

Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre

# **Ein durchgängiges und integriertes Planungs- und Steuerungsmodell zum Management schlüsselfertiger Bauvorhaben**

Wolfgang Raeder

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Werner

Prüfer der Dissertation:

1. Prüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. H.-J. Bösch
2. Prüfer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. R. Junge

Die Dissertation wurde am 14.3.1996 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 23.7.1996 angenommen.



# Danksagung

„Der Kopf ist rund, damit das Denken  
die Richtung wechseln kann.“

*Francis Picabia*

Die Verknüpfung unterschiedlicher Disziplinen ist seit langem ein zentrales Anliegen meiner wissenschaftlichen und beruflichen Arbeit. Deshalb war es für mich besonders reizvoll, mich im Rahmen meiner Dissertation einem Thema zu widmen, das die verschiedensten technischen, ökonomischen und EDV-bezogenen Aspekte umschließt.

Die Anregung zu dieser Arbeit habe ich von meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. H.-J. Bösch erhalten. Ihm möchte ich an dieser Stelle für seine großzügige Unterstützung meines Dissertationsvorhabens danken.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Prof. Dipl.-Ing. R. Junge, der mir als Koreferent Anregungen bezüglich des Einsatzes des Modells auf seiten des Architekten gegeben hat.

Herrn Prof. Dipl.-Ing. S. Raeder möchte ich für die intensiven Diskussionen danken, die mir vielfältige Impulse zur Entwicklung meines Modells gegeben haben.

Herrn Dipl.-Ing. K. Botz danke ich besonders für seine Beratung in Fragen der Haustechnik, während Herrn Dipl.-Ing. P. Eiermann mein Dank für die freundliche Unterstützung im Rahmen der Fallstudie gilt.

Ein lieber Dank geht an meine Schwester Dipl.-Psych. S. Raeder und an Frau Dipl.-Psych. B. Kommissari, die die Arbeit des Korrekturlesens übernommen haben und an Herrn Dipl.-Des. M. Gschwendtner für seine konstruktiven Anregungen zu Fragen der graphischen Gestaltung.

Schließlich möchte ich meinen Eltern danken, die mir viel Spielraum für meine kreative Entfaltung gaben und die zum Zustandekommen dieser Arbeit wesentlich beigetragen haben.

München, im März 1996

Wolfgang Raeder



# Inhaltsübersicht

1. Einführung .....	1
2. Grundlagen .....	7
3. Entwicklung des Modells .....	21
4. Finanzplanung mit dem Komponenten-Modell .....	43
5. Zusätzliche Vergütungen .....	51
6. Instrumente der Leistungskontrolle .....	61
7. Implementierung des Modells .....	71
8. Strukturierung von Gewerken mit Hilfe von Komponenten .....	85
9. Ausblick: Übertragbarkeit des Komponenten-Modells auf andere Anwendungssituationen .....	135
Anhang: Software-Prototyp zum Komponenten-Modell .....	139
Abbildungsverzeichnis .....	153
Abkürzungsverzeichnis .....	157
Literaturverzeichnis .....	165



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Bedeutung des schlüsselfertigen Bauens .....	1
1.2	Problemstellung .....	1
1.3	Zielsetzung .....	2
1.4	Vorgehensweise .....	3
1.5	Inhalt .....	4
<b>2.</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>7</b>
2.1	Arten von Pauschal-Verträgen .....	7
2.2	Arbeitsschritte des Generalunternehmers im Projektablauf .....	9
2.2.1	Angebotsphase .....	9
2.2.1.1	Planung des Bauablaufs .....	11
2.2.1.2	Ermittlung des Angebotspreises .....	11
2.2.2	Auftragsverhandlung .....	12
2.2.3	Auftragsabwicklung .....	13
2.2.3.1	Vorbereitung der Ausführung .....	13
2.2.3.2	Bauausführung .....	13
2.3	Diskussion vorhandener Konzepte .....	15
2.3.1	Top-Down-Verfahren .....	15
2.3.2	Bottom-Up-Verfahren .....	16
2.3.3	Kritische Würdigung .....	18
<b>3.</b>	<b>Entwicklung des Modells</b> .....	<b>21</b>
3.1	Anforderungen an Planungs- und Steuerungsmodell .....	21
3.1.1	Angebotsbearbeitung .....	21

## IV Inhaltsverzeichnis

3.1.2	Auftragsverhandlung mit dem Auftraggeber. . . . .	21
3.1.3	Ausführungsphase. . . . .	23
3.2	Grundgedanken der Modellkonzeption . . . . .	23
3.2.1	Komponenten als Planungs- und Steuerungseinheiten . . . . .	23
3.2.2	Definition von Komponenten. . . . .	27
3.2.2.1	Strukturierungsansätze für Gewerke . . . . .	28
3.2.3	Räumliche Zuordnung von Komponenten. . . . .	31
3.2.4	Kostenermittlungsverfahren im Vergleich . . . . .	32
3.2.5	Übertragbarkeit auf die Ablaufplanung. . . . .	35
3.2.6	Komponenten und Zahlungsereignisse . . . . .	36
3.2.7	Durchgängigkeit zu Leistungsverzeichnissen . . . . .	37
3.3	Mathematische Zusammenhänge des Modells . . . . .	37
3.3.1	Kostenmodell . . . . .	37
3.3.1.1	Vergabegewinne und -verluste . . . . .	39
3.3.2	Zeitmodell. . . . .	40
<b>4.</b>	<b>Finanzplanung mit dem Komponenten-Modell. . . . .</b>	<b>43</b>
4.1	Bedeutung der Finanzplanung bei schlüsselfertigen Bauvorhaben . . . . .	43
4.2	Gestaltung des Vertragsverhältnisses . . . . .	43
4.3	Notwendigkeit der Koordination der Zahlungsströme. . . . .	44
4.4	Modell zur Finanzplanung . . . . .	44
<b>5.</b>	<b>Zusätzliche Vergütungen . . . . .</b>	<b>51</b>
5.1	Preisgleitung . . . . .	51
5.1.1	Arten von Preisgleitklauseln . . . . .	51
5.1.2	Integration der Preisgleitung in das Komponenten-Modell. . . . .	52
5.1.3	Preisgleitungsklauseln mit Nachunternehmern . . . . .	53
5.2	Berücksichtigung von Nachträgen . . . . .	54
5.2.1	Dokumentation der Kostenermittlung. . . . .	55

5.2.2	Quantifizierung der Nachtragsforderung .....	56
<b>6.</b>	<b>Instrumente der Leistungskontrolle .....</b>	<b>61</b>
6.1	Fertigstellungsgrad .....	61
6.1.1	Deterministische Betrachtung .....	62
6.1.2	Berücksichtigung der Unsicherheit .....	64
6.2	Gesamtrentabilität .....	66
6.2.1	Deterministische Betrachtung .....	66
6.2.2	Berücksichtigung der Unsicherheit .....	67
6.2.3	Sonderfall: Einheitspreisverträge mit Nachunternehmern .....	68
<b>7.</b>	<b>Implementierung des Modells .....</b>	<b>71</b>
7.1	Organisatorische Gestaltung .....	71
7.2	Umsetzung für EDV-Systeme .....	74
7.2.1	Aufgabenbereiche der Softwareunterstützung im Komponenten-Modell	74
7.2.2	Auswahl des Entwicklungssystems .....	76
7.2.3	Datenstrukturierung .....	77
7.2.4	Erweiterungsmöglichkeiten .....	82
<b>8.</b>	<b>Strukturierung von Gewerken mit Hilfe von Komponenten .....</b>	<b>85</b>
8.1	Haustechnik .....	85
8.1.1	Heizanlagen und zentrale Warmwasserbereitung .....	85
8.1.1.1	Strukturierung .....	85
8.1.1.2	Kostenzusammenstellung .....	88
8.1.1.3	Montageablauf .....	91
8.1.2	Sanitäranlagen .....	93
8.1.2.1	Strukturierung .....	93
8.1.2.2	Kostenzusammenstellung .....	94
8.1.2.3	Montageablauf .....	97

## VI Inhaltsverzeichnis

8.1.3	Feuerlöschanlagen . . . . .	97
8.1.3.1	Strukturierung . . . . .	97
8.1.3.2	Kostenzusammenstellung . . . . .	99
8.1.3.3	Montageablauf. . . . .	100
8.1.4	Raumlufttechnische Anlagen . . . . .	101
8.1.4.1	Strukturierung. . . . .	101
8.1.4.2	Kostenzusammenstellung . . . . .	107
8.1.4.2.1	Übergeordnete Kostenermittlung. . . . .	107
8.1.4.2.2	Detaillierte Kostenermittlung . . . . .	108
8.1.4.3	Montageablauf. . . . .	109
8.1.5	Kälteanlagen . . . . .	109
8.1.5.1	Strukturierung. . . . .	109
8.1.5.2	Kostenzusammenstellung . . . . .	110
8.1.5.3	Montageablauf. . . . .	111
8.1.6	Dämmarbeiten an technischen Anlagen. . . . .	111
8.1.7	Elektroinstallation . . . . .	112
8.1.7.1	Starkstromanlagen . . . . .	112
8.1.7.1.1	Strukturierung. . . . .	112
8.1.7.1.1.1	Elektrozentralen . . . . .	112
8.1.7.1.1.2	Leitungssystem . . . . .	112
8.1.7.1.2	Kostenzusammenstellung . . . . .	116
8.1.7.1.3	Montageablauf. . . . .	119
8.1.7.2	Beleuchtungstechnik . . . . .	119
8.1.7.2.1	Kostenzusammenstellung . . . . .	119
8.1.7.3	Schwachstromanlagen. . . . .	120
8.1.7.4	Gebäudeleittechnik. . . . .	120
8.1.7.4.1	Strukturierung. . . . .	120
8.1.7.4.2	Kostenzusammenstellung . . . . .	121

8.1.7.5	Blitzschutzanlagen. . . . .	124
8.1.7.5.1	Strukturierung. . . . .	124
8.1.7.5.2	Kostenzusammenstellung. . . . .	125
8.1.8	Aufzugsanlagen, Parksyste me . . . . .	126
8.2	Ausbauarbeiten . . . . .	127
8.3	Dach und Fassade . . . . .	130
8.4	Rohbau . . . . .	132
<b>9.</b>	<b>Ausblick: Übertragbarkeit des Komponenten-Modells auf andere Anwendungssituationen. . . . .</b>	<b>135</b>
<b>A.</b>	<b>Anhang: Software-Prototyp zum Komponenten-Modell. . . . .</b>	<b>139</b>
A.1	Software-Prototyp zum Komponenten-Modell. . . . .	139
A.1.1	Gewerke . . . . .	141
A.1.2	Katalog-Komponenten . . . . .	142
A.1.3	Raumeinheiten . . . . .	143
A.1.4	Zugeordnete Komponenten. . . . .	143
A.2	Zur Fallstudie . . . . .	145
	<b>Abbildungsverzeichnis. . . . .</b>	<b>153</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis . . . . .</b>	<b>157</b>
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>165</b>



# 1. Einführung

---

## 1.1 Bedeutung des schlüsselfertigen Bauens

Im Laufe der letzten Jahre hat speziell im Hochbau bei der Vergabep Praxis von Bauleistungen eine deutliche Verlagerung von Einheitspreisverträgen hin zu Pauschalpreisverträgen stattgefunden. Indirekt läßt sich dies beispielsweise daran ablesen, daß sich zwischen 1978 - 1989 der Anteil der von Nachunternehmern erbrachten Leistungen am Bruttoproduktionswert der Bauunternehmen (Hochbau und Unternehmen ohne ausgeprägten Schwerpunkt) von 15% auf 25% erhöht hat (vgl. KNECHTEL, 1992)<sup>1</sup>. Ausschlaggebend für diese Entwicklung ist vor allem der Wunsch des Bauherrn nach höherer Kosten- und Terminalsicherheit sowie reduziertem Planungs- und Koordinierungsaufwand, indem nur ein Generalunternehmer anstelle einzelner ausführender Firmen beauftragt wird.

Dieser Trend hat die Rolle der klassischen Bauunternehmung, die sich primär auf Rohbauausführung beschränkt, stark verändert und erweitert. Durch die Übernahme der Gesamtverantwortung für die kosten-, zeit- und qualitätsgerechte Ausführung des Projekts durch den Generalunternehmer (GU) gewinnen die Bereiche Planung und Projektmanagement erheblich an Gewicht. Findet außerdem eine Integration weiterer vor- oder nachgelagerter Leistungen statt, wird dieser Effekt zusätzlich verstärkt.

---

## 1.2 Problemstellung

Aus diesem erweiterten Aufgabenspektrum resultieren insbesondere für den Generalunternehmer folgende Problembereiche:

- ▶ Der ausgedehnte Leistungsumfang, der bei weitem über den Rohbau hinausgeht, führt zu einem entsprechend hohen Aufwand der Angebotserstellung.

---

<sup>1</sup> Aktuelles Zahlenmaterial zum Schlüsselfertig-Bau ist nicht verfügbar, da diese Informationen in Erhebungen der Bauindustrie und des statistischen Bundesamtes nicht systematisch erfaßt werden.

## 2 1. Einführung

Dies gilt insbesondere dann, wenn Leistungsverzeichnisse erstellt werden und eine sehr große Anzahl an Leistungsverzeichnis- (LV-) Positionen verwaltet, kontrolliert und abgerechnet werden müssen.

- ▶ Durch zu grobe Planung in der Angebotsphase entstehen beträchtliche Risiken bezüglich des tatsächlichen Leistungsumfangs.
- ▶ In der Bauausführung muß eine Vielzahl an Gewerken effizient koordiniert und kontrolliert werden und zugleich der hierfür erforderliche Aufwand begrenzt werden.

Trotz dieser besonderen Anforderungen finden in der Praxis nur in geringem Umfang spezielle Instrumente zur Planung und Steuerung schlüsselfertiger Bauvorhaben Anwendung. Dies mag einerseits daran liegen, daß die Aufmerksamkeit für dieses Aufgabenfeld häufig noch fehlt, andererseits daß erst wenige, maßgeschneiderte Instrumente für den Schlüsselfertig-Bau verfügbar sind. An dieser Stelle setzt die vorliegende Arbeit an, indem sie sich mit der Entwicklung eines Instrumentariums für Generalunternehmer zur Planung und Steuerung schlüsselfertiger Bauvorhaben und den verschiedenen Aspekten seiner Anwendung beschäftigt.

---

### 1.3 Zielsetzung

Übergeordnete Zielsetzung ist die Steigerung der Effizienz der Tätigkeit des Generalunternehmers bei der Durchführung schlüsselfertiger Projekte. Zur Erreichung dieses Oberziels werden die folgenden Unterziele formuliert.

- ▶ Häufig lückenhafte Angebotsunterlagen von seiten des Auftraggebers erschweren die Aufgabe des Generalunternehmers, in meist kurzer Zeit einen zutreffenden Angebotspreis zu ermitteln. Das zu entwickelnde Konzept soll hier eine zuverlässigere und trotzdem zeitsparende Kostenermittlung ermöglichen.
- ▶ Voraussetzung für den effizienten Einsatz eines Planungs- und Steuerungsmodells ist die Konsistenz einer Projektdatenstruktur über die gesamte Projektdauer. Deshalb ist der Durchgängigkeit des Modells von der Angebotsphase bis zur Ausführungsphase besonderes Augenmerk zu schenken.

- ▶ Der Kosten- und Ablaufplanung fehlt bisher eine befriedigende Basisstruktur — eine gemeinsame Gliederungsebene wird meist erst nachträglich durch vorgangsbezogene Zusammenfassung von IV-Positionen geschaffen. Um dieses Defizit zu beseitigen, soll eine übergeordnete Strukturierungsebene geschaffen werden, auf der sowohl die Kosten- als auch die Ablaufplanung aufgebaut werden kann und die eine simultane Planung ermöglicht.
- ▶ Da dieses Gliederungskonzept gleichzeitig auch für Leistungskontrolle und -abrechnung verwendbar sein soll, ist besonderes Augenmerk auf einfache Handhabung zu richten und der Datenumfang kompakt zu gestalten, um den notwendigen Zeitaufwand niedrig zu halten.
- ▶ Um die Leistungsabrechnung zu erleichtern und leistungsgerechte Zahlung zu gewährleisten, soll das zu entwickelnde Modell auch die Ebene der Zahlungsplanung abdecken.

Gegenstand des zu entwickelnden Modells sind ausschließlich Fremdleistungen und keine Eigenleistungen des Generalunternehmers. Aus diesem Grund werden typische Eigenleistungen wie der Rohbau nicht im Detail untersucht. Allerdings ist bei konsequenter Organisation des Bauunternehmens nach Profit-Centern auch der Rohbau aus der Sicht des Geschäftsbereichs "Schlüselfertiges Bauen" eine Fremdleistung.

---

## 1.4 Vorgehensweise

Ausgehend von dieser Zielsetzung wird zunächst eine Erhebung des Ist-Zustandes durchgeführt, um die in der Praxis angewandten Vorgehensweisen und die vorhandenen theoretischen Ansätze zu analysieren.

Aus dieser Analyse werden die wesentlichen Anforderungen an die Eigenschaften eines Modells abgeleitet und darauf aufbauend wird das Modell entwickelt. Um die Funktionsfähigkeit und die Abstimmung auf die Anforderungen des praktischen Einsatzes zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern, wird das Modell als Prototyp umgesetzt und anhand einer Fallstudie getestet.

---

## 1.5 Inhalt

Im 2. Kapitel werden zunächst die Grundlagen der schlüsselfertigen Projektdurchführung erläutert (vgl. Abb. 1.1). Hierzu gehören neben Aspekten der Vertragsgestaltung eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Methoden, deren Anwendungsmöglichkeiten und Einsatzgrenzen.

Das 3. Kapitel beschreibt den Ablauf der Modellkonzeption. Zuerst werden die Eigenschaften des Modells dargestellt und anschließend die definitorischen und mathematischen Zusammenhänge dargelegt.

Mit Fragen der Finanzplanung beschäftigt sich das 4. Kapitel, während Inhalt des 5. Kapitels zusätzliche Vergütungen sind. Solche Vergütungen können auf Grund von Preisgleitung oder durch Nachträge anfallen.

Um den Erfolg der Planung zu gewährleisten, ist eine permanente Leistungskontrolle notwendig, deren Instrumente in Kapitel 6 erläutert werden.

