

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (<http://www.ub.tuwien.ac.at>).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (<http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/>).



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN**

Vienna University of Technology

## **Diplomarbeit**

### **Wertanalyse in der Fabrikplanung**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

#### **Diplom-Ingenieurs**

unter der Leitung von

**Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt Matyas**

**Proj.-Ass. Dipl.-Wi.-Ing. Juliane Gottmann**

**Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Arko Steinwender**

E330

Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung

Fraunhofer Austria Research GmbH

eingereicht an der Technischen Universität Wien

**Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften**

von

**Mirza Zilic**

9905705 (740)

Lorenz-Müller-Gasse 1A/5377

1200 Wien

Wien, im Juli 2012

---



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

## **Diplomarbeit**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Juli 2012

---

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei meinen Betreuern Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt Matyas, Frau Dipl.-Wi.-Ing. Juliane Gottmann und Herrn Dipl.-Ing. Arko Steinwender für ihre Hilfe bei der Abfassung dieser Arbeit ganz besonders danken.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern Emina und Ahmet, die mir in jeglicher Hinsicht die Grundsteine für diesen Weg gelegt haben. Ohne deren Zutun und Beistand wäre der Abschluss meines Studiums nicht möglich gewesen.

Dafür bin ich ihnen ewig dankbar.

Zu großem Dank bin ich auch meiner Freundin Lejla verpflichtet, die stets an meiner Seite war.

## Kurzfassung

Produzierende Unternehmen sind durch steigende Marktdynamik, Globalisierung der Produktion, Kostendruck und Kundenwünsche zur ständigen innovativen Anpassung ihrer Produktionsstrukturen gezwungen. Diese Faktoren führen zu den spezifischen Gestaltungen und Strukturierungen der Fabriken und ihren produzierenden Systemen.

Die Beherrschbarkeit der Produktionsprozesse, die Flexibilität der Produktionssysteme, die Kosten und die Qualität bestimmen die Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Unternehmen. Aus diesen Gründen sind eine schnelle Anpassungsfähigkeit und exakte Neuplanung der produzierenden Unternehmensstrukturen überlebenswichtig.

Methodisch betrachtet ist der Fabrikplanungsprozess ein komplex strukturierter Prozess von aufeinander aufbauenden Schritten. Eine effiziente Planung und Optimierung der Fabriken ist ohne eine logische und komplexe Methode undenkbar. Eine in der Industriepraxis universell einsetzbare Methode ist die Wertanalyse mit ihren spezifischen Funktionsausrichtungen, Wertkonzepten und Arbeitsplänen. Mit Hilfe der Wertanalyse können fast alle betrieblichen Objekte und Dienstleistungen analysiert und optimiert werden.

Aus der Annahme, dass die Wertanalyse selbst ein systematischer, in Schritten gegliederter Prozess ist, ergibt sich die logische Frage, ob es möglich ist, mit ihr auch komplexere Prozesse wie Fabrikplanungen zu realisieren. Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit dieser Frage. Im theoretischen Teil werden die Begriffe Wertanalyse und Fabrikplanung beschrieben. Ebenso werden der Arbeitsplan mit seinen Grund- und Teilschritten sowie die Tendenzen der modernen Fabrikplanung beschrieben.

Im praktischen Teil wird die Anwendung der Wertanalyse und des wertanalytischen Arbeitsplanes im Prozess der Fabrikplanung dargestellt, was einen strukturierten Ablauf des Fabrikplanungsprozesses ermöglicht. Die einzelnen Schritte mit ihren charakteristischen Inhalten und Vorgehensweisen werden näher definiert und beschrieben.

## Abstract

Due to rising market dynamics, globalization of production, cost pressures and customer demands, manufacturing companies are forced to constantly innovate and adapt their production structures. These factors lead to specific designs and structures of the factories and their production systems.

The controllability of the production processes, flexibility of production systems, cost and quality determine the competitiveness of manufacturing companies. For these reasons, the fast adaptability and accurate replanning of the manufacturing company's structures are essential for survival.

Methodologically, the factory planning process is in incremental steps complex structured process. Efficient planning and optimization of the factories would be unthinkable without a logical and complex method. One universally applicable method in industrial practice is the value analysis with its specific work plan. By means of value analysis, almost all business objects and services can be analyzed and optimized.

The assumption, that value analysis itself is a systematic process which is structured in steps, leads to the logical question, whether it is possible to achieve more complex processes such as manufacturing planning. This thesis deals with the issue. In the theoretical section, the terms value analysis and factory planning are described. Likewise, the value analysis work plan with its primary and sub-steps, and the tendencies of modern factory design are described.

In the practical section, the application of the value analysis and its work plan is presented within the process of factory design, which allows a structured process of factory design. The individual steps with their characteristic contents and procedures are defined and described in more detail.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Problemstellung .....	4
1.2	Zielsetzung.....	6
1.3	Aufbau der Arbeit .....	7
2	Wertanalyse.....	8
2.1	Das System Wertanalyse .....	9
2.2	Funktionsbegriff.....	10
2.3	Funktionskosten .....	12
2.4	Ablauf der Wertanalyse .....	13
2.4.1	Grundschrift 1 – Initialphase: Projektvorbereitung .....	15
2.4.2	Grundschrift 2 – Informationsphase: Objektsituation-Analyse .....	17
2.4.3	Grundschrift 3 – Definitionsphase: Soll-Zustand beschreiben .....	18
2.4.4	Grundschrift 4 – Kurationsphase: Lösungsideen entwickeln .....	19
2.4.5	Grundschrift 5 – Bewertungsphase: Lösungen festlegen .....	20
2.4.6	Grundschrift 6 – Realisierungsphase: Lösungen verwirklichen .....	21
2.5	Wertanalyse und QE-Methoden .....	23
3	Fabrikplanung.....	25
3.1	Anforderungen an die Fabrik.....	26
3.2	Elemente der Fabrikplanung .....	27
3.3	Grundfälle der Planung .....	29
3.4	Entwicklungstendenzen.....	32
3.4.1	Kooperative Fabrikplanung.....	32
3.4.2	Digitale Fabrik.....	33
3.4.3	Wandlungsfähige Fabrik .....	35
3.4.4	Fraktale Fabrik.....	37
3.5	Fabriktypen .....	38
4	Wertanalyse-Methodik in der Fabrikplanung.....	41
4.1	Die Fabrik als funktionenorientiertes Objekt.....	41
4.2	Fabrik-Wert .....	43
4.3	Wertanalyse-Arbeitsplan und Fabrikplanung.....	45

---

4.4	Bewertung von Planungsalternativen .....	48
4.5	Instrumente der Wertanalyse .....	51
4.6	Simulationstechnik .....	55
5	Sechs Schritte des WA-Arbeitsplanes .....	57
5.1	Schritt 1 – Projektdefinition.....	59
5.2	Schritt 2 – Ist-Analyse und Vorplanung .....	62
5.2.1	Produktionsprogramm Analyse-Entwurf .....	63
5.2.2	Produktionspotenzial-Analyse .....	67
5.2.3	Standortwahl.....	70
5.2.4	Logistikprinzip .....	72
5.2.5	Bedarfsabschätzung.....	73
5.3	Schritt 3 – Grobplanung .....	75
5.3.1	Funktionenbestimmung .....	76
5.3.2	Dimensionierung.....	79
5.3.3	Strukturierung .....	85
5.3.4	Gestaltung .....	88
5.4	Schritt 4 – Auswahl und Feinplanung des Lösungskonzeptes .....	90
5.5	Schritt 5 – Realisierungsplanung.....	93
5.6	Schritt 6 – Ausführung Inbetriebnahme .....	94
6	Resümee .....	96
7	Literaturverzeichnis.....	98
8	Abbildungsverzeichnis .....	100
9	Abkürzungsverzeichnis.....	102

# 1 Einleitung

Fabriken sind ständigen Anforderungen des Marktes bzw. den Kundenwünschen sowie wechselnden Einflüssen und Wandlungen ausgesetzt. Diese Veränderungsprozesse führen zu verschiedenen spezifischen Gestaltungen und Ausprägungen der Fabriken und von deren Systemen, Prozessen und Elementen. Diese Veränderungstreiber sind aus heutiger Sicht:

- Globalisierung von Märkten und Standorten
- Individualität der Kundenwünsche
- Dezentralisierung der Wertschöpfung
- neue Technologien und Werkstoffe im Produktionsprozess
- Strukturwandel durch sich verändernde Wertschöpfungs-, Produktions- und Fabrikstrukturen
- ganzheitliche Betrachtung von Produkt-, Prozess-, Produktionssystem- und Fabrikssystem-Lebenszyklus
- sinkende Lebensdauer von Produkten und Prozessen

Diese Entwicklungen, zusammen mit steigender Marktturbulenz, wirken sich direkt auf die in den Unternehmen installierten Fabrikkonzepte aus und müssen von diesen kompensiert werden. Um diese Bedingungen zu erfüllen, ist eine permanente Anpassungsfähigkeit bzw. Wandlungsfähigkeit der Fabrikkonzepte zwingend erforderlich.<sup>1</sup> Diese Wandlungsfähigkeit wird aus heutiger Sicht zur Führungs- bzw. Planungsgröße innovativer Fabrikkonzepte. Wandlungsfähige Fabriken sind unter den Bedingungen der Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit vernetzungsfähig, reaktionsschnell, flexibel und mobil. Es gilt generell für die Planung und Gestaltung wandlungsfähiger Fabriken, dass Fabrikplanung und Fabrikbetrieb als eine Einheit gesehen werden müssen.<sup>2</sup>

Die Gestaltung und Strukturierung der Produktionsabläufe ist die zentrale Aufgabe des Fabrikplanungsprozesses. Die Schwierigkeiten in diesem Prozess sind nicht nur die zu beachtenden Restriktionen in der Fabrik, sondern auch die ständige Anpassung an die Kundenwünsche, an neue Produktionstechnologien, an gesetzliche Bestimmungen, an Wettbewerbsfähigkeit und an andere wichtige

---

<sup>1</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 14.

<sup>2</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S.3.

Einflussfaktoren. Die Aufgabe der Produktionsoptimierung ist somit ständiger Begleiter des Fabrikplanungs- und Fabrikoptimierungsprozesses. Um die Effizienz und die Effektivität einer Fabrik steigern zu können, ist eine komplexe und ganzheitliche Methode nötig. Die Verbesserungen werden dann erreicht, wenn es gelingt, alle Teilprozesse und Bereiche des Produktionsprozesses systematisch zu analysieren und zielorientiert weiterzuentwickeln.

Um diese Aspekte zielorientiert zu analysieren, brauchen wir ein Wert-Funktion-Verhältnis und eine damit direkt verbundene Wertanalyse.<sup>3</sup> Die Wertanalyse ist eine universelle, vielseitig einsetzbare Methode. Mit Hilfe der Wertanalyse können fast alle betrieblichen Objekte, seien es gegenständliche Objekte (z.B. Produkte) oder abstrakte Objekte (z.B. Planungssysteme), analysiert sowie auf Zweckmäßigkeit und Kosten überprüft und optimiert werden. Die Wirksamkeit der Wertanalyse ist durch die ganzheitliche Betrachtung der Objekte bedingt. Die Objekte werden nicht nur im Hinblick auf die Kostennutzung überprüft, sondern auch im Hinblick auf die von ihnen zu erfüllenden Funktionen, Eigenschaften und Aufgaben.<sup>4</sup>

Der Ablauf einer Wertanalyse orientiert sich an bewährten systemtechnischen Strukturen und Elementen der Problemlösungstechnik, die sich auch in anderen Methoden wiederfinden. Ein wesentlicher Unterschied ist dabei die Orientierung der Wertanalyse an einem Arbeitsplan, dessen Struktur und Systematik direkt für den Erfolg bestimmend sind.<sup>5</sup> Ein grundlegendes Prinzip der Wertanalyse ist das methodische Vorgehen nach dem logischen Arbeitsplan, nach einem vorgegebenen Weg mit fest bestimmten Schritten und Teilschritten.

## 1.1 Problemstellung

Die Wertanalyse wurde im Laufe ihrer Anwendung ständig neuen Herausforderungen angepasst. Anfangs waren es die Technologie, die Konstruktion, das Design, heute sind es die Organisation, der Prozess, das Management und andere organisatorische Aspekte. Die Ansatzpunkte sind nicht nur das Material oder die Fertigungszeiten, sondern durch die Globalisierung auch die Technologien, veränderte Logistikdimensionen und viele andere Einflussfaktoren. Diese Faktoren führen dazu, dass Problemlösungen immer komplexer werden.

Die zu beherrschende Komplexität wächst konstant aufgrund der steigenden Anzahl äußerer Einflüsse. Dies gilt nicht nur für Produktinnovationen sondern, im gleichen

---

<sup>3</sup> Vgl. Erlach, 2007, S. 11.

<sup>4</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S.3,12.

<sup>5</sup> Vgl. Klein, 2010, S. 2.

Maße auch für Produktionsprozesse. Alle diese Einflüsse führen letztlich dazu, dass Produktentwicklung und Prozessentwicklung immer schwieriger zu beherrschen sind.

Heute existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden, die bei diesen schwierigen und komplizierten Prozessen helfen. Sie helfen, die komplexen Probleme systematisch zu vereinfachen und eine konsequente und logische Lösung zu finden.<sup>6</sup> Für den Erfolgsgrad aller Methoden spielt die systematische Analyse des Bedarfes die entscheidende Rolle. Die Impulse des Marktes sind ebenfalls als wichtige Treiber zu definieren.

Unabhängig davon, ob es sich um Produktentwicklung oder um Fabrikplanung handelt, ist es jedoch wichtig, den gesamten Prozess in seinem spezifischen Ablauf zu beschreiben und zu definieren. In der ersten Phase eines Produktentwicklungs- oder Fabrikplanungsprozesses erfolgt die Analyse des Problems bzw. des Zieles. Die zweite Phase ist die Formulierung der Aufgabenstellung. In der dritten Phase werden Lösungsalternativen gesammelt und bewertet, aus welchen in der vierten Phase eine oder mehrere geeignete Lösungen ausgewählt und ausgeführt werden.

Auf dieser Systematik basieren im wesentlichen alle Entwicklungs- und Planungsmethoden, ob sie nun rein konstruktiver oder organisatorischer Natur sind. Die Wertanalyse als eine dieser Methoden hat sich als sehr effektives und wirkungsvolles Verfahren zur Wertverbesserung von bestehenden Leistungen etabliert.

Der Ablauf einer Wertanalyse spiegelt sich in klar definierten systemtechnischen Strukturen, wie im integrierten Produktenstehungsprozess, so auch im Prozess der Fabrikplanung. Die Wertanalyse wird zu einer Strategie im Fabrikplanungsprozess zur Steigerung und Optimierung der Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft eines Unternehmens. Damit wird die Anwendbarkeit des Prinzips der Wertanalyse vom Produktentwicklungsprozess auf den Prozess der Fabrikplanung und Fabrikoptimierung als Leitfaden dieser Arbeit betrachtet. Dabei befreit man sich von der konkreten und realen Sicht der Dinge und wechselt in eine abstrakte Funktionssicht. Diese Funktionen werden in der sogenannten Funktionenanalyse definiert und beschrieben.

---

<sup>6</sup> Vgl. Ophey, 2005, S. 4ff.

## 1.2 Zielsetzung

Produkte und Objekte erfüllen eine bestimmte Aufgabe, die im Sinne der Wertanalyse als Funktionen definiert sind. Somit ist die Funktion der zentrale Orientierungspunkt einer Wertanalyse und die wichtigste Basis für Vergleiche. Durch Funktionen werden klare Aufgaben zugewiesen. Die vom Produkt zu berücksichtigenden Funktionen und deren Erfüllung sollen sich an dem von ihm erwarteten Nutzen orientieren. Somit wird die Funktion zum eigentlichen Werturteil. Je mehr Funktionalität ein Objekt erfüllt, desto größer ist sein Wert. Die Funktionsdefinition bezieht sich auf die Abstraktionsebene einer Aufgabenstellung.<sup>7</sup> Durch Einsatz der Wertanalyse wurde ermöglicht, dass die Optimallösung in einem Durchgang gefunden werden kann.

Diese Problemlösungsmethode ist nicht nur bei Produkten, sondern auch bei Organisationsproblemen, beim Projektmanagement, bei Produktionsprozessen und vielen anderen technisch-wirtschaftlichen Problemstellungen wirkungsvoll.<sup>8</sup> Basis für das Konzept der Wertanalyse ist die grundlegende und präzise Funktionenanalyse eines Objekts. Diese ermöglicht ein grundlegendes Verständnis des zu entwickelnden Objekts, ohne sich direkt auf bestimmte Lösungen festzulegen, und bestimmt so Erfolg oder Misserfolg. Mit der Funktionenanalyse lassen sich folgende positive Effekte erreichen:

- Verbessertes Verständnis der Wirkungsweise
- Erkennen von Wirkstrukturen und Abhängigkeiten
- Allgemeines Objektverständnis
- Trennung von Wesentlichem und Unwesentlichem
- Lösungsneutrale Darstellung
- Unterstützung der Lösungssuche

Bei der Beschreibung der Funktionen ist darauf zu achten, dass diese lösungsneutral erfolgen, weil sich nur so die Möglichkeit ergibt, neue und innovative Lösungen zu finden.<sup>9</sup> Es werden die Schritte bzw. Funktionen der Wertanalyse-Methodik aus dem Produktentwicklungsprozess mit Funktionen im Fabrikplanungsprozess näher beleuchtet.

---

<sup>7</sup> Vgl. Klein, 2010, S. 27.

<sup>8</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S. 130.

<sup>9</sup> Vgl. Engeln, 2011, S. 79.

Aufgabe ist es, die Vorgehensweise der sechs Schritte der Wertanalyse-Methodik im Fabrikplanungsprozess mit dazugehörigen Funktionen darzustellen. Dabei werden die Wertanalyseschritte zusammen mit den dazugehörigen Funktionen in logisch strukturierte Planungsschritte umgewandelt, mit der Zielsetzung, eine Planungsmethodik mit strukturierten und inhaltlich definierten Planungsschritten zu beschreiben. Diese Planungsschritte sind zeitlich gestuft und können hinsichtlich des Planungsinhalts unterschiedlich präzise definiert werden.

### **1.3 Aufbau der Arbeit**

Diese Arbeit ist in zwei Teile gegliedert, den theoretischen und den praktischen Teil. Im theoretischen Teil werden die Begriffe Wertanalyse und Fabrikplanung beschrieben. Ebenso wird der Wertanalyse-Arbeitsplan mit seinen Grund- und Teilschritten sowie die Tendenzen der modernen Fabrikplanung beschrieben.

Im praktischen Teil wird der Ansatz der Wertanalyse im Prozess der Fabrikplanung untersucht und das Wert- und Funktionenkonzept einer Fabrik erklärt. Auch der WA-Arbeitsplan mit seinen einzelnen Schritten, charakteristischen Inhalten und Funktionen wird näher dargestellt. Das letzte Kapitel liefert einen Überblick über die gewonnenen Erkenntnisse sowie Zukunftsausblicke.

## 2 Wertanalyse

Das Prinzip und die Vorgehensweise der Wertanalyse wurden im Jahre 1947 von L. D. Miles, Chefeinkäufer von General Electric USA, entwickelt und begründet. In den nachfolgenden Entwicklungsjahren hat sich die Wertanalyse nicht nur auf Produkte, sondern ganz allgemein auf jede Art von Leistungen ausgedehnt. Die Wertanalyse wurde so zu einem wirkungsvollen und universellen Verfahren zur Wertverbesserung von bestehenden Leistungen und zur Wertgestaltung-Innovation von entstehenden Leistungen. Mit Hilfe der Wertanalyse können fast alle betrieblichen Objekte, seien es gegenständliche Objekte, z. B. Produkte oder abstrakte Objekte, wie z. B. Planungs- oder Produktionssysteme, analysiert, überprüft oder optimiert werden. Zentraler Punkt ist die Orientierung an einem Arbeitsplan, dessen Systematik erfolgsbestimmend ist.<sup>10</sup>

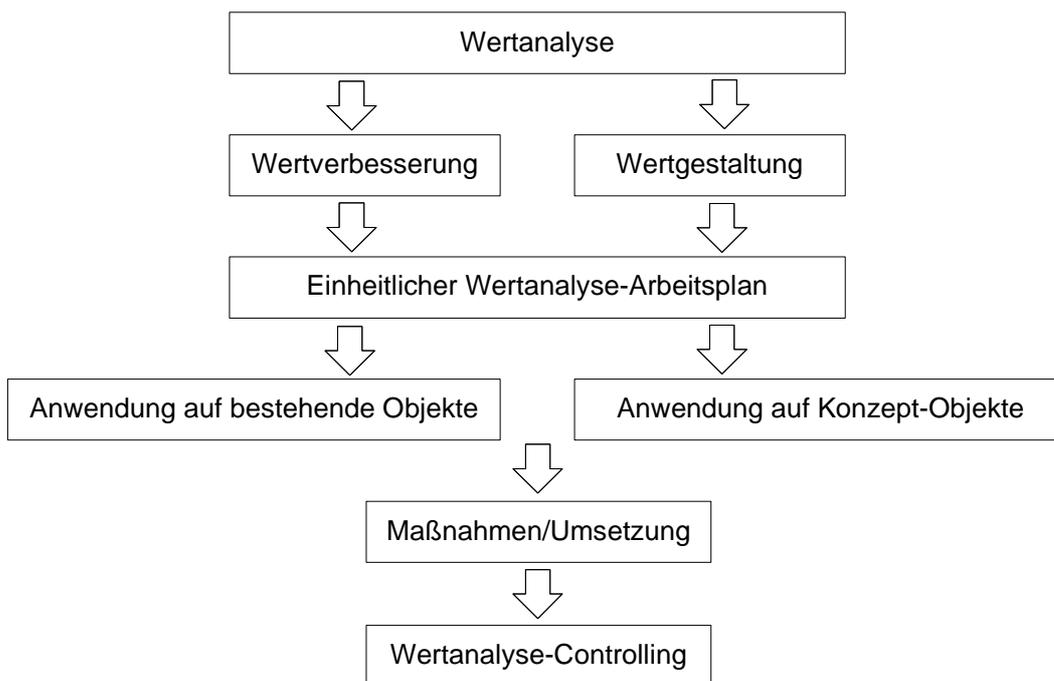


Abbildung 1: Wertanalyse-Strategien<sup>11</sup>

Durch die Wertanalyse werden Wertgestaltungen und Wertverbesserungen mit dem Ziel optimiert, die Gewinnchancen zu verbessern. Dies wird in der Regel durch niedrigere Kosten und einen höheren Nutzwert erreicht. Der Nutzer bzw. Kunde ist durch seine Nutzung indirekt bei der Wertbestimmung durchgreifend, die eigentliche Bewertung erfolgt jedoch vom Hersteller aus.

<sup>10</sup> Vgl. Klein, 2010, S. 2.

<sup>11</sup> In Anlehnung an Klein, 2010, S. 2.

## 2.1 Das System Wertanalyse

Eine der Eigenschaften der Wertanalyse ist die Ganzheitlichkeit bei der Untersuchung und Optimierung von WA-Objekten. Diese Ganzheitlichkeit ermöglicht, dass bei der Problemlösung nicht nur isoliert das Objekt betrachtet wird, sondern in gleichem Maße auf Markt und Umwelt geblickt wird.

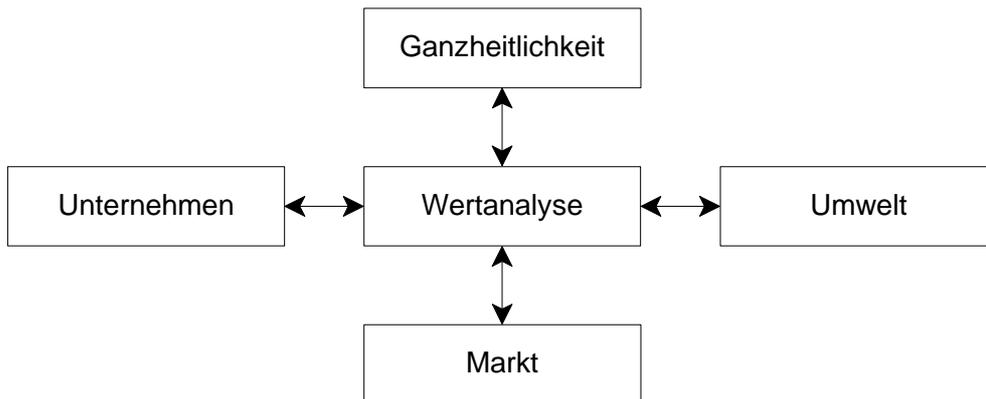


Abbildung 2: Systemansatz der Wertanalyse<sup>12</sup>

Unübersichtliche Probleme sollten klar und präzise strukturiert sein, bevor man sich mit der Suche nach der Lösung befasst. Eine effektive Methode dafür ist die strukturierte Problemanalyse, die aus einem unübersichtlichen Problem ein transparentes Ziel macht. Sie verknüpft auch die bestehenden Systemelemente zu einer logischen Struktur, der sogenannten Funktionenanalyse.<sup>13</sup>

Durch die Funktionenanalyse erkennt man das Zusammenwirken der Funktionen und kann zielgerichteter nach optimalen Lösungen suchen. Die Funktionsstruktur wird von den Systemgrenzen direkt beeinflusst. Eine schalenförmige Modellbildung für das System und die Subsysteme hat sich als sehr effektiv gezeigt. Durch ein Modell mit einer solchen Struktur werden die Schnittstellen bzw. Übergangsbedingungen sichtbar und identifizierbar. Die Analyse eines Systems in Objekten kann isoliert erfolgen, muss aber immer im Zusammenhang mit wirkenden Beziehungen stehen. Die Weiterentwicklung von Objekten ist immer von der Weiterentwicklung des Systems abhängig.<sup>14</sup>

Ein gutes Beispiel für das Ziehen von Systemgrenzen ist die WA-Untersuchung einer Fahrzeugaufhängung. Die vorkommenden Objekte im Subsystem, Scharniere, Fensterheber, Schloss etc., stoßen bei der funktionellen Übertragung an Grenzen und können nur

<sup>12</sup> In Anlehnung an Klein, 2009, S. 24.

<sup>13</sup> Vgl. Klein, 2010, S. 24.

<sup>14</sup> Vgl. ebd. S. 25.

weiterentwickelt werden, wenn sich auch das Subsystem als ganzes weiterentwickelt.

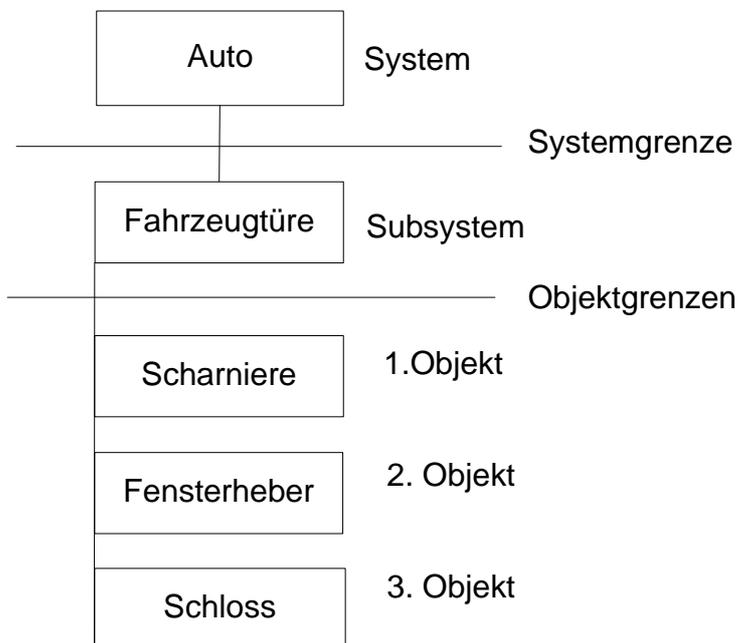


Abbildung 3: Eingrenzung eines WA-Objektes<sup>15</sup>

## 2.2 Funktionsbegriff

Objekte erfüllen nur eine bestimmte oder sie erfüllen mehrere Aufgaben, die als Wirkung oder Vorgang realisiert werden. Unter einer Funktion im Sinne der Wertanalyse sind Zwecke, Aufgaben und Wirkungen von Objekten in einem abgegrenzten Wirkungsbereich zu verstehen.<sup>16</sup> Somit ist die Funktion der zentrale Orientierungspunkt einer Wertanalyse und die allgemeine Basis für Vergleiche. Nicht das Objekt, sondern die von ihm erwartete funktionelle Wirkung steht im Vordergrund einer Wertanalyse. Die vom Objekt zu berücksichtigenden Funktionen und deren Erfüllung sollen sich am von ihm erwarteten Nutzen orientieren. Ein Mehr an Funktionalität bringt eine Wertsteigerung für das Objekt.

Funktionen werden in der Wertanalyse kurz und knapp mit einem Hauptwort und einem Tätigkeitswort beschrieben. Die Funktionsdefinition erfolgt auf der Abstraktionsebene einer Aufgabenstellung und sollte eine allgemeine Wirkung

---

<sup>15</sup> Klein, 2010, S. 25.

<sup>16</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S. 13.

beschreiben. Damit ist keine Festlegung der möglichen Funktionserfüllung gegeben. Demgegenüber ist eine knappe und präzise Funktionsbeschreibung auf eine Lösung begrenzt und behindert die kreative Suche. Auch die Beschreibung der Funktionen mit nur einer eventuellen Möglichkeit hat für die Suche nach der optimalen Lösung einen neutralen Charakter.<sup>17</sup>

Die Aufgaben eines Objektes lassen sich mit Hilfe von Funktionen beschreiben. In der praktischen Wertanalyse werden die Funktionen nach verschiedenen Kriterien analysiert und geordnet.

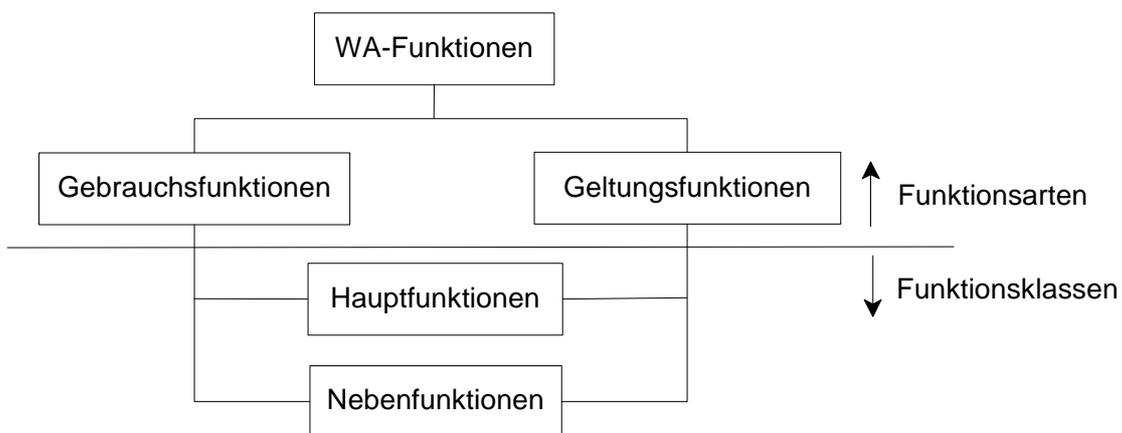


Abbildung 4: Gliederung der Funktionen in der Wertanalyse<sup>18</sup>

„Unter Gebrauchsfunktionen werden jene verstanden, die zur technischen und wirtschaftlichen Nutzung eines WA-Objektes unbedingt erforderlich sind.

