

# HANSER



## Leseprobe

zu

## **Fabrikplanung** Planungssystematik – Methoden – Anwendungen

6., neu bearbeitete Auflage

ISBN (Buch): 978-3-446-45400-2

ISBN (E-Book): 978-3-446-45401-9

ISBN (ePub): 978-3-446-45752-2

Weitere Informationen und Bestellungen unter  
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45400-2>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Vorwort

Globalisierung der Produktion, steigende Marktdynamik und erhöhter Kostendruck zwingen die Industrieunternehmen zur ständigen innovativen Anpassung ihrer Fabrik- und Produktionsstrukturen an veränderte Bedingungen. Problemstellungen und Projekte des Fachgebietes Fabrikplanung sind damit direkt angesprochen und stellen aufgrund ihrer hohen Bedeutung für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen Daueraufgaben betrieblicher Tätigkeiten dar. Die treffsichere, planungsmethodische Beherrschung dieser Fabrikplanungsprozesse ist dabei für die Unternehmen von existentieller Bedeutung.

Das vorliegende Lehrbuch greift diese Entwicklungen auf und stellt in komprimierter Form klassische und innovative Inhalte wesentlicher Planungsfelder der Fabrikplanung und Entwicklungstendenzen dar. Besondere Beachtung wurde der durchgängigen und systematischen Problembearbeitung unter inhaltlich-methodischen Aspekten geschenkt. Industrieerfahrungen bestätigen immer wieder: Eine wesentliche Voraussetzung zur Sicherung einer gezielten Lösungsentwicklung und rationellen Projekterarbeitung ist die konsequente Durchsetzung einer problembezogenen und durchgängigen Planungs- und Entscheidungssystematik. Auch zeigt sich, dass bei Einsatz digitaler Planungswerkzeuge Kenntnisse der in diesen implizierten Inhalte und Methoden der Fabrikplanung unabdingbar sind. Nur dann ist eine gezielte Werkzeugauswahl sowie die zielführende Ergebnisbewertung und -umsetzung möglich.

Basierend auf der allgemein gültigen Fabrikplanungssystematik werden die für eine systematische Lösungsentwicklung von Fabrikplanungsaufgaben erforderlichen Planungsfelder, Planungsphasen und Bearbeitungsinhalte behandelt. Spezielle Projektbeispiele aus der Industriepraxis veranschaulichen den grundsätzlichen Planungsablauf und Methodeneinsatz. Der Stoffumfang und die Vielgestaltigkeit des Fachgebietes machten Einschränkungen erforderlich, wobei versucht wurde, den Gesamtüberblick über wesentliche Planungsinhalte zu gewährleisten.

Das Lehrbuch entstand im Ergebnis meiner langjährigen Tätigkeiten in Lehre, Forschung und Industriepraxis. Es wendet sich an Studierende des Ingenieur- und Wirtschaftsingenieurwesens an Universitäten und Hochschulen sowie an das Management und an Planungsingenieure in der Industrie. Das Buch will ordnende Grundlage zum Studium des Fachgebietes und zielführender Handlungsleitfaden zur systematischen Lösungsentwicklung sein.

Mit der vorliegenden 6. Auflage dieses Lehrbuches ist es mir ein Bedürfnis mich bei den Herrn Professoren S. Wirth, E. Müller, R. Erfurth (Chemnitz), E. Gottschalk (†), M. Schenk (Magdeburg) und H.-K. Reuter (Wismar) für die langjährige beratende Zusammenarbeit und Unterstützung sehr zu bedanken.

Dank gilt auch Herrn Dipl.-Ing. *Dieter Hartrampf* (Wildau) für die Hilfen bei der technischen Umsetzung des Manuskriptes. Ebenfalls danken möchte ich Frau Dipl.-Min. *Ute Eckardt* vom Carl Hanser Verlag für die nun schon jahrelange gute Zusammenarbeit. Ebenso wichtig war der Austausch mit den Fachkollegen und Studenten meiner Industrie- und Hochschultätigkeit, wobei ich mich für die Vielzahl anregender Diskussionen zum Fachgebiet bedanken möchte. Für Hinweise aus dem interessierten Leserkreis bin ich dankbar.

Ganz besonderer Dank gilt an dieser Stelle auch meiner Familie, insbesondere meiner Frau *Sylvia* für viel Verständnis und Geduld in der Phase der Manuskripterarbeitung.

Kleinmachnow, im Februar 2018

*Claus-Gerold Grundig*

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Grundlagen der Fabrikplanung</b> .....	<b>11</b>
1.1	Grundprinzipien .....	11
1.2	Planungsgrundfälle .....	17
1.3	Merkmale von Fabrikplanungsaufgaben .....	19
1.4	Planungsgrundsätze .....	23
1.5	Entwicklungstendenzen .....	27
1.5.1	Grundprinzipien .....	27
1.5.2	Globale Fabrikplanung .....	27
1.5.3	Kooperative Fabrikplanung .....	28
1.5.4	Digitale Fabrik - Industrie 4.0 .....	29
1.5.5	Wandlungsfähige Fabrik .....	30
1.5.6	Fraktale Fabrik .....	32
<b>2</b>	<b>Fabrikplanungssystematik</b> .....	<b>37</b>
2.1	Planungsablauf .....	37
2.2	Planungsphasen .....	49
<b>3</b>	<b>Fabrikplanungsablauf – Planungsphasen</b> .....	<b>53</b>
3.1	Zielplanung .....	53
3.2	Vorplanung .....	56
3.2.1	Analyse Produktionspotenzial .....	56
3.2.2	Ableitung Produktionsprogramm .....	63
3.2.3	Standortklärung (optional) .....	70
3.2.4	Vorgabe Logistikprinzip/Lösungskonzept .....	70
3.2.5	Bedarfsabschätzung .....	73
3.3	Grobplanung – Lösungsvarianten .....	76
3.3.1	Funktionsbestimmung – Produktionssystem .....	76
3.3.1.1	Grundprinzipien .....	76
3.3.1.2	Ableitung Funktionsschema .....	78