Während die vorhergehenden Kapitel die theoretischen Grundlagen des Komponenten-Modells darstellen, werden im 7. Kapitel Aspekte angesprochen, die für den praktischen Einsatz relevant sind. Sie betreffen insbesondere organisatorische Rahmenbedingungen und Möglichkeiten der EDV-gerechten Umsetzung.

Kapitel 8 stellt die Anwendungsmöglichkeiten des Modells für die wichtigsten Gewerke dar. Insbesondere werden Empfehlungen zur Strukturierung gegeben.

Im abschließenden 9. Kapitel wird die Übertragbarkeit des Modells auf Einheitspreisverträge angesprochen.

Der Anhang beschreibt die Gestaltung des Software-Prototyps und gibt einen Überblick zur Fallstudie.

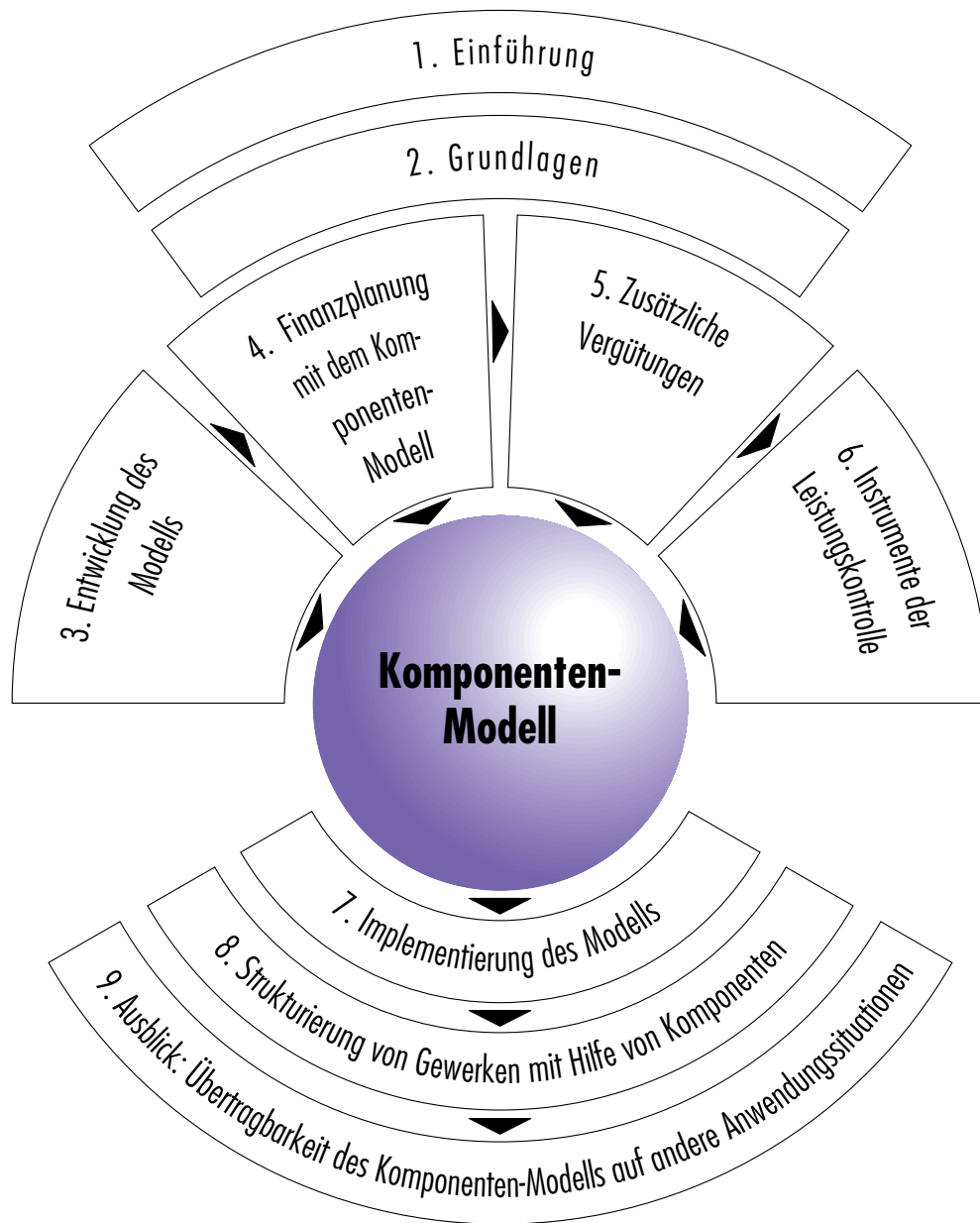


Abb. 1.1: Inhaltsüberblick



## 2. Grundlagen

### 2.1 Arten von Pauschal-Verträgen

Die Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) unterscheidet grundsätzlich zwei Arten von Leistungsverträgen (vgl. Abb. 2.1), nämlich Einheitspreis- und Pauschalverträge (§ 5 Nr. 1 VOB/A). Während Einheitspreisverträge auf Leistungsbeschreibungen mit Vordersätzen und Einheitspreisen basieren und die Vergütung über die tatsächlich ausgeführten Leistungen berechnet wird (§ 2 Nr. 2 VOB/B), erfolgt die Festlegung der zu zahlenden Vergütung bei Pauschalpreisverträgen bereits vor Ausführung (§ 2 Nr. 7 Abs. 1 Satz 1 VOB/B).

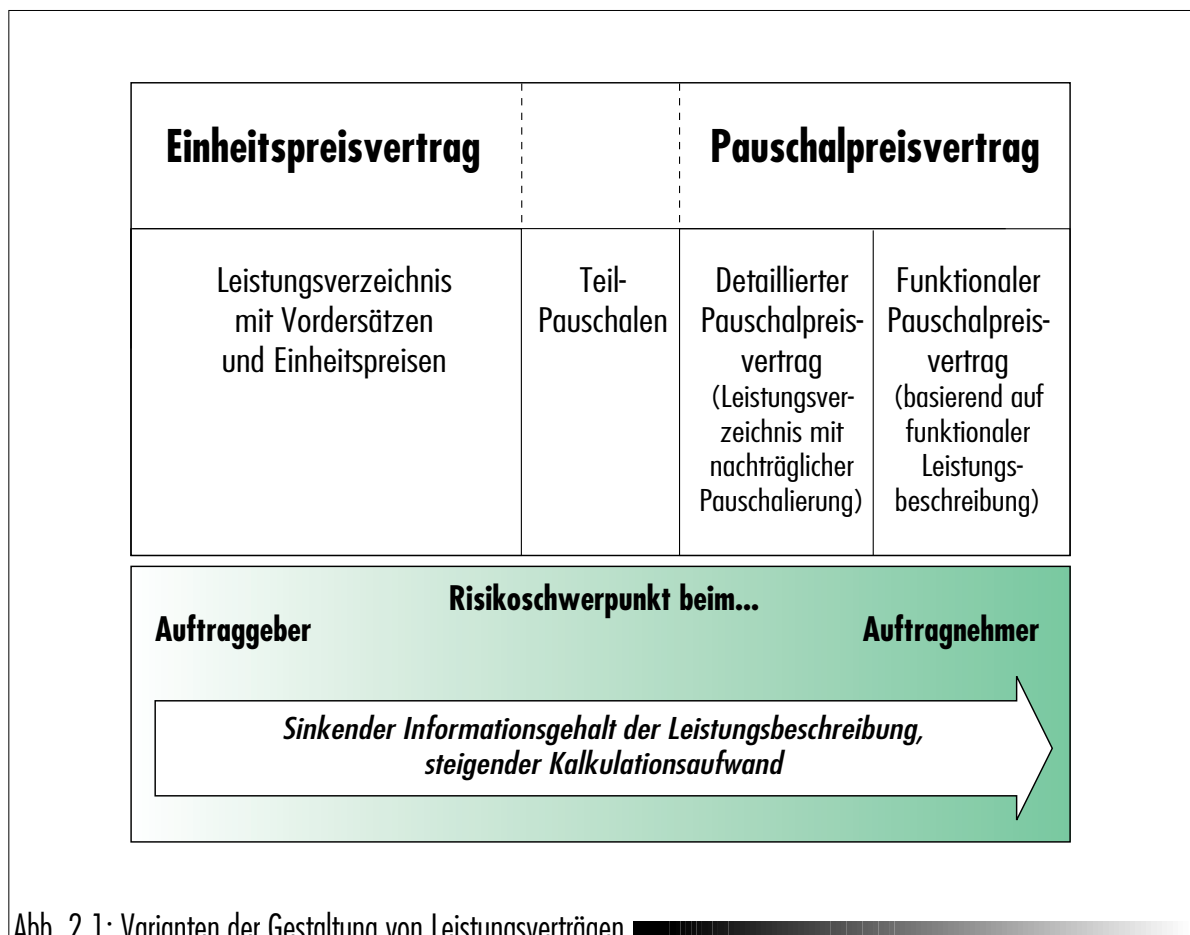


Abb. 2.1: Varianten der Gestaltung von Leistungsverträgen

Vereinbarungen über pauschale Vergütungen können auch im Rahmen von Einheitspreisverträgen getroffen werden, indem die Pauschalierung auf einzelne Gewerke oder Positionen beschränkt wird (§ 2 Nr. 7 Abs. 2 VOB/B). Ein typisches Beispiel für eine häufig pauschalisierte Teilleistung ist die Baustelleneinrichtung.

Bei der Gestaltung von Pauschalpreisverträgen sind eine Vielzahl an Variationen anzutreffen. Grundsätzlich ist die Differenzierung zwischen zwei Hauptvarianten möglich, deren Unterscheidungskriterium der Detailliertheitsgrad der Leistungsbeschreibung ist.

- ▶ **Detaillierten Pauschalpreisverträgen** liegt eine Ausschreibung mit Leistungsverzeichnissen — inklusive Vordersätzen und Einheitspreisen — zugrunde. Der Preis des Angebotes wird erst bei der Vergabe nachträglich pauschaliert. Durch diese genaue Definition der zu erbringenden Leistung, werden die Voraussetzungen von § 5 Nr. 1b VOB/A für eine Pauschalierung — *“... wenn die Leistung nach Ausführungsart und Umfang genau bestimmt ist und mit einer Änderung bei der Ausführung nicht zu rechnen ist ...”* — am besten erfüllt.
- ▶ **Funktionale Pauschalpreisverträge** verzichten auf detaillierte Leistungsverzeichnisse und beschränken sich stattdessen auf funktionale Leistungsbeschreibungen bzw. ein Leistungsprogramm, um *“...auch den Entwurf für die Leistung dem Wettbewerb zu unterstellen...”*. (vgl. § 9 Nr. 10-12 VOB/A). Obwohl im Leistungsprogramm die zu erbringende Leistung genau so vollständig wie in Leistungsverzeichnissen ersichtlich sein muß, wird dieser Anspruch in der Praxis nicht immer erfüllt, weil die funktionalen Anforderungen meist nur grob aufgegliedert werden und Mengenangaben oft fehlen<sup>2</sup>. Dieser reduzierte Detailliertheits- und Genauigkeitsgrad der Angebotsunterlagen zieht im allgemeinen eine Verlagerung des Massen- und Planungsrisikos vom Auftraggeber zum Auftragnehmer nach sich, da es für diesen bei der Angebotserstellung schwieriger wird, den Leistungsumfang zutreffend zu bestimmen. Dieser Effekt der Risikoverlagerung wird bei Individualverträgen erheblich verstärkt. Trotzdem erfreut sich diese Vertragsvariante großer Beliebtheit, da unter anderem durch den Verzicht auf die Ausarbeitung detaillierter Leistungsverzeich-

---

<sup>2</sup> Zu den Konsequenzen für die Bestimmung des geschuldeten Leistungsumfangs vgl. auch MEISSNER (1991) und THODE (1991).

nisse durch den Auftraggeber die Planungsphase verkürzt werden kann (vgl. auch SOMMER, 1994).

Neben diesen Hauptvarianten von Pauschalverträgen finden sich in der Praxis eine Vielzahl weiterer Variationen (vgl. KAPPELLMANN, 1994; ÁGH-ACKERMANN, 1993).

---

## 2.2 Arbeitsschritte des Generalunternehmers im Projektablauf

Die Planungs- und Steuerungstätigkeit des Generalunternehmers für ein schlüsselfertiges Bauvorhaben kann in die Phasen

- ▶ Angebotsbearbeitung<sup>3</sup>,
- ▶ Auftragsverhandlung und
- ▶ Auftragsabwicklung

unterteilt werden (vgl. Abb. 2.2).

---

### 2.2.1 Angebotsphase

Als erster Schritt zur Angebotserstellung sind die verfügbaren Unterlagen (Pläne, funktionale Leistungsbeschreibungen, Raumbücher oder Leistungsverzeichnisse) — vorzugsweise anhand einer Checkliste (vgl. KLÄRNER, 1992; KAPPELLMANN, 1994) — nach folgenden Kriterien zu sichten.

- ▶ **Leistungsumfang:** Zur Ermittlung des Angebotspreises muß geprüft werden, welche Aufgaben in den Bereich des Bauherrn und welche in die Zuständigkeit des Generalunternehmers fallen, also z.B. Planungstätigkeiten, Baugenehmigungen, Anschlüsse, Erschliessungskosten.
- ▶ **Qualitätsniveau:** Der Generalunternehmer muß aus den Angebotsunterlagen das vom Auftraggeber gewünschte Ausstattungsniveau ableiten und die Funktionstüchtigkeit des anzubietenden Bauwerks überprüfen.

---

<sup>3</sup> Zu den Rahmenbedingungen der Ausschreibung vgl. auch BÖSCH (1990).

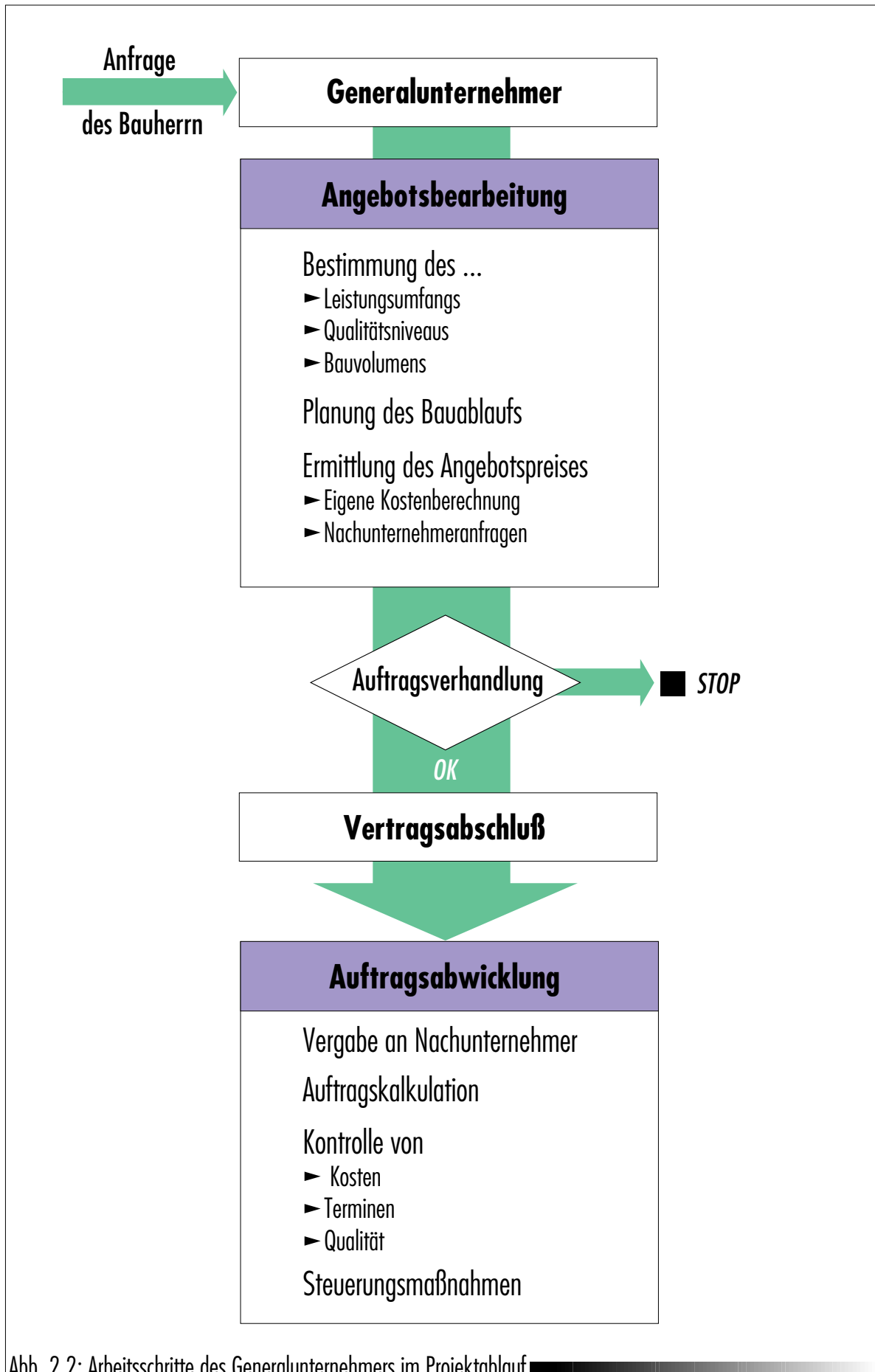


Abb. 2.2: Arbeitsschritte des Generalunternehmers im Projektlauf

- ▶ **Bauvolumen:** Da bei schlüsselfertigen Bauvorhaben im allgemeinen keine Leistungsverzeichnisse mit Mengenangaben vorliegen, hat der Generalunternehmer eigene Massenermittlungen durchzuführen. Zu diesem Zweck stehen unterschiedlich detaillierte und zeitaufwendige Verfahren zur Verfügung. Entweder erfolgt eine eigene Ermittlung (eventuell mit Hilfe von Fachplanern) oder es werden Nachunternehmeranfragen getätigt.

### 2.2.1.1 Planung des Bauablaufs

Im Rahmen der Angebotsbearbeitung ist eine Terminplanung zu erstellen, die Zeitbedarf sowie Start- und Endtermine der verschiedenen Bauarbeiten darstellt. Sie dient vor allem zur

- ▶ zeitlichen Koordination der Gewerke und zur
- ▶ Prüfung der Einhaltung des geplanten Fertigstellungstermins.

Wird der beabsichtigte Fertigstellungstermin überschritten, so ist der geplante Ablauf entsprechend zu modifizieren. Hierzu eignen sich

- ▶ Beschleunigung von Vorgängen und
- ▶ Umstellungen in der Reihenfolge des Ablaufs.