Geltungsfunktionen sind jene, die die Gebrauchs- oder Nutzungsfunktionen eines Objektes nicht wesentlich beeinflussen. (Sie erfüllen die Aufgabe, geschmacklichen oder prestigeorientierten Ansprüchen zu genügen.)<sup>19</sup>

Diese beide Funktionsarten können erst verglichen und gewichtet werden, wenn Klarheit über die Zielsetzung des zu untersuchenden Objekts vorhanden ist. Eine direkte Bedeutung für ein Objekt haben die beiden Funktionsklassen Hauptfunktionen und Nebenfunktionen.

„Die Hauptfunktionen kennzeichnen die Haupt-Aufgaben oder den Verwendungszweck. Ihre Erfüllung ist unerlässlich.

Die Nebenfunktionen kennzeichnen weitere notwendige Aufgaben, die dazu beitragen müssen, die Hauptfunktionen zu erfüllen.<sup>20</sup>

<sup>17</sup> Vgl. Klein, 2010, S. 27.

<sup>18</sup> In Anlehnung an VDI, 2011, S. 62.

<sup>19</sup> Klein, 2010, S. 28.

Bei vorgegebener und klar definierter Aufgabenstellung können die zwei Funktionsklassen durch die Fragen Warum? und Wie? zugeordnet werden. Die Frage Warum? zielt auf eine hoch gewichtete Funktion, also auf die Hauptfunktion, ab. Die Frage Wie? zielt auf eine geringer gewichtete Funktion, also auf die Nebenfunktion, ab. Es ist auch möglich, dass ein Objekt mehrere Haupt- und Nebenfunktionen hat.<sup>21</sup>

## 2.3 Funktionskosten

Eines der wesentlichen Prinzipien der Wertanalyse ist die Zuordnung von Kosten zu den Funktionen. Ziel ist es, eine gleiche oder eine bessere Funktionserfüllung mit geringeren Kosten zu realisieren. Bedingung ist, dass geeignete Zuordnungen zwischen Kosten und Funktionen möglich sind. In manchen Fällen erweist sich dies als problematisch, und in anderen ist keine eindeutige Zuordnung auf Funktionen möglich. Für effiziente Betrachtungsweisen ist jedoch wichtig, dass alle Zuweisungen nach gleichen Maßstäben erfolgen.<sup>22</sup> Vergleiche und Bewertungen von Lösungsalternativen müssen mit abstrakten Funktionen realisiert werden. Funktionen können im Hinblick auf

- Nutzen (Nutzwert),
- Kosten (Funktionskosten) und
- Erlös bzw. Preis (Handelswert)

bewertet werden. Der Nutzwert ist der relative Nutzen eines Objektes oder seiner Funktionen, gemessen an einem Idealwert. Der Funktionsnutzen ist der bei wirtschaftlichem Gebrauch zu erwartende Erfolg. Funktionskosten sind alle Kosten eines Funktionsträgers.<sup>23</sup> Sie zeigen die wirtschaftlichen Konsequenzen und weisen auf Schwerpunkte oder Schwachpunkte hin.

Mit Funktionskosten kann man vergleichbare Kosten für grundverschiedene Lösungen ermitteln, weil sie den direkten Wertvergleich ermöglichen. Der Handelswert ist der Preis, welcher zur Zeit und an dem Ort der Erfüllung erreicht wird.

---

<sup>20</sup> Klein, 2010, S. 28

<sup>21</sup> Vgl. Klein, 2010, S. 29.

<sup>22</sup> ebd. S. 34.

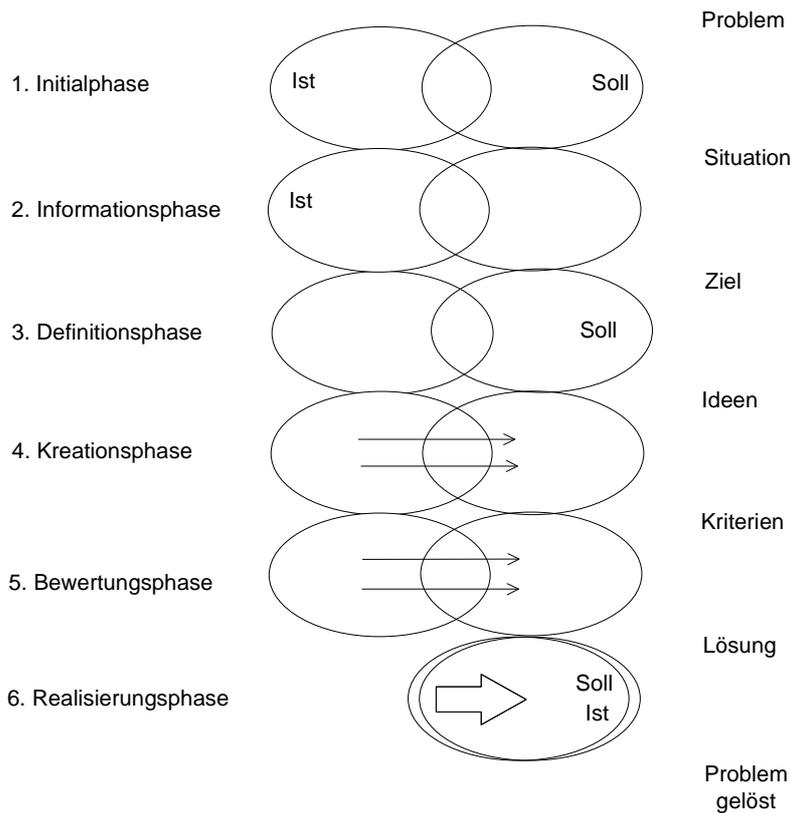
<sup>23</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S. 18.

## 2.4 Ablauf der Wertanalyse

Ein grundlegendes Prinzip der Wertanalyse ist der Arbeitsplan, das methodische Vorgehen nach einem vorgegebenem Muster mit definierten Schritten und Teilschritten. Die Wertanalyse folgt im Wesentlichen immer dem Grundmuster dieser sechs Schritte:

1. Initialphase
2. Informationsphase
3. Definitionsphase
4. Kurationsphase
5. Bewertungsphase
6. Realisierungsphase

Der logische Arbeitsplan ist sowohl in der Wertanalyse als auch in anderen Entwicklungs- und Rationalisierungsschritten zu finden. Die Phasen, Schritte, Teilschritte und Stadien der Problemlösung sind bei einzelnen Methoden unterschiedlich, führen jedoch zu gleichen Zielen und Teilzielen.



**Abbildung 5: Vom Problem zur Lösung mit dem Arbeitsplan<sup>24</sup>**

Der logische Arbeitsplan kann nach dem Spiralprinzip mit ständig erweitertem Informations- und Arbeitsinhalt oder rückkoppelnd nach Pilgerschrittprinzip (drei Schritte vorwärts, zwei Schritte zurück usw.) durchlaufen werden.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es nicht immer praktisch, in der Informationsphase alle Objekt-Informationen zu sammeln, sondern nur diejenigen, die für die optimale Lösung und die Aufgabenformulierung relevant sind. Die Probleme und ihre Lösungswege müssen strukturiert werden, als Gliederung mit einem Arbeitsplan bei einzyklischen Problemen, als Spiralen bei mehrzyklischen Problemen oder als Netze bei komplexen Problemen. Die notwendigen Entscheidungen können nicht frei, sondern müssen mit Hilfe einer systematischen Entscheidungsvorbereitung getroffen werden.

Der Wertanalyse-Arbeitsplan ist in seinen Schritten und Teilschritten an einzyklische wirtschaftliche Probleme angepasst. Die meisten unternehmerischen Probleme können in einem Zyklus, manche in zwei oder drei oder mehr Durchläufen gelöst werden. Die Wertanalyse, gemeinsam mit dem Arbeitsplan, macht die Wertverbesserung und Wertgestaltung von unterschiedlichen unternehmerischen Objekten leicht erreichbar.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> In Anlehnung an Bronner, 2006, S. 21.

<sup>25</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S. 20.

### 2.4.1 Grundschrift 1 – Initialphase: Projektvorbereitung

In der ersten Phase bzw. der Projektvorbereitung wird der Grundstein für den späteren Erfolg oder auch Misserfolg des gesamten Prozesses gelegt. Neben der Bestimmung des Moderators, der Festlegung des Teams und der Planung des Arbeitsablaufes ist die eindeutige Definition des Zieles und der wichtigsten Teilschritte ebenfalls festzulegen. Bei komplexen Projekten ist diese Phase oft besonders aufwendig. Der Erfolg des ganzen Projektes ist direkt von der klaren Definition des Zieles und der eindeutigen Abgrenzung des Untersuchungsumfanges abhängig.<sup>26</sup>

Die Wertverbesserung kann durch Reduzierung der Objektkosten oder durch Erhöhung des Nutzwertes erreicht werden. Zur Beurteilung potenzieller Chancen von WA-Studien dient allgemein das Wertziel. Neben dem Wertziel müssen auch die voraussichtlichen Aufwandsdaten im Grundschrift 1 identifiziert werden. Zu diesem Zweck kalkuliert man vor jeder WA-Studie den Veränderungs- und Rationalisierungsaufwand an sonstigen Vorkosten und setzt diese ins Verhältnis zu realisierbaren Wertverbesserungen. Erst dann ist eine definitive Entscheidung über eine WA-Studie zu treffen. Mit den WA-Studien können neben den wirtschaftlichen Zielen auch unternehmenspolitische, das Image betreffende, soziale oder humane Ziele verfolgt werden.<sup>27</sup>

#### *Teilschritt 1.1: Moderator benennen*

Der Moderator bzw. der Projektleiter sollte kompetent sein und einen guten Überblick über das Projekt haben und er sollte nicht Spezialist sein, um nicht auf der Basis von individuellen Erfahrungen zu arbeiten. Extrovertierte Mitarbeiter sind bei der Auswahl zu bevorzugen.

#### *Teilschritt 1.2: Primärziel mit Bedingungen festlegen*

Ein klar definiertes Ziel ist Bestandteil jeder Aufgabenstellung. Die Zielvorgabe sollte mit unternehmerischen Leistungen erreichbar sein und realistisch und glaubhaft aufgestellt.

---

<sup>26</sup> Vgl. Ophey, 2005, S. 75.

<sup>27</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S. 25.

*Teilschritt 1.3: Einzelziele setzen*

Die quantitative Zielvorgabe und die vergleichende Bewertung der Lösungen zählen zu den Grundsätzen der Wertanalyse. Aus dem Primärziel werden die Detailziele herausgearbeitet, die als Richtung für den WA-Arbeitsplan dienen.

*Teilschritt 1.4: Untersuchungsrahmen abgrenzen*

Jede WA-Studie ist durch Randbedingungen abgegrenzt. Generell unterscheidet man zwischen finanziellem und zeitlichem Rahmen. Die finanziellen Rahmen werden in den Primärzielen festgelegt und die zeitlichen im Ablaufterminplan. Daneben sind auch Gesetze, Vorschriften, Einsatzbedingungen und weitere Kriterien einzugrenzen.

*Teilschritt 1.5: Projektorganisation festlegen*

Wertanalyse hat eine interdisziplinäre Natur. Am Start der WA-Studie wählt der Wertanalytiker mit den Fachbereich-Vorgesetzten die kompetentesten Mitglieder aus. Als Koordinator dient entweder der Wertanalytiker oder ein spezieller Projektmanager, der die Gesamtverantwortung für das Projekt trägt, während die Fachspezialisten für ihre Teilgebiete zuständig sind. Während die WA-Gruppe nur Vorschläge vorbereitet, bleibt die Verantwortung und Entscheidung bei den einzelnen Vorgesetzten.

*Teilschritt 1.6: Projektablauf planen*

Der Projektablauf ist schon durch den WA-Arbeitsplan festgelegt. Die Arbeitsschritte sollten nur noch zeitlich geplant und synchronisiert werden. Das Projekt kann stufenweise nach dem Arbeitsplan terminiert werden. Dabei sollte genügend Spielraum für die Kapazitätsänderungen vorhanden sein. Zur Darstellung des Ablaufes empfiehlt sich ein Balkendiagramm, bei komplexen und umfangreichen Projekten jedoch ein Netzplan.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S.24.-26.

## 2.4.2 Grundschrift 2 – Informationsphase: Objektsituation-Analyse

Das Ziel dieser Phase ist das Sammeln, Analysieren und Ordnen aller relevanten Daten des Objektes, um die Relationen zwischen den vorhandenen Funktionen und Kosten zu beschreiben. Dazu müssen die Funktionen selbst ermittelt werden und auch im Hinblick auf ihre Wichtigkeit bewertet werden. Parallel dazu werden alle relevanten Kosteninformationen gesammelt und den Funktionen zugeordnet. Es müssen nicht alle Daten des Objektes erfasst werden, sondern nur diejenigen, die für die Weiterentwicklung eine Bedeutung haben. Das Ergebnis ist eine strukturierte Matrix, die den Ist-Zustand beschreibt und Funktionen den Kosten gegenüber stellt.<sup>29</sup>

### *Teilschritt 2.1: Objekt- und Umfeldinformationen beschaffen*

Die Arbeitsgruppe ist für die Beschaffung der Daten, für die Zielsetzung, den Arbeitsumfang und den zeitlichen Ablauf der Studie zuständig. Außerdem werden alle andere Daten und Aufgaben gesammelt und vorbereitet. Zur Datenermittlung gehört auch eine Beschreibung des Objektes mit seinen Funktionen, Aufgaben Wirkungsweisen und Eigenschaften. Die Beschreibung dient als Ansatzpunkt für die zu erstellende Funktionenanalyse.

### *Teilschritt 2.2: Kosteninformationen beschaffen*

Effizient und praktisch in der Anwendung sind vor allem Kostenkreise oder ABC-Analysen. Sie zeigen die Schwerpunkte durch Diagramme und geben Hinweise, wo und wie angesetzt werden soll.

### *Teilschritt 2.3: Funktionen ermitteln*

Durch Analysieren der Ausgangssituation und der Wirkungsweise eines Objektes werden die Funktionen ermittelt. Dabei ist eine Einteilung der Funktionen bis zur zweiten oder dritten Stufe üblich, bei größeren Objekten sogar noch weiter. Eine Einteilung bis ins kleinste Detail ist nur in Sonderfällen zu empfehlen.

### *Teilschritt 2.4: Lösungsbedingende Vorgaben ermitteln*

Durch Abstrahieren quantitativer und qualitativer Daten aller Funktionen ist ein möglichst breites Lösungsfeld zu definieren.

---

<sup>29</sup> ebd. S. 26.

Quantitative Daten sind vor allem zur Bewertung und Auswahl von Lösungen entscheidend.

#### *Teilschritt 2.5: Kosten den Funktionen zuordnen*

Die Objektkosten werden mit Hilfe der Funktionsgliederung und der Funktionskostenmatrix den einzelnen Funktionen zugeordnet. Die Funktionskosten helfen bei der Schwerpunktfindung und der Problemgewichtung, sind aber in der Ermittlung sehr zeitaufwändig.<sup>30</sup>

### **2.4.3 Grundschrift 3 – Definitionsphase: Soll-Zustand beschreiben**

Im dritten Grundschrift ist die eindeutige Festlegung und Darstellung des Soll-Zustandes durchzuführen. Diese wird durch systematische und kritische Anpassung sowie durch Ergänzung der Anforderungsliste des Objektes erreicht. Erst wenn Ist-Zustand und Soll-Zustand bekannt und klar definiert sind, lässt sich das Aufgabenziel festlegen.

#### *Teilschritt 3.1: Informationen auswerten*

Aus den gesammelten Informationen und aktuellen Randbedingungen werden neue Erkenntnisse gewonnen.

#### *Teilschritt 3.2: Soll-Funktionen festlegen*

Wird die Frage "Ist diese Funktion zur Zielerfüllung notwendig?" uneingeschränkt mit 'Ja' beantwortet, dann ist die Funktion eine Soll-Funktion.

#### *Teilschritt 3.3: Lösungsbedingende Vorgaben festlegen*

Die im Teilschritt 2.4 ermittelten Vorgaben zur Beurteilung der Lösungen müssen nach den neuen Erkenntnissen überprüft, angepasst und ergänzt werden. Einige Beurteilungskriterien erhalten erst dann Wichtigkeit, wenn die Lösungen vorliegen.

---

<sup>30</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S. 27-29.

### *Teilschritt 3.4: Kostenziele der Soll-Funktionen*

Die Kostenziele der Soll-Funktionen sollten dem Kostenziel von Teilschritt 1.3 entsprechen. Nur dort, wo eine interessante Differenz zwischen Funktionskosten und Kostenziel herrscht, wird in den Nachfolgestufen nach Lösungen gesucht. Existieren in der Praxis viele unterschiedliche Lösungen nebeneinander, dann ist die Optimal-Lösung noch nicht gefunden. Verwenden alle Wettbewerber die gleiche Lösung, dann ist die Wahrscheinlichkeit gering, etwas Effizientes zu finden.<sup>31</sup>

## **2.4.4 Grundschrift 4 – Kreativephase: Lösungsideen entwickeln**

Der vierte Schritt ist der kreative Teil der Wertanalyse. Aktuelle Ideen werden gesammelt und bewertet und neue Ideen entwickelt. In dieser Phase sind kreativitätsfördernde Methoden und Hilfsmittel notwendig, um hochwertige Lösungen auszuarbeiten. Eine systematische und logische Nutzung von Informationsquellen steigert die Menge der möglichen Ideen. Eine große Ideenquantität steigert wiederum die Wahrscheinlichkeit, qualitativ hochwertige Lösungen zu finden. Wichtig an dieser Stelle sind auch die große Anzahl und Vielfalt möglicher Lösungen.<sup>32</sup> Die Suche nach Lösungen erfolgt in folgenden Schritten:

- Erfassen und Sortieren aller bekannten Lösungen
- Kreatives Suchen neuer Lösungen
- Systematisches Erweitern des vorbereiteten Lösungsfeldes

Der erste Schritt bedingt das Wissen und die Erfahrung, der zweite die Phantasie und der dritte logisches und kritisches Denken. Grundsätzlich werden neue Lösungen erst im letzten Drittel des kreativen Prozesses gefunden. Bei großen und komplexen Objekten erfolgt die Lösungsentwicklung in mehreren Zyklen.<sup>33</sup>

### *Teilschritt 4.1: Vorhandene Ideen sammeln*

Vor dem kreativen Prozess sind alle existierenden und benutzbaren Ideen zu sammeln und zu beschreiben.

---

<sup>31</sup> Vgl. Brunner/Herr, 2006, S. 29-31.

<sup>32</sup> Vgl. Ophey, 2005, S. 77.

<sup>33</sup> Vgl. Brunner/Herr, 2006, S. 34.

*Teilschritt 4.2: Neue Ideen entwickeln*

Als Methoden und Hilfsmittel für das Auffinden möglichst vieler Lösungen dienen folgende kreativen und methodischen Techniken: Analytisches Denken, Gruppenarbeit, Brainstorming, Brainwriting, Fragelisten, Lösungsbaum, Synektik usw. Das totale Ausschöpfen des Lösungsfeldes sichert die optimale Lösung.

*Teilschritt 4.3: Lösungsideen bewerten*

Zum Schluss werden die Ideen aller Funktionen bewertet, sodass eine überschaubare Anzahl von Funktionslösungen zu Lösungsansätzen kombiniert werden kann.<sup>34</sup>

## 2.4.5 Grundschrift 5 – Bewertungsphase: Lösungen festlegen

In diesem Schritt werden aus den Ideen des vierten Schrittes ganzheitliche Lösungsvorschläge erarbeitet. Auch hier ist die systematische und analytische Vorgehensweise weiter zu verfolgen.

*Teilschritt 5.1: Ideen zu Lösungsansätzen verdichten und darstellen*

Der Lösungsansatz weist den technisch-wirtschaftlichen Weg zu einer Lösung und bietet einen guten Ansatz für Innovationen. Die im Schritt 4 entwickelten Lösungsideen zu den einzelnen Funktionen können in einer Matrix zusammengefasst werden. Die Ergebnisse sind die Konzepte, welche zu optimalen Lösungen weiterentwickelt werden.

*Teilschritt 5.2: Lösungsansätze bewerten*

Hier wird durch Gruppenarbeit und gemeinsames Beurteilen entschieden, welche Konzepte kostengünstig und optimal sind.

---

<sup>34</sup> Vgl. Brunner/Herr, 2006, S. 34-36.

### *Teilschritt 5.3: Lösungen ausarbeiten*

Die Ausarbeitung der Lösungskonzepte in Entwürfe erfolgt in Individualarbeit. Diese muss durch diejenigen Mitarbeiter erfolgen, die fachlich zuständig sind. Für jede WA-Studie sollten mindestens drei realistische Lösungskonzepte in Einzelarbeit ausgearbeitet werden.

### *Teilschritt 5.4: Lösungen bewerten*

Die Bewertungen erfolgen mit der Nutzwertanalyse und der Kostenanalyse. Für die interne Beurteilung ist die Wirtschaftlichkeit ein wesentlicher Punkt. Als wirtschaftlich gelten diejenige Lösungen, die für eine Funktion einen definierten Nutzwert mit den niedrigsten Kosten verursachen. Bei den meisten WA-Studien bleiben am Ende mindestens zwei interessante Vorschläge übrig. Einer der Vorschläge bringt große Änderungen des Objektes mit sich und kann erst nach längeren Erprobungen ausgeführt werden. Der zweite Vorschlag erfordert nur kleinere Verbesserungen und lässt sich schnell umsetzen.

### *Teilschritt 5.5: Entscheidungsvorlage erstellen*

Während die WA-Gruppe alle Details der WA-Studie kennt, ist das Entscheidungsgremium nur am Endergebnis interessiert. Entscheidungsvorlagen sollten alles beinhalten, was die Glaubhaftigkeit festigt, sodass gute Chancen und keine großen Risiken bestehen.

### *Teilschritt 5.6: Entscheidung herbeiführen*

Einem Entscheidungsgremium werden Lösungskonzepte nur als Empfehlungen vorgetragen. Diese werden schriftlich und mündlich präsentiert.

## **2.4.6 Grundschrift 6 – Realisierungsphase: Lösungen verwirklichen**

Die detaillierte Umsetzung und Realisierung der ausgewählten Lösung oder Lösungen in der Praxis ist der letzte Arbeitsschritt der WA-Studie. Erst mit der

erfolgreichen Einführung in der Praxis ist ein WA-Projekt als abgeschlossen anzusehen.<sup>35</sup>

#### *Teilschritt 6.1: Realisierung im Detail planen*

Es wird meist ein Balkendiagramm zur Information und Entscheidung der Geschäftsleitung vorgelegt. Die darin enthaltenen Informationen wie Termin-, Nutzwert- und Kostenziele sollten detailliert und terminiert sein.

#### *Teilschritt 6.2: Realisierung einleiten*

Ein pünktlicher Beginn ist die Voraussetzung für den erfolgreichen Abschluss der WA-Studie.

#### *Teilschritt 6.3: Realisierung überwachen*

Zur Überwachung dienen regelmäßige Projektsitzungen, in denen der Soll-Ist-Zustand erfasst und korrigiert wird.

#### *Teilschritt 6.4: Projekt abschließen*

Jedes WA-Projekt ist mit einem Abschlussbericht offiziell zu beenden. Dieser beinhaltet einen Vergleich zwischen Ergebnissen und Zielen des Projekts.<sup>36</sup>

Eine nach diesem Arbeitsplan durchgeführte Wertanalyse führt direkt zur temporären Optimallösung. Wenn mehrere Arbeitsgruppen, unabhängig voneinander, jedoch systematisch mit gleichem Arbeitsplan, nach einem genau gleich definierten Problem suchen, finden mit großer Wahrscheinlichkeit alle Gruppen die gleiche oder ähnliche temporäre Optimallösung. Eine Konvergenz der Lösungen allgemein in der Massen- und Großserienfertigung löst langfristig die Vielfalt der Ausführungen ab. Auch in der Technologie wird diese Konvergenz beobachtet, jedoch dauert es länger, weil die Unterschiede nicht so offensichtlich sind.

---

<sup>35</sup> Vgl. Ophey, 2005, S. 79.

<sup>36</sup> Vgl. Bronner/Herr, 2006, S.42.

## 2.5 Wertanalyse und QE-Methoden

Da die Wertanalyse eine offene Methode ist, wird sie oft im Sinne höherer Wirksamkeit auch mit anderen Methoden kombiniert. „In der Praxis bietet sich insbesondere die Verknüpfung mit den modernen Quality-Engineering-Methoden an, zu denen QFD, TRIZ, FMEA und ProKon gezählt werden.“<sup>37</sup>

QFD ist ein Marketinginstrument zur Erfassung und Gegenprüfung von Kundenanforderungen, das zunehmend Einsatz in der Produktentwicklung und in der Gestaltung von Abläufen findet. Es ist ein ganzheitliches Konzept mit vier Stufen – der Produktdefinition, dem Konzeptabgleich, der Prozessplanung und der Produktionsplanung – welches über eine Kaskade von Houses of Quality oder Qualitätshäusern HoQ 1–4 geregelt und hergestellt wird.

Im Zusammenhang mit der Wertanalyse werden meist nur HoQ 1 und HoQ 2 herangezogen. Im HoQ 1 werden die Kundenforderungen mit den dazugehörigen Qualitätsmerkmalen verknüpft. Dies ist substantiell, um einen Vergleich zwischen Anforderungen und Merkmalen herzustellen. Über das HoQ 2 wird dieser Abgleich weitergeführt, indem die Forderungen an das Design aufgestellt werden. Für die Wertanalyse ist dies eine unverzichtbare Komponente, die das Ziel hat, mittels Wertanalyse eine Verbesserung bezüglich der Kosten und des Kundennutzens herzustellen. Die weiteren Qualitätshäuser HoQ 3–4 können den Fortgang einer Wertanalyse unterstützen und alle latenten Probleme aufklären und Lösungsprinzipien ermitteln. Ziel ist, den Kunden ein Konzept zu bringen, so wie es erdacht ist.

Im vierten Grundschrift der Wertanalyse werden neuartige Lösungen gesucht. Dies wird oft mit dem sehr wirksamen Werkzeug TRIZ unterstützt, welches in einer Lösungsmatrix universelle Grundlösungen für technische Probleme erstellt. Diese Grundprinzipien sind abstrakte Lösungen, die aus der Vergangenheit schon bekannt sind; sie können bis zu 95 % aller zukünftigen Probleme lösen. Viele aktuelle Patente, die heute angemeldet werden, sind in einem anderen Zusammenhang schon einmal genutzt worden.

In der Praxis hat sich eine überproportional große Kosteneinsparung durch Komplexitätsreduzierung bestätigt. Komplexität bedingt einen hohen Zeitaufwand für die Herstellung, Montage und Demontage. Aus diesem Grund wird nach einer Funktionserfüllung mit einfachen und möglichst wenigen Teilen gesucht. Im Maschinenbau und Fahrzeugbau hat sich dies zu einem Grundproblem entwickelt,

---

<sup>37</sup> Klein, 2010, S. 118.

da Produkte von Generation zu Generation immer aufwändiger hergestellt werden müssen.

Eine effiziente Methode zur zielgerichteten Komplexitätsreduzierung ist unter dem Akronym DFMAS (Design for Manufacture, Assembly and Service) bekannt geworden. Das DFMAS besteht aus drei Einzelbausteinen mit dem gemeinsamen Ziel, Produkte einfacher und billiger zu machen. Diese sind DFM (Design for Manufacture), das die Idee eines absolut fertigungsgerechten Designs verfolgt, DFA (Design for Assembly), das die Idee der minimalen Teilezahl für eine minimale Montagezeit verfolgt und DFS (Design for Service), das die Idee eines möglichst einfachen und kostengünstigen Services verfolgt. In Wertanalyseprojekten hat sich DFA als das effizienteste gezeigt, weil es nochmals Kostensenkungspotentiale durch weniger Teile hervorruft.

Oft ist bei Wertanalyseprojekten eine schnelle und hinreichende Abschätzung des Montageaufwandes nötig. Dies wird durch ProKon erreicht. ProKon ist eine zu DFA äquivalente Methode, die den Montageaufwand durch die charakteristischen Teilmerkmale Geometrie und Fügetoleranz abschätzen kann. Die Bewertung von Zusammenbau, Prozessablauf und Werkzeugeinsatz wird in sogenannten ProKon-Einheiten, PE, ausgedrückt, die Vergleiche ermöglichen.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Vgl. Klein, 2010, S. 118-122.

### 3 Fabrikplanung

Die Fabrikplanung ist ein wesentlicher Teilkomplex innerhalb des komplexen Prozesses der Unternehmungsplanung. Methodisch betrachtet ist Fabrikplanung ein systematischer, zielorientierter und in Phasen strukturierter Prozess zur Planung einer Fabrik von der ersten Idee bis hin zur Organisation der Produktion. Der Fabrikplanungsprozess umschließt alle Prozesse von Planung und Realisierung bis zur Inbetriebnahme von Fabriken. Die Fabrik muss dabei als Gesamtsystem betrachtet werden, welches durch die Gestaltung folgender Felder charakterisiert wird:

- Bestimmung des Standorts
- Entwurf von Bebauungsplänen
- Gestaltung von Produktions- und Logistikprozessen
- Personal- und Organisationsplanung

Diese Planungsfelder definieren das Fabrikkonzept. Das Fabrikkonzept wiederum unterliegt drei wesentlichen Zielen:

1. Sicherung der Wirtschaftlichkeit – Herstellung von Produkten bei minimalen Durchlaufzeiten.
2. Sicherung der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit – eine Fabrik soll anpassungsfähig an äußere und innere Einflüsse ausgelegt sein.
3. Sicherung der Attraktivität der Fabrik – dies sind vor allem motivierende und humane Arbeits-, Sozial- und Entlohnungsbedingungen sowie ökologische Kriterien für geringe Umweltbelastungen.

So ist ein Fabrikkonzept wiederum das Ergebnis von Standort-, Bebauungs- und Fabrikstrukturplanung. Ausgangspunkte für die drei Ziele sind die verfügbaren Ressourcen, die Investitions-, Ausrüstungs-, Gebäude- und Grundstückspotenziale. Außerdem ist das Fabrikkonzept direkt vom gestaltenden Produktionsprozess bestimmt und dieser wiederum durch das zu realisierende Produktionsprogramm. Das Produktionsprogramm ist das Resultat der Markt- und Absatztätigkeit des Unternehmens und bildet gemeinsam mit den Tendenzen<sup>39</sup>

- steigende Variantenvielfalt,
- sinkende Lebenszyklen,

---

<sup>39</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 12.

- sinkende Stückzahlmengen,
- schneller Produktwechsel und
- kurze Lieferzeiten

die Grundlagen der Fabrikplanung. Das Produktionsprogramm wird damit zu einem wesentlichen Merkmal eines effizienten Fabrikplanungsprozesses. Die Fabrikplanungspraxis zeigt, dass gerade der stochastische Charakter des Produktionsprogramms und seine Entwicklung oftmals große Probleme verursachen. Typisch für den Fabrikplanungsprozess sind die große Zahl von Eingangsinformationen, von denen viele einen stochastischen Zufallscharakter haben und keine präzisen Aussagen erlauben. Diese Eigenschaften sowie steigende Marktturbulenzen müssen vom Fabrikkonzept kompensiert werden. Daher ist eine permanente Anpassungsfähigkeit an die immer dynamischeren Bedingungen erforderlich. Dies wird außer durch Flexibilität auch durch eine bewusst gestaltete Wandlungsfähigkeit der Fabrik kompensiert. Der Lösungsansatz für die Wandlungsfähigkeit wird durch eine Modularisierung von Fabrikstrukturen und Fabrikelementen erreicht.<sup>40</sup>

### 3.1 Anforderungen an die Fabrik

Markt und Kundenwünsche wirken direkt auf die temporäre Wandlungsfähigkeit. Wirtschaftlichkeit und Schnelligkeit haben im Wandlungsprozess eine entscheidende Rolle. Die zunehmend individuelleren Kundenwünsche provozieren eine Variantenvielfalt der Produkte und Servicedienstleistungen. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, greifen moderne Fabrikssysteme zu Mass-Customization bzw. zu einer Kundenwunsch-gesteuerten, anpassungsfähigen Fabrik.<sup>41</sup> Die sich daraus ergebenden Anforderungen für Fabrikplanung und Fabrikbetrieb sind:

- Erhöhung der Komplexität von Produkten, Prozessen und Organisationen. Eine Reduzierung der Komplexität wird durch intelligente Verfahren erreicht.
- Durch Globalisierung und Turbulenzen auf den Märkten kommt es zu stärkeren Wettbewerbsschwankungen. Auch die Verkürzung der Produktlebenszyklen und die konstante Einführung von neuen Produkten zwingt die Fabrikssysteme zur schnellen Anpassungsfähigkeit.

