

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

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 Planungingenieure 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

| | |
|--|-----------|
| ■ Vorwort | 5 |
| 1 Grundlagen der Fabrikplanung | 11 |
| 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 DigitaleFabrik – Industrie 4.0 | 29 |
| 1.5.5 Wandlungsfähige Fabrik | 30 |
| 1.5.6 Fraktale Fabrik | 32 |
| 2 Fabrikplanungssystematik | 37 |
| 2.1 Planungsablauf | 37 |
| 2.2 Planungsphasen | 49 |
| 3 Fabrikplanungsablauf – Planungsphasen | 53 |
| 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 |
| 4 Strukturrelevante Logistikprinzipien | 204 |
| 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 |
| 5 Simulationstechnik im Fabrikplanungsprozess | 220 |
| 5.1 Grundprinzipien | 220 |
| 5.2 Anwendungsmethodik | 230 |
| 6 Standortplanung | 239 |
| 6.1 Planungsinhalte | 239 |
| 6.2 Planungsmethodik | 241 |
| 7 Generalbebauungsplanung | 248 |
| 7.1 Planungsinhalte | 248 |
| 7.2 Planungsmethodik | 250 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 8 | Fabrikplanungsbeispiele – Industrieanwendungen | 267 |
| 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 |
| Index | | 325 |

■ 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 wendungsfähig 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-, Bebauungs- 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

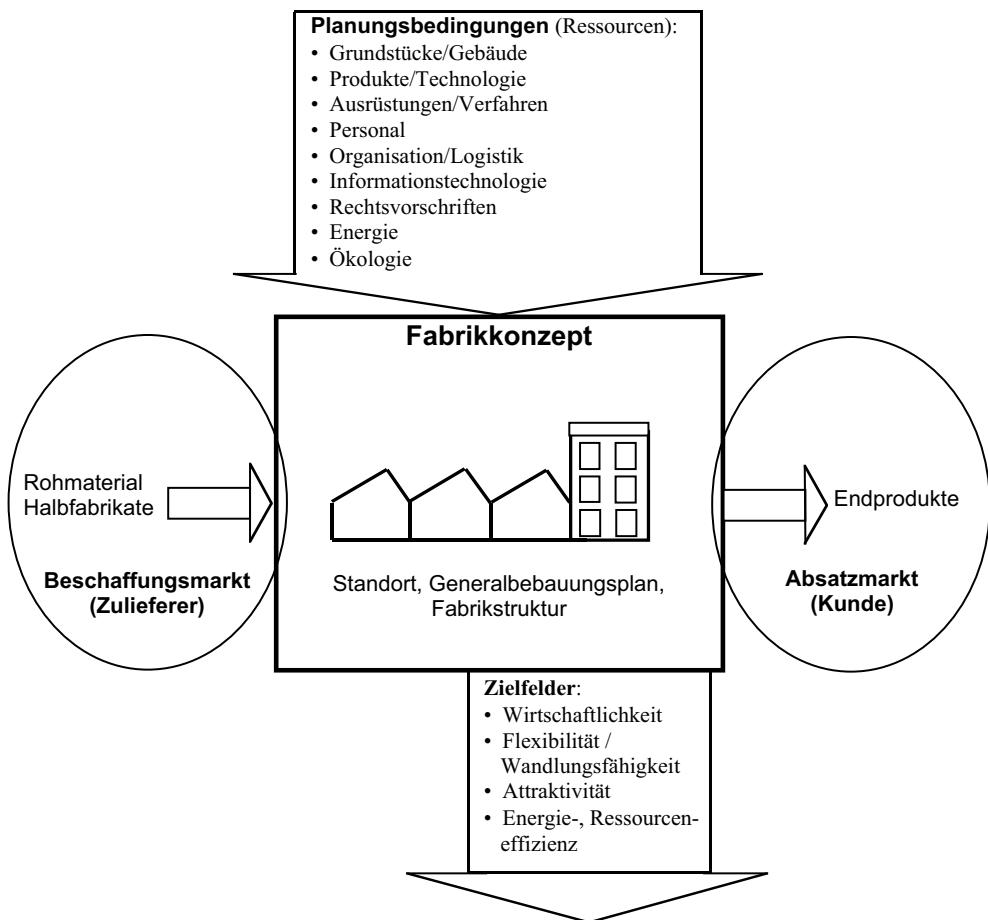


Bild 1.1 Planungsbedingungen und Zielfelder der Fabrikplanung

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
- kurzyklischer 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. Konsequent 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/Marktturbulenz) 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 Fabriksystem 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 155f.
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
Baustruktur 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
 Erfolgsjahr 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 14f., 73, 205
 - prozessorientierte 250
 Fabrikstrukturplanung 12, 42, 47, 241
 Fachregallager 177
 Fähigkeitsprofil 89
 Feasibility-Studie 50f., 187, 311
 Feinlayout 143, 195, 312
 Feinplanung 49f., 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 126f., 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
 Flächenrasterung 255
 Flexibilität 12, 25, 31, 55, 64, 126
 Fließfertigung 124
 Fließmontage 139f.
 Flurfördermittel 310
 Flussbeziehungen 79
 Flussintensität 114f.
 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 76f., 175, 249
 - bereichsbezogenes 81
 - flächenmaßstäbliches 82
 Funktionszonen 254
- G**
- Gebäudeebene 104
 Gebäudeform 258
 Gebäudegestaltung 262
 Gebäudegrundriss 258
 Gebäudestruktur 15, 104
 Gebäude system 32, 43
 Gebäudewahl 258, 261
 Gedankenmodell 234
 Genehmigungsanträge 196

Generalbebauung 252, 264
 Generalbebauungsplan 104, 248, 250
 Generalbebauungsplanung 12, 248f.
 Generalstruktur 15, 103, 250
 Gesamtarbeitsablaufschema 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 145f.
 Idealplanung 25, 43f., 49, 75, 103, 292
 Implementierung 234
 Inbetriebnahme 198f.
 Industrie 4.0 29f.
 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
 Kommissionierungsfunktion 173
 Kommunikation 263
 Kommunikationsplattform 29, 161, 163
 Komplexitätsabbau 208
 Komplexitätslager 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
 Materialflusssstrukturen 109
 Materialflussvernetzung 79, 109, 133, 165, 294
 Medien 100
 Mengenverhalten 225, 303
 Methodenbereiche 23, 27
 Modellbildungsprozess 234
 Modelle
 - deterministische 233
 - stochastic 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 11 f.
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 161 f.
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
Probelayout 96
Probierverfahren 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 12 f., 68
Produktionsprogrammentwurf 68
Produktionsprogrammfestlegung 69
Produktionsprozess 12
Produktionsstruktur 287
Produktionssystem 31 f., 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
 Projektlaufplanung 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
 Szenarientechniken 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