Zur Darstellung des Bauablaufs werden Balkenpläne erstellt, die auf der Schätzung des Zeitbedarfs der einzelnen Arbeitsabläufe beruhen oder die Arbeitsvorgänge werden in einer Netzplanung dargestellt. Vereinzelt werden ein vernetzter Balkenplan oder Weg-Zeit-Diagramme herangezogen<sup>4</sup>.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Arbeitsschritte werden im allgemeinen mehrfach durchlaufen, bis eine optimale Lösung erreicht ist.

---

<sup>4</sup> Eine ausführliche Übersicht über Möglichkeiten der Ablaufplanung geben beispielsweise BRANDENBERGER u. RUOSCH (1993) und SCHEIFELE (1991).

---

### 2.2.1.2 Ermittlung des Angebotspreises

Der nächste Schritt des Generalunternehmers ist die Festlegung seines Angebotspreises. Dies kann mit Hilfe eigener Kostenberechnungen<sup>5</sup> oder durch Einholung von Angeboten bei potentiellen Nachunternehmern geschehen. Als Angebotsunterlagen für die Nachunternehmeranfragen können entweder Leistungsverzeichnisse oder funktionale Leistungsbeschreibungen dienen. Enthalten die Angebotsunterlagen des Auftraggebers bereits Leistungsverzeichnisse, so bietet es sich an, diese für die Nachunternehmeranfragen zu verwenden. Ist hingegen nur eine funktionale Leistungsbeschreibung vorhanden, so kann der Generalunternehmer seinerseits Leistungsverzeichnisse für die Nachunternehmergewerke erstellen oder die vorhandenen funktionalen Beschreibungen an potentielle Nachunternehmer zur Angebotserstellung weiterreichen. In diesem Fall muß der Nachunternehmer die erforderliche weitere Aufbereitung der Unterlagen übernehmen, was auf Grund von erhöhtem Aufwand und größerer Unsicherheit bezüglich des Leistungsumfanges die Höhe des Angebotspreises beeinflusst.

Zusätzlich zu den Kosten der Nachunternehmerleistungen fallen beim Generalunternehmer Baustellengemeinkosten (z.B. für Koordination und Bauleitung), allgemeine Geschäftskosten sowie Zuschläge für Wagnis und Gewinn an. Diese Positionen können mit Hilfe eines Zuschlags auf die Nachunternehmerkosten umgelegt werden. Dieser Zuschlag läßt sich als GU-Zuschlag bezeichnen (vgl. auch KAPPELLMANN, 1994).

---

### 2.2.2 Auftragsverhandlung

Gegenstand der Angebotsverhandlungen sind unter anderem:

- ▶ Endgültige Gestaltung der im Angebot enthaltenen Zahlungsmodalitäten,
- ▶ Ausführliche Behandlung von Terminproblemen,
- ▶ Festlegung von Vertragsstrafen,
- ▶ Vereinbarung von Lohn- und Preisgleitklauseln.

---

<sup>5</sup> Die Begriffe Kostenberechnung und Kostenermittlung werden im Rahmen dieser Arbeit nicht im Sinne von DIN 276 verwendet.

Um die Auswirkungen dieser Verhandlungsergebnisse unmittelbar quantifizieren zu können, sind die vorhandenen Kostenermittlungen und Terminpläne entsprechend zu aktualisieren.

---

## **2.2.3 Auftragsabwicklung**

### **2.2.3.1 Vorbereitung der Ausführung**

Nach Erhalt des Auftrages erfolgt in der Regel die Vergabe an die Nachunternehmer, die sich in der Angebotsphase bereits dem Wettbewerb gestellt haben. Ansonsten müssen weitere Nachunternehmerangebote eingeholt werden, um zu einem angemessenen Preis vergeben zu können. Werden die ursprünglichen Kostenansätze eines Gewerks bei der Vergabe an den Nachunternehmer überschritten, entsteht ein Vergabeverlust, bei Unterschreitung ein Vergabegewinn. In beiden Fällen ist die Auftragskalkulation mit den neuen Werten zu versehen. Es empfiehlt sich, die Zuordnung von erbrachter Leistung und Vergütung im Zahlungsplan festzuhalten.

Weiterhin sind detaillierte Terminpläne für die Nachunternehmer festzulegen (z.B. mit Hilfe der Netzplantechnik) und die Nutzung gemeinsamer Ressourcen (z.B. Kräne, Gerüste) zu koordinieren.

---

### **2.2.3.2 Bauausführung**

Im Gegensatz zu Eigenleistungen sind bei der Ausführung der Nachunternehmerleistungen vom Generalunternehmer primär Koordinierungs- und Überwachungstätigkeiten durchzuführen. Eine detaillierte Erfassung von Stunden etc. ist nicht erforderlich. Im Vordergrund der Kontrolltätigkeit steht die Feststellung der erbrachten Leistung, um

- ▶ den Fertigstellungsgrad zu ermitteln,
- ▶ Abschlagsrechnungen der Nachunternehmer zu kontrollieren,
- ▶ die Erfüllung zahlungsauslösender Ereignisse zu prüfen,

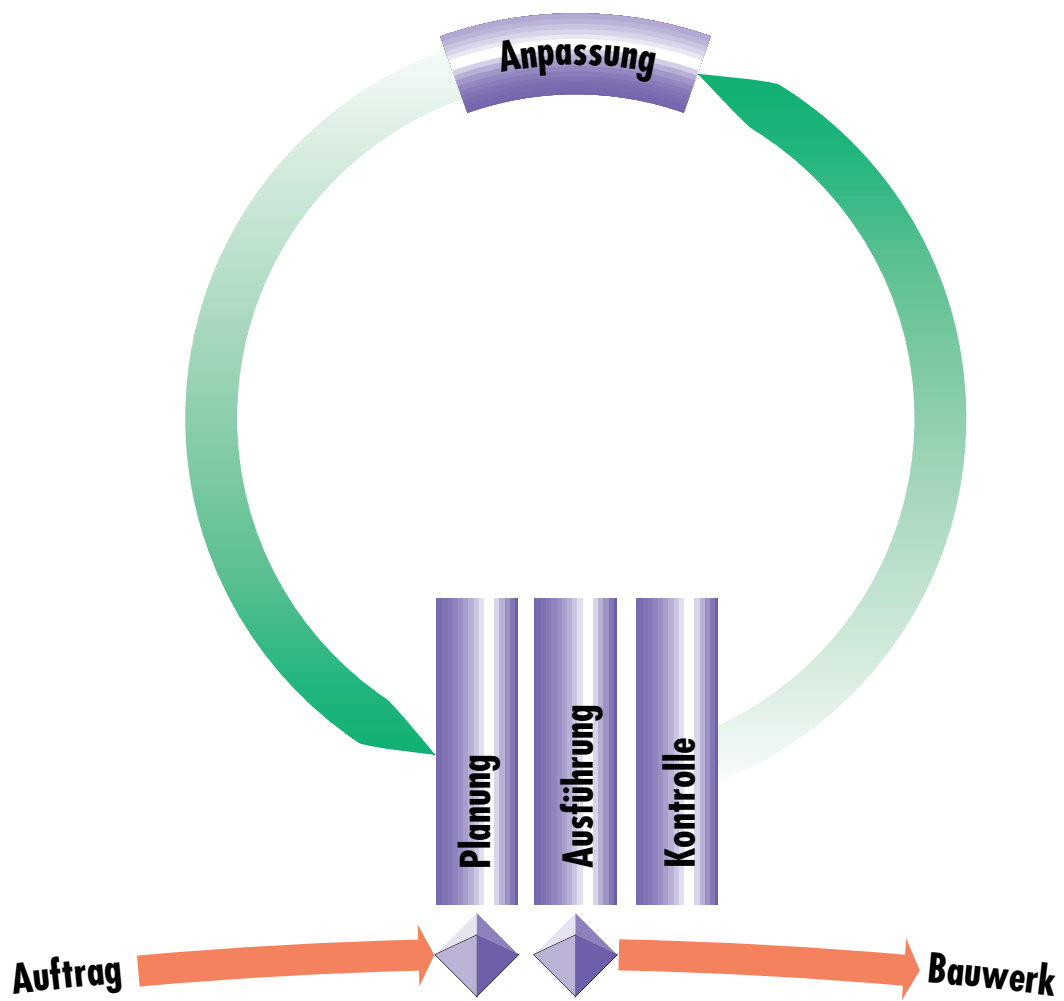


Abb. 2.3: Ablauf des Regelzykluses in der Ausführungsphase (vgl. LESSMANN, 1990)

- ▶ die Einhaltung des Terminplans und die Erfüllung der Qualitätsvorgaben zu überwachen

und bei Abweichungen geeignete Anpassungsmaßnahmen einleiten zu können (vgl. Abb. 2.3).

### 2.3 Diskussion vorhandener Konzepte

Zur Planung und Steuerung von Bauprojekten stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Je nach Anwender-Zielgruppe unterscheiden sich Konzeption und Einsatzvoraussetzungen dieser Verfahren. Anwender-Zielgruppen sind auf der einen Seite Planer und Projektsteuerer, die im Auftrag des Bauherrn tätig werden, auf der anderen Seite Bauunternehmen. Eine Möglichkeit diese Verfahren einzuteilen, ist die Unterscheidung nach der Art der Datenverwaltung (vgl. Abb. 2.4). Entweder wird von einer Grobgliederung der Projektdaten ausgegangen und diese sukzessive verfeinert oder die detaillierten Projektinformationen werden zusammengefasst, um sie besser zur

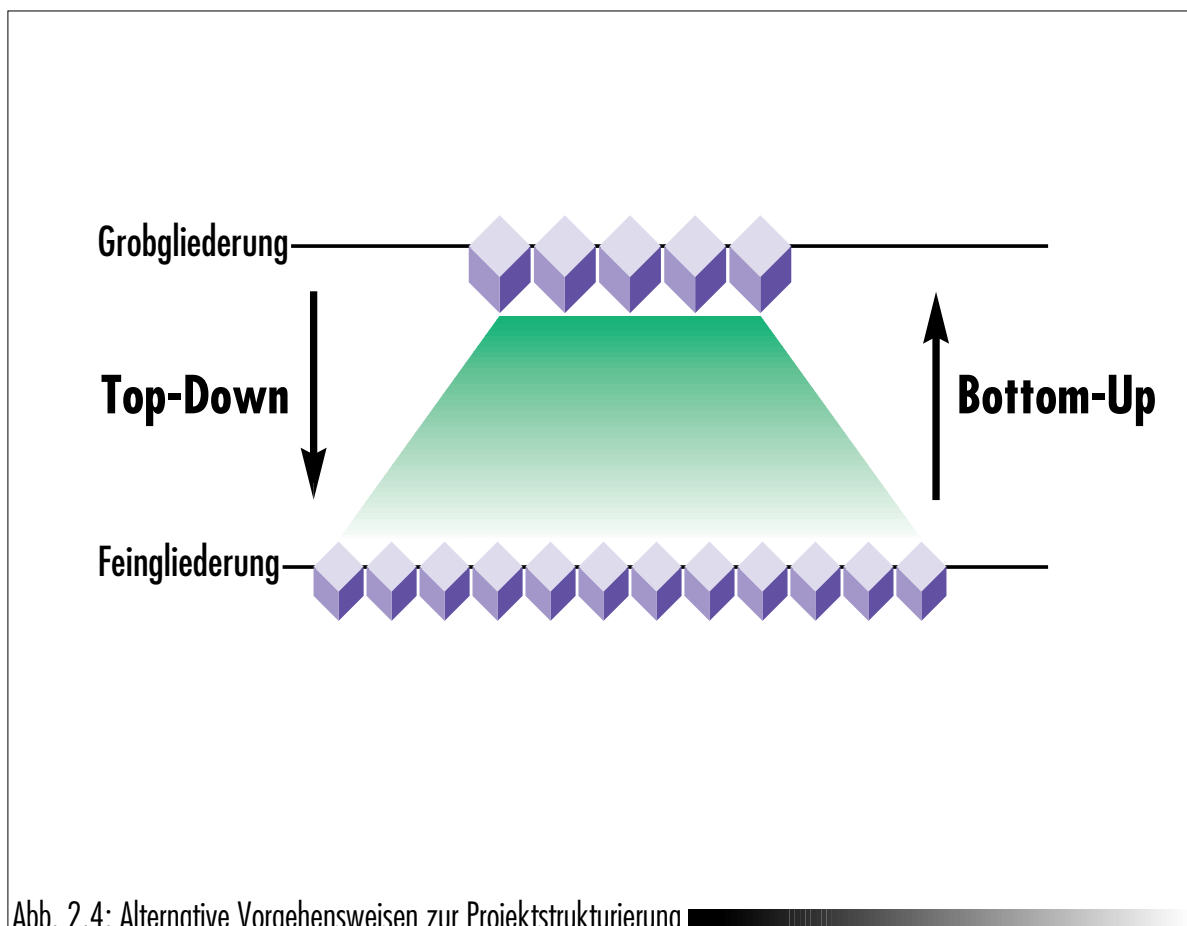


Abb. 2.4: Alternative Vorgehensweisen zur Projektstrukturierung

Kontrolle handhaben zu können. Die erste Vorgehensweise kann deshalb als *Top-Down*-Methode bezeichnet werden, während die zweite unter dem Begriff *Bottom-Up* subsummiert werden kann.

---

### 2.3.1 Top-Down-Verfahren

Diese Verfahren folgen der in DIN 69 901 beschriebenen Vorgehensweise, die ein Projekt mit Hilfe eines Projektstrukturplans stufenweise in Teilaufgaben und Arbeitspakete aufgliedert.

Ausgehend von einer Grobstrukturierung nach Gebäude-Elementen (z.B. Dächer, Innenwände) wird mit fortschreitendem Planungsstand eine Verfeinerung über Feinelemente bis hinab zur Ebene der LV-Positionen vorgenommen (vgl. Abb. 2.5 und HUTZELMEYER, 1983). Diese Verfahren setzen typischerweise bereits in der Planungsphase des Projekts an, so zum Beispiel die Elementmethode der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung (vgl. TREFZER, 1992)<sup>6</sup>.

Ein weiteres Beispiel dieser Kategorie ist die Kostenplanungs- und -steuerungssoftware PRODAT, die aufbauend auf den Kostengruppen der DIN 276 und dem Standardleistungsbuch eine integrierte Kostenberechnung und -überwachung ermöglicht (vgl. KRETSCHMER, 1993). Im Vordergrund steht hierbei die Budgetverwaltung, während die Leistungs- und Terminkontrolle nicht enthalten ist. Diese Konzeption ist vor allem für im Auftrag des Bauherrn tätige Planer und Projektsteuerer geeignet.

Ein ähnliches Verfahren, das auf DIN 276 und den Standardleistungsbüchern aufbaut und Leitpositionen zur Kostenüberwachung verwendet, beschreibt SOMMER (1983).

---

### 2.3.2 Bottom-Up-Verfahren

Diese Methoden verwenden typischerweise die Leistungsverzeichnisse des Bauvertrags als Ausgangsbasis. Hierbei werden nach Auftragserteilung die LV-Positionen tätigkeitsbezogen zu Basispositionen — auch als Jobs bezeichnet — komprimiert (vgl. LESS-

---

<sup>6</sup> Verschiedene Aspekte der Anwendung der Elementmethode werden in folgenden Artikeln diskutiert: JOSS, 1992; NARDO, 1992; SCHOENENBERGER, 1992; THOMA, 1992.

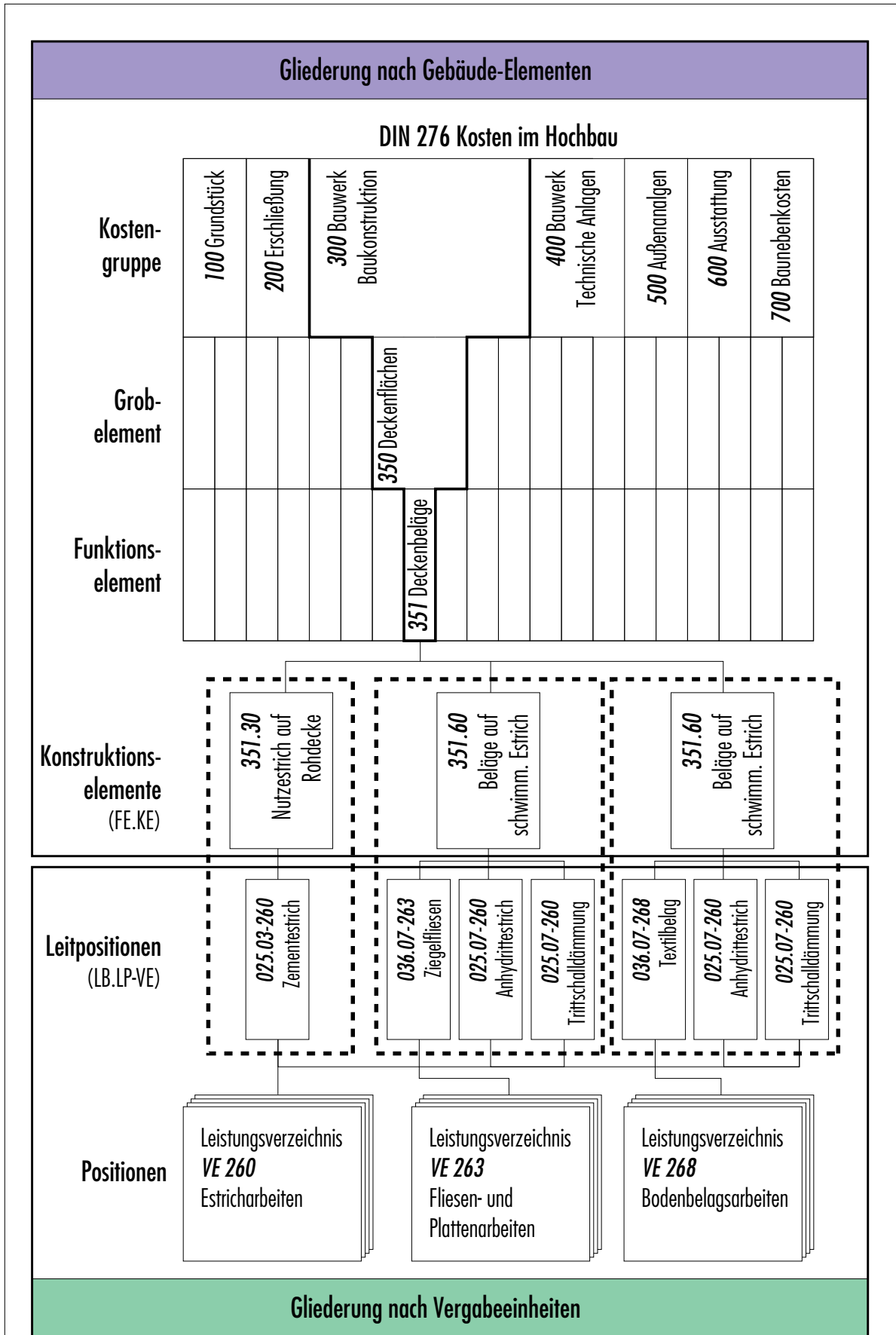


Abb. 2.5: Zusammenhang zwischen Gebäudeelementen und Vergabeeinheiten (vgl. SOMMER 1994)

MANN, 1990; GEHRI, 1992). Zu diesem Zweck wird jeweils ein bestimmter Anteil einer LV-Position einem bestimmten Job zugeordnet (vgl. Abb 2.6). Zusätzlich werden in den Basispositionen Informationen über Aktivitätsdauer, Einsatzmittelgrößen, Leistung, Lohnstunden etc. integriert. Diese Basispositionen dienen anschließend der operativen Kontrolle im Rahmen des Baustellen-Controllings<sup>7</sup>.