---

<sup>40</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 14.

<sup>41</sup> Vgl. Schenk, 2004, S. 12.

- Transparenz aller Abläufe im Wertschöpfungsprozess. Sie wird durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien verbessert. Durch den Einsatz dieser Technologien wird eine Vernetzung und Umgestaltung der Produktions- und Logistikprozesse gefördert.
- Die vernetzten Produktions- und Logistikprozesse führen zu neuen Organisationsformen und komplexitätsreduzierten Wertschöpfungsprozessen.
- Die Wandlungsfähigkeit einer Fabrik hängt nicht nur von den technisch-technologischen Möglichkeiten, sondern auch von den Fähigkeiten und Kompetenzen des Personals ab. Es kommt darauf an, wie lernfähig und organisiert das Personal ist. Das in der Fabrik tätige Personal muss sich auf immer kürzere Einführungszeiten für neue Techniken, Wissen, Technologien und Organisationformen einstellen.<sup>42</sup>

Der für die Fabrik wesentliche Kernprozess ist die Auftragserfüllung. Dazugehörige Teilprozesse umfassen die Auftragserklärung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Beschaffung der Rohmaterialien und Zukaufteile, Teilfertigung, Montage, Demontage, Verpackung, Versand, Qualitätsprüfung und die dazugehörige Auftragssteuerung. Diese Teilprozesse, gemeinsam mit dem Standort und seinen Gebäuden, sind die Säulen der Fabrik. Eine wirkungsvolle Fabrikleistung ist auch durch Aspekte der Unternehmenskultur und der Nachhaltigkeit bestimmt. Sämtliche Fabrikprozesse und -funktionen müssen an den Marktleistungen und Kundenanforderungen unter dem Aspekt der Wandlungsfähigkeit ausgerichtet sein.

43

## 3.2 Elemente der Fabrikplanung

Wegen der hohen Komplexität und Vielfalt der eingesetzten Fachdisziplinen besitzt der Fabrikplanungsprozess einen interdisziplinären Charakter. Von Beginn an ist der Planungsprozess eine teamorientierte Zusammenarbeit verschiedener Fachbereiche. Der Fabrikplanungsprozess ist in der Regel ein Projektmanagementprozess mit folgenden Eigenschaften:

- einmalig, neuartig und mit hoher Komplexität
- projektspezifische Ziele
- projektbezogene Terminvorgaben

---

<sup>42</sup> Vgl. Schenk, 2004, S. 13.

<sup>43</sup> Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009, S. 32.

- projektbezogenes Budget, Finanzen, Personal

Die Durchführung und Lenkung von Fabrikplanungsprojekten hat nach den Regeln und Gesetzmäßigkeiten des Projektmanagements zu erfolgen.<sup>44</sup> Der Fabrikplanungsprozess selbst unterliegt den Methoden der Projektplanung, der Projektlenkung und des Projektcontrollings und beinhaltet:

- Konzepte, Studien, Aufgabenstellungen, Projekte
- hierarchische Entscheidungsfindung
- Ausführungsplanung und Realisierung
- Controlling und Inbetriebnahme

Produkt- und Prozessinnovationen sowie Marktdynamik führen zu immer schnelleren Änderungen von Projektzielsetzungen, Planungsvorgaben und Prozessen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zur Verkürzung der Planungszeit einer Fabrik. Diese wird mit zwei Fabrikplanungsprinzipien angestrebt: mit der gleitenden Fabrikplanung und der kooperativen Fabrikplanung. Gleitende Fabrikplanung oder SE (Simultan Engineering) versucht durch Überlappung und Parallelisierung von Teilkomplexen die Planungszeit zu verkürzen. Da bei diesem Prinzip die vorlaufenden Planungsphasen in der Regel noch nicht abgeschlossen sind, erhöhen sich die Risiken, die richtig abgeschätzt und eingegrenzt werden müssen. In der Kooperativen Fabrikplanung werden Planungszeitverkürzungen durch eine synchronisierte, teamorientierte Zusammenarbeit mit Planungstools erreicht.

Im Fabrikplanungsprozess werden Eingangsdaten, je nach Problemstellung, in Zwischen- und Endergebnissen komprimiert und in Ausgangsdaten transformiert. Dies passiert stufenweise innerhalb von Teilschritten vom Groben zum Feinen. Die Planungsergebnisse haben einen statischen Charakter; sie sind später nur mit hohem finanziellen Aufwand veränderbar. Die Nutzung der Fabrikanlage hat einen dynamischen Charakter, weil eine ständige gegenseitige Anpassung von Fabrikanlage und Produktionsprozess erforderlich ist. Die Konsequenz ist, dass bei der Planung der Fabrikanlage parallel die Erfordernisse der späteren Nutzung einzubeziehen sind bzw. der Fabrikplaner sollte gleichzeitig auch der Fabrikorganisator sein. In diesem Zusammenhang sind zwei unterschiedliche Zeiträume des Fabriklebenszyklus zu unterscheiden:

- Fabrikplanungsphase:

---

<sup>44</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 20ff.

Hier wird die Anpassung der erforderlichen Fabrikanlage an ein bestimmtes Produktionsprogramm geplant.

- Fabriknutzungsphase:

Die Phase ständiger Anpassung eines dynamischen Produktionsprogramms an eine existierende Fabrikanlage. Dies wird meistens mit Hilfe und Einsatz von PPS-Systemen unterstützt.

Fabrikplanungsprozesse unterliegen oft erheblichem Termin- und Zeitdruck, da die Planungsergebnisse erst mit fortschreitender Bearbeitung der Fabrikplanungsaufgabe schrittweise präziser werden.<sup>45</sup>

Aufgrund hoher Komplexität der Fabrikplanungsprozesse haben sich in der Praxis zwei prinzipielle planungsmethodisch unterschiedliche Vorgehensweisen etabliert:

- Analytische Vorgehensweise (Top-down-Ansatz):

Dabei wird vom Ganzen hin zum Detail gearbeitet und geplant.

- Synthetische Vorgehensweise (Bottom-up-Ansatz):

Planung vom Detail zum Ganzen.

Der Top-down-Ansatz ist die verbreitetere Planungsmethode. Sie verfolgt eine systematische Zerlegung und Bearbeitung der Aufgaben bei Einhaltung des Gesamtansatzes. Allerdings hat sich in der Praxis gezeigt, dass der kombinierte Einsatz beider Methoden am effizientesten ist. Je komplexer der Fabrikplanungsprozess ist, desto komplizierter ist es, Einzelelemente und Wechselbeziehungen abzugrenzen, was wiederum eine wichtige Voraussetzung für eine systematische und überschaubare Planung ist. Eine Elementarisierung und Abgrenzung von und zwischen Teilaufgaben mit einer stufenweisen Durchdringung der Probleme ist daher methodisch zweckmäßig.<sup>46</sup>

### 3.3 Grundfälle der Planung

Es kann zwischen fünf Grundfällen der Fabrikplanungsaufgaben hinsichtlich Aufgabencharakter, Problemumfang, Lösungskonzepten und Planungsmethodik unterschieden werden:

---

<sup>45</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 22.

<sup>46</sup> Vgl. ebd. S. 24.

*Grundfall A: Neubau Industriebetrieb*

Dies ist ein idealer bzw. klassischer Fall der Fabrikplanung. Hier wird ein komplett neues Fabrikssystem entworfen. In Zeiten der Globalisierung von Märkten und Standorten ist eine Zunahme dieses Grundfalls deutlich feststellbar. Merkmale dieses Grundfalles sind:

- Komplexer Planungsverlauf
- Bestimmung des optimalen Standortes
- Globales Produktionsprogramm
- Generalbebauungsplan
- Aufgrund hoher Freiheitsgrade im Gestaltungsprozess optimale Prozesslösungen

*Grundfall B: Umgestaltung/Neugestaltung bestehender Betriebe – Reengineering*

Dies kommt häufig vor und stellt oft eine betriebliche Daueraufgabe dar, die sogenannte rollende Fabrikplanung. Merkmale sind:

- Zielsetzung ist, bestehende Betriebe zu modernisieren und rationalisieren
- Relativ präzise Vorgaben zur Entwicklung von Produktionsprogrammen
- Konstante Anpassung der Fertigungssysteme an Marktveränderungen
- Kosteneffiziente Prozess- und Anlageninvestitionen<sup>47</sup>

*Grundfall C: Erweiterung bestehender Industriebetriebe und Fertigungssysteme*

Dies liegt vor, wenn es sich infolge von Auftragswachstum und Umsatzwachstum um die Erweiterung von Kapazitäten handelt. In diesem Fall werden auch oft Modernisierungen und Rationalisierungen mit einbezogen. Merkmale sind:

- Intensivierung der Flächen-, Kapazitäts- und Raumnutzung am vorhandenen Standort
- Größere Erweiterungen können zum Grundfall A – Neubau führen
- Relativ exakte Aussagen zum Produktionsprogramm

---

<sup>47</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 18.

- Im Extremfall ist auch ein Neustandort möglich

#### *Grundfall D: Rückbau von Fabrikssystemen und Industriebetrieben*

Dieser Fall ist das Resultat von Umsatzrückgang, Abbau der Fertigungstiefe oder Spezialisierung auf Kernproduktprofile. Oft führt dieser Prozess zur Neuanpassung von Kapazitäten und Strukturen sowohl der Produktionsbereiche als auch der entsprechenden Nebenbereiche. Merkmale sind:

- Neustrukturierung von Produktionsprogrammen
- Redimensionierung und Neugründung – Potentialabsenkung
- Restrukturierung und Neugestaltung – Potenzialumbau

#### *Grundfall E: Revitalisierung von Fabrikssystemen und Industriebetrieben*

Dieser Fall stellt im Kern einen Sanierungsprozess dar. Stillgelegte Fabrikssysteme werden umgestaltet und neuen Nutzungen zugeführt. Merkmale sind:

- Umnutzung – Neunutzung des Standorts
- Sanierung und Restrukturierung von Gebäudestrukturen, Flächen und Anlagen
- Exakte Aussagen zum Produktionsprogramm
- Optimale Prozesslösungen aufgrund hoher Gestaltungsfreiheit<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 19.

## 3.4 Entwicklungstendenzen

Die Aufgaben der Fabrikplanung resultieren nicht nur aus dem Planen und Projektieren, sondern auch aus dem Benutzen, Erhalten und Verwerten der Fabrikanlagen. Erste Ansätze der Fabrikplanung orientierten sich an der Fabrik mit klassischer Fabrikorganisation und mehr oder weniger starren Produktionsstrukturen.

In neuerer Zeit ist die produkt- und prozessorientierte Planung und Steuerung mit dem Akzent auf der Wandlungsfähigkeit Hauptinhalt der Fabrikplanung.<sup>49</sup> Der Fabrikplanungsprozess ist von vielen Einflüssen wie Globalisierung, Produkt- und Prozessinnovationen, Marktturbulenzen sowie Anforderungen durch den Menschen und die Umwelt unmittelbar beeinflusst. Dadurch ergeben sich neue Entwicklungstendenzen der Fabrikplanung, die einen Wandel in speziellen Teilen des Objekts- und Methodenbereiches der Fabrikplanung hervorrufen. Diese Wirkungen betreffen sowohl den Gebäude- und Ausrüstungsbereich als auch die Planungs- und Entscheidungsmethoden.<sup>50</sup>

### 3.4.1 Kooperative Fabrikplanung

In der Kooperativen Fabrikplanung liegt der Schwerpunkt auf der zielorientierten Synchronisation aller beteiligten Disziplinen bei betont kooperativer Zusammenarbeit. Grundvoraussetzung sind die Fachkenntnisse aller wesentlichen Planungsbeteiligten, um einen erfolgreichen Planungsablauf zu sichern.

Die Bearbeitung der Planungssystematik, Funktionsinhalte und Schnittstellen erfolgt in begrenzten Zeitfenstern. Diese beinhalten Elemente wie Berechnungen, virtuelle Darstellungen, Fachdiskussionen und Modellpräsentationen, die zu Sofortentscheidungen im interdisziplinären Team führen. Mit unterschiedlichen Fachkompetenzen im teilnehmenden Team erfolgt eine zeitlich begrenzte und mit gestuften Entscheidungen operierende Abarbeitung der Planungsaufgabe. Je nach Planungsaufgabe ist auch eine parallele Realisierung möglich, sodass durch Parallelisierung von Planungsprozessen eine merkbare Verkürzung der Planungszeit erreichbar ist.<sup>51</sup>

Neben den technisch-logistischen Betrachtungen sind für die modernen Fabriken auch weiche Faktoren wie die Organisation und zukünftige Mitarbeiterrollen von

---

<sup>49</sup> Vgl. Schenk, 2004, S. 3.

<sup>50</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 29.

<sup>51</sup> Vgl. ebd. S. 31.

Bedeutung für den Erfolg. Mit stufenweiser Strukturierung der Unternehmensteile und Verlagerungen der übrigen Aufgaben an externe Partner und Dienstleister erfolgt der Schritt zu den unternehmensübergreifenden Kooperationen. Diese Kooperationen beschränken sich nicht nur auf die Produktion, sondern es sind vermehrt auch Einkaufs-, Liefer- und Entwicklungsverbünde zu beobachten.<sup>52</sup>

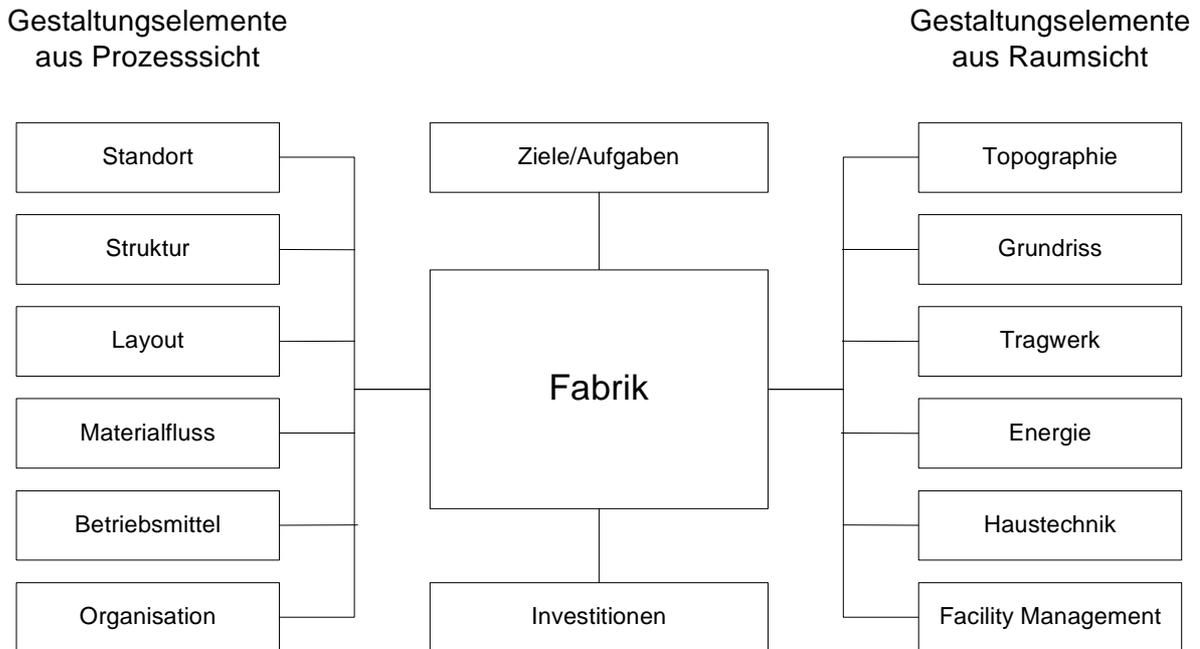


Abbildung 6: Konzept der Kooperativen Fabrik.<sup>53</sup>

### 3.4.2 Digitale Fabrik

*„Notwendigkeiten der Planungszeitverkürzung, breiter Variantenplanung, Einbau und Testung von Wandlungsfähigkeit, Sicherung von Anlaufprozessen, bis hin zu Forderungen nach Durchgängigkeit von Produktentwicklung und Prozessplanung einschließlich der Prozesseinpassung in die Bauhülle erfordern den Einsatz innovativer informationstechnischer Werkzeuge.“<sup>54</sup>*

Die Digitale Fabrik ist ein Planungswerkzeug, mit dem die Planungszeit verkürzt wird und zudem die Variantenplanung, Wandlungsfähigkeit und Anlaufprozesse getestet und überprüft werden. Somit ist die 'Digitale Fabrik' ein Oberbegriff für ein komplexes

<sup>52</sup> Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009, S. 61.

<sup>53</sup> Vgl. [https://ews.tudortmund.de/public/lecture/logedugate/public/LFO/genehmigungsplanung/content/15\\_integration-raumsicht.htm](https://ews.tudortmund.de/public/lecture/logedugate/public/LFO/genehmigungsplanung/content/15_integration-raumsicht.htm)

<sup>54</sup> Grundig, 2009, S. 32.

System von digitalen Methoden, Modellen, Werkzeugen und Daten zur Fabrikplanung. Ziel ist es, ein Abbild der geplanten oder realen Fabrik zu schaffen, um die Fabrikstrukturen und Fabrikprozesse zu simulieren und visualisieren, ohne dass das reale Fabriksystem vorhanden ist oder verändert wird. Der Einsatz des Planungssystems 'Digitale Fabrik' ermöglicht die gezielte Überprüfung und Testierung von Fabrikprozessen vor der echten und realen Realisierung der Fabrikprojekte. Die erzielbaren positive Effekte sind:

- Hohe Planungsqualität
- Vermeidung von Fehlern
- Niedriger Anpassungsumfang
- Risiken werden erkennbar und eingrenzbar
- Prüfbar Variantenbreite
- Überprüfung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit

Das System 'Digitale Fabrik' ist eine integrierbare, interaktive Kommunikationsplattform im Planungsprozess und stellt ein wesentliches Werkzeugsystem für virtuelle und teambasierte Fabrikplanungsprozesse dar.

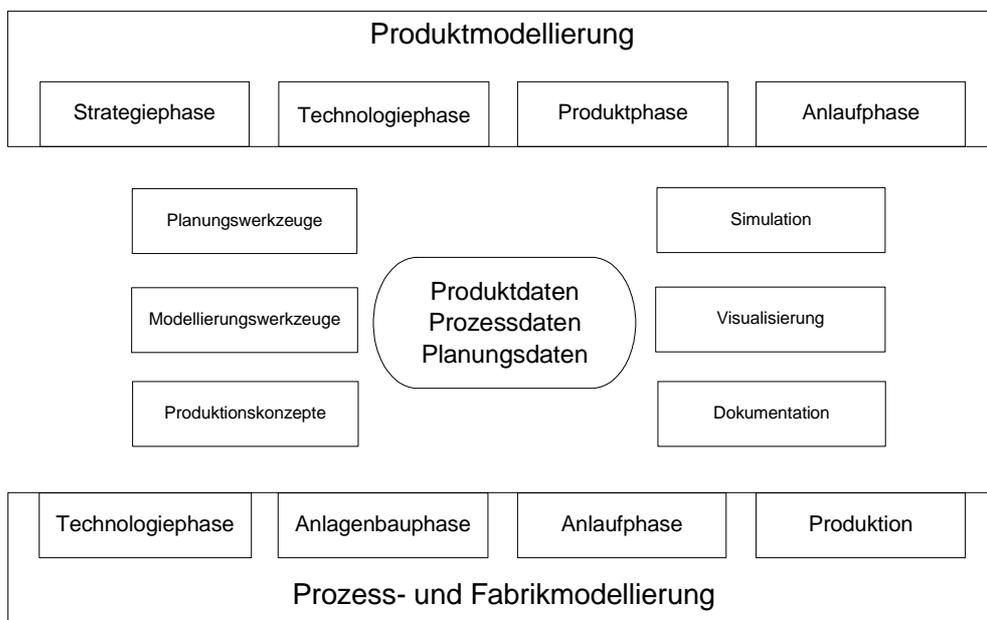


Abbildung 7: Konzept der Digitalen Fabrik<sup>55</sup>

<sup>55</sup> In Anlehnung an Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009, S. 516.

Zwei grundlegende Daten-Komplexe sind notwendig für die erfolgreiche Anwendung der Digitalen Fabrik, Technologiesystemdaten wie Produkt- und Prozessdaten, Sortimente, Stückzahlen, Arbeitspläne, Logistikelemente usw. und außerdem Raumsystemdaten zur Anpassung von Fertigungs- und Logistikstrukturen in bestehenden Gebäudestrukturen. Die Raumsystemdaten sind für die Planung bestehender Fabriken als statisch zu sehen, bei Neuplanungen wird von veränderbaren Modellen ausgegangen.<sup>56</sup>

### 3.4.3 Wandlungsfähige Fabrik

Fabrikssysteme wie auch die Fabrikplanungsprozesse sind den Folgen von Globalisierung, Marktturbulenzen, neuen Produkten und Technologien, also ständigen Wandlungen und Änderungen ausgesetzt. Wandlungstreiber können unternehmensexterne wie innovative Technologien, Produktwandel, Diversifikation, Kundenstrukturwandel, Wettbewerb oder unternehmensinterne wie Fertigungsoptimierung, Störungen im Produktionsablauf, Engpässe usw. sein. Diese Treiber erzwingen eine zyklische Anpassungsfähigkeit der Fabrikssysteme, um die Sicherung der Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten. Zur Sicherung dieser Wandlungsfähigkeit sind spezifische Fabrikpotentiale erforderlich. Um möglichst über die gesamte Fabriklebensdauer eine wirkungsvolle Wandlungsfähigkeit zu sichern, sind schon im Fabrikplanungsprozess aktiv die Elemente der Wandlungsfähigkeit zu implementieren.

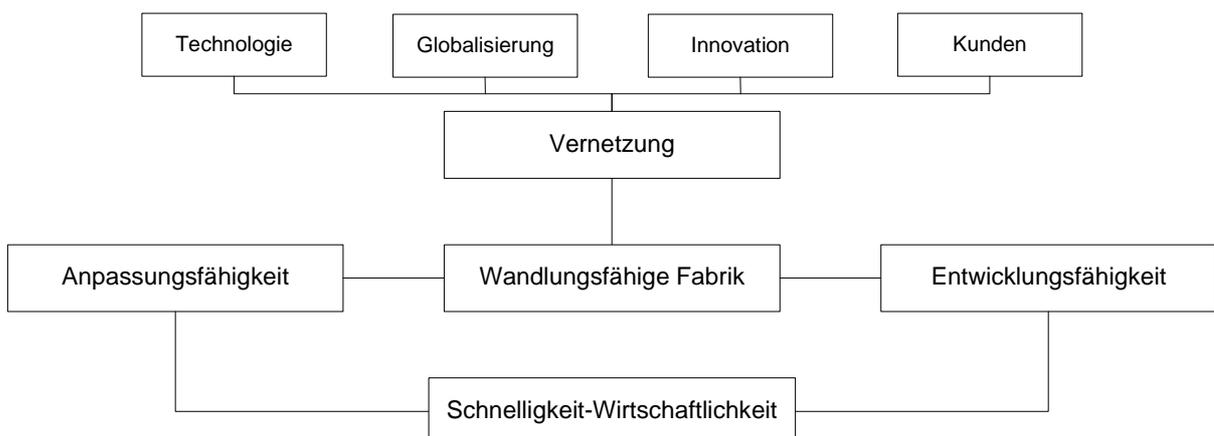


Abbildung 8: Konzept der Wandlungsfähigen Fabrik<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 32.

<sup>57</sup> In Anlehnung an Schenk/Wirth, 2004, S. 10.

Wandlungsfähigkeit erfordert einen bestimmten Grad an Flexibilität. Flexibilität ist im Fabrikplanungssinn eine installierte Fähigkeit von Produktions- und Logistikprozessen, sich ohne größere Veränderungen der Strukturen flexibel an veränderte Bedingungen im Produktionsbereich anzupassen. Die Flexibilität greift auf die Veränderungsfähigkeiten wie Rekonfiguration, Verfahrenssubstitution, Umrüstbarkeit, Kapazitätsänderung, Logistikinnovation usw. zurück. Damit ist die Wandlungsfähigkeit direkt mit der Flexibilität gekoppelt und ist als notwendige Anpassungsfähigkeit an externe und interne Einflüsse über alle Strukturebenen der Fabrik zu verstehen. Anpassungsbereiche der Wandlungsfähigkeit sind:

- Produktionsprozesse und Produktionssysteme
- Logistikprozesse und Logistiksysteme
- Systeme der Ablauf- und Aufbauorganisation
- Gebäudesysteme und Gebäudeinfrastruktur

Die Wandlungsfähigkeit wird durch in die Produktionssysteme installierte Potenziale gesichert. Standort und Grundstrukturen werden als statisch gesehen, wobei die Gebäude-, Produktions-, Bereichs- und Arbeitsplatzebenen als die dominanten Ebenen der Wandlungsfähigkeit zu sehen sind.

Als Kernansatz der Wandlungsfähigkeit wird die Fabrikmodularisierung gesehen. Die Fabrik wird dabei als hierarchisches System betrachtet mit Fabrikmodulen, die wandlungsfähige Elemente bilden. Moduleigenschaften, die diese Wandlungsfähigkeit sichern, sind vor allem Kompatibilität, Universalität, Skalierbarkeit und Modularität.

In der methodischen Fabrikplanung wird dieser Lösungsansatz mit dem integrativen Modularskonzept 'Plug and Produce' erreicht. Dieses ist durch standardisierte und modularisierte Konzepte wie Baukastenprinzip, Plattformkonzepte und Baureihensystematiken gekennzeichnet. Ziel sind modulare Fabrikstrukturen mit einer Baukastensystematik bzw. ein Fabrikssystem mit standardisierten Fabrikkomponenten und Fabrikmodulen, die mit dem spezifischen Modularskonzept 'Plug and Produce' in einer Einheit verbunden sind.

Außerdem sichern diese Elemente eine aufwandsarme und schnelle Integration, Separation und Substitution von Fabrikbauelementen bei gleichzeitig schnellen Konfigurations- und Rekonfigurationsprozessen. Insgesamt erzeugt der Wandlungsfähigkeitsansatz neue Forderungen an die Konstruktion von Produktions-

und Logistiksystemen, Gebäudesystemen sowie an Ver- und Entsorgungstechniken.<sup>58</sup>

### 3.4.4 Fraktale Fabrik

Der Ansatz 'Fraktale Fabrik' ist ein Strukturierungsprinzip und Konzept zur Komplexitätsminimierung, der die in industriellen Prozessen vorhandene Komplexität und Dynamik gezielt in Wettbewerbsvorteile umzusetzen versucht. Hohe Materialfluss- und Informationsvernetzung sowie begrenzte Vorherbestimmbarkeit von Entwicklungen werden nicht ignoriert und vereinfacht, sondern bewusst in die Lösungsentstehung einbezogen.

Die Fabrik wird als lebender und lernender Organismus mit Fraktalen als selbstständig agierenden Unternehmenseinheiten verstanden. Fraktale sind Einheiten, die netzartig, flexibel und kooperierend verbunden sind und mit hoher Informations- und Kommunikationsintensität agieren. Sie sind gleichzeitig offen und selbstoptimierend und besitzen folgende Eigenschaften:

- Selbstähnlichkeit:

Fraktale folgen widerspruchsfrei den Unternehmenszielen durch Formen selbstähnlicher Zielausrichtung.

- Selbstorganisation:

Eine kontinuierliche und selbstständige Weiterentwicklung und Optimierung der inneren Prozesse.

- Dynamik:

Kurzfristige Anpassungs- und Veränderungsfähigkeit bezüglich interner und externer Ereignisse.

- Vitalität

Fähigkeit, im turbulenten Umfeld effizient zu wirken.

---

<sup>58</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 33-35.

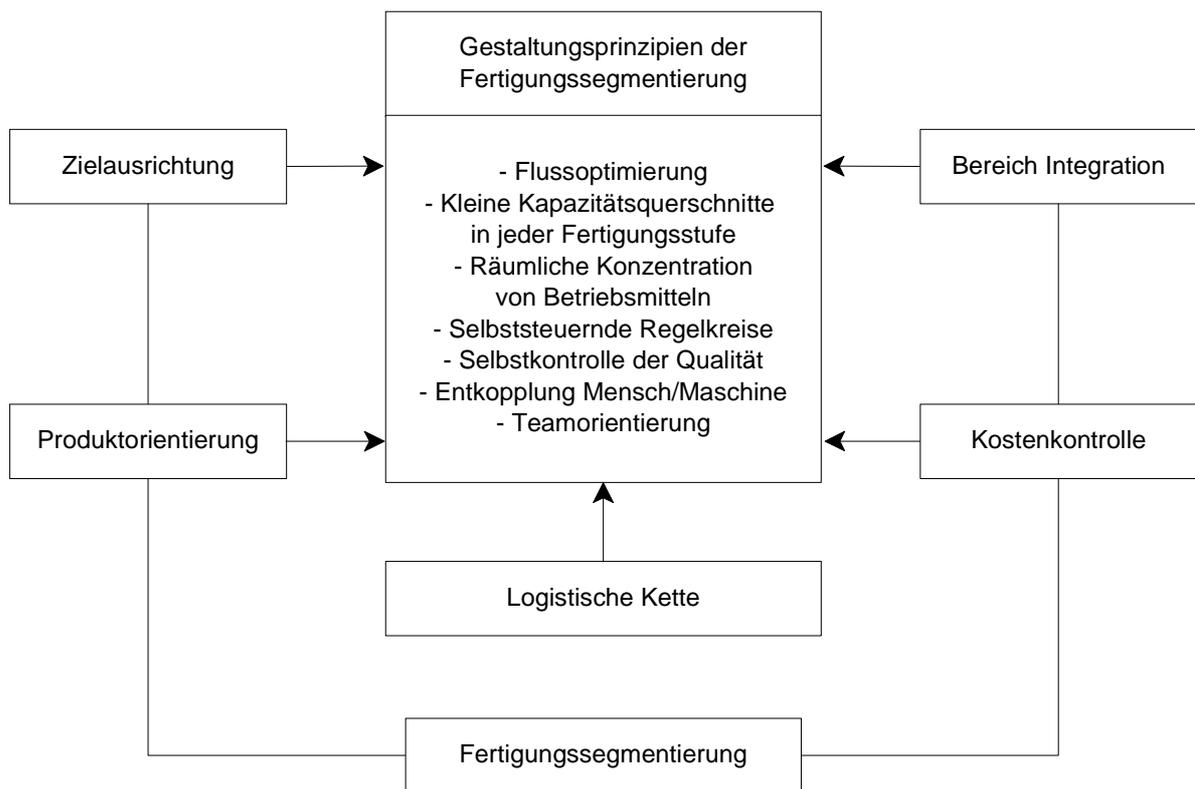


Abbildung 9: Konzept der Fraktalen Fabrik<sup>59</sup>.