3.3.2	Dimensionierung – Teilsysteme .....	83
3.3.2.1	Grundprinzipien .....	83
3.3.2.2	Betriebsmittel .....	84
3.3.2.3	Personal .....	88
3.3.2.4	Flächen .....	93
3.3.2.5	Medien .....	100
3.3.3	Strukturierung – Objektanordnung .....	103
3.3.3.1	Grundprinzipien .....	103
3.3.3.2	Analyse Materialfluss .....	107
3.3.3.3	Bestimmung Fertigungsform .....	121
3.3.3.4	Entwurf Ideallayout .....	143
3.3.4	Gestaltung – Lösungsvarianten .....	151
3.3.4.1	Grundprinzipien .....	151
3.3.4.2	Entwurf Reallayout .....	152
3.3.4.3	Zuordnung Logistikelemente .....	164
3.3.4.4	Variantenauswahl – Vorzugsvariante .....	181
3.4	Feinplanung – Ausführungsprojekt .....	188
3.5	Ausführungsplanung .....	195
3.6	Ausführung/Inbetriebnahme .....	198
<b>4</b>	<b>Strukturelevante Logistikprinzipien .....</b>	<b>204</b>
4.1	Grundprinzipien .....	204
4.2	Lagerorientierte Strukturen .....	205
4.3	Segmentierte Strukturen .....	208
4.4	Kanban-Strukturen .....	213
4.5	Just-in-time-Strukturen .....	214
4.6	Modulare Strukturen .....	216
<b>5</b>	<b>Simulationstechnik im Fabrikplanungsprozess .....</b>	<b>220</b>
5.1	Grundprinzipien .....	220
5.2	Anwendungsmethodik .....	230
<b>6</b>	<b>Standortplanung .....</b>	<b>239</b>
6.1	Planungsinhalte .....	239
6.2	Planungsmethodik .....	241
<b>7</b>	<b>Generalbebauungsplanung .....</b>	<b>248</b>
7.1	Planungsinhalte .....	248
7.2	Planungsmethodik .....	250

<b>8</b>	<b>Fabrikplanungsbeispiele – Industrieranwendungen</b>	<b>267</b>
8.1	Simulationsuntersuchungen zur Auslegungs- und Investitionsplanung einer Fertigungslinie	267
8.1.1	Problemstellung – Investitionsobjekt Kleinteileproduktion	267
8.1.2	Untersuchungsablauf – Simulationsexperimente	268
8.1.3	Experimentierergebnisse	273
8.2	Logistische Neugestaltung der Geräteproduktion durch Aufbau segmentierter, flexibel automatisierter Fertigungskomplexe	280
8.2.1	Problemstellung – Rationalisierungsobjekt Geräteproduktion	280
8.2.2	Fabrikplanungsablauf – Industrieprojekt	283
8.2.2.1	Zielplanung	283
8.2.2.2	Vorplanung	285
8.2.2.3	Grobplanung – Lösungsvariante	294
8.2.2.4	Feinplanung – Ausführungsprojekt	311
8.2.2.5	Ausführungsplanung – Shedhallenumbau	318
8.2.2.6	Projektrealisierung – Aufbau Fertigungskomplexe	319
8.2.3	Systemweiterentwicklung	319
8.2.3.1	Nutzungserfahrungen	319
8.2.3.2	Reengineering-Systemlösung	322
	<b>Index</b>	<b>325</b>

# 1

## Grundlagen der Fabrikplanung

### ■ 1.1 Grundprinzipien

Gegenstand des Fachgebietes **Fabrikplanung** sind die Standortbestimmung, die Gebäudewahl und -anordnung, die Gestaltung der Produktionsprozesse (Fertigungs- und Montageprozesse) einschließlich der einzuordnenden Logistikprozesse (Transport- und Lagerprozesse) und der erforderlichen Nebenprozesse (Betriebsmittelbau, Instandhaltungsprozesse u. a.) sowie deren Realisierung und Inbetriebnahme. Vereinfachend kann Fabrikplanung (auch als Werkplanung, Werkstrukturplanung bezeichnet) als vorausbestimmende Gestaltung industrieller Fabrik- bzw. Produktionssysteme charakterisiert werden.

Aufgaben und Arbeitsinhalte des Fachgebietes Fabrikplanung bilden dabei einen wesentlichen Teilkomplex innerhalb der Aufgabenkomplexe der **Unternehmensplanung**.

Stärker methodisch betrachtet kann definiert werden: **Fabrikplanung** ist der systematische, zielorientierte in aufeinander aufbauenden Phasen strukturierte und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführte Prozess zur Planung einer Fabrik von der ersten Idee bis zum Aufbau und Hochlauf der Produktion [1.1].

In seinem Wesen stellt der Fabrikplanungsprozess einen **Investitionsprozess** dar, d. h., die Erarbeitung wirtschaftlicher Lösungen von Fabrik- bzw. Produktionsprozessen und deren rationelle Umsetzung sind die Kerninhalte.

Ein besonderer Anspruch der Fabrikplanung beruht darauf, dass es hierbei um die gedankliche Vorwegnahme und Festlegung zeitlich später stattfindender Aktivitäten und zu realisierender Projektlösungen geht, die mit zeitlichem Vorlauf im Rahmen der Fabrikplanungstätigkeit hochwertig vorab festzulegen sind. Der Prozess der Fabrikplanung beinhaltet somit „**vorausgedachte wettbewerbsfähige Produktion**“. In diesem Planungsprozess sind Kollisionen zwischen erforderlicher Planungstiefe, der Aussagekraft der verfügbaren Planungsdaten und Planungsvoraussetzungen und den sich im zeitlichen Planungsablauf verändernden Vorgaben und Bedingungen der Regelfall, sodass die praktische Planungstätigkeit von Unsicherheiten, Änderungen, Abschätzungen, Hochrechnungen, Analysen, Korrekturen und Vergleichen sowie in starkem Maße vom Einbringen von Praxiserfahrungen charakterisiert ist.

Der **Fabrikplanungsprozess** umfasst die Lösung von Problemstellungen der Planung, Realisierung und Inbetriebnahme von Fabriken. Dabei muss die Fabrik als Gesamtsystem gesehen werden, das durch die Gestaltungsergebnisse folgender **Planungsfelder** beschrieben wird:

- Bestimmung von Standorten (**Standortplanung**)
- Entwurf von Bebauungsplänen einschließlich der Wahl und Anordnung von Raum- und Gebäudesystemen (**Generalbebauungsplanung**)
- Konzeption von Produktions- und Logistikprozessen (einschließlich erforderlicher Personal- und Organisationsplanung) innerhalb definierter Flächen- und Raumsysteme (**Fabrikstrukturplanung**).

Diese Planungsfelder bilden in ihrer konkreten Gestaltung das **Fabrikkonzept**. Dieses unterliegt unterschiedlichen Zielsetzungen, die in Anlehnung an *Wiendahl* in drei wesentlichen **Zielfeldern** zusammengefasst werden können [1.2] bis [1.5]:

1. Sicherung einer hohen **Wirtschaftlichkeit** der Fabrik

Produkte sind bei minimalen Durchlaufzeiten und Beständen termin- und qualitätsgerecht unter weitgehender Vermeidung nicht wertschöpfender Tätigkeiten herzustellen. Dabei sind ein logistikgerechter Produktions- und Materialfluss sowie eine bestmögliche Auslastung von Ausrüstungen, Flächen (Räumen) und Personal zu gewährleisten

2. Sicherung einer hohen **Flexibilität und Wandlungsfähigkeit** der Fabrik

Ausrüstungen, Prozesse, Raumstrukturen, Gebäudesysteme, Organisationslösungen sind zur Sicherung permanenter Anpassungsfähigkeit an die Turbulenz äußerer (z. B. Absatzschwankungen) und innerer Einflüsse (z. B. Produktanlauf) flexibel und wandlungsfähig auszulegen

3. Sicherung einer hohen **Attraktivität** der Fabrik

Diese wird bestimmt durch

- motivierende, humane Arbeits-, Entlohnungs- und Sozialbedingungen
- Erfüllung ökologischer Kriterien zur Gewährleistung geringer Umweltbelastungen
- Umsetzung moderner, ästhetischer Industriearchitektur der Fabrikgebäude (Erscheinungsbild/Identität – corporate identity).

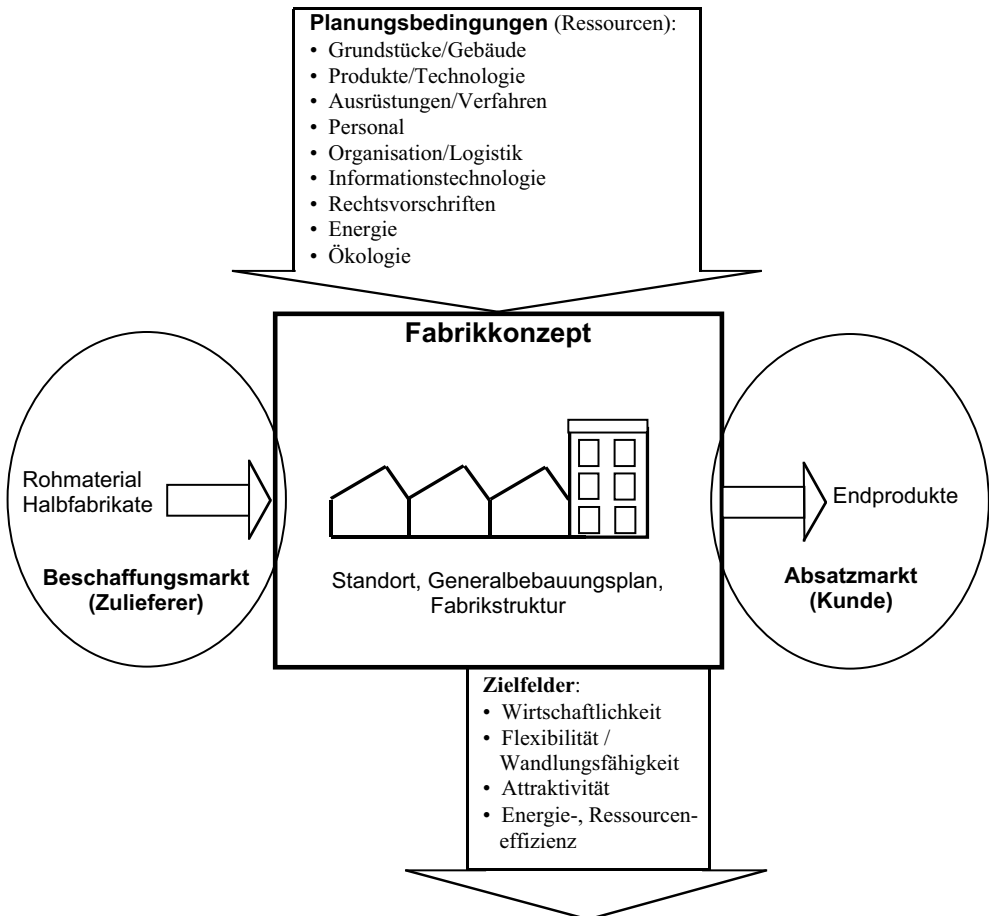
Aufgrund aktueller Entwicklungen im Energie- und Umweltbereich erfahren diese Zielfelder eine deutliche Erweiterung. So sind solche Fabrikkonzepte gefordert, mit denen die Erreichung und nachhaltige Sicherung einer hohen **Energie- und Ressourceneffizienz** gewährleistet wird (vgl. [1.41] bis [1.43]).

Grundsätzlich wird deutlich, das jeweilige Fabrikkonzept bildet Ergebnisse der Kerninhalte der Fabrikplanung ab – diese bestehen prinzipiell in der Planung des Zusammenwirkens von Mensch, Technik und Organisation.

In Bild 1.1 sind dazu wesentliche Zusammenhänge dargestellt. Erkennbar ist: Die Erarbeitung des Fabrikkonzeptes hat unter Beachtung der vier Zielfelder zu erfolgen. Das jeweilige Fabrikkonzept wiederum ist das Planungs- und Realisierungsergebnis der **Planungsfelder** Standort-, Bauungs- und Fabrikstrukturplanung. Grundlagen der Fabrikplanung für eine gezielte Bearbeitung der Inhalte der drei Planungsfelder sind die jeweils verfügbaren Ressourcen (Investitions-, Ausrüstungs-, Gebäude- und Grundstückspotenziale), dargestellt als Planungsbedingungen. Weiterhin wird in Bild 1.1 deutlich, dass das Fabrikkonzept maßgeblich vom zu gestaltenden **Produktionsprozess** bestimmt wird, dieser wiederum durch das zu realisierende **Produktionsprogramm** als Ergebnis aktiver Markt- und Absatztätigkeit des Unternehmens beeinflusst ist (markt- bzw. kundengetriebene Fabrik). Die zu produzierenden Produktionsprogramme mit den Tendenzen



- steigende Variantenvielfalt (Diversifikation)
- sinkende Lebenszyklen
- sinkende Stückzahlgrößen
- kurzzeitige Produktwechsel
- steigende Sortimentsbreiten
- kurze Lieferzeiten



**Bild 1.1** Planungsbedingungen und Zielfelder der Fabrikplanung

bilden die Kerngrundlagen (Ausgangsgrößen) der Fabrikplanung. Die Güte der Vorbestimmung kurz-, mittel- bzw. langfristig zu erwartender **Produktionsprogrammentwicklungen** wird damit zu einem wesentlichen Qualitätsmerkmal für einen fundierten Fabrikplanungsprozess. Die Fabrikplanungspraxis zeigt, dass gerade die hinreichend genaue Vorgabe von Produktionsprogrammen bzw. Produktionsprogrammentwicklungen als Planungsgrundlage oftmals große Probleme bereitet. Verstärkt muss von unscharfen, stark wechselnden Vorgaben ausgegangen werden. Das wiederum liegt in der Natur des Fabrik-

planungsprozesses, denn dieser stellt einen betont **zukunftsbezogenen Planungsprozess** bei steigender Turbulenz der Planungsbedingungen dar und besitzt daher unter dem Aspekt seiner Modellierung grundsätzlich stochastischen Charakter. Typisch für den Fabrikplanungsprozess sind eine Vielzahl variabler Eingangsinformationen, von denen ein hoher Anteil Zufallscharakter besitzt. Diese Informationen ermöglichen oftmals keine eindeutigen Transformationen und folglich nur unscharfe Aussagen (z. B. über Kapazitäten, Flächen, Kosten). Wird andererseits der Faktor Zeit in diese Betrachtungen einbezogen, so muss auch vor Überfeinerungen in der Präzisierung und Auslegung von Projektlösungen gewarnt werden – vielmehr ist bei der Lösungsgestaltung eine Flexibilität bzw. Wandlungsfähigkeit der Fabrikanlage gegenüber begrenzten, erkennbaren aber auch offenen Produktionsprogrammveränderungen bewusst zu sichern. Anspruchsvolle Projekte der Fabrikplanung setzen zur Abschätzung von erforderlicher Anpassungsfähigkeit (z. B. gegenüber Schwankungen des Produktionsprogramms) oder zur Analyse von Extremsituationen (Szenarien) Methoden der digitalen Fabrik, wie z. B. virtuelle Analysen oder die Fabrik- und Materialflusssimulation ein. Diese ermöglichen vorausschauende Analysen sowie die Lösungsfindung über den Entwurf einer Vielzahl alternativer Varianten, sodass Extrembereiche und Unsicherheiten erkennbar werden.

Gegenstand und Methodik der Fabrikplanung sind wechselnden Einflüssen und Wandlungen unterworfen. Ursachen des dadurch hervorgerufenen ständigen **Anpassungs-** bzw. **Veränderungsdruckes** sind folgende Entwicklungen – von *Warnecke* als **Paradigmenwechsel** [1.6] bezeichnet (vgl. [1.7] bis [1.9], [1.44]):

- Globalisierung von Märkten und Standorten
- steigende Kundendominanz (Käufermarkt)
- Dezentralisierung der Wertschöpfung
- Dominanz und Differenzierung der Kostenstrukturen
- kurzzyklischer innovativer Wandel von Produkten bzw. Ausrüstungen
- sinkende Lebensdauer von Produkten und Prozessen.

Diese Entwicklungen schlagen bei steigender Marktturbulenz direkt auf die in den Unternehmen installierten Fabrikkonzepte durch und müssen von diesen umgesetzt bzw. kompensiert werden. Zwingend erforderlich ist daher eine permanente **Anpassung** bzw. **Neukonfiguration der Fabrikkonzepte** an die aktuell veränderten Bedingungen durch kontinuierlich veranlasste innovative Fabrikplanungstätigkeit.

Zur Durchsetzung dieser Forderungen wird neben einer **Flexibilität** auch eine darüber hinausgehende bewusst gestaltete und eingebaute **Wandlungsfähigkeit** des Fabriksystems postuliert (vgl. z. B. [1.3], [1.4], [1.10], [1.11], [1.43], [1.45]). Der Lösungsansatz wird hierbei u. a. in der Modularisierung von Fabrikstrukturen und -elementen gesehen (vgl. Abschnitt 1.5). Der erforderliche **Wandlungsbedarf** wird damit zur Führungs- bzw. Planungsgröße innovativer Fabrikkonzepte.

So betrachtet ist die Fabrik prinzipiell als „lebender Organismus“ zu begreifen. Konsequenter zielorientierte permanente Fabrikplanung ist damit von existentieller Bedeutung für die Industrieunternehmen. Im Ergebnis der dargestellten Entwicklungen können folgende Globalziele für den Entwurf **innovativer Fabrikkonzepte** abgeleitet werden:

- konsequente Kundenorientierung (Aufbau Kunden-Lieferanten-Beziehungen, unternehmensintern und -extern)

- Wertschöpfungsorientierung (Minimierung nicht wertschöpfender Prozesse)
- Mensch als wesentlicher Produktionsfaktor (Integration Humanpotenzial)
- Komplexitätsminimierung (Erzeugung Transparenz und Verantwortungsbezug durch Prozessvereinfachung)
- Dezentralisierung von Funktionen
- Sicherung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit
- Entwicklung der Kernkompetenzen/Optimierung der Fertigungstiefen
- Einordnung in effiziente Liefer-, Produktions- und Vertriebsnetzwerke.

Grundsätzlich sollte hinsichtlich der **Fabrikplanungslogik** beachtet werden, die herzustellenden Produkte (Produktionsaufgabe) bestimmen die erforderlichen Prozesse (**Fabrikstrukturen**), diese wiederum legen spezielle Gebäude- und deren Anordnungsstrukturen fest (**Generalbebauungsplanung**) und diese wiederum definieren maßgeblich das Anforderungsprofil des erforderlichen Grundstückes bzw. des Standortes (**Standortplanung**). Das heißt, Produkte definieren den Prozess und dieser wiederum das Grundstück (Standort). Nur in Umsetzung dieser Logik wird die allgemeine zu fordernde **prozessorientierte Fabrikstruktur** realisierbar.

Die Fabrik bzw. das Industrieunternehmen kann in die nachfolgend dargestellten hierarchischen **Strukturebenen** (Planungsebenen) vertikal aufgegliedert werden, wodurch die Komplexität abgebaut und die Transparenz des Planungsobjektes erhöht wird [1.3], [1.9]:

- **Arbeitsplatzstruktur** (Konfiguration Arbeitsplatz/Arbeitsstation)
- **Bereichsstruktur** (Anordnung Arbeitsplätze/Arbeitsstationen in Bereichen)
- **Gebäudestruktur** (Anordnung Bereiche – Fertigung, Montage, Logistik – in Gebäuden)
- **Generalstruktur** (Anordnung Gebäude im Werkgelände)
- **Standortstruktur** (Anordnung Gebäude im regionalen Wirtschaftsraum)
- **Unternehmensnetzstruktur** (Anordnung und Vernetzung von Unternehmen im regionalen bzw. überregionalen/internationalen Wirtschaftsraum).

Die **Fabrikstruktur** wird folglich gebildet durch die Arbeitsplatz-, Bereichs- und Gebäudestruktur bei direkter funktionaler Verknüpfung zur General- und Standortstruktur. Die **Unternehmensnetzstruktur** ist charakterisiert durch die standortübergreifende Vernetzung unterschiedlicher Unternehmen bzw. Leistungseinheiten. Die Fabrik ist unter dem Aspekt der Wertschöpfung folglich nicht als isolierte Einheit zu betrachten, sondern sie bildet einen **Wertschöpfungsknoten** im gesamten **Wertschöpfungsprozess** und ist damit Teil eines **Wertschöpfungsnetzes**. Diese unterliegen einer ständigen Fragmentierung und Neukonfiguration.

Fabriken durchlaufen spezifische **Fabriklebenszyklen**, die bei ganzheitlicher zeitlicher Betrachtung in folgende Phasen gegliedert werden können:

- Entwicklung (Planung Neusystem)
- Aufbau/Realisierung (Koordinierung Gewerke)
- Anlauf/Inbetriebnahme (gestufter Hochlauf)
- Betrieb (Nutzung – Innovationen, Rationalisierung, Instandhaltung)
- Abbau (Weiterverwendung/Sanierung/Verwertung).

Der inhaltliche Charakter und die zeitliche Ausdehnung dieser Phasen innerhalb des Fabriklebenszyklus sind in der industriellen Praxis sehr unterschiedlich. So werden z. B. die

Phasen Anlauf und Betrieb charakterisiert durch die Parallelität und die differenzierten Verläufe der Produkt-, Prozess- und Gebäudelebenszyklen. Zu fordern ist daher zur Synchronisation der Abläufe eine **ganzheitliche, durchgängige Fabrikplanungstätigkeit** über den gesamten Fabriklebenszyklus. Eine wesentliche, grundsätzliche Aufgabe dabei besteht in der ständigen Anpassung zwischen den Herausforderungen aus kurzen Lebenszyklen von Produkten und Prozessen (Innovation/Markturbulenz) und den Erfordernissen aus deutlich länger anzusetzenden Lebenszyklen (Nutzungszeiten) der Fabrikanlage (Gebäude, Anlagensysteme) insbesondere durch eine permanente Sicherung der zu fordernden Flexibilität und Wandlungsfähigkeit des Fabriksystems.

Gegenstand nachfolgender Abhandlungen zur Fabrikplanung sind Fabrikkonzepte für Produktionsprozesse mit diskretem Charakter (Stückprozesse), wie sie für Unternehmen des Maschinen-, Geräte-, Elektronik- und Fahrzeugbaus – folglich in breiten Industriebereichen – typisch sind.

Folgende **Prozessmerkmale** sind prinzipiell anzusetzen:

- Fabrik- bzw. Produktionssysteme werden gebildet aus:
    - (quasi-)statischen Elementen
      - Grundstücke
      - Gebäude
      - Ausrüstungen
    - dynamischen Elementen (Flusselemente)
      - Stoffflusssysteme*
        - Material/Produkte → Material-, Produktfluss
        - Vorrichtungen, Werkzeuge, Prüfmittel → VWP-Fluss
        - Medien (Ver- und Entsorgung, Haustechnik) → Medienfluss
      - Personenflusssysteme*
        - Mitarbeiter, Besucher → Personalfluss
      - Energieflusssysteme*
        - Energie (Antriebe, Heizung) → Energiefluss
      - Informationsflusssysteme*
        - Erfassung, Verarbeitung und Übertragung von Informationen → Informationsfluss
- Diese unterschiedlichen **Flusssysteme** sind im Fabrikssystem hoch vernetzt, wobei dem Material- bzw. Produktfluss im Regelfall eine dominierende Bedeutung zukommt.
- Ein- oder Mehrstufigkeit von Prozessen (Fertigungsstufen, Verfahrensunterschiedlichkeit), gliederbar in
    - Rohteilefertigung
    - Vorfertigung (Teilefertigung)
    - Baugruppenfertigung (Baugruppenmontage)
    - Erzeugnisfertigung (Endmontage)
    - Sonderfertigungen (z. B. Oberflächenbearbeitung, Wärmebehandlung)
    - Demontageprozesse (Teil- bzw. Komplettzerlegung)
- Fertigungsstufen können z. B. in Bereiche, Abschnitte, Inseln, Fraktale untergliedert sein

# Index

## A

ABC-Analyse 60  
Abfallentsorgung 193  
Ablauflogik 76  
Analyse 43  
Analysebereich 57  
Anfangszustand 236  
Anforderungskriterien 261  
Anforderungsmatrix 153  
Anforderungsprofil 89, 241  
Anordnungsprinzipien 121  
Anordnungsstruktur 165, 303  
Anpassungsfaktoren 155 f.  
Anpassungsprozess 153, 305  
Ansprechhäufigkeit 296  
Arbeitsablaufschemata 79  
Arbeitspläne 79  
Arbeitsplatzebene 104  
Arbeitsplatzgestaltung 194  
Arbeitsplatzstruktur 15, 76, 104  
Attraktivität 12  
Aufbauorganisation 20  
Aufbauverfahren 149  
Aufgabenstellungen  
– globale 55  
Auftragsvergabe 196  
Aufzüge 170  
Ausbauendzustand 249  
Ausbaustufen 264  
Ausführung 46, 198  
Ausführungsplanung 39, 46, 195, 318  
Ausführungsprojekt 188, 195

Ausführungsprojektierung 42  
Ausgangslager 109, 174  
Ausgleichsfunktionen 173  
Ausgleichslagerung 292  
Ausreißerminimierung 296  
Ausrüstungsfundamentierung 192  
Ausrüstungsinstallation 312  
Ausrüstungssystem 232  
Ausschreibungen 196

## B

Basisvarianten 272  
Baukenngrößen 256  
Baukonstruktion 263  
Baunutzung 256  
Baunutzungsverordnung 256  
Bauplanung 29  
Baustelleneinrichtung 196  
Baustellenmontage 139  
Baustuktur 262  
Bauzonen 254, 256  
Bearbeitungskapazität 84  
Bearbeitungssystem 301  
Bearbeitungstechnologie 297  
Bebauungsformen 256  
Bebauungsplan 256  
Bebauungsplanung 241, 254  
Bebauungsvarianten 257  
Bedarfsabschätzung 293  
Bedarfslisten 196  
Bedarfsprognosen 90  
Bedienungsprozess 223

Belegungsschema 275  
Benchmarking 54  
Bereichsbeziehungen 253  
Bereichsbildung 79, 252  
Bereichsebene 104  
Bereichsfolge 79  
Bereichsgrundriss 153  
Bereichsstruktur 15, 76, 104  
Bereitstellungsfunktion 173  
Bereitstellungslagerung 292  
Betriebsdatenerfassungssysteme 318  
Betriebsmittel 84  
Betriebsmittelbedarf 86  
Betriebsvergleich 60  
Bevorratungsfunktion 173  
Bewegungsdaten 60, 227  
Bewertungskriterien 182  
Bewertungsmatrix 116  
Bewertungsmethoden 246  
Blocklayout 146  
Bodenlagerung 176  
Bottom-up-Ansatz 22  
Bottom-up-Methode 234  
Break-Even-Analyse 66  
Brutto-Personalbedarf 89

## D

Datenanpassungen 318  
Datenerfassung 57  
Datenvergleiche 60  
Demonstrationsmodell 306  
Detailplanung 47  
Dezentralisierung/Partizipation 26, 37  
Dimensionierung 44, 83, 298, 301  
– dynamische 84, 275  
– statische 84, 275  
Dispositionsaufwand 302  
Distanzmatrix 116  
Druckluft 102  
Durchlaufregallager 177  
Durchlaufzeit 104

## E

Einflussparameter 227  
Einflussprojektorganisation 285  
Eingangslager 174  
Einschwingphase 236  
Einzelplatzmontage 139  
Elektroenergie 101  
Elementarisierung 23  
Empfindlichkeitsanalyse 237  
Entsorgungstechniken 193  
Erfolgswahljahr 63, 69, 287  
Ergebnisanalyse 236  
Ergebnisinterpretation 236  
Ergebnisumsetzung 237  
Erzeugniselemente 77  
Erzeugnisstruktur 77  
Experimentierablauf 272  
Experimentierergebnisse 273  
Experimentierpläne 235

## F

Fabrik  
– digitale 29, 220  
– fraktale 32  
– prozessbezogene 261  
– wandlungsfähige 30  
Fabrikbausteine 32  
Fabrikbetrieb 70, 110  
Fabrikkonzept 12, 14  
Fabriklayout 254  
Fabriklebenszyklus 15, 21  
Fabrikmodularisierung 31  
Fabriknutzungsphase 21  
Fabrikplanung 11, 63, 110  
– 6-Phasen-Modell 40  
– Dilemma 21  
– dynamische 220  
– gleitende 20  
– globale 27  
– kooperative 20, 28, 161  
– logistikgerechte 71  
– rollende 22, 319  
– statische 220  
– synergetische 29

- Fabrikplanungsablauf 53, 283  
 Fabrikplanungsaufgaben 23  
 Fabrikplanungsgrundfälle 54  
 Fabrikplanungslogik 15  
 Fabrikplanungsphase 21  
 Fabrikplanungsprojekte 20  
 Fabrikplanungsprozess 11, 72  
 – teambasierender 29  
 Fabrikplanungssystematik 34, 37, 43, 280  
 Fabrikstruktur 14 f., 73, 205  
 – prozessorientierte 250  
 Fabrikstrukturplanung 12, 42, 47, 241  
 Fachregallager 177  
 Fähigkeitsprofil 89  
 Feasibility-Studie 50 f., 187, 311  
 Feinlayout 143, 195, 312  
 Feinplanung 49 f., 188, 284, 311  
 Feinprojekt 46  
 Fertigungsabschnitte  
 – integrierte gegenstandsspezialisierte 129, 289  
 Fertigungsarten 131  
 Fertigungsauftragsbildung 297  
 Fertigungsfläche 96  
 Fertigungsformen 106, 121, 131, 289  
 – gleitende Montage 139  
 – integrierte 126 f., 135  
 – konventionelle 122  
 – stationäre Montage 139  
 Fertigungsinsel 128  
 Fertigungsmodule 217  
 Fertigungssegmentierung 33, 208, 294  
 Fertigungsstraße  
 – flexible 126  
 Fertigungsstufen 78  
 Fertigungssystem  
 – flexibles 127  
 Fertigungszelle  
 – flexible 126  
 Finanzbedarf 293  
 Finanzbedarfsplan 75  
 Flachbauten 259  
 Flächen 93  
 Flächenbedarf 95, 302  
 Flächenbilanz 155  
 Flächenermittlung  
 – funktionale 96  
 Flächengliederung 93  
 Flächennutzungsplan 256  
 Flächenraasterung 255  
 Flexibilität 12, 25, 31, 55, 64, 126  
 Fließfertigung 124  
 Fließmontage 139 f.  
 Flurfördermittel 310  
 Flussbeziehungen 79  
 Flussintensität 114 f.  
 Flussrichtung 114  
 Flusssysteme 16, 57, 104  
 Förderhilfsmittel 166  
 Fördermittel 165, 168  
 – gleisgebundene 169  
 – gleislose 169  
 – spurgeführte 170  
 – stetige 168  
 – unstetige 169  
 Fördermittelauswahl 168  
 Förderprozesse 165  
 Fördersystem 301  
 Fraktal 33  
 Freiflächen 254  
 Funktionsachsen 255  
 Funktionsbestimmung 44, 76, 294  
 Funktionseinheiten 75, 103, 145  
 Funktionsintegration 26  
 Funktionsschema 76 f., 175, 249  
 – bereichsbezogenes 81  
 – flächenmaßstäbliches 82  
 Funktionszonen 254
- G**
- Gebäudeebene 104  
 Gebäudeform 258  
 Gebäudegestaltung 262  
 Gebäudegrundriss 258  
 Gebäudestruktur 15, 104  
 Gebäudesystem 32, 43  
 Gebäudewahl 258, 261  
 Gedankenmodell 234  
 Genehmigungsanträge 196

Generalbebauung 252, 264  
Generalbebauungsplan 104, 248, 250  
Generalbebauungsplanung 12, 248 f.  
Generalstruktur 15, 103, 250  
Gesamtarbeitsablaufschemata 79  
Gesamtbetriebsschema 249  
– ideales – flächenmaßstäbliches 253  
– ideales – flächenneutrales 253  
– idealisiertes 249  
Geschlossenheitsgrad 135, 301  
Geschossanzahl 259  
Geschossbauten 259  
Gestaltung 45, 151, 305  
Gewichtungsfaktoren 184  
Globalisierung 27  
Groblayout 143  
Grobplanung 42, 47, 50, 76, 284, 294  
Grundrissstrukturen 259  
Grundstückswahl 239  
Gruppenarbeit 323  
Gruppenfertigung 124  
Gruppenmontage 139

## H

Hallenbauten 259  
Häufigkeitsverteilungsdiagramm 60  
Hebezeuge 169  
Heizung 101  
Hochbauten 259  
Hochlaufphase 199  
Hoch- und Flachbauzonen 260

## I

Ideallayout 106, 144, 146, 249, 303  
– bereichsbezogenes 146  
– werkstattbezogenes 146  
Ideallayoutplanung 145 f.  
Idealplanung 25, 43 f., 49, 75, 103, 292  
Implementierung 234  
Inbetriebnahme 198 f.  
Industrie 4.0 29 f.  
Industriearchitektur 262  
Industriebauwerke 258

Industriegase 102  
Industrieraster 159  
Installationstechnik 261  
Integration 43  
Intensitätsmatrix 114  
Inversionsgesetz 63  
Investitionskosten 75, 293  
Investitionsprozess 11  
Investitionsrechnung 187

## J

Just-in-time-Strukturen 214

## K

Kanban-Karte 213  
Kanban-Strukturen 213  
Kapazität  
– qualitative 85  
– quantitative 85  
Kapazitätsanpassung 85  
Kapitalbindung 105  
Kennzahlen 54, 74  
Kennzahlenmethode 91  
Kennzahlenvergleiche 60  
Kennzahlprojektierung 74  
Kernfunktionen 44, 47  
Kernmodul 217  
Kernprozess 217  
Klimatechniken 193  
Kommissionierfunktion 173  
Kommunikation 263  
Kommunikationsplattform 29, 161, 163  
Komplexitätsabbau 208  
Komplexlager 323  
Konstruktionskritik 71  
Konzept 43  
Konzeptplanung 39, 47  
Kooperationsgrad 133, 135, 299  
Kopplungselemente 110  
Kreisverfahren 149  
Kundenentkopplungspunkt 73



## L

Ladeeinheiten 166  
 Ladeeinheitenbildung 168  
 Lager 172  
 Lagerarten 175  
 Lagerdatei 315  
 Lagerfachverwaltung 315  
 Lagerfunktionen 174  
 Lagerkonzepte 176  
 Lagerplanung 178  
 Lagersystem 301  
 Lagertechniken 172  
 Lagerung 172  
 – dezentrale 175  
 – zentrale 175  
 Lagerzone 173  
 Layoutanpassungsprozess 151, 164  
 Layoutarten 143  
 Layoutgestaltung 152  
 Layoutplanung 161  
 – Methoden 159  
 – Werkzeuge 159  
 Layout-Planungstechniken 160  
 Layoutstrukturen 163  
 Layoutvarianten 155  
 Lebensdauerkurven 68  
 Leistungsentflechtung 298  
 Leistungsprogramm 44  
 Leistungsrahmen 64  
 Linearitätsgrad 115  
 Linienstruktur 133, 145  
 Logistikelemente 151, 164, 305  
 Logistikflächen 217  
 Logistikfunktionen 104  
 Logistikkosten 104  
 Logistikmerkmale 70  
 Logistikmodule 217  
 Logistikprinzip 71, 165, 205, 287  
 Logistikprozesse 107  
 Lösungsoptimierung  
 – iterative 223  
 Lüftung/Klimatisierung 101

## M

Machbarkeitsstudie 285  
 Marktattraktivitäts-Portfolios 67  
 Maschinenarbeitsplatzfläche 98  
 Maschinenaufstellung 189  
 Maschinengrundfläche 98 f.  
 Materialfluss 106  
 Materialflussanalyse 60, 109, 132  
 Materialflussbeziehungen 79, 109 f.  
 Materialflussebene 108  
 – innerbereichliche 109  
 – zwischenbereichliche 108  
 Materialflussgestaltung 288  
 – bereichsbezogene 157  
 – werkstattbezogene 158  
 Materialflussgrundsätze 156 f., 305  
 Materialflussintensitäten 109  
 Materialflusslogistik 322  
 Materialflussmatrix 133  
 Materialflussoptimierung 107  
 Materialflussprozesse 104  
 Materialflussschema 117  
 Materialflussspine 217  
 Materialflusstrukturen 109  
 Materialflussvernetzung 79, 109, 133, 165, 294  
 Medien 100  
 Mengenverhalten 225, 303  
 Methodenbereiche 23, 27  
 Modellbildungsprozess 234  
 Modelle  
 – deterministische 233  
 – stochastische 233  
 Modellprojektierung 160  
 Modularisierung 208  
 Modularkonzept 32  
 Modulbildung 72  
 Modulstrategie 216  
 Modulstruktur 217  
 Montage  
 – Fertigungsformen 141  
 Montagearbeitsplatz 138  
 Montageaufgabe 140  
 Montageobjekt 138

Montageprozesse 137  
Montagestrukturplanung 141

## N

Nestfertigung 123  
Netto-Personalbedarf 92  
Netzstruktur 133, 145  
Nutzwertanalyse 182, 265

## O

Objektabstände 190  
Objektbereiche 23, 27  
Operationsfolgediagramm 79, 85, 297  
Opportunity-Studie 50  
Ordnungsschema 57  
Organisationslösung 194  
– systemexterne 315  
– systeminterne 315

## P

Palettenfluss 310, 323  
Palettenlagerung 311  
Palettenregallager 177  
Palettenübergabe 312  
Paternosterregal 178  
Personalbedarf 88, 302  
Personalbemessung 91  
Planung  
– ganzheitliche 24  
– Wirtschaftlichkeit 24  
Planungsaktivitäten 49  
Planungsebene 153  
Planungsergebnisse 21  
Planungsfelder 11f.  
Planungsgrundfall 17, 153  
Planungsgrundlagen 42  
Planungsgrundsätze 23  
Planungshorizont 239  
Planungsinhalte 49  
Planungskomplexe 40  
Planungsphasen 37, 40, 46, 49, 53,  
280