Ebenfalls zur Kategorie der *Bottom-Up*-Verfahren gehört das Modell von BÜRKLIN (1989). Dieses Modell verwendet sogenannte Kennmengen-Positionen, die ähnlich wie Jobs aus den LV-Positionen der Auftragskalkulation gebildet werden. Die Verknüpfung zwischen Kennmengen-Positionen und LV-Positionen erfolgt mit Hilfe einer Zuordnungsmatrix. Mit Hilfe von Kennmengen-Positionen werden Leistungsstand und Fertigstellungsgrad des Bauwerks ermittelt. Die gewonnenen Informationen dienen der regelmäßigen Bilanzierung des laufenden Bauvorhabens. Dieses Verfahren ist speziell auf den Einsatz im Rahmen von Pauschalpreisverträgen zugeschnitten.

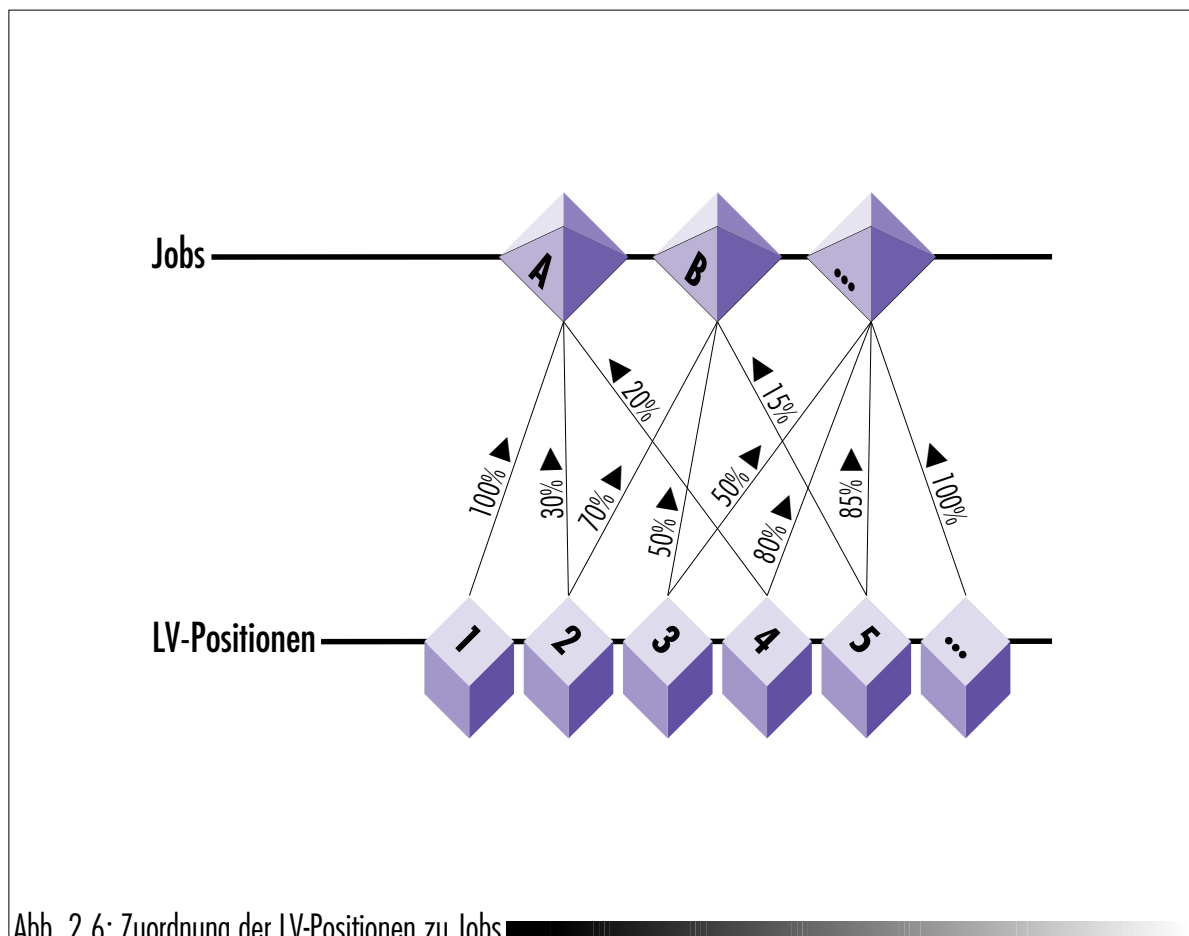


Abb. 2.6: Zuordnung der LV-Positionen zu Jobs

<sup>7</sup> SEELING (1995) beschreibt Erweiterungsmöglichkeiten des Konzepts der Basispositionen in Richtung eines Projekt-Controlling-Systems.

---

### 2.3.3 Kritische Würdigung

Betrachtet man die oben angesprochenen *Top-Down*-Verfahren unter dem Gesichtspunkt der Anwendbarkeit durch Generalunternehmer, so fällt auf, daß durch die Beschränkung auf die Kostenermittlung die für den GU besonders wichtigen Aspekte der Ablaufplanung und -steuerung vernachlässigt werden.

Im Gegensatz dazu orientieren sich die beschriebenen *Bottom-Up*-Verfahren primär an den Abläufen der Bauausführung. Allerdings liefern diese Konzepte dem Generalunternehmer keine Unterstützung in der Angebotsphase. Zusätzlich erfordert die starke Fixierung auf IV-Positionen einen Detaillierungsgrad, der bei Pauschalverträgen nicht in jedem Fall erforderlich ist, da im Gegensatz zu Einheitspreisverträgen IV-Positionen nicht zur Abrechnung benötigt werden. Zusätzlich erhöht die Verwendung von Leistungsverzeichnissen den Aufwand zur Aufbereitung des Datenbestandes, da zunächst eine Zuordnung von IV-Positionen zu Basispositionen erfolgen muß. Somit ist diese Vorgehensweise erheblich besser für den Einsatz bei Einheitspreisverträgen als für Pauschalverträge prädestiniert.



## **3. Entwicklung des Modells**

---

### **3.1 Anforderungen an ein Planungs- und Steuerungsmodell**

Erster Schritt zur Entwicklung eines durchgängigen Planungs- und Steuerungskonzepts ist die Analyse, wie die Tätigkeiten des Generalunternehmers im Projektverlauf unter Effizienzgesichtspunkten gestaltet werden sollten.

---

#### **3.1.1 Angebotsbearbeitung**

Der meist knapp bemessene Zeit- und Kostenrahmen zur Angebotserstellung macht es zur Notwendigkeit, mit geringem Zeitaufwand auf Basis der terminlichen Planung den Angebotspreis mit möglichst hoher Genauigkeit zu ermitteln. Anzustreben ist außerdem, daß die gewonnenen Daten nach Auftragserhalt unmittelbar für die Weiterbearbeitung des Auftrags übernommen werden können.

---

#### **3.1.2 Auftragsverhandlung mit dem Auftraggeber**

Für die Auftragsverhandlung sollte das Modell insbesondere die Quantifizierung folgender Aspekte ermöglichen:

- ▶ Auswirkungen der vereinbarten Zahlungsmodalitäten auf das Preisgefüge,
- ▶ Einfluß von Ausstattungsvarianten auf den Angebotspreis.

Die Verhandlungsergebnisse haben unmittelbar in den Projektdatenbestand einzufließen, um sofort die Konsequenzen auf die vorhandene Planung erkennen zu können.



Abb. 3.1: Informationsfluß zwischen Modell und Regelzyklus

---

### 3.1.3 Ausführungsphase

Nach Vertragsabschluß müssen die vorhandenen Daten für die Ausführungsphase aktualisiert werden. Da die Vergabe der Nachunternehmerleistungen sowohl in Form von Pauschal- als auch Einheitspreisverträgen erfolgen kann, müssen beide Varianten vom Modell unterstützt werden. Dabei entstehende Vergabegewinne oder -verluste sind in den Kostenansätzen der Gewerke zu berücksichtigen. Zusätzlich muß das Modell die Planung der in den Nachunternehmerverträgen festzulegenden Ausführungstermine und Zahlungsmodalitäten (z.B. zahlungsauslösende Ereignisse) ermöglichen. Während der Projektausführung sind die notwendigen Kontroll- und Steuerungstätigkeiten zu unterstützen. Hierzu ist es erforderlich, den Ist-Zustand des Projekts ermitteln und mit den Planwerten vergleichen zu können. Ergeben sich Abweichungen und sind Anpassungsmaßnahmen zu treffen, so müssen diese als Aktualisierungen wiederum in den Datenbestand des Modells einfließen können (vgl. Abb. 3.1).

---

## 3.2 Grundgedanken der Modellkonzeption

Um die im vorhergehenden Abschnitt genannten Anforderungen zu erfüllen, sind zunächst folgende Fragestellungen zu klären.

- ▶ Welche Methode der Projektstrukturierung ist zu wählen?
- ▶ Wie kann eine Kosten- und Leistungseinheit definiert werden, die in sämtlichen Projektphasen vom Generalunternehmer von der Angebots- bis zur Ausführungsphase einsetzbar ist?
- ▶ Wie hoch darf der Detaillierungsgrad sein, um ausreichend genaue Informationen zu erhalten und trotzdem den Aufwand zur Anwendung in Grenzen zu halten?

---

### 3.2.1 Komponenten als Planungs- und Steuerungseinheiten

In den vorhergehenden Abschnitten wurden bereits verschiedene Einheiten zur Erfassung und Strukturierung eines Bauvorhabens angesprochen, die in Mikro- (z.B. LV-Positionen) und Makroeinheiten wie Gebäude-Elemente unterteilt werden können.

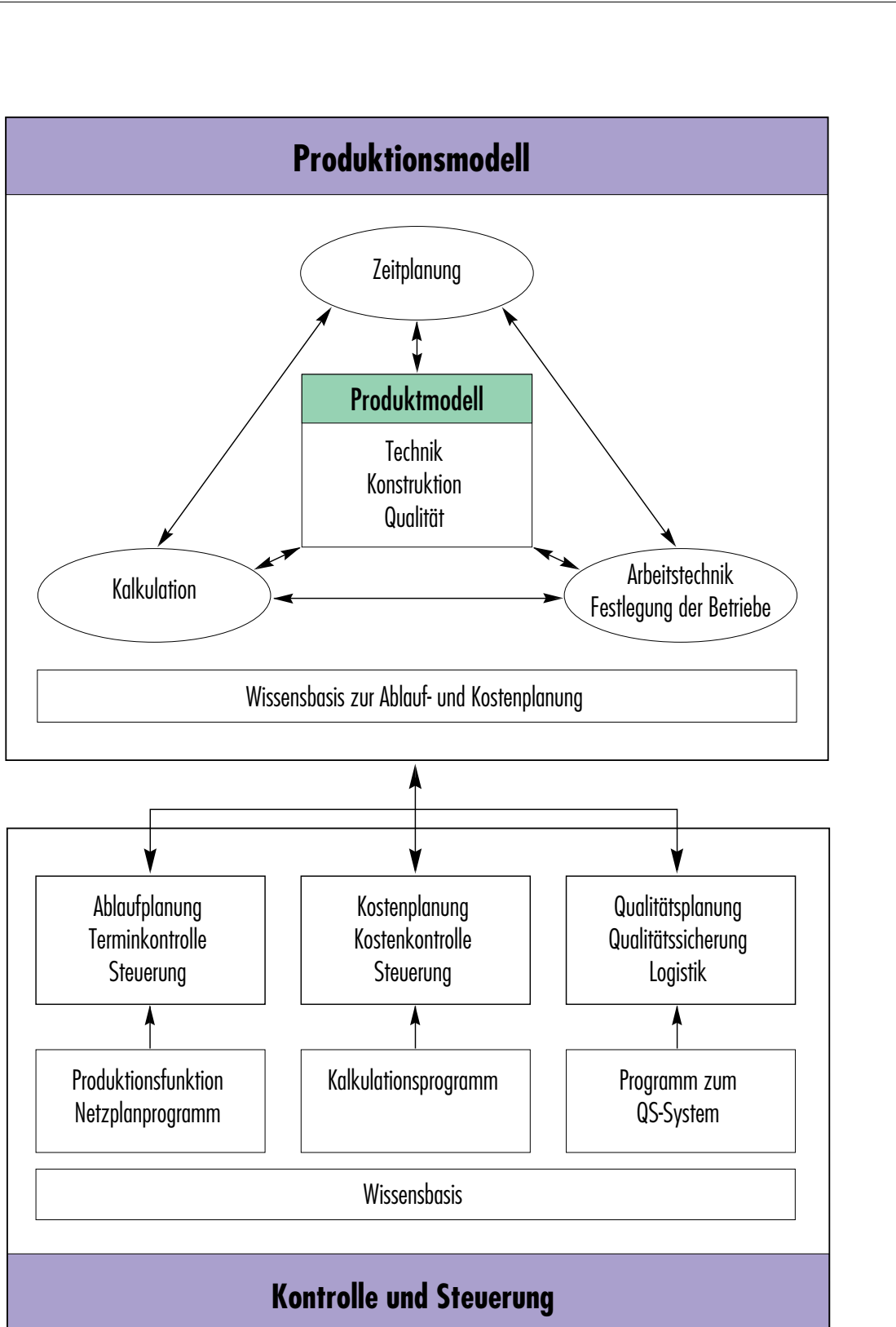


Abb. 3.2: Schema des Produktionsmodells (vgl. BÖSCH und SCHUB, 1994)

Je nach Anwender-Zielgruppe besitzen Makroeinheiten unterschiedliche Attribute. So enthält beispielsweise die Makroeinheit *Job* Informationen über den Stundenverbrauch, da dieser für den Bauleiter als Anwender von essentieller Bedeutung als Kontroll- und Steuerungsgröße ist (vgl. GEHRI, 1992).

Anwender-Zielgruppe in der vorliegenden Arbeit sind Generalunternehmer, für die ebenfalls spezielle Attribute relevant sind. Hierfür wird als neue Makroeinheit die *Komponente* — ein Begriff, der ursprünglich aus dem Anlagenbau stammt — definiert<sup>8</sup>. Die Summe aller Komponenten soll ähnlich dem Produktionsmodell (vgl. Abb. 3.2) alle relevanten Eigenschaften des Bauvorhabens abbilden.

Eine wesentlicher Aspekt von Komponenten sind die Strukturierungsdimensionen der Projektdaten (vgl. Abb. 3.3):

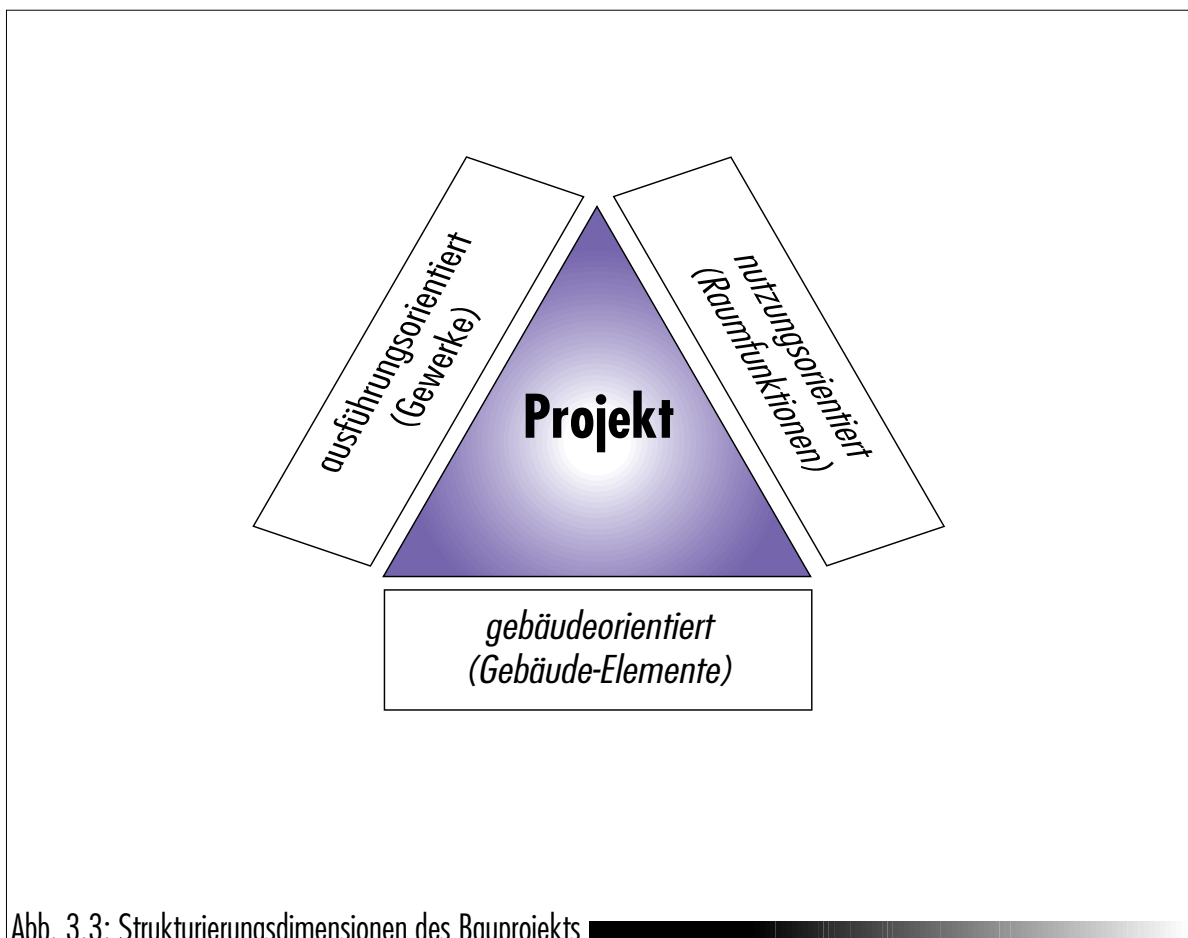


Abb. 3.3: Strukturierungsdimensionen des Bauprojekts

<sup>8</sup> BLECKEN u. MEYER (1980) verwenden den Begriff *Komponente* in einer Definition, die inhaltlich weitestgehend den Gebäudeeinheiten entspricht.