Fraktale Fabriken und Strukturen ermöglichen Integration übergreifender strategischer, wirtschaftlicher und technologischer Aspekte in die Strukturierung von Fabrik- und Produktionssystemen. Mit fraktalen Strukturen werden überschaubare Produktionsbereiche mit geringer Komplexität und hoher Funktionsintegration erschaffen.<sup>60</sup>

### 3.5 Fabriktypen

Jede Fabrik ist im Hinblick auf ihre Struktur, Dimension, Funktion, Wirtschaftlichkeit und Gestaltung anders. Die Fabriktypen werden über die drei Betrachtungsebenen, die Markt-, Unternehmens- und Prozessebene, unterteilt. Die Marktebene ist primär auf die Kunden ausgerichtet und beinhaltet Marktanforderungen wie Kosten, Produktvarianten, Flexibilität, Qualität usw. Die Unternehmensebene zielt auf die Ausrichtung der internen Vorgänge des Unternehmens ab. Eine wichtige Rolle haben

<sup>59</sup> Vgl. [https://ews.tu-dortmund.de/public/lecture/logedugate/public/LFO/fabrikstrukturplanung/content/14\\_segmente\\_als\\_gestaltungsform.htm](https://ews.tu-dortmund.de/public/lecture/logedugate/public/LFO/fabrikstrukturplanung/content/14_segmente_als_gestaltungsform.htm)

<sup>60</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 36.

Wandlungsfähigkeit, Flexibilität und Mobilität. In der Prozessebene bilden die Produkt- und Prozessausrichtung die Kernpunkte der Gestaltung.

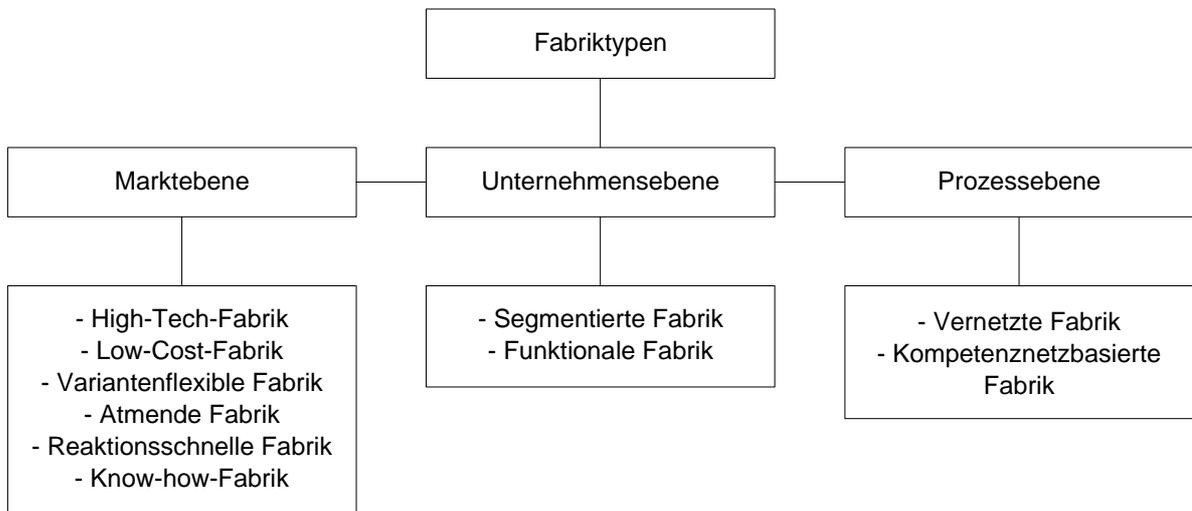


Abbildung 10: Fabriktypengliederung nach Betrachtungsebenen<sup>61</sup>

Die High-Tech-Fabrik produziert hochinnovative Produkte und setzt innovative Technologien ein. Die Fertigungs- und Montageprozesse operieren meist mit selbst entwickelten Technologien bei höchster Prozessqualität. Es werden Premiumpreise erzielt, sodass Kosten, Lieferzeiten und Variantenbeschränkung keinen größeren Einfluss haben.

Die Low-Cost-Fabrik zielt auf die Minimierung der Herstellungskosten. Es werden Produkte in der Reifephase produziert. Durch striktes Kostenmanagement, wenig Produkte mit großen Stückzahlen und eine Vermeidung jeglicher Verschwendung werden Selbstkosten ständig gedrückt. Die Aspekte Qualität und Termintreue stehen oft im Hintergrund.

Die Variantenflexible Fabrik ist durch eine große Variantenvielfalt im Sinne einer kundenindividuellen Marktversorgung gekennzeichnet. Sie findet Anwendung bei modularen Strukturen und einer Fertigungstechnik, die eine späte Variantenbildung erlaubt.

Die Atmende Fabrik ist auf schwankende Marktnachfragen und Produkte mit saisonal bedingten Absatzschwankungen ausgerichtet. Sie ist typisch für die Hausgeräte- und Sportartikelindustrie. Sie besitzt eine hohe Ressourcenflexibilität, einen vergleichsweise niedrigen Automatisierungsgrad, flexible Arbeitszeitmodelle und mehrfach qualifizierte Mitarbeiter.

<sup>61</sup> In Anlehnung an Schenk/Wirth, 2004, S. 19.

Die Reaktionsschnelle Fabrik ist auf die Faktoren Zeit und Hochleistungslogistik ausgerichtet. Ihr Wettbewerbsvorteil liegt in der schnellen Befriedigung der Kundennachfrage. Hier werden oft Kunden- oder Vertriebsaufträge direkt in die Produktion eingeleitet.

Die Know-how-Fabrik ist durch Personal mit spezifischem Fachwissen zur Realisierung von speziellen Technologien und Produkten ausgerichtet.<sup>62</sup>

Die Funktionale Fabrik besitzt eine klassische Fabrikorganisation und starre Produktionsstrukturen. Das Know-how ist relativ groß und die Ressourcenflexibilität ist ausreichend. Bei Annahme einer relativ stabilen Marktlage sind die Restrukturierungs- und Segmentierungsprozesse ständige Begleiter der unternehmerischen Tätigkeit. Die Funktionale Fabrik agiert als einheitliches Ganzes mit mäßigen Beziehungen nach außen.

Die Segmentierte Fabrik hat eine modulare Fabrikorganisation, dezentralisierte Produktionsstrukturen und ist produkt- und marktorientiert. Die Produkt- und Prozessorientierung sind die dominierenden Kernaufgaben. Zielsetzung ist eine Erhöhung der Effizienz des Gesamtunternehmens. Oft kommt es zur Herausbildung von Kooperationen und partnerschaftlichen Netzwerken auf regionaler und globaler Ebene.

Die Vernetzte Fabrik ist prozessorientiert und stellt einen Teil oder Knoten im hierarchischen Unternehmensnetzwerk dar. Diese hierarchische Netzwerkorganisation treibt die Komplexitätsreduktion, Flexibilitätssteigerung und Kostensenkung an. Vernetzte Fabriken sind wandlungsfähig, schnell umrüstbar und besitzen eine hohe Mobilität bei Ressourcen.

Die Kompetenznetzbasierende Fabrik stellt, ähnlich wie die Vernetzte Fabrik, einen Teil oder Knoten im hierarchiearmen Kompetenznetz als Produktionsnetzwerk dar. Produktionsstrukturen sind hoch wandlungs- und reaktionsfähig, flexibel, kundenorientiert und die Kernkompetenzen sind direkt vernetzt. Durch diese kompetenznetzbasierenden Produktionsnetze werden die Fabrik- und Unternehmensstrukturen prinzipiell verändert.<sup>63</sup>

---

<sup>62</sup> Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009, S. 34-35.

<sup>63</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 21, 25, 26.

## 4 Wertanalyse-Methodik in der Fabrikplanung

Wertanalyse ist eine schrittweise Vorgehensweise, die eigene Prinzipien hat. Diese Prinzipien sind:

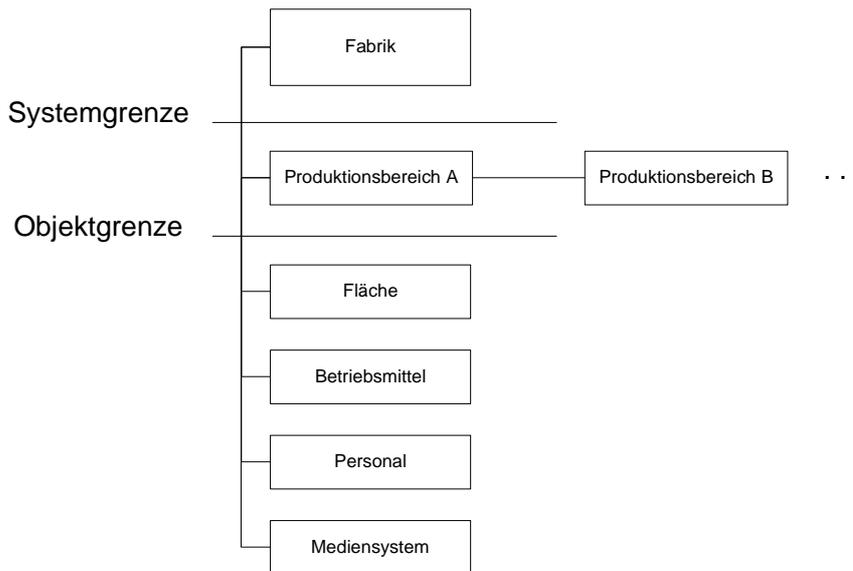
- Funktionenorientierte Objektdarstellung
- Wertkonzept
- Wertanalyse-Arbeitsplan

In einem Projekt ist die Wertanalyse durch Einhalten dieser Prinzipien geregelt. Kernstück ist der Arbeitsplan. Alle Wertanalysen sind gleich und durch einen Arbeitsplan geregelt und setzen eine funktionsorientierte und wertorientierte Betrachtung des Objektes ein. Die Festlegung der Ziele und Wertkriterien liegt in der Leitung eines Unternehmens. Sind die WA-Objekte schon existent und im Einsatz (Nutzung), ist die Anwendung der Wertanalyse Wertverbesserung. Ist das WA-Objekt noch nicht existent bzw. in der Gestaltungsphase, ist es Wertgestaltung.

### 4.1 Die Fabrik als funktionsorientiertes Objekt

Die Wertanalyse betrachtet ein zu untersuchendes Objekt als ein strukturiertes und nach Funktionen ausgerichtetes System. Das bedeutet, dass das zu untersuchende Objekt erst zu strukturieren ist, bevor man sich mit einer Analyse befasst. Ein wirksamer Ansatz dazu ist die strukturierte Problemanalyse, die das Ziel hat, aus einem Problem ein transparentes System mit dazu gehörenden Objekten zu generieren.

Auf diese Weise können sich zu untersuchende Probleme und bestehende Objekte zu einer logischen Struktur verknüpfen. Eine solche mögliche Verknüpfung und Darstellung der Fabrik als WA-Objekt könnte folgendermaßen gestaltet sein.



**Abbildung 11: Fabrik-Modell**

Abhängig von dem Typ und der Größe der Fabrik bzw. dem produzierenden Unternehmen ist dementsprechend ein geeignetes Modell mit Objekten zu bilden. In der Planung ist für diese und weitere Aufgaben ein unterschiedlich besetztes WA-Team zuständig.

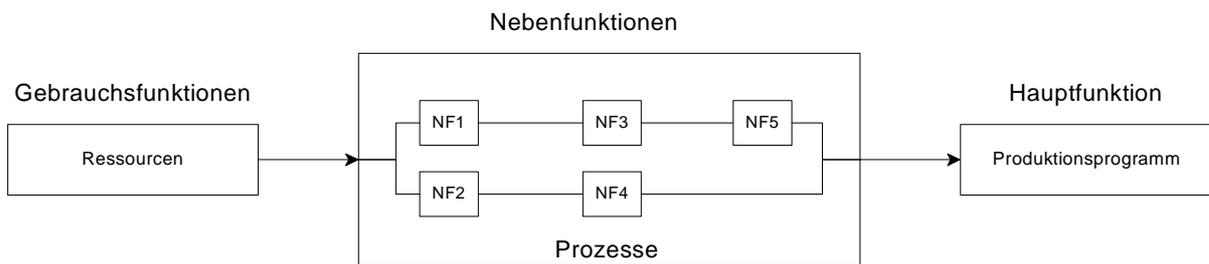
Ein Charakteristikum der Wertanalyse ist die funktionale Ausrichtung des zu untersuchenden Objektes auf die Anforderungen. Einer der Grundgedanken der Wertanalyse ist, dass ein Objekt eine bestimmte Wirkung bzw. Funktion besitzt. Um den Wertanalyse-Ansatz möglichst effizient auf den Fabrikplanungsprozess anzuwenden, ist es notwendig, die Fabrik als ein WA-Objekt bzw. -Modell nach Funktionen zu definieren. Eine vereinfachte Modellbildung in der Wertanalyse ermöglicht die Erstellung von Funktionen und Funktionsstrukturen. Durch das Fokussieren auf die Funktionen ist die Findung der optimalen Lösungsidee erst möglich. Über die Hauptfunktion wird die eigentliche Hauptaufgabe oder der Verwendungszweck eines Objektes festgelegt. Die Nebenfunktionen kennzeichnen weitere Voraussetzungen, die dazu beitragen, die Hauptfunktion zu erfüllen. Nach dieser Analogie besitzt die Fabrik als WA-Objekt folgende zwei Funktionsklassen:

*Hauptfunktion: 'Produkt/Produkte herstellen'*

*Nebenfunktion: 'Herstellungsprozesse ausführen'*

Die Gebrauchsfunktionen sind diejenigen, die zur technischen und wirtschaftlichen Nutzung eines Objektes erforderlich sind. In einer Fabrik sind dies materielle und immaterielle Betriebsmittel bzw. Ressourcen. Da die Fabrik ein Investitionsgut ist, besitzt sie keine Geltungsfunktion. Für die Wertanalyse eines Problems erfüllt die

Funktionenstruktur eine wichtige Rolle. Mit Hilfe dieser Funktionen ist es möglich, eine Fabrik als funktionsstrukturiertes Objekt darzustellen



**Abbildung 12: Fabrik als Funktionenobjekt**

Die nach funktionsorientierter Ausrichtung dargestellte Fabrik bietet die Basis für weitere wertanalytische Betrachtungen und Verbesserungen. Diese funktionelle Betrachtung ermöglicht erst eine Fokussierung auf die wichtigen Wirkungen bzw. Funktionen einer Fabrik und deren Verbesserungen. Jede Fabrik-Ressource hat und bewirkt Kosten. Durch Verknüpfung der Ressourcen mit Funktionen, die eine Fabrik benötigt um ihre Wirkung zu haben, ist es möglich, Kosten dieser Funktionen zu bestimmen. Die Höhe der Kosten einer Funktion ergeben sich aus der Summe der Kosten der einzelnen Ressourcen, die die Funktion benötigt, um ihre Wirkung zu sichern. Je höher der Detaillierungsgrad dieser Verknüpfungen sind, desto präziser sind die Angaben zu den Funktionskosten. Die Kosten der gesamten Fabrik ergeben sich aus der Summe der Kosten der einzelnen Funktionen.

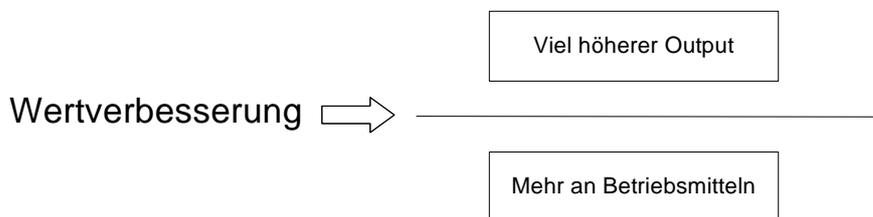
## 4.2 Fabrik-Wert

Um mit einer Wertanalyse den Wert eines Objekt zu erhöhen, ist es zweckmäßig, den Wert dieses Objektes zu definieren. Das Wert in der Wertanalyse basiert auf einer Beziehung zwischen der Befriedigung unterschiedlicher Bedürfnisse und den hierfür eingesetzten Ressourcen. Grundsätzlich bedeutet das, dass der Wert umso höher ist, je weniger Ressourcen eingesetzt werden müssen. Für unterschiedliche Objekte existieren unterschiedlichste Ansätze der Werte. In der Regel folgen alle Ansätze dem Prinzip, möglichst ein Minimums an Ressourcen einzusetzen. In der Wertanalyse wird Wert als Verhältnis von Befriedigung von Bedürfnis zu eingesetzten Ressourcen definiert. Der Wert ist in der Wertanalyse eine relative, keine absolute Größe.

$$\text{Wert} \Rightarrow \frac{\text{Befriedigung von Bedürfnissen}}{\text{Einsatz von Ressourcen}}$$

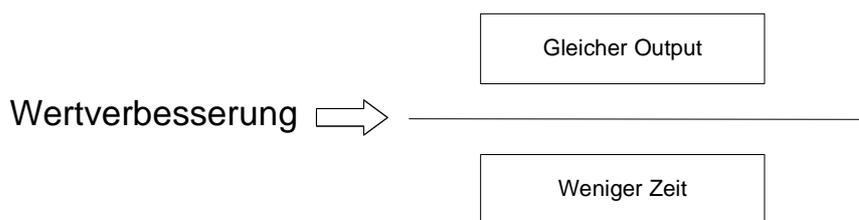
Auf diese Weise wird versucht, auch den Wert einer Fabrik zu definieren, und zwar als das Verhältnis zwischen Produktionsprogramm und eingesetzten materiellen und immateriellen Ressourcen.

Die Quantifizierung der Bedürfnisbefriedigung einer Fabrik ist von dem Wert-Ziel eines Projektes abhängig und kann sehr unterschiedlich ausfallen. Der Einsatz von Ressourcen ist in einem produzierenden Unternehmen in der Regel meistens gut bestimmbar und messbar. Es ist zu beachten, dass eine Wertverbesserung einer Fabrik erfolgen kann, auch wenn mehr Ressourcen eingesetzt werden, solange der Wert hierbei stärker wächst. Zum Beispiel kann durch die Erhöhung der Betriebsmittel ein viel höherer Output eines Produktionsbereiches erzielt werden. Es ist von Bedeutung, dass der Wert überproportional steigt.



**Abbildung 13: Wertsteigerung durch Betriebsmittel**

Die Wertverbesserung einer Fabrik kann zweckmäßig auch über den Faktor Zeit, als Folge einer Erhöhung des Automatisierungsgrades oder kürzerer Durchlaufzeiten definiert werden.



**Abbildung 14: Zeit als Wertfaktor**

So können innerhalb einer Fabrik Ressourcen über verschiedenste Faktoren wie Zeit, Qualität, Energie, Umweltfreundlichkeit usw. definiert werden. Wie diese Ressourcen zu definieren sind und welche Faktoren verändert werden, hängt von den zu erreichenden Zielen ab.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, dass die Wertbestimmung und -verbesserung einer Fabrik im Sinne der Wertanalyse auf verschiedene Weise erfolgen kann.

In einem produzierendem Unternehmen liegt die Festlegung der Wertziele auf der Leitungsebene. Hier werden Wertziele definiert und als Richtlinie festgelegt. Diese

Wertziele (Richtlinien) führen nach einer Wirtschaftlichkeits- und Durchführbarkeitsstudie meistens zu einem der fünf Grundfälle der Planung. Erst auf operativer Ebene können diese Wertziele ausgearbeitet und als Bedürfnisse und Ressourcen klarer definiert und analysiert werden.

### 4.3 Wertanalyse-Arbeitsplan und Fabrikplanung

Der Fabrikplanungsprozess ist in inhaltlich-methodisch abgrenzbare und logisch strukturierte Planungsschritte gegliedert. Diese Planungseigenschaften ermöglichen die Anwendung und Integration des Wertanalyse-Arbeitsplanes in den Fabrikplanungsprozess. Die Planungsschritte beinhalten spezifische Planungsinhalte und in der Regel wird der nachfolgende Planungsschritt auf den Ergebnissen des laufenden Planungsschrittes aufgebaut. Die Planungsschritte sind zeitlich gestuft und können hinsichtlich Planungsinhalt in unterschiedlicher Feinheit definiert werden.

Zielsetzung des wertanalytischen Arbeitsplanes ist die Erreichung vordefinierter Ziele und Sicherung eines systematischen, schrittweisen Lösungsablaufes von Projekten. Insbesondere aufgrund des hochkomplexen Charakters von Fabrikplanungsprozessen ist eine Systematisierung des Fabrikplanungsprozesses notwendig.<sup>64</sup> Dieser Prozess wird von Teams durchgeführt und durch einen integrierten Arbeitsplan strukturiert.

Eine stark vereinfachende, systematische und anschauliche Darstellung des Fabrikplanungsprozesse bietet die Fabrikplanungspyramide. Der Fabrikplanungsprozess ist in drei komplexe Planungsphasen gegliedert und umfasst den Gesamtprozess in drei Planungsphasen:

1. Zielplanung

2. Konzeptplanung und

3. Ausführungsplanung.

---

<sup>64</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 37ff.

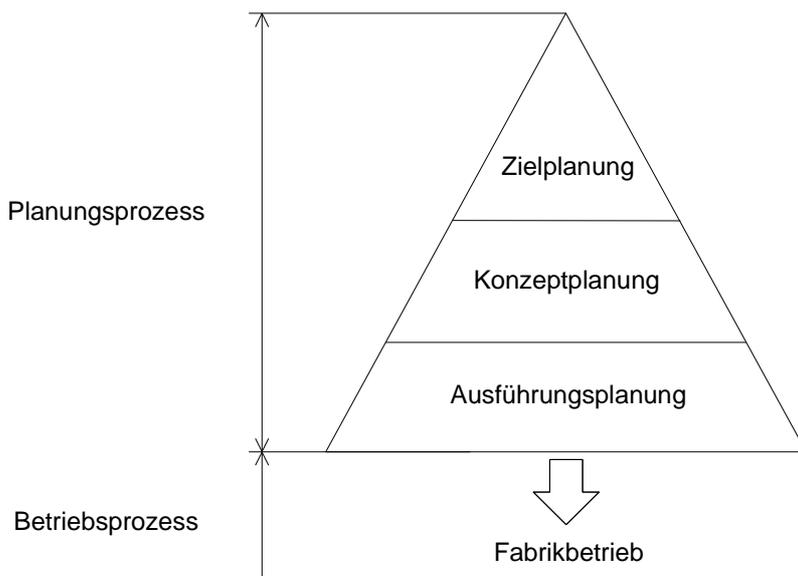


Abbildung 15: Fabrikplanungspyramide<sup>65</sup>

Der Fabrikplanungsprozess ist durch drei Gesetzmäßigkeiten charakterisiert. Erstens steigt mit fortschreitendem Planungsablauf die Bearbeitungsbreite der Aufgaben im Sinne breiterer, detaillierterer und interdisziplinärerer Ergebnisse. Zweitens steigen Projektkosten mit fortschreitendem Planungsablauf. Drittens wirken sich Planungsfehler in früheren Phasen erheblich auf den Planungsablauf und die Planungskosten in späteren Phasen aus.

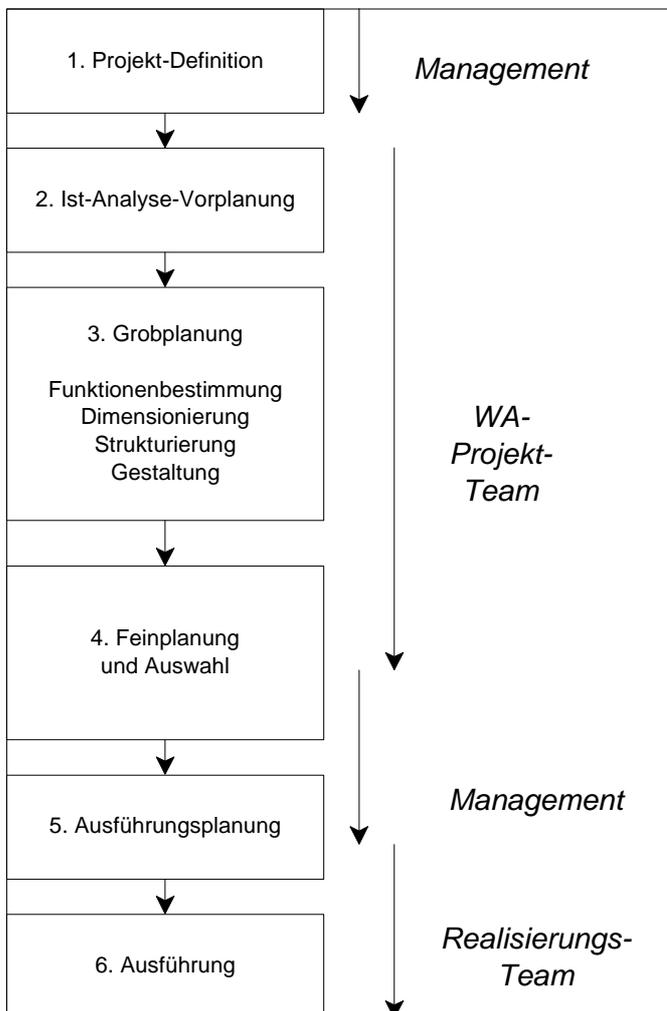
Eine präzisere und detailliertere Darstellung des Fabrikplanungsprozesses bietet der 6-Schritte-Arbeitsplan der Fabrikplanung. In diesem Arbeitsplan ist der Fabrikplanungsprozess in sechs Planungsschritte mit vier charakteristischen Zuständigkeitsbereichen geteilt. Planungsschritte sind prinzipiell unterschiedlich gegliedert und detailliert und durch abgrenzbare Planungsinhalte charakterisiert. Die Erhöhung und die Detaillierung der Ergebnisse und Daten steigen mit dem Planungsfortschritt.<sup>66</sup>

Die Planungsschritte haben einen generalisierenden Charakter und eine hohe Verallgemeinerungsfähigkeit. Tiefe und Umfang der Planungsschritte und -teilschritte sind problemspezifisch zu definieren. Die Bearbeitung der Planungsschritte erfolgt stufenweise, teilweise überlagert und in Entscheidungsschleifen. Der Wertanalyse-Arbeitsplan steht im direkten Zusammenhang mit der Fabrikplanungsaufgabe. Je komplexer und komplizierter das Planungsvorhaben, desto systematischer und detaillierter der Planungsablauf. Zu beachten ist, dass die Planungssystematik

<sup>65</sup> In Anlehnung an Grundig, 2009, S. 40.

<sup>66</sup> Vgl. Grundig, 2009 S. 43ff.

aufgrund der möglichen Vielgestaltigkeit der Planungsaufgabe als methodisches Leitprinzip zu verstehen ist.



**Abbildung 16: WA-Arbeitsplan in der Fabrikplanung**

Um Wertverbesserung oder -gestaltung einer Fabrik effizient zu erreichen, sollten folgende Grundanforderungen bekannt und präzise definiert sein: ein Produktionsprogramm mit allen seinen qualitativen (Produktarten, Sortimente), quantitativen (Stückzahlen, Serien, Wiederholgrade) und zeitlichen (Monats-, Quartals-, Jahresgrößen, kurze und langfristige Entwicklungen) Parametern, den Prozessen und erforderlichen Ressourcen.

Diese Anforderungen entsprechen den Funktionen der Wertanalyse. Die Durchsetzung und Einhaltung des Schritte-bezogenen Planungsablaufes führen zu entsprechenden Anforderungen an das Personal und die methodischen

Planungstools und -techniken. Die Einhaltung der Zeit- und Kostenlimits sollte den Rahmenvorgaben entsprechen.<sup>67</sup>

Den Arbeitsschritten sind detaillierte und spezifische Planungsinhalte zugeordnet. Die Bearbeitung der Planungsinhalte im Fabrikplanungsprozess erfolgt stufenbezogen mit Überlappungen und, wenn erforderlich, mit Rückkopplungen und Entscheidungsschleifen. In industriellen Anwendungen sind neben Überlappungen auch Parallelisierungen von Planungsschritten erforderlich. Eine Bearbeitung nach dem Prinzip 'gleitende Planung' ist oft zu finden. Auch andere Prinzipien wie Simulationstechnik, Simultaneous Engineering und virtuelle Planungsmethoden finden Anwendung.<sup>68</sup>

## 4.4 Bewertung von Planungsalternativen

Planung nach dem wertanalytischen Prinzip verlangt die Bewertung von geeigneten Alternativen und eine Auswahl der wirtschaftlich besten Lösung. Alternativen sollen quantitativ und qualitativ bewertet werden. Bei komplexen Planungsaufgaben hilft eine gestufte, zielgerichtete Strukturierung.

Die Bewertung und die anschließende Auswahl einer Lösung bestimmen den weiteren Planungsverlauf. Die Kriterien sollen unabhängig voneinander formuliert sein. Bei komplexen Problemen ist in Sub- und Teilsysteme zu gliedern, um eine effiziente Bewertung zu ermöglichen. Bei der Bewertung von Planungsalternativen unterscheidet man hauptsächlich zwischen zwei Kriterien<sup>69</sup>:

- quantitative Kriterien – Wirtschaftlichkeit
- qualitative Kriterien – Nutzwert

Beide Kriterien haben einen breiten Anwendungsbereich im wertanalytischen Arbeitsplan. In beiden Fällen der Bewertung ist ein vernetztes Zielsystem zu entwickeln.

---

<sup>67</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 45.

<sup>68</sup> Vgl. ebd. S. 50.

<sup>69</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 46.

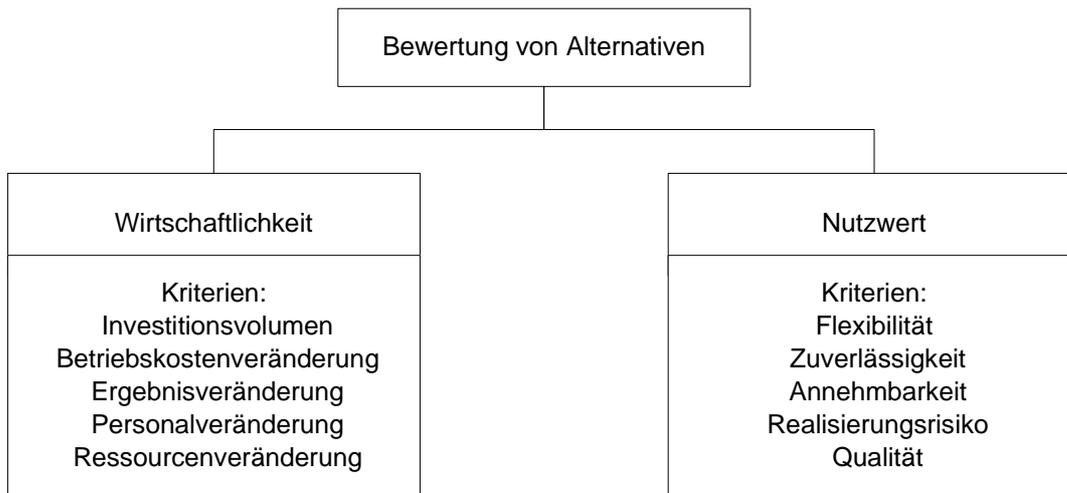


Abbildung 17: Bewertung von Alternativen<sup>70</sup>

Mit der quantitativen Bewertung wird anhand vorgegebener Ziel- und Bewertungskriterien die Vorteilhaftigkeit einer Investition überprüft. Mit dem Verfahren der Investitionsrechnung wird aus mehreren Planungsalternativen diejenige mit dem höchsten Zielerfüllungsgrad ausgewählt. Methoden der Investitionsrechnung lassen sich in statische und dynamische Methoden unterteilen.

Statische Methoden sind z. B. Gewinnvergleichs-, Amortisationsvergleichs-, Kostenvergleichs- und Rentabilitätsrechnung. Besonderheiten dieser Methoden sind:

- In den statischen Methoden werden die Zeitunterschiede für das Ergebnis nicht berücksichtigt, d. h. die Einsparungen, die in zehn Jahren wirksam werden, werden gewichtet wie Kosten, die heute anfallen.
- Projektdaten und Ergebnisse, die verwendet werden, sind Kosten und Erlöse.