Planungsprozess 14  
– prinzipien 39  
Planungssystem 163, 299  
Planungssystematik 28, 37  
Planungsteam 19  
– partizipatives 28  
Planungstechniken 160  
Planungstisch 161f.  
Planungswerkzeug 29, 220  
– partizipatives 161  
Planungszeiten 28  
Plattformbildung 72  
Plausibilitätskontrollen 60  
Potenzialanalyse 56, 285  
Potenzialunterschiede 73  
PQ-Analyse 60, 62  
Pre-Feasibility-Studie 50, 75, 294  
Probelayou 96  
Probiervverfahren 159  
Produktdurchsatz 275  
Produktentwicklungsprozess 70  
Produktionseinheit 136  
Produktionsfaktoren 122  
Produktionsfläche 98  
Produktionsflexibilität 288  
Produktionslogistik 280  
Produktionsnetze 72  
Produktionspotenzial 53, 56  
Produktionsprogramm 12, 63, 78, 83, 287  
– definitives 64  
– eingeengtes 65  
– indifferentes 65  
Produktionsprogrammanalyse 65  
Produktionsprogrammarten 64  
Produktionsprogrammentwicklung 12f., 68  
Produktionsprogrammwurf 68  
Produktionsprogrammfestlegung 69  
Produktionsprozess 12  
Produktionsstruktur 287  
Produktionssystem 31f., 43  
Produktionsvernetzung 72  
Produktionszonen 254  
Produktmerkmale 17  
Produktsegmentierung 209, 294  
Produktselfkosten 75, 293

Produktstrom 232  
 Produktstruktur 71  
 Profilvergleichsmethode 89  
 Programmplanung  
 – kurzfristige 64  
 – langfristige 64  
 – mittelfristige 64  
 Projekt 19  
 – Ausführungsprojekt 46  
 Projektablaufplanung 197  
 Projektdokumentation 195  
 Projektleitung 196  
 Projektlösung 311  
 Projektmanagement 20, 196  
 Projektorganisation 20, 196  
 Projektrealisierung 319  
 Projektteil  
 – organisatorischer 311  
 – technologischer 311  
 Projekttreue 25  
 Projektumsetzung 42  
 Prozessablaufanalysen 60  
 Prozessketten 72  
 Prozessmerkmale 16  
 Prozesssegmentierung 211, 296  
 Prüfkomplexe 234  
 Pull-Prinzip 73  
 Punktbewertung 184, 246  
 Punktfertigung 122  
 Punktstruktur 133, 145  
 Punktwertmethode 265  
 Push-Prinzip 73

## R

Raumgestaltung 263  
 Reallayout 151f., 305  
 Reallayoutvarianten 181  
 Realplanung 43, 45, 49, 151, 305  
 Regalbediengerät 169, 310  
 Regalförderzeuge 169  
 Regallagerung 176  
 Regalsysteme 302  
 Reihenfertigung 123  
 Reihenmontage 139

## S

Sankey-Diagramm 117  
 Schätzverfahren 90  
 Segmentautonomie 212  
 Sensitivitätsanalysen 279  
 Simulation  
 – ereignisorientierte 230  
 Simulationsexperiment 235, 268  
 Simulationsmodell 223, 233, 270  
 Simulationssysteme  
 – bausteinorientierte 228  
 Simulationstechnik 220, 225, 298  
 Simulationsuntersuchungen 230  
 Simulationswürdigkeit 232  
 Situationsplan 254  
 Sondergestelle 177  
 Sortierung  
 – topologische 115  
 Späneentsorgung 193  
 Stammdaten 227  
 Standortentscheidung 246  
 Standortfaktoren  
 – globale, regionale und lokale 245  
 Standortinformationen 245  
 Standortkriterien 243  
 Standortpläne 240  
 Standortplanung 12, 239  
 Standortstruktur 15  
 Standortvarianten 245  
 Staubildung 275  
 Stellenplanmethode 92  
 Stetigförderer 169, 178  
 Steuerrechner 315  
 Störungsverhalten 232  
 Strukturbestimmung 106  
 Strukturebenen 15, 31  
 Strukturen  
 – modulare 216  
 Strukturierung 45, 103, 303  
 Strukturierungsprinzip 205, 209, 213,  
 215 ff.  
 Strukturplanung 103, 121, 144, 303  
 Strukturtyp 103, 121, 133, 145  
 Stücklistenauflösung 78

Stufenweises Vorgehen (Iteration) 24  
Synthese 43  
Systemanalyse 232, 268  
Systemauslastung 275  
Systemsynthese 44  
Systemweiterentwicklung 319  
Systemzustände 236  
– instationäre 236  
– stationäre 236  
Szenarietechniken 55

## T

Taktstraßenmontage 139  
Technologiefunktion 173  
Teilefertigungsprozesse 122  
Teilplanungsphasen 43, 49  
Terminverhalten 225  
Top-down-Ansatz 22  
Top-down-Methode 234  
Transportintensitäten 165  
Transportkostenminimierung 246  
Transportmatrix 113

## U

Übergabe 198  
Übergabewagen 310  
Übergangsstruktur 124  
Umlaufregal 178  
Umzugsplanung 196  
Unstetigförderer 169  
Unternehmensnetzstruktur 15  
Unternehmensplanung 11

## V

Validierung 235  
Variantenauswahl 152, 181  
Variantenprinzip 24  
Verfahren  
– kombinierte 149  
Verhaltenskenngrößen 225  
Verhältniskennzahlen 91  
Verifizierung 235

Vernetzungscharakter 76  
Verrichtungsprinzip 122  
Verschieberegal 177  
Versorgungstechniken 192  
Versuchsplanung 235  
Vertauschungsverfahren 149  
Verteilungsfunktionen 233  
Visualisierung 24  
Vorfertigung 281  
Vorplanung 46, 56, 71, 204, 222, 268,  
285  
Vorzugsvariante 152, 184 f., 265

## W

Wanderregal 178  
Wandlungsbedarf 14  
Wandlungsfähigkeit 12, 14, 25, 31, 55  
Wandlungstreiber 30  
Warteprozess 224  
Warteschlangenbildung 224, 288  
Wasser/Abwasser 102  
Werkplanung 11  
Werkstättenfertigung 123  
Werkstattfertigung 122  
Werkstattfläche 96, 98  
Werkstattgrundriss 153  
Werkstattlayout 143  
Werkstrukturplanung 11  
Wertanalysen 60  
Wertschöpfungsanalyse 23  
Wertschöpfungskette 70  
Wertschöpfungsknoten 15  
Wertschöpfungsnetz 15  
Wertschöpfungsprozess 15  
Wertstromanalyse 60  
Wirtschaftlichkeit 12

## X

XYZ-Analyse 60

**Z**

Zeitbauwerke 262

Zeitreihenanalyse 60

Zeitverhalten 225, 303

Zielfelder 12

Zielformulierung 231

Zielplanung 39, 46, 53, 283

Zuordnungsproblem 145, 250

Zustandsdaten 60

Zwischenlager 174