- ▶ **Ausführungsorientierung:** Die Perspektive des Generalunternehmers ist primär auf die Ausführung, ihre Kosten und Organisation gerichtet. Dieser Tatsache trägt die ausführungsorientierte Gliederung nach Gewerken Rechnung. Diese Strukturierungsdimension ermöglicht, daß Komponenten gleichzeitig als Kostengröße, aber auch als Vorgang oder Tätigkeit aufgefaßt werden können.
- ▶ **Nutzungsorientierung:** Das Komponenten-Modell berücksichtigt Raumfunktionen und Raumprogramme, d.h. jede Komponente wird mit einer Raumeinheit des Gebäudes verknüpft. Für diese räumliche Gliederung sprechen insbesondere drei Gründe:
  1. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Raumfunktion und Ausstattung. Diese Zuordnung läßt mit bestimmten Kostenansätzen je Raum eine Kostenermittlung für alle gleichartigen Räume zu (z.B. Naßzellen).
  2. Die Koppelung von Komponenten mit Raumeinheiten erleichtert die Ablaufplanung, da die Montageaktivitäten verschiedener Gewerke im allgemeinen nicht gleichzeitig in denselben Räumlichkeiten ablaufen können.
  3. Auf diese Weise kann eine vereinfachte Abrechnung der erbrachten Leistung praktiziert werden, indem für bestimmte Raumeinheiten und Gewerke zahlungsauslösende Ereignisse definiert werden. Ein solches zahlungsauslösendes Ereignis kann beispielsweise die Fertigstellung der Montage der Lüftungskanäle in einem Geschoß sein. Der Generalunternehmer muß lediglich Vollständigkeit und Funktionstüchtigkeit überprüfen, während der Umfang der zu diesem Zeitpunkt erbrachten Leistung nicht mehr quantifiziert werden muß.

Eine Strukturierung nach Raumeinheiten wird besonders dann erleichtert, wenn vom Auftraggeber mit den Angebotsunterlagen ein Raumbuch geliefert wird.

- ▶ **Gebäudeorientierung:** Diese Strukturierungsmethode nach Gebäudeelementen wird in DIN 276 benutzt. Sie besitzt für das Komponenten-Modell gegenüber den beiden anderen Strukturierungsdimensionen eine geringere Bedeutung, da mit Hilfe von Gebäudeelementen zwar Kosten berechnet werden

können, jedoch die Ablaufplanung nicht berücksichtigt wird.

Neben diesen Informationen bezüglich der Zuordnung zu einem Gewerk und einer Raumeinheit enthält jede Komponente zusätzliche Informationen bezüglich:

- ▶ **Menge,**
- ▶ **Kosten:** Zusätzlich zu den Gesamtkosten kann die Aufteilung der Kosten in Lohn und Material erfaßt werden.
- ▶ **Zeit:** Da Komponenten ausführungsbezogen sind, liegt es nahe, ihnen auch Zeitinformationen zuzuordnen, um sie als Basis für die Terminplanung verwenden zu können. Die Zeitinformationen umfassen den Zeitbedarf einer Komponente sowie zeitliche Abhängigkeiten hervorgerufen durch Anordnungsbeziehungen zu anderen Komponenten. Diese Daten dienen als Basis zur Netzplanung.
- ▶ **Kontrollinformationen:** Um Komponenten in der Ausführungsphase als Kontrollinstrument nutzen zu können, sind in der Datenstruktur von Komponenten zusätzlich Informationen über Soll- und Ist-Werte der Mengen und der Termine sowie die Fertigstellungsgrade enthalten.

Mit diesem Informationsumfang vereinigt die Komponente wesentliche Eigenschaften von *Gebäudeelement* und *Job*.

Zur Definition von Komponenten für ein konkretes Bauvorhaben und zur Erfassung der oben beschriebenen Informationen dienen neben Plänen, die funktionale Leistungsbeschreibung und das Raumbuch.

---

### 3.2.2 Definition von Komponenten

In diesem Abschnitt soll beschrieben werden, nach welchen Grundsätzen Komponenten gebildet werden können. Detaillierte Vorschläge für spezielle Gewerke gibt Kapitel 8. Bei der Definition der Komponenten sind die Anforderungen sowohl der Angebotsphase als auch der Ausführungsphase zu berücksichtigen. Da Komponenten ausführungorientierte Einheiten sind, ist jede Komponente eindeutig einem Gewerk zugeordnet. Bei der Festlegung von Komponenten hat eine zuverlässige Kostenermittlung zur Angebotserstellung bei gleichzeitig nicht zu starker Detaillierung Vorrang, wäh-

rend zur Ablaufplanung eine gute Abbildung der Arbeitsvorgänge mit Hilfe der Komponenten erwünscht ist.

---

### 3.2.2.1 Strukturierungsansätze für Gewerke

In Abhängigkeit der spezifischen Eigenschaften eines Gewerks werden unterschiedliche Strukturierungsansätze angewandt. Gewerke, deren Mengen unmittelbar aus Flächen (z.B. Estrich) oder nach Stückzahlen (z.B. Fenster) zu ermitteln sind, werden in eine oder mehrere Komponenten zerlegt. Dies gilt für Gewerke des Rohbaus, des allgemeinen Ausbaus, von Dach und Fassade. Als Bezugsgröße können beispielsweise Wand-, Fassaden- oder Grundflächen von Räumen dienen.

Technische Gewerke, die auf komplexe Weise mit der Gebäudestruktur verknüpft sind, müssen detaillierter aufgegliedert werden, um Komponenten zu erhalten, die bezüglich ihrer Kosten gut berechenbar sind. Grundsätzlich können technische Systeme in Gebäuden in drei Schichten zerlegt werden, die die unterschiedlichen Funktionen des Systems abbilden (vgl. Abb. 3.4). Wendet man dieses Konzept beispielsweise auf das Heizungssystem an, so bildet die Heizungszentrale die Kernkomponente, Rohrleitungen zu den Heizkörpern sind Verbindungskomponenten und die Heizkörper entsprechen peripheren Komponenten.

Diese Einteilung bietet zwei entscheidende Vorteile:

1. Bei dieser Vorgehensweise kann ein Teil der Komponenten bezüglich ihrer Massen unmittelbar aus den Entwurfsunterlagen oder Raumbüchern ermittelt werden, beispielsweise als Stückzahl.
2. Gleichzeitig kann die Zuverlässigkeit der Kostenprognose gesteigert werden, da die Streuung der Kosten jeweils den verursachenden Komponenten zugeordnet wird.

Als Beispiel soll das Heizungssystem dienen: Während die Kosten der Heizkörper und Heizungszentrale unmittelbar über DM/Stück bzw. DM/KW quantifiziert werden können, liegen bei den Rohrleitungen komplexere Zusammenhänge vor. Durch die separate Betrachtung der Rohrleitungen kann jedoch eine kausale Abhängigkeit der Kosten der Rohrleitungen von der Gebäude-

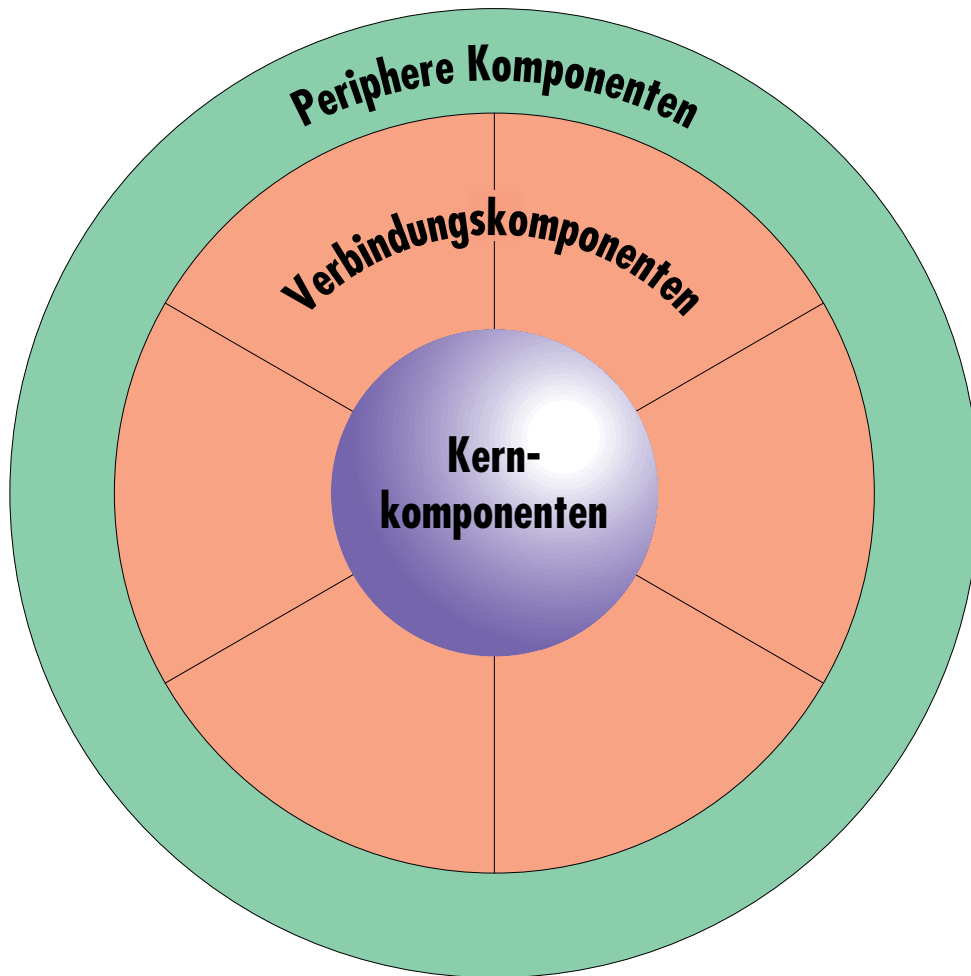
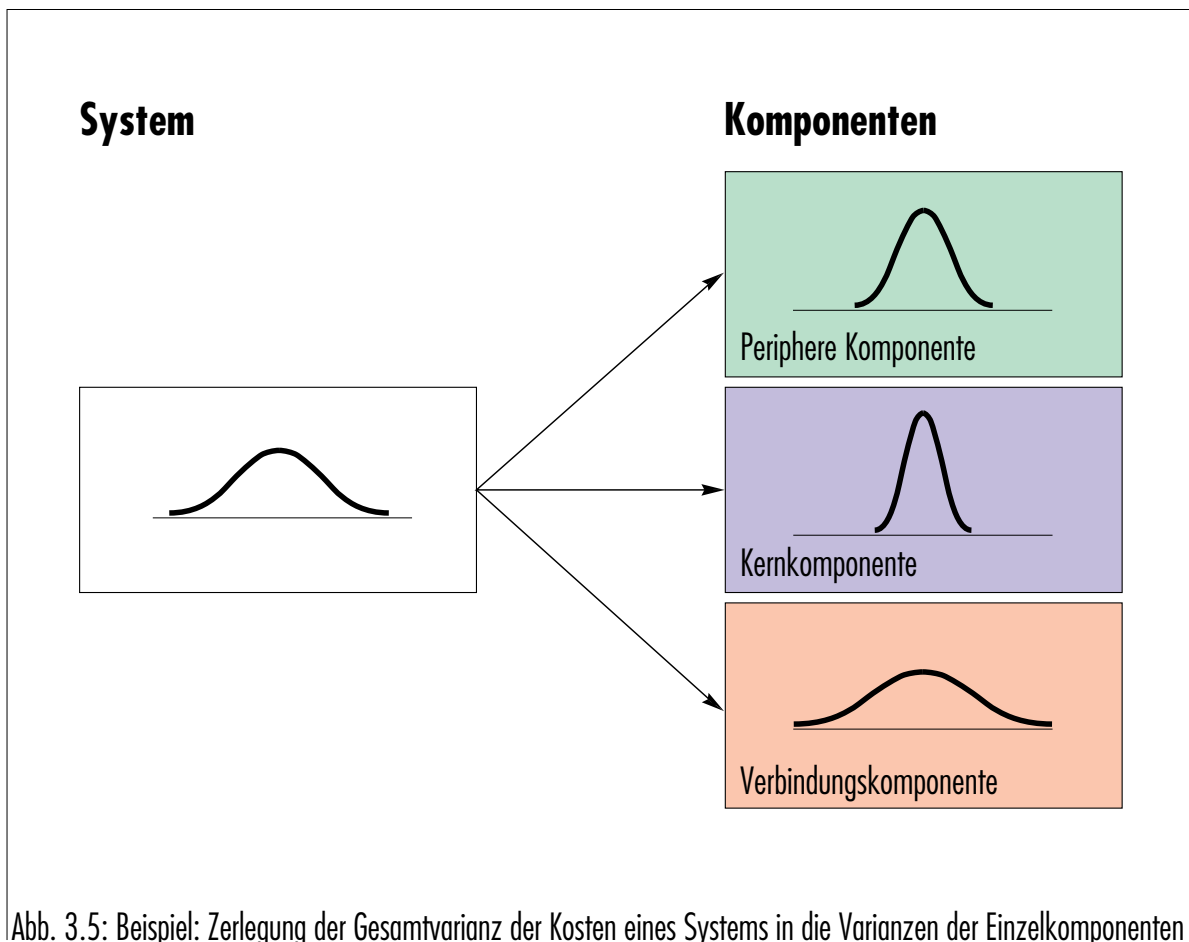


Abb. 3.4: Schichtweise Strukturierung eines technischen Systems

form hergestellt werden. Dadurch ist eine Steigerung der Genauigkeit der Kostenprognose möglich, da ein großer Anteil der Varianz durch kausale Zusammenhänge erklärt wird. Diese kausale Fundierung erhöht die Aussagekraft von Modellrelationen (vgl. HANSSMANN, 1987).

Allgemein läßt sich sagen, daß die Kostenvarianzen bei Kernkomponenten am geringsten sind (vgl. Abb. 3.5), während periphere Komponenten eine mittlere Streuung aufweisen und Verbindungskomponenten am stärksten streuen.

Diese Art der Strukturierung kommt der genaueren kosten- und montageablaufgerechten Erfassung technischer Gewerke entgegen, was insbesondere unter dem Gesichtspunkt des insgesamt steigenden Installationsgrades von Gebäuden und dem zunehmenden Kostenanteil der haustechnischen Installationen von Vorteil ist.



### 3.2.3 Räumliche Zuordnung von Komponenten

Nach der Definition der Komponenten erfolgt in einem zweiten Schritt die Verknüpfung der Komponenten mit dem Raumprogramm (vgl. Abb 3.6). Diese räumliche Strukturierung ermöglicht die Nutzung der gewonnenen Daten für die Ablauf- und Zahlungsplanung.

Das Raumprogramm beschreibt die Hierarchie der Raumeinheiten (vgl. Abb. 3.7), wobei Raumeinheiten einen Oberbegriff für Räume, Geschosse und Gebäudeabschnitte bilden. Durch flexible Zuordnung der Komponenten auf unterschiedlichen Hierarchieebenen dieses Raumprogramms können Komponenten so zugeordnet werden wie es den technischen Gegebenheiten entspricht und gleichzeitig kann die Gliederungstiefe angemessen gewählt werden.

Ein Beispiel: Beim Heizungssystem ist die Komponente *Heizungszentrale* eindeutig einem Raum zuordenbar, während die Komponente *Steigstränge* durch alle Geschosse verläuft und somit entweder anteilig den Geschossen oder komplett dem Bauab-

		Raumeinheiten					
		A	B	C	D	E	...
Komponenten	1	●		●			
	2					●	●
	3	●	●				
	4	●			●		
	5			●			●
	6					●	
	7	●					
	...		●	●	●		

Abb. 3.6: Zuordnungsmatrix zwischen Komponenten und Gebäudestruktur

schnitt zuzuordnen ist. Andererseits kann eine Anzahl von Räumen gleicher Ausstattung zu einem *virtuellen* Raum zusammengefasst (z.B. alle Büroräume einer Etage) und dadurch die Datenmenge reduziert werden.

Durch Parametrisierung von Komponenten mit den Abmessungen der zugehörigen Raumeinheit, lässt sich der Aufwand zur Datenerfassung verringern. So ergeben sich beispielsweise die Flächen von Estrich, Bodenbelag und Deckenverkleidung aus der Grundfläche der zugeordneten Raumeinheit.

### 3.2.4 Kostenermittlungsverfahren im Vergleich

Um das Konzept der Komponenten mit anderen Kostenermittlungsverfahren vergleichen zu können, werden zwei Kriterien verwendet.

- **Zeit- und Kostenaufwand:** Ein für die Kostenberechnung entscheidender Aspekt ist der notwendige Aufwand, denn die zur Angebotserstellung verfü-

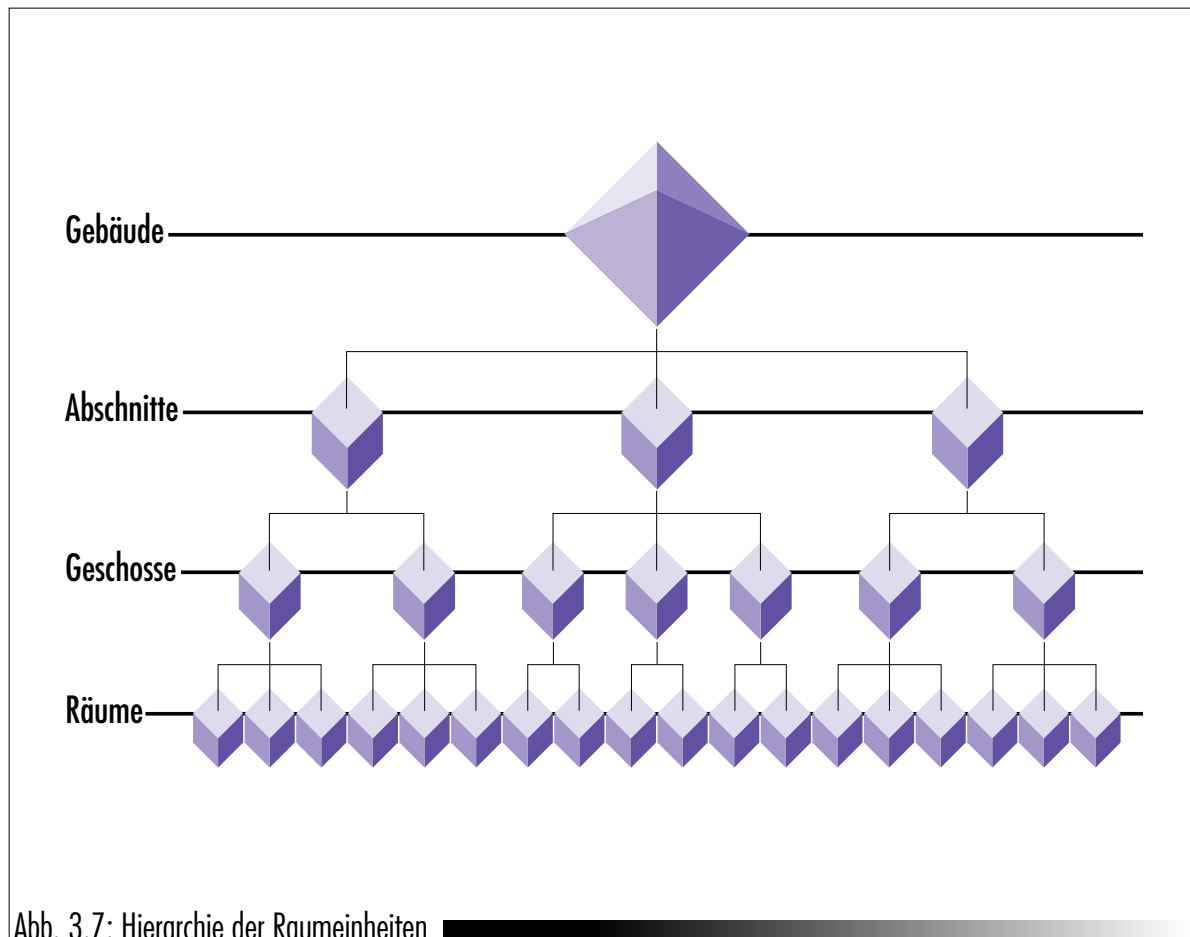


Abb. 3.7: Hierarchie der Raumeinheiten

bare Zeit ist meist knapp bemessen und der Aufwand der Angebotserstellung wird nicht vergütet.

- **Genauigkeit der Kostenermittlung:** Dieses Kriterium dient als Maßstab für die Qualität der Kostenermittlung und ist um so höher ausgeprägt, je geringer die Abweichung zwischen vorab ermittelten Kosten und bei der Ausführung tatsächlich entstandenen Kosten ist.

Vergleicht man die verschiedenen Kostenermittlungsmethoden bezüglich dieser Gesichtspunkte ergibt sich folgendes Bild (vgl. Abb.3.8):

- **Kennwertverfahren** ermöglichen eine einfache und schnelle, aber auch relativ ungenaue Kostenberechnung. Als Kennwert wird beispielsweise der Preis je  $m^3$  umbautem Raum bzw.  $m^3$  BRI verwandt. Durch Multiplikation mit dem zugehörigen Bezugswert ergeben sich die geschätzten Kosten. Der Kennwert basiert auf Erfahrungswerten des Anwenders und kann in Abhängigkeit von der Gebäudedefunktion (Wohngebäude, Büro, Krankenhaus etc.) gewählt werden.

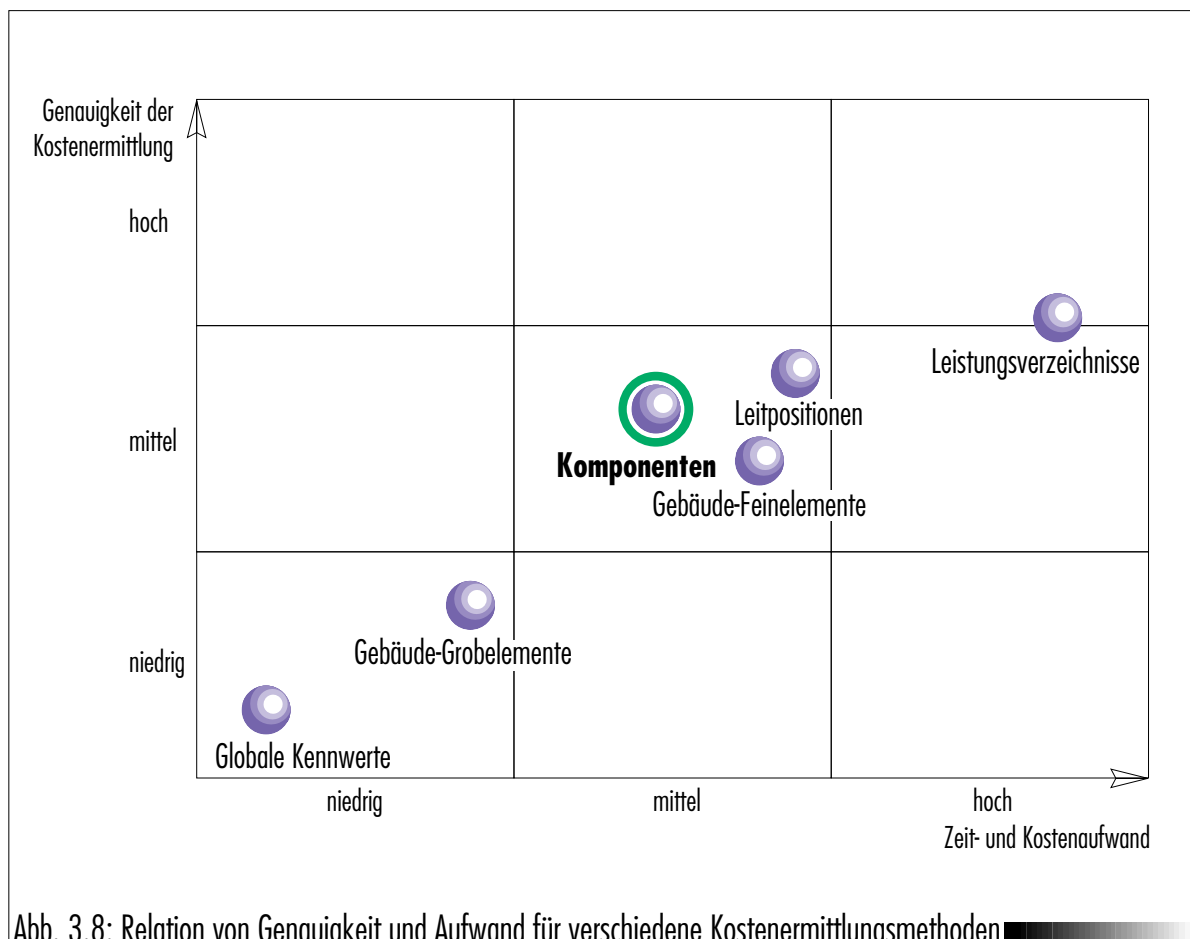


Abb. 3.8: Relation von Genauigkeit und Aufwand für verschiedene Kostenermittlungsmethoden

Schwierigkeiten können sich aus der Verfügbarkeit von Daten vergleichbarer Projekte und ihrer Übertragbarkeit auf das aktuelle Projekt ergeben. Durch die Konzentration auf einen Kennwert ist das Resultat mit großen Unsicherheiten im Gesamtbetrag behaftet (vgl. hierzu auch KAPPELLMANN, 1994). Eine gewisse Erhöhung der Genauigkeit der Berechnung kann durch feinere Spezifizierung der Kennwerte nach Kostengruppen oder Bauteilen erreicht werden (vgl. z.B. FUCHSBICHLER, 1990).

Ein grundlegendes Problem von Kennwertverfahren ist die fehlende Dokumentation anderer Vergleichszahlen der Kostenermittlung. Dies kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn durch Änderungen im Bauprogramm durch den Auftraggeber Nachtragsforderungen des Generalunternehmers entstehen, die nach geltender Rechtsprechung auf der ursprünglichen Kalkulation aufbauen müssen (siehe z.B. DÖBEREINER, 1984; INGENSTAU, 1993).

- ▶ **Aufstellung von Leistungsverzeichnissen:** Wenn LVs in den Angebotsunterlagen enthalten sind, bietet sich deren Verwendung zur Kostenberechnung an. Ansonsten ist jedoch der Aufwand der Erstellung sehr hoch, trotzdem läßt sich die Genauigkeit der Kostenberechnung nur begrenzt steigern, da bei schlüsselfertigen Bauvorhaben in den Angebotsunterlagen viele Details oft nicht ausreichend genau beschrieben sind, um exakte Massen zu ermitteln.
- ▶ **Bildung von Leitpositionen:** Dieser Methode liegt die Überlegung zugrunde, daß im allgemeinen nur ein kleiner Teil der LV-Positionen den überwiegenden Teil der Kosten eines Bauwerks verursacht. Diese kostenrelevanten Positionen werden mit Hilfe einer ABC-Analyse (siehe z.B. KESSLER, 1985) identifiziert und zur Kostenberechnung benutzt (vgl. HEPERMANN, 1985; DIEDERICHS, 1986). So kann der Aufwand gegenüber Leistungsverzeichnissen reduziert werden, ohne die Genauigkeit allzu stark zu beeinträchtigen.
- ▶ **Gebäude-Elemente:** Eine Verbesserung der Qualität der Kostenberechnung gegenüber einfachen Kennwertverfahren ermöglicht die Verwendung von Gebäude-Elementen. Je nachdem ob Grob- oder Feinelemente verwendet werden, ergibt sich ein unterschiedlicher Genauigkeitsgrad der Kostenermittlung (vgl. z.B. HUTZELMEYER, 1984; KALUSCHE, 1984).

Ordnet man nun das Konzept der Komponenten in diesen Rahmen ein, dann zeigt sich eine ähnliche Relation zwischen Aufwand und Genauigkeit wie bei Verwendung von Gebäude-Feinelementen.

### 3.2.5 Übertragbarkeit auf die Ablaufplanung

Während zur Kostenermittlung eine stärkere Komprimierung der Daten erwünscht ist, müssen bei der Ablaufplanung vor allem Abhängigkeiten zwischen Tätigkeiten berücksichtigt werden. Deshalb ist es erforderlich, zur Kostenberechnung definierte Komponenten später zur Ablaufplanung in mehrere Vorgänge zerlegen zu können. Zu diesem Zweck ist eine Aufspaltung einer Komponente in mehrere Unter-Komponenten für die Feinplanung des Bauablaufs möglich (vgl. Abb. 3.9). Bei der Aufteilung einer Komponente sind Kosten und Zeitbedarf verursachungsgerecht auf die Unterkomponenten zu verteilen.

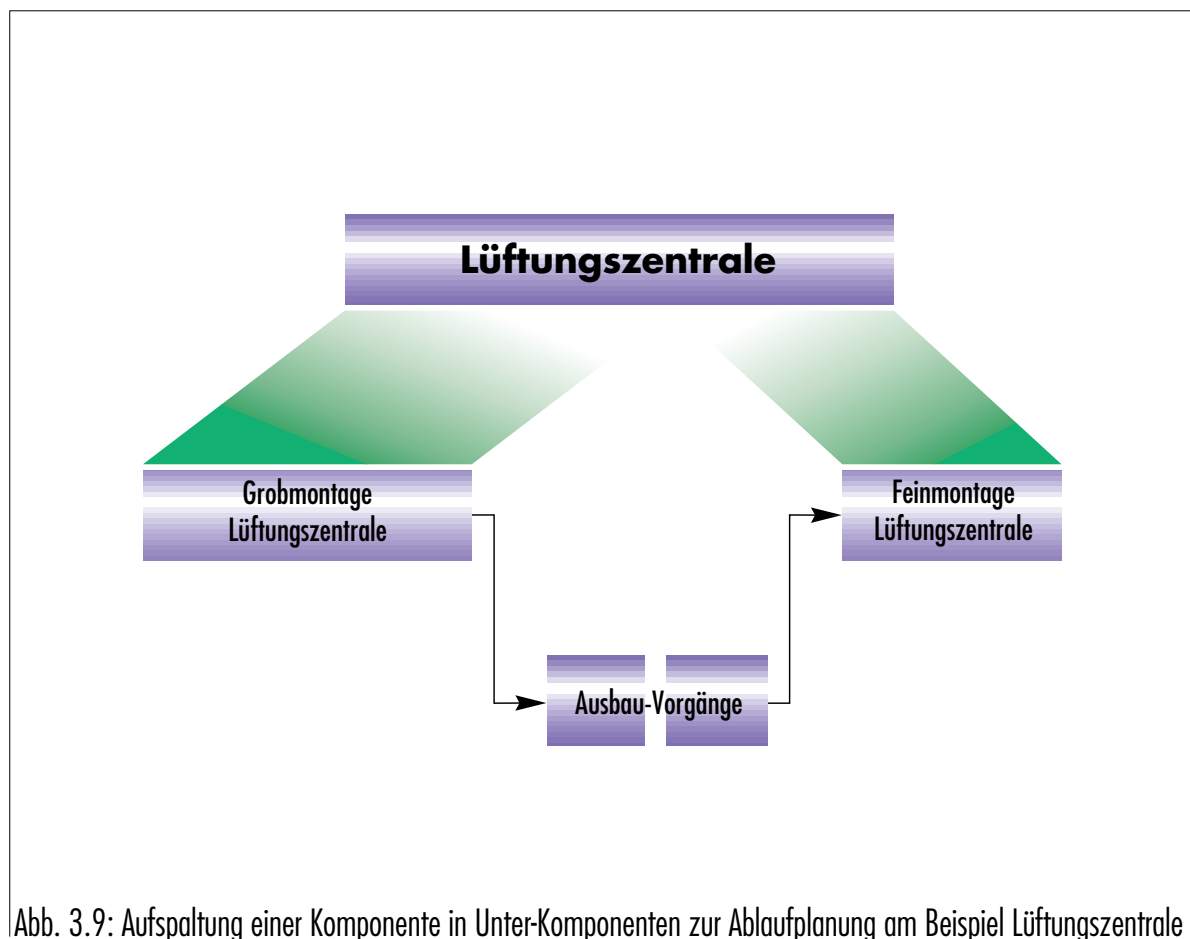


Abb. 3.9: Aufspaltung einer Komponente in Unter-Komponenten zur Ablaufplanung am Beispiel Lüftungszentrale

### 3.2.6 Komponenten und Zahlungsereignisse

Zur Regelung der Zahlungsmodalitäten stehen eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung. Häufig angewandte Lösungen sind:

- ▶ **Monatliche Rechnungsstellung** der erbrachten Leistungen,
- ▶ **Vereinbarung eines Ratenzahlungsplans** der Bauleistungen, der einen bestimmten Prozentsatz der Auftragssumme als monatliche Abschlagszahlung vorsieht (vgl. HIRSCHBERGER, 1975),
- ▶ **Zahlungsauslösende Ereignisse:** Bei Vertragsabschluß werden Abschlagszahlungen in festgelegter Höhe an den Eintritt bestimmter, auslösender Ereignisse geknüpft. Bei Eintritt des betreffenden Ereignisses wird die Zahlung sofort fällig. Zahlungsauslösende Ereignisse können sowohl zwischen Generalunternehmer und Nachunternehmern als auch zwischen Auftraggeber und Generalunternehmer vereinbart werden. Mit Hilfe von Komponenten lassen sich solche Zahlungsereignisse besonders einfach festlegen (vgl. auch Kapitel 4).

Die Verwendung von zahlungsauslösenden Ereignissen bietet folgende Vorteile:

- ▶ **Reduzierter Verifikationsaufwand:** Vom Generalunternehmer sind lediglich die Vollständigkeit, eventuell auch die Funktionstüchtigkeit der zugehörigen Leistung zu überprüfen. Eine zeitaufwendige Kontrolle der Abschlagsrechnungen anhand von LV-Positionen entfällt.
- ▶ **Steigerung der Zielorientierung:** Die ausführenden Firmen werden durch Vereinbarung von zahlungsauslösenden Ereignissen motiviert, zielgerichtet auf die Erreichung des nächsten auslösenden Ereignisses hinarbeiten, um möglichst frühzeitig die entsprechende Rate zu erhalten. Dies kommt der Einhaltung des Ablaufplans zugute. Voraussetzung für das Funktionieren dieses Konzepts ist allerdings, daß möglichst alle Nachunternehmer einbezogen werden und die Definition der zahlungsauslösenden Ereignisse so präzise ist, daß zur Erfüllung des Ereignisses tatsächlich alle Voraussetzungen erfüllt sein müssen.

Bei der Festlegung zahlungsauslösender Ereignisse ist außerdem besonders darauf zu achten, daß Abhängigkeiten zwischen Gewerken vollständig berücksichtig

sichtigt werden, um alle Leistungen in den Zahlungsplan eingehen zu lassen.

- **Vereinfachte Zahlungsplanung:** Durch Vereinbarung von Zahlungsereignissen läßt sich sowohl vom Auftraggeber als auch vom Generalunternehmer Zeitpunkt und Höhe von Zahlungen und damit auch deren Finanzierung relativ genau vorausplanen.

---

### 3.2.7 Durchgängigkeit zu Leistungsverzeichnissen

Das nach wie vor gängigste Verfahren zur Vergabe und Durchführung von Bauleistungen ist besonders bei Einheitspreisverträgen die Verwendung von Leistungsverzeichnissen, denn LV-Positionen bilden die kleinste gemeinsame Einheit für sämtliche Methoden der Strukturierung (z.B. DIN 276, Standardleistungsbuch). Auch bei schlüsselfertigen Bauvorhaben wird oft ein Teil der Gewerke per Einheitspreisvertrag an Nachunternehmer vergeben. Aus diesem Grund ist es möglich im Ausnahmefall Komponenten weiter in LV-Positionen aufzuschlüsseln. Zu diesem Zweck wird definiert, aus welchen LV-Positionen und dazugehörigen, anteiligen Mengen sich eine bestimmte Komponente je Mengeneinheit zusammensetzt. Durch Aufsummierung über sämtliche Komponenten entsteht anschließend das Leistungsverzeichnis mit der Gesamtmenge für jede LV-Position.

Durch diese Kompatibilität ist ein nebeneinander von Einheitspreis- und Pauschalpreisvertrag für die Nachunternehmerleistungen möglich (vgl. Abb. 3.10).

---

## 3.3 Mathematische Zusammenhänge des Modells<sup>9</sup>

### 3.3.1 Kostenmodell

Der Angebotspreis  $AP$  des Generalunternehmers setzt sich aus Eigenleistungen  $AP_E$  und der Summe der Fremdleistungen  $AP_F$  zusammen:

$$AP = AP_E + \sum AP_F \quad (\text{Formel 3.1})$$

---

<sup>9</sup> Die in den mathematischen Formeln enthaltenen Formelzeichen sind im Abkürzungsverzeichnis zusammenfassend dargestellt.

Werden vom Unternehmer keine Eigenleistungen erbracht — was beispielsweise bei Generalübernehmern und Bauträgern der Fall ist — so gilt:

$$AP_E = 0$$

Der Angebotspreis einer Fremdleistung für Gewerk  $i$  resultiert aus den Kosten des Gewerks  $K_{Gi}$  multipliziert mit dem GU-Zuschlag  $z_{GU}$ :

$$AP_{Fi} = z_{GU} K_{Gi} \quad (\text{Formel 3.2})$$

Die Kosten eines Gewerks wiederum ergeben sich allgemein aus der Summe der Kosten der zugehörigen Komponenten:

$$K_{Gi} = \sum_j K_{Kij} \quad (\text{Formel 3.3})$$

mit:  $K_{Kij}$  Kosten einer Komponente  $j$  des Gewerks  $i$ .

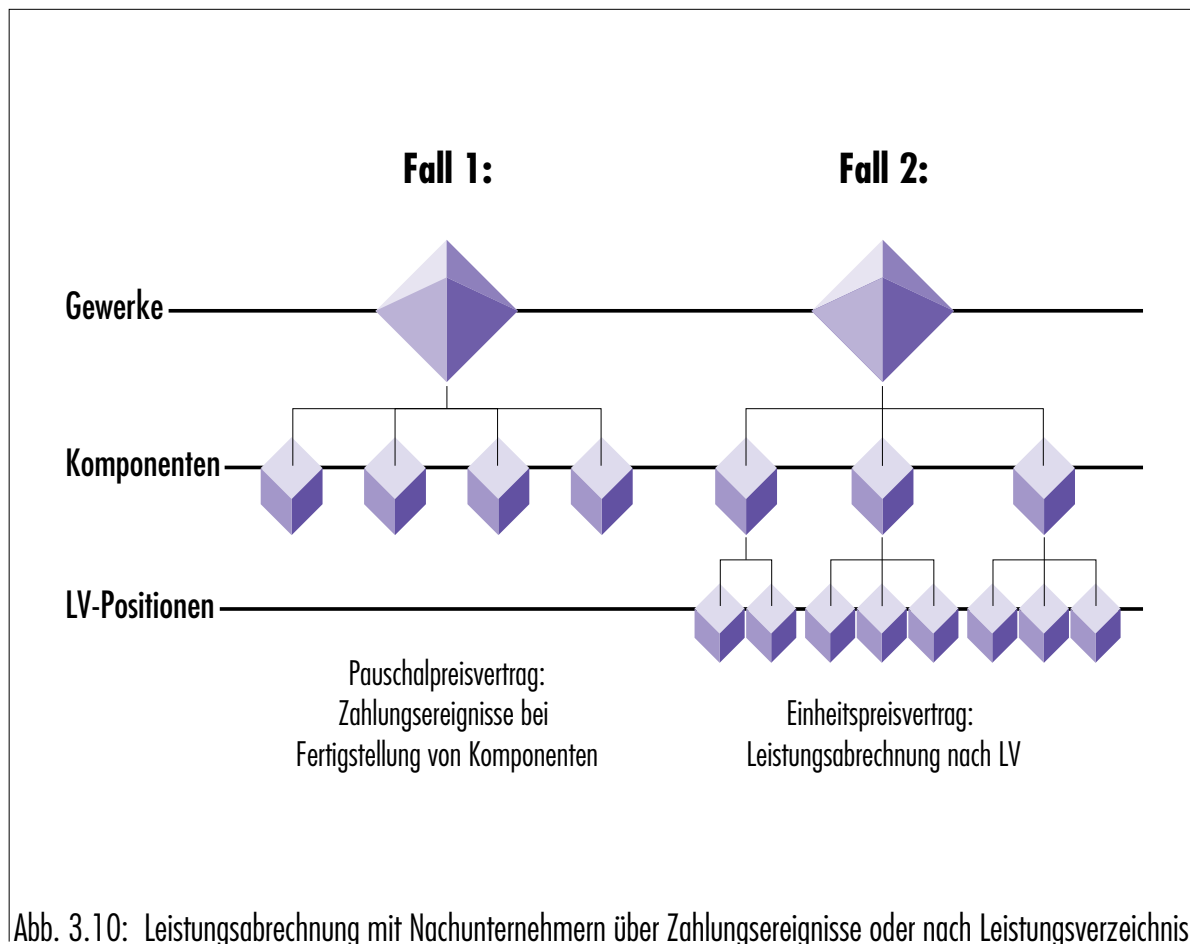


Abb. 3.10: Leistungsabrechnung mit Nachunternehmern über Zahlungsereignisse oder nach Leistungsverzeichnis

Die Kosten einer Komponente sind eine Funktion der Kosten je Einheit  $k_{ij}$  und der Bezugsgröße  $b_{ij}$  :

$$K_{Kij} = f(k_{ij}, b_{ij}) \quad (\text{Formel 3.4})$$

Die Bezugsgröße kann je nach Komponente individuell festgelegt werden, beispielsweise als Grundfläche eines Raumes oder als Anzahl der Fenster. Zur Bestimmung der Kosten je Einheit können eigene Erfahrungswerte, einschlägige Preistabellen (siehe z.B. VOELCKNER, 1992, MITTAG, o.J.) oder Kostenfunktionen herangezogen werden<sup>10</sup>. Kostenfunktionen beschreiben den Zusammenhang zwischen Kostenkennwert und der zugehörigen Einflußgröße, die im allgemeinen der Bezugsgröße  $b$  entspricht:

$$k = f(b) \quad (\text{Formel 3.5})$$

Für haustechnische Anlagen ist dieser Zusammenhang normalerweise degressiv, da die Kosten mit steigender Leistung unterproportional wachsen. Um solche Kostenfunktionen zu bestimmen, können empirisch erhobene Daten mit Hilfe der Regressionsanalyse ausgewertet werden (vgl. OESTERLE, 1985).

### 3.3.1.1 Vergabegewinne und -verluste

Werden einzelne Gewerke vom Generalunternehmer erst nach Auftragserhalt ausgeschrieben und vergeben, so können sich Differenzen zwischen dem ursprünglichen Kostenansatz für ein Gewerk und den tatsächlichen Kosten ergeben. Diese Abweichungen werden als Vergabegewinne oder -verluste  $\Delta K_i$  bezeichnet. Sie ergeben sich als Differenz der ursprünglich angesetzten Kosten des Gewerks  $K_{Gi}$  und dem Angebotspreis des Nachunternehmers  $AP_{NUi}$  :

$$\Delta K_i = K_{Gi} - AP_{NUi} \quad (\text{Formel 3.6})$$

<sup>10</sup> Kapitel 8 stellt die Kostenbildung für Komponenten anhand einer Auswahl an Gewerken exemplarisch dar.

### 3.3.2 Zeitmodell

Neben dieser statischen Kostenermittlung ist eine zeitlich dynamisierte Betrachtung der Komponenten möglich, d.h. jede Komponente wird als Vorgang betrachtet, der eine bestimmte Dauer und Lage auf der Zeitachse besitzt. Die Ausführungsdauer einer Komponente  $T_{kij}$  kann auf zwei Arten ermittelt werden:

- ▶ Bei Nachunternehmeranfragen kann der Zeitbedarf der Komponenten vom potentiellen Nachunternehmer abgefragt werden.
- ▶ Ansonsten müssen eigene Erfahrungswerte oder Expertenschätzungen herangezogen werden, teilweise können auch Aufwandswerte aus einschlägigen Tabellen (siehe z.B. PLÜMECKE, 1992) herangezogen werden.

Vereinfachend wird angenommen, daß die Leistung für jede Komponente — definiert als Menge je Zeiteinheit — über die Ausführungsdauer konstant ist (vgl. Abb. 3.11). Daraus folgt, daß die Kosten linear über die Zeit anfallen, also die Steigungsrate der Kosten — ausgedrückt in Kosten je Zeiteinheit — konstant ist. Die Steigungsrate der

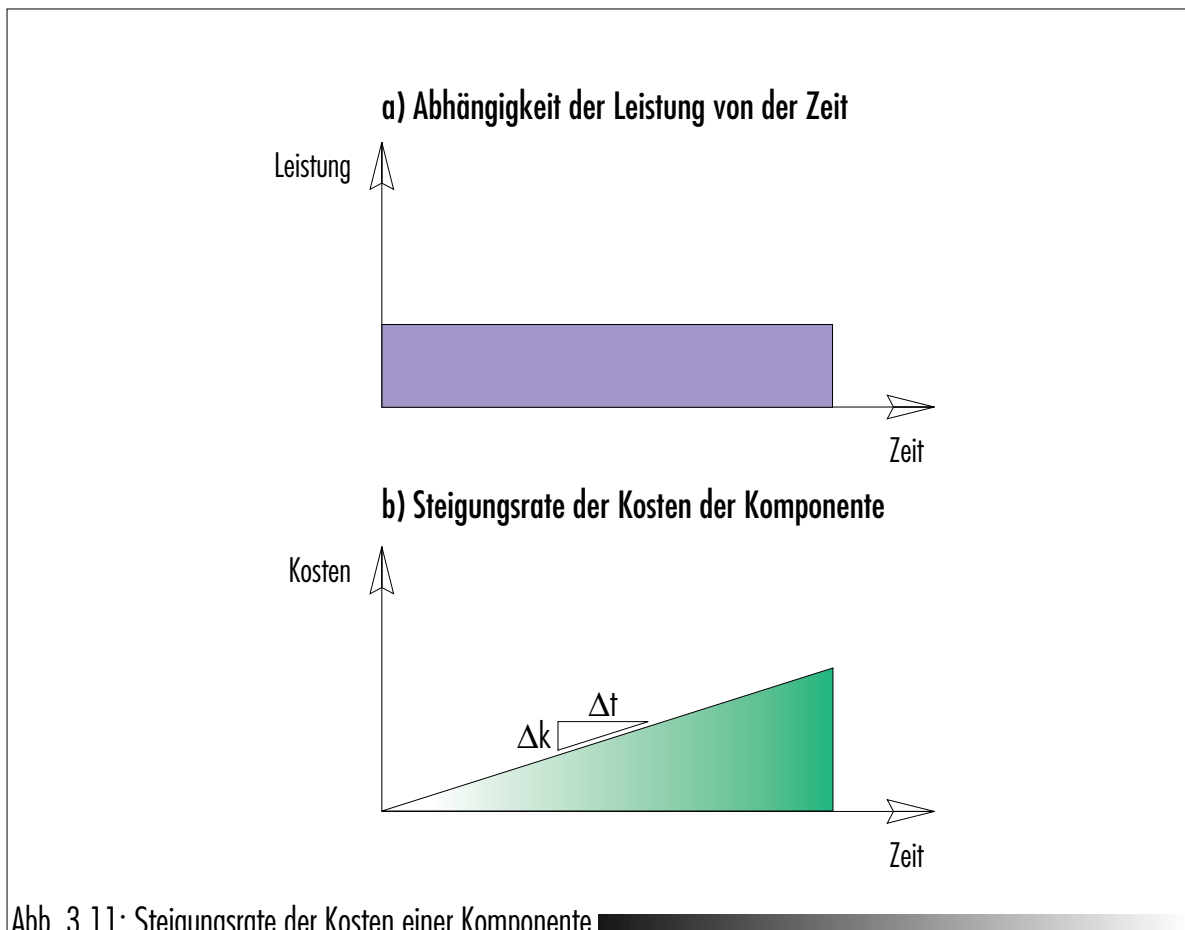


Abb. 3.11: Steigungsrate der Kosten einer Komponente

Kosten einer Komponente  $ks_{ij}$  ergibt sich durch Division der Kosten  $K_{kij}$  durch die Ausführungsdauer  $T_{kij}$  :

$$ks_{ij} = \frac{K_{kij}}{T_{kij}} \quad (\text{Formel 3.7})$$

Zur Terminplanung können Abhängigkeiten zwischen Komponenten sämtlicher Gewerke in Form von Anordnungsbeziehungen festgelegt werden und diese Daten mit der Netzplantechnik ausgewertet werden.

Mit Hilfe des Zeitmodells werden mit den Nachunternehmern nicht nur Ausführungstermine vereinbart, sondern es können für Zahlungsereignisse die zugehörige Leistung und die Höhe der Raten ermittelt werden (vgl. hierzu Kapitel 4).



## 4. Finanzplanung mit dem Komponenten-Modell

---

### 4.1 Bedeutung der Finanzplanung bei schlüsselfertigen Bauvorhaben

Die Finanzplanung gewinnt für den Generalunternehmer dadurch besondere Bedeutung, daß im Gegensatz zu konventionellen Bauvorhaben bei Pauschalverträgen das gesamte Bauvolumen eines Projekts von ihm abwickelt wird. Diese Zahlungen erreichen im allgemeinen ein Mehrfaches der Eigenleistungen des GU. Aus diesem Grund ist eine sorgfältige Planung der Zahlungsabwicklung geboten, um eine möglichst gute zeitliche Abstimmung zwischen Leistungserbringung und Leistungsvergütung zu erreichen, Überzahlungen zu vermeiden und den entstehenden Zwischenfinanzierungsbedarf zu minimieren.

---

### 4.2 Gestaltung des Vertragsverhältnisses

Entscheidenden Einfluß auf die Finanzplanung hat die Gestaltung des vertraglichen Verhältnisses zwischen Auftraggeber, General- und Nachunternehmer. Der Generalunternehmer nimmt hier eine Mittlerrolle zwischen Auftraggeber und Subunternehmern ein (vgl. Abb. 4.1). Daraus resultiert aus Sicht des Generalunternehmers ein zweiseitiges Vertragsverhältnis — *nach oben* zum Auftraggeber, *nach unten* zum Nachunternehmer. Stimmen auf beiden Ebenen die Vertragskonditionen bezüglich Vergabeart (Pauschal- oder Einheitspreisvertrag), zeitlichem Ablauf und technischen Fragen etc. überein, so liegt Durchgängigkeit der Vertragsgestaltung vor.

Durchgängigkeit ist jedoch insbesondere dann nicht gegeben, wenn auf einer Ebene Verträge nach VOB geschlossen wurden, während auf der anderen Ebene Individualverträge nach BGB gelten.

Ziel der Zahlungsplanung ist die Koordination der Zahlungsströme auf beiden Ebenen.

### 4.3 Notwendigkeit der Koordination der Zahlungsströme

Der Generalunternehmer muß Zahlungen an seine Nachunternehmer leisten und erhält seinerseits Zahlungen des Auftraggebers. Durch Aufsummierung dieser Zahlungen über die Zeit erhält man den Verlauf der kumulierten Einzahlungen und Auszahlungen (vgl. Abb. 4.2). Liegen die Auszahlungen an Nachunternehmer zeitlich vor den Einzahlungen vom Auftraggeber, so entsteht Zwischenfinanzierungsbedarf. Um die dadurch entstehenden Finanzierungskosten zu minimieren, ist eine geeignete Wahl der Zahlungszeitpunkte zu treffen. In den folgenden Betrachtungen wird hierbei die bewußte Überbewertung der bis zum Zahlungszeitpunkt erbrachten Leistung mit dem Zweck der Vorverlagerung von Einzahlungen ausgeschlossen.

### 4.4 Modell zur Finanzplanung

Ausgangsbasis für die Zahlungsplanung ist der im Rahmen der Angebotsbearbeitung erstellte Ablaufplan, der die zeitliche Lage jeder Komponente definiert (vgl. Abb. 4.3 a).

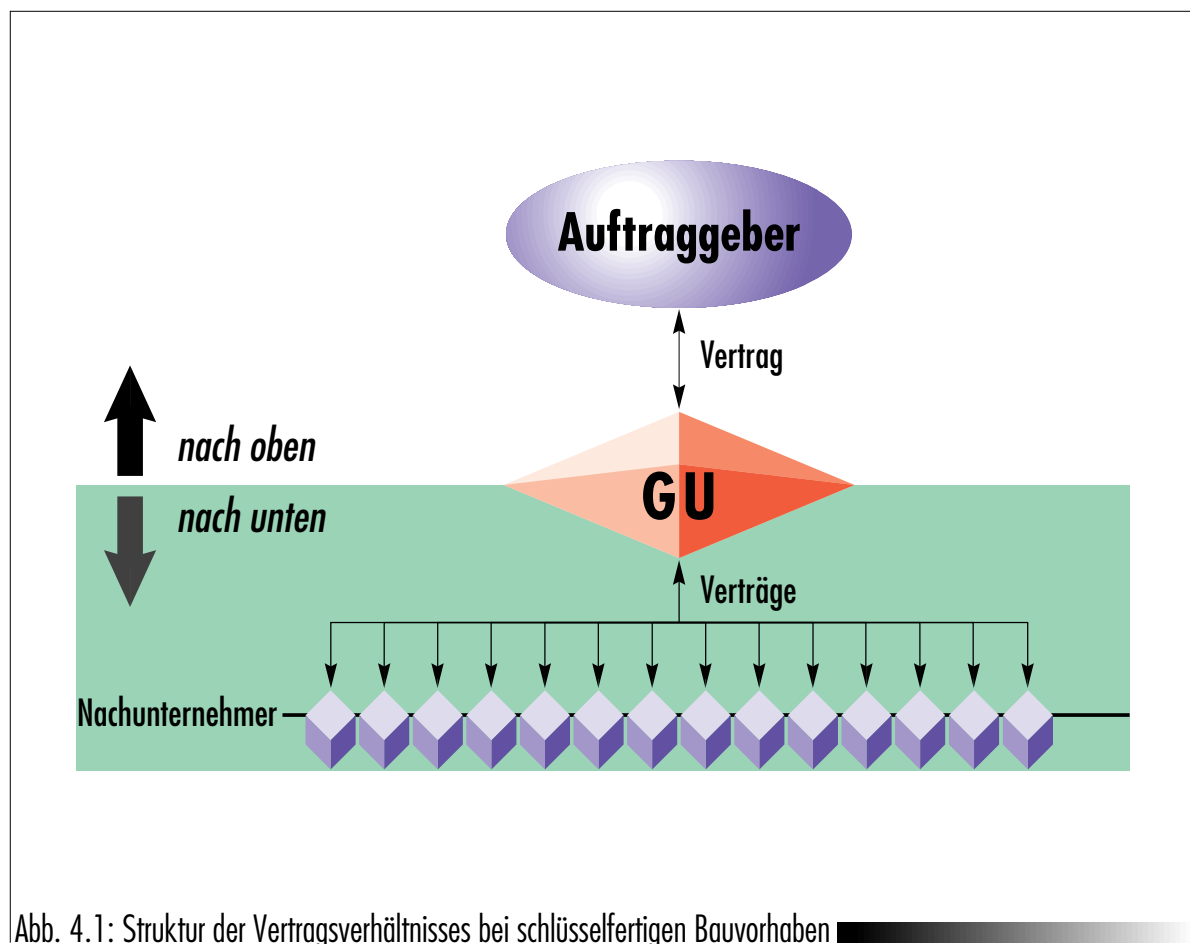


Abb. 4.1: Struktur der Vertragsverhältnisses bei schlüsselfertigen Bauvorhaben

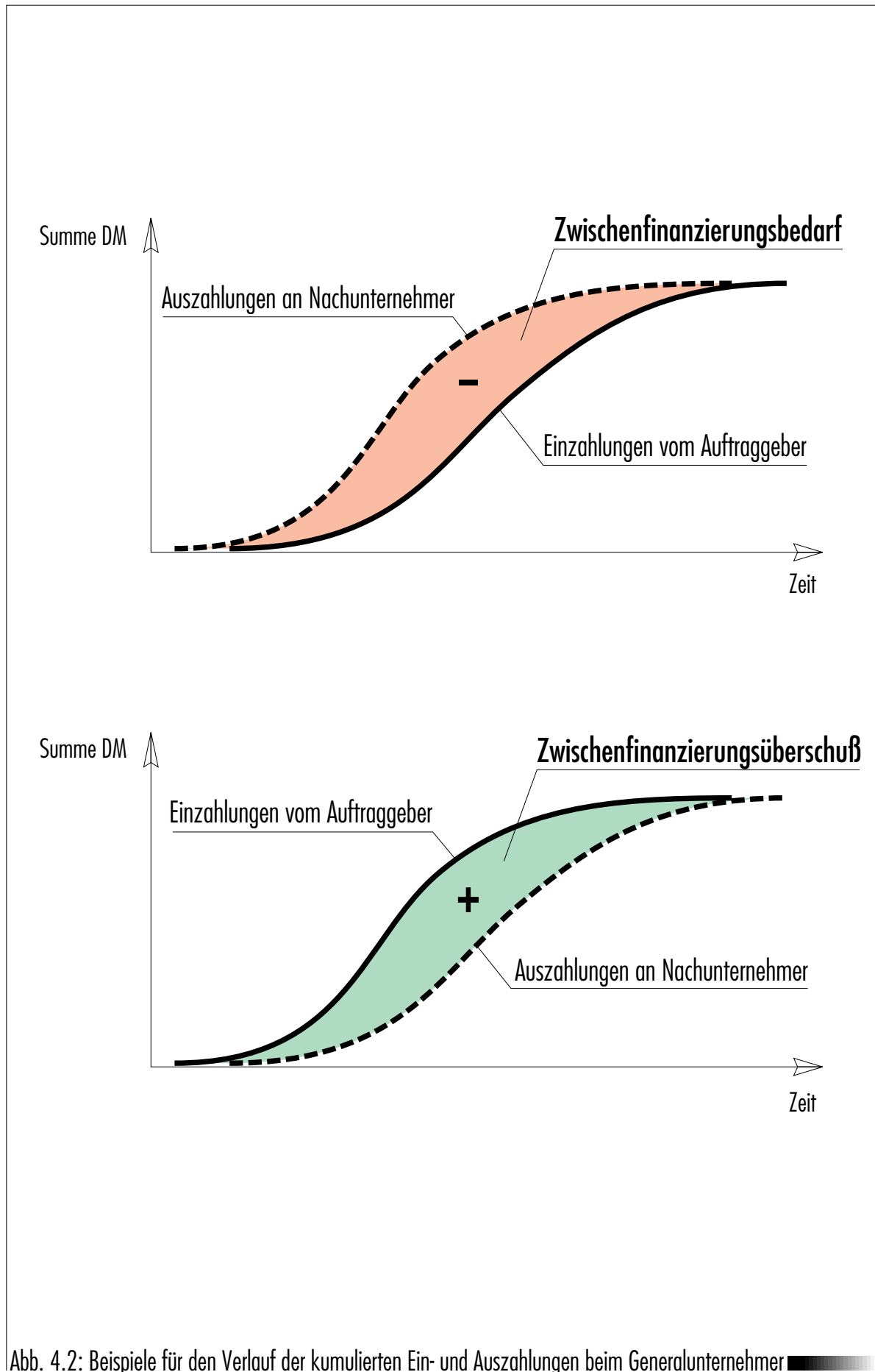


Abb. 4.2: Beispiele für den Verlauf der kumulierten Ein- und Auszahlungen beim Generalunternehmer

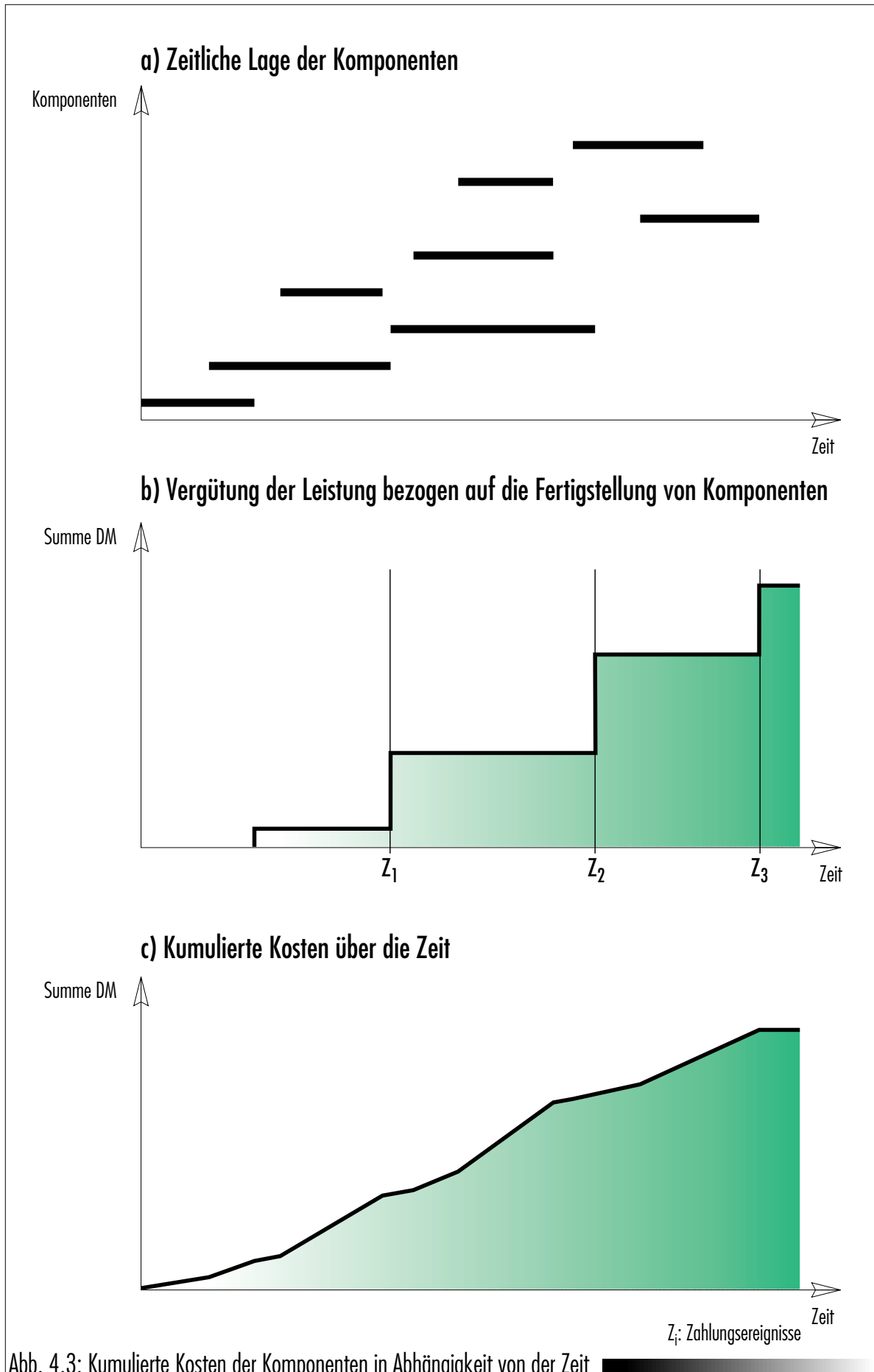


Abb. 4.3: Kumulierte Kosten der Komponenten in Abhängigkeit von der Zeit

Werden nun Zahlungsereignisse festgelegt, so beziehen sich diese im allgemeinen auf den Fertigstellungszeitpunkt einer oder mehrerer Komponenten. Stellt man dies graphisch dar, so ergibt sich ein treppenförmiger Verlauf der kumulierten Kosten, da diese aus Sicht des Generalunternehmers nur bei Fertigstellung von Komponenten als Zahlungen wirksam werden (vgl. Abb. 4.3 b).

Im Rahmen der Finanzplanung interessieren insbesondere zwei Aspekte (vgl. auch AHUJA, 1994):

- ▶ Zeitpunkt und Höhe von Zahlungsüberschüssen bzw. -defiziten, im folgenden als *liquide Mittel* bezeichnet,
- ▶ Quantifizierung von Finanzierungskosten bzw. Kapitalerträgen.

Für jeden Zeitpunkt  $T$  können die liquiden Mittel  $L_T$  durch Aufsummierung sämtlicher, bereits eingetretener Zahlungsereignisse als Differenz zwischen Ein- und Auszahlungen ermittelt werden (vgl. Abb. 4.4):

$$L_T = \sum_t E_t - \sum_t A_t \quad (\text{Formel 4.1})$$

mit  $E_t$  als der Summe aller Einzahlungen und  $A_t$  als Summe der Auszahlungen, für die gilt:

$$t \leq T$$

Hierbei sind vorhandene Zahlungsziele bereits berücksichtigt.

Um den gesamten Saldo der Zinsaufwendungen und -erträge  $S_Z$  zu bestimmen, werden die liquiden Mittel über die Gesamtdauer des Projekts mit den zugehörigen Soll- bzw. Haben-Zinssätzen multipliziert:

$$S_Z = \sum_t [\text{Min}(0, L_t) p_{St} + \text{Max}(0, L_t) p_{Ht}] \quad (\text{Formel 4.2})$$

mit  $p_{St}$  prognostizierter Soll-Zinssatz in Zeiteinheit  $t$ ,  
 $p_{Ht}$  prognostizierter Haben-Zinssatz in Zeiteinheit  $t$ .

Die Länge der Zeiteinheiten ist hierbei konstant (z.B. Tage).

Erfolgt die Betrachtung für mehrere Jahre in die Zukunft, so sollten zusätzlich Abzinsungsfaktoren berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise durch Anwendung der Kapitalwertmethode geschehen. Die Finanzierungserträge bezogen auf den Zeitpunkt des Vertragsabschlusses ergeben sich dann folgendermaßen:

$$S_Z = \sum_t \left[ \left[ \text{Min}(0, L_t) p_{St} + \text{Max}(0, L_t) p_{Ht} \right] \frac{1}{(1+r)^t} \right] \quad (\text{Formel 4.3})$$

mit  $r$  Zinsfuß für die Abzinsung.

Werden anstelle von zahlungsauslösenden Ereignissen monatliche Abschlagsrechnungen gestellt, so wird die Höhe dieser Zahlungen für den geplanten Bauablauf anhand der kumulierten Kosten des betreffenden Gewerks prognostiziert (vgl. Abb. 4.3 c). Der Rechenweg entspricht ansonsten dem oben beschriebenen.

Die Vereinbarung der Zahlungsmodalitäten erfolgt spätestens im Rahmen der Auftragsverhandlungen. Die Arbeitsschritte des Generalunternehmers umfassen zuerst

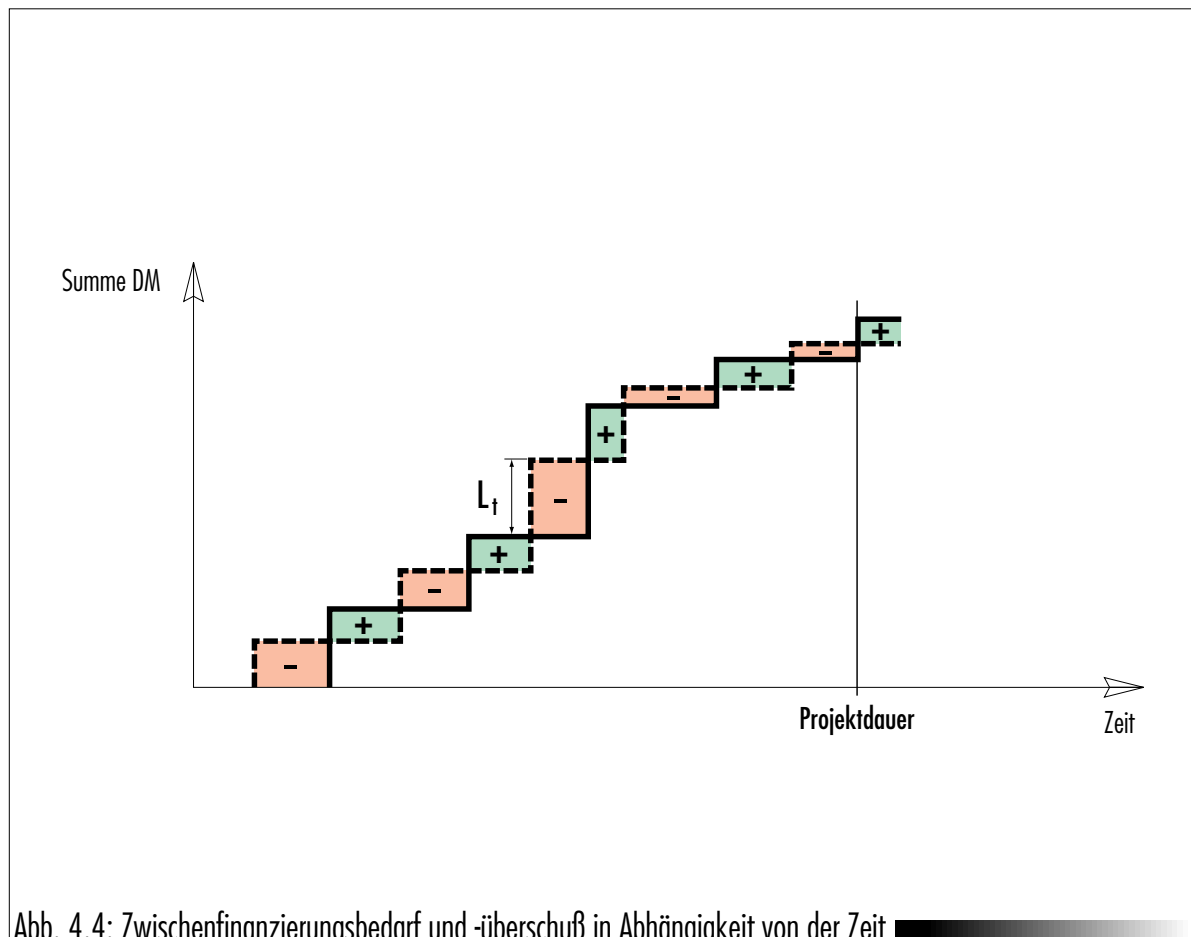


Abb. 4.4: Zwischenfinanzierungsbedarf und -überschuß in Abhängigkeit von der Zeit

die Erarbeitung seines Zahlungsvorschlags für sein Angebot. Die Ergebnisse der Auftragsverhandlung werden für die Zahlungsplanung mit den Nachunternehmern übernommen.



## 5. Zusätzliche Vergütungen

Grundsätzlich propagieren die Vergütungsregelungen der VOB das Prinzip der Unveränderlichkeit von Preisen, die für beide Vertragsparteien bindend sind und nach Vertragsabschluß nicht mehr einseitig verändert werden können. Eine Änderung der Vergütung ist nur in einigen Ausnahmefällen möglich. Die bedeutendsten Ausnahmen liegen in der Änderung des Bauentwurfes bzw. in der Anordnung des Auftraggebers sowie in der Preisgleitung. Ersteres schlägt sich in Form von Nachträgen nieder, während letzteres durch Preisgleitklauseln berücksichtigt wird.

---

### 5.1 Preisgleitung

§ 15 VOB/A sieht eine Änderung der Vergütung als Bestandteil der Verdingungsunterlagen unter der Voraussetzung vor,

- ▶ daß eine *wesentliche Änderung der Preisermittlungsgrundlagen* zu erwarten sein muß und
- ▶ *Eintritt oder Ausmaß* der zu erwartenden Änderungen *ungewiß* sein müssen.

Das bedeutet, daß eine allgemeine Unsicherheit über die zukünftige Preisentwicklung diesen Kriterien nicht genügt, sondern daß konkrete Anhaltspunkte vorliegen müssen, jedoch keine Sicherheit bezüglich Zeitpunkt und Größe der Änderung der Preisermittlungsgrundlagen besteht. Diese Voraussetzungen sind für Lohnerhöhungen und mit Einschränkungen auch für Änderungen von Stoffpreisen erfüllt<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Eine ausführliche Darstