5.5.1.2	Prozess- und Logistikelemente	309
3.1.5	Veränderungstreiber	193	5.5.1.3	Ver- und Entsorgung	310
3.1.6	Szenarienerstellung	194	5.5.1.4	Besondere Anforderungen	312
3.1.7	Visionsfindung und Zielfestlegung	197	5.5.2	Bauformen	312
3.1.8	GENEering	199	5.5.2.1	Schnittprofil	313
3.1.9	Handlungsfelder	203	5.5.2.2	Grundrissfigur	314
3.2	Standortplanung	203	5.5.2.3	Verknüpfungsprinzip	315
3.2.1	Auslöser einer Standortplanung	204	5.5.2.4	Bildung der Bauform	316
3.2.2	Eignungsprüfung des heutigen Standortes	205	5.5.3	Objektschutz	316
3.2.3	Vorgehensmodell der Standortplanung ..	207	5.5.3.1	Einbruch, Diebstahl	316
3.2.4	Globale Entscheidungsebene	209	5.5.3.2	Brand- und Explosionsschutz	317
3.2.5	Regionale Entscheidungsebene	219	5.5.4	Generalbebauungsplan (Masterplan)	317
3.2.6	Lokale Entscheidungsebene	220	5.5.4.1	Ablauf	317
3.2.7	Standortbewertung	226	5.5.4.2	Zonierung und Ordnungsraster	318
3.3	Zusammenfassung	227	5.5.4.3	Erschließungssystem, Ver- und Entsorgungssystem	320
4	Grundlagenermittlung	231	5.5.4.4	Bauten, Freiflächen	321
4.1	Vorgehen	234	5.6	Gebäudegestaltung	322
4.2	Informationsaufnahme	235	5.6.1	Tragwerk	324
4.2.1	Objektdateien	236	5.6.1.1	Projektanforderungen und Lastannahmen	324
4.2.2	Prozessdaten	239	5.6.1.2	Strukturform als statisches System	326
4.3	Informationsauswertung	242	5.6.1.3	Spannweite	329
4.3.1	Produktsicht	242	5.6.1.4	Werkstoffwahl und Fügeprinzip	329
4.3.2	Ressourcensicht	243	5.6.1.5	Profilierung der Stützen, Träger und Decken	332
4.4	Zusammenfassung	247	5.6.2	Hülle	334
			5.6.2.1	Schutzfunktionen	334
			5.6.2.2	Produktion und Logistik	335

5.6.2.3	Belichtung, Ausblick, Kommunikation ...	335	6.5.3.1	Luftfeuchte, Luftbewegung, Luftreinheit ..	418
5.6.2.4	Ökologie und Energiegewinnung	336	6.5.3.2	Erholung	419
5.6.3	Haustechnische Ausrüstung	337	6.5.4	Brandschutz	420
5.6.3.1	Ver- und Entsorgungssysteme	338	6.5.4.1	Brandschutzkonzept, Brandabschnitts- flächen	421
5.6.3.2	Technikzentralen	339	6.5.4.2	Abstandsflächen, Brandwände, Komplex- trennwände	422
5.6.3.3	Haupttrassen	341	6.5.4.3	Feuerwiderstandsklassen	424
5.6.3.4	Leitungsnetze	341	6.5.4.4	Flucht- und Rettungswege	424
5.6.3.5	Auslässe	341	6.5.4.5	Rauch- und Wärmeabzug, Feuerlösch- einrichtungen	425
5.6.4	Technische Gebäudeausstattung	343	6.6	Räumliche Arbeitsplatzgestaltung	426
5.6.4.1	Anforderungen	344	6.6.1	Ergonomie	427
5.6.4.2	Wärmeversorgungsanlagen	344	6.6.2	Raumausstattung	430
5.6.4.3	Lufttechnische Anlagen	345	6.6.3	Farbgestaltung	431
5.6.5	Ausbau	351	6.6.3.1	Psychologische Farbwirkungen	431
5.6.5.1	Böden	351	6.6.3.2	Sicherheitsfarben, Kennzeichnung der Medienleitung	432
5.6.5.2	Wände	353	6.6.3.3	Ganzheitliches Farbkonzept	432
5.6.5.3	Decken	354	6.6.4	Arbeitsschutz	432
5.6.5.4	Kerne	355	6.6.4.1	Arbeitsstättenverordnung	433
5.6.5.5	Treppen	356	6.6.4.2	Mitbestimmung	435
5.6.6	Anmutung und Ästhetik	357	6.6.4.3	Tritt- und Absturzsicherheit	436
5.6.6.1	Strukturelle Ordnung	358	6.6.4.4	Gefahrstoffschutz	436
5.6.6.2	Einfachheit	358	6.6.4.5	Schallschutz und Schallminderung	436
5.6.6.3	Balance von Einheit und Vielfalt	358	6.6.4.6	Wärme-, Kälte- und Vibrationsschutz	437
5.6.6.4	Unverwechselbarkeit	358	6.6.4.7	Elektrosicherheit und Strahlenschutz	438
5.6.6.5	Emotionale Qualität, Atmosphäre	359	6.7	Zusammenfassung	439
5.6.7	Beispiele für wandlungsfähige Gebäude ..	359	7	Projektmanagement und Umsetzung 443	
5.6.7.1	Machbarkeitsstudie für die mechanische Präzisionsfertigung	359	7.1	Grundlagen	445
5.6.7.2	Recyclingwerk für ein Handels- unternehmen	361	7.1.1	Stolpersteine	445
5.7	Zusammenfassung	362	7.1.2	Aufgabenübersicht	446
6	Detailplanung	369	7.2	Projektorganisation	447
6.1	Grundlagen	373	7.2.1	Teambildung	447
6.1.1	Fabrikorganisation in der Detailplanung	373	7.2.2	Beispiel einer Projektorganisation	448
6.1.2	Logistische Prozessmodellierung	376	7.2.3	Projektteamregeln	449
6.1.3	Betriebsmittel	383	7.3	Projektplanerstellung	450
6.2	Transporte	398	7.4	Kapazitätsplanung	452
6.3	Verkehrswege	401	7.5	Vertragsanbahnung und -gestaltung ...	453
6.4	Feinlayout	402	7.5.1	Angeboteinholung	453
6.5	Räumliche Arbeitsbereichsgestaltung .	406	7.5.2	Vertragsgestaltung	455
6.5.1	Kommunikation	406	7.6	Projekthandbuch	458
6.5.1.1	Erschließungsflächen	407	7.7	Kostenermittlung und -kontrolle	458
6.5.1.2	Arbeitsbereiche	408	7.7.1	Voraussetzungen	458
6.5.1.3	Gemeinschaftsräume	410	7.7.2	Kosten im Bauwesen nach DIN 276	459
6.5.2	Belichtung	411	7.7.3	Nutzungskosten im Hochbau nach DIN 18960	460
6.5.2.1	Tageslicht	411	7.7.4	Kostenmanagement	461
6.5.2.2	Natürliche Belichtung	412			
6.5.2.3	Künstliche Beleuchtung	414			
6.5.2.4	Lichtlenkung	416			
6.5.3	Behaglichkeit	417			

7.8	Umsetzung	463	8.3.6.5	Kosten- und Gebäudezustandskontrolle ..	521
7.8.1	Realisierungsvorbereitung	464	8.3.6.6	Berichterstellung	521
7.8.2	Realisierungsüberwachung	465	8.3.6.7	Brandschutz	521
7.8.3	Hochlaufbetreuung	466	8.3.7	Fallbeispiele	522
7.9	Zusammenfassung	468	8.3.7.1	Phoenix AG Hamburg	522
			8.3.7.2	Londa Rothenkirchen	522
			8.3.8	Zusammenfassung	524
8	Fabrikbetrieb	471	9	Fallbeispiele	529
8.1	Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	474	9.1	Fallbeispiel 1: Erweiterung einer Backwarenfabrik in Deutschland	531
8.1.1	Grundlagen	474	9.2	Fallbeispiel 2: Neubau eines Distributions- und Montagezentrums in Indien	534
8.1.2	PPS-Konfiguration am Beispiel der Fertigungssteuerung	479	A	Anhang	537
8.1.3	Zusammenfassung	485	A1	Wandlungspotenzialbestimmung der Fabrikobjekte	539
8.2	Arbeitsorganisation und Kompetenzentwicklung	486	A2	Raumspiegel	541
8.2.1	Menschliche Arbeit in der Fabrik	486	A3	Projektvorlagen	542
8.2.2	Humanressourcen und Produktionsleistung	487	Index	545	
8.2.3	Kompetenz- und Personalentwicklung ..	487			
8.2.3.1	Berufliche Handlungskompetenz	488			
8.2.3.2	Strategien der Kompetenzentwicklung ..	489			
8.2.3.3	Personalentwicklung	490			
8.2.4	Arbeitsstrukturierung	491			
8.2.5	Motivation	493			
8.2.6	Entgeltgestaltung	495			
8.2.7	Arbeitszeitgestaltung	499			
8.2.8	Einfluss des demografischen Wandels ..	503			
8.2.9	Einfluss der Digitalisierung	506			
8.2.10	Zusammenfassung	507			
8.3	Facility Management	507			
8.3.1	Historie und Definition	507			
8.3.2	Aufgaben und Abgrenzung	508			
8.3.3	Facility Management im Objektlebenszyklus – Aufgaben und Abgrenzung	509			
8.3.3.1	Neuplanungsphase	509			
8.3.3.2	Realisierungsphase	510			
8.3.3.3	Betriebsphase	511			
8.3.3.4	Umplanungsphase	511			
8.3.3.5	Rückbauphase	511			
8.3.4	Facility Management Software	512			
8.3.4.1	Funktionen	512			
8.3.4.2	Datenmodelle	513			
8.3.4.3	Virtueller Projektraum	517			
8.3.4.4	Navigation	517			
8.3.4.5	Auswahl einer CAFM-Software	519			
8.3.5	Prozessmodellierung	519			
8.3.6	Anwendungen des Facility Managements	520			
8.3.6.1	Unterhaltskostenminimierung	520			
8.3.6.2	Zuteilungsplanung	520			
8.3.6.3	Raumplanung	521			
8.3.6.4	Schließmanagement	521			



Der Verlag und die Autoren haben sich mit der Problematik einer gendergerechten Sprache intensiv beschäftigt. Um eine optimale Lesbarkeit und Verständlichkeit sicherzustellen, wird in diesem Werk auf Gendersternchen und sonstige Varianten verzichtet; diese Entscheidung basiert auf der Empfehlung des Rates für deutsche Rechtschreibung. Grundsätzlich respektieren der Verlag und die Autoren alle Menschen unabhängig von ihrem Geschlecht, ihrer Sexualität, ihrer Hautfarbe, ihrer Herkunft und ihrer nationalen Zugehörigkeit.

Vorwort zur 3. Auflage

Seit Erscheinen der 2. Auflage im Jahre 2014 dominiert zum einen die Digitalisierung aller privaten und geschäftlichen Lebensbereiche mit ihren Chancen und Risiken und zum anderen der grundlegende Wandel der Automobilindustrie die Diskussion in und um die Zukunft der industriellen Produktion in Deutschland. Aktuell steht die Produktion im Spannungsfeld unterschiedlicher Herausforderungen:

- Einerseits prägen die nach wie vor bekannten Einflüsse wie Kostendruck, demographischer Wandel, wachsende Komplexität durch eine ungebremst wachsende Variantenvielfalt der Produkte sowie neue aggressive Wettbewerber die Situation. Dem stehen die genauso bekannten Lösungskonzepte gegenüber. Neben der mittlerweile etablierten Philosophie der schlanken Produktion mit ihren transparenten Abläufen, ergänzt um modulare Produkte und Produktionsmittel sowie saubere und helle Fabriken, sind Innovationsfähigkeit sowie motivierte Mitarbeiter als Schlüsselfaktoren im heutigen Wettbewerbsumfeld anerkannt.
- Andererseits prägen unterschiedliche Krisen das aktuelle Betriebsgeschehen. Sie verdeutlichen auch den Konsumenten (über plötzlich explodierende Lieferzeiten) die aus den Globalisierungsanstrengungen seit Beginn der 1990er Jahre resultierenden Abhängigkeiten einer global verteilten Wertschöpfung eindrucksvoll. Außerdem werden den Entscheidern aktuelle Naturkatastrophen sowie Mahnungen der jungen Generation die Dringlichkeit zur umfassenden Nachhaltigkeit einprägsam in Erinnerung gerufen. Hierzu erwächst gerade im globalen Maßstab der Fabrikplanung eine maßgebliche Verantwortung für Klima und Umwelt, zu der die Minimierung grauer Energie von Produkt und Bauwerk sowie die Notwendigkeit für Zirkuläres Bauen beitragen. Die aktuell diskutierte Energiesicherheit verstärkt die Notwendigkeit der Verbrauchsminimierung bzw. Energiewende zusätzlich.

Die aktuellen Krisen betonen die ab Mitte der 1990er Jahre in der Forschung intensiv diskutierte Turbulenz des Umfeldes, heute auch unter dem Stichwort VUCA (volati-

lity, uncertainty, complexity, ambiguity) bekannt, sowie die hierfür erforderliche Wandlungsfähigkeit von Unternehmen. Die Politik sieht wegen der zusätzlichen gesellschaftlichen Veränderungen gar eine „Zeitenwende“ gekommen.

Diese umfassenden, vielfach divergierenden Zielprojektionen fordern zukünftig hoch kreative Lösungsansätze. Nach Überzeugung der Autoren können diese im Grundsatz nur in der Bündelung von entsprechenden fachlichen Talenten in „synergetischer“ Teamarbeit entwickelt werden. All dies unterstreicht die Notwendigkeit eines systematischen, theoriegeleiteten und praxiserprobten Vorgehens zur Fabrikplanung. Die in unserem Buch erstmalig durchgängig thematisierte wandlungsfähige Fabrik sowie die integrative Betrachtung von Prozess- und Raumsicht hat sich als grundlegende Methodik praktisch bewährt. Um dem Leser den Einstieg zu erleichtern, haben wir die Gliederung des Buches umgestellt und am Planungsvorgehen orientiert (Bild 1):

- Der einleitende *Grundlagenteil* ist deutlich ausgebaut: Kapitel 1, „Grundlagen der Fabrikplanung“, führt in die Synergetische Fabrikplanung ein und beschreibt Planungsgrundlagen sowie Produktionsanforderungen. Das erweiterte Kapitel 2 beschreibt im Schwerpunkt vier wichtige Erfolgsfaktoren der Fabrik (Veränderungsfähigkeit, Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Kommunikation).
- Der zweite Hauptteil (Kapitel 3 bis 7) ist entlang des *Planungsvorgehens* gegliedert: Die Gestaltungsfelder sind nun nicht mehr an den Fabrikebenen ausgerichtet, sondern werden entsprechend des Zeitpunktes ihrer Ausgestaltung behandelt.
- Der dritte Hauptteil (Kapitel 8 bis 9) umfasst den *Fabrikbetrieb* und stellt *Fallbeispiele* vor. Letztere verdeutlichen Folgendes: Wandlungsfähige Fabriken sind gelebte Nachhaltigkeit. Der Anhang mit Projektvorlagen, der sich bereits in der Voraufgabe bewährt hat, bleibt weitgehend erhalten.

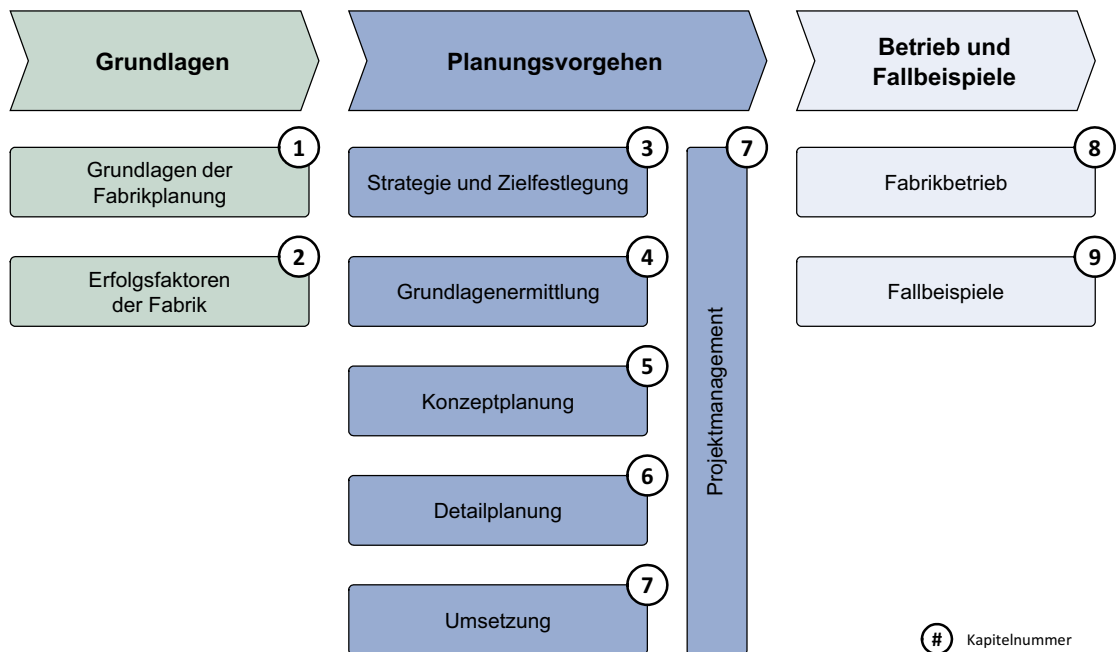


Bild 1 Buchübersicht

Generell lässt sich die Fabrikplanungsmethodik aus Inhalts- oder Vorgehensperspektive betrachten:

- Inhaltlich stehen die *Gestaltungsfelder* im Vordergrund: Einerseits sind hier die Gestaltungsebenen Arbeitsstation, Arbeitsbereich, Gebäude, Standort (und gegebenenfalls Netzwerk) zu betrachten. Wie bereits aufgeführt, ist andererseits die Prozesssicht (der Ingenieure) von der Raumsicht (der Architekten) zu unterscheiden. So entstehen die Gestaltungsaspekte.
- Zeitlich steht der *Gestaltungsprozess* im Vordergrund: Hier bieten die VDI 5200 sowie die Bauphasen der Gebäudeplanung nach HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) eine Gliederung. Dementsprechend sind unterschiedliche Projektphasen, beginnend mit der Zielfestlegung über verschiedene Schritte hin zur Realisierung bzw. dem Fabrikbetrieb, zu durchlaufen. Ein durchgängiges Projektmanagement plant und steuert diese Schritte.

Bild 2 stellt diese beiden Perspektiven zur Orientierung gegenüber. So entstehende *Projektelemente* (z. B. Strukturentwicklung, Groblayoutplanung, räumliche Arbeitsbereichsgestaltung) ordnen die Gestaltungsfelder den Projektphasen einer Fabrikneu- und -umgestaltung zu: Im Sinne der Synergetischen Fabrikplanung führt Kapitel 3 die Standortplanung aus Prozess- und Raumsicht zusammen. Die nachfolgenden Kapitel 4 bis 6 (Grundlagenermittlung, Konzept- und Detailplanung) stellen den Bezug der Projektelemente jeweils zur Prozess- und Raumsicht sowie deren inhaltliche Wechselwirkungen her. Beide

Perspektiven ergänzen einander und ihre gemeinsame Betrachtung unterstützt das notwendige Grundverständnis für die Fabrikplanung. Kapitel 7 behandelt das Projektmanagement sowie die Umsetzung und ordnet sie funktional nach den Projektmanagementaufgaben bzw. zeitlich nach den Umsetzungsphasen.

Gleichzeitig stellt Bild 2 die alte Gliederung (nach Gestaltungsfeldern) der neuen (nach Planungsvorgehen) gegenüber. Einerseits soll dies den Leserinnen und Lesern der beiden ersten Auflagen den Umstieg erleichtern, andererseits entsteht so eine Orientierungshilfe, die eine Suche aus inhaltlicher Sicht der Gestaltungsfelder unterstützt.

Hans-Hermann Wiendahl tritt die Nachfolge von Hans-Peter Wiendahl als Autor an. Unser Dank gilt allen fachkundigen Experten, die sich aktiv in Konzeption und Durchführung eingebracht haben und als Mitverfasser zur Verfügung standen. Darüber hinaus danken wir den Herren Cihan Cevirgen und Justin Hook des IFA sowie Jonas Kerstgens von RMA für die Übernahme der organisatorischen Aufgaben der Neuauflage und Frau Justine Renkel für die Bilderstellung. Dem Hanser Verlag, insbesondere Herrn Volker Herzberg und Frau Julia Stepp, danken wir für die gute Zusammenarbeit und die zügige Veröffentlichung dieses Buches.

Wir sind weiterhin optimistisch, dass dieses Buch von großem Nutzen für Ihre eigenen Projekte ist. Den Rat der letzten Auflage wiederholen wir aufgrund leidvoller Praxiserfahrungen gerne: *Erst Ziele, dann Maßnahmen!* Für die Fabrikplanung bedeutet dies konkret: Beginnen Sie mit

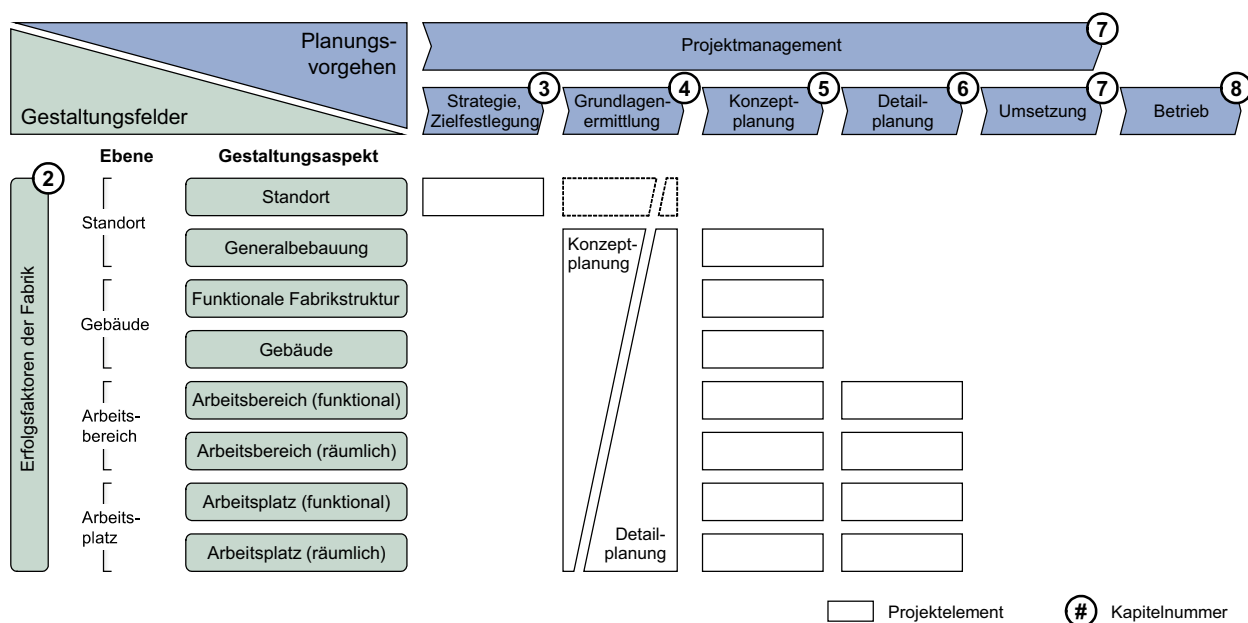


Bild 2 Gestaltungsfelder und Planungsverfahren in der Fabrikplanung

dem, was das Projekt erreichen soll, also den Zielen und der Strategie; immer gemeinsam mit der Geschäftsführung und abseits des Tagesgeschäftes sowie für einen ganzen Tag, gerne im aus der vorherigen Auflage bekannten Waldhotel. Die Folgeschritte ergeben sich dann zwangsläufig und die erweiterte und aktualisierte Anleitung dazu liegt vor Ihnen!

Hans-Peter Wiendahl hat diese Neuauflage des Handbuchs maßgeblich angestoßen. Leider verstarb er zu früh,

um das fertige Buch in den Händen halten zu können. Seine hohen Ansprüche waren für uns die Leitlinie bei der Fertigstellung dieser Auflage.

Stuttgart, Essen und Hannover, September 2023

Hans-Hermann Wiendahl
Jürgen Reichardt
Peter Nyhuis

Vorwort zur 2. Auflage

Die erste Auflage des Buches wurde in der Fachwelt sehr freundlich aufgenommen. Die in unserem Buch erstmals durchgängig thematisierte wandlungsfähige Fabrik und Synergetische Fabrikplanung gehören inzwischen zu den anerkannten Gestaltungsprinzipien.

Nach der Globalisierungswelle ist die industrielle Produktion gegenwärtig stark durch die Notwendigkeit der Nachhaltigkeit in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht geprägt. Aus ökonomischer Sicht ist dabei das Leitbild der schlanken Produktion und Administration maßgebend, aus ökologischer Sicht wird die Ressourcen- und Energieeffizienz betont, während im sozialen Bereich die Folgen des demografischen Wandels bewältigt werden müssen. Darüber hinaus diskutiert die Produktionsindustrie unter dem Begriff Industrie 4.0 aktuell die digitale Vernetzung von Objekten, Dingen, Diensten und Daten, welche die Echtzeitfähigkeit der Produktion ermöglichen soll.

In der zweiten Auflage haben wir daher neben der Aktualisierung der Beiträge und Literatur die bisher nur knapp behandelten Themen Energieeffizienz und die eng damit verknüpfte haustechnische Ausrüstung (insbesondere die Raumkonditionierung) vertieft. Das ebenfalls im Hanser Verlag publizierte Handbuch Ressourcenorientierte Produktion (ISBN 978-3-446-43008-2) von Reimund Neugebauer stellt eine passende Ergänzung des Energie- und Ressourcenthemas aus Sicht der Produktionstechnik dar. Schließlich wurde auch das Kapitel 7, „Arbeitsorganisation und Arbeitsplatzgestaltung“, um Ansätze der alters- und alternsgerechten Arbeitsgestaltung ergänzt. Das Thema Industrie 4.0 greift bis auf die auch heute schon gängige Ausrüstung der Gebäude mit Funknetzen kaum in die Fabrikplanung ein, sodass es im Buch nicht angesprochen wird.

Herr Gerhard Hoffmann, geschäftsführender Gesellschafter der ifes GmbH in Köln, hat den Abschnitt 11.3.6, „Tech-

nische Gebäudeausrüstung“, beige-steuert, wofür die Autoren herzlich danken. Für die Mitwirkung an der zweiten Auflage gilt unser besonderer Dank Herrn Dr. Detlef Gerst, der Kapitel 7, „Arbeitsorganisation und Arbeitsplatzgestaltung“, sorgfältig überarbeitet und um das Thema „Einfluss des demografischen Wandels“ ergänzt hat. Weiterhin unterstützte uns Herr Dipl.-Wirt.-Ing. Christian Reinema vom Institut für Fabrikplanung und Logistik beim Thema ecoFabrik in Abschnitt 15.7.4. Schließlich haben Dipl.-Ing. Tobias Mersmann, Jens Lübke-mann, M. sc., Lukas Richter, M. sc., und Dipl.-Ing. Sebastian Tschöpe aus der Gruppe Fabrikplanung des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik das gesamte Manuskript kritisch und sorgfältig Korrektur gelesen sowie die Textformatierung besorgt, wofür die Autoren sehr dankbar sind.

Für die professionelle Betreuung des Buches danken wir Herrn Volker Herzberg und Frau Julia Stepp vom Hanser Verlag sowie Herrn Arthur Lenner für die erneute Layoutgestaltung.

Wir hoffen, dass dieses Buch Ihnen viel Nutzen für ihre eigenen Projekte vermittelt. Als guten Rat aus vielen Projekten möchten wir Ihnen Folgendes auf den Weg geben: Fangen Sie nie mit einem Maschinenlayout und einem Gebäudeentwurf an, wenn Sie eine neue Fabrik bauen oder eine vorhandene verändern wollen, und widerstehen Sie dem Druck, frühzeitig Kosten zu nennen. Ziehen Sie sich stattdessen mit der Geschäftsführung in ein Waldhotel zurück und denken Sie einen ganzen Tag lang darüber nach, was Sie mit dem Projekt aus strategischer Sicht erreichen wollen. Die Folgeschritte ergeben sich dann zwangsläufig und die Anleitung dazu liegt vor Ihnen!

Hannover und Essen, Dezember 2013

Hans-Peter Wiendahl

Jürgen Reichardt

Peter Nyhuis

Vorwort zur 1. Auflage

Die Globalisierung der Wirtschaft ist seit Beginn der 1990er Jahre in weniger als zwei Jahrzehnten Realität geworden. Infolgedessen verteilt sich die Produktion eines Unternehmens häufig auf Standorte in mehreren Ländern und unterliegt meist starken Schwankungen. Dies bedingt eine hohe Reaktions- und Veränderungsfähigkeit der einzelnen Produktionsstätten.

Der damit notwendige Paradigmenwechsel besteht im Wesentlichen in der Umkehrung der Sichtweise auf eine Fabrik. Wurden bis dahin Produktentwicklung, Produktion und Auftragsabwicklung als primäre Prozesse des Stammhauses betrachtet und die Beschaffung und Verteilung der Fertigprodukte an die Kunden eher als Hilfsfunktionen gesehen, steht nunmehr die zuverlässige Versorgung global verteilter Märkte vom jeweils günstigsten Standort aus im Vordergrund. Statt zentraler Fabriken mit hoher Fertigungstiefe sind daher marktnahe, wandlungsfähige und gegebenenfalls sogar temporäre Produktionsstätten erforderlich.