Statische Methoden sind insbesondere für den Kostenvergleich bei relativ kleinen Investitionsobjekten und Investitionen mit kurzen Laufzeiten geeignet. Diese Methoden sind einfach in der Anwendung; jedoch müssen die genannten Einschränkungen berücksichtigt werden.<sup>71</sup>

Dynamische Methoden berücksichtigen die zeitlichen Unterschiede beim Anfallen der Zahlungen, d. h., die Kosten, Einsparungen und Rückflüsse werden durch Verzinsung berücksichtigt. Dies sind z. B. Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode und interne Zinsfußmethode. Merkmale dieser Methoden sind:

- Unterschiedliche Ausgaben und Einnahmen einer Investition über einen längeren Zeitraum.

<sup>70</sup> In Anlehnung an Pawellek, 2009, S. 47.

<sup>71</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 47.

- Der Zeitfaktor wird mittels Zinseszins-Rechnung bewertet.

Dynamische Methoden finden Anwendung bei Investitionen mit hohem Kapitaleinsatz und längerer Nutzungsdauer. Nachteile sind Unsicherheiten in der Prognose zukünftiger Ausgaben und Einnahmen, ein erhöhter Rechenaufwand und dass eine sofortige Reinvestition der Rückflüsse nicht immer gewährleistet ist.

Die Praxis hat gezeigt, dass eine alternative Bewertung aufgrund wirtschaftlicher Kriterien nicht immer fehlerlos ist. Es sind neben quantitativen Kriterien auch weiche bis rein qualitative Kriterien zu berücksichtigen. Quantitative Kriterien werden mit der Kosten-Nutzen-Analyse und der Nutzwert-Analyse bewertet.

In der Kosten-Nutzen-Analyse werden Kosten und Nutzen der Planungsalternativen ermittelt und verglichen. Diese Analyse besteht aus vier Schritten:<sup>72</sup>

- Erarbeitung von Planungsalternativen
- Ermittlung von Kosten und Nutzen
- Vergleich der Alternativen
- Auswahl einer Alternative

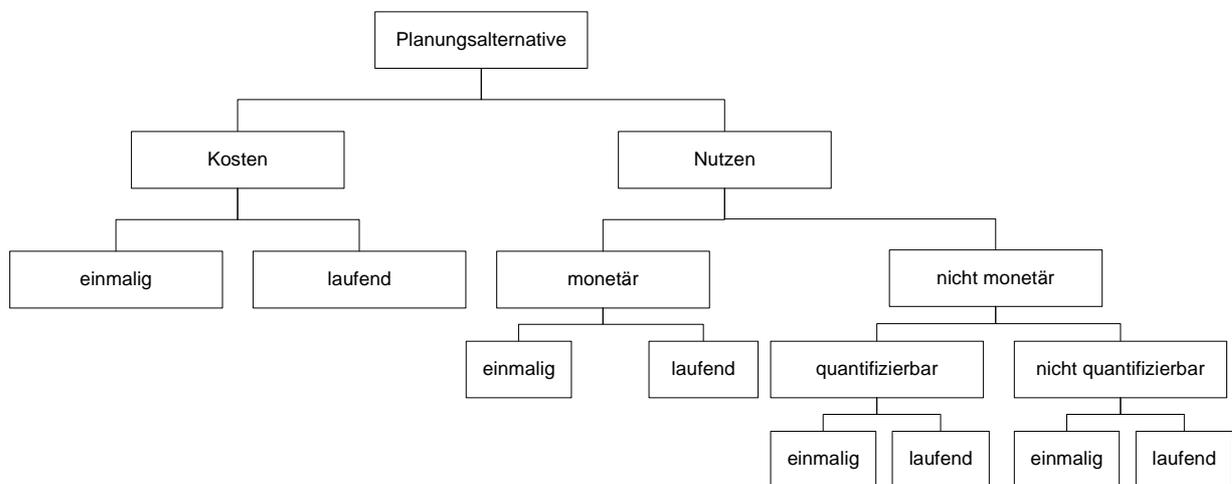


Abbildung 18: Einteilung der Nutzen- und Kosten-Kriterien<sup>73</sup>

In der Nutzwert-Analyse wird mittels einer heuristischen Vorgehensweise die Bewertung qualitativer Kriterien erreicht. So werden im Hinblick auf das vorgegebene Ziel unterschiedliche Lösungsalternativen bewertet. Qualitative Kriterien werden dabei in quantitative Bewertungsgrößen umgewandelt und in Form eines Rankings

<sup>72</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 48ff.

<sup>73</sup> Pawellek, 2009, S. 48

bewertet. Die Bewertungskriterien können technische, wirtschaftliche und soziale Kriterien sein. Die Nutzwert-Analyse kommt zur Anwendung bei:

- nicht in Kosten bewertbaren Kriterien
- komplexen Entscheidungsproblemen – Maximierung des Nutzens
- Auswahl von Alternativen für Materialflussgestaltung, Fertigung-Montage, Lager-Transport, Standardauswahl usw.

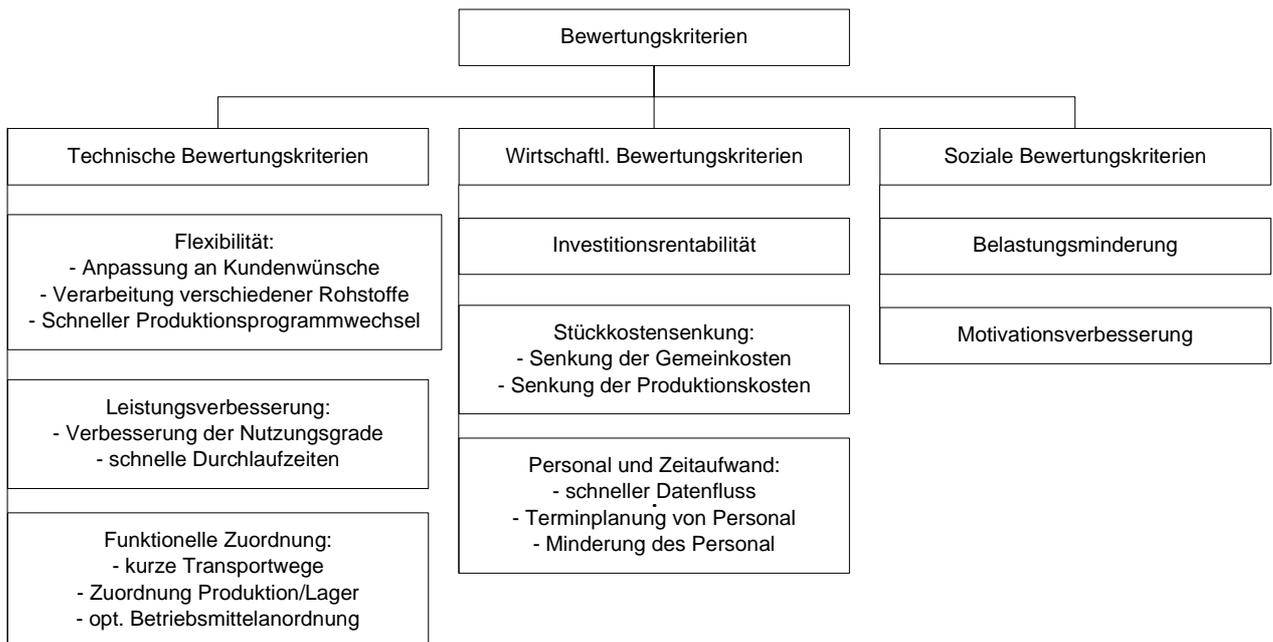


Abbildung 19: Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse<sup>74</sup>

## 4.5 Instrumente der Wertanalyse

Auf operativer Ebene integriert die Wertanalyse eine Reihe von methodischen Instrumenten, um den Wertverbesserungs- oder Wertgestaltungsprozess zu unterstützen. Methoden und Instrumente, die in der Fabrikplanung zum Einsatz kommen, sind universell einsetzbar.

Die Auswahl der Planungsmethoden und -instrumente ist problemorientiert anzupassen und ihr Einsatz ist planungsschritt- und planungsobjektbezogen. Bei der projektbezogenen Auswahl spielen Aspekte des Datenbedarfs, des Aufwandes der

<sup>74</sup> In Anlehnung an Pawellek, 2009, S. 49.

Datenerhebung, der Leistungsfähigkeit und der Vielseitigkeit eine entscheidende Rolle. Von den verschiedenen Planungsschritten sind diejenigen anzuwenden, die zur schnellen und effizienten Lösung führen.<sup>75</sup>

Grundschrte	Methoden und Instrumente
Projekt-Definition	Marktanalyse Szenariotechnik Risiko-Analyse Benchmarking Portfolio-Modelle
Ist-Analyse	Ursache-Wirkung-Diagramm Pareto-Analyse Engpass-Analyse FMEA Teambuilding
Grobplanung	Funktionen-Analyse FAST-Diagramm Funktionskostenanalyse Brainstorming Simulation Simultaneous Engineering
Auswahl und Feinplanung	Nutzwert-Analyse Kosten/Nutzen-Analyse ROI-Ermittlung Wirtschaftlichkeit-Analyse Machbarkeit-Untersuchung
Realisierung	Projektmanagement Netzplantechnik Projekt-Controlling
Ausführung	Projektmanagement Projekt-Controlling

**Abbildung 20: Planungsinstrumente der Wertanalyse**

Die Anwendung unterschiedlicher Methoden und Instrumente sichert in der wertanalytischen Fabrikplanung und Fabrikverbesserung wissenschaftlich begründete Aussagen und Entscheidungen. Ihr Einsatz kann einzeln oder kombinatorisch bzw. sequentiell oder parallel erfolgen. Als Auswahlkriterien für die Reihenfolgen und Kombinationen dienen:

- Die spezifischen Projektbedingungen
- Die verfügbaren Planungswerkzeuge
- Die zu erbringenden Ergebnisgrößen

<sup>75</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 211.

- Die zur Verfügung stehenden Informationen

In der Wertanalyse setzt man Modelle und ihre Funktionen als vereinfachte Darstellung eines Objektes ein. Die Modelle helfen, die Aussagen über den Zustand und das Verhalten realer Objekte zu gewinnen. Die zu planenden und realisierenden Fabrikssysteme bilden Systeme, die als Modelle in Analysen und Planungen einzusetzen sind. Um systematisch auf ein Modell zu kommen, sind Modellierungen durch geeignete Methoden erforderlich. Für die systematische Beschreibung eines Fabriksystems durch ein Modell sind zwei Methoden möglich: Top-Down- und Bottom-Up-Methode.<sup>76</sup>

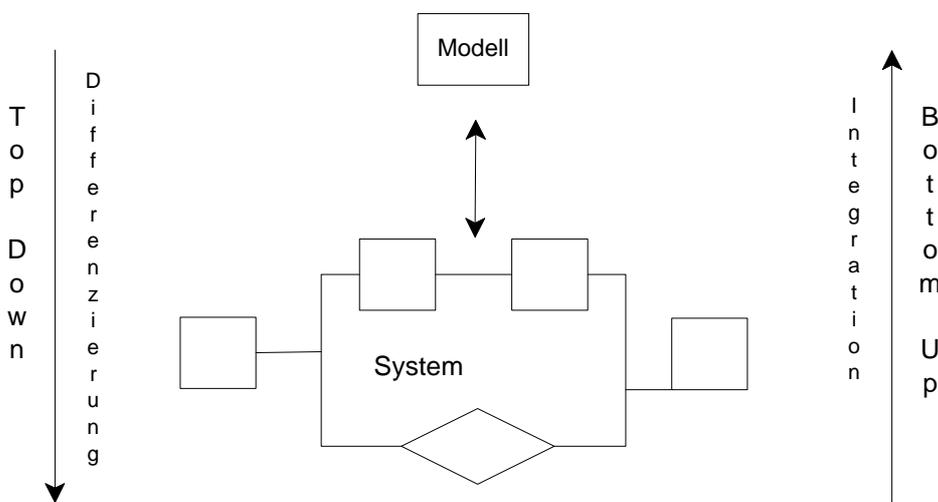


Abbildung 21: Vorgehensweisen der Modellbildung<sup>77</sup>

Bei der Top-Down-Methode wird das Gesamtsystem stufenweise präziser detailliert, bis der gewünschte Detaillierungsgrad erreicht ist (Fabrik–Flächenaufteilung–Bereichsgestaltung–Arbeitsplatz).

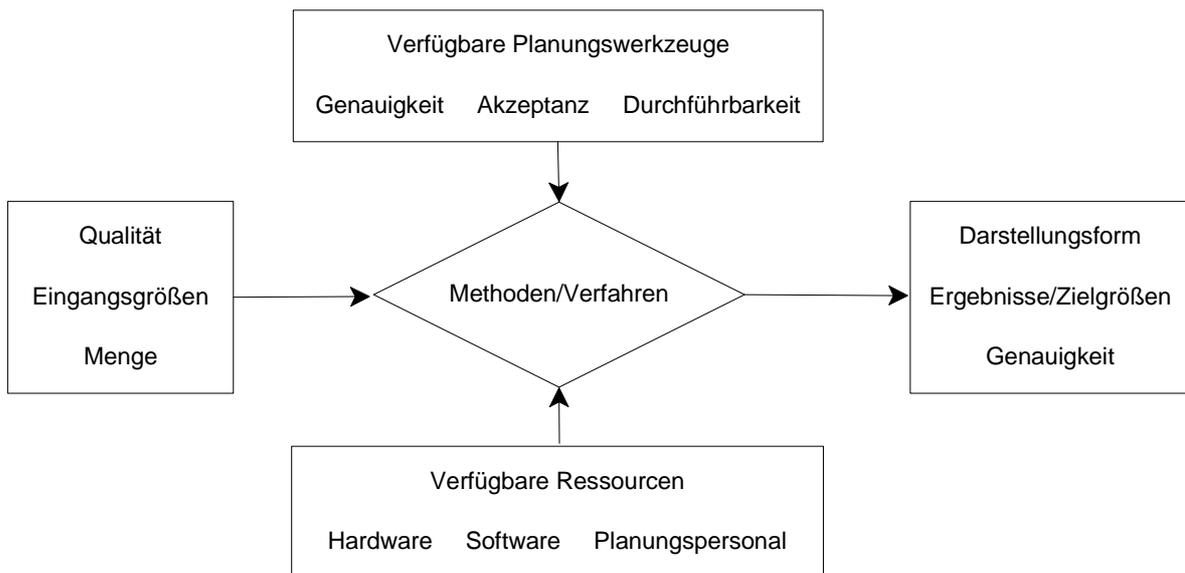
Bei der Bottom-Up-Methode werden zunächst einzelne, leicht überschaubare Subsysteme und Einheiten modelliert und anschließend schrittweise zu komplexeren Gesamtsystemen zusammengefügt (Maschine–Maschinengruppe–Produktionsbereich–Fabrik).

In der Praxis hat sich ein kombiniertes Vorgehen als sinnvoll erwiesen. Zunächst wird ein Gesamtsystem in unabhängige Subsysteme aufgetrennt und detailliert beschrieben. Am Schluss werden dann diese Subsysteme durch Bottom-Up-Integration zu einem Gesamtmodell zusammengefügt.

<sup>76</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 178.

<sup>77</sup> In Anlehnung an Schenk/Wirth, 2004, S.178.

Die in der Wertanalyse und Planung entworfenen Ergebnisse und Zielgrößen sind das Produkt eines Transformationsprozesses, ausgehend von den verfügbaren Eingangsinformationen. Dieser Transformationsprozess ist eine Struktur von eingesetzten Methoden und Verfahren. Die einzelnen Methoden und Verfahren können sich aus mehreren Planungskomponenten zusammensetzen. Im Fabrikplanungsprozess sind mehrere Eingangsinformationen in mehrere Ausgangsdaten zu transformieren. Dabei wird auf verfügbare Planungswerkzeuge und Ressourcen zurückgegriffen.



**Abbildung 22: Einflussfaktoren auf Planungsmethoden und -verfahren<sup>78</sup>**

Der Planungsprozess nimmt mit jedem folgenden Schritt an Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Qualität und Menge der Eingangsinformationen zu. Die Auswahl der erforderlichen Methoden ist ein komplexer Vorgang. Daraus ergibt sich, dass in jedem einzelnen Schritt eventuell eine andere Methode oder ein anderes Planungswerkzeug geeignet und zweckmäßig sein kann.<sup>79</sup> Zu beachten ist, dass eingesetzte Methoden und Planungswerkzeuge nur die Schritt- und Teilelemente der Wertanalyse und des Wertanalyse-Arbeitsplanes sind.

Um das Ziel zu erreichen, gilt es, neben den Modellen Methoden und Planungswerkzeugen, insbesondere die Personalqualifikation zu integrieren. Die Beteiligung der Mitarbeiter und der Führungskräfte an der Problemlösung und den Entscheidungsprozessen ist unersetzbar.

<sup>78</sup> In Anlehnung an Schenk/Wirth, 2004, S. 185.

<sup>79</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 184.

## 4.6 Simulationstechnik

Die Komplexität der Prozesse in der Fabrikplanung erfordert immer häufiger den Einsatz der Simulationstechnik. Um Systeme und Abläufe transparent zu machen, hat sich die Simulationstechnik als effizientes Planungswerkzeug erwiesen. In der Simulation werden alle quantifizierbaren Größen des planenden Systems formalisiert und in ein operatives Modell überführt. Mit Hilfe dieses Modells werden das reale System und seine Prozesse nachgebildet.

Durch Veränderungen an dem Modell kann eine Vielzahl von Prozessvarianten simuliert und daraus das Systemverhalten des Fabriksystems untersucht werden. Der Einsatz der Simulationstechnik im wertanalytischen Fabrikplanungsprozess ermöglicht eine zeitabhängige und dynamische Modellierung des Verhaltens der zu untersuchenden Objekte, Prozesse und Abläufe.<sup>80</sup> Simulationen werden eingesetzt, um die Änderungen eines Systems im Modell im Voraus zu analysieren und zu bewerten. Die Simulationstechnik erlaubt die Überprüfung sehr komplexer, vorhandener oder geplanter Systeme und Prozessstrukturen im wertanalytischen Fabrikplanungsprozess. In der Regel ist die Simulationsuntersuchung nur ein kleiner Teil der Wertanalyse im Ablauf eines Fabrikplanungsprozesses. Der Ablauf von Simulationsuntersuchungen teilt sich in die Datenerfassung, Modellierung, Simulationsläufe und Auswertung. Simulationstechnik ist auch nur ein Teilelement bzw. eine Methode des Wertanalyse-Arbeitsplanes im Fabrikplanungsprozess.

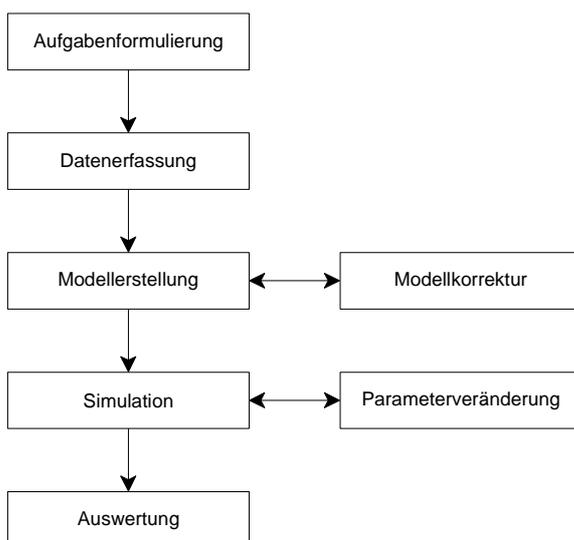


Abbildung 23: Ablauf einer Simulationsstudie<sup>81</sup>

<sup>80</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 293ff.

<sup>81</sup> In Anlehnung an Pawellek, 2008, S. 294.

In der Datenerfassung werden alle simulationsrelevanten Daten aufbereitet. Die Simulationsergebnisse sind wesentlich von der Qualität der erfassten Daten abhängig.

In der Modellierung werden Daten in ein Simulationsmodell umgesetzt. Das Modell muss auf seine Richtigkeit und Aussagefähigkeit überprüft werden.

Simulationsläufe werden unter verschiedenen Parametern durchgeführt. Die Auswertung der Simulationsergebnisse führt zu Kenntnissen über das Verhalten des simulierten Systems.

Die Simulationstechnik hat sich in der Industriepraxis als sehr effizient erwiesen. Sie ermöglicht frühzeitig qualitative und quantitative Aussagen zum Planungsobjekt im Planungsprozess. So kann man schon in der Vorplanung durch Einsatz der Simulationstechnik begründeten Investitionsbedarf ableiten. Fehlinvestitionen wegen ungenügender Prozesskenntnisse werden vermieden.

Ein moderner, nach wertanalytischer Methodik durchgeführter Fabrikplanungsprozess integriert die Simulationstechnik bei zyklischen Anwendungen im gesamten Planungsablauf mit spezifischen Zielsetzungen. Das allgemeine Ziel der Simulationstechnik ist die Analyse und positive Beeinflussung von Warteprozessen und die Optimierung durch Maßnahmen der Fabrikplanung und des Fabrikbetriebs. Simulationen sind eine unterstützende Testumgebung in Planungs-, Entscheidungs- und Realisierungsprozessen von Fabrikplanungsobjekten und ein gezielt einsetzbares Planungswerkzeug.<sup>82</sup>

---

<sup>82</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 239.

## 5 Sechs Schritte des WA-Arbeitsplanes

Bei Fabrikplanungsaufgaben ist es nicht möglich und nicht zweckmäßig, in einem Planungsschritt eine Lösung auszuarbeiten. Planungsprozesse sollten in mehreren Schritten erarbeitet werden. Insbesondere ist die Qualität in den frühen Planungsschritten von großer Bedeutung. Aus diesem Grund ist die Anwendung der Planungsmethodik nach einem Wertanalyse-Arbeitsplan zweckmäßig. Der Arbeitsplan ist eine systematische und strukturierte Vorgehensweise, die aus logisch aufeinander folgenden Schritten und Teilschritten besteht. Am Anfang sind die Investitionskosten noch überschaubar und beeinflussen die zukünftigen Auswirkungen auf die Kostenstruktur des Unternehmers.<sup>83</sup> Die Logik bestimmt die Struktur und Gliederung des Arbeitsplanes. Der Wertanalyse-Arbeitsplan mit sechs Schritten ist wie ein Weg zu verstehen. Wie der Wertanalyse-Arbeitsplan durchgeführt wird und welche Planungswerkzeuge und Methoden eingesetzt werden, bleibt dem zuständigen Personal überlassen.

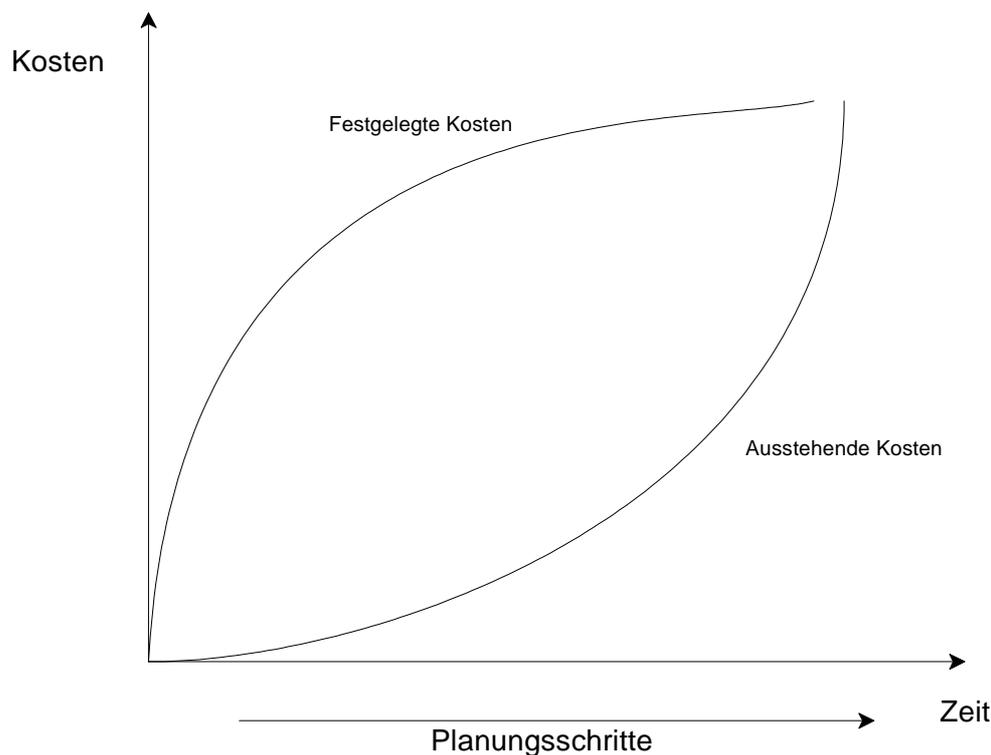


Abbildung 24: Kosten in den Planungsschritten<sup>84</sup>

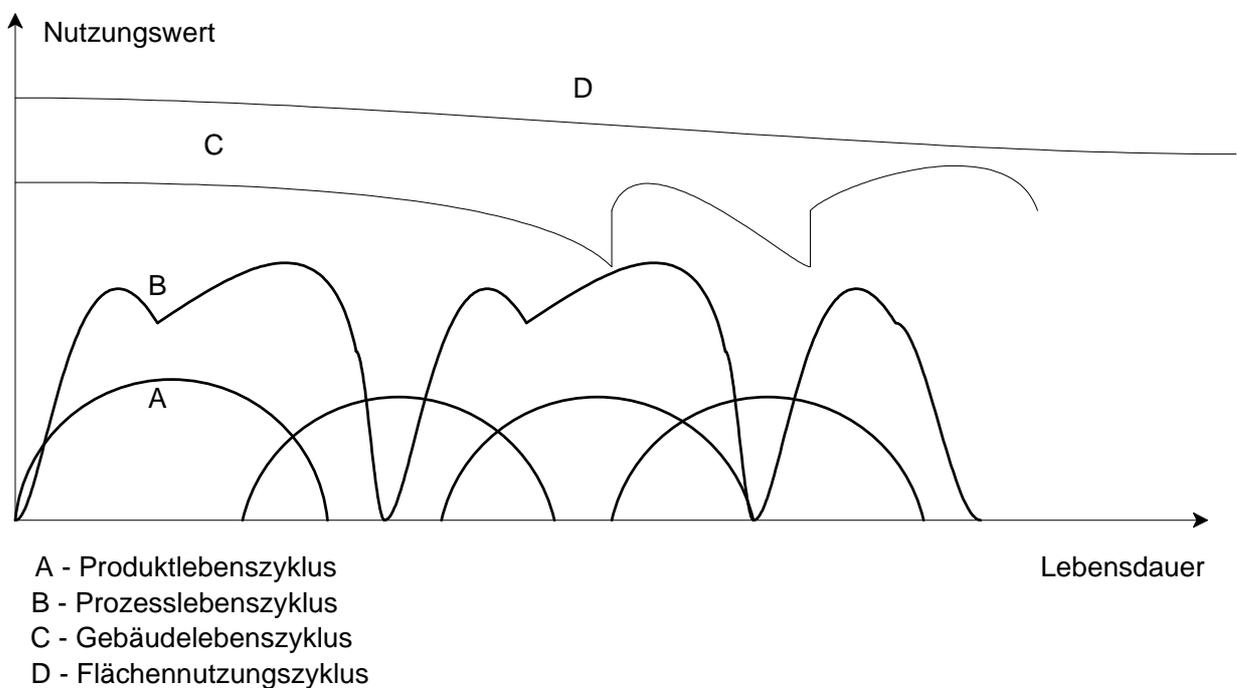
Diese Planungsschritte bilden in sich Teilprojekte und eine Entscheidungsbasis für die Fortführung des Projektes. Es muss aber gewährleistet sein, dass zwischen den einzelnen Schritten ein Iterationsprozess stattfindet. Fabrikplanung und Fabrikbetrieb

<sup>83</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 53.

<sup>84</sup> In Anlehnung an Pawellek, 2008, S. 53.

bilden gemeinsam den Fabriklebenszyklus. Der Lebenszyklus einer Fabrik beeinflusst einerseits Lebensläufe der Produkte und Prozesse und andererseits den Fabrikbetrieb. Die Balance zwischen kurzen Lebenszyklen von Prozessen und Produkten und einer längeren Lebens- und Nutzungsdauer von Fabriken bildet den Kerninhalt des Fabrikplanungsprozesses.<sup>85</sup>

Die Produktlebenszyklen werden immer kürzer und wirken sich direkt auf das Produktionssystem aus. Die Prozesslebenszyklen werden für einen oder mehrere Produkte ausgelegt und passen sich dem Produktlebenszyklus an. Der Lebenszyklus der technischen Ausrüstungen ist nach dem Prozess-, Produkt- und teilweise nach dem Gebäudelebenszyklus ausgelegt. Flächen- und Gebäudesysteme orientieren sich an der Wiederverwertung von Flächen und vorhandener Infrastruktur.



**Abbildung 25: Produkt-, Prozess-, Gebäude- und Flächennutzungszyklus<sup>86</sup>**

Die Fabrik im Fabrikplanungsprozess ist selbst über alle Schritte als ein Produkt anzusehen. Alle Schritte unterliegen dem Wandel und den Veränderungen sowie ihren Wirkungen auf den Gesamtprozess. Der Fabrikplanungsprozess benötigt ein ganzheitliches Konzept unter Berücksichtigung aller Schritte. Die sechs Planungsschritte des Fabrikplanungsprozesses bilden einen integrierten wertanalytischen Arbeitsplan mit Rückkopplungen zwischen einzelnen Schritten.<sup>87</sup>

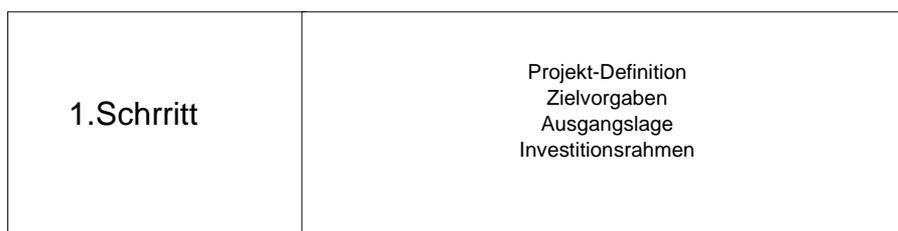
<sup>85</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 106.

<sup>86</sup> In Anlehnung an Schenk/Wirth, 2004, S. 106.

<sup>87</sup> Vgl. ebd. S. 109.

## 5.1 Schritt 1 – Projektdefinition

Im Schritt 1 des Wertanalyse-Arbeitsplanes wird die Aufgabenstellung so definiert, dass sie mit den strategischen Zielen des Unternehmens übereinstimmt. Die Ziele sollen qualitativ und quantitativ festgelegt werden. Die Aufgabenstellung im Schritt 1 ist in Form eines Anforderungspflichtheftes festzulegen, so dass alle Wirtschaftlichkeitsbedingungen, Wirkfaktoren der Marktbedürfnisse, Investitionsrahmen, Wettbewerbssituation sowie Material- und Informationsflüsse enthalten sind.



**Abbildung 26: Projektdefinition**

Der erste Schritt umfasst die Definition und Ausarbeitung von Zielvorgaben sowie die Planungsgrundlage von Fabrikplanungsprojekten. Aus den strategischen Unternehmenszielen leiten sich unmittelbar die Ziele von Fabrikplanungsaufgaben ab. Die Initiative kommt in der Regel von der Unternehmensleitung oder der Bereichsleitung. Diese strategischen Zielsetzungen sind folgende Entwicklungsfelder:

- Finanzentwicklung (Kapitaldynamik, Kostenstrukturen, Ergebnisse)
- Standortentwicklung (Standorte, Grundstücke, Gebäude, Flächen- und Raumbedarf, Ausbau)
- Geschäftsfeldentwicklungen (Marktanteile, Sortimentsstrukturen, Absatzdynamik, Produktinnovationen)
- Entwicklung der Rechtsform des Unternehmens (Allianzen, Fusionen, Zusammenschlüsse)
- Unternehmenssicherung (Marktstellung, Personalentwicklung, Qualitätssicherung)

In der Verfolgung dieser Ziele ist ein ständiger Abgleich der Defizite und der Leistungen des Unternehmens mit gesetzten Zielen notwendig. Durch das Produktionspotenzial wird das Leistungsvermögen eines Unternehmens

charakterisiert. Dieses definiert die Fähigkeit eines Unternehmens Produktionsprogramme zu realisieren. Das Produktionspotenzial ist durch qualitative und quantitative Faktoren bestimmt.<sup>88</sup>

- Standort
- Fabrikstruktur
- Produktionsarsenal
- Prozesse
- Gebäude, Flächen
- Personal, Organisation
- Logistik

Das Produktionspotenzial ist der Marktdynamik gegenübergestellt und wird ständig den aktuellen Anforderungen des Marktes angepasst. Defizite und Abweichungen im Produktionspotenzial sind oft Ursachen zur Initiierung von neuen Fabrikplanungsprojekten. Diese Ursachen sind prinzipiell verschieden und in vielen Fällen durch folgende Faktoren initiiert:

- Benchmarking
- Sortiments- und Volumenveränderungen
- Produkt- und Prozessinnovationen
- Kostenentwicklungen und Rationalisierungen
- spezielle Unternehmensziele

Diese Ursachen sind unternehmensintern oder unternehmensextern und können im Prinzip einem der Fabrikplanungsgrundfälle zugeordnet werden. Sie sind hinsichtlich Umfang, Investitionen und zeitlichem Auftreten äußerst unterschiedlich. Sie können das Gesamtunternehmen (Fabrik), Teilsysteme (Fertigungs- und Montagebereiche, Lagerbereiche) oder Elemente (Arbeitsplätze, Prozesse) umfassen.

Schwerpunkt des ersten Schrittes ist es, aufgrund von identifizierten Defiziten auf Basis visionärer Szenarien eine erste Projektdefinition bzw. -definitionen der möglichen Problemlösungen zu entwickeln. Ziel ist, eine erste Planungsgrundlage durch Bestimmung von Aufgabenstellung und deren Elementen (Hauptaufgabe, Teilaufgaben, Investitionsrahmen, Konsequenzen und Zielsetzungen) zu realisieren.

---

<sup>88</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 54ff.

Die Projektdefinition ist die Aufgabe der Führungsebene des Unternehmens. Durch Abschätzung, Hochrechnung, Vergleiche und Variantenbewertungen werden aggregierte Daten, Kennzahlen und spezielle Informationen wertanalytisch ausgewertet und abgeleitet, um die globale Aufgabenstellung zu definieren. Hier werden verschiedene Szenarien entwickelt und betrachtet, sodass ein Spektrum mit klar definierten Rahmenbedingungen entsteht. Daraus ergibt sich ein potentieller Bedarf an Flexibilität und Wandlungsfähigkeit des Fabriksystems. Industrielle und wissenschaftliche Erfahrungen, gewonnen aus vergleichbaren Projekten, sind wichtige Hilfsmittel. Ergebnisse der Zielplanung sind die Rahmen der Aufgabenstellungen mit folgenden Inhaltsschwerpunkten<sup>89</sup>:

- Projektdefinition
- Problembeschreibung – Ausgangslage
- Zielsetzungen
- Finanz- und Kostenrahmen
- Lösungsrichtung
- Wandlungsfähigkeit und Flexibilität
- Leistungsrahmen
- Terminplanung
- Projektorganisation und Projektleitung

Es ist zu beachten, dass die Findung und die Bearbeitung von möglichen Lösungen und Varianten wesentlicher Inhalt und ständiger Begleiter sowohl in diesem Schritt als auch in den folgenden Planungsschritten sind. Ergebnis der Projektdefinition ist eine grobe Aufgabenstellung, welche vom Unternehmensmanagement bestätigt wird.

Der erste Schritt ist Auslöser für das In-Gang-Setzen des Projektes. Hier sind die Projektleitung, das Projektteam und die Projektaufgabe zu bestimmen. Da die Fabrikplanungsprojekte komplex sind, ist das wertanalytische Planungsteam interdisziplinär zu besetzen. Methoden und Planungsinstrumente, die in diesem Arbeitsschritt des Wertanalyse-Arbeitsplanes Anwendung finden, sind Szenario-Technik, Portfolio-Modelle, SWOT-Analyse, Risiko- und Rentabilitätsbetrachtungen. Nach positiver Entscheidung durch das Unternehmen erfolgt eine Ausarbeitung des Projektes nach Projektschritten und es wird nach dem Top-down-Grundsatz geplant.<sup>90</sup>

---

<sup>89</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 56.

<sup>90</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 111.

## 5.2 Schritt 2 – Ist-Analyse und Vorplanung

Erst wenn Aufgabenstellung und Ziele des durchzuführenden Wertanalyseprojektes ausreichend definiert sind, beginnt der 2. Schritt. In diesem Arbeitsschritt beginnt der Planungsprozess. Alle relevanten Daten zum Wertanalyse-Projektthema sind zu sammeln und vom Projektteam zu analysieren. Informationen zur Ist-Situation werden erfasst und sortiert. Die relevanten Daten beziehen sich auf Produktionsprogramm, Produktionspotenzial, Technologie-Probleme, Standort-Problematik, Material-Wege und Logistik. Planungswerkzeuge und Methoden, die in diesem Arbeitsschritt angewendet werden können, sind:<sup>91</sup>

- Ursache-Wirkung-Diagramme
- Pareto-Analyse
- Engpass-Analyse
- Design to Cost
- Marktanalyse
- FMEA
- Projektmanagement
- Life Cycle Costing

2. Schritt	Produktionsprogramm-Analyse Produktionspotenzial-Analyse Standortwahl Logistikprinzip Bedarfsabschätzung
------------	--

**Abbildung 27: Ist-Analyse und Vorplanung**

Dieser Schritt ist auf den Ergebnissen der Projektdefinition der Unternehmensleitung aufgebaut und wird von dem beauftragten wertanalytischen Projektteam durchgeführt. Die Planungsvorgaben dieses Schrittes sind für die Qualität und Zuverlässigkeit der folgenden Planungsschritte nötig. Die meisten Fälle von

<sup>91</sup> Vgl. VDI-GPP, 2011, S. 46

Fabrikplanungsaufgaben sind Erweiterungs- und Modernisierungsaufgaben. Eine sorgfältig dargestellte Ausgangslage von zu verändernden Prozessen und die Planungsfälle bilden die Planungsgrundlage. Nachfolgend werden weitere Aufgabenkomplexe präzisiert. Für den weiteren Verlauf ist zunächst eine umfassende Situationsanalyse durchzuführen. Inhaltsschwerpunkte dieses Planungsschrittes sind:

- Analyse der Ausgangslage und des Produktionsprogrammes
- Entwurf von Planungsgrundlagen
- Überprüfung der Durchführbarkeit
- Konkretisierung von Zielsetzungen und der Aufgabenstellung
- Abschätzung von Bedarfen
- Definierung von Arbeitsrichtung
- Sicherung der Entscheidungsfähigkeit

Eine fundierte Situationsanalyse ist eine elementare Basis für die Konkretisierung und Gestaltung der Fabrikplanungsaufgabe sowie zur Abschätzung von Lösungskonzepten.

### **5.2.1 Produktionsprogramm Analyse-Entwurf**

Das Produktionsprogramm bildet den Kern wesentlicher technischer und wirtschaftsbezogener Planungsinhalte und hat im Sinne der Wertanalyse die Hauptfunktion. Die Ermittlung von Produktionsprogramm oder -programmen ist die Ausgangsbasis für den Fabrikplanungsprozess und der Kerninhalt der wertanalytischen Wertverbesserung und Wertgestaltung. Fabrik- und Produktionsstrukturen, Funktionen und Dimensionen sind direkt durch Besonderheiten des zu realisierenden Produktionsprogramms bestimmt. Der Leistungsumfang eines Produktionsprogrammes ist durch folgende Faktoren festgelegt:<sup>92</sup>

- Sachlich (Sortimente, Produktarten)
- Mengenmäßig (Stückzahlen, Varianten, Umfang)
- Zeitlich (Produktionszeitraum, Planungsperiode (Jahr, Quartal, Monat))

---

<sup>92</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 64ff.

- Wertmäßig (Kosten, Preis)

Das Produktionsprogramm ist in einem ständigen Abgleich zwischen Markt und Absatztätigkeit. Neben den zeitlichen Vorgaben des Produktionsprogramms sind auch Trendentwicklungen wie Sortiment und Stückzahlen vorzugeben. Grundsätzlich gilt: Je präziser und detaillierter die Vorgaben sind, desto sicherer sind Projektlösungen. *„Die 'Treffsicherheit' des Produktionsprogramm ist damit ein wesentlicher Aspekt der erzielbaren Wirtschaftlichkeit des Planungsvorhabens.“*<sup>93</sup>

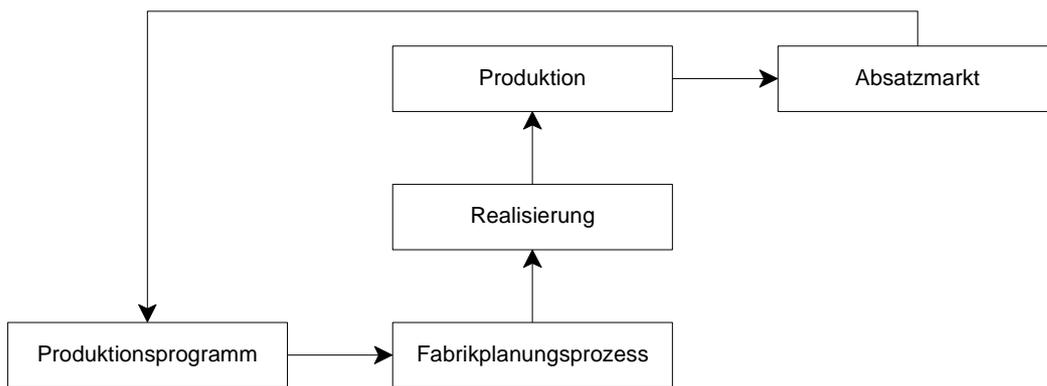
Gibt es Abweichungen vom Produktionsprogramm, wirkt sich dies direkt auf Produktionsstrukturen und Elemente sowie Personalbedarfe aus und diese müssen kompensiert werden. Aus diesem Grund sind moderne Fabrikkonzepte flexibel und wandlungsfähig ausgelegt. Die Praxis hat jedoch gezeigt, dass im Fabrikplanungsprozess immer von unscharfen und turbulenten Vorgaben ausgegangen werden muss, was die folgenden zwei Konsequenzen hat:

- Das Fabrikssystem ist wandlungsfähig und flexibel auszulegen. Diese Eigenschaften sind in das ganze System zu implementieren.
- Die nötige Flexibilität und Wandlungsfähigkeit ist schon im Planungsprozess durch Einsatz von virtuellen Modellen und Simulationstechniken experimentell zu testen.

Das Produktionsprogramm ist die Grundlage für die Funktion, Dimension und Struktur des zu planenden Fabriksystems. Der informationelle Regelkreis vom Absatzmarkt zum Produktionsprogramm über die Fabrikplanung und Produktion bildet das Inversionsgesetz der Fabrikplanung.

---

<sup>93</sup> Grundig, 2009, S. 65.



**Abbildung 28: Inversionsgesetz der Fabrikplanung<sup>94</sup>**

Aus dem Inversionsgesetz lässt sich ableiten, dass die größten Einflüsse auf die Planung der zukünftigen Fabrikssysteme vom möglichen Absatzmarkt kommen. Der Absatzmarkt steht in direkter Wechselwirkung mit dem Produktionsprogramm. Die Prognosesicherheit bei der Festlegung des Produktionsprogramms beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der Investition.<sup>95</sup>

Die Planungszeithorizonte können unterschiedlich sein und sind fabrik-, markt- und produktabhängig. Die Genauigkeit dieser zukunftsbezogenen Planungen nimmt mit der Zeit ab. Prinzipiell unterscheidet man:<sup>96</sup>

- Langfristige (strategische) Programmplanung  
Planungszeitraum ist 5 bis 10 Jahre. Hier werden langfristige Investitionen (Standort, Gebäude, Anlagen) und Produktionsgrößen (Sortimente, Prozesse, Produktarten und -typen) festgelegt.
- Mittelfristige (taktische) Programmplanung  
Planungszeitraum ist 2 bis 5 Jahre. Festlegung von Mengengrößen und Produktarten, sodass Kapazitäts- und Bedarfsgrößen abschätzbar sind.
- Kurzfristige (operative) Programmplanung  
Planungszeitraum ist 1 Jahr bis 1 Quartal. Eine detaillierte Bestimmung von Mengen und Produktarten erfolgt, um präzise kurzfristige Planungen durchzuführen.

Die Ermittlung des Produktionsprogramms benötigt außer zeitlichen Vorgaben auch die zu produzierenden Produktmengen und Produktarten. Abhängig vom

<sup>94</sup> In Anlehnung an Schenk/Wirth, 2004, S. 238.

<sup>95</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 238.

<sup>96</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 66ff.

Planungszeithorizont kann die inhaltliche Definition der Programme unterschiedlich sein, sodass sich drei qualitativ und quantitativ unterschiedliche Produktionsprogramme ergeben:

- Detailliertes Programm:

Produktionsarten, Produktionssortimente und Mengen sind genau bekannt. Die vorliegenden Daten bilden eine exakte Basis für das Produktionsprogramm. Wird bei Unternehmen mit Massen- und Großserienfertigung angewendet.

- Aggregiertes Programm:

Das Produktionssortiment ist breit; mengen- und wertmäßige Größen sind nur global bekannt. Sortimentsschwankungen sind möglich. Dieses Produktionsprogramm findet man bei Klein- und Mittelserienfertigung mit hoher Sortimentsbreite.

- Pauschales Programm:

Daten über Sortimentsstrukturen, Mengenanteile der Produkte sind nicht bekannt. Die Prognose basiert auf indifferenten Daten wie Wert, Produktgruppen, Mengen. Indifferente Programme findet man bei Klein- bis Einzelerienfertigungen und hoher Sortimentsbreite.

Bekanntes Produktionsprogramm sind wertanalytisch kritisch zu analysieren. Davon ausgehend sind Entscheidungen hinsichtlich der Wertoptimierungen des Fabrikplanungsprozesses zu treffen. Eine effektive Methode für die Produktionsprogramm-Analyse ist die Break-Even-Analyse.

Mit dieser Methode können verschiedene Produktionsprogramme auf Veränderungen des Beschäftigungsgrades, des Verkaufspreises, der Kostenstruktur und der Kapazitätserweiterungen simuliert und analysiert werden. Mit dieser Methode ist nur eine statische Beurteilung auf der Basis von Ist-Daten möglich. Dynamische und progressive Elemente bzw. eine Veränderbarkeit von Elementen ist ausgeschlossen.

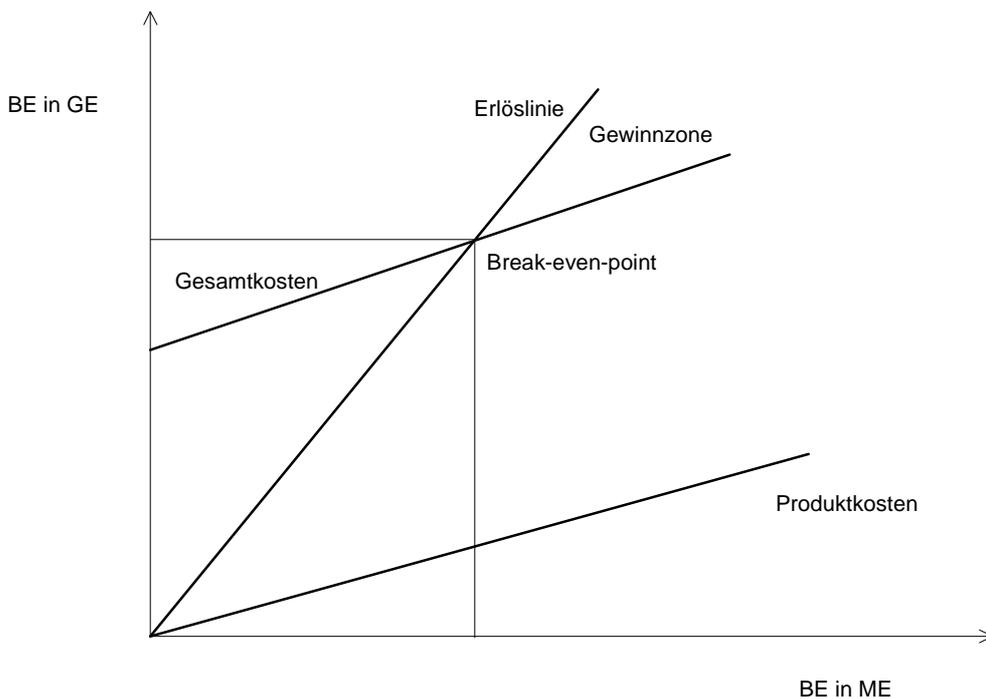


Abbildung 29: Break-Even-Diagramm, Grundprinzip

Besitzt das Produktionsprogramm stochastischen Charakter, werden sogenannte variable Produktionsprogramme entworfen. Ihre Besonderheit ist ein Toleranzbereich pro Produkt, für eine wahrscheinliche Produktionsmenge, die als Basis für die Dimensionierungen dient. Mit variablen Produktionsprogrammen wird eine relative Resistenz gegenüber Schwankungen auf dem Absatzmarkt erreicht.<sup>97</sup>

## 5.2.2 Produktionspotenzial-Analyse

Das Produktionspotenzial eines Unternehmens ist durch seine Ressource, Teilsysteme, Bereiche, Strukturen und Abläufe charakterisiert. Je nach Fabrikplanungsaufgabe sind diese Systemelemente unterschiedlich detailliert zu analysieren. Wesentliche Untersuchungs- und Arbeitsinhalte der Potenzialanalyse sind<sup>98</sup>:

- Schaffung von Ausgangsdaten (Kennzahlbildung)
- Aufklärung von technischen, betriebswirtschaftlichen und organisatorischen Schwachstellen

<sup>97</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 239.

<sup>98</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 58ff.

- eindeutige Definition von Untersuchungszielen
- Einsatz geeigneter Mitarbeiter
- Anwendung spezieller Methoden

Neben der Analyse von Bearbeitungsabläufen, Ausrüstungen, Produktstrukturen und Informationssystemen ist die Analyse der Flusssysteme von besonderem Interesse. Kernaufgabe moderner Fabrikplanung ist die Sicherung eines störungsfreien und lagerarmen Materialflusses mit kurzen Durchlauf- und Lieferzeiten.

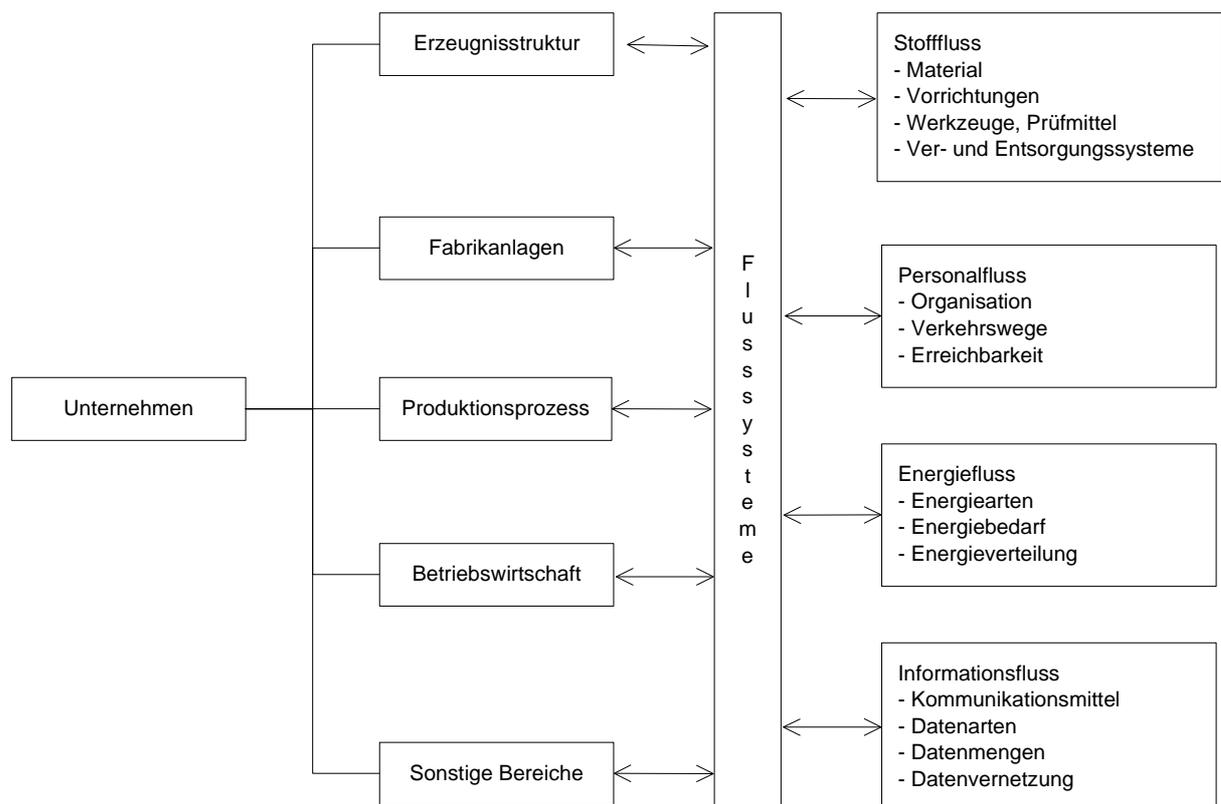


Abbildung 30: Flusssysteme<sup>99</sup>

Unter Materialfluss wird die Verkettung aller Vorgänge von stofflichen Gütern innerhalb funktioneller Bereiche verstanden. Im Einzelnen gehören dazu Fertigung, Montage, Lagern, Transportieren aber auch Handhaben, Lagern und Verpacken.

Der Materialfluss besitzt breites wertanalytisches Optimierungspotenzial. Die Materialflussplanung konzentriert sich auf die grobe Planung der Materialflusstruktur bzw. auf die Verkettung der Funktionsbereiche. Auf diese Weise übernimmt der Materialfluss die Verkettung der einzelnen Bereiche.<sup>100</sup>

<sup>99</sup> In Anlehnung an Grundig, 2009, S. 59.

<sup>100</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 183.

Die Analyse des Produktionsprogramms ist die Grundlage für den weiteren Planungsprozess. Sie umfasst die Gesamtheit aller Erzeugnisse, die in der Fabrik produziert werden, sowie die Sortiments- und Stückzahlenentwicklung. So werden zu Produkt und Prozess verschiedenste Kennzahlen für die weitere Planung definiert. Damit ist die Gestaltung eines effizienten Produktionsflusses mit ungestörtem Materialfluss ein wichtiger Aspekt. Viele Defizite sind durch ineffiziente Materialfluss- und Informationssysteme initiiert. Der Untersuchungsaufwand von Materialfluss- und Informationssystemen ist in eine wirtschaftlich proportionale Relation zu den Fabrikplanungsaufgaben zu setzen. Diese ermöglicht kurzfristige und reale Analyseergebnisse. Prinzipiell gibt es zwei Methoden der Datenerfassung und -auswertung, die direkte und die indirekte Methode.

In der direkten Methode werden Daten bei laufendem Prozess erfasst. Das Arbeiten mit direkten Methoden hat sich als sehr aufwändig erwiesen. Zu den direkten Methoden zählen:<sup>101</sup>

- Zählungen und Messungen von Ereignissen, Einheiten, Zuständen, Zeiten usw.
- Befragungen (Fragebögen, Selbstaufschreibung, Interviews)
- Bildaufnahmen (Foto, Film, Video)
- Planwertverfahren (auf Zeitbasis)
- Beobachtungen (Multimomentverfahren, Dauerbeobachtungen)
- Spezialuntersuchungen (Maschinendiagnose, Bauzustand)

Bei der indirekten Methode dienen Firmenunterlagen, Pläne oder Datenträger als Basis. Das Arbeiten mit indirekten Methoden ist wesentlich rationaler. Dennoch sind Qualität und Aktualität der Daten zu sichern. Zu indirekten Methoden zählen:

- Auswertung visuell erfassbarer Datenträger (Maschinendateien, Fertigungsunterlagen, Produktionsstatistiken, Personalstatistiken, Belegungspläne usw.)
- Auswertung elektronisch lesbarer Datenträger (Software- und Hardware-Systeme, Statistikmodule)
- Auswertung virtueller Analysesysteme (Simulationssysteme, Digitale Fabrik)

Beide Methoden ermöglichen Ordnung, Verdichtung, grafische Darstellung und Klassenbildung betrieblicher Daten, die für die Analyse wesentlich sind.

---

<sup>101</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 60.

### 5.2.3 Standortwahl

Aufgrund der internationalen Arbeit in Produktionsnetzwerken und der immer öfter auftretenden Unternehmensfusionen ist eine gute Standortstrategie besonders wichtig. Der Standort hat viele Wirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens. Die Planungsobjekte Standort-, Flächen- und Gebäudestruktur bilden eine Einheit, die als ein ganzer Komplex zu gestalten ist. Durch den Standort wird die Produktion innerhalb der Wertschöpfungskette bestimmt. Standortstrategien und -planung können auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene liegen.<sup>102</sup> Entsprechend den Wirksystemen einer Fabrik ergeben sich folgende Komponenten, die die Standortplanung bestimmen:

- Produktspezifische Komponente:

Umfasst die strategische Planung des Produktions- und Produktprogrammes. Hier werden Produktarten, Produktpositionierungen, Konkurrenzprodukte, Lebenszyklen und Prognosen über Absatzentwicklung analysiert und erstellt.

- Technologische Komponente:

Umfasst die strategische Planung der Produktionskompetenzen und Produktionsprozesse wie Fertigungsverfahren, Massen-, Serien-, Einzelfertigung und den Automatisierungs- und Mechanisierungsgrad.

- Organisationsspezifische Komponente:

Umfasst die strategische Planung von Partnerschaften, Entwicklung, Kommunikation und Vertrieb.

- Anlagenspezifische Komponente:

Umfasst die strategische Planung von Standorten und -strukturen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene.

Veränderungen gesamtwirtschaftlicher Rahmenbedingungen zwingen Unternehmen, ihre Standortstrategien zu ändern und anzupassen. Die Internationalisierung der

---

<sup>102</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 89ff.

Wirtschaft und Liberalisierung des Welthandels bringt neue Anforderungen an die Standortstrategien. Aufgrund des Angebotsüberschusses müssen sich die Unternehmen an neue Ansprüche hinsichtlich Qualität, Preisentwicklung und Kundenwünschen anpassen.

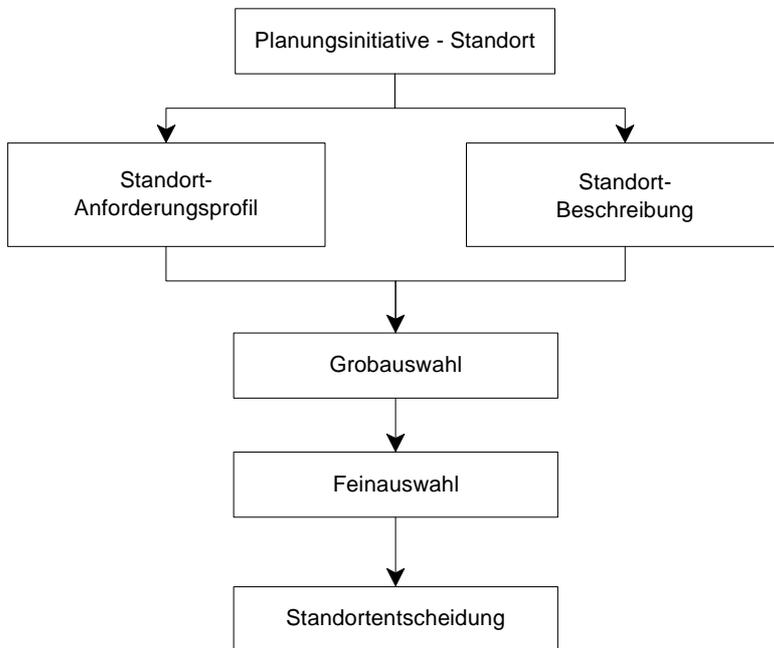


Abbildung 31: Standortplanung<sup>103</sup>

Potenzielle Standortfaktoren können aufgrund vieler Eigenschaften beschrieben werden. Zwei Hauptgruppen sind funktionsbezogene (produktions-, infrastruktur- und absatzbezogene) und globale (politische, ökonomische und sozio-kulturelle) Faktoren.<sup>104</sup>

- Funktionsbezogene Standortfaktoren:

Produktionsbezogene Faktoren beziehen sich auf den Gütereinsatz und beschreiben, wie die Produktionsfaktoren optimal genutzt werden können.

Infrastrukturbezogene Faktoren beschreiben, wie gut der Beschaffungsmarkt und der Absatzmarkt sowie Material- und Informationsfluss in der Umwelt eines potenziellen Standortes optimal genutzt werden können.

Absatzbezogene Faktoren beschreiben, wie gut der Absatz durch entsprechende Maßnahmen und Marketing verbessert werden kann.

<sup>103</sup> In Anlehnung an Grundig, 2009, S. 262.

<sup>104</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 92

- Globale Standortfaktoren:

Dies sind politische, ökonomische und sozio-kulturelle Faktoren.

Die letzte Entscheidung für den Standort trifft die Unternehmensleitung. Nach dem Gespräch mit lokalen Verwaltungsstellen oder Wirtschaftsförderungsgesellschaften werden die potenziellen Standorte ausgewählt. Die effizienteste finanzielle Machbarkeit mit einer groben Investitionsrechnung bestätigt die Entscheidung.

#### 5.2.4 Logistikprinzip

Fabrikkonzepte unterliegen logistischen Prinzipien und werden nach diesen ausgelegt. Diese Zielsetzungen können externe und interne vernetzte Logistikketten sein. Das Logistikprinzip ist wichtig für das Lösungskonzept des Planungsobjektes und bestimmt seine Wirtschaftlichkeit bzw. den Nutzwert. Als allgemeine Zielsetzung kann die logistik- und flusseffiziente Gestaltung von Fabrik- und Produktionssystemen eingesetzt werden.<sup>105</sup>

Das Logistikprinzip hat vernetzten Charakter und kann durch konstruktive Gestaltung der Produkte, Flusssysteme, die gesamte Wertschöpfungskette, Anlagetechniken und Raum betroffen sein. Folgende Faktoren wirken direkt auf Logistikprinzipien und dienen als Richtlinien für die Gestaltung des Lösungskonzepts:

- Merkmale der Produktstruktur
- Vorgaben zu Umfang und Vernetzung der Prozess- und Leistungsketten
- Vorgaben zur Fabrikstruktur
- Organisation von Produktionsvernetzung
- Vorgaben zur Produktionsflexibilität

Die Logistikprinzipien bestimmen die Vorentscheidungen für das Lösungskonzept des Planungsobjektes. Auf den ersten Blick scheinen Logistikprinzipien und Fabrikstrukturen nicht miteinander verbunden zu sein, aber es hat sich bestätigt, dass sich durch die Verschiebung der Marktprioritäten eine enge Verbindung zwischen beiden Komponenten entwickelt hat.