Vor diesem Hintergrund haben die Autoren dieses Buches die Notwendigkeit gesehen, die bisherige Fabrikplanung einer kritischen Bestandsaufnahme zu unterziehen. Aus den Erkenntnissen mehrerer Forschungsprojekte und zahlreicher realisierter Fabrikprojekte in verschiedenen Branchen wurde deutlich, dass zu dem nach wie vor primären Ziel höchster Wirtschaftlichkeit weitere Anforderungen hinzutreten:

- Je nach Veränderungsimpuls kann sich eine Fabrik in angemessener Zeit auf der jeweils betroffenen Ebene sowohl produktionstechnisch als auch räumlich anpassen.
- Fertigungs- und Montagesysteme berücksichtigen lokale Gesichtspunkte hinsichtlich Know-how, Lohnkostenniveau und geforderter Wertschöpfung (local content).
- Produktionseinrichtungen und Gebäude sind ressourcenschonend und energieeffizient ausgelegt.
- Die Fabrik repräsentiert durch ihren äußeren Auftritt den Anspruch des Unternehmens und durch ihr inneres Erscheinungsbild den Anspruch der Produkte.
- Produktionsstätten stellen durch ihre räumliche Gestaltung behagliche Arbeitsplätze zur Verfügung und brin-

gen damit eine Wertschätzung der Mitarbeiter zum Ausdruck.

Auf Basis dieser Erfahrungen hat sich über viele Jahre hinweg der dreigliedrige Aufbau dieses Buches entwickelt. Im ersten Hauptteil mit insgesamt fünf Kapiteln geht es um ein tieferes Verständnis der Veränderungstreiber einer Fabrik und der sich daraus ergebenden Planungsbasis sowie der zukünftigen Anforderungen. Es folgt eine Würdigung bisheriger Produktionskonzepte. Der Teil schließt mit einer ausführlichen Ableitung verschiedener Ausprägungen der Veränderungsfähigkeit eines Standortes.

Der zweite Hauptteil beschreibt in neun Kapiteln die Gestaltung einer Produktionsstätte auf den Ebenen Arbeitsplatz, Arbeitsbereich, Gebäude und Standort. Dabei werden je nach Ebene strategische, funktionale und arbeitsorganisatorische Gestaltungsfelder unter besonderer Berücksichtigung der Wandlungsfähigkeit behandelt. Einen hohen Stellenwert nimmt die Beschreibung der räumlichen Ausprägung dieser Ebenen ein, um den Blick des Fabrikplaners auf die Leistungsform von Gebäuden und ihre technische Ausstattung zu lenken.

Im dritten Hauptteil geht es in drei Kapiteln um die Systematik der Fabrikplanung unter den neuen Anforderungen. Im Mittelpunkt steht das Modell der Synergetischen Fabrikplanung, das in sieben Leistungsphasen das kreative Zusammenspiel von Produktionsplanung und Raumplanung auf Basis einer durchgängigen 3D-Modellierung von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf beschreibt. Auch dem Projektmanagement ist ein Kapitel gewidmet – mit den Aspekten Projektteambildung und -aufgaben sowie einem kurzen Überblick über digitale Werkzeuge der Fabrikplanung aus Produktionsplanungs- und Bausicht. Die effiziente Verwendung von Immobilien gewinnt angesichts der häufigeren Nutzungsänderung an Bedeutung. Daher ist das letzte Kapitel des Buches dem Facility Management gewidmet.

Dieses Handbuch will zunächst dem Management von Produktionsunternehmen sowie den Planern und Gestaltern von Produktionsstätten eine umfassende methodische und praktische Hilfestellung bieten. Ebenso sind Indust-

riearchitekten und Bauplaner angesprochen, welche Industriebauten gestalten und ausführen. Schließlich richtet sich das Handbuch an Studierende der Fachgebiete Produktionstechnik und Logistik aus den Ingenieur- und Betriebswissenschaften sowie Architektur und Hochbau.

Unser Dank gilt Herrn Tobias Heinen und Serjosha Wulf vom IFA der Universität Hannover, die insbesondere das Kapitel 15, „Synergetische Fabrikplanung“, mitgestaltet haben und die Formatierung besorgten. Herr Ingo Pfeifer von Reichardt Maas Architekten hat die Kapitel, welche die Raumplanung betreffen, tatkräftig unterstützt. Weiter-

hin möchten wir Herrn Volker Herzberg vom Hanser Verlag danken, der in den nahezu 10 Jahren die zwischen der ersten Idee des Buches und seiner Realisierung vergangen sind, nie die Geduld verlor. Schließlich gilt unser Dank Herrn Arthur Lenner, der das anmutige Layout des Buches besorgt hat.

Hannover und Essen, Dezember 2009

Hans-Peter Wiendahl

Jürgen Reichardt

Peter Nyhuis

Gedenkwort

Das Handbuch Fabrikplanung liegt nun bereits in der dritten Auflage vor. Es ist das erste Mal, dass Univ.-Prof. Dr. h. c. mult. Dr.-Ing. Hans-Peter Wiendahl die Texte nicht final prüfen und freigeben konnte und er die neue Auflage dieses Buches, an der er in den Anfängen noch aktiv mitwirkte, nicht mehr miterlebt. Mit tiefer Trauer und großer Anerkennung gedenken wir eines außergewöhnlichen Professors, der nicht nur ein renommierter Forscher, sondern auch ein ausgewiesener Praktiker und legendärer Lehrender war. Über dieses Buch hinaus gibt es vieles, was von ihm in Erinnerung bleibt.

Professor Wiendahl war ein Vollblutforscher und Meister seines Fachs, der stets die Nähe zur Praxis suchte. Diese besondere Affinität zur praktischen Anwendung hatte sicher auch mit seinem persönlichen Werdegang zu tun: Hans-Peter Wiendahl (geboren 1938) begann seine Karriere mit einer Ausbildung als Facharbeiter. Er studierte Maschinenbau an der Staatlichen Ingenieurschule Dortmund sowie an der RWTH Aachen, unterbrochen durch eine zwei jährige Konstrukteurstätigkeit bei der Hoesch AG Westfalenhütte. Im Rahmen eines Stipendiums verbrachte er außerdem zwei Semester am renommierten Massachusetts Institute of Technology (MIT) in den USA. Nach seiner Promotion und Habilitation der RWTH Aachen war er sieben Jahre bei der Schweizer Firma Sulzer Escher Wyss, zunächst als Hauptabteilungsleiter Planung und Qualität, dann als technischer Leiter der Branche Papiermaschinen. 1979 übernahm er einen Lehrstuhl an der Leibniz Universität Hannover und wurde Geschäftsführer des IFA (Institut für Fabrikanlagen und Logistik). Diese Position hatte er bis zu seiner Pensionierung im Jahr 2003 inne. Anschließend wirkte er noch weitere fünf Jahre am IPH (Institut für Integrierte Produktion Hannover).

Professor Wiendahls Kollegen und Mitarbeiter schätzten ihn nicht nur als herausragenden Wissenschaftler, son-

dern auch als Führungsperson. Er genoss einen nahezu legendären Ruf als Hochschullehrer mit gut strukturierten, wissenschaftlich anspruchsvollen und praxisnahen Vorlesungen und Vorträgen. Er kümmerte sich zudem engagiert um den wissenschaftlichen Nachwuchs. Dabei war er kritisch, aber immer konstruktiv und hilfsbereit. Hans-Peter Wiendahl war nicht der Professor, der „Kraft seines Amtes“ alles besser wusste. Er konnte zuhören, sehr schnell reflektieren und analysieren. Er hat sich in Diskussionen stets durch Argumente überzeugen lassen. Die Entwicklung einer für die Aspekte aus Prozess und Raum gemeinsamen Methodik der „Synergetischen Fabrikplanung“, gerade auch die gegenwärtige Vertiefung seiner langjährigen Forschungen zur Wandlungsfähigkeit um Aspekte der Nachhaltigkeit, waren nur auf der Grundlage dieser besonderen Fähigkeiten möglich. Dies brachte ihm den höchsten Respekt sowohl bei seinen wissenschaftlichen nationalen und internationalen Kollegen als auch bei den Praktikern.

Mit großem Verantwortungsbewusstsein brachte sich Professor Wiendahl in zahlreichen Kuratorien, in Gutachterkreisen der Forschungsförderung, in Begehungen von Sonderforschungsbereichen der DFG, vor allem in den Akademien der WGP (Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik) und der CIRP (Internationale Akademie für Produktionstechnik) sowie in Aufsichtsratsgremien seine fachliche und wissenschaftliche Kompetenz ein.

Am 7. Juli 2019 starb Professor Wiendahl im Alter von 81 Jahren. Es überdauern nicht nur die zahlreichen nationalen und internationalen Ehrungen und Auszeichnungen, die mehr als 200 Zeitschriftenartikel und 15 Bücher im Bereich Fabrikplanung und Produktionsorganisation. Es bleiben auch die Werte, die er verkörpert hat: Zuewandtheit, Engagement, Praxisbezug und Kooperation.

Die Autoren



Dr.-Ing. habil. Hans-Hermann Wiendahl geboren 1967 in Hagen/Westfalen, absolvierte eine Stammhauslehre bei der Siemens AG und studierte anschließend Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Berlin. Während seiner Beschäftigung am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität

Stuttgart sowie am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart promovierte er 2002 bei Prof. Westkämper und habilitierte sich dort 2010 im Themengebiet Auftragsabwicklung bzw. Auftragsmanagement für Produktionsunternehmen. Er ist Autor vieler Fachartikel und Buchbeiträge.

Von 2008 bis 2016 war er bei der SMS Group in verschiedenen Positionen für Grobplanung, Fertigungssteuerung und Prozessgestaltung verantwortlich. Während dieser Zeit war er in leitender Rolle für die Softwareeinführung (SAP, APS) zur Planung und Steuerung der Supply Chain, Produktion und Logistik verantwortlich und begleitete außerdem die Werksneugestaltung am Hauptstandort in Hilchenbach.

2016 kehrte er ans Fraunhofer IPA zurück und ist dort im Themenfeld Fabrikplanung und Produktionsmanagement tätig. Außerdem leitet er am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart das Forschungsgebiet Auftragsmanagement. Ein wichtiger Arbeitsschwerpunkt ist hierbei die integrierte Planung von Fabriken und PPS.

Dr. Wiendahl ist Mitglied der International Federation for Information Processing - IFIP (Working Group 5.7: Production Control) und im VDI in verschiedenen Gremien im Themenfeld Produktionsmanagement aktiv.



Prof. Dipl.-Ing. Architekt Jürgen Reichardt geboren 1956, studierte Architektur an der TH Karlsruhe und der TU Braunschweig. Als studentischer Assistent am Lehrstuhl für Industriebau der TU Braunschweig unter Leitung von Prof. Walter Henn entwickelte sich sein Interesse für Fabrikarchitektur. Im Rahmen eines DAAD-Stipendiums war er studienbegleitend als Auslandspraktikant in

Chicago tätig. Das Studium schloss er 1981 mit Diplom bei Prof. von Gerkan ab. Nach Mitarbeit in mehreren Braunschweiger Entwurfsbüros war Prof. Reichardt von 1983 bis 1986 wissenschaftlicher Assistent bei Prof. Helmut Schulitz am Lehrstuhl für Industriebau und Baukonstruktion an der TU Braunschweig, der eine Projektpartnerschaft mit Prof. Schulitz folgte. 1986 erfolgte seine Berufung in den Bund Deutscher Architekten (BDA) und 1988 die Aufnahme als Meisterschüler an die Hochschule für Bildende Künste Braunschweig.

Von 1988 bis 1995 war Prof. Reichardt Projektleiter Entwurf und Realisierung komplexer Industriebauten in der agiplan AG in Mülheim/Ruhr. 1992 gründete er sein Büro Reichardt Architekten in Essen mit dem Schwerpunkt der Planung von Industriererken und Logistikzentren.

Seit 1996 ist er Professor an der Münster School of Architecture (MSA) im Fachbereich Baukonstruktion und Industriebau. Dort ist er seit 2021 mit der Einführung eines internationalen PhD-Studiengangs in der Architektur betraut. Von 2004 bis 2020 dozierte er im Fernstudiengang Gebäudegestaltung und Facility Management an der FH Gießen-Friedberg.

Seit 2008 firmiert sein deutsches Büro als RMA | Reichardt - Maas - Assoziierte Architekten GmbH & Co. KG in Essen. Von 2011 bis 2015 war er Beirat des bauforumstahl e. V. Seit 2021 redigiert Prof. Reichardt als Guest Editor Sustainability internationale Forschungsarbeiten für Applied Science/MDPI.



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis geboren 1957 in Hannover, studierte von 1978 bis 1984 Maschinenbau an der Universität Hannover. Er promovierte 1991 nach seiner Assistentenzeit am Institut für Fabrikanlagen und Logistik bei Prof. Wiendahl. Im Jahr 1999 schloss er seine Habilitation für das Fachgebiet Produktionslogistik ab. Er ist

Autor zahlreicher Buchbeiträge und Fachartikel zu den Themen Produktionsplanung und -steuerung, Produktionscontrolling, Logistische Kennlinien, Fabrikplanung und Beschaffungslogistik.

Von 1999 bis 2003 war Prof. Nyhuis bei der Siemens AG in der SPLS Supply Chain Consulting tätig. Er war dort als Partner für die Themen Supply Chain Management und Supply Chain Design zuständig. Neben Entwicklungsprojekten wie der Definition konzernweiter Prozessstandards und der Entwicklung eines Leitfadens für das Supply Chain Design betreute Prof. Nyhuis zahlreiche interne und externe Umsetzungsprojekte zur Optimierung der Logistik in Beschaffung, Produktion, Distribution und Order Management.

2003 erhielt er den Ruf an die Universität Hannover. Als Geschäftsführender Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik an der Leibniz Universität Hannover vertritt er seitdem die Forschungs- und Lehrgebiete Fabrikplanung, Produktionslogistik, Montageplanung, Zuführtechnik und Arbeitswissenschaft. Seit dem 01. Januar 2008 ist er zudem geschäftsführender Gesellschafter des Instituts für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH).



Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. mult. h.c. Hans-Peter Wiendahl (†) geboren 1938, gestorben 2019, studierte zunächst Maschinenbau an der Staatlichen Ingenieurschule Dortmund und schloss nach einer zweijährigen Konstrukteurstätigkeit ein Maschinenbaustudium an der RWTH Aachen und am MIT, Cambridge, USA an. Danach promovierte er 1970 bei Prof. Opitz am Werkzeugmaschinenlaboratorium

der RWTH Aachen und habilitierte sich dort 1972. Von 1972 bis 1974 war er Leiter Planung und Qualität der Escher Wyss GmbH Ravensburg, einer Tochter des Sulzer-Konzerns und anschließend Leiter Technik Papiermaschinen in dieser Firma. 1979 folgte er einem Ruf an die Universität Hannover, wo er bis 2003 als Geschäftsführender Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik im Fachbereich Maschinenbau wirkte. Die Schwerpunkte seiner Forschungs- und Lehrtätigkeit lagen auf dem Gebiet der Fabrikplanung, Produktionssteuerung und Montage. Zahlreiche Bücher, Zeitschriftenaufsätze, realisierte Fabrikprojekte und einige Filme dokumentieren seine Arbeiten. In seiner aktiven Universitätszeit amtierte Prof. Wiendahl unter anderem als Vizepräsident für Forschung an seiner Universität. Er war Fachgutachter der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), der Stiftung Industrieforschung und der Volkswagenstiftung. Von 1992 bis 2008 war er Geschäftsführender Gesellschafter des Instituts für Integrierte Produktion gemeinnützige GmbH (IPH) Hannover. Darüber hinaus nahm er Gastvorlesungen an der ETH Zürich, der RWTH Aachen und der Jacobs University in Bremen sowie Mandate als Beirats- und Aufsichtsrat wahr.

Prof. Wiendahl war Mitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik e. V. (WGP, Vorsitz 1998/99), der Internationalen Akademie für Produktionstechnik (CIRP) und der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech). Er war Ehrendoktor der TU Magdeburg, der ETH Zürich und der Universität Dortmund sowie Träger der Herwart-Opitz-Ehrenmedaille des VDI sowie der Golden Medal des SME USA.

Prof. Wiendahl initiierte die Synergetische Fabrikplanung gemeinsam mit Prof. Reichardt und war Autor der 1. und 2. Auflage dieses Buches.

Die Mitverfasser

Felix Bussemer

Linde Material Handling GmbH

Abschnitt 7.5 (Vertragsanbahnung und -gestaltung)

Cihan Cevirgen

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover

Abschnitt 1.1 (Einleitung), Abschnitt 1.2 (Synergetische Fabrikplanung), Abschnitt 1.3 (Planungsgrundlagen), Abschnitt 1.4 (Produktionsanforderungen), Abschnitt 7.5 (Vertragsanbahnung und -gestaltung)

Detlef Gerst

IG Metall

Abschnitt 8.2 (Arbeitsorganisation und Kompetenzentwicklung)

Tobias Heinen

GREAN GmbH

Abschnitt 2.3 (Nachhaltigkeit)

Lennart Hingst

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover

Abschnitt 2.2 (Veränderungsfähigkeit), Kapitel 4 (Grundlagenermittlung), Abschnitt 5.1 (Grundlagen), Abschnitt 5.2 (Strukturentwicklung), Abschnitt 5.3 (Strukturdimensionierung), Abschnitt 5.4 (Groblayoutplanung), Abschnitt 6.1 (Grundlagen), Abschnitt 6.2 (Transporte), Abschnitt 6.3 (Verkehrswege), Abschnitt 6.4 (Feinlayout), Abschnitt 7.8 (Umsetzung)

Gerhard Hoffmann

Beratender Ingenieur, IK NRW
Senior Auditor DGNB + BREEAM
DACH

Abschnitt 5.6.4 (Technische Gebäudeausstattung)

Justin Hook

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover

Abschnitt 2.4 (Digitalisierung), Kapitel 7 (Projektmanagement und Umsetzung)

Jonas Kerstgens

Reichardt - Maas - Assoziierte
Architekten GmbH & Co. KG

Abschnitt 1.2 (Synergetische Fabrikplanung), Abschnitt 2.4 (Digitalisierung), Abschnitt 3.1 (Zielfestlegung), Abschnitt 3.2 (Standortplanung), Abschnitt 5.5 (Generalbebauung), Abschnitt 5.6 (Gebäudegestaltung), Abschnitt 6.5 (Räumliche Arbeitsbereichsgestaltung), Abschnitt 6.6 (Räumliche Arbeitsplatzgestaltung), Abschnitt 8.3 (Facility Management), Kapitel 9 (Fallbeispiele)

Alexander Mütze

thyssenkrupp Marine Systems GmbH

Abschnitt 5.1 (Grundlagen), Abschnitt 6.1 (Grundlagen), Abschnitt 8.1 (Produktionsplanung und -steuerung, PPS)

Yeong-Bae Park

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover

Abschnitt 2.5 (Kommunikation)

Leonard Rieke

Institut für Fabrikanlagen und Logistik
(IFA), Leibniz Universität Hannover

Abschnitt 3.1 (Zielfestlegung), Abschnitt 5.2 (Strukturentwicklung), Abschnitt 5.3 (Strukturdimensionierung), Abschnitt 5.4 (Groblayoutplanung), Abschnitt 6.2 (Transporte), Abschnitt 6.3 (Verkehrswege), Abschnitt 6.4 (Feinlayout)

Lena Wecken

Institut für Fabrikanlagen und Logistik
(IFA), Leibniz Universität Hannover

Abschnitt 2.1 (Geschichte der Produktionskonzepte), Abschnitt 3.2 (Standortplanung), Abschnitt 5.1 (Grundlagen), Abschnitt 7.8 (Umsetzung)

Grundlagen der Fabrikplanung

1.1	Einleitung	3
1.1.1	Wandlungsträge Fabriken	3
1.1.2	Bisherige Ansätze der Unternehmensführung	6
1.1.3	Wettbewerbsfaktoren überlegener Organisationen	10
1.1.4	Lösungsansatz für die Fabrikplanung	14
1.2	Synergetische Fabrikplanung	15
1.2.1	Bestehende Fabrikplanungsansätze	15
1.2.2	Ansatz der Synergetischen Fabrikplanung	17
1.2.3	Prozess- und Schalenmodell	20
1.3	Planungsgrundlagen	29
1.3.1	Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung	29
1.3.2	Zielhierarchie der Fabrikplanung	31
1.3.3	Von der Wettbewerbsstrategie zur Fabrikstrategie	32
1.3.4	Marktleistung	36
1.3.5	Geschäftsprozesse	40
1.3.6	Gestaltungsfelder der Fabrik	41
1.3.7	Produktionsstandort und Fabrik	41
1.3.8	Morphologie der Fabriktypen	42
1.4	Produktionsanforderungen	46
1.4.1	Generelle Aspekte	46
1.4.2	Reaktionsschnelligkeit	47
1.4.3	Mengen- und Variantenflexibilität	48
1.4.4	Grenzwertorientierung	51
1.4.5	Selbstorganisation und Partizipation	56
1.4.6	Vernetzung und Kooperation	58
1.4.7	Demografische Entwicklung	61
1.4.8	Unternehmenskultur	62
1.5	Zusammenfassung	66

1

Grundlagen der Fabrikplanung

Kapitel 1 leitet in das Themenfeld der Fabrikplanung ein und beschreibt den inhaltlichen Rahmen dieses Handbuchs. Die Kernidee des hier vorgestellten Fabrikplanungsansatzes besteht darin, über eine integrierte Betrachtung von Prozess- und Raumsicht aus der spezifischen Problemstellung heraus ein Ergebnis methodengeleitet schrittweise zu erarbeiten, welches vorgegebene Fabrikziele bestmöglich erfüllt und eine zukunftsfähige Fabrik garantiert. Hierzu behandelt Kapitel 1 folgende Themenschwerpunkte:

- Die *Einleitung* (Abschnitt 1.1) illustriert die Problemfelder wandlungsträger Fabriken und leitet daraus Wettbewerbsfaktoren überlegener Organisationen ab, die das heutige Verständnis der Fabrikplanung maßgeblich prägen.
- Aus diesem Verständnis formt sich das Bild der *Synergetischen Fabrikplanung* (Abschnitt 1.2), mit der Fabriken in einem integrativen Modell aus Prozess- und Raumsicht geplant werden. Diese Herangehensweise und die damit einhergehenden Planungsprozesse geben den strukturellen und inhaltlichen Rahmen dieses Handbuchs vor.
- Zur besseren Einordnung der Fabrikplanung stellt Abschnitt 1.3 die notwendigen *Planungsgrundlagen* vor, die einen Einfluss auf die Gestaltungsfelder der Fabrik haben.
- Darüber hinaus bedarf es der Herleitung wesentlicher *Produktionsanforderungen* (Abschnitt 1.4), die weitere grundlegende Rahmenbedingungen an die Planung von Fabriken stellen.

1.1 Einleitung

Steigen Veränderungsgeschwindigkeit und -umfang im Umfeld eines Unternehmens, verliert die Fabrik ohne adäquate Veränderungen über wenige Jahre ihre Wettbewerbsfähigkeit. Der Hauptgrund liegt in der mangelnden Anpassungsfähigkeit ihrer Einrichtungen und Organisation. Für eine strategisch weitsichtige Fabrikplanung ist es daher unerlässlich, die Veränderungstreiber zu kennen, die in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft auf eine Fabrik eingewirkt haben bzw. einwirken.

Neben der bekannten Anforderung an Effizienz werden heutzutage auch ergänzende Anforderungen vor allem bezüglich der Veränderungsfähigkeit, der Nachhaltigkeit, der Kommunikation sowie der digitalen Infrastruktur gestellt. Um diese bei der Fabrikgestaltung angemessen zu berücksichtigen, ist eine integrierte Prozess- und Raumsicht, die sogenannte Synergetische Fabrikplanung, wichtig.

Dieses Kapitel zeigt zunächst die Symptome einer wandlungsträgen Fabrik, erläutert dann wesentliche Entwicklungsstufen der modernen Fabrik, skizziert erste Ansätze eines wettbewerbsfähigen Produktionsunternehmens und gibt einen einleitenden Überblick über den im Buch verfolgten Lösungsansatz der Synergetischen Fabrikplanung.

1.1.1 Wandlungsträge Fabriken

Seit Beginn der 1990er-Jahre ist in Deutschland eine intensive Diskussion über die Rolle und Bedeutung der Produktion in Wissenschaft und Praxis zu beobachten. Der in den 1980er-Jahren entwickelte Ansatz des Computer Integrated Manufacturing (CIM) brachte nicht den erhofften Erfolg, um den weltweit höchsten Arbeitskosten zu begegnen. Die Scheinkonjunktur nach der deutschen Wiedervereinigung täuschte über die immer deutlicher werden den Schwächen des Produktionsstandorts Deutschland hinweg. Erst die vom Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA, erstellte Studie über die japanische, US-amerikanische und europäische Automobilindustrie machte schlagartig deutlich, dass insbesondere die deutschen Industrieunternehmen dabei waren, ihre Wettbewerbsfähigkeit hinsichtlich Produktivität, Lieferzeiten und Qualität einzubüßen [Wom90].

Als Hauptursache gilt die unzureichende Innovations- und Anpassungsfähigkeit der Unternehmen an die enorme Dynamisierung der Märkte und Technologien. Diese überwiegend durch Führungsmängel verursachte Schwäche lässt sich mit dem Begriff der *wandlungsträgen Fabrik* bezeichnen, deren Merkmale Bild 1.1 nach vier Hauptkriterien gliedert.

In der wandlungsträgen Fabrik entstand im Laufe einer langen Unternehmenstradition eine *komplexe Aufbau- und Ablauforganisation*: Zahlreiche Abteilungen, streng gegliedert in fünf bis zu sieben Hierarchiestufen, haben genau festgelegte Aufgaben und Kompetenzen. Eine Mitarbeiterbeteiligung ist nicht erwünscht, die Entgeltsysteme sind

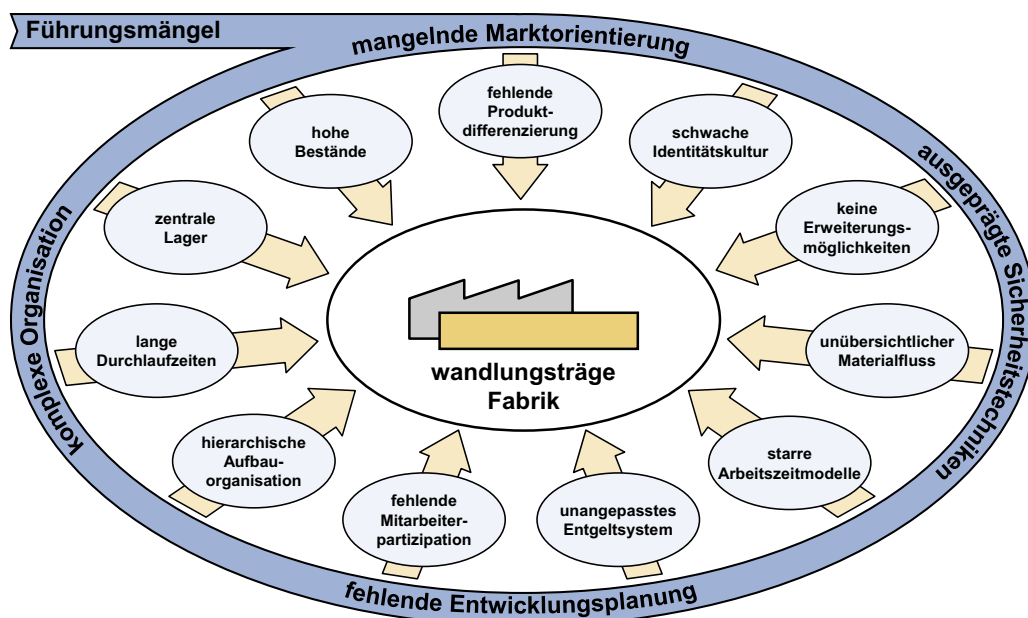


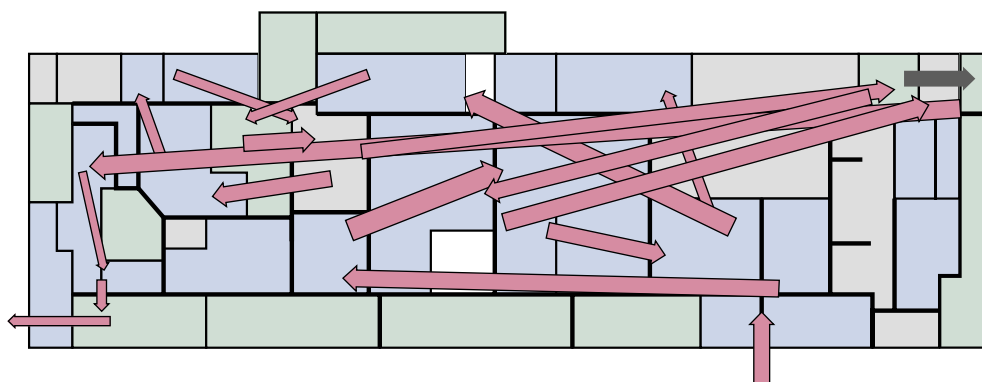
Bild 1.1 Merkmale wandlungsträger Fabriken

auf Leistung, nicht auf Ergebnisse ausgerichtet. Betont wird die funktionale Optimierung der Abläufe in Vertrieb, Konstruktion und Produktion. Lange Entscheidungswege und eine mehrfach aufgeteilte Verantwortung gegenüber dem Kunden für die Auftragsabwicklung sind die Folge. Fehlende Kundennähe steht in einem engen Zusammenhang mit einer *mangelnden Marktorientierung*. Infolge der funktionalen Organisation stehen nicht der Kunde und die Erfüllung seiner Wünsche im Vordergrund, sondern die Betonung von Betriebszielen wie die hohe Auslastung des Maschinenparks oder die Fertigung in sogenannten wirtschaftlichen Losgrößen. Erfolgreiches Handeln am Markt ist aber nur möglich, wenn es nach dem Grundsatz erfolgt, dass alles, was dem Kunden nicht dient, Verschwendung ist. Wandlungsträgen Unternehmen fehlt diese Ausrichtung. Sie nehmen meist keine innerbetriebliche Differenzierung ihrer Leistungen nach Kundengruppen und Märkten vor. Lange Durchlaufzeiten, hohe Bestände und zentrale Lager sind die sichtbaren Zeichen dieser falschen bzw. inkonsistenten Unternehmensausrichtung. Vielfach fehlt auch eine Unternehmensvision als Handlungsleitlinie, aus der für jeden Mitarbeiter unmittelbar verständlich wird, worin das grundlegende Unternehmensziel besteht. Eine gefährliche Folge ist die schwindende Unternehmensidentität und -kultur. Da sich die Mitarbeiter nicht mit dem Unternehmen und seinen Produkten identifizieren, sondern sich als Rädchen in einem großen Getriebe fühlen, kommt es teilweise zur „inneren Kündigung“. Man kämpft sich von Tag zu Tag durch die komplizierte Organisation. Kraft für neue Ideen bleibt nicht mehr. Dies spüren auch die Kunden, die zu Recht ein mangelndes Engagement ihrer Gesprächspartner beklagen. Ohne eine solche Gesamtzielsetzung ist auch die *Unternehmensentwicklung* nicht zu planen. Die historisch gewachsenen Strukturen spiegeln sich in einer planlosen

Gebäudestruktur wider, die einen ungeordneten Materialfluss und lange Transportwege nach sich zieht. Kurzfristige Anpassungen von Betriebsbereichen, z. B. aufgrund eines steigenden Produktionsbedarfs, sind nur mit erheblichem Aufwand möglich, weil keine Erweiterungsmöglichkeiten vorhanden oder vorgesehen sind. Verstärkt wird der Kulturverfall noch durch unansehnliche Gebäude, ungeordnete, räumlich verstreute Lagerflächen mit Rohmaterial, halb fertigen Teilen und Schrottsammlungen sowie schmutzige, schlecht beleuchtete Werkhallen, die eine positive Arbeitseinstellung erschweren. In diesem Zustand möchten die Verantwortlichen der Fabrik ihre Kunden gar nicht mehr durch den Betrieb führen, weil die Diskrepanz zwischen dem Produktanspruch und dem Erscheinungsbild der Fabrik zu offensichtlich ist.

Die geschilderten Entwicklungen führen schließlich zu einem *ausgeprägten Sicherheitsdenken*. Hohe Bestände in Rohmaterial, Zukaufteilen, Zwischenfabrikaten und Endprodukten täuschen eine Reaktionsfähigkeit vor, welche die Struktur selbst nicht mehr leisten kann. Kommt es zu Aufträgen, die nicht der Routine entsprechen, entstehen lange Lieferzeiten, Eilaufträge und Terminverzögerungen.

Bild 1.2 zeigt ein typisches Praxisbeispiel für Wandlungsträgheit. In dem dargestellten Fertigungsbereich fällt sofort der stark ungerichtete Materialfluss auf. Die hier gefertigten Produkte legen während ihrer Bearbeitung deutlich mehr als einen Kilometer Wegstrecke zurück. Durchlaufzeiten von mehr als vier Wochen bei einer Bearbeitungszeit von zwei Tagen hatten hier eine ihrer Ursachen, doch auch lange Rüstzeiten und ein hoher Anteil an Nacharbeit bremsen den Auftragsdurchlauf. Ein neu aufzunehmendes Produkt in der Fertigung erzeugte ein Flächendefizit von 1400 m². Das bildete einen Anlass, diese Struktur infrage zu stellen. Eine daraufhin initiierte Studie zeigte, dass eine konsequente Ausrichtung auf drei



Analyseergebnisse

- stark ungerichteter Materialfluss
- Durchlaufzeit ca. 38 Arbeitstage
- Fertigungswege 1300 m bis 1500 m
- Nacharbeitsanteil 20 %
- Rüstzeiten bis zu 16 Stunden
- Flächendefizit 1400 m²

Bild 1.2

Istzustand eines Fertigungsbereichs

Produktgruppen (Renner, Läufer, Exoten), eine Vereinheitlichung der Arbeitsabläufe und eine Einführung des Ziehprinzips für die Auftragssteuerung eine Durchlaufzeitverkürzung von 50% und eine Flächenverringern von 40% ermöglichen.

Neben dieser internen Sicht auf eine Fabrik sind auch externe ökologische Aspekte, also insbesondere Ressourcenschonung und Umweltschutz, in dieser Form nicht mehr erfüllbar. Eine wichtige Größe in diesem Zusammenhang ist der sogenannte ökologische Fußabdruck (Ecological Footprint): „Er misst, wie viel Land und Wasser die Menschen benötigen, um die Ressourcen (wie Nahrung und Holz) zu produzieren, die sie verbrauchen, und wie viel Land für Infrastruktur und die Absorption des dabei erzeugten CO₂ benötigt wird. Diese Werte werden mit der Biokapazität verglichen, also der Fähigkeit der Natur, diese Anforderung zu erfüllen“ [Gfn17]. In der globalen Übersicht über die Schuldner und Gläubiger der Ökobilanz zeigt sich, dass die Industrienationen, aber auch einige Länder des Nahen Ostens und Afrikas deutlich über ihre Verhältnisse leben, weil ihr Footprint teilweise dramatisch größer ist als ihre Biokapazität [Gfn17]. Dabei ist festzuhalten, dass sich der Verbrauch natürlicher Ressourcen in den letzten 40 Jahren verdoppelt hat [Pol10]. Seit mehr als 20 Jahren verbraucht die Menschheit jährlich ein Viertel bis ein Drittel mehr, als die Erde regenerieren kann.

Bild 1.3 zeigt den ökologischen Fußabdruck der Länder abhängig von ihrem Wohlstand und normiert auf die An-

zahl an benötigten Erden. Als Human Development Index (HDI) wird ein geometrisches Mittel aus den Teilindizes für die Lebenserwartung (life expectancy at birth), für Bildung (mean years of schooling and expected years of schooling) und für Einkommen (GNI = Gross National Income per capita) gebildet. Als hoch gilt ein Indexwert von etwa 0,7 und als sehr hoch ein Wert von etwa 0,8. Der Ecological Footprint wird in Hektarfläche pro Person bemessen.

Als nachhaltig vertretbar gilt der Quadrant, der unter Beibehaltung der heutigen Flächenbelegung einen Human Development Index zwischen 0,7 und 1 ermöglicht. Bild 1.3 macht deutlich, dass nur einige Länder aus Afrika, Lateinamerika und Europa diesem Anspruch genügen. Der Rest gliedert sich in zwei Gruppen. Die Länder der einen Gruppe – vorwiegend die USA, Europa und einige asiatische Länder – verbrauchen zu viele Ressourcen bei hohem Lebensstandard. Alleine Deutschland benötigt Stand heute im Weltmaßstab 2,9 Erden, um den hier erreichten Lebensstandard zu halten. Die Länder der zweiten Gruppe – überwiegend afrikanische und viele asiatische sowie lateinamerikanische Länder – leben unterhalb des wünschenswerten Lebensstandards, verbrauchen aber (noch) vergleichsweise wenig Land.

Für 2050 werden 9,7 Mrd. Menschen prognostiziert. Wenn die Lebensqualität dieser Menschen insbesondere in den aufstrebenden Schwellenländern (Transition Economies) wie China, Brasilien und Indien unter Beibehaltung der bisherigen Produktionsverfahren und des Konsumverhal-

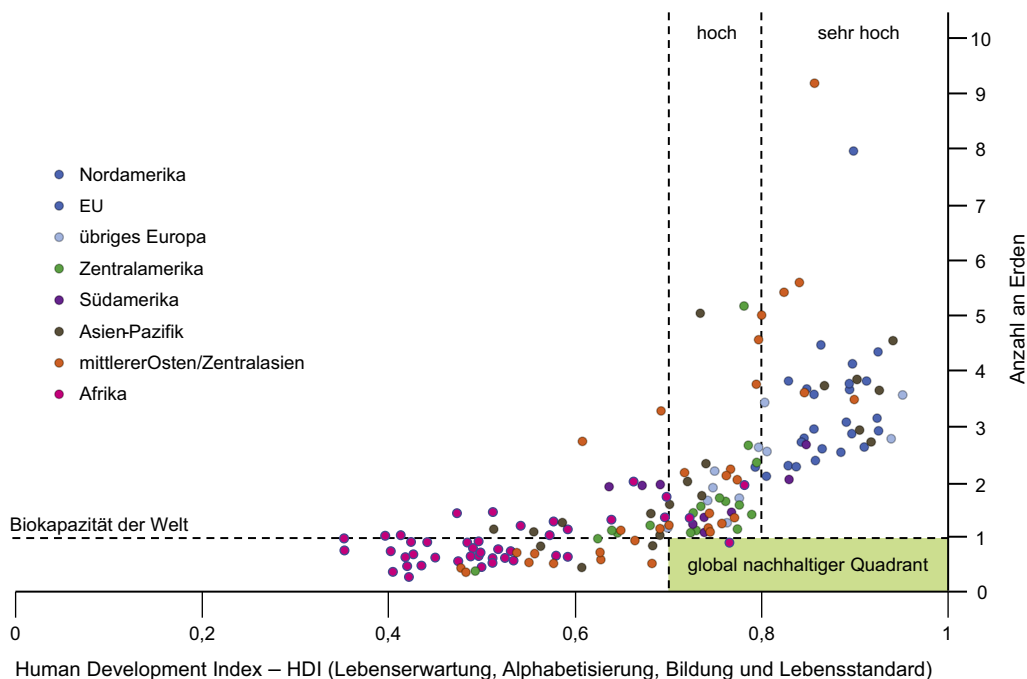


Bild 1.3 Ecological Footprint and Human Development (Global Footprint Network)

tens der Industrieländer erhalten bzw. erreicht werden soll, wird jedes verantwortbare Maß des Verbrauchs überschritten [WWF10; Sel07].

Die nähere Ursachenanalyse verdeutlicht Bedeutung und Wirkhebel der Fabrikplaner und -betreiber: So nutzen die Gebäudetypen Wohn-, Nichtwohn- und Industriegebäude die Gesamtenergie zu 8%, 22% bzw. 32%. Der Industriesektor inklusive der Wertschöpfungsketten verantwortet 31% der Emissionen [IEA19]. In Deutschland verursacht das verarbeitende Gewerbe jährlich die größte CO₂-Emission [UBA21]. Der Einsatz endlicher Rohstoffe für die Herstellung von Prozesstechnik und Gebäuden sowie Flächenversiegelung für weitläufige Anlagen beeinflussen unsere Umwelt weiter negativ.

Nur wenn neben der Wandlungsfähigkeit die Nachhaltigkeit in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht als zukünftiges Handlungsprinzip anerkannt wird, kann es gelingen, die Produktion von Gütern weiterhin zu ermöglichen, den gesamtheitlichen Wohlstand auszubauen und damit die Lebensqualität aller Menschen zu verbessern und zeitgleich die natürlichen Ressourcen und Ökosysteme für zukünftige Generationen zu erhalten. Letztlich geht es also um den zum Teil schon eingetretenen und weiter drohenden Klimawandel und seine Begrenzung oder – positiv gewendet – um das Gelingen einer fundamentalen Öko-Innovation.

1.1.2 Bisherige Ansätze der Unternehmensführung

Die skizzierten Entwicklungen verdeutlichen, dass die früher erfolgreichen Grundsätze der industriellen Unternehmensführung angesichts eines immer schlechter planbaren Umfeldes sowie höherer ökologischer Anforderungen nicht mehr greifen. Hierzu zählten insbesondere folgende Grundsätze [Lut96; Klo98]:

- Maximale Durchplanung und Effektivierung aller betrieblichen Abläufe, vor allem in der Produktion: Exemplarisch hierfür stehen eine große Arbeitsvorbereitung und ausgeprägte Zeitwirtschaft.
- Klare arbeitsteilige Abgrenzung von Ressorts, fachlichen Zuständigkeiten und hierarchischen Verantwortlichkeiten: Kennzeichen hierfür sind umfangreiche Organisationshandbücher mit genauen Stellen- und Ablaufbeschreibungen.
- Gleichsetzung von fachlicher Kompetenz und hierarchischer Position: Dieses klassische Karrieremuster führt zwangsläufig zum Aufbau statt Abbau von Hierarchien.
- Eindeutige Präferenz für unternehmensinterne Lösungen: Nur ungern gab man vermeintliches oder tatsächliches unternehmensspezifisches Know-how in Form

von Zulieferungen aus dem Hause mit der Folge einer steigenden Teile- und Variantenvielfalt.

- Maximale Nutzung des Serieneffektes: Als typische Verhaltensweise resultiert hieraus die Bildung großer Lose, das Vorziehen von Aufträgen oder die Auslösung von Vorratsaufträgen ohne konkreten Kundenbedarf.
- Marktbehauptung durch inkrementale Produktinnovationen in Form schrittweiser Verbesserungen existierender Produkte als Normalfall: Ein dominantes Basisprodukt, häufig eine Erfindung des Firmeninhabers, erreichte so über lange Zeit eine starke Kundenbindung.
- Entwicklung neuer Produkte, sogenannter Sprunginnovationen, nur ausnahmsweise und zur Erschließung neuer Märkte: Selten erfolgten diese Innovationen auf Basis einer Studie der Kundenbedürfnisse (Market Pull) als vielmehr aus dem Technologiepotenzial des Unternehmens heraus (Technology Push). Im günstigsten Fall traf das neue Produkt auf ein vorhandenes Kundenbedürfnis oder weckte dieses.
- Primat arbeitssparender Investitionen und Innovationen: Da die Märkte noch nicht gesättigt waren, galt es, die hohen Lohn- und Lohnnebenkosten sowie die immer größeren Gemeinkosten durch überproportionale Rationalisierung des Produktionsprozesses zu kompensieren.
- Weitestgehende Externalisierung aller hierfür geeigneten Lasten und Kosten: Hierzu zählen insbesondere die Kosten der Umweltbelastung und bestimmter Sozialkosten, z. B. bei betriebsbedingter Kündigung.

Der Erfolg dieser Grundsätze war an bestimmte, relativ stabile Umfeldbedingungen geknüpft, die seit Ende der 1990er-Jahre allenfalls eingeschränkt Gültigkeit besitzen. So war beispielsweise die Veränderung der Absatzmärkte meist langfristig vorhersehbar. Ein Kennzeichen hierfür war eine mittelfristige Unternehmensplanung von drei bis fünf Jahren. Die Zahl der Wettbewerber auf diesen Märkten war begrenzt und ihre Stärken und Schwächen waren bekannt. Investitionskapital und natürliche Ressourcen waren zu niedrigen Kosten zu beschaffen. Die Umweltlasten spielten für den Unternehmenserfolg eine untergeordnete Rolle. Gleiches galt für den Börsenkurs des eigenen Unternehmens. Schließlich waren hoch motivierte, gut qualifizierte Arbeitskräfte überall verfügbar [Lut96]. Diese Rahmenbedingungen veränderten sich seit Beginn der 1980er-Jahre mit einer zuvor nicht erlebten Geschwindigkeit. Als wohl bedeutendste Herausforderung gilt die Globalisierung der Waren und Informationsströme, vorangetrieben durch die rasanten Entwicklungen der Logistik und des Internets sowie der digitalen Unterstützung der Prozesse. Dadurch drängt eine Fülle von Produkten aus jungen aggressiven Industrienationen auf den Weltmarkt. Als Folge davon werden Veränderungen der Märkte immer schlechter planbar.

Ausgehend von H.-J. Warnecke und Westkämper hat sich hierfür der Begriff des turbulenten Handlungsumfeldes etabliert [War93; Wes99]. Demnach können sich alle für die Produktion relevanten Parameter wie Produktaufbau, Wettbewerber, Absatzzahlen und verfügbare Technologien sehr schnell, kurzzyklisch und sprunghaft ändern. Damit nimmt die Vorhersehbarkeit von Veränderungen des industriellen Umfeldes stark ab. Indizien hierfür sind die anhaltende Verkürzung der Lebenszyklen eines Produktes vom Markteintritt bis zur Ablösung und die Diversifikation der Produkte mit immer mehr Varianten. Das neuere Akronym „VUCA“ beschreibt das Gleiche und steht für die englischen Begriffe „volatility“ (dt. Volatilität), „uncertainty“ (dt. Unsicherheit), „complexity“ (dt. Komplexität) und „ambiguity“ (dt. Mehrdeutigkeit) und charakterisiert die Herausforderung der Fabrikplanung: Veränderungen z.B. in der Technik können schwer bis gar nicht antizipiert werden (volatility). Sicher geglaubte Eingangsparameter gehören der Vergangenheit an (uncertainty). Der digitale Vormarsch verspricht dezentrale Lösungen, die vielschichtig und für manche undurchschaubar miteinander interagieren (complexity). Darüber hinaus lassen sich keine eindeutigen Ursache-Wirkketten mehr aufbauen (ambiguity).

Um die zunehmende Produktindividualisierung und die damit erhöhten logistischen Herausforderungen durch Zahlen zu untermauern, dient das nachfolgende Beispiel aus der Automobilbranche. Ein Audi A3 konnte im Jahr 2014 in der Theorie in sagenhaften $1,1 \times 10^{38}$ Varianten konfiguriert werden. Damit ist die Losgröße „1“ im Automobilsektor genau genommen keine Fiktion mehr [Hir15]. Im heutigen Straßenverkehr ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Audi einem identisch ausgestatteten Audi begegnet, praktisch null. Nicht ohne Grund möchte Audi als Teil

des VW Konzerns auf die steigende Individualisierung mit immer ausgefeilteren Plattformstrategien – dem sogenannten Modulare Querbaukasten (MQB) – antworten, welche individuelle Konfigurationen unter Einhaltung von festen Standards im Fahrzeugaufbau und bei Systembauteilen ermöglichen. Die Einführung des MQB realisierte Kosteneinsparungen von bis zu 30%. Inzwischen droht jedoch die Komplexität des Produktportfolios die Unternehmen zu überfordern, was zu weiteren Anstrengungen geführt hat, die wuchernde Modell- und Variantenvielfalt einzudämmen.

Zur Produktvielfalt tritt das rasche Vordringen neuer technologischer Entwicklungen hinzu, sei es in Form neuer Werkstoffe, Fertigungsverfahren und Informations- und Kommunikationstechniken wie Internet, RFID (Radio Frequency Identification Device) und Virtual sowie Augmented Reality. Sie eröffnen sowohl dem Konstrukteur als auch dem Fabrikgestalter neue Gestaltungsspielräume. Eine weitere eher strukturelle Entwicklung betrifft das Auseinanderdriften der *Lebenszyklen* der technischen Fabrikelemente Prozess, Gebäude und Grundstück im Vergleich zum Produkt. Wirth verdeutlicht diesen Tatbestand auf anschauliche Weise, wie in Bild 1.4 dargestellt wird ([Wirt00], zitiert nach [Sche14]):

- Die *Produktlebenskurve* (A) wird nicht zuletzt wegen der selbst erzeugten Variantenvielfalt immer kürzer. Um dieser Entwicklung zu begegnen, erfolgt häufig eine Aufteilung des Produktes in Grundmodule, die mehrere Produkte überdauern, und in variantenabhängige Komponenten, die den Neuheitsanspruch des Produktes begründen, wie z.B. eine zusätzliche Funktion oder ein neues Design. Die bereits erläuterten modularen Baukastensysteme sind zumindest in der Automobilindustrie mittlerweile stark verbreitet.

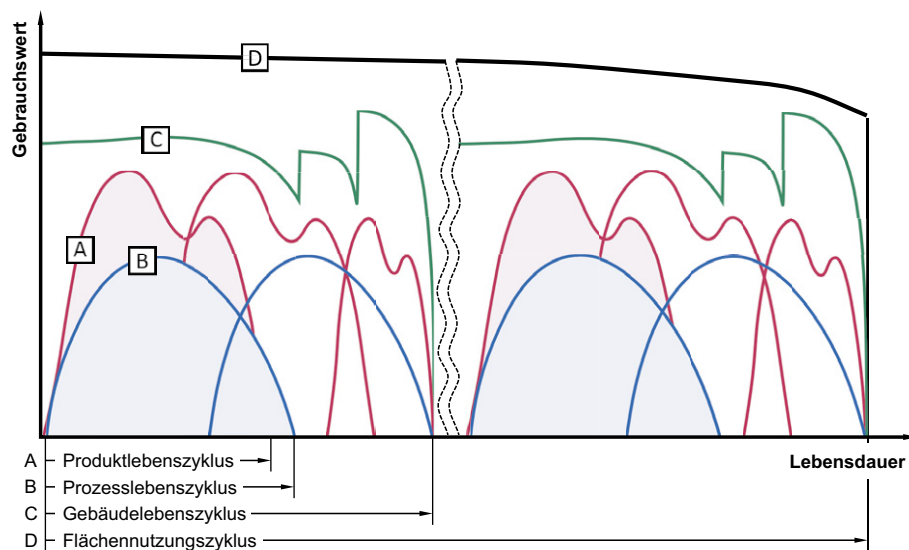


Bild 1.4

Zusammenhang zwischen Produkt-, Prozess-, Gebäudelebens- und Flächennutzungszyklus (Wirth)

- Technische Neuerungen und deren Wirtschaftlichkeit bestimmen den *Prozesslebenszyklus* (B). In der Regel wird er länger als der Produktlebenszyklus sein und für mehrere Produktgenerationen genutzt, nicht zuletzt wegen der Abschreibungsdauer der Betriebsmittel.
- Beim *Gebäudelebenszyklus* (C) ist zwischen dem eigentlichen Baukörper, der 30 bis 50 Jahre hält, und der technischen Gebäudeausrüstung, die vielleicht 10 bis 15 Jahre nutzbar ist, zu unterscheiden. Meist beträgt die Dauer beider Teilzyklen das Mehrfache der Prozess- und Produktzyklen.
- Der *Flächennutzungszyklus* (D) ist schließlich von der Lage des Grundstücks abhängig und dem damit verbundenen Bebauungsrecht. Er bewegt sich in der Größenordnung von Jahrzehnten und überdauert auch die Nutzungsdauer der Gebäude.

Wirth folgert daraus, dass die Teilsysteme wandlungsfähig zu gestalten und im Lebenszyklus der ganzen Fabrik zeitlich zu harmonisieren sind.

Trotz der daraus resultierenden vielfach vernetzten Entscheidungs- und Ausführungsprozesse bei der Produktentwicklung, Markteinführung und Auftragsabwicklung nimmt die verfügbare Zeit ab, die den Unternehmen zur Reaktion auf die Umfeldveränderungen zur Verfügung steht. Als wesentliche Reaktion auf diese Entwicklungen setzte sich zunächst der Gedanke der Komplexitätsreduktion durch. Angetrieben durch Konzepte der schlanken Produktion [Wom90] und des Business-Reengineering [Ham93] zeigten sich weitere Wege:

- Produkte und Produktionsprogramme wurden in Komponenten, Module und Teilsysteme zerlegt (*Produktmodularisierung*), und es erfolgte eine Konzentration auf Kernkompetenzen. Dies reduzierte die Eigenfertigungspositionen und zu disponierenden Artikel durch entsprechende Zulieferanten genauso drastisch wie die Arbeitskräfte in einer Fabrik. Die zwangsläufig engere Vernetzung mit anderen Unternehmen führt zu komplexeren und damit auch störungsanfälligeren Produktionsnetzwerken.
- Im Einklang hierzu erfuhr die gesamte *Beschaffungslogistik* eine Neustrukturierung, Differenzierung und Beschleunigung durch Direktbelieferung an den Verbauort des Materials sowie den Aufbau von Modul- und Systemlieferanten. Letztere übernahmen die Verantwortung von der konstruktiven Gestaltung bis zum Einbau in das Endprodukt. Ein weiteres Beispiel ist die Vergabe des kompletten C-Teile-Spektrums – das sind die Artikel eines Produkts, die nur 5 bis 10% des Wertes, aber 50 bis 80% der Teilepositionen ausmachen – an einen Logistikdienstleister.
- Schließlich erfuhr der direkte Wertschöpfungsbereich der Fertigung und Montage eine grundlegende Neuord-

nung durch *Segmentierung* und *Dezentralisierung*. Ausgehend von der Gruppentechnologie der 1960er-Jahre [Mit60] über die Fertigungsinseln der 1970/80er-Jahre entstanden die Konzepte der modularen Fabrik [Wild88] und der fraktalen Fabrik [War93]. Die Grundidee bestand darin, fertigungs- und montagetechnisch ähnliche Teilegruppen bzw. Baugruppen für ein Marktsegment mit bestimmten Anforderungen hinsichtlich Lieferzeit und Liefertreue in einer Leistungseinheit beginnend mit dem Auftragsabruf herzustellen und 100% qualitätsgeprüft einbaufertig weiterzugeben. Sämtliche indirekten Funktionen wie Material- und Werkzeugdisposition, Terminierung, Wartung, Instandhaltung bis hin zur Kapazitäts- und Personaleinsatzplanung wurden in die Leistungseinheit integriert. Sie tritt wie ein interner Zulieferer auf.

- Als Alternative zur Verlagerung findet die Einbindung in *Unternehmensnetzwerke* immer stärkere Beachtung [Kirs96]. Hier schließen sich Firmen zu einem virtuellen Unternehmen zusammen, welches nach außen wie ein großes Unternehmen auftritt und alle Leistungen aus einer Hand anbietet. Es erlaubt insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen, sich bei geringem Gemeinkostenaufwand erfolgreich um größere Projekte zu bewerben und diese abzuwickeln [Dan97].
- Neben diesen Strukturveränderungen in der Wertschöpfungskette ist seit Ende der 1990er-Jahre eine vermehrte *Methodenorientierung* zu beobachten. Basierend auf dem von Toyota eingeführten Toyota-Produktionssystem [Ohn93], das heute als Maßstab für eine effiziente Produktion gilt (siehe Abschnitt 2.1), erkannten viele Unternehmen, dass sie ihre gesamten Prozesse auf die Vermeidung von Verschwendung ausrichten müssen. Dieser Ansatz wird heute unter dem Begriff *schlanke Produktion* oder *Lean Production* zusammengefasst. Er wurde zunächst nur als Instrument zum Personalabbau verstanden, hat aber seit Beginn der 2000er-Jahre eine Neubewertung erfahren und die Entwicklung zahlreicher sogenannter ganzheitlicher Produktionssysteme (GPS) angestoßen [Spa03; LaZa07; Dom06]. Eine pragmatische Vorgehensweise, um in diesem Zusammenhang die Verschwendung an Zeit, Beständen, Flächen und Bewegungen rasch analysieren zu können, ist die von Rother und Shook vorgestellte Methode des Wertstromdesigns [RoSh04], die ihrerseits zu dem Begriff der Wertstromfabrik führte [Erl20].

Fasst man die bisherigen Evolutionsschritte der Fabrik unter den vorgenannten Aspekten zusammen, lassen sich stark vereinfacht vier prinzipielle Erscheinungsformen erkennen (Bild 1.5):

- Die *funktionale Fabrik* war bei stabilen und gut prognostizierbaren Märkten auf eine Effizienzsteigerung durch

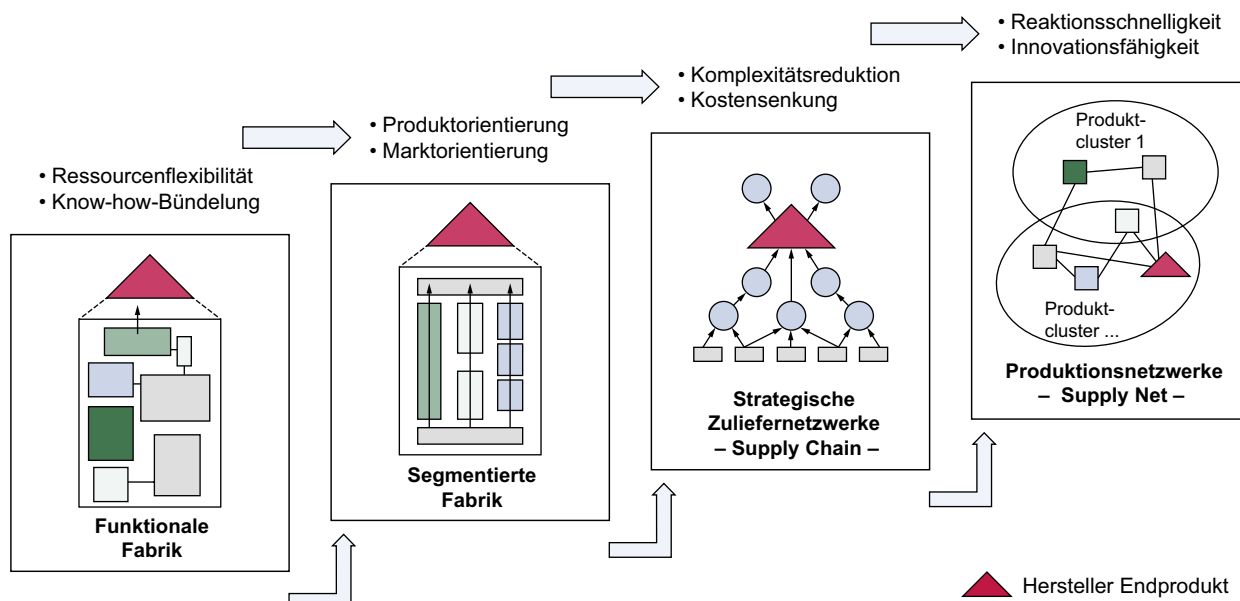


Bild 1.5 Von der funktionalen Fabrik zum Standort im Produktionsnetzwerk

Know-how-Bündelung ausgerichtet. Das damit einhergehende Werkstättenprinzip mit entsprechenden Stabsabteilungen gewährleistete eine hohe Ressourcenflexibilität, allerdings um den Preis hoher Bestände und langer Durchlaufzeiten.

- Die Notwendigkeit, sich stärker an den Märkten und ihren zugehörigen Produkten zu orientieren, führte zu der beschriebenen *modularen, fraktalen oder segmentierten Fabrik*. Die Auftragsabwicklung beschleunigte sich spürbar, jedoch war eine gelegentliche Unterauslastung der Einrichtungen in Kauf zu nehmen. Das Personal konnte nur durch Mehrfachqualifizierung und flexible Arbeitszeitmodelle ausgelastet werden.
- Mit weiter zunehmender Produkt- und Marktdifferenzierung wuchs die Komplexität jedoch, sodass mithilfe der beschriebenen Maßnahmen der Fertigungstiefenreduzierung insbesondere in der Automobilindustrie *strategische Zuliefernetzwerke*, auch als *Lieferketten* oder *Supply Chains* bezeichnet, entstanden. Das Unternehmen, das den Endkunden beliefert, konzentriert sich auf seine Kernkompetenzen, im Extremfall auf das Produktdesign, die Endmontage und den Vertrieb und schöpft beträchtliche Kostenpotenziale durch die konsequente Fremdvergabe von Beschaffungs-, Fertigungs-, Distributions- bis hin zu Entwicklungsprozessen aus. Derartige Netze sind üblicherweise auf die Produktionsdauer eines Produktes beschränkt. Typisch sind drei bis fünf Jahre.
- Mit steigender Turbulenz der Märkte und der gleichzeitigen Forderung nach größerer Geschwindigkeit der Leistungserstellung und erweitertem Leistungsumfang

entwickeln sich zusehends regionale und überregionale *Produktionsnetzwerke*. Sie bilden Produktionscluster, die sich mit hoher Innovationsrate und reaktionsschnell auftragsbezogen konfigurieren und ebenso wieder auflösen, wenn die Leistung erbracht wurde.

Allen skizzierten Erscheinungsformen der Fabrik ist gemeinsam, dass sie von immobilen Ressourcen (Gebäude, Betriebsmittel, Infrastruktur) und Standorten ausgehen. In Abschnitt 1.4 wird diskutiert, inwieweit sie damit den bereits existierenden und absehbaren zukünftigen Anforderungen genügen. Mit den geschilderten Konzepten ist es den Produktionsunternehmen in einem ersten Schritt weitgehend gelungen, ihre betriebliche Effizienz und die Reaktionsfähigkeit zu steigern, um den Herausforderungen des sich internationalisierenden Marktes gewachsen zu sein. Dabei haben sich die überlegene Produktfunktionalität, hohe Qualität und pünktliche Belieferung als wesentliche Alleinstellungsmerkmale erwiesen.

Als relativ neue Geschäftsfelder werden darüber hinaus seit den 1990er-Jahren sogenannte produktintegrierte Dienstleistungen entwickelt. Diese erstrecken sich über den gesamten Lebenszyklus des gelieferten Produktes, beginnend mit der Unterstützung des Kunden bei der Planung und Auslegung über die Montage und Inbetriebnahme bis zum internetgestützten Teleservice und Ersatzteilgeschäft sowie der Außerbetriebnahme und zum Rückbau bzw. der Rücknahme. Weiterentwicklungen dieses Ansatzes bestehen in sogenannten *Betreibermodellen*, bei denen der Anlagenhersteller ihr Eigentümer bleibt und der Kunde nur für die tatsächlich erzeugten Produkte

bezahlt. Betreibermodelle stellen auch einen wichtigen Beitrag zur sogenannten nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development) dar. Dieses strebt an, den Ressourcenverbrauch an Rohstoffen und Energie durch weitgehende Wiederverwendung und Wiederverwertung der Produkte zu minimieren und die Luft-, Wasser- und Bodenbelastung möglichst gering zu halten.

Viele Unternehmen sahen eine Lösung der eingangs geschilderten Probleme jedoch auch in der Verlagerung von Teilen ihrer Produktion in sogenannte Billiglohnländer, weil dort vermeintlich günstigere Produktionsbedingungen besonders hinsichtlich der Lohnkosten und Arbeitszeit vorliegen. Das Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) führt hierzu systematische Befragungen in der deutschen Industrie durch. Deren Ergebnisse für die Jahre 1995 bis 2015 zeigt Bild 1.6 – differenziert nach Betrieben der Metall- und Elektroindustrie sowie dem verarbeitenden Gewerbe [Kin18]. Nach 1995 ist beispielsweise bei der Metall- und Elektroindustrie eine starke Zunahme der Verlagerungen zu beobachten, die ab 2009 auf 12 % zurückgeht. Die Rückverlagerungen (auch Re-/Nearshoring, von engl.: shore, Küste) pendelten sich nach einer Sättigungsphase bei 3 % ein. Dominierend für eine Verlagerung waren Personalkosten, Kundennähe, die Markterschließung und die Nähe zu bereits verlagertem Produktion. Hauptmotive für eine Rückverlagerung waren mangelnde Flexibilität und Lieferfähigkeit, ungenügende Produktqualität, schlechte Kapazitätsauslastung, hohe Transportkosten und unerwartet hoher Koordinationsaufwand.

Einerseits ist unstrittig, dass Direktinvestitionen im Ausland einen positiven Effekt auf die Beschäftigung in Deutschland ausüben [Klo04]. Andererseits vermittelt die Studie wichtige Impulse für weitergehende Ansätze zur Wettbewerbsverbesserung insbesondere kleinerer Betriebe, um sie vor voreiligen Entscheidungen zu bewahren.

1.1.3 Wettbewerbsfaktoren überlegener Organisationen

Gleichwohl reichen die bisherigen Anstrengungen nicht aus, da die Strategie der Komplexitätsreduzierung eher auf das Abfedern der Marktturbulenz gerichtet ist und nicht durchgängig auf die ganze Wertschöpfungskette wirkt. Insbesondere droht die Gefahr des Verlustes der Reaktionsfähigkeit. Die internen Stärken der deutschen Unternehmen bergen vor dem Hintergrund eines hohen Ausbildungsniveaus, eines stabilen Sozialsystems, einer hervorragenden Infrastruktur und einer robusten Währung noch ein erhebliches Potenzial zur *Komplexitätsbeherrschung* als Erfolg versprechende Zukunftsstrategie. Denn schließlich bieten gerade turbulente Märkte Chancen für eine Offensivstrategie, die zusätzliche Marktanteile eröffnet. Dies setzt jedoch die Fähigkeit der Unternehmen voraus, nicht nur auf äußere Entwicklungen zu reagieren, sondern proaktiv – also vorausschauend – im Markt aufzutreten. Dazu gehört auch, selbst Turbulenz erzeugen zu können, indem beispielsweise überraschend

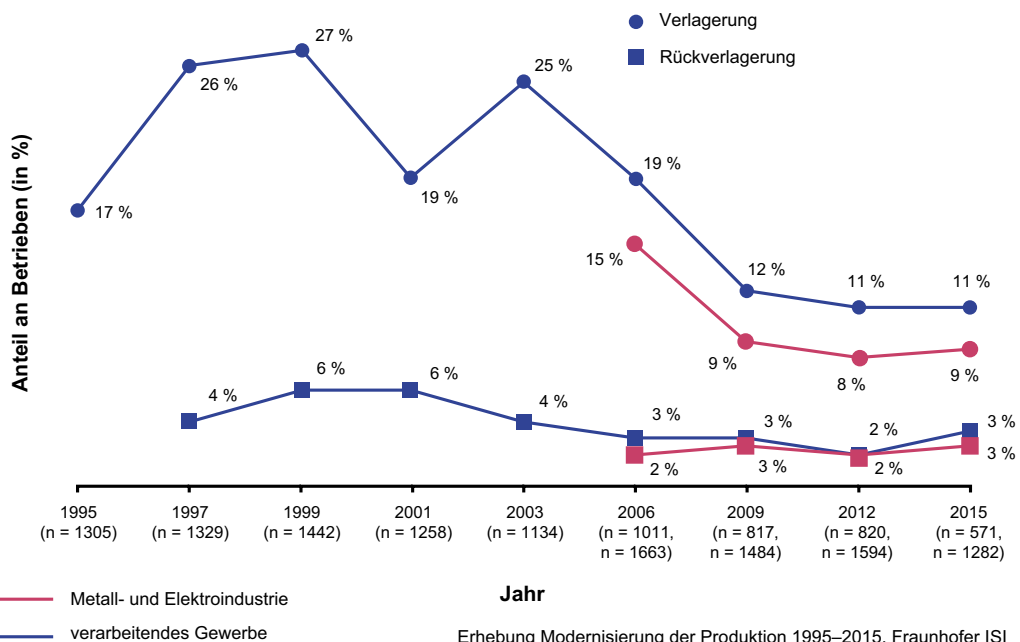


Bild 1.6 Produktionsverlagerungen und Rückverlagerungen im Zeitvergleich (Kinkel)

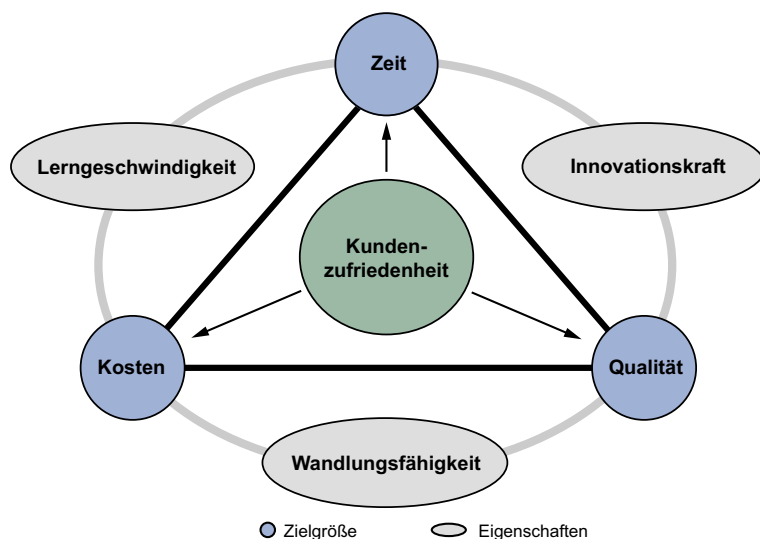


Bild 1.7
Wettbewerbsfaktoren überlegener Organisationen

die Lieferzeit halbiert, eine ungewöhnlich dichte Folge neuer Produkte für ein spezifisches Marktsegment angeboten wird oder eine Qualitätsoffensive im Sinne einer Verdoppelung der Garantiezeit erfolgt.

Eine derartige Strategie setzt jedoch mehr als die Beherrschung von Kosten, Qualität und Zeit zur Erreichung der Kundenzufriedenheit voraus (Bild 1.7). Drei Eigenschaften kennzeichnen eine überlegene Organisation:

1. Es ist eine große *Innovationskraft* erforderlich, die es zu entwickeln und zu fordern gilt. Sie bedeutet, bestehende Produkte, Dienstleistungen, Prozesse und das Verhalten sowohl im kontinuierlichen Verbesserungsprozess als auch in Sprunginnovationen permanent infrage zu stellen [Ever03]. Dies erfordert eine kommunikationsorientierte Unternehmenskultur mit einer ausgeprägten Mitarbeiterpartizipation und starker Ergebnis- statt Leistungsfokussierung.
2. Neues schnell nutzbar zu machen, also eine hohe organisationale *Lerngeschwindigkeit* zu besitzen, ist die zweite wichtige Eigenschaft turbulenznutzender Unternehmen. Das hervorstechende Merkmal einer solchen Organisation ist die Fähigkeit zur Entwicklung gemeinsamer Visionen und Ziele zur Bündelung der Energie und des Wissens. Dazu gehören kontinuierliche Qualifizierungsmaßnahmen mit dem primären Ziel der Vermittlung von Methoden- und Sozialkompetenz, ein hohes Maß an informeller Kommunikation und eine ausgeprägte Selbstorganisation in flachen Hierarchien mit autonomen Organisationseinheiten [Gau04].
3. Die dritte wesentliche Eigenschaft ist schließlich die *Wandlungsfähigkeit* [Wes99; Rein00; WieP99a]. Sie beschreibt das Vermögen einer Fabrik, ausgehend von internen oder externen Auslösern, aktiv strukturelle Veränderungen auf allen Ebenen mit geringem Auf-

wand durchführen zu können. Dabei erfordert der Wandlungsprozess eine durch den Markt bestimmte Geschwindigkeit in Planung und Realisierung. Diese Wandlungsfähigkeit unterscheidet sich von verwandten Begriffen wie Reaktionsschnelligkeit, Adaptionfähigkeit, Flexibilität und Agilität und wird in Abschnitt 2.2 ausführlich erläutert. Sie gilt in diesem Buch als zentraler Begriff der Eignung, die ein Unternehmen in einem turbulenten Umfeld erfolgreich sein lässt.

Diese Eigenschaften wappnen die Unternehmen gegenüber den Veränderungstreibern und ermöglichen eine hohe Zielerreichung trotz des turbulenten Umfeldes. Um ein Verständnis dafür zu entwickeln, aus welchen Entwicklungen diese Veränderungstreiber resultieren und wie umfassend ihr Einfluss auf die Fabrik ist, werden im Folgenden die *Megatrends* erläutert. „Megatrends sind die großen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Veränderungen unserer Zeit. Sie haben einen prägenden Einfluss auf Tiefenstruktur, Verhaltensweisen, Lebensweisen und Wertesysteme in einer Gesellschaft. Sie bilden und entfalten sich langsam, aber wenn sie wirken, kann von einem globalen rückschlagsresistenten Einfluss von mindestens zehn bis zwanzig Jahren ausgegangen werden, auch wenn ihre Wirkungsstätte regional sehr unterschiedlich ausfallen kann.“ [Sei14] Megatrends beschreiben also das konzentrierte Ergebnis neuartiger Entwicklungen in allen Lebensbereichen. Ihre Langwierigkeit und Vielschichtigkeit erschweren eine Früherkennung. Die Herausforderung besteht also darin, ähnliche Entwicklungen in unterschiedlichsten Bereichen zu erkennen und sinnvoll zu interpretieren. Demnach entstehen Megatrends, wenn

- „sich gesellschaftliche, wirtschaftliche oder technische Phänomene oder Innovationen aus gesellschaftlichen

Randbereichen oder Nischen heraus in die gesellschaftliche Mitte hineinbewegen.“ [Zuk21]

- „neue Phänomene eine höhere Relevanz bekommen und kleine Avantgarden das Potenzial entwickeln, den Mainstream zu verändern – in Lebensformen oder Familienmodellen, in der Mediennutzung, im Konsumverhalten, in der Arbeitswelt, bei technologischen Anwendungen oder in einzelnen Branchen.“ [Zuk21]

Die *Globalisierung* beschreibt das Zusammenwachsen der Weltbevölkerung: Die Grenzen für interkulturellen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Austausch öffnen sich. Menschen können sich immer freier auf globaler Ebene bewegen und somit ihr Wissen, ihre Waren und ihre Fähigkeiten verbreiten.

Doch nicht nur Politik und Wirtschaft treiben die Globalisierung, sondern auch die fortschreitende weltweite Vernetzung. Diese *Konnektivität* beschreibt die Vernetzung durch digitale Infrastrukturen und die Nutzung modernster Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Neben der Globalisierung bildet sie wohl den einflussreichsten Megatrend des 21. Jahrhunderts und treibt die Entwicklung zu einer vernetzten Gesellschaft.

In einer vernetzten und immer näher zusammenrückenden Gesellschaft erscheint ein Streben der Menschen nach *Individualisierung* und Selbstverwirklichung plausibel. Insbesondere die Zunahme persönlicher Wahlfreiheiten in nahezu allen Belangen des menschlichen Lebens verlangt unter anderem nach Produkten, die diese Anforderungen erfüllen.

Gleiches gilt auch für den Beruf: Das klassische Verständnis von Karriere und Beruf verändert sich. Sinnfragen (der Arbeit) treten in den Vordergrund und die Grenzen zwischen privaten Überzeugungen und der Berufswahl verschwimmen. Der Fokus auf die Berufsleistung und finanzielle Anreize verlieren an Bedeutung und damit einhergehend Überstunden, Konkurrenzkampf und Präsenzzeiten. Insbesondere die Coronakrise beschleunigte den Megatrend *New Work* und damit Themen wie Work-Life-Balance oder Remote Work.

Immer mehr Menschen ziehen in die Städte: Diese *Urbanisierung* ist für alle größeren Städte und insbesondere für die bekannten Metropolen zu beobachten. Großstädte oder Megacities werden somit zu wichtigen Lebensräumen und eröffnen Potenziale, Menschen zusammenzubringen und Städte zu essenziellen Zentren von Innovation und Fortschritt weiterzuentwickeln. Ein solches Zusammenkommen vieler Menschen auf engem Raum birgt aber auch Konfliktpotenzial – beispielsweise für Fabriken im direkten Wohnumfeld.

Die sogenannte *Silver Society* umfasst alle Entwicklungen einer immer länger lebenden Gesellschaft. Ein höheres Gesundheitsbewusstsein und der medizinische Fortschritt

erhöhen die Lebenserwartung. Diese gesellschaftliche Transformation gilt es erfolgreich zu meistern und in allen Bereichen des Lebens zu berücksichtigen.

Die aktuellen Diskussionen zum Klimawandel und die erforderlichen Konsequenzen für den Umweltschutz betonen die *Neu-Ökologie*. Neue Umweltgesetze oder -richtlinien sollen den Klimawandel abmildern, beispielsweise zielt der EU-Emissionshandel darauf ab, durch Kosteneinsparungen den CO₂-Ausstoß zu reduzieren und so zum Klimaschutz beizutragen [Umw22]. Auch die Verknappung der Ressourcen auf der Welt sorgt für eine geringe Verfügbarkeit und steigende Rohstoffpreise.

Die Beschreibung dieser Megatrends gibt noch wenig Aufschluss über die konkreten Auswirkungen auf die Fabrik bzw. die Fabrikplanung. Sie drücken eher die aktuelle gesellschaftliche Stimmung und absehbare Entwicklungen aus und begrenzen so den Entscheidungsspielraum der Fabrikplanung.

Die konkreten Auswirkungen auf das Fabrikssystem heißen *Veränderungstreiber* [AbRe11; Nof05]. Diese kommen aus dem Unternehmen selbst oder wirken von außerhalb auf die Fabrik. Bild 1.8 fasst die wesentlichen Veränderungstreiber einer Fabrik zusammen (vgl. dazu ausführlich [AbRe11]).

Weltwirtschaft, Umwelt, Politik, Gesellschaft und Technologie bilden die Rahmenbedingungen, die mittelbar auf die Unternehmen einwirken. Sie führen zu den unmittelbar wirkenden Veränderungstreibern, die sich nach externen und internen Impulsen unterscheiden lassen. Globalisierung, Technologie und Gesellschaft haben eine wachsende Individualisierung der Produkte mit kurzen Produktlebenszyklen und eine Ausweitung der Marktleistung hin zu Dienstleistungen über den ganzen Lebenszyklus zur Folge. Dabei sinken die Lieferzeiten weiterhin, der Anspruch an die Liefertreue steigt, und dies bei starken Verbrauchsschwankungen bis hin zur Turbulenz. Dem anhaltenden Kosten- und Qualitätsdruck müssen sich die Unternehmen weiterhin stellen. Die Leistungen selbst werden immer stärker global in Produktionsnetzen erbracht, sei es mit eigenen, verbundenen oder fremden Unternehmen.

Die wesentlichen internen Impulse stammen aus *präventiven strategischen Überlegungen* wie z.B. Erschließung neuer Märkte, Ausweitung des Leistungsangebotes oder eine grundlegende Reorganisation, ausgelöst durch einen Wechsel im Management oder in den Besitzverhältnissen. *Reaktive interne Impulse* entstehen demgegenüber durch die Beseitigung merklicher Schwächen in den technischen und logistischen Leistungen, die Entwicklung neuer Arbeitsmodelle für eine alternde Belegschaft oder die Neujustierung der Produktionsvolumina zwischen inländischen und ausländischen Standorten aufgrund von Währungs- oder Versorgungsrisiken. Schließlich gilt es

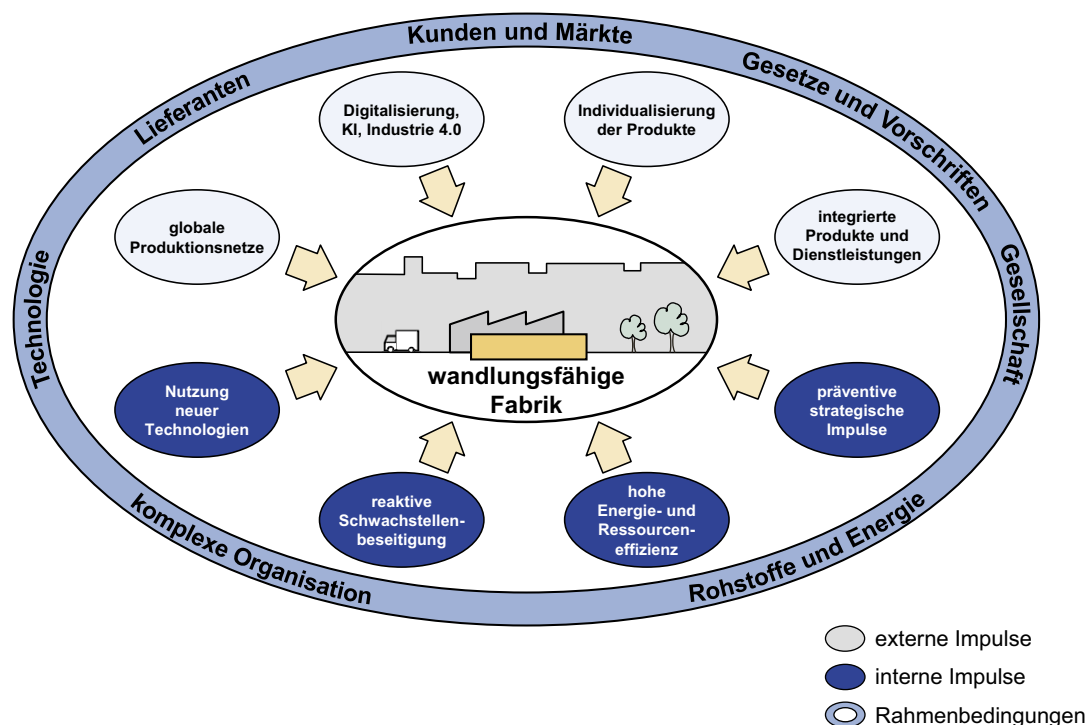


Bild 1.8 Externe und interne Veränderungstreiber von Produktionsunternehmen

auch, neue Herausforderungen der Energie- und Ressourceneffizienz aufzugreifen, aber auch Potenziale neuer Technologien zu nutzen.

Für die Fabrikplanung ist es demnach wichtig, die Einflüsse bzw. die Veränderungstreiber klar zu klassifizieren und die daraus resultierenden Anforderungen sowie Anpassungen durchzuführen [Kle14]. Anpassungen, die in weiter Zukunft notwendig wären, lassen sich wegen der Unberechenbarkeit und der Instabilität des Umfeldes schwer abschätzen [Fel04; Heg07; WieP02a]. Durch die direkte Ausprägung dieser Veränderungstreiber auf das Fabrikssystem oder einzelne Fabrikobjekte ist eine Anpassung innerhalb dieses Systems notwendig. Kann eine Fabrik nicht auf diese Veränderungstreiber reagieren, so wird sie mit hoher Sicherheit ihre Zukunftsfähigkeit aufs Spiel setzen.

Starke Impulse kommen seit Beginn der 2010er-Jahre aus der Informatik durch die Digitalisierung nahezu aller Geschäftsprozesse, das rasche Vordringen der Künstlichen Intelligenz (KI) mit selbstlernenden kognitiven Systemen sowie die Vernetzung aller Fabrikobjekte. Der Begriff *Industrie 4.0* fasst als übergreifender kontemporärer Trend der Digitalisierung in der Produktionstechnik verschiedenste Themengebiete von Veränderungen der Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter [Brz15] über Real Time Data und Big Data [Tsc15] bis zur Smart Factory zusammen [Dom14].

Als wesentlicher Bestandteil von Industrie 4.0 gelten die *Cyber-physischen Produktionssysteme* (CPPS) (siehe Abschnitt 2.4). Bei diesen werden die real existierenden Systembestandteile durch zugehörige virtuelle Abbilder ergänzt und somit ein neuer Grad der Vernetzung inner- und außerhalb der Fabriken erreicht. Insbesondere für Deutschland als proklamierten Leitanbieter für CPPS stellt dieser Trend eine Chance zur Entwicklung von Wettbewerbsvorteilen im internationalen Wettbewerb dar.

Wissenschaft und Praxis verknüpfen diese Digitalisierung eng mit der Idee einer hochflexiblen und gleichzeitig effizienzgetriebenen Produktion. Drei Leitgedanken tragen diese Vision [Kag13]:

- Es erfolgt eine *horizontale Integration* über Produktionsstandorte hinweg zu Wertschöpfungsnetzwerken, was einzelne Prozessschritte, zwischen denen inner- und außerhalb von Unternehmen Abhängigkeiten herrschen, in einem engmaschigen Informationsfluss hält. Frühwarnsysteme identifizieren so die Engpässe anhand aktueller Informationen. Nachfolger können sich so frühzeitig auf die resultierenden Lieferverspätungen vorbereiten [Kau14].
- Die *vertikale Integration* durch vernetzte Produktionssysteme ermöglicht die Integration verschiedener IT-Systeme über die jeweiligen Automatisierungsebenen hinweg. Einerseits sammeln diese IT-Systeme Daten bottom-up aus dem Shopfloor und der jeweiligen Pro-

duktions-IT und verdichten diese. Dies schafft eine Basis, einzelne Fabrikprozesse hinsichtlich der Ziele zu verbessern [Schl14]. Andererseits ermöglicht die vertikale Integration auch automatisierte Top-down-Prozesse zur verbesserten Planung und Steuerung der Auftragsabwicklung.

- Die *digitale Durchgängigkeit* des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette bezieht sich auf den Lebenszyklus von Produkten und Produktionsmitteln. Alle Daten rund um das Produkt stehen allen Beteiligten über alle Wertschöpfungsstufen hinweg im sogenannten *Digitalen Backbone* (auch Design Chain [Denn18]) zur Verfügung. Lokale Daten werden standardisiert und in cloudbasierten Schnittstellen eingepflegt, wo sie die beteiligten Fabrikplaner in Echtzeit analysieren. Basierend darauf resultieren Hinweise zur Qualitäts- und Effizienzsteigerung in der Produktion z. B. durch marginale Anpassung im Produktdesign [Mei19].

Die Digitalisierung stellt sich bereits als großer Gewinn für Unternehmen heraus. Während noch abzuwarten bleibt, ob sich im Betrieb einer Fabrik dieser Trade-off im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit auszeichnen kann, sind die technischen Möglichkeiten zur optimierten Planung von Prozess und Gebäude bereits umfangreich vorhanden und im Einsatz. Mit *Building Information Modeling* (BIM) steht den Planern ein mächtiges Werkzeug zur Verfügung, das vernetztes und interdisziplinäres Arbeiten begünstigt und Variantenbetrachtungen sowie Simulationen in jedweder Hinsicht vereinfacht (siehe Abschnitt 2.4.3.2). Auch Untersuchungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit eines Projektes bzw. Projektbestandteiles lassen sich somit schneller und kostengünstiger realisieren als zuvor und ermöglichen die integrierte Betrachtung von Prozess und Bauwerk schon vor Baubeginn.

1.1.4 Lösungsansatz für die Fabrikplanung

Die Ausführungen verdeutlichen die Notwendigkeit einer integrierten Prozess- und Raumbetrachtung in der Fabrikplanung. Je nach Ausgangssituation ist das Planungsteam für eine intensive Zusammenarbeit aus diesen Fachexperten zusammenzustellen:

- Die *Prozessplanung* (unter anderen Produktions-, Technologieplanung) übernimmt dabei zu Beginn der Fabrikplanung eine federführende Rolle, indem sie zunächst die Prozessketten einer Fabrik lückenlos beschreiben kann. Damit ist der Kern einer Fabrik – die Wertschöpfung – bekannt.

- Hieraus lassen sich aus einer organisatorisch-technischen Sichtweise Anforderungen an die gesamte Infrastruktur ableiten, die die *Raumplanung* (unter anderen Architektur, Sondergewerke) frühzeitig aufnehmen, diskutieren und mit entsprechenden Konzepten mittragen muss.

Das gemeinsame Planungsteam schärft diese Anforderungen aus verschiedenen Blickwinkeln und entwickelt Lösungen, die schrittweise an Detaillierungsgrad gewinnen, bis aus einer Idee eine funktionstüchtige und zukunftsrobuste Fabrik entsteht. Die aus der Planung der beiden Domänen kommenden Daten und Informationen reichern sich über den Planungsverlauf an und ermöglichen so, dass in der Prozessentwicklung der zugehörige Raum von Anfang an mitgedacht wird und mögliche Veränderungen vorgedacht sind. Diese beidseitige Abhängigkeit beschreibt die Notwendigkeit einer Synergetischen Fabrikplanung: Die Kernidee einer kontinuierlichen Verknüpfung der domänenspezifischen Planungsinhalte sorgt für eine weitreichende und integrierte Sicht auf die Fabrik (vgl. Bild 1.9). Diese Idee formt die Leitplanken des vorliegenden Handbuchs. Die auf dem Umschlag sinnbildlich dargestellte schrittweise Ausplanung einer Fabrik mit einem dahinterliegenden synergetischen Planungsansatz verdeutlicht dies ebenso wie das Schalenmodell der Synergetischen Fabrikplanung. Abschnitt 1.2 beschreibt den Grundansatz der Synergetischen Fabrikplanung und seine Aspekte im Detail.

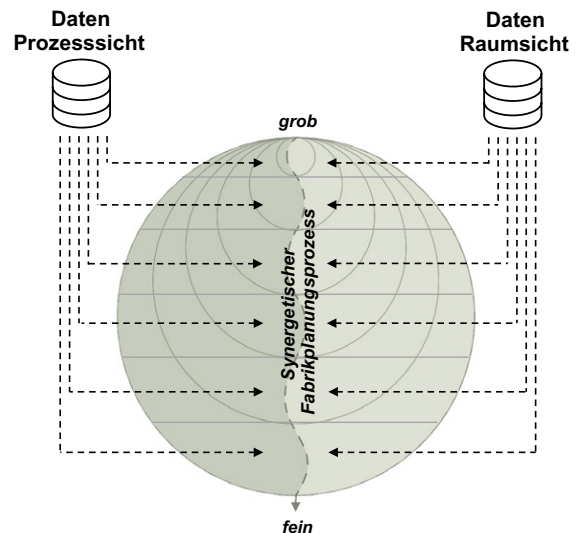


Bild 1.9 Vereinfachtes Schalenmodell der Synergetischen Fabrikplanung

1.2 Synergetische Fabrikplanung

Die Planung einer Fabrik ist wegen der unterschiedlichen Produkte, Prozesse und Umgebungsbedingungen stets fallspezifisch. Dennoch haben sich ähnlich wie in der Konstruktionslehre für alle Projekte – unabhängig vom Planungsfall Neuplanung, Umplanung (Reorganisation), Erweiterung oder Rückbau (Revitalisierung) – bestimmte Vorgehensschritte bewährt, die auf einer strategischen Positionierung beruhen. Häufig vernachlässigten Praktiker diesen Aspekt wegen des vermeintlich hohen Termindrucks im Projekt, weshalb dieser gründlich erläutert wird. Eine zweite wichtige Voraussetzung ist die Definition der Datengrundlagen. Erst dann entwickelt sich in Stufen zunehmender Genauigkeit die Fabrik mit der Anordnung ihrer Betriebseinrichtungen. Die enge Verknüpfung von Produktions- und Gebäudeplanung legt einen integrierten Ansatz, die sogenannte Synergetische Fabrikplanung, nahe. Diese verknüpft das Vorgehen der Produktionssicht der VDI-Richtlinie 5200 (Prozesssicht) und die Bauphasen der Gebäudeplanung nach HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, Raumsicht) eng miteinander.

1.2.1 Bestehende Fabrikplanungsansätze

Eine Fabrikplanung steht vor zwei unterschiedlichen Herausforderungen:

- Aus *zeitlicher Sicht* ist eine große Menge von Entscheidungen zu treffen, die wiederum eine Fülle von Einzelinformationen erfordert. Hierzu hat sich ein Vorgehen „vom Groben zum Detail“ bewährt (vgl. unter anderem [Dae02]).
- Aus *inhaltlicher Sicht* sind die Wechselwirkungen zwischen Herstellprozessen und Produktionsanlagen (Prozesssicht) einerseits sowie Haustechnik und Gebäudearchitektur (Raumsicht) andererseits zu beachten. Hier hat sich eine Parallelisierung bewährt, wie sie unter anderem aus dem Simultaneous Engineering bekannt ist (vgl. unter anderem [Kro95]).

Zum Grundverständnis des Ansatzes der Synergetischen Fabrikplanung startet der Abschnitt daher zunächst mit einer übersichtsartigen Erläuterung bestehender Fabrikplanungsansätze mit Blick auf die zeitliche und inhaltliche Sicht.

Klassischerweise plant die Fabrikplanung aufgabenbasiert (z. B. Technologie-, Prozess- und Gebäudeplanung) die einzelnen Objekte einer Fabrik vom „Groben ins Feine“ aus.

Sie ist also in diskrete, inhaltlich abgrenzbare und logisch aufeinander aufbauende Phasen zerlegt. Die einzelnen Phasen beinhalten definierte Planungsinhalte, die weitergeführt, konkretisiert und deren Ergebnisse gegebenenfalls iterativ angepasst werden. Die in der Literatur existierenden Ansätze zeigen generische Prozessbausteine (Vorbereitung, Strukturplanung, Detailplanung, Ausführungsplanung und Ausführung), deren Benennung der Phasen und Aufgaben abweichen [Schu07] und deren Grundstruktur sich auf Dolezalek zurückführen lässt [Dol73]. Bild 1.10 ordnet die im Laufe der Zeit entwickelten Fabrikplanungsansätze diesen Prozessbausteinen zu. Einige Autoren benennen Entscheidungspunkte, die Iterationen auslösen können [Nök12]:

- Die *Vorbereitung* setzt in Anbetracht der Ist-Situation konkrete Projektziele und -aufgaben.
- Die *Strukturplanung* legt den grundlegenden funktionalen Produktionsablauf fest und dimensioniert die Größen Betriebsmittel, Personal und Fläche grob.
- Die *Detailplanung* konkretisiert dieses Konzept auf Arbeitsplatzebene, was die Fabrik in den drei Dimensionierungsgrößen (Betriebsmittel, Personal, Raum) lückenlos beschreibt.
- Die beiden letzten Phasen *Ausführungsplanung* und *Ausführung* bereiten die Fabrikrealisierung vor und begleiten ihren Erstellungsprozess überwachend.

Neben den zeitlichen Aspekten sind die inhaltlich engen Wechselbeziehungen zwischen Herstellprozessen und Produktionsanlagen mit ihren Material-, Informations- und Personenflüssen einerseits und der Haustechnik (Energie und Medien, Be- und Entlüftung usw.) andererseits, die wiederum Bestandteil der Gebäudearchitektur ist, zu beachten. Dennoch arbeiten die meisten Planer konventionell, d. h., sie bearbeiten die Planungsaufgaben im Fabrikplanungsprojekt sukzessive und berücksichtigen inhaltliche Wechselwirkungen zu spät:

- Entweder bildet die *Prozesssicht* der Produktionsingenieure den Ausgangspunkt (wie auch in Bild 1.10): Diese planen ausgehend von einer Aufgabenstellung und Zielsetzung häufig zunächst die Arbeitsprozesse und Einrichtungen sowie das Layout. Danach folgt ein Architektenauftrag, eine meist möglichst preiswerte Hülle mit der notwendigen technischen Gebäudeausrüstung zu entwerfen.
- Oder die *Bausicht* der Architekten steht am Beginn der Überlegungen: Dieser aus Prozesssicht ungünstigere Fall muss dann die eigentlichen Prozesse und Technologien in einen bestehenden Entwurf einfügen.

Bei beiden Vorgehensweisen sind kosten- und zeitintensive Änderungswünsche in den unterschiedlichen Planungsdomänen die unvermeidliche Folge – oder es ver-

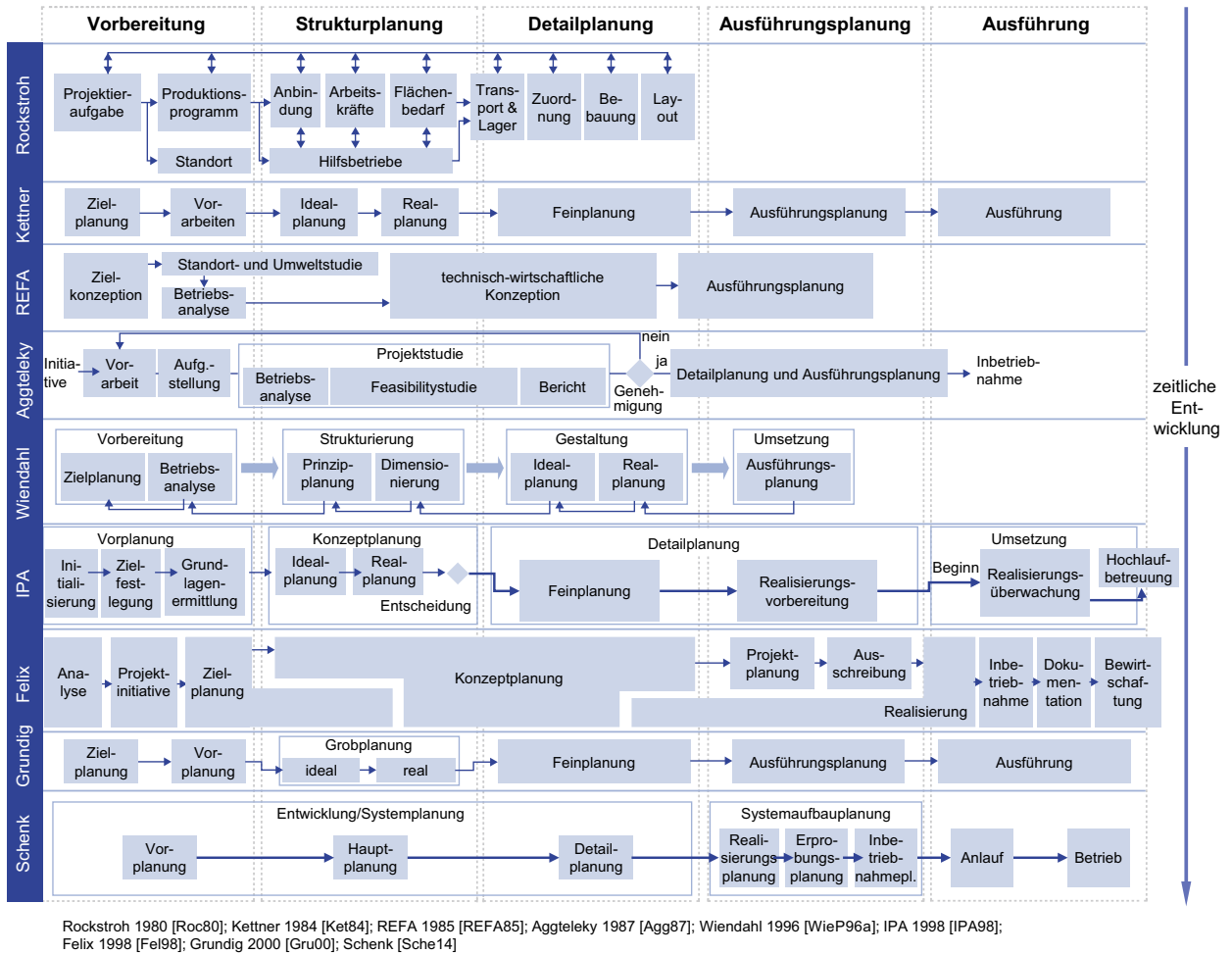


Bild 1.10 Vorgehensweisen klassischer Fabrikplanungsansätze aus Sicht der Produktionsplanung (in Erweiterung zu Schuh)

bleiben inhaltlich vermeidbare Defizite im Fabrikneubau. Die aufgrund des konventionellen Planungsansatzes üblicherweise entstehenden Insellösungen für Standort, Gebäude, Haustechnik und Prozesse führen zu dem in Bild 1.11 gezeigten Meer an Schnittstellen [Reich08a]. Diese Praxis einer sequenziellen Planung von Standort, Gebäuden, Haustechnik und Prozessen überschreitet während der Planung nicht nur Termine und Budgets, sie erzeugt auch unzureichende Planungsergebnisse: Funktions- und Qualitätsmängel, mangelnde Performance des Gebäudes und unzureichende Wandlungsfähigkeit in der Betriebsphase sind dann unvermeidlich. Die geschilderte Situation wirft die Frage nach der Methodik der bisherigen Raumplanung auf. Ein kritischer Blick auf die übliche Bauwerksplanung offenbart gerade im Vergleich zur „digitalen“ Arbeitsweise fortschrittlicher Industrien gravierende Unterschiede und führt zur angesprochenen separierten Definition der Teilprojekte.

Stattdessen erscheint ein Simultaneous Engineering deutlich eleganter, wie es für die Produktentwicklung in der Stückgüterindustrie seit Langem üblich ist. Erste Vorschläge zur stärker integrativen Betrachtung von Prozess- und Raumsicht entstanden in den 1970er-Jahren durch Dolezalek und wurden Mitte der 1990er-Jahre erstmals systematisiert [Dol73; WieP96a; IPA98; RL20]. Dies birgt erhebliche Vorteile: Das parallele Arbeiten unterschiedlicher Fachdisziplinen verkürzt die Gesamtplanungszeit in der Regel, gleichzeitig können die Auswirkungen eigener Änderungen auf andere Fachbereiche bei entsprechender Kommunikation besser eingeschätzt werden [Reich08b]. Der nachfolgende Abschnitt beschreibt die inhaltlichen Abhängigkeiten von Prozess- und Raumsicht und die grundlegenden Konsequenzen für Planungsaufgaben und Planungsvorgehen.

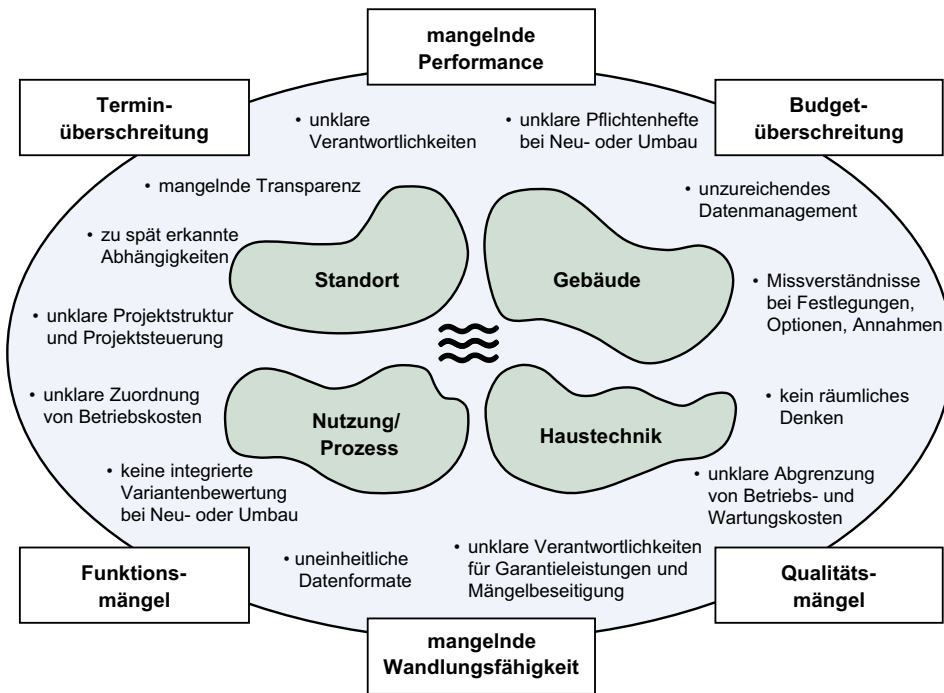


Bild 1.11 Defizite konventioneller Fabrikplanungsansätze (sequenzielle Prozess- und Raumplanung)

1.2.2 Ansatz der Synergetischen Fabrikplanung

Diese kurze Beschreibung klassischer Fabrik- und Bauplanungen im Vergleich zu interdisziplinär agierenden Planungsansätzen zeigt die Kernidee der Synergetischen Fabrikplanung: Sie überwindet diese Schwächen durch eine integrierte Fabrikgestaltung von Prozess- und Raumsicht anstatt sukzessiver Planungsphasen. Das verändert auch das Planungsverfahren weitreichend. Die Spezialisten pla-

nen Prozess- und Raumaspekte zeitparallel und führen die Erkenntnisse an definierten Meilensteinen zusammen. Das beginnt schon bei der Zielplanung mit einer gemeinsamen Prozess- und Raumsicht, die sich über die Planungsphasen bis zur Inbetriebnahme fortsetzt [WieP96a; WieP02b; Nyh04; Reich04; Reich07]. Generell wird unter Synergie das Zusammenführen verschiedener Kräfte, Faktoren und Organe zu einer abgestimmten Gesamtleistung verstanden. Bild 1.12 verdeutlicht den Grundgedanken einer hierauf basierenden Fabrikplanung.

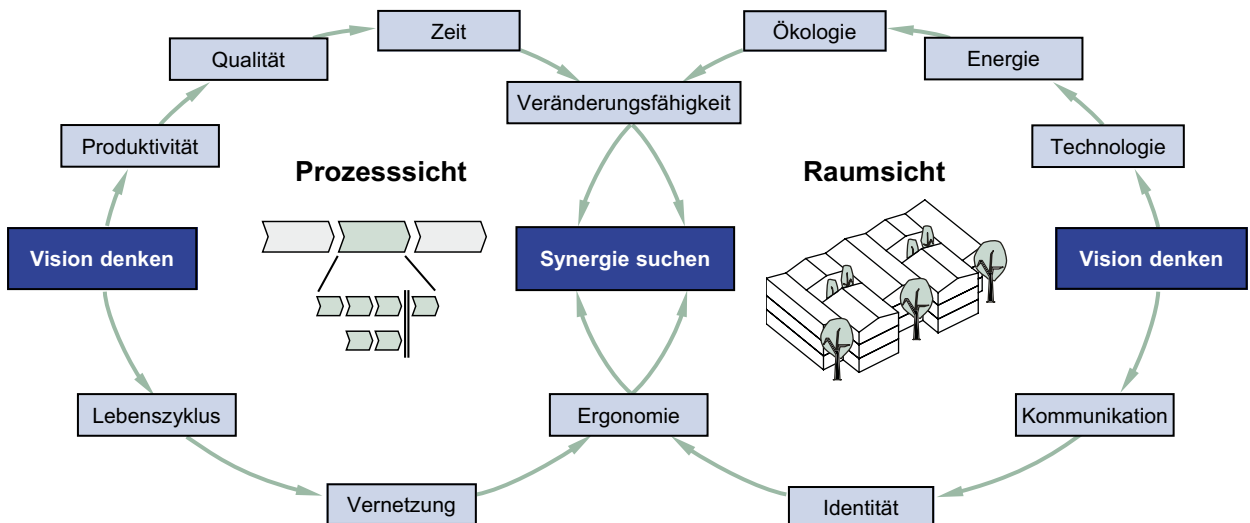


Bild 1.12 Synergetischer Ansatz der Fabrikplanung (integrierte Prozess- und Raumplanung)

Jeder Planer entwickelt zunächst aus seiner Prozess- bzw. Raumsicht eine Vision und definiert danach die fachspezifischen Detailanforderungen in Stufen zunehmender Genauigkeit:

- Aus *Prozesssicht* stehen die klassischen Forderungen nach hoher Produktivität und Qualität, kurzer Durchlaufzeit und ergonomischer Gestaltung sowie heutzutage insbesondere die Wandlungsfähigkeit im Vordergrund. Letztere wirkt sich unmittelbar auf die Raumsicht aus und betrifft die Gebäudestruktur und ihre haustechnischen Einrichtungen. Weiterhin treten Forderungen auf, die aus den Wechselwirkungen der Fabrik mit einer zunehmend vernetzten Umwelt resultieren. Hierzu zählen die Lebenszyklusbetrachtung der Produkte und Einrichtungen sowie die Einbindung der Produktionsprozesse in Lieferketten und Produktionsnetze.
- Die *Raumsicht* beginnt nach der Entwicklung einer Vision mit den eher harten Faktoren wie Gebäudetechnologie und Energieverbrauch. Ökologische Überlegungen spielen sowohl beim Bau bezüglich des Energieverbrauchs, der verwendeten Werkstoffe als auch bei Prozessen eine Rolle, wenn es z.B. um gefährliche Zusatzstoffe und Abfälle geht. Die weichen Faktoren betreffen hier die Frage der einfachen personalen Kommunikation sowie das identitätsstiftende innere und äußere Erscheinungsbild.

Alle Forderungen münden in einem synergetischen Ansatz, der die Zielprojektionen zu einer von allen Planungsteammitgliedern getragenen Lösung verschmilzt.

Dabei geht es nicht nur um rechenbare Fakten, sondern auch um emotionale Zustimmung. Entscheidend für die Nachhaltigkeit der gefundenen Konzeption ist die von ihr dauerhaft ausgehende Faszination.

Die neue Qualität einer so definierten kooperativen Planung aus Prozess- und Raumsicht liegt in einer möglichst frühzeitig begonnenen Zusammenführung der räumlich durchgebildeten Teilprojekte Standort, Gebäude, Haustechnik und Prozess (siehe Bild 1.13 sowie [Reich98; Reich07]). Die Stellgrößen sind hierbei Material, Information und Kommunikation, Kapital und Personen, die in einem offenen System ständig in Bewegung sind.

Grundsätzlich wird dabei eine dreidimensionale Abbildung aller Objekte angestrebt, die eine datentechnisch unterstützte Interaktion der Planungspartner ermöglicht. Die integrale Arbeitsweise verfeinert hierbei die 3D-Struktur sowie die attributiven Planungsdaten der Teilobjekte laufend vom Groben (Annahmen) zum Feinen (Festlegungen) und evaluiert Entscheidungswege anhand übergreifender Variantendiskussionen. Die spezifischen Zielprogramme der Teilprojekte im Hinblick auf die angestrebten Leistungsmerkmale „Wandlungsfähigkeit“ und „Investitionen“ werden dabei im Pflichtenheft klar definiert, in räumliche Modelle übersetzt und die Auswirkungen im Gesamtprojekt geprüft. Ein durchgängiges 3D-Datenmodell nutzt dabei die Potenziale gegenwärtiger CAD-CAM-Datenbanktechniken zugunsten einer übergreifenden Projektoptimierung und zyklischen 3D-Qualitätssicherung. Dieser Ansatz wird auf der Prozessseite unter dem Begriff

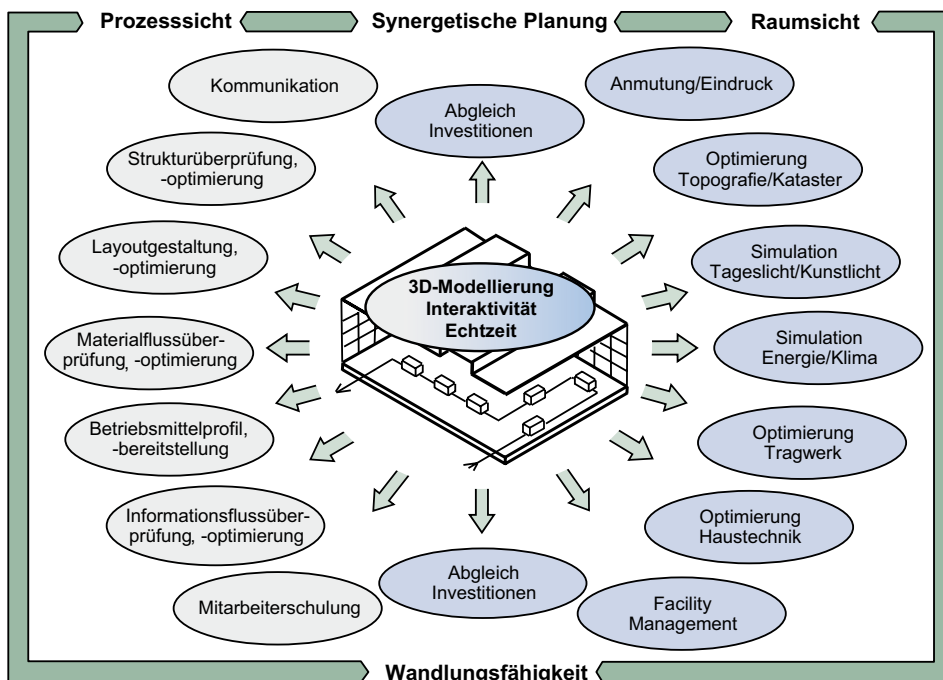


Bild 1.13

Zusammenführung der Teilplanungen eines Fabrikobjektes

Digitale Fabrik und auf der Raumseite unter dem Begriff BIM (Building Information Modeling) in Abschnitt 2.4.2 noch näher beschrieben.

Auf Grundlage der integrierten Betrachtung im synergetischen Fabrikmodell sind darüber hinaus Kollisionsprüfungen und eine mitlaufende Qualitätskontrolle für alle Gewerke möglich. Insbesondere Kosten, Zeit und Qualität beeinträchtigende Konfliktpunkte zwischen Standort, Gebäude, Haustechnik und Nutzung/Prozess werden frühzeitig erkannt und nicht erst „auf der Baustelle“ oder während des späteren Betriebs beseitigt. Ein weiterer zentraler Aspekt der 3D-Modellierung ist die hohe unmittelbare Anschaulichkeit der Planungsergebnisse für alle Beteiligten, was die für den Projekterfolg wichtige emotionale Zustimmung fördert.

Der Ansatz darf sich aber nicht nur auf die Planungsphase beschränken, sondern muss den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes umfassen (siehe Bild 1.14). Ein integratives Datenmodell der Fabrik sollte künftig auf dem BIM-Standard basieren, was der Planung weitere Möglichkeiten eröffnet (vgl. Abschnitt 2.4). Ein sogenanntes Project Information Model (PIM) bzw. Asset Information Model (AIM) eröffnet während der Ausführung bzw. im Betrieb folgende Möglichkeiten: Beginnend mit der ersten Zielprojektion kann die Grundlagenermittlung bereits Zielkos-

ten berücksichtigen. Die Konzeptphase und die damit verbundene Machbarkeitsstudie modellieren alle Raumelemente zusammen mit den Produktionseinrichtungen dreidimensional. Das vereinfacht Grob- und Feinplanung durch die modellorientierte Feinplanung, Ausschreibung und Anpassung der Kosten und Termine bei Änderungen und/oder Varianten deutlich. Das BIM-Modell unterstützt die Ausführung unter anderem durch Kollisionsprüfungen und Planung des Bauablaufs. Im laufenden Betrieb ist ein räumlich strukturiertes Ablagemodell, ein sogenanntes Common Data Environment (CDE) für alle Dokumente nützlich, und schließlich sind Auswertungen der laufenden Baunutzungskosten in der Betriebsphase möglich.

Die weitere Verbreitung und Standardisierung datengetriebener 3D-Modellierungen und einer soft- und hardwarebasierten Unterstützung für Fachplaner erweitert das Anwendungsfeld auch für kleinere Objekte in der Fabrik. Für diese war eine 3D-Modellierung bislang meist unwirtschaftlich. Diese Digitalisierungstrends begünstigen die Synergetische Fabrikplanung als Symbiose von Prozess- und Raumplanung einer Fabrik. Die Nutzung dieses Ansatzes bedarf jedoch zunächst eines klar strukturierten Prozessmodells, das auch ohne eine 3D-Modellierung anwendbar ist. Es muss folgende Forderungen erfüllen:

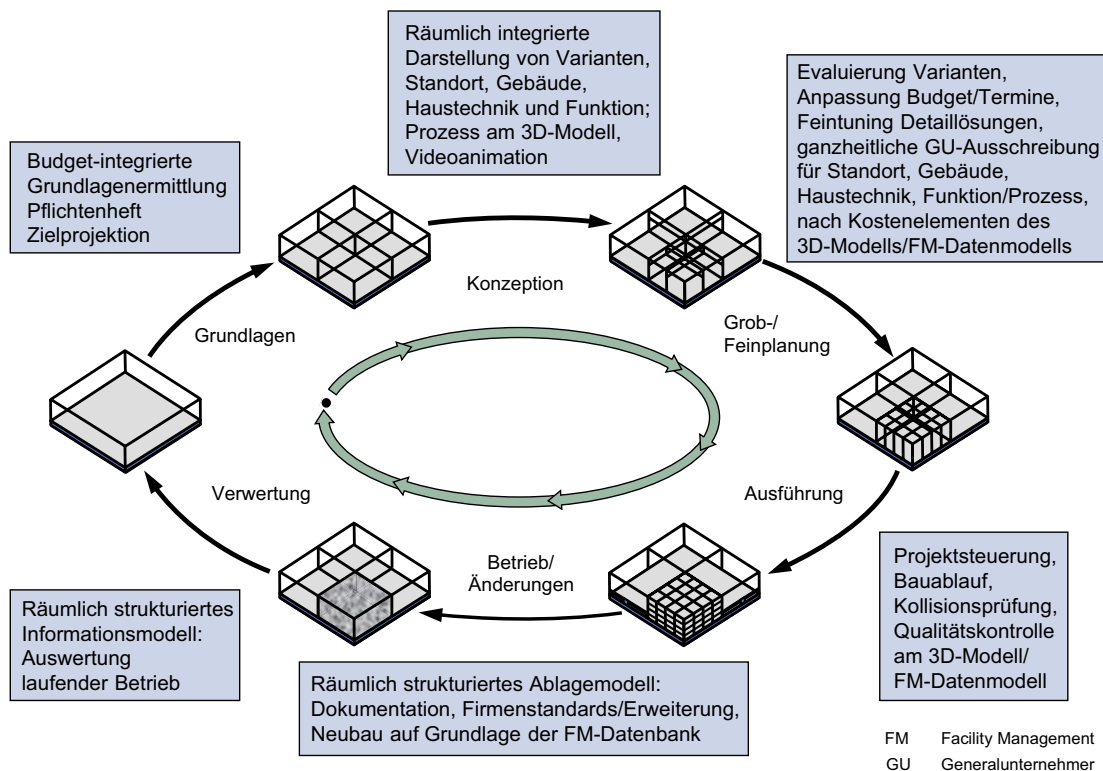


Bild 1.14 Projektzyklus synergetischer Planung

- Festlegung eines Anforderungskatalogs, der von einer Unternehmensvision und einem Markenanspruch ausgeht: Daraus sind gleichrangig harte Faktoren wie beispielsweise Produktivität, Materialfluss, Energieverbrauch sowie weiche Faktoren wie etwa Kommunikation, Identität und Wandlungsfähigkeit abzuleiten.
- Aufteilung der Planungsaufgabe auf Gestaltungsebenen, die zunehmend genauer ausgeformt werden: Sie reichen von der Einbettung des Generalbebauungsplans in die lokale Umgebung über die Einzelgebäude bis hin zu deren Unterteilung in Bereiche und Arbeitsplätze.
- möglichst weitgehende Parallelisierung der Teilaufgaben zur Verkürzung der Planungsdauer
- synergetische Lösungsfindung für Prozesse, Betriebseinrichtungen und Räume, in denen diese Prozesse stattfinden
- Aufbau eines BIM-Modells, das sowohl die Prozesse als auch Räume dreidimensional abbildet
- Standardisierung sich wiederholender Aufgaben zur Verringerung des Planungsaufwandes und Erhöhung der Planungsqualität
- Anwendung einer begrenzten Anzahl normierter Werkzeuge zur Vereinheitlichung der Ergebnisdarstellung
- Definition von Meilensteinen im Sinne von Quality-Gates zur Verbesserung der Ergebnisqualität und zur Vermeidung der Weitergabe unentdeckter Fehler
- Installation eines Projektmanagements nach fachlichen, organisatorischen und atmosphärischen Gesichtspunkten

Dieses Modell wird im Folgenden in seiner Struktur vorgestellt.

1.2.3 Prozess- und Schalenmodell

Ein Fabrikplanungsprojekt ist nach Anlass, geforderter Genauigkeit, organisatorischen Randbedingungen, ausgewähltem Betrachtungsbereich, angestrebter Verwendung der Planungsergebnisse und der Ergebnisdarstellung unterscheidbar. Die Anforderungen an einen Planungsprozess gestalten sich somit abhängig von der Projektart sehr unterschiedlich: Je nachdem, ob es sich um eine Neuplanung, Erweiterung oder Reorganisation handelt, ergeben sich unterschiedliche Zielsetzungen, die wiederum differenzierte Vorgehensweisen zu bedingen scheinen. Dennoch sind grundsätzlich gleiche Phasen eines Planungsprozesses erkennbar, die mehr oder weniger detailliert durchlaufen werden müssen.

Diesen Ansatz stellten bereits viele Autoren heraus (vgl. unter anderem [WieP72; Ket84; Agg87; WieP96a; Fel98; Gru18; Dan01; Sche14; Paw14; RL20] und Bild 1.10). Die VDI-Richtlinie 5200 [VDI11] greift diese auf und verein-

heitlicht sie allgemeingültig. Hinsichtlich einer zukünftigen Fabrik sind heute jedoch relativ neue Aspekte zu berücksichtigen, die sich aus deren Einbindung in ein globales Produktionsnetz und das damit einhergehende abnehmend prognostizierbare Marktverhalten ergeben. Für die Gegenwart und die Zukunft sind – wie bereits mehrfach ausgeführt – Fabrikeigenschaften gefragt, die sich nicht nur durch die Berücksichtigung harter Faktoren wie Materialfluss, Flächennutzung, Energieverbrauch, sondern auch durch zeitgemäße Erfolgsfaktoren wie Wandlungsfähigkeit, Nachhaltigkeit, Kommunikation und Attraktivität auszeichnen.

Ziel der heutigen Fabrikplanung ist also nicht mehr die Entwicklung einer *Produktionseinrichtung für ein weitgehend stabiles Produktionsprogramm* nach Gesichtspunkten der Kostenminimierung, sondern vielmehr die *Ausgestaltung eines Lösungsraums* für differenzierte Produktionsszenarien. Der Ansatz der Synergetischen Fabrikplanung strebt daher an, innerhalb kürzester Zeit mit minimalem und stark vernetztem Ressourceneinsatz das gewünschte Planungsergebnis zu erzeugen. Die Form der Zusammenarbeit verschiebt sich hierbei vom isolierten und sequenziellen Abarbeiten einzelner Arbeitspakete hin zu einem kreativen interdisziplinären Dialog, in dem die zunächst nur grob skizzierte Vision der Fabrik zielgerichtet und stufenweise in eine konkrete Lösung überführt wird.

Möglich wird dies neben der Anwendung der vorangehend genannten Planungsgrundsätze durch die Nutzung der teilweise bereits angesprochenen neuen Medien und Arbeitstechniken, wie Werkzeuge der Digitalen Fabrik [VDI08] (siehe Abschnitt 2.4.3.1), des BIM (Building Information Modeling, siehe Abschnitt 2.4.3.2), des Facility Managements (siehe Abschnitt 8.3), der SharePoint-Server oder von Webkonferenzen. Der verstärkte Einsatz von Simulationswerkzeugen für Material-, Kommunikations- und Energieflüsse sowie von Luftströmungen und Lichtverteilungen unterstützt dabei die Absicherung der Ergebnisqualität.

Letztlich ist jedoch jedes Projekt mit standardisierten Prozessbausteinen durchführbar, wobei der Detaillierungsgrad einzelner Prozessschritte je nach Projektart und -komplexität unterschiedlich ausfällt. Des Weiteren ist die elektronische Ergebnisdokumentation selbstverständlich, beispielsweise durch den Aufbau entsprechender virtueller Projekträume, sogenannten Common Data Environments (CDE), flankiert. Das BIM-Modell sowie die strukturiert erzeugten Dokumente bilden gleichzeitig die Basis für das spätere Facility Management (siehe Abschnitt 8.3). Eine Zuweisung von Dokumenten zu Projektteams oder einzelnen Mitarbeitern sowie die Verwendung des BIM-Collaboration-Formats (BCF) stellt die Rückverfolgbarkeit von Änderungen sowie die notwendige Prozesstransparenz sicher [VDI23].

Wie vorangehend erwähnt, sind die Aufgaben eines Fabrikplanungsprojektes zeitlich und inhaltlich zu strukturieren:

- Das *Prozessmodell* ordnet zeitlich, also die Aufgaben der technischen Produktionsplanung sowie der Objektplanung nach HOAI zu einem integrierten synergetischen Gesamtverfahren.
- Das *Schalenmodell* ordnet inhaltlich, also die wechselseitig zu berücksichtigenden Inhalte von Prozess- und Raumsicht. Gleichzeitig ist auch der Erkenntnisfortschritt vom Groben ins Feine visualisiert.

Beide visualisieren die Kernideen der Synergetischen Fabrikplanung und ergänzen sich.

Das im Folgenden vorgestellte *Prozessmodell* gibt einen strukturierten Ordnungsrahmen für die genannten Planungsfälle vor, der sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit auszeichnet. Dies resultiert in einem modularen Aufbau, der Abhängigkeiten genau beschreibt und die Verknüpfungen zwischen einzelnen Prozessen nachvollziehbar gestaltet. Zusätzliche Informationen bezüglich anzuwendender Methoden und Werkzeuge sowie die Bewertung der Ergebnisqualität sind ebenfalls Teil eines solchen Beschreibungsmodells. Bild 1.15 zeigt das nach diesen Vorüberlegungen entwickelte Prozessmodell der Synergetischen Fabrikplanung.

Den Ausgangspunkt bilden die *Leistungsphasen der Produktionsplanung*, die aus den Hauptprozessen Analyse, Strukturdesign, Layoutgestaltung sowie der Umsetzung des Projektes nach Planungsabschluss bestehen. Dieses Teilmodell beschreibt die Gestaltung der technologischen und logistischen Prozesse sowie der Produktionseinrichtungen und deren Anordnung nach Gesichtspunkten der Material-, Energie- und Kommunikationsflüsse usw. in Stufen zunehmender Konkretisierung.

Dem stehen die *Leistungsphasen der Objektplanung* zur Gestaltung der Innen- und Außenräume einer Produktionsstätte aus architektonischer Sicht gegenüber. Diese bestehen nach der in Deutschland gesetzlich geregelten Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) aus neun Leistungsphasen von der Grundlagenermittlung bis zur Objektbetreuung und Dokumentation [HOAI21]. Die HOAI beschreibt den Inhalt der Leistungsphasen und bietet seit dem Jahr 2021 nur noch eine Orientierungshilfe an, um Architekten- und Ingenieurhonorare für Gebäudeplanung und Außenanlagen zu ermitteln. Honorartafeln schreiben Grundlagen und Maßstäbe zur Berechnung eines Planerhonorars fest. Diese Maßstäbe sind seit dem Jahr 2021 nicht mehr verpflichtend. Die aktuelle Form sieht vor, dass die in den Honorartafeln angegebenen Honorarsätze für Grundleistungen für den Fall als vereinbart gelten, falls anderweitig keine wirksame Honorarvereinbarung getroffen wurde.

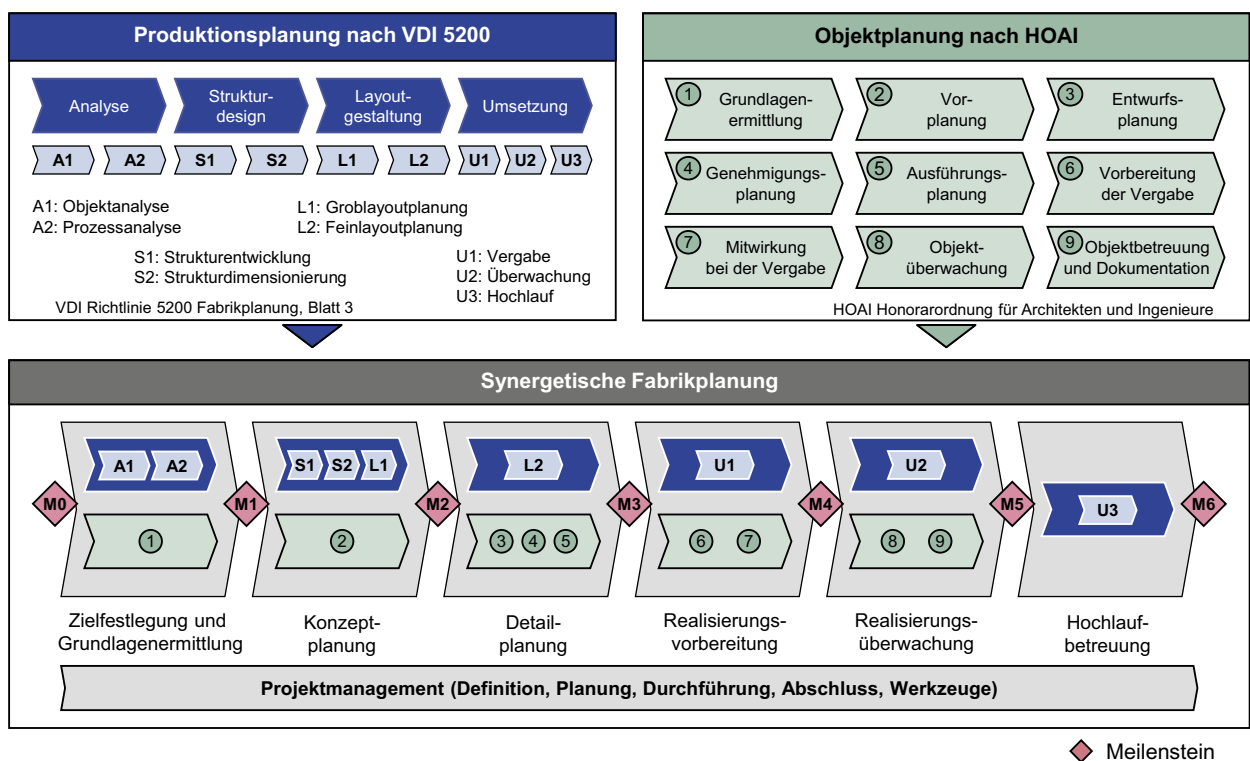


Bild 1.15 Prozessmodell der Synergetischen Fabrikplanung

Die *Leistungsphasen der Synergetischen Fabrikplanung* integrieren Produktionsplanung und Objektplanung über den Fabriklebenszyklusabschnitt von der Vorbereitung der Planung bis zum Betrieb in sechs voneinander abgegrenzten Phasen: Diese beginnen mit dem Meilenstein M0 und werden jeweils mit einem Meilenstein (M1 bis M6) abgeschlossen. Das begleitende *Projektmanagement* umfasst Projektdefinition, -planung, -durchführung und -abschluss sowie die Auswahl der eingesetzten Werkzeuge und Kommunikationsstandards. Die Bezeichnung dieser Phasen folgt im Wesentlichen der VDI-Richtlinie VDI 5200 [VDI11].

Das sogenannte *Schalenmodell* der Synergetischen Fabrikplanung illustriert den inhaltlichen Erkenntnisfortschritt. Bild 1.16 gibt einen Überblick über den notwendigen Datenaustausch zwischen Prozess- und Raumplanung im Fabrikplanungsprozess. Im Planungsprozess werden in den einzelnen Teilbereichen alle benötigten Informationen durch die jeweiligen Planungsdisziplinen bereitgestellt, konsolidiert und als Grundlage für weitergehende Planungsschritte genutzt. Die zusammengeführten Informationen der Produktions- und Objektplanung verschmelzen zu einer Daten-Cloud, die fachplanerübergreifend Informationen zeitgleich bereitstellt. Diese synergetisch aufgebaute Datenstruktur wächst im Projektablauf immer weiter an und bildet die Grundlage aller Entscheidungen. Die Daten müssen dem Ablauf entsprechend vom Groben ins Feine bereitgestellt werden. Zudem ist darauf zu ach-

ten, dass kein digitales Inselwissen angehäuft werden darf, d. h., eine entsprechende Datendurchgängigkeit ist zwingend erforderlich (vgl. auch VDI 2552 zu Informationsaustauschanforderungen in BIM-Projekten [VDI23]). Die Daten-Cloud spart Ressourcen und hält alle relevanten Informationen konsistent im Projekt.

Im Folgenden werden die zentralen Inhalte des Planungsablaufs der Synergetischen Fabrikplanung und die notwendigen Datenströme vorgestellt. Zum Ende jeder Planungsphase sind die vorliegenden Ergebnisse stichpunktartig zusammengefasst. Weiterführende Informationen zu den jeweiligen Planungsphasen werden in Kapitel 3 bis Kapitel 8 behandelt.

Den Beginn des synergetischen Prozesses bildet der Meilenstein *Projektbeschluss* (M0). Dieser Beschluss ist meist die Folge einer strategischen Neupositionierung des Unternehmens aufgrund starker Veränderungsimpulse. Er basiert gegebenenfalls auf einer strategischen Vorstudie, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben. Die von der Geschäftsführung festgelegten wesentlichen Eckpunkte betreffen Produktionsprogramm, Standort, Eigenfertigungs- und Zukaufanteil, Vernetzung mit anderen Standorten sowie eine Zielvorstellung für den Fertigstellungstermin und manchmal auch das Investitionsvolumen. Sie bilden die Eingangsinformationen für die Phase der Zielfestlegung und Grundlagenermittlung.

Die eigentliche Fabrikplanung beginnt mit der *Zielfestlegung* und *Grundlagenermittlung*. In der Zielfestlegung

Aufgaben Prozesssicht

- Zielsystem der Fabrikplanung
- Analyse Strategie/Produkt
- Analyse Standort/Technik
- Analyse Organisation/Produktionslogistik
- Produktionskonzept-/Struktur-/Logistikkonzeptplanung
- Produktionsmittel-/Personal-/Flächendimensionierung
- Ideallayout-/Groblayoutplanung
- Kostenschätzung
- Feinlayout-/Prozessplanung
- Arbeitsorganisationsplanung
- Genehmigungsanträge
- Lastenhefterstellung
- Kostenberechnung
- Energiemanagementsysteme
- Leistungsbeschreibung/Ausschreibungen
- Kostenanschlag
- Detaillterminplanung
- Vergabekoordination mit Angebotseinholung/-auswertung
- Ausführungskoordination/-überwachung
- Abschlussdokumentation
- Kostenfeststellung
- Begleitung des An- und Hochlaufs
- Übergabe an den Fabrikbetrieb
- Dokumentation

Aufgaben Raumsicht

- Geneering
- Programming (Anforderungsprofil)
- Funktionsprogramm/Raumprogramm
- Standort-/Klimaanalyse
- Machbarkeitsstudie
- Vorplanung
- Grobterminplan
- Raumbuch
- Kostenschätzung
- Zertifizierungssystem
- Entwurfsplanung
- Genehmigungsplanung
- Ausführungsplanung
- Raumbuch
- Kostenberechnung
- Feinterminplanung
- Rückbaustrategie
- Leistungsbeschreibung/Ausschreibungen
- Kostenanschlag
- Detaillterminplanung
- Vergabekoordination mit Angebotseinholung/-auswertung
- Ausführungskoordination/-überwachung
- Abschlussdokumentation
- Übergabe an den Fabrikbetreiber
- Kostenfeststellung
- Objektbeobachtung/-verwaltung
- Kosten-Nutzen-Analyse Betrieb

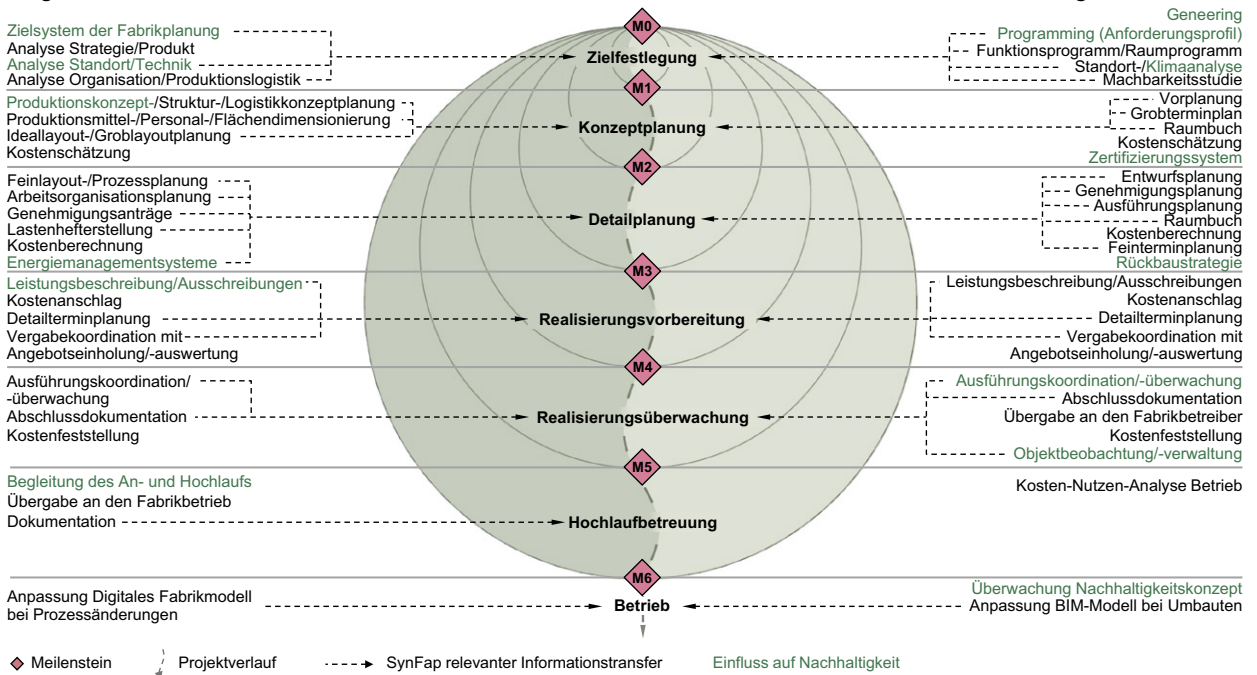


Bild 1.16 Schalenmodell der Synergetischen Fabrikplanung

erarbeitet das Projektmanagement mit der Produktions- und Gebäudeplanung auf Basis des Meilensteins M0 eine Vision, Mission sowie strategische Ziele für die neue Fabrik. Parallel dazu erfolgt die Grundlagenermittlung für das Bauprojekt. Der nächste Schritt dieser Leistungsphase analysiert aus Sicht der Produktionsplanung die Rahmenbedingungen des Projektes in zwei Schritten:

- In der *Objektanalyse* (A1) geht es zum einen um die Produkte mit ihren Derivaten, ihren Varianten und ihrem Stücklistenaufbau, unterteilt nach Eigenfertigungs- und Zukaufteilen und Komponenten. Zum anderen ist eine Bestandaufnahme neuer oder vorhandener Betriebseinrichtungen mit ihren Flächen und dem erforderlichen Personal notwendig. Sie wird ergänzt um Personalbedarf und Büroflächen für Marketing, Vertrieb, Forschung und Entwicklung, Arbeitsvorbereitung, Einkauf, PPS sowie die Supportfunktionen Personal, Finanzen und Controlling.
- Der Schritt der *Prozessanalyse* (A2) untersucht demgegenüber die Produktionsabläufe aus technologischer Sicht auf Basis der Arbeitspläne und Ablauforganisation. Ergänzend kommt die Analyse der Logistik hinzu, d. h., der Anlieferkonzepte der Lieferanten, der Steuerungslogik der Produktion und des Auslieferungskonzepts für Fertigwaren mit den notwendigen Lager- und Transporteinrichtungen. In Einzelfällen müssen weitere Objekte und Abläufe einbezogen werden, wie z. B. eine Versuchseinrichtung oder ein Technikum für Kundenschulung.

Für die Objektplanung findet nach HOAI in dieser Leistungsphase die Klärung der Aufgabenstellung aus Sicht der Bauplanung statt. Gerade bei komplexen Industrieprojekten gestaltet sich die Ermittlung der Ausgangsdaten für die Gebäudeplanung meist schwierig, Gründe hierfür liegen unter anderem in der stets gegebenen Vermischung von „harten“ Angaben (z. B. Stützenraster, lichte Raumhöhen) mit „weichen“ Faktoren (z. B. Kommunikationsbezüge zwischen Mitarbeitern und Kunden) sowie einer großen Meinungsvielfalt der Beteiligten. Die Verfasser setzen daher in vielen Projekten eine nach „harten“ und „weichen“ Lösungsräumen strukturierte Moderationstechnik ein: Diese geht von der Vorstellung eines Gebäudes als technischer Organismus aus. Das bewusste Aufspüren und Setzen der gestaltprägenden „Gene“ führt zu einem „strukturierten Geburtsprozess“, der als *GENEring* bezeichnet wird (vgl. Abschnitt 3.1.8).

In den frühen Projektphasen, insbesondere während der Zielfestlegung, liegt es in der Verantwortung des Projektleiters, den Lenkungsausschuss über Anforderungen und Potenziale bezüglich der Nachhaltigkeit ihres Projektes aufzuklären. Dies schlägt sich zum einen im Zielsystem der Fabrikplanung (Prozesssicht) als auch im Anforderungskatalog (Raumplanung) sowie der synergetischen Standortplanung nieder.

Die Leistungen von Prozess- und Raumplanung während der Zieldefinition finden weitestgehend parallel statt und bauen nur bedingt, z. B. bei der Standortanalyse, aufeinander auf. Dessen ungeachtet sollten die Resultate stets der anderen Planungsdisziplin zur Verfügung gestellt werden, um ein gemeinsames Projektverständnis zu entwickeln.

Als Ergebnis liegen am *Meilenstein M1 Ausgangssituation* folgende Ergebnisse (mögliches Format) vor:

- die Vision und Mission der Fabrik (Fließtext)
- ein abgestimmtes Anforderungsprofil (Tabelle)
- die Fabrikstrategie und -ziele sowie notwendige Handlungsfelder (Fließtext)
- die Aufgabenstellung nach HOAI (Fließtext)
- die Beschaffungs- und Distributionsmodelle (Tabelle)
- eine Maschinenliste mit Raumattributen (Tabelle)
- ein grober Projekt-Terminplan (Diagramm)

Diese Punkte bilden mit den entsprechenden Dokumenten bzw. Dateien die Agenda für das Meilensteintreffen M1 mit dem Lenkungsausschuss.

Die sich anschließende *Konzeptplanung* durchläuft aus Sicht der Produktionsplanung die Prozessphasen der Strukturentwicklung (S1) (dimensionslos), der Strukturausplanung (S2) (dimensioniert) sowie der Groblayoutplanung (L1). Dabei werden entweder vorhandene Produktionstechnologien oder bereits bekannte zukünftige Technologien, unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Faktoren, in das Projekt überführt.

Bei der *Strukturentwicklung* liegt der Fokus auf der Ermittlung von Strukturvarianten. Sie beschreiben in einer 2D-Darstellung die grundsätzlichen Beziehungen zwischen den Fertigungs-, Montage- und Logistikbereichen und legen damit das gesamte Fabrikkonzept fest. Dies geschieht auf der Basis bestimmter Strukturbeziehungen wie z. B. nach Kunden, Technologie oder Produktgruppen. Anschließend erfolgt für die erarbeiteten Strukturen die Strukturausplanung durch die Bestimmung der Anzahl notwendiger Produktionsmittel sowie deren Flächen, der Anzahl der Mitarbeiter sowie in Abstimmung mit der Objektplanung die Dimensionierung der Gebäuderaster und Bebauungsflächen.

Die *Groblayoutplanung* (L1) ordnet diese Bereiche im nächsten Schritt räumlich an, ohne Details der Einrichtungen und meist in Form von Blöcken. Insbesondere sogenannte „Fabrikmonumente“ (z. B. Härteöfen, Galvanik oder Lackieranlagen), die aufgrund ihrer Eigenschaften nur schwer bzw. kostenintensiv versetzt werden können, sind idealerweise gebündelt an den Flanken der Fabrik jenseits der Erweiterungsrichtungen zu positionieren, um den zukünftigen Handlungsrahmen nicht unnötig einzuschränken [Lei19]. Die gefundene Struktur wird hier unter

Beachtung von weiter verfeinerten Anordnungskriterien wie Produkt, Technologie oder Werkstoff zunächst in ein Ideallayout umgesetzt.

Die Raumplanung konzentriert sich parallel dazu auf die Erarbeitung eines Planungskonzeptes für das Gebäude unter Beachtung der Tragfähigkeit, späteren Genehmigungsfähigkeit und Kosten nach Leistungsphase 2 der HOAI. Die während der Zielfestlegung definierten Anforderungen an die Nachhaltigkeit des Gebäudes gilt es in der Konzeptplanung auszuformulieren und wenn gewünscht ein anzustrebendes Zertifizierungssystem mit dem Lenkungsausschuss abzustimmen.

Bereits die dimensionierte Strukturausplanung, spätestens jedoch die Groblayoutplanung, sind von hoher Bedeutung für die Raumplanung, da sie als Grundlage für die Planungskonzepte des Gebäudes fungieren. Idealerweise werden diese daher bereits als 3D-Volumenkörper oder als 2D-Flächen, dann mit entsprechenden Attributen bezüglich benötigter Höhen versehen, im CDE zur Verfügung gestellt. Eine stetige Abstimmung von Prozess- und Raumsicht in dieser Phase ist unabdingbar, um die Disziplinen synergetisch aufeinander abzustimmen und eine Zusammenschau der bis zu diesem Zeitpunkt erarbeiteten Zielvorstellungen aus Standort, Prozess und Organisation, Gebäude und Haustechnik in einem räumlichen Gesamtmodell zusammenzuführen. Das Modell vermittelt dem Lenkungsausschuss, den Nutzern und dem Projektteam das Zusammenspiel der Produktionseinrichtungen mit dem Gebäude. Nutzungsaspekte wie Kommunikation oder der Einsatz von Tageslicht werden visuell vermittelt. Parallel dazu stehen realistische Kenndaten wie die Größe der Bruttogeschossflächen und der Kubatur als maßgebende Richtgrößen für die Kostenschätzung zur Verfügung. Nach Abschluss der *Konzeptplanung* liegen am *Meilenstein M2 Strukturdesign* folgende Ergebnisse vor:

- das Produktionskonzept (unter anderem Abbildung, Fließtext)
- das Volumen- und Flächenprogramm mit Raumspiegel, Bruttogeschossflächen und Bruttorauminhalt (BIM-Modell, Tabelle)
- eine Kostenschätzung nach DIN 276 (Tabelle)
- ein integriertes 3D-Raum- und Produktionskonzept (BIM-Modell)
- ein aktualisierter Terminplan (Diagramm)

Nun folgt die Leistungsphase *Detailplanung*:

- Sie umfasst seitens der Produktionsplanung die Festlegung der Betriebseinrichtungen unter Berücksichtigung der Energiemanagementsysteme für Fertigung, Montage und Logistik sowie die Feinlayoutplanung (L2). Durch die Berücksichtigung von Restriktionen der Produktion und des mittlerweile bekannten Gebäudekonzeptes entsteht eine realistische Ausplanung der Fabrik

mit der genauen Positionierung der Einrichtungen, Wege, Medienanschlüsse usw.

- Die Objektplanung erstellt in dieser Projektphase die Objektentwürfe nach Leistungsphase 3 der HOAI. Idealerweise finden bereits hier Rückbaustrategien für etwaigen Um- oder Rückbau Beachtung. Es müssen notwendige Genehmigungen eingeholt werden (Leistungsphase 4 HOAI), und die Leistungsphase 5, die Ausführungsplanung, muss erfolgen.

Ergebnis der Feinlayoutplanung sind mindestens detaillierte, zweidimensionale Zeichnungen in Form von Grundriss und Schnitt, idealerweise BIM-Fachmodelle der dreidimensionalen Objekte mit entsprechenden Parametern (vor allem von Dimensionen, Verkehrs- und Bewegungsflächen, Gewicht, etwaiger Schwingungen, haustechnischer Bedarfe sowie energetischer Lasten). Das Zusammenführen der Fachmodelle Architektur, Tragwerk, Haustechnik und Außenanlagen in einem zentralen Modell identifiziert Kollisionen oder falsch ausgelegte (Haustechnik-)Systeme schnell. Diese sind entsprechend der jeweiligen Verantwortlichkeit dann vor der Realisierung behebbar.

Nach Abschluss der *Detailplanung* liegen am *Meilenstein M3 Fabrikdesign* folgende Ergebnisse vor:

- das Feinlayout mit genau lokalisierten Betriebseinrichtungen (BIM-Modell, Planzeichnung)
- Nutzerfreigaben (Formular)
- die Genehmigungsplanung (BIM-Modell, Planzeichnung)
- die Ausführungsplanung der Teilgewerke (BIM-Modell, Planzeichnung)
- die Absicherung der Entwurfsplanung auf Machbarkeit und Kosteneinhaltung (Tabelle)
- die Kostenberechnung nach DIN 276 (Tabelle)
- das Raumbuch (Tabelle)
- der Feinterminplan (Diagramm)

Der Meilenstein M3 schließt die eigentliche Planung des Fabrikobjektes ab.

Die anschließende *Realisierungsvorbereitung* denkt die Realisierung mit den dazu notwendigen Ausführungsaktivitäten vor. Produktionsseitig erfolgt die Vorbereitung der Vergabe neuer Produktionseinrichtungen und gegebenenfalls die Anpassung zu übernehmender Betriebsmittel. Die Objektplanung wird nun zum wesentlichen Treiber der Objektrealisierung, während der Fabrikplaner die Aktivitäten dieser Phase eher begleitet.

Objektseitig sind die Werkplanung und Vergabe der Gewerke auf Basis von Ausschreibungsunterlagen nach Leistungsphase 6 und 7 HOAI durchzuführen und zu begleiten. Abschnitt 7.5 behandelt die verschiedenen vertraglichen Formen.

Prozess- und Raumplanung bringen in dieser Phase die definierten Anforderungen an die Nachhaltigkeit von Produktionsmitteln und Gebäudestruktur in den jeweiligen Ausschreibungen zum Ausdruck. Überdies prüfen sie die Angebote der Bieter auf Einhaltung dieser Anforderungen und grundsätzliche Eignung für das Projekt.

Die zuvor erstellten BIM-Modelle sollten in dieser Phase für die digitale Mengenermittlung als Grundlage für die jeweiligen Ausschreibungen genutzt werden. Das Hinzufügen des Faktors Zeit ermöglicht eine Simulation des Bauablaufs einzelner Bauteile und schafft somit zusätzliche Planungssicherheit.

Nach Abschluss der *Realisierungsvorbereitung* liegen am *Meilenstein M4 Ausführungsvorbereitung* folgende Ergebnisse vor:

- die Ausschreibungen der Teilgewerke (Fließtext, Modell)
- ein Kostenanschlag nach DIN 276 (Tabelle)
- die Detailterminplanung (Diagramm)

Die folgende Leistungsphase *Realisierungsüberwachung* kontrolliert aus Sicht der Fabrikplanung den Baufortschritt sowie den korrekten Einbau der Betriebseinrichtungen. Die Planer der Einzelgewerke nehmen die erbrachten Leistungen auf Objektseite (Leistungsphase 8 HOAI) und Produktionsseite ab.

Nach Abschluss der *Realisierung* liegen am *Meilenstein M5 Ausführung* folgende Ergebnisse vor, die Fabrik ist also für den Fabriknutzer bezugsfertig:

- die Leistungsabnahmen der Einrichtungen- und Gebäude (Checkliste)
- die Kostenfeststellung nach HOAI (Tabelle)
- die Abschlussdokumentation (BIM-Modell, Planzeichnung, Fließtext, Tabelle, Abbildung)

Die letzte Leistungsphase besteht in der *Hochlaufbetreuung*. Die Objektplanung (Leistungsphase 9 HOAI) veranlasst in der Gewährleistungszeit bei Auftreten von Mängeln und Eintritt der Gewährleistung für unvollständig oder fehlerhaft erbrachte Bauleistungen die Mängelbeseitigung. Hierbei ist ein enger Kontakt zwischen Raum- und Prozessseite unverzichtbar. Spätestens jetzt empfiehlt sich, das „As-Built-Modell“ in ein Asset-Information-Modell (AIM) für das anschließende Facility Management (vgl. Abschnitt 8.3) zu überführen. Der Schwerpunkt dieser Phase liegt jedoch auf dem Produktionsanlauf des Produktes bis zur Erreichung der vereinbarten Produktionsleistung. Hierzu gibt Bild 1.17 einen genaueren Einblick am Beispiel eines Serienproduktes [Zeug98; Win07].

Zu unterscheiden sind hier neben der bisher primär betrachteten Fabrikplanungssicht die Produkt- und Produktionssicht:

- Für die *Produktsicht* der Produktentwicklung (Bild 1.17 oben) ist nach Abschluss der Konstruktion der Produktionshochlauf Teil des Serienanlaufs, der mit dem Prototypenbau beginnt. Hier interessieren das Produkt und seine Eigenschaften. In Automobilunternehmen stehen

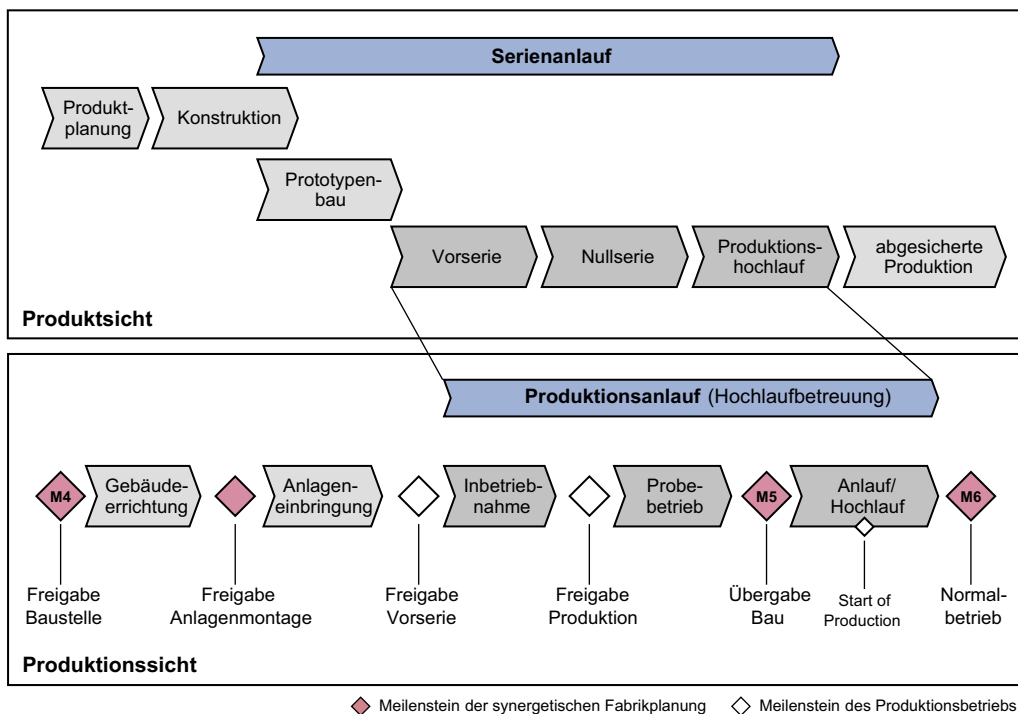


Bild 1.17 Anlaufphasen einer Fabrik aus Produkt- und Produktionssicht

hierfür eigene streng abgeschirmte Fabriken zur Verfügung. Bei kleineren Produkten entstehen die Prototypen meist im Versuchs- oder Betriebsmittelbau. Danach startet eine Pilotserie, unterteilt nach Vor- und Nullserie, auf den mittlerweile aufgebauten neuen Produktionseinrichtungen. Vielfach sind noch Produktpassungen oder Änderungen an den Betriebsmitteln erforderlich. Wenn die Ergebnisse zufriedenstellend sind, fährt die Produktion hoch, bis ein stabiler Betrieb erreicht ist.

- Aus *Produktionssicht* (Bild 1.17 unten) beginnt die Realisierungsphase der Produktion mit dem Baubeginn (M4), gefolgt von der Errichtung der Gebäude bis zur Freigabe der Einbringung der Betriebseinrichtungen. Dazu gehört auch eine sorgfältige Umzugsplanung. Hier interessiert aus Sicht des späteren Nutzers die Prozesssicherheit der Produktionsanlagen. Mit der technischen Freigabe der Vorserie beginnt der eigentliche Anlagenanlauf. Dieser Probetrieb prüft die Einrichtungen bei der Inbetriebnahme auf Funktionstüchtigkeit. An diesen schließt sich für den Fall der Serienfertigung die eigentliche Produktion mit Vorserie, Nullserie und Volllastbetrieb an. In der Einzel- und Kleinserienfertigung wählt man exemplarische Produktbeispiele aus. Der Normalbetrieb (stabiler Dauerbetrieb) ist erst mit dem in Bild 1.17 enthaltenen Meilenstein M6 erreicht.

Mit Abschluss der Hochlaufphase (Meilenstein M6) ist die Fabrik vollständig in Betrieb und das Projekt aus Sicht der Fabrikplanung abgeschlossen. Spätestens jetzt geht die Verantwortung auf den Betreiber über. Sowohl die Leistungsfähigkeit der Fabrik als auch das Planungsprojekt selbst sollten zu diesem Zeitpunkt abschließend bewertet werden. Als Ergebnisse liegen in *Meilenstein M6 Normalbetrieb* vor:

- die Feststellung und Abnahme der Volllastfähigkeit (Checkliste)
- eine Bewertung der Zielerreichung bzw. Performance-Kontrolle (Tabelle)
- die Dokumentationsübergabe und der Rechnungsabschluss

Damit ist das Fabrikplanungsprojekt abgeschlossen (Projektabschluss).

Das *Projektmanagement* plant, überwacht und steuert die skizzierten Planungsschritte. Auf die damit verbundenen organisatorischen Fragen geht Kapitel 7 noch näher ein:

- Das Projektmanagement beginnt mit der eingangs geschilderten *Projektdefinition*, bei der es um die breit abgesicherte Zielsetzung für das Projekt geht.
- Der zweite Baustein beinhaltet die *Projektplanung*, deren Ziel die möglichst eindeutige Definition der Projektphasen und ihrer Ergebnisse ist.

- Die *Projektdurchführung* beschäftigt sich mit der Organisation und Dokumentation des laufenden Projektes, und der *Projektabschluss* dokumentiert schließlich die Ergebnisse.

Zur Aufgabe des Projektmanagements gehört ebenfalls die Vereinbarung über die eingesetzten Werkzeuge zur Erarbeitung, Darstellung und Dokumentation der Ergebnisse. Besondere Aufmerksamkeit verdienen die erläuterten Meilensteine M0–M6, da sie der fachlichen, zeitlichen und kostenmäßigen Abstimmung sowie Freigabe durch den Lenkungsausschuss dienen. Bild 1.18 zeigt diesen fachlichen Abstimmungsprozess schematisch am Beispiel der Konzeptplanung.

In dieser Phase müssen die auf die Planungsobjekte Raum, Betriebsmittel und Organisation hin orientierten Fachdisziplinen zunächst ihre Teilergebnisse erarbeiten und zu einem vereinbarten Termin präsentieren. Die Planungsobjekte stehen jedoch in funktionalen Wechselbeziehungen zueinander, die die hinterlegte Matrix andeutet. Beispielsweise benötigt der Raumplaner, um eine Gebäudestruktur vorschlagen zu können, ein Strukturbild der Fabrik, aus dem er die wesentlichen Bereiche und deren Verknüpfung erkennen kann. Die Teilergebnisse werden an die betreffenden Partner in Form von Plänen, Diagrammen, Listen usw. weitergereicht (Austauschprozess). An bestimmten Punkten der Konzeptplanung erfolgt eine Abstimmung aller beteiligten Disziplinen, meist in einem Workshop. Dieser stellt einen Meilenstein für das Projektmanagement dar. Das Ergebnis bildet die Planungsgrundlage für die nächste Phase und ist mit bestimmten Freigaben seitens des Bauherrn verbunden, beispielsweise für das Konzept und eine Teilzahlung.

Das Ergebnis einer solchen konkreten Abstimmung zwischen Prozess- und Raumplanung zeigt Bild 1.19 an einem Beispiel. In der Phase der Detailplanung bestimmt die Feinlayoutplanung die genaue Position der Maschinen. Damit steht fest, an welchen Stellen der Fabrik gegebenenfalls Abwärme oder Dämpfe entstehen. Diese Informationen bilden die Eingangsinformation für die Objektplanung, sodass die Fachplaner der Haustechnik die Abwärmequellen berücksichtigen und die technische Gebäudeausstattung anforderungsgerecht auslegen können. Anwendungsunterschiede ergeben sich vornehmlich in der Bearbeitungstiefe der einzelnen Prozessphasen. So werden beispielsweise in einem Reorganisationsprojekt im Vergleich zu einer Neuplanung vermehrt Ist-Daten bestehender Prozesse aufgenommen, da der Planungsschwerpunkt häufig im Bereich der Prozess- und Strukturoptimierung liegt. Die Gebäudeplanung nimmt dann einen geringeren Stellenwert ein, wenn die Planungsergebnisse keine baulichen Veränderungen bedingen. Weiterhin sind Restriktionen, die sich aus der vorhandenen Gebäudesubstanz

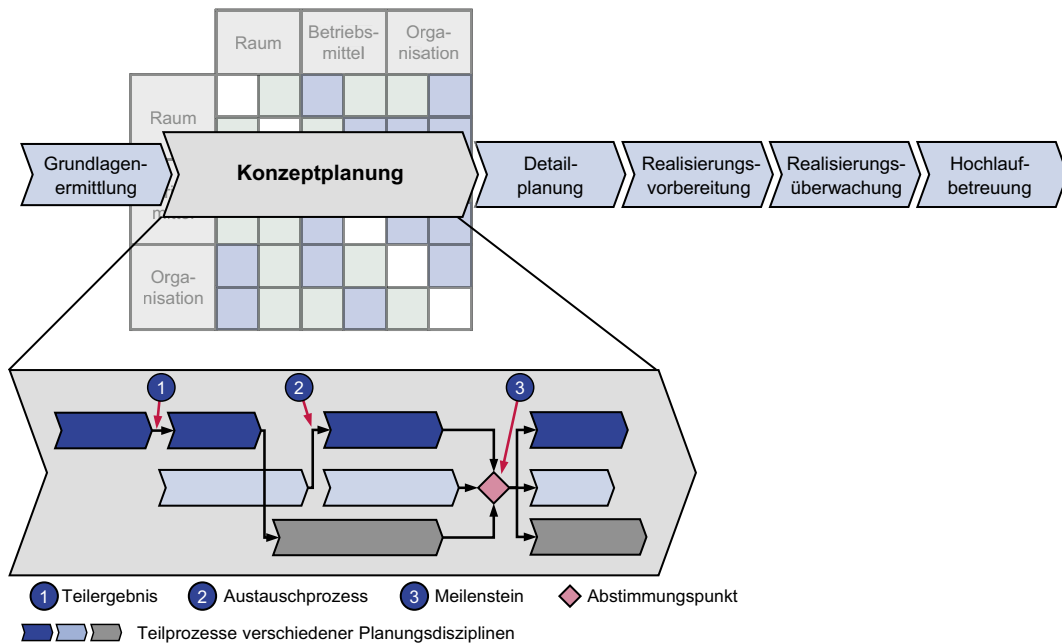


Bild 1.18 Abstimmungsprozess der Teilplanungsprozesse: Beispiel Konzeptplanung

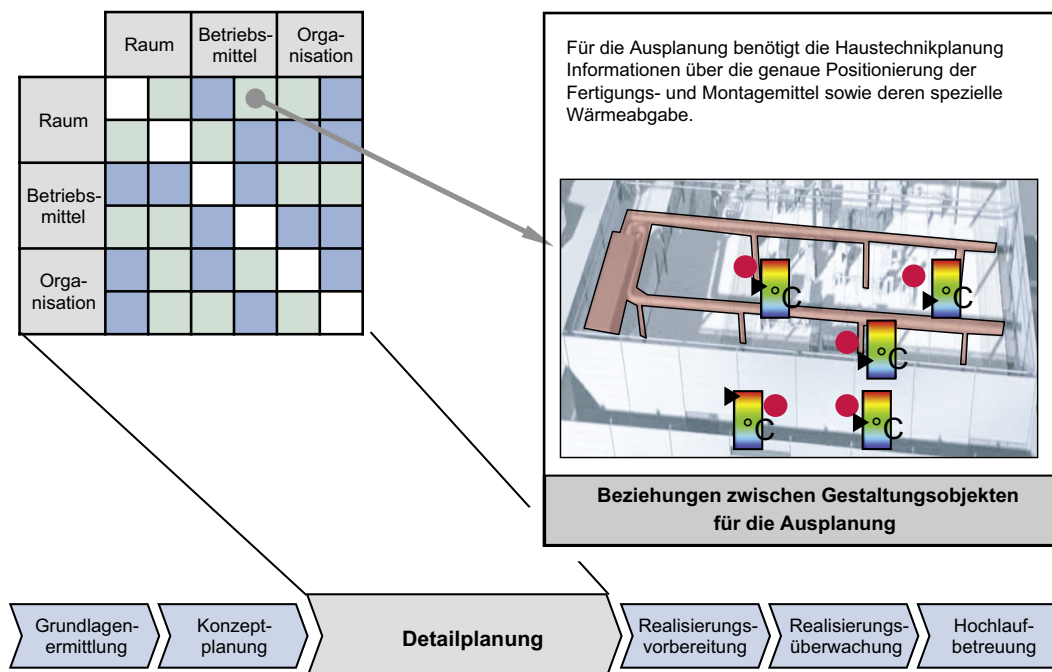


Bild 1.19 Abstimmungsinhalte der Teilplanungsprozesse: Beispiel Detailplanung

ergeben, im Rahmen der Produktionsplanung stärker zu berücksichtigen, während diese bei einer Grüne-Wiese-Planung meist eine deutlich geringere Rolle spielen. Die bisherigen Darlegungen bezogen sich auf die fachlichen Aspekte des Planungsmodells und bilden insgesamt den Kapitelschwerpunkt. Für den Erfolg eines Planungs-

projektes sind aber auch methodische Gesichtspunkte der Gesprächsatmosphäre – also eher weiche Faktoren – maßgebend. Sie werden in ihrer Bedeutung für die Lösung interessenbedingter Zielkonflikte meist unterschätzt und treten typischerweise erst bei den Abstimmungstreffen der Fachplaner und den Meilensteintreffen zutage.

Ausgehend von den jeweils spezifischen Rahmenbedingungen des Projektes ist generell zwischen den fachlichen, methodischen und atmosphärischen Aspekten der Projektarbeit zu unterscheiden. Bild 1.20 verdeutlicht diese Sichten und die daraus resultierenden Leitungsaufgaben des Projektmanagements unter Berücksichtigung aller drei Aspekte nach einem Vorschlag von H.-H. Wiendahl [WieH11]. Ursprünglich für die Gestaltung und Einführung des Auftragsmanagements entwickelt, lässt sich der Ansatz wegen der vergleichbaren Projektkomplexität vorteilhaft auf ein Fabrikplanungsprojekt übertragen (vgl. auch [RL20]).

Es handelt sich hierbei um einen soziotechnischen Ansatz. Er basiert einerseits auf dem von Katz entwickelten Three-Skill Approach, der als personenbezogene Handlungskompetenz die fachliche, soziale und konzeptionelle Kompetenz unterscheidet [Kat55; Son07]. Außerdem ist die systemische Analyse zu berücksichtigen, welche die Rahmenbedingungen sowie die Aspekte Mensch, Technik und Organisation eines Systems behandelt [Uli99; May11]. Daraus ergibt sich als Empfehlung, zwischen einer fachlichen Projektleitung und einer Prozessbegleitung zu unterscheiden. Diese beiden Aufgaben sollten möglichst zwei Personen übertragen werden, welche die drei Aufgaben in unterschiedlicher Intensität wahrnehmen. Bild 1.20 links zeigt zunächst die relevanten Gestaltungsaspekte aus Projektsicht:

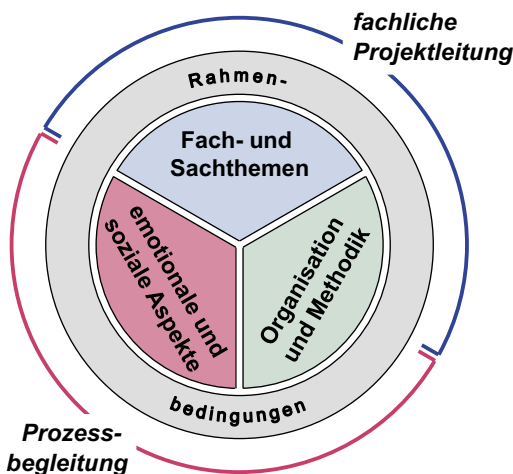
- Die Rahmenbedingungen beschreiben das Gestaltungsobjekt und die aktuelle Situation sowie die produktionsrelevante Strategie des Unternehmens. Dieser Schritt wird in Kapitel 3 zur Strategie und Zielfestlegung vertieft.
- Die Fach- und Sachthemen ergeben sich aus den Gestaltungsfeldern der Fabrik, die in Kapitel 4 bis Kapitel 8

erläutert werden. Sie stellen den Kern der Fabrikplanung dar. Der fachliche Projektleiter verantwortet diese.

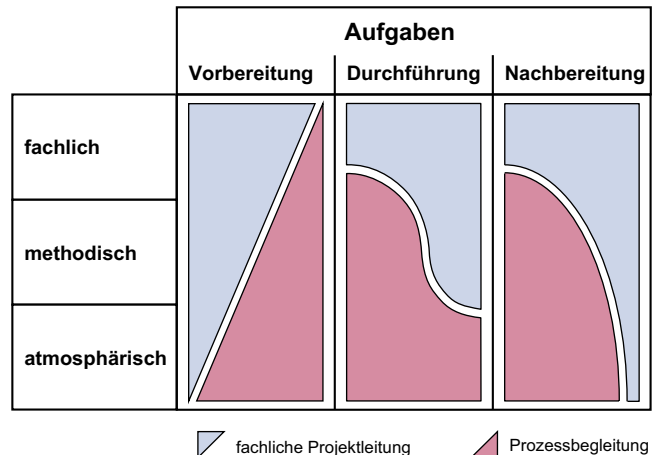
- Demgegenüber betreffen die emotionalen und sozialen Aspekte die Atmosphäre und Stimmung im Projekt bzw. Unternehmen sowie die informellen Beziehungen zwischen den Akteuren. Ihre angemessene Berücksichtigung liegt in der Verantwortung des Prozessbegleiters.
- Als drittes Teilthema sind die Projektorganisation und Methodik festzulegen, welche das Vorgehen im Projektablauf bestimmt. Um sowohl fachliche als auch sozial-emotionale Aspekte zu berücksichtigen, tragen der fachliche Projektleiter und der Prozessbegleiter hier gemeinsam die Verantwortung. Damit werden neben fachlichen auch methodische und atmosphärische Qualitätskriterien für das Projekt formuliert.

Bild 1.20 rechts detailliert den veränderlichen Anteil dieser beiden Leitungsaufgaben während der aufeinanderfolgenden Aufgaben Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von Projekttreffen:

- In der Vorbereitungsphase dominiert zunächst die fachliche Projektleitung, während mit den methodischen und dann atmosphärischen Fragestellungen der Prozessbegleiter im Projektfortschritt an Bedeutung gewinnt.
- In der Durchführungsphase stellt der Prozessbegleiter die methodischen und atmosphärischen Voraussetzungen für eine fachlich zielführende Lösungsfindung sicher, um danach eher auf die Einhaltung der vereinbarten Regeln zu achten.
- Die meist unbeliebte Nachbereitung der Projekttreffen ist zweigeteilt: Fachmethodisch muss der Projektleiter die Aufbereitung der Ergebnisse durchführen oder ver-



Projektspekte



Aufteilung der Leitungsaufgaben

Bild 1.20 Gestaltungs- und Leitungsaufgaben in einem Projekt (Schübel und H.-H. Wiendahl)

antworten. Dabei ist auf inhaltliche Schlüssigkeit, zielgruppengerechte Aufbereitung der Ergebnisse sowie Darstellung von Konsens und Dissens zu achten. Atmosphärisch-methodisch reflektiert der Prozessbegleiter auf Basis der Rückmeldungen der Beteiligten die Qualität der Ergebnisse, die Einhaltung der Regeln und die Stimmung des Teams mit dem Ziel einer ständigen Verbesserung.

Die Gesamtverantwortung für das Projekt muss beim fachlichen Projektleiter liegen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich das Prozessmodell der Synergetischen Fabrikplanung in vielen Projekten als praktikabel erwiesen hat, zu hochwertigen Ergebnissen führt und Abstimmungsprobleme verringert. Der Synergieeffekt ergibt sich demnach daraus, dass

- in jeder Planungsphase ein kreativer Dialog zwischen den phasenspezifischen Fachdisziplinen der Produktions- und Objektplanung stattfindet,
- ein gegenseitiges Verständnis für die jeweiligen fachspezifischen Forderungen, Randbedingungen und Lösungsmöglichkeiten entsteht,
- nicht erst nach Abschluss der Fabrikplanung, sondern bereits nach jeder Phase ein zwischen der Produktionsplanung und Objektplanung abgestimmtes Teilergebnis vorliegt,
- die gesteuerte Abstimmung zwischen Produktions- und Objektplanung frühzeitig und konsequent die Aufmerksamkeit auf weiche Faktoren wie Mitarbeiterorientierung, Kommunikation und Nachhaltigkeit der Fabrik lenkt,
- möglichst durchgängig mit 3D-Darstellungen geplant wird, wodurch eine hohe Anschaulichkeit und Datenkonsistenz aller Daten im Lebenszyklus der Fabrik gewährleistet werden kann und schließlich
- Risiken bei der Bauausführung und Inbetriebnahme der Fabrik vermindert werden.

Der Hauptteil dieses Handbuchs stellt die Leistungsphasen der Synergetischen Fabrikplanung detailliert vor. Der Fokus liegt hierbei auf den fachlichen Inhalten, die der Produktionsplaner in das Projekt einbringt. Die Beiträge der Objektplaner, die sie im Rahmen der HOAI liefern, sind Architektenleistungen und hiermit in Verbindung stehende Ingenieursleistungen. Deren Ausprägungen werden – bezogen auf die Fabrikebenen – ausführlich in Kapitel 5 (Konzeptionelle Raumgestaltung) und Kapitel 6 (Detaillierte Raumgestaltung) beschrieben. Besonderer Wert wird auf die Beschreibung der Ergebnisse der Leistungsphasen und ihrer synergetischen Verknüpfung von Objekt- und Produktionsplanung gelegt. Die ebenso wichtigen Aufgaben des Projektmanagements der Bauplanung beschreibt Kapitel 7 näher.

1.3 Planungsgrundlagen

Dieser Abschnitt beschreibt eine strategisch begründete Planungsbasis, die als Leitlinie für das interdisziplinäre Planungsteam einer Fabrik gilt. Inhaltlich liegt der Fokus auf der Prozesssicht, da die Prozessanforderungen die Fabrikgestaltung weitestgehend bestimmen. Die oberste Devise für ein Fabrikplanungsprojekt ist die konsequente Ausrichtung auf die Unternehmensziele. Dieses Verständnis gilt es zunächst aufzubauen. Auf Grundlage der einleitend skizzierten, auf eine Fabrik wirkenden Einflussfaktoren ist zunächst die passende Wettbewerbsstrategie zu bestimmen. Dazu gehört die Festlegung der Produkte, die die Fabrik herstellen soll, mit den dazu notwendigen Geschäftsprozessen. Dies ist Aufgabe der Unternehmensplanung. In der Regel steht innerhalb einer Fabrik die Auftragserfüllung mit ihren Teilprozessen im Vordergrund. Aus den Produkten und Geschäftsprozessen ergeben sich der Standort und die zu gestaltenden Fabrikbereiche. Die weiteren wichtigen Bestandteile der Planungsbasis sind die Festlegung des Fabriktyps aus Kundensicht, die Position der Fabrik in der Lieferkette und gegebenenfalls die Einbindung in ein Produktionsnetz.

1.3.1 Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung

Die VDI Richtlinie 5200 definiert den in Wissenschaft und Praxis bewährten Zweck einer *Fabrikplanung*: „Fabrikplanung ist der systematische, zielorientierte, in aufeinander aufbauende Phasen strukturierte und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführte Prozess zur Planung einer Fabrik von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf der Produktion“ [VDI11]. Die nähere Betrachtung identifiziert unterschiedliche Aspekte:

- Der *Anlass der Fabrikplanung* (sogenannte Planungsfälle) unterscheidet die Neu-, Um- und Erweiterungsplanung sowie den Rückbau einer Fabrik.
- Der *Betrachtungsumfang* unterscheidet disziplinbezogene (technische Produktionsplanung, Objektplanung nach HOAI) von disziplinübergreifenden Vorgehen (*Synergetische Fabrikplanung*) vgl. Abschnitt 1.2).
- Die *Häufigkeit* unterscheidet die Einmalplanung von der permanenten Fabrikplanung.

Zunächst zum Anlass: Der Projektumfang kann von der Umplanung einer einzelnen Maschine mit ihren Nebeneinrichtungen bis zur Planung und Umsetzung eines neuen Werks variieren [War99; RL20]. Meist werden die nachfolgenden *Planungsfälle* unterschieden:

- Die *Neuplanung* bzw. der Neubau einer Fabrik bildet den (idealen) klassischen Fall einer Fabrikplanung auf einer „grünen Wiese“ ab (auch Green-Field-Planung). Dieser Planungsfall berücksichtigt lediglich die Besonderheiten des Grundstücks mit Standort und Infrastruktur. Restriktionen der Bausubstanz sind vernachlässigbar. Der hohe Freiheitsgrad im Gestaltungsprozess erlaubt vielseitige Lösungen.
- Die *Umplanung* oder *Reorganisationsplanung* ändert eine bereits bestehende Fabrik (auch Brown-Field-Planung, Fabrikoptimierung, -konsolidierung). Vorhandene Produktionsfaktoren und Restriktionen des laufenden Betriebs setzen die Rahmenbedingungen fest. Deshalb lässt sich dieser Planungsfall auch als betriebliche Daueraufgabe innerhalb der Fabrikplanung interpretieren. Ziel der Reorganisation ist die Rationalisierung und eventuell die Modernisierung vorhandener Fertigungskomplexe. In der Regel werden Strukturerneuerungen und Restrukturierungen verschiedener Bereiche als Basis für eine Reorganisation verwendet.
- Sollen primär weitere Kapazitäten geschaffen werden, bietet sich eine *Erweiterungsplanung* bestehender Fertigungskomplexe an (auch Brown Field: grüne, braune Erweiterung). Dieser Fall tritt ein, falls die Reorganisation einer Fabrik infolge von Auftrags- und Umsatzwachstum nicht mehr die zu erbringende Marktleistung erfüllt und die Neuplanung sich als zu kostenintensiv gestaltet. Die Erweiterung führt im Regelfall zu einer Intensivierung der Flächennutzung in der Fabrik.

- Zu guter Letzt kann auch ein *Rückbau* (auch Revitalisierung) der Fabrik erfolgen. Dieser Fall legt die Fabrik still und demontiert sie, um das Gelände zur Nachnutzung vorzubereiten.

Zumindest in entwickelten Wirtschaftsräumen macht die Brown-Field-Planung (im laufenden Betrieb) den häufigsten Planungsfall aus.

Die traditionelle Sicht sieht die Fabrikplanung als Einmalprojekt mit eindeutigem Start und Ende. Das unterstellt eine relativ hohe Stabilität der Umfeldbedingungen einer Fabrik. Mit den eingangs beschriebenen starken Veränderungen greift ein solches Verständnis zu kurz, und die Fabrikplanung entwickelt sich zur permanenten Planungsaufgabe. Ein solches Grundverständnis interpretiert die Fabrikplanung als Regler des Fabrikbetriebs, der permanent zu überwachen ist und bei signifikanten Abweichungen Regeleingriffe (Fabrikplanungsprojekte) erfordert, vgl. dazu ausführlich [Wul11].

Die Fabrikplanung beeinflusst Strukturen und Kapazitäten in der Regel für mehrere Jahre bzw. Jahrzehnte. Aggteley sieht sie dementsprechend als „[...] ein Teilgebiet der strategischen *Unternehmensplanung* [...]“ an [Agg87]. Diese entwickelt dauerhafte und nachhaltige Strategien für Unternehmen und richtet zeitgleich alle Aktivitäten auf diese Strategie aus. Diese Ausrichtung erfolgt, indem sie die gewählte Strategie in die Planungen der einzelnen Unternehmensbereiche einbringt [Bau17]. Der Unternehmensplan setzt sich aus lang-, mittel- und kurzfristigen Teilplä-



Wirkbereich Fabrikplanung

Bild 1.21 Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung (Hernández)

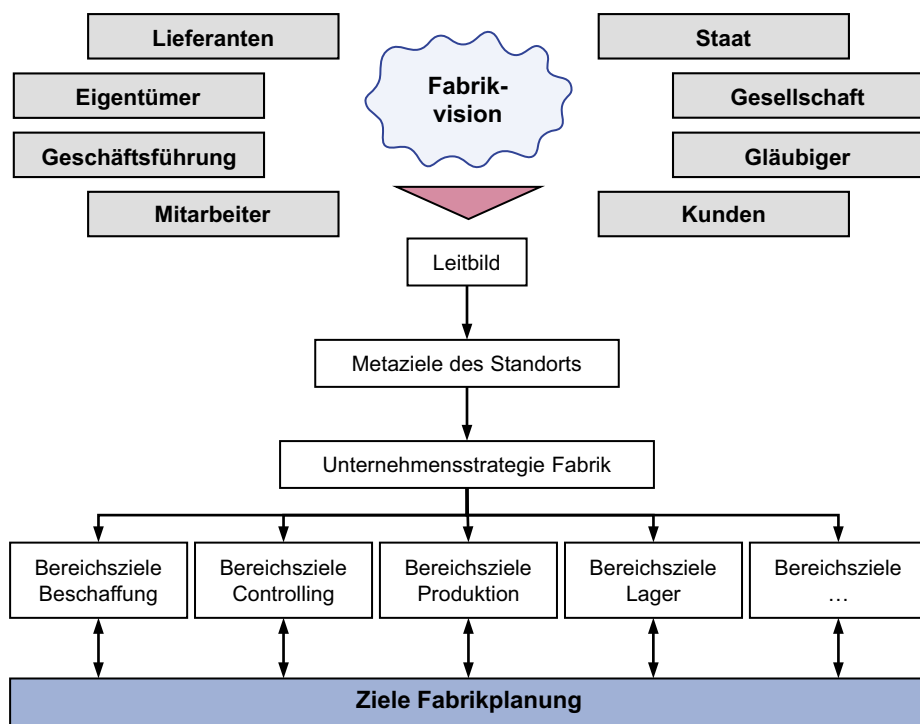
nen zusammen. Die Fabrikplanung ordnet sich in diesem Kontext als Planungsgebiet mit Querschnittcharakter ein. Somit wird anhand der Unternehmensplanung ein Leitbild für die Fabrik erzeugt. Dieses Leitbild steht eng mit der Vision des Unternehmens in Verbindung. Die Unternehmensvision ist eine qualitative Zielsetzung, unter der sich die Strategien, Absichtserklärungen, Projekte und Maßnahmen im Unternehmenskonzept ordnen. Die Vision beinhaltet damit Vorgaben, Rahmenbedingungen und Ziele, die zu Unternehmensgrundsätzen zusammengefasst werden. Die Fabrikplanung unterstützt ein Erreichen dieser Grundsätze mithilfe der notwendigen Produktionseinrichtung [Her03]. Bild 1.21 ordnet die Fabrikplanung in die klassischen Aufgaben der Unternehmensplanung ein.

Die Unternehmensgrundsätze, die sich als Visionen, Leitbilder, Strategien, Ziele, Geschäftsfelder und Marktleistung konkretisieren, verknüpfen die einzelnen Planungselemente logisch. Die in Bild 1.21 illustrierten Schnittstellen zwischen Fabrik- und Unternehmensplanung verdeutlichen die enge Kopplung von Fabrikplanungsaufgaben mit denen der Unternehmensplanung. Dieser Zusammenhang spiegelt sich in den Aufgaben-, Ziel- und Gestaltungsfeldern der Fabrikplanung wider, die nachfolgend beschrieben sind.

1.3.2 Zielhierarchie der Fabrikplanung

Ziele richten Unternehmen eindeutig aus und bilden damit die zentrale Grundlage einer Fabrikplanung. Nur Fabriken mit einer klaren Zielausrichtung können langfristig erfolgreich sein. Dennoch erfolgt in vielen Fabrikplanungsprojekten die konsequente Orientierung an den Vorstellungen des Unternehmens nur unzureichend. Oftmals rücken bereichseigene Ziele in den Vordergrund, ohne das große Ganze zu betrachten. Nur ein stimmiges Bild zwischen dem Unternehmen und seiner Fabrik ermöglicht bestmögliche Ausgangsbedingungen in der Wertschöpfung. Auch die Kongruenz aus Vision und realer Produktion unterstützt die nötige Authentizität, besonders mit Blick auf die verschiedensten Interessengruppen von der Gesellschaft und Trends (z. B. Nachhaltigkeit) bis hin zu den Geschäftspartnern (wie Kunden und Lieferanten).

Um dieses für ein Fabrikplanungsprojekt notwendige, gemeinsame Verständnis zu schaffen und somit eine Akzeptanz für die Planungsergebnisse zu erreichen, werden die Ziele in einem Top-down Ansatz in die einzelnen Planungsprozesse integriert. Dies geschieht als sogenannte *Zielkaskadierung*, die dabei unterstützt, übergeordnete strategische Sichtweisen auf die jeweiligen Bereiche und damit auch für die Fabrikplanung zu konkretisieren und mit Zielvorgaben zu versehen. Bild 1.22 verdeutlicht das grund-



→ Zielkaskadierung

□ Interessengruppen des Unternehmens

Bild 1.22
Zielhierarchie der Fabrikplanung

gende Verständnis der Zielkaskadierung. Sie steht in der vertikalen Richtung in einem strengen Zweck-Mittel-Verhältnis [Wat16; Hab19]. Auf Bereichsebene (z. B. Produktion) können die Ziele erst dann wirklich erreicht werden, wenn die ihr untergeordneten Teilbereiche (z. B. Linien oder Werkstätte) ihre zur Verfügung stehenden Mittel zum vorgegebenen Ziel ausrichten. In der horizontalen Richtung sind die Ziele einzelner Bereiche, Abteilungen oder Stellen widerspruchsfrei zu gestalten, sodass sich keine Zielkonflikte bilden [Wat16]. Aus den Bereichen entstehen dann wiederum konkrete und bewertbare Ziele für die Fabrikplanung. Abschnitt 3.1 beschreibt die genaue Vorgehensweise für die Zieldefinition in der Fabrikplanung umfassend.

Der übergeordnete Prozess der Zielkaskadierung entnimmt alle Ziele innerhalb einer Fabrik unmittelbar aus der *Fabrikvision*, welche die zukünftige Rolle der Fabrik definiert. Hierbei sind Unternehmens- und Fabrikvision zu unterscheiden: Erstere bezieht sich auf das Gesamtunternehmen, letztere auf den Beitrag der Fabrik zum Gesamtunternehmen. Somit stellt die Fabrikvision die Wahrnehmung der Fabrik in der Wertschöpfung in den Vordergrund. Die Emotionen, die mit der Marke, also dem Unternehmen verbunden sind, wirken lediglich indirekt auf die Fabrikvision. Letztere schafft auch den Rahmen für alle Planungshandlungen. Diese Ebene leistet einen entscheidenden Beitrag für die planerische Ausrichtung der Fabrik.

Im Wesentlichen beeinflussen acht unterschiedliche Interessensgruppen die Fabrikvision [Mat96] (vgl. Bild 1.22). Aus diesen unterschiedlichen Perspektiven wird die Vision immer weiter geformt und in einer einheitlichen Form verdichtet. Ihre Grundaussagen bleiben auf den darunterliegenden Ebenen bestehen. Für eine möglichst hohe Akzeptanz der Vision ist eine autoritäre Festlegung der Vision durch die Geschäftsleitung kontraproduktiv. Dies hängt damit zusammen, dass die Vision einer Fabrik aus verschiedenen Blickwinkeln konsistent bleiben muss. Ein Team leitender Mitarbeiter unterschiedlicher Teilbereiche und Hierarchien sollte eine umfassendere Sichtweise der Fabrikvision eigenständig herausarbeiten. Der in Workshops zusammengestellte Entscheidungsvorschlag sollte in einem etwas erweiterten Kreis – aus Geschäftsführung, Mitarbeitenden, externen Stakeholdern oder professionellen Beratern – nochmals zur Diskussion gestellt werden, um die Unternehmensvision zu verabschieden. Als Ergebnis entsteht ein Leitbild für das Unternehmen, das sich idealerweise in den Verhaltensweisen, den Planungsaktivitäten und dem operativen Betrieb des Unternehmens wiederfinden lässt:

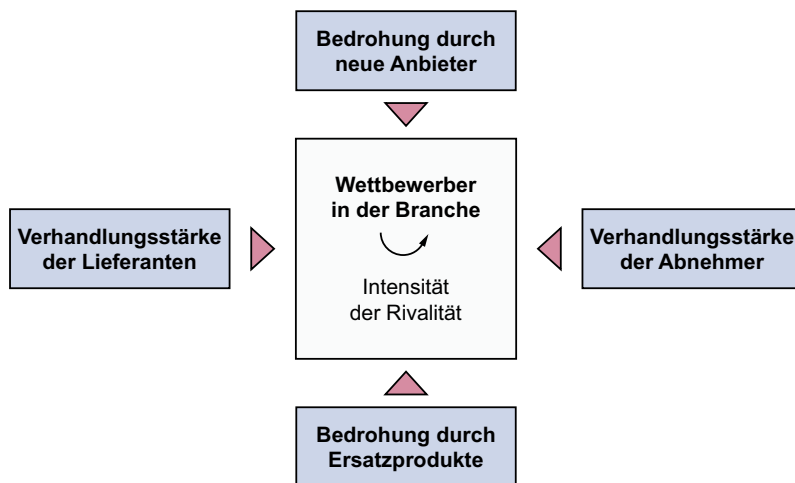
- Wofür soll die Fabrik mit all ihren Besonderheiten stehen?
- Soll die Fabrik als Innovationsführer, Marktführer, verantwortungsvoller Partner oder durch die Passion zur Nachhaltigkeit bestechen?

Die in Abschnitt 1.3.8 vorgestellten Fabriktypen sind als Startunterstützung für die Entwicklung einer Fabrikversion nutzbar. Die entwickelte Vision sollte anschließend im Unternehmen kommuniziert und genutzt werden. Erst dann sind die dadurch erzielten Ergebnisse von der Außenwelt auch so wahrnehmbar.

Aus dem – aus der Fabrikvision abgeleiteten – Leitbild werden im nächsten Schritt Metaziele für die Fabrik abgeleitet. Diese sind in der Regel an konkrete betriebswirtschaftliche Größen gebunden, an die sich der Standort messen lassen muss (unter anderem Umsatzanteil, Wachstumsquote). Die Metaziele des Standorts repräsentieren und priorisieren größtenteils die Zielfelder der Fabrikplanung, die Abschnitt 3.1.7 ausführlich vorstellt. Sie sind quantitativ als auch qualitativ messbar und dienen als Geschäftsgrundlage für das gesamte Fabrikplanungsprojekt sowie der Erfolgskontrolle. Zur Erfüllung dieser Metaziele sind passende Strategien für die Fabrik einzusetzen (z. B. Kostenführerschaft, Nischenstrategie, Technologieführerschaft). Diese lassen sich unter anderem durch genaue Analysen über das Umfeld des Unternehmens herauskristallisieren. Letztlich müssen alle Bereiche innerhalb der Fabrik die strategischen Ausrichtungen und Vorgaben über ihre spezifischen Bereichsziele konkretisieren. Gerade im Bereich der Produktion stehen für die Umsetzung der festgelegten Strategie unterschiedliche Konzepte zur Verfügung (unter anderen Lean Production, wandlungsfähige Produktionssysteme, klimaneutrale Produktion). All diese Vorgaben münden in der Fabrikplanung, die alle erforderlichen Randbedingungen in der realen Fabrik zur Erreichung dieser Ziele berücksichtigen muss. Letztlich macht sich darüber in der Fabrik die mehrfach hervorgehobene Symbiose aus Prozess- und Raumsicht bemerkbar.

1.3.3 Von der Wettbewerbsstrategie zur Fabrikstrategie

Eine Fabrik wird nicht um ihrer selbst willen betrieben, sondern ist eines von mehreren Instrumenten der Produktionsunternehmen zur Durchsetzung ihrer Unternehmensstrategie. Bis in die 1970er-Jahre war die Beschäftigungssicherung der vorhandenen Fabrik vordringlich. Die Notwendigkeit, diese Fabrik zu betreiben, stand nicht in Frage. Heute wird primär diskutiert, welche Rolle die eigene Produktion im Wettbewerb um die Märkte einerseits und die finanziellen Mittel des Unternehmens andererseits spielen soll. Die Möglichkeiten der globalen Beschaffung und Kooperation sowie technische Entwicklungen schaffen neue Freiheitsgrade zur Gestaltung und Positionierung der Produktion. Diese sind vor dem Hintergrund einer

**Bild 1.23**

Elemente des Wettbewerbs in einer Branche
(M. E. Porter)

durchdachten *Wettbewerbsstrategie* des Gesamtunternehmens zu nutzen, welche die langfristige Rentabilität sicherstellt. Das verknüpft die Wettbewerbsstrategie unmittelbar mit dem Fabrikerfolg.

Nach grundlegenden Untersuchungen von M. E. Porter gehören zu den essenziellen Wettbewerbsfaktoren insbesondere die Konzentration auf selektierte Marktsegmente, die Produkt- und Leistungsdifferenzierung gegenüber dem Wettbewerb sowie das Erringen einer umfassenden Kostenführerschaft [Por14]. Die Wettbewerbskräfte und Bestimmungsgrößen, die es hierbei zu analysieren und zu bewerten gilt, fasst Bild 1.23 in fünf Kategorien stichwortartig zusammen.

Ausgangspunkt sind die Anzahl der Wettbewerber und die Intensität der Rivalität in der eigenen Branche. Letztere wird z. B. durch Überkapazitäten, die Markenidentität und Austrittsbarrieren bestimmt. Es folgt die Untersuchung über mögliche neue Anbieter und ihre Eintrittsbarrieren in den eigenen Markt. Der dritte Komplex betrifft die Abnehmer mit ihrer Verhandlungsmacht und Preisempfindlichkeit. Ein vierter Komplex betrachtet mögliche Ersatzprodukte und die daraus resultierende Substitutionsgefahr der eigenen Produkte. Der fünfte Komplex behandelt schließlich die Verhandlungsmacht der Lieferanten.

Weitere hieran anknüpfende Überlegungen zur Entwicklung möglicher Produktinnovationen zeigen Eversheim und Gausemeier [Eve06; Gau06] ausführlich. Ein wesentliches Ergebnis aus der Produktplanung sind die strategischen Geschäftsfelder oder -einheiten, welche definierte Marktleistungsangebote in bestimmten Marktsegmenten bündeln [Por14; Kra95].

Ein wichtiger Denkansatz ist in diesem Zusammenhang die Beurteilung von Effektivität („die richtigen Dinge tun“) und Effizienz („die Dinge richtig tun“) mithilfe der Balanced Scorecard, auch als „ausgewogener Berichtsbo-

gen“ bezeichnet [Hor98]. Sie dient der mehrdimensionalen strategischen Planung und Steuerung eines Unternehmens oder Geschäftsbereichs. Nach einem Vorschlag von Kaplan und Norton [Kap97] werden ausgehend von einer übergeordneten Vision und Strategie vier Sichten entwickelt (Bild 1.24). Zu jeder Sicht sind strategische Ziele zu formulieren. Daraus sind operative Ziele und Aktivitäten abzuleiten, deren Einhaltung anhand spezifischer Kennzahlen zu überwachen ist [Hor07]:

- Die *finanzielle Perspektive* untersucht, ob aus Sicht des Kapitalgebers eine ausgewählte oder umgesetzte Strategie das Unternehmensergebnis verbessert. Für die Produktion ergibt sich hieraus z. B. die Erarbeitung von Zielen, Kennzahlen, Vorgaben und Maßnahmen hinsichtlich des eigenen Produktionsanteils, der eingesetzten Betriebsmittel und des Standortes.
- Die *Kundenperspektive* stellt für den Fall der Fabrik die Frage, ob sie die vom Markt verlangten Leistungsmerkmale, wie beispielsweise Lieferzeit, Liefertreue und Produktqualität, erfüllt. Doch auch allgemeine Zielgrößen wie Kundenzufriedenheit und Kundenbindung sind hier als Treibergrößen des Geschäftserfolgs berücksichtigt. Entsprechende Maßnahmen könnten z. B. fokussierte Teilfabriken in der Nähe des Kunden oder eine durchgreifende Neugestaltung des Erscheinungsbildes sein.
- Die *Perspektive interne Geschäftsprozesse* stellt die Strukturen und Abläufe in den Vordergrund, welche maßgeblich die Befriedigung der Kundenwünsche beeinflussen und deren Verbesserung die Kunden wahrnehmen. Hierzu zählen aus Sicht der Fabrik z. B. interne Durchlaufzeiten, späte Entscheidungsmöglichkeiten über Varianten oder eine Produktqualität, die eine Eingangsprüfung des Kunden erübrigt.
- Die *Perspektive Lernen und Entwicklung* unterstreicht die Bedeutung einer ständigen Weiterentwicklung der

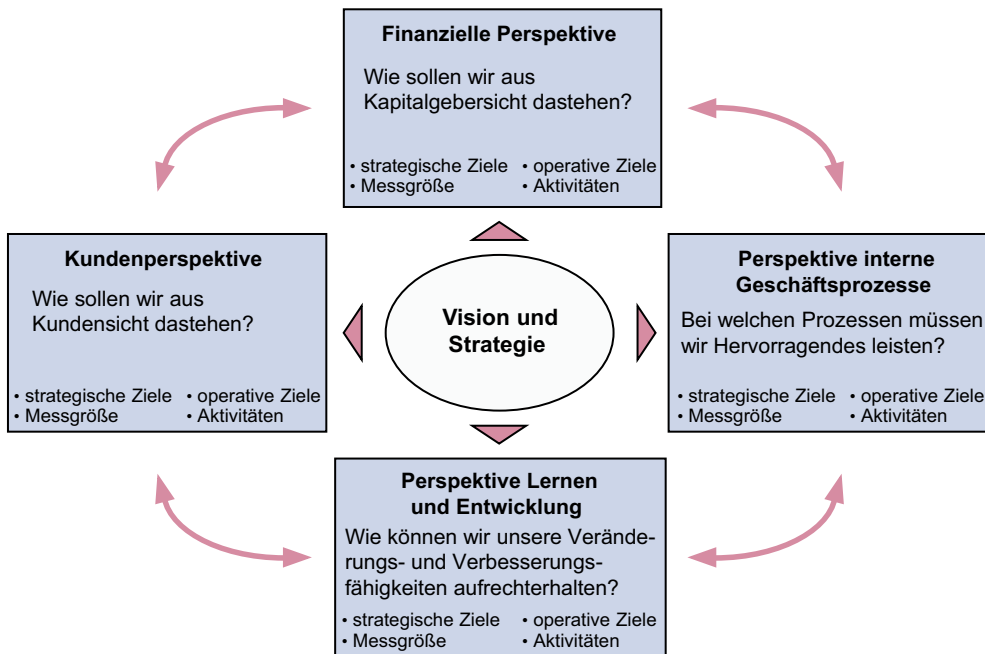


Bild 1.24 Grundkonzept der Balanced Scorecard (Kaplan und Norton, zitiert nach Horváth)

Produkte und Verfahren. Es geht aus Sicht der Produktion dabei z. B. um die kontinuierliche Verbesserung der Produktionstechnik, die Einführung von Gruppenarbeit oder die Entwicklung durchgängiger Logistikketten vom Lieferanten über die eigene Produktion bis hin zum Kunden.

Bemerkenswert an diesem Vorschlag ist, dass er im Gegensatz zu anderen Ansätzen, wie dem Return on Investment-Kennzahlenkonzept und dem Shareholder-Value-Ansatz, nicht nur einseitig finanzielle und teilweise auch stark vergangenheitsbezogene Messgrößen zur Entscheidungsbasis heranzieht. Vielmehr richtet sich der Blick gleichermaßen auch auf die Kunden, den Wettbewerb und interne, schwer messbare Faktoren wie Innovations- und Lernfähigkeit, die in einem turbulenten Markt eine immer größere Rolle für den Geschäftserfolg spielen. Die Balanced Scorecard bietet damit einen flexiblen Rahmen zur Entwicklung der jeweils unternehmensspezifischen Strategie, wie sie gerade für die zukünftige Rolle der Fabrik unabdingbar ist [Kap01].

Als Nächstes ist die Wettbewerbsstrategie in eine *Fabrikstrategie* zu überführen, aus der die Leitplanken für die Fabrikplanung hervorgehen. Wie bereits erwähnt, ist für die Fabrikplanung die Kenntnis desjenigen Teils der Unternehmensstrategie, der das Marktangebot und die Produktion betrifft, unerlässlich, da sonst leicht einseitig kostenorientierte Gesichtspunkte dominieren. Bild 1.25 stellt die wesentlichen strategischen Elemente der Planungsbasis einer Fabrik vor, die unter drei Prämissen

steht. Sie muss *nachhaltig* in wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Hinsicht sein und damit nicht auf einen kurzfristigen Erfolg zielen. Der Anspruch, *innovativ* zu sein, erwächst aus dem dynamischen Umfeld, und dies gilt nicht nur für Produkte, sondern auch und gerade für die Produktion sowie administrative Abläufe. Schließlich ist nicht nur für die Fabrik, aber für diese im Besonderen, das Gebot der *Wandlungsfähigkeit* zwingend.

Den Kern der Strategiebasis für die Fabrik bilden die aus Visionen und Leitbildern entwickelten *Geschäftsfelder*. Sie beschreiben eine eigenständige Marktaufgabe mit klar abgegrenzten Wettbewerbern und stehen in Übereinstimmung mit der Unternehmensphilosophie, den Werthaltungen und der Kultur des Unternehmens. Marktsegmente bündeln die daraus definierten Marktleistungsangebote [Por14; Kra95]. Als Resultat lassen sich vier Planungsfelder (vgl. Bild 1.26) in einer Gegenüberstellung der Produkte zu den Märkten ausmachen [Kra95]:

- **Feld 1 - Intensivierung:** Zuerst wird das laufende Geschäft abgebildet, und die Produkte P_1 bis P_n werden den derzeit bedienten Märkten M_1 bis M_n zugeordnet. Die Bewertung der Marktentwicklung und der Chancen der eigenen Produkte im Hinblick auf ihren technischen, wirtschaftlichen und emotionalen Nutzen für den Kunden führt in der Regel zu einer strategischen Intensivierung der Vertriebsaktivitäten.
- **Feld 2 - Markterweiterung:** Zeigt sich ein vorhandener Markt gesättigt oder rückläufig, müssen bestehende Produkte in angrenzenden oder gänzlich neuen Märkten eingebracht werden.

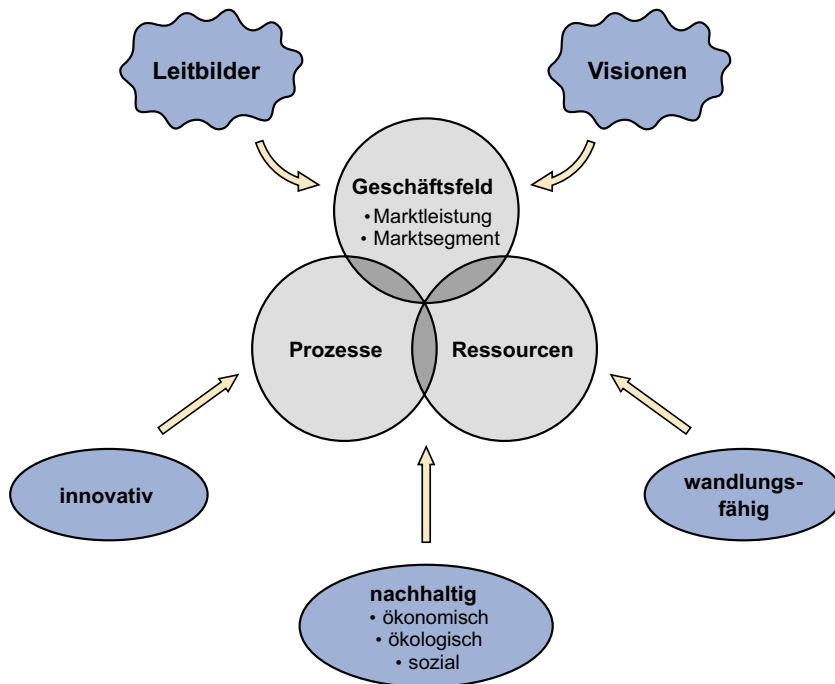


Bild 1.25
Strategiebasis der Fabrikplanung und
-gestaltung

		Region ...					Produkt- chancen	neue Märkte	
		Region B					Produkt- chancen	neue Märkte	
		Region A					Produkt- chancen	neue Märkte	
		M ₁	M ₂	M ₃	...	M _n	Produkt- chancen	neue Märkte	
derzeitige Produkte	P ₁	+	-	=		+	+	Feld 2 Planung derzeitiger Produkte in neuen Märkten Markterweiterung	
	P ₂	=				+	+		
	P ₃	-					-		
	...								
	P _n	=					=		
voraussichtliche Marktentwicklung		-	=	=		+			
neue Produkte	Feld 3 Planung neuer Produkte für derzeitige Märkte Produktneuplanung							Feld 4 Planung neuer Produkte in neuen Märkten Diversifikation	

Bild 1.26
Produkt-Markt-Matrix
(Kramer)

- **Feld 3 - Produktneuplanung:** Eine weitere Option besteht in der Adaption der neuen Bedürfnisse der Märkte durch neue Produkte oder Produktanpassungen.
- **Feld 4 - Diversifikation:** In diesem Planungsfeld werden neue, technisch oder wirtschaftlich vorteilhafte Produkte für neue Märkte produziert und dort auch vertrieben. Dieses risikoreiche Vorhaben wickelt die Praxis häufig über sogenannte Joint Ventures ab, also

einen Zukauf eines anderen Unternehmens, wodurch rechtlich unabhängige Gesellschaften mit gemeinsamer Beteiligung der Gründungsgesellschaften entstehen.

Jedes Geschäftsfeld ist durch eine Marktleistung und ein Marktsegment definiert, das nach Abnehmertypen, Vertriebskanälen oder geografischen Regionen beschrieben

ist [Gau99]. Für die strategische Positionierung der Fabrik ist die Festlegung der Absatzregionen nach Umsatz und regionalem Marktanteil besonders wichtig. Daraus ergeben sich einerseits das Verkaufsvolumen und andererseits die lokale Wettbewerbssituation als Ausgangsbasis für die Entscheidung über den Standort und den Produktionsumfang einer Fabrik.

1.3.4 Marktleistung

Für jedes Geschäftsfeld sind die in den Marktsegmenten angebotenen Produkte und Dienstleistungen definiert, die zusammenfassend als *Marktleistung* bezeichnet werden [Gau99]. Diese Marktleistung erfordert Prozesse, die mit den Unternehmenspotenzialen erbracht werden. Unterschieden werden dabei im Allgemeinen Management-, Geschäfts- und Unterstützungsprozesse. Die Geschäftsprozesse – soweit sie die Fabrik betreffen – dienen der Wertschöpfung und umfassen im Wesentlichen fertigungstechnische Prozesse, Materialflussprozesse sowie Informations- und Kommunikationsprozesse. Alle Leistungen bedürfen ihrerseits *Ressourcen*, die hauptsächlich aus Menschen, Einrichtungen und Kapital bestehen. Die vom Unternehmen erbrachte Marktleistung lässt sich zum einen aus der Sicht der Logistik und zum anderen nach der Art der Marktbedienung betrachten. Unter dem *Logistikaspekt* ist die von der Siemens AG entwickelte Gliederung ihrer Marktleistung zweckmäßig, die vier Geschäftsarten durch den Zeitpunkt der endgültigen Pro-

duktdefinition und den Ort der Wertschöpfung definiert (siehe Bild 1.27 sowie [Faß00]).

Es handelt sich dabei um konsumorientierte Produkte, Systeme zur Industrieausrüstung, Großprojekte des Anlagenbaus und den Service nach dem Verkauf eines Produktes. Sie stellen deutlich unterschiedliche Anforderungen an die Fabrik und deren logistische Abwicklung:

- Das *Produktgeschäft* verkauft einsatzfertige, überwiegend für den Endverbraucher bestimmte Konsumgüter wie Haushaltsmaschinen, Unterhaltungselektronik, Kommunikationstechnik usw., die weitgehend selbst gefertigt werden. Ihre Entwicklung findet unabhängig von der Auftragsabwicklung statt, und die Erfolgsfaktoren sind extrem kurze Lieferzeiten und eine hohe Lieferbereitschaft durch ein gutes Bestandsmanagement sowie ein effizientes, häufig weltweites Distributionssystem.
- Das *Systemgeschäft* verkauft Produkte mit kundenspezifischer Konfiguration aus möglichst weitgehend standardisierten Komponenten (Hard- und Software), deren funktionsbestimmende Anteile im eigenen Hause gefertigt und durch zugekaufte Systemkomponenten ergänzt werden. Die Entwicklungs- und Logistikzyklen sind daher nur teilweise entkoppelt. Hier bestehen die Erfolgsfaktoren in der Fähigkeit zur schnellen Konfiguration der Standard- und Fremdkomponenten, dem auftragsbezogenen Lieferantenmanagement mit hoher Liefertreue, der Direktlieferung geprüfter Komplettsysteme sowie der sofortigen Installation und Inbetriebnahme.

		Wertschöpfungsschwerpunkt	
		im Haus	vor Ort
Zeitpunkt endgültiger Produktdefinition	in der Auftragsabwicklung	<p>Systemgeschäft</p> <ul style="list-style-type: none"> • kundenspezifische Konfiguration von Hard- und Software • Entwicklungs- und Logistikzyklus teilweise entkoppelt • eigene Kernkomponenten und fremde Systemkomponenten • Direktlieferung geprüfter Komplettsysteme, Installation und Inbetriebnahme 	<p>Anlagengeschäft</p> <ul style="list-style-type: none"> • kundenspezifische Projektierung und Engineering • Anlagenengineering und Logistikzyklus sind eng gekoppelt • wenige Kernkomponenten, hoher Anteil fremder Lieferungen und Leistungen • montagegerechte Lieferpakete zur Baustelle
	in der Entwicklung	<p>Produktgeschäft</p> <ul style="list-style-type: none"> • eigene Fertigerzeugnisse • Entwicklungs- und Logistikzyklus sind entkoppelt • überwiegend Eigenleistung • Lieferung "sofort" 	<p>After Sales Service</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit • Entwicklungs- und Logistikzyklus sind entkoppelt • Leistung vor Ort mit kurzen Reaktionszeiten

Bild 1.27
Logistisches Geschäftsarten-Portfolio (Siemens AG)