Für die Erreichung der langfristigen Unternehmensziele werden Strategien für Beschaffung, Produktion und Vertrieb neu konfiguriert. Logistikgerechte

---

<sup>105</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 74.

Fabrikstrukturen ermöglichen die Umsetzung logistischer Strategien, die auf einer prognosegesteuerten oder auftragsgesteuerten Produktion basieren.<sup>106</sup>

### 5.2.5 Bedarfsabschätzung

Basierend auf den Ergebnissen der Produktionsprogramme und den Vorgaben des Lösungskonzepts können erste Bedarfsgrößen abgeschätzt werden. Sie werden aus Unterschieden zwischen aktuellem Produktionsprogramm und Ressourcenanalyse bzw. Potenzialanalyse ermittelt. Dies sind Abschätzungen für Ausrüstungsmittel, Betriebsmittel, Personalbedarfe, Flächenbedarfe und technologische Verfahren.

Grundlagen für die Abschätzungen sind das Produktionsprogramm, die Produkteigenschaften, vorhandene bzw. benötigte Produktionsmittel sowie das Personal und Qualifikationen. Das Produktionsprogramm mit Angaben über die Art und Menge der Produkte bestimmt das Logistikprofil. Zusätzlich müssen die Prognosen über die zukünftigen Entwicklungen sowie mögliche zukünftige Produkte vorliegen. Dies stellt die Grundlage für die weiteren Abschätzungen dar.

Auf dieser Grundlage ist das Produktionsprogramm mit Art und Anzahl sowie Kapazität und Verfügbarkeit der Ressourcen festzulegen bzw. nach Wert-Zielen günstig zu entwerfen. Das Produktionsprogramm und sonstige Entwicklungen sowie das Schichtmodell bestimmen das operative Personal mit den benötigten Qualifikationen. Über die Abschätzung des Produktionsprogramms und Personals bestimmt man die notwendigen Flächenbedarfe.<sup>107</sup>

---

<sup>106</sup> Vgl. Pawellek, 2008, S. 122ff.

<sup>107</sup> Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009, S. 466ff.

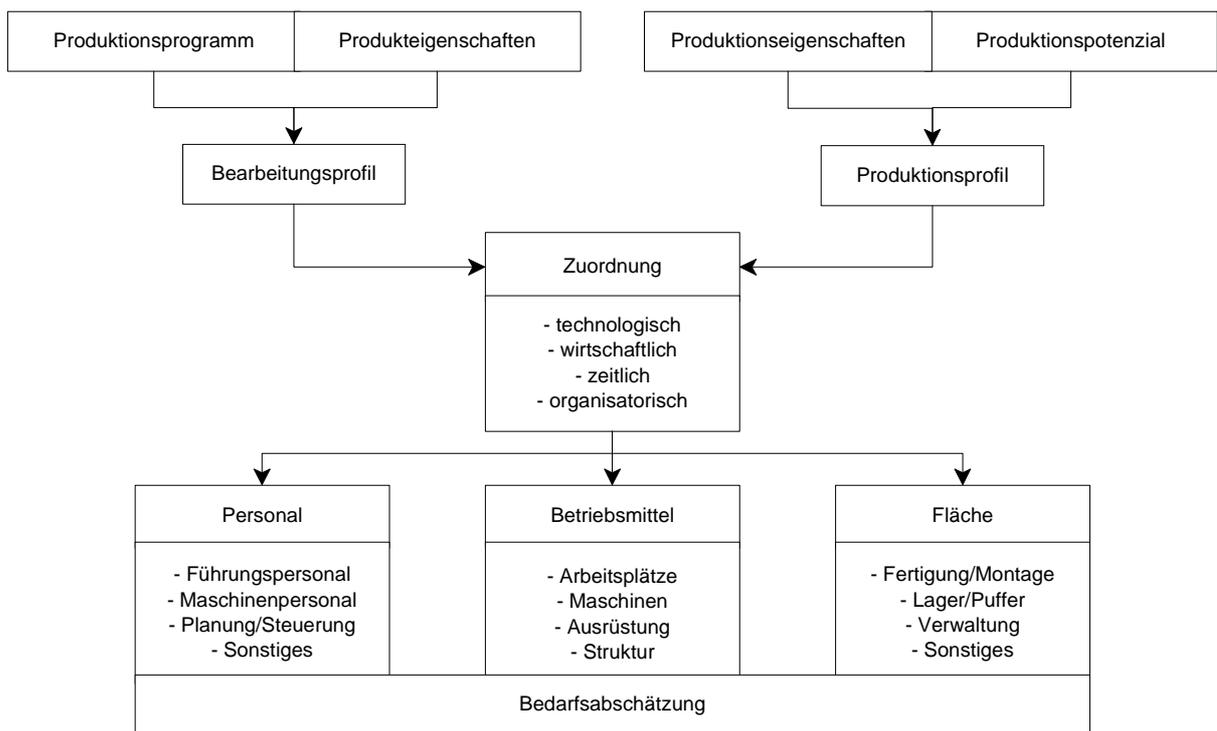


Abbildung 32: Systematik der Bedarfsabschätzung<sup>108</sup>

Damit sind erste Abschätzungen für Investitions- und Kostengrößen darstellbar und nach unterschiedlichen Faktoren und Kosten bewertbar. Betriebswirtschaftliche Bewertungen von Investitions- und Kostengrößen werden weiter gegliedert in:<sup>109</sup>

- Ermittlung der Investitionskosten:

Hier werden Kosten der Planung, Beschaffung, Realisierung und Inbetriebnahme ermittelt und es wird eine erste betriebswirtschaftliche Bewertung des Planungsobjektes erstellt. Kriterien sind Wirtschaftlichkeit, Amortisationsdauer, Rentabilität und Liquidität. Die Genauigkeit der Kostenbestimmung nimmt mit fortschreitendem Planungsverlauf zu.

- Bestimmung der Produkt-Selbstkosten:

Die Abschätzung der durch die Produktion zu erwartenden Erlöse und Gewinne. Dies ist oft unsicher und problematisch und muss durch Prognosen und Kennzahlen ermittelt werden.

<sup>108</sup> In Anlehnung an Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009, S. 465.

<sup>109</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 78.

- Aufstellung eines Finanzbedarfsplans:

Hier werden alle Finanzbedarfe, Termine und Finanzarten ermittelt und fixiert.

Alle diese Entscheidungen werden durch den Einsatz spezieller Kennzahlssysteme unterstützt. Sie sind ein effektives Hilfsmittel im Planungsprozess. Sie haben den Charakter von Planungsrichtgrößen und ermöglichen Vergleichs- und Anhaltwerte. Sie liefern erste grobe Vorentscheidungen für Bedarfsgrößen und ermöglichen in einem zeitlich vorgezogenen frühen Planungsstadium begründete Aussagen. Kennzahlen können sein:

- Kennzahlen für Produktionskosten
- Kennzahlen der Produktivität
- Kennzahlen für Kapitaleinsatz und Gewinnerwartung
- Kennzahlen für Flächen- und Raumbedarf
- Kennzahlen für Fertigungstiefe
- Kennzahlen für Lagerkapazitäten
- Kennzahlen für Personalbedarf
- Kennzahlen für Bauaufwand
- Kennzahlen für Hilfs- und Nebenbereiche

Kennzahlen sind Durchschnittsgrößen und erst durch ihre Betrachtung und Auswertung sind begründete Aussagen möglich. Kennzahlen werden unternehmensbezogen ermittelt und sind unternehmensinterne Richtgrößen.

### **5.3 Schritt 3 – Grobplanung**

In diesem Arbeitsschritt des Wertanalyse-Arbeitsplanes erfolgt eine strukturierte Ausarbeitung und Verknüpfung derjenigen Bereiche und Ressourcen, die notwendig sind, um die Produktionsprogramme aus dem zweiten Schritt effizient zu bewältigen. Hier wird der qualitative und quantitative Ansatz verfolgt. Das bedeutet, dass jeder Produktionsbereich in diejenigen Ressourcen bzw. Anforderungen zu differenzieren ist, die zu den gewünschten Wirkungen, Zielen und Nutzen führen.

Die Produktionsbereiche werden umfassend analysiert und ausgearbeitet, sodass keine wirkungsrelevanten Elemente übersehen werden. Ein oder mehrere möglichst vollständige Anforderungsprofile mit zugeordneten relevanten Kosten werden ausgearbeitet.

In diesem Schritt ist das ganze wertanalytische Kreativitätspotenzial des Projektteams und auch Außenstehender wie Kunden, Lieferanten, Technologien etc. auszuschöpfen. Der Kreativprozess darf in diesem Schritt nicht durch frühzeitige Bewertungen beeinflusst werden. Lösungsideen und Lösungsalternativen sind in Form von morphologischen Matrizen zu kombinieren, um die beste Lösung zu erreichen. Methoden und Planungswerkzeuge, die hier zum Einsatz kommen, sind:<sup>110</sup>

- FAST-Diagramm
- Funktionen-Analyse
- Funktionskosten-Analyse
- Brainstorming-Verfahren
- Mindmapping
- TRIZ
- Relevanzbaum-Verfahren

---

<b>3. Schritt</b>	Funktionenbestimmung Dimensionierung Strukturierung Gestaltung
-------------------	---

---

**Abbildung 33: Grobplanung**

### 5.3.1 Funktionenbestimmung

Unter Funktionenbestimmung<sup>111</sup> wird die qualitative Bestimmung und Zuordnung der erforderlichen Ressourcen, stofflichen, energetischen und informationellen Flüsse

---

<sup>110</sup> Vgl. VDI-GPP. 2011, S. 49.

<sup>111</sup> Funktionenbestimmung im Sinne der Wertanalyse

sowie der Arbeitskräfte verstanden. Durch Funktionenzuordnungen und -ketten werden die Prozesse beschrieben. Mit Hilfe einer solcher Funktionenkette werden die Abläufe des Prozesses dargestellt und wertanalytische Optimierung und Planungen erleichtert.<sup>112</sup>



**Abbildung 34: Funktionenbestimmung**

In der Funktionenbestimmung werden die erforderlichen Schritte, Verfahren und Ausrüstungen bestimmt, die notwendig sind, um ein Produktionsprogramm zu erstellen. Dies geschieht durch Erstellung eines Prozess-Funktionsschemas. Im Funktionsschema sind die erforderlichen Ressourcen in Funktionseinheiten und deren qualitativen Verknüpfungen dargestellt. Damit ist das Funktionsschema eine funktionsbezogene Darstellung des Produktionsablaufes. Das Funktionsschema kann ausrüstungs- oder bereichsbezogen sein. Es basiert auf Produktionserfordernissen. Funktionsschemata beinhalten und stellen folgende Komponenten dar<sup>113</sup>:

- Funktionseinheiten
- Materialfluss-Vernetzungen
- Ablauflogik
- Ressourcen

Sie sind eine Grundlage für die nachfolgenden Planungsschritte, sind auf wesentliche Funktionseinheiten begrenzt und bei allen Produktionsstufen der Wertschöpfungs- und Logistikkette einsetzbar. Das Funktionsschema wird in fünf Schritten bestimmt:

### 1. Analyse des Produktionsprogramms

Ausgehend vom Produktionsprogramm wird die Analyse der Produktstruktur und der erforderlichen Fertigungsstufen durchgeführt. Durch Stücklistenauflösung werden

---

<sup>112</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 242.

<sup>113</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 80ff.

alle erforderlichen Produktelemente (Baugruppe, Unterbaugruppe, Einzelteil) und Fertigungsphasen ermittelt. Hier ist die Relevanz der Produktstruktur im zu entwickelnden Prozess und in den Fertigungsstufen deutlich erkennbar. Die Produktionsprogrammstruktur legt den Umfang der zu fertigenden Produkte fest.

## 2. Analyse der Arbeitspläne und Bestimmung der Fertigungsprinzipien

Hier werden für alle Produktelemente die Arbeitspläne je Fertigungsstufe analysiert. Damit werden die erforderlichen Arbeitsvorgänge, die zugeordneten Arbeitsplätze und die Arbeitsvorgangsfolgebeziehungen sichtbar. Das Fertigungsprinzip beschreibt ausgewählte Fertigungsverfahren und deren Anordnung in Arbeitsplänen.

## 3. Entwicklung des Arbeitsablaufschemas

Das Arbeitsablaufschaema beinhaltet und beschreibt Arbeitsvorgangsfolgen und qualitative Materialflussbeziehungen. Es stellt eine Übersicht von Arbeitsplätzen dar und zeigt Arbeitsvorgangsfolgen aller Produkte. Damit können auch abweichende oder identische Materialflüsse zwischen Produktelementen erkannt werden.

## 4. Ableitung des Funktionsschemas

Die Umsetzung von ermitteltem Arbeitsablaufschaema in das Funktionsschaema erfolgt hier. Die erforderlichen Funktionseinheiten mit entsprechenden Materialflüssen werden vernetzt und dargestellt. Die so gewonnene Darstellung zeigt die Ablauflogik des Fertigungsprozesses.

## 5. Ableitung des flächenbezogenen Funktionsschemas

Das flächenmaßstäbliche Funktionsschaema wird erstellt, wenn alle erforderlichen Flächenbedarfe je Funktionseinheit durch Berechnungen und Schätzungen mit einbezogen sind. So sind erste präzise Schätzungen zu Flächen- und Raumbedarfen möglich.

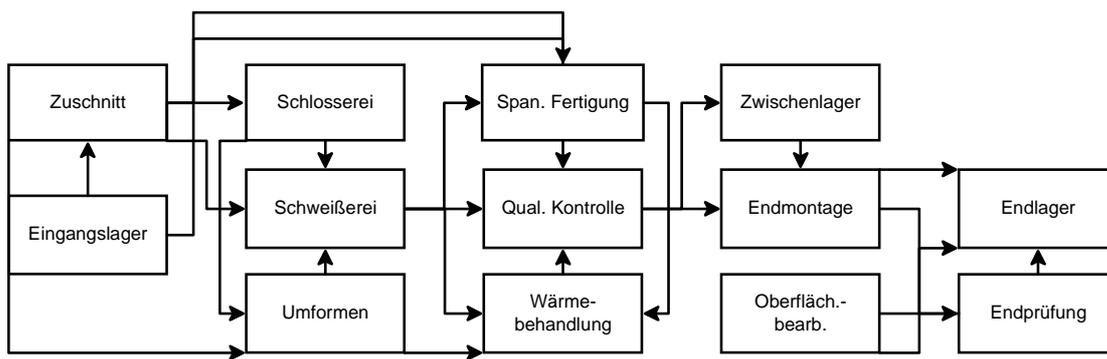


Abbildung 35: Bereichsbezogenes Funktionsschema<sup>114</sup>

Funktionsschemata stellen eine idealisierte und funktionsbezogene Anordnung der Produktionsabläufe dar und sind je nach Zielsetzung und Datenlage in unterschiedlicher Abstraktion und Genauigkeit anzuwenden. Die Ergebnisse des Funktionsschemas liefern wesentliche Ausgangspunkte für die Verbesserungen, Gestaltungen und Optimierungen der Funktionen im Sinne der Wertanalyse und für weitere wertanalytische Planungen.

### 5.3.2 Dimensionierung

Die Dimensionierung beinhaltet alle Planungsaktivitäten, die zu Entscheidungen über die Teilsysteme eines Produktionssystems führen. Durch Dimensionierungen werden die quantitativen Aussagen über die Anzahl und Abmessungen der einzelnen Teilsysteme gewonnen. Die Ergebnisse der Dimensionierung werden tabellarisch zusammengefasst und als Bedarfslisten bezeichnet.<sup>115</sup>

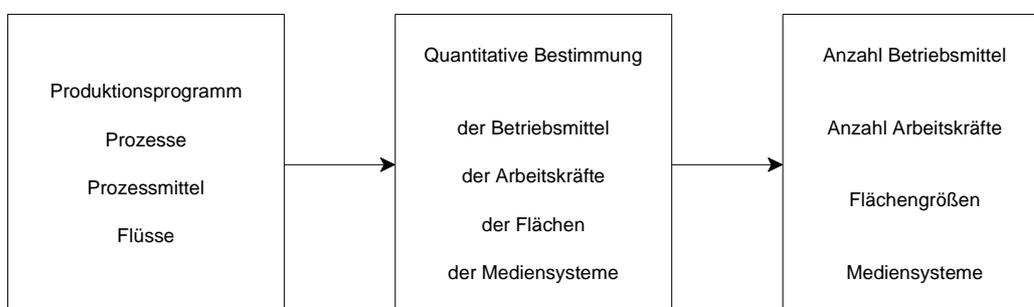


Abbildung 36: Dimensionierung

<sup>114</sup> In Anlehnung an Schenk/Wirth, 2004, S. 246.

<sup>115</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 247.

Dimensionierungen sind durch Vergleich der Ressourcen mit vorgegebenen Produktionsprogrammen zu ermitteln. Produktionsprogramme definieren Ressourcenbedarf und bestimmen die Größenordnungen folgender Teilsysteme:

- Betriebsmittel
- Personal
- Flächen
- Mediensysteme

Da Produktionsprogramme von Marktturbulenzen und ihren Folgen direkt abhängig sind, sind die Dimensionierungsvorgaben mit Unsicherheiten behaftet. Deshalb sind Aspekte der Wandlungsfähigkeit und Flexibilität in die Endauslegung der Dimensionierung zu implementieren. Betriebs- und Ausrüstungsmittel sind die Kerngrößen der Dimensionierung und bedingen die weiteren Vorgaben für Personal-, Flächen- und Medienbedarfe.<sup>116</sup>

### **Betriebsmittel**

Zu den Betriebsmitteln zählen Anlagen, Ausrüstungen, Maschinen, Vorrichtungen, Werkzeuge und andere technische Arbeitsmittel und werden als Kapazitäten bezeichnet. Es wird zwischen qualitativen und quantitativen Kapazitäten unterschieden.

Qualitative Kapazitäten beschreiben die Art des Betriebsmittels und sind durch technologische Fertigungsanforderungen des Produkts festgelegt.

Quantitative Kapazitäten beschreiben die Anzahl und die Leistung der Betriebsmittel und sind Gegenstand von Dimensionsberechnungen. Diese werden mit der Anzahl von Betriebsmitteln multipliziert und in der geplanten Zeit ermittelt.<sup>117</sup>

---

<sup>116</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 88ff.

<sup>117</sup> Vgl. ebd. S. 90.

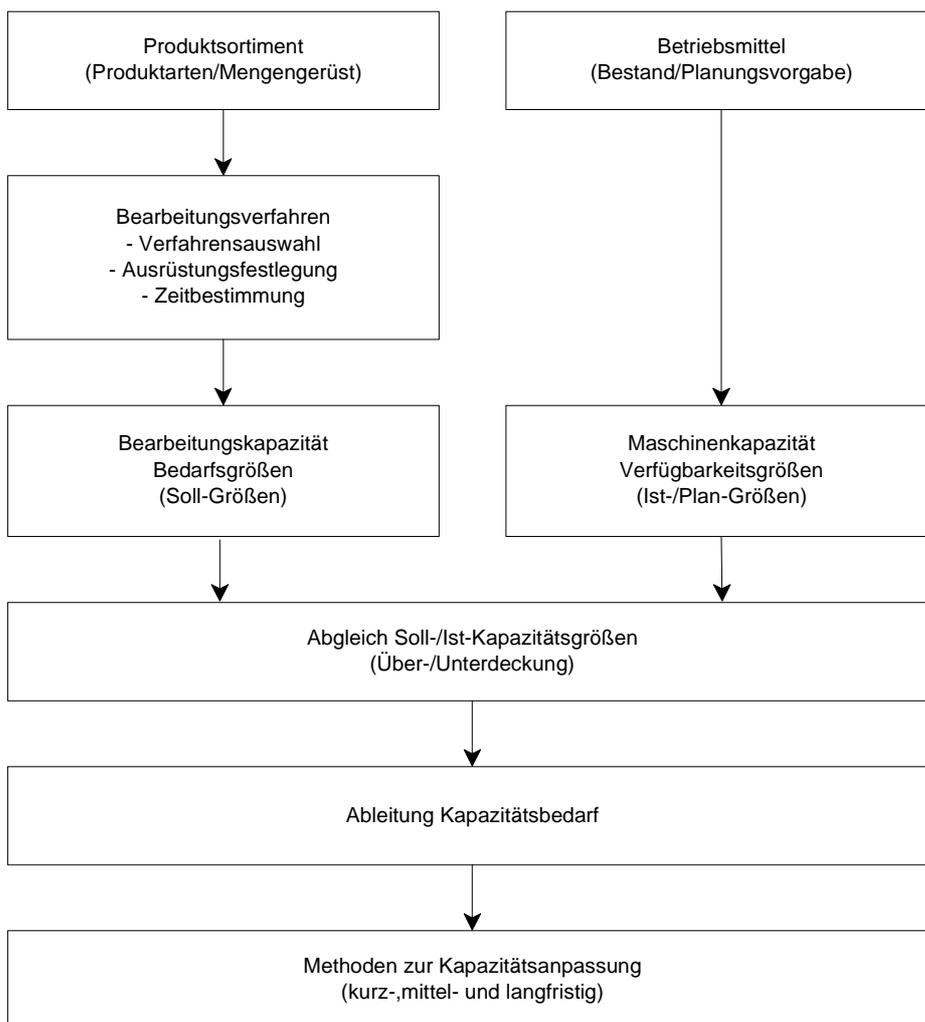


Abbildung 37: Grundprinzip der Ermittlung des Kapazitätsbedarfs<sup>118</sup>

Entscheidungen zu Ausrüstungsinvestitionen sind unter den Aspekten Auslastung und Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Überdimensionierungen sind zu vermeiden und erkennbare Anstiege von Kapazitätsbedarf durch neue Investitionen zu realisieren. Fehler in Dimensionierungen der Betriebsmittel und Ausrüstungen führen zu Warteschlangenbildungen der Fertigungsaufträge. Diese sind durch PPS-Techniken nur bedingt zu beheben.

### Personal

Ermittlungen des Personalbedarfes für Produktions- und Logistikstrukturen sind direkt von den eingesetzten Betriebsmitteln abhängig. Es sind auch Personalbedarfe für Verwaltungsbereiche und andere produktionsnahe Bereiche zu bestimmen. Personalkosten haben innerhalb der wertanalytischen Kostenstrukturen oft einen dominierenden Anteil. Prinzipiell besitzt die Personalbedarfsermittlung einen mittel-

<sup>118</sup> In Anlehnung an Grundig, 2009, S. 90.

und langfristigen Charakter. Vor der Inbetriebnahme der Projektlösung ist der erforderliche Personalbedarf im Voraus zu ermitteln. Personalbedarfsermittlung ist in qualitativen und quantitativen Personalbedarf geteilt.<sup>119</sup>

#### Qualitativer Personalbedarf

In dem qualitativen Personalbedarf wird die Art des Personals in Bezug auf die Anforderungen der Arbeitsaufgabe bestimmt. Sind die Aufgaben detailliert und bestimmt, kann ein arbeitsplatzbezogenes Anforderungsprofil erstellt werden. Damit können Aufgabenmerkmale als Vorgaben für qualitativen Personalbedarf definiert werden.

#### Quantitativer Personalbedarf

In dem quantitativen Personalbedarf wird die Anzahl des Personals in Bezug auf die Einsatzdauer ermittelt. Hier ist die Ermittlung des gesamten zukünftigen Personalbedarfs der inhaltliche Schwerpunkt. Er wird aus dem Einsatzbedarf und dem Reservebedarf gebildet. Methoden für die Einsatzbedarf-Ermittlung sind:

- Globale Methode

Ist für langfristige Zeiträume anwendbar und ermöglicht nur Grobangaben. Dazu zählen Schätzverfahren (einfache Schätzung, Expertenbefragung) und Bedarfsprognosen (statistische Zahlenreihen-Auswertung).

- Detaillierte Methode

Einsetzbar für kurz- und mittelfristige Zeiträume; ermöglicht präzisere Angaben. Dies sind Kennzahlenmethode (Leistungskennzahlen, Verhältniskennzahlen), Verfahren der Personalbemessung und Stellenplanmethode.

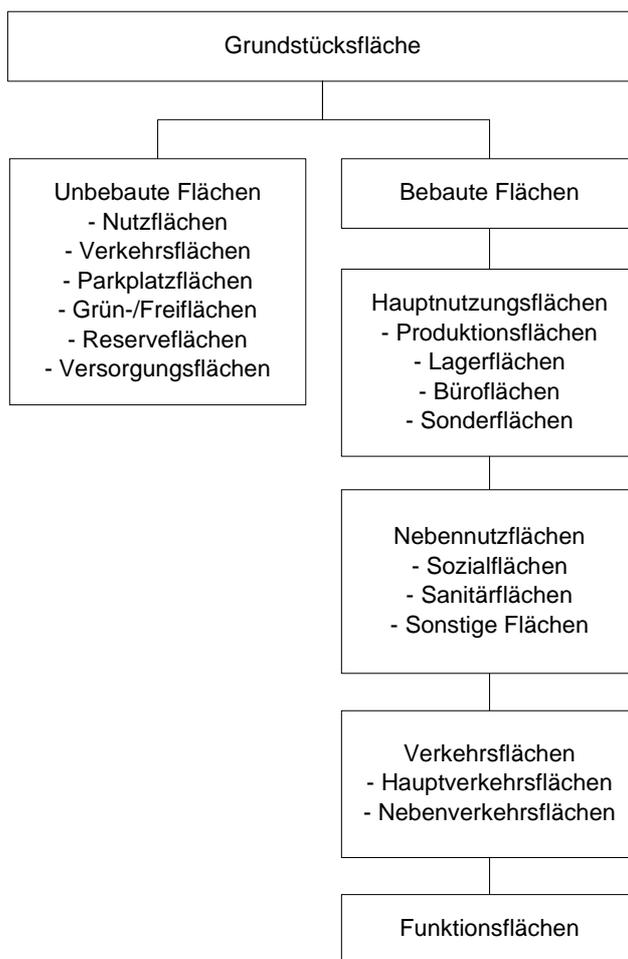
### Flächen

Grundlage für die Flächenbedarfsermittlung ist die Aufgliederungs-Systematik von Gesamtflächen in funktionsbezogene Teilflächen. Ausgehend von der Grundstücksfläche des Unternehmens hat die bereichsbezogene und sinnvolle Flächengliederung in funktionelle Teilflächen zu erfolgen.<sup>120</sup>

---

<sup>119</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 94.

<sup>120</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 100ff.



**Abbildung 38: Gliederung von Betriebsflächen.**

Je nach Planungsziel und Planungszeit können unterschiedliche Ermittlungsmethoden des Flächenbedarfes angewendet werden. Zu beachten ist, dass die frühe Planung nur grobe Vorgaben liefert. Die Bestimmung des Flächenbedarfes für Grundstücke, Hauptnutzflächen, Funktionsflächen und Lagerflächen erfolgt durch Einsatz von Kennzahlen, Überschlagsrechnung und Richtwerte.

Diese Art der Ermittlung wird als globale Flächenermittlung bezeichnet. Sind die Angaben von Funktionsschemata und Dimensionierung bekannt, ist eine detaillierte Flächenermittlung möglich.

- Globale Ermittlung des Flächenbedarfes

Wird durch den Einsatz von Flächenkennzahlen, Richtwerten und Schätzungen ermittelt. Der erforderliche Flächenbedarf ergibt sich aus dem Produktionsprogramm, Produktionsvolumen, Betriebsgröße, Ausrüstungsanzahl, Beschäftigtenanzahl, Gebäudeart usw.

- Detaillierte Ermittlung des Flächenbedarfes

Ausgangspunkte sind die bekannten Angaben der Funktionsschemata und der Dimensionierungsergebnisse. Im Unterschied zur globalen Methode werden zuverlässigere Bedarfsgrößen ermittelt.

## Mediensysteme

Unter dem Begriff Mediensysteme werden die haustechnischen Medien verstanden, die für das Gebäude und die im Gebäude geführten Prozesse notwendig sind. Die Mediensysteme sind angesichts steigender Komplexität ganzheitlich unter dem Aspekt der Energie- und Rohstoffeinsparung auszulegen. Präzise Planung und Dimensionierung nach Kennwerten mit ausreichenden Reserven für wachsenden Bedarf ist essenziell. Zur Planungsoptimierung bieten sich verschiedene EDV- und 3D-Programme sowie 3D-Simulationen an.<sup>121</sup>

Die Gestaltung von Mediensystemen ist eine komplexe Aufgabenstellungen mit ausgeprägt interdisziplinären Charakter. Im Rahmen des Planungsablaufes sind diese Aufgaben von Spezialprojektteams und entsprechenden Liefer- und Montagefirmen zu bearbeiten. In der Praxis werden diese Aufgaben als Fremdleistungen in Planungs- und Realisierungsabläufe integriert. Anforderungen an Mediensysteme sind direkt von Funktionenbestimmungen und Dimensionierungen abzuleiten.<sup>122</sup> In der Real- und Feinplanung erfolgt die raum- und flächenbezogene Bestimmung und Auslegung der erforderlichen Medien- sowie der Ver- und Entsorgungssysteme. Auch die Mediensysteme folgen planungsmethodisch dem Prinzip von Grob- zu Feinplanung. Mediensysteme werden in vier Schritten entworfen:

- Ermittlung von Verbrauchergrunddaten  
(Verbraucherart, Bedarfsgrößen, Verbraucheranordnung)
- Berechnung von Leistungskenngrößen  
(Max- , Min- und Durchschnittswerte für Bereiche und Abteilungen)
- Erstellung von Anforderungsberichten der Verbraucher je Medienart  
(Leistung, Ort)

---

<sup>121</sup> Vgl. Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009, S. 335.

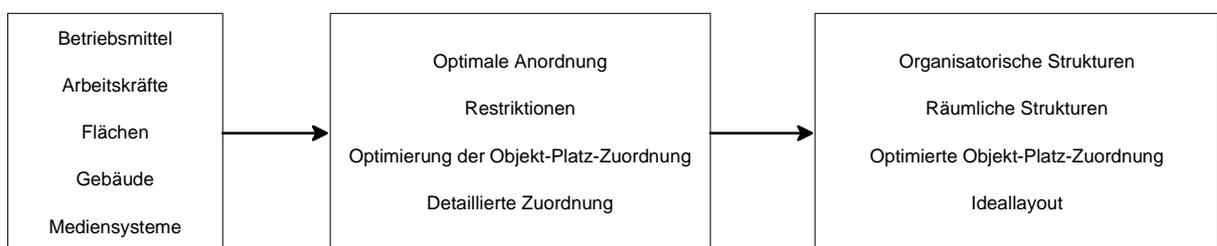
<sup>122</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 108ff.

- Entwurf des Installationskonzeptes  
(Verteilungssysteme, Ver- und Entsorgungssysteme)

Die Dimensionierung von Mediensystemen ist von den spezifischen räumlichen Anordnungsstrukturen der Verbraucher und Gebäudestrukturen abhängig. Entwürfe der Mediensysteme und -installationen sind frühzeitig in den Planungsprozess einzubeziehen. Der Aspekt der Wandlungsfähigkeit der Mediensysteme ist von besonderer Bedeutung und ist auch in die Planungen zu implementieren.

### 5.3.3 Strukturierung

Jeder Fertigungsprozess besitzt räumliche, funktionelle und zeitliche Aspekte und deren Kombination bestimmt die Organisationsformen der Fertigung. Ziel der Strukturierung ist die Schaffung beherrschbarer Fertigungssubsysteme, die technisch und organisatorisch realisierbar sind. Die richtige Bestimmung der Organisationsformen der Fertigungssysteme beeinflusst die Effektivität des geplanten Projekts.<sup>123</sup>



**Abbildung 39: Strukturierung**

Die Strukturplanung ermittelt wirtschaftliche, funktionelle, zeitliche und räumliche Anordnung von Ressourcen und Prozessstrukturen. Die Planungsmethodik ist durch die Dimensionierung und Funktionsschemata der benötigten Funktionseinheiten bestimmt. Die Strukturplanung besitzt einen synthetisierenden Charakter und ist bei definiertem Standort in folgende Strukturebenen gegliedert:

- Bestimmung der Generalstruktur

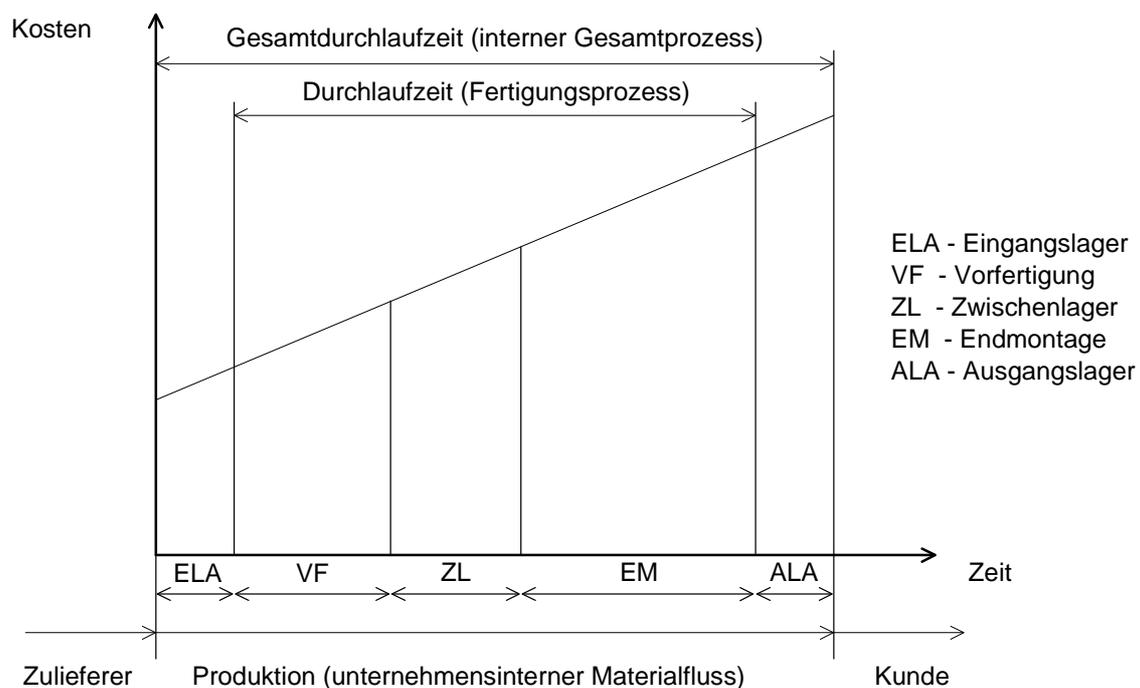
Ziel ist die Bestimmung und Strukturplanung der räumlich-funktionellen Anordnung der Objekte innerhalb des Werkgeländes. Anordnungselemente sind Gebäude, Bauflächen und Freiflächen.

<sup>123</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 261.

- Bestimmung von Gebäudestrukturen, Bereichs- und Arbeitsplatzstrukturen

Inhaltsschwerpunkt ist die Bestimmung räumlich-funktioneller Anordnungen von Arbeitsplätzen innerhalb von Bereichs- und Gebäudestrukturen. Anordnungselemente sind Arbeitsplatzkomponenten (Arbeitsplatz, Arbeitsstationen, Arbeitsplatzumfeld), Bereichskomponenten (Arbeitsplatzgruppen, Arbeitsplätze, Fertigungs- und Logistikelemente) und Gebäudekomponente (Bereiche, Produktionsstufen, Werkstätten).<sup>124</sup>

Diese Strukturen werden als Objekt-Platz-Zuordnungen bezeichnet. Diese An- und Zuordnungen können durch Veränderungen der Flusssysteme (Material-, Personal-, Informations- und Logistiksysteme) beeinflusst werden und umgekehrt. In den Strukturplanungen sind die Materialflusssysteme wirkungsdominant und stellen den Primärfaktor dar. Die Ursache ist die hohe Kostenrelevanz der Materialflusssysteme und die beachtlichen Rationalisierungspotenziale im Materialfluss.



**Abbildung 40: Kostenentwicklung im Materialfluss**

Moderne Fabrikplanungsprozesse gehen prinzipiell von einer ganzheitlichen Betrachtung von Materialflussprozessen aus. Materialfluss besitzt einen quasi-fließenden Charakter, das heißt, Material durchläuft den Produktionsprozess. Der Materialfluss ist durch folgende Aspekte charakterisiert:

- technologisch (Arbeitsvorgang, Produktionsstufen)

<sup>124</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 112ff.

- organisatorisch (Organisationsformen, Logistikprinzipien)
- technisch (technische Gestaltung)
- quantitativ (Mengengrößen, Produktzahlen)
- räumlich (Strukturtyp, Flusswege, Anordnung)
- zeitlich (Durchlaufzeiten, Übergangszeiten, Lagerungszeiten)

Zwischen diesen Aspekten bestehen Wechselwirkungen. Die technologischen und quantitativen Aspekten sind durch Produktionsprogramme und Montagepläne bestimmt. Zusammen mit den organisatorischen, technischen und räumlichen Aspekten sind sie Gegenstand der Fabrikplanung, während der zeitliche Aspekt Gegenstand des Fabrikbetriebes ist.

### **Ideallayout**

Strukturierungen führen zu ersten idealisierten Lösungskonzepten des Fabrikplanungsprozesses. Eine übliche Form der Darstellung sind flächen- und raumbezogene Layouts. Ein Layout ist eine grafische Darstellung räumlicher Anordnungen von Bereichen, Funktionseinheiten, Arbeitsplätzen, Ausrüstungen, Lagern usw. Mit dem Layout werden Lösungen bei unterschiedlichem Detaillierungsgrad dargestellt. Eine Ideallayout-Planung benötigt folgende Eingangsgrößen:

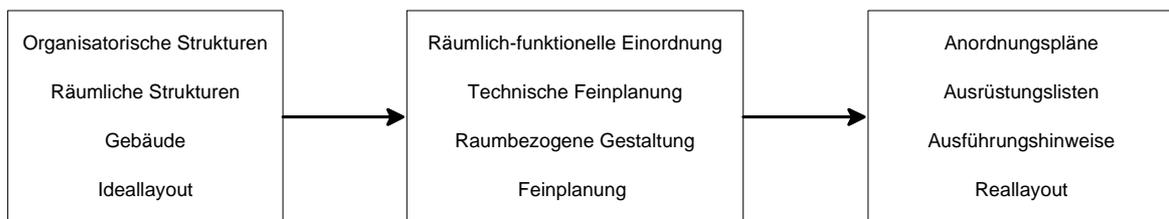
- Typ und Anzahl der der Funktionseinheiten und Bereiche
- Vernetzung der Funktionseinheiten (Funktionsschema, Materialflussdiagramm, Operationsfolgediagramm)
- Flächenangaben je Funktionseinheit
- Strukturelle Grundgestaltung der Anordnung
- Objektabstände (Distanzmatrix)

Das Ergebnis ist ein Groblayout mit Angaben der Materialflussrichtungen, Zu- und Abflüsse. Neben der Materialflussorientierung können auch Produktorientierung, Ausrüstungsorientierung und Stückzahlorientierung als Zielsetzungen angewendet werden. Es existiert eine Vielzahl unterschiedlicher mathematischer, analytischer, heuristischer und grafischer Verfahren für Ideallayout-Entwurf. Alle diese Verfahren

versuchen, materialflussoptimierte Anordnungsstrukturen von Funktionseinheiten zu bestimmen.<sup>125</sup>

### 5.3.4 Gestaltung

Unter der Gestaltung wird die räumlich-funktionelle Einordnung der Ressourcen in die realen Objekte verstanden. Dabei sind verschiedene Restriktionen und Forderungen aus Ökonomie, Ökologie und Arbeitsschutz zu beachten. Die technisch-organisatorische Umsetzung der Ressourcen und von deren Elementen bestimmen maßgeblich das Layout der Produktionsbereiche und betrieblichen Einheiten.<sup>126</sup>



**Abbildung 41: Gestaltung**

Aufgabenbereich der Gestaltung ist die Anpassung der Ressourcen und Anordnungsobjekte an reale Raum- und Flächenstrukturen. Ausgehend von Idealplanungsentwürfen werden Ergebnisse bezüglich realer Anforderungen überarbeitet bzw. das Ideallayout wird detailliert, verändert und eingepasst. Die räumlich-funktionelle Integration erfolgt durch Objektanpassung und -einordnung in das Realsystem. Die Stufen der Realplanung sind:<sup>127</sup>

- Entwurf Reallayout  
Anpassung des Ideallayouts an reale Flächen- und Raumstrukturen.
- Variantenauswahl  
Bewertung und Auswahl von Lösungsvarianten.

Dieser Prozess unterliegt einer Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse. Eine teamorientierte Problembearbeitung in gestufter Form ist erforderlich.

<sup>125</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 162.

<sup>126</sup> Vgl. Schenk/Wirth, 2004, S. 273.

<sup>127</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 168.

## Reallayout-Entwurf

Das Reallayout besitzt einen deutlich detaillierten Charakter und beinhaltet die grafische Darstellung realer Ressourcen und räumlicher Anordnungsobjekte und deren funktionelle, flächen-, raum- und materialflussbezogene Verknüpfungen und Einflussaspekte. Das Reallayout ist ein Kompromiss aus dem Ideallayout und den real verfügbaren Flächen- und Raumstrukturen. Die Einflussfaktoren der Reallayout-Gestaltung sind:

- Produktionsfluss  
Material-, Personal-, Informations- und Mediensysteme
- Produktionsprozessgestaltung  
Prozessstrukturen, Betriebsmittel, Organisationsformen
- Flächen- und Raumstrukturen  
Grundstück, Gebäudestruktur, Flächennutzung
- Logistikprinzipien  
Logistikfunktionen, Anordnungsstrukturen, Logistikelemente
- Kommunikationsfähigkeit  
Kommunikationsgerechte Integration der Objekte und Elementen

Je nach den Fabrikplanungsstrukturen und dem unternehmensinternen Materialfluss sind unterschiedliche Formen des Reallayouts möglich. In den Fällen von Neuplanung ist die Gestaltung optimalen Materialflusses relativ gut erreichbar, in den Fällen von Anpassung an vorgegebene Raumstrukturen ist sie nur bedingt erreichbar. Durch den Einsatz verschiedener Hilfsmittel und Werkzeuge wird ein schnelles und aussagekräftiges Layout entworfen. Eine schnelle und flexible

Variierbarkeit der Layoute ist praktisch für weitere Anpassungen. Die prinzipiellen Methoden der Layout-Planung sind:<sup>128</sup>

- Manuelle Layout-Planungstechniken

Durch probierendes Umordnen und die Anpassung von Objekten und 2D/3D-Modelle wird eine optimale Anordnung auf gerasteter Modellplatte erreicht.

- Rechnergestützte Layout-Planungstechniken

CAD-Planungstools zum Entwurf von Layout-Strukturen bei interaktiven Eingriffs- und Kommunikationsmöglichkeiten. Diese Systeme sind auch bei der Materialflussanalyse einsetzbar.

Für jedes Fabrikplanungsprojekt sollten entsprechend der Wertanalyse mindestens zwei bis drei realistische Realplanungskonzepte ausgearbeitet werden. Die Ausarbeitung der Konzepte erfolgt durch WA-Teams, die für das Projekt fachlich zuständig sind.

## **5.4 Schritt 4 – Auswahl und Feinplanung des Lösungskonzeptes**

Nachdem eine oder mehrere Lösungskonzepte ausgearbeitet sind, werden diese wertanalytisch bewertet, um eines auszuwählen. Das ausgewählte Konzept zeigt den grundsätzlichen technisch-wirtschaftlichen Weg einer Lösung. Das ausgewählte Konzept wird nach dem Prinzip Vom-Groben-zum-Detail fein geplant und als ein Gesamt-Lösungskonzept zusammengestellt. Im Lösungskonzept sind alle projektrelevante Daten (Lösungspläne, Investitionskosten, erforderliche Ressourcen, Risikobewertung, Realisierungszeit, Realisierungsteam, etc.) zu dokumentieren.

In der Feinplanung werden alle Entscheidungen und Ergebnissen der Grobplanung bis zur Ausführungs- und Umsetzungsreife qualitativ bearbeitet. Das Fabrikplanungsprojekt ist in Ausführungsreife vorzulegen. Die Arbeitsinhalte sind je nach Fabrikplanungsaufgabe unterschiedlich. Methoden und Planungsinstrumente für die Anwendung sind in dem vierten wertanalytischen Schritt des Fabrikplanungsprozesses zu finden:<sup>129</sup>

- Nutzwert-Analyse

---

<sup>128</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 169.

<sup>129</sup> Vgl. VDI-GPP, 2011, S. 51.

- FAST-Diagramm
- Kosten/Nutzen-Analyse
- Wirtschaftlichkeitsanalysen
- ROI-Ermittlung
- Prozess-/Platzkosten-Rechnung
- Plausibilitätsprüfung

Der komplexe Charakter des Fabrikplanungsprozesses ist oft mit einer parallelen Bearbeitung überwindbar. Grundsätzlich ist ein aufgabenorientiertes und störungsfreies Zusammenwirken von Ausrüstung, Mensch und Produkt zu sichern. Dabei sind folgende Aspekte zu beachten:<sup>130</sup>

- Feinanordnung der Bearbeitungstechniken – Maschinenaufstellung

Hier sind die Aufstellungsart und Anordnungsformen der Maschinen und zugehörigen Förder- und Lagersysteme zu bearbeiten. Von größter Bedeutung für die Sicherheit des Bedienpersonals und die Funktionsfähigkeit der Ausrüstungen sind die Abstandsmaße von Anlagen und Ausrüstungen. Basis dafür sind die Grundabmessungen zur Sicherung der menschlichen Tätigkeit (Mindestplatzbedarf).

- Schwingungs- und Lärmdämpfung

Der Betriebszustand macht eine anforderungsgerechte Fundamentierung erforderlich. Die auftretenden Schwingungen und Vibrationen sind weitestgehend zu dämpfen. In der Praxis ist dieses Problem mit heutigem Wissen gut beherrschbar.

- Versorgungs- und Entsorgungstechniken

Hier werden die Konzepte zur Umsetzung von Ver- und Entsorgungstechniken in den Flächen- und Raumstrukturen ausgewählt. Wesentliche Medienarten sind Elektroenergie, Gase, Druckluft, Gase, Wasser und Abwasser. Ziel ist die Integration von komplexen Installationsnetzen zur Sicherung ortsflexibler Anschlüsse.

---

<sup>130</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 217ff.

- Arbeitsplatzgestaltung

Hier erfolgt die Feingestaltung von Arbeitsplätzen bei Beachtung anthropometrischer und physiologischer Anforderungen. Arbeitsorganisation, Arbeitsplatzausstattung und Arbeitsumweltgestaltung gehören auch zum Aufgabeninhalt.

- Organisationsart und Informations-/Kommunikationstechniken

Integration von Personal- und Aufbauorganisation des Unternehmens. Detaillierung von Organisationslösungen einschließlich Auswahl und Einsatz von ERP/PPS- und BDE/MDE- Techniken.

- Feingestaltung spezieller Aufgabenkomplexe

Fabrikkonzepte beinhalten oft spezielle Problemstellungen wie Spezialkonstruktionen, Schnittstellen, Systemabläufe usw. die keine Standardlösungen sind. Diese speziellen Aufgaben sind unternehmensintern und -extern zu bearbeiten.

- Erarbeitung des Feinlayouts

Der Prozess der Feinplanung einer Lösungsvariante fordert eine Vielzahl unterschiedlicher Ergebnisse. Diese Ergebnisse sind in Form von Feinlayouts, Funktionsschemata, Aufgabenstellungen, Erläuterungen, Berechnungen, Bedarfslisten, Teilpläne, Investitionskosten usw. zu dokumentieren.

Der Feinplanungsprozess setzt direkt auf den Planungsergebnissen der Grobplanung (Ideallayout, Reallayout) auf, reale Grobstrukturen sind vorbestimmt und werden durch neue, feinere Arbeitsinhalte präzisiert und ergänzt. Die Feinplanung liefert eine Vielzahl unterschiedlicher Ergebnissen, die als Projektdokumentation vorzulegen sind. Während das Wertanalyse-Team alle Details des Projektes kennt, ist das Entscheidungsgremium nur über die wesentlichen Ergebnissen zu informieren.

## 5.5 Schritt 5 – Realisierungsplanung

Sofern das ausgearbeitete Lösungskonzept von der Unternehmensleitung bzw. dem Auftraggeber akzeptiert wird, beginnt die Realisierung. In der Realisierungsphase sind alle konzeptionellen Lösungsvorgaben aus dem Wertanalyse-Arbeitsplan konsequent zu verwirklichen. Demzufolge gelten die Prinzipien des Projektmanagements beginnend mit der Realisierungsplanung. Methoden und Planungswerkzeuge, die zum Einsatz kommen, sind:<sup>131</sup>

- Projektmanagement
- Netzplantechnik
- Projekt-Controlling
- Simultaneous Engineering

Die Realisierungsplanung ist Teil der Projektumsetzung. Sie enthält alle vorbereitenden Aktivitäten, um die reibungslose Umsetzung des Projektes zu sichern. Die Industriepraxis hat gezeigt, dass die Arbeitskomplexe dieses Schrittes aufgrund von Termindruck in zeitlicher Überlappung zu realisieren sind. Folgende Arbeitsinhalte sind zu bearbeiten:<sup>132</sup>

- Festlegung des Projektmanagements
- Erstellung von Genehmigungsanträgen
- Erstellung von Bedarfslisten
- Erarbeitung von Ausschreibungen
- Auftragsvergabe
- Einrichtungs- und Montageplanung
- Planung des Baustellenplans
- Zeitliche Projektablaufplanung
- Kosten- und Finanzbedarfsermittlung

---

<sup>131</sup> Vgl. VDI-GPP, 2011, S. 52

<sup>132</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 218.

Die Planungsschritte Feinplanung, Realisierungsplanung und Ausführung sind direkt inhaltlich und funktionell verbunden. Möglichkeiten zur Sicherung von Endterminen sind durch eine Vielzahl von Methoden und Planungsinstrumente des Projektmanagements gegeben.

## 5.6 Schritt 6 – Ausführung Inbetriebnahme

Ein pünktlicher Beginn der Projektarbeiten ist Voraussetzung dafür, dass die in dem wertanalytischen Arbeitsplan herausgearbeiteten Lösungskonzepte und Ziele erfolgreich abgeschlossen werden. Die Ausführung enthält die Erstellung von Bauwerken, Anlagen, Ausrüstungen, Mediensystemen und Umzügen. In diesem Schritt erfolgt die Umsetzung der in der Realisierungsplanung festgelegten Arbeitskomplexe. Entsprechen den Aspekten der Arbeitskomplexe ist die Ausführung wie folgt gegliedert:<sup>133</sup>

- Ausführung
  - Bau-, Montage-, Installations- und Einrichtungsaktivitäten mit begleitender Steuerung, Kontrolle und Ausführungsüberwachung.
- Übergabe
  - Nach Ausführung und Abnahme erfolgt die Übergabe der Projektlösung vom Auftragnehmer an den Auftraggeber.
- Inbetriebnahme
  - Zeitraum vom Produktionsstart bis zur Erreichung gesetzter Zielgrößen wie Auslastung, Durchsatz, Qualität, Umsatz u.a.

Die Ausführung der Projektlösung ist in der Regel nicht frei von Störungen und Abweichungen. Es ist daher zwingend, ein prozessnahes Projektcontrolling hinsichtlich Kosten, Terminen und Qualität zur Überwachung des Projektfortschritts einzusetzen. Die Sicherung der Inbetriebnahme ist der Schwerpunkt der Projektrealisierung. Die Absicherung der Termine erfolgt durch massive Projektmanagement-Systeme.

Jedes Projekt ist mit einem Abschlussbericht offiziell zu beenden und die Ergebnisse des Projekts sind so auszuwerten, dass die Richtwerte für die zukünftigen

---

<sup>133</sup> Vgl. Grundig, 2009, S. 221.

Wertanalyse-Projekte geschaffen werden können. Projektspezifisch ist es sinnvoll, die Planungshilfsmittel für die einzelnen Arbeitsschritte zu standardisieren und gezielt je nach Aufgabenstellung des Wertanalyse-Projektes anzuwenden. Folgende Regeln sind jedoch bei Anwendung des wertanalytischen Arbeitsplanes unbedingt zu beachten:<sup>134</sup>

- Keine Arbeitsschritte auslassen
- Die Reihenfolge der Arbeitsschritte einhalten

In Großunternehmen ist eine direkte Anbindung der Wertanalyse-Studie an den Vorstand äußerst kompliziert, da die Arbeitsinhalte der Wertanalyse sehr operativ sind. In vielen mittelständischen Unternehmen ist eine nahe Anbindung an die Unternehmensleitung möglich. Die Wertanalyse ist nur dann langfristig erfolgreich, wenn sie auch konstant eingesetzt wird. Sie ist eine wichtige Voraussetzung für ein zielorientiertes Value Management im Unternehmen. Die Wertanalyse ist Bestandteil des unternehmerischen Denkens und bietet ein wesentliches Potential zur Optimierung der Unternehmensziele.<sup>135</sup>

---

<sup>134</sup> Vgl. VDI-GPP, 2011, S. 52.

<sup>135</sup> Vgl. ebd. S. 273.

## 6 Resümee

Die vorliegende Arbeit thematisiert die Integration von Wertanalyse in den Prozess der Fabrikplanung. In der Praxis hat sich die Wertanalyse als systematische Methode zur Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen erfolgreich etabliert und weiterentwickelt. Um den Entwicklungsprozess einer Fabrik erfolgreich durchzuführen, ist eine komplexe und ganzheitliche Methode nötig. Der gesamte Entwicklungsprozess einer Fabrik wird effektiv durchgeführt, wenn es gelingt, alle Teilprozesse und Bereiche der Fabrik systematisch zu analysieren und nach Wirkungen zielorientiert weiterzuentwickeln.

Die Wertanalyse gehört zu denjenigen Methoden, die vielseitig einsetzbar sind. Mit Hilfe der Wertanalyse können fast alle gegenständlichen Objekte wie Produkte, Dienstleistungen oder abstrakte Objekte wie Planungssysteme, Organisationsmodelle oder Produktionsmodelle analysiert und optimiert werden. Der Ablauf einer Wertanalyse orientiert sich am Funktionenkonzept, am Wertkonzept und einem Arbeitsplan, dessen Schritte-Systematik breit definierbar ist.

Der Fabrikplanungsprozess beinhaltet die Lösungen von Problemstellungen der Planung, Realisierung und Inbetriebnahme von Fabriken. Die Fabrikplanung bietet aus technisch-organisatorischer, personeller, ökonomischer und ökologischer Sicht Gestaltungslösungen und Potenziale. Objekte des Fabrikplanungsprozesses sind die Standortbestimmung und die Gebäudeanordnung, der Produktionsprozess mit begleitendem Logistikprozess und den erforderlichen Nebenprozessen sowie Realisierung und Inbetriebnahme. Der Fabrikplanungsprozess wird mit geeigneten wissenschaftlichen Methoden, Modellen und Instrumentarien unterstützt.

Im Fabrikplanungsprozess ist es wichtig, den ganzen Entwicklungsprozess in seinem spezifischen Ablauf und den Schritten wertanalytisch zu beschreiben und zu definieren. Im ersten Schritt eines Fabrikplanungsprozesses erfolgt die Aufgabenstellung bzw. die Projekt-Definition. Der zweite Schritt beschäftigt sich mit einer detaillierten Ist-Analyse. Im dritten Schritt werden erste Grobpläne erstellt. Dieser Schritt ist in zwei Teilschritten, Idealplanung und Realplanung, gegliedert. Hier werden Lösungsalternativen von Bereichen, Teilbereichen, Systemen und Subsystemen entworfen und ausgearbeitet. Der vierten Schritt ist durch die Ergebnisse und Entscheidungen des dritten Schrittes bestimmt. Hier werden Lösungen des dritten Schrittes bis zur Erreichung der Ausführungsreife ausgearbeitet. Im fünften und sechsten Schritt werden Realisierungsplanung und Ausführung sowie Überwachung der Projektumsetzung und Inbetriebnahme durchgeführt.

Methodisch betrachtet ist der Fabrikplanungsprozess ein systematischer, zielorientierter, in aufeinander aufbauenden Schritten strukturierter Prozess. Diese Merkmale unterstützen den Einsatz des Funktions- und Wertkonzepts und die Integration des wertanalytischen Arbeitsplanes mit verschiedenen systematischen Methoden und Planungswerkzeugen. Da die Wertanalyse selbst ein systematischer, in Schritten gegliederter Prozess ist, ist eine Anwendung ohne komplexere Konflikte auch im Fabrikplanungsprozess möglich. Abhängig davon, wie komplex die Planungsaufgabe ist und welche Funktionen und Wertkonzepte zu verbessern sind, ist dementsprechend jeder Schritt in mehrere Teilschritte zu unterteilen. Die Detaillierungstiefe der Bereiche und Teilbereiche ist auch problem- und lösungsabhängig anzupassen.

Zu Beginn wurde die Frage formuliert, ob es möglich ist, einen Fabrikplanungsprozess mit Hilfe der Wertanalyse erfolgreich zu gestalten. Nachdem die theoretischen Grundlagen erläutert wurden, konnten auf dieser Basis im vierten und fünften Kapitel Anwendungen im Fabrikplanungsprozess beschrieben und dargestellt werden. Die Planung eines solchen vollständigen Prozesses ist aufgrund seiner Komplexität und Einzigartigkeit in der Regel objektbezogen anzupassen.

## 7 Literaturverzeichnis

Bronner/Herr, 2006:

Bronner A./Herr S.: Vereinfachte Wertanalyse, Berlin/Heidelberg, 4. Auflage, Springer Verlag, 2006

Erlach, 2007:

Erlach K.: Wertstromdesign, Der Weg zur schlanken Fabrik, Berlin/Heidelberg, Springer Verlag, 2007

Fahlbusch, 2001:

Fahlbusch M.: Einführung und erste Einsätze von Virtual Reality-Systemen in der Fabrikplanung, Aachen, Shaker Verlag, 2001

Grundig, 2009:

Grundig C.-G.: Fabrikplanung, Planungssystematik-Methoden-Anwendungen, München, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, 2009

Ishiwatta, 2001:

Ishiwatta J.: Die flexible Fabrik, Layout-Planung mit Prozess-Analyse, Landsberg am Lech, Moderne Industrie Verlag, 2001

Klein, 2010:

Klein, B.: Wertanalyse-Praxis für Konstrukteure, Ein effizientes Werkzeug in der Produktentwicklung, Renningen, Expert Verlag, 2010

Klevers,2007:

Klevers K.: Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design, Verschwendung erkennen Wertschöpfung steigern, Landsberg am Lech, mi-Fachverlag, 2007

Köklü, 2006:

Köklü K.: Kooperative Fabrikplanung Konzept zur Initiierung, Gestaltung und Lenkung, Kaiserslautern, TU-Kaiserslautern Verlag, 2006

Pawellek, 2008:

Pawellek G.: Ganzheitliche Fabrikplanung, Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung, Berlin/Heidelberg, Springer Verlag, 2008

Schenk/Wirth, 2004:

Schenk M./Wirth S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik, Berlin/Heidelberg, Springer Verlag, 2004

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung, 2011

Wertanalyse-das Tool im Value Management, Düsseldorf, Springer Verlag 2011

Wertanalyse Praxis, 2002:

VDI-Berichte, Wertanalyse Praxis 2002, Düsseldorf, VDI Verlag, 2002

Wertanalyse Praxis, 2008:

VDI-Berichte, Wertanalyse Praxis 2008, Düsseldorf, VDI Verlag, 2008

Wiendahl/Reichardt/Nyhuis, 2009:

Wiendahl H.-P./Reichardt J./Nyhuis P.: Handbuch Fabrikplanung, Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten, München, Carl Hanser Verlag, 2009

Willeke, 2001:

Willeke M.: Prozeßwertanalyse, Aachen, Shaker Verlag, 2001

Witte, 2004:

Witte K.-W.: Neue Konzepte für wandlungsfähige Fabriken und Fabrikparks, Aachen, Shaker Verlag, 2004

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wertanalyse-Strategien .....	8
Abbildung 2: Systemansatz der Wertanalyse .....	9
Abbildung 3: Eingrenzung eines WA-Objektes.....	10
Abbildung 4: Gliederung der Funktionen in der Wertanalyse .....	11
Abbildung 5: Vom Problem zur Lösung mit dem Arbeitsplan .....	14
Abbildung 6: Konzept der Kooperativen Fabrik. ....	33
Abbildung 7: Konzept der Digitalen Fabrik .....	34
Abbildung 8: Konzept der Wandlungsfähigen Fabrik.....	35
Abbildung 9: Konzept der Fraktalen Fabrik. ....	38
Abbildung 10: Fabriktypengliederung nach Betrachtungsebenen .....	39
Abbildung 11: Fabrik-Modell.....	42
Abbildung 12: Fabrik als Funktionenobjekt.....	43
Abbildung 13: Wertsteigerung durch Betriebsmittel.....	44
Abbildung 14: Zeit als Wertfaktor .....	44
Abbildung 15: Fabrikplanungspyramide .....	46
Abbildung 16: WA-Arbeitsplan in der Fabrikplanung .....	47
Abbildung 17: Bewertung von Alternativen.....	49
Abbildung 18: Einteilung der Nutzen- und Kosten-Kriterien .....	50
Abbildung 19: Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse .....	51
Abbildung 20: Planungsinstrumente der Wertanalyse.....	52
Abbildung 21: Vorgehensweisen der Modellbildung.....	53
Abbildung 22: Einflussfaktoren auf Planungsmethoden und -verfahren .....	54
Abbildung 23: Ablauf einer Simulationsstudie .....	55
Abbildung 24: Kosten in den Planungsschritten .....	57
Abbildung 25: Produkt-, Prozess-, Gebäude- und Flächennutzungszyklus.....	58
Abbildung 26: Projektdefinition .....	59
Abbildung 27: Ist-Analyse und Vorplanung .....	62
Abbildung 28: Inversionsgesetz der Fabrikplanung.....	65
Abbildung 29: Break-Even-Diagramm, Grundprinzip.....	67
Abbildung 30: Flusssysteme.....	68
Abbildung 31: Standortplanung .....	71
Abbildung 32: Systematik der Bedarfsabschätzung .....	74
Abbildung 33: Grobplanung.....	76
Abbildung 34: Funktionenbestimmung .....	77
Abbildung 35: Bereichsbezogenes Funktionsschema .....	79
Abbildung 36: Dimensionierung.....	79
Abbildung 37: Grundprinzip der Ermittlung des Kapazitätsbedarfs .....	81
Abbildung 38: Gliederung von Betriebsflächen.....	83

---

Abbildung 39: Strukturierung.....	85
Abbildung 40: Kostenentwicklung im Materialfluss.....	86
Abbildung 41: Gestaltung .....	88

## 9 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
DLZ	Durchlaufzeit
etc.	et cetera
exkl.	exklusive
GPS	Ganzheitliches Produktionssystem
i.d.R	in der Regel
IE	Industrial Engineering, Industrial Engineer (Person)
inkl.	Inklusive
lt.	laut
MTM	Methods-Time Measurement
Min.	Minuten
o.g.	oben genannt
Sek.	Sekunden
Std.	Stunden
Stk.	Stück
tlw.	teilweise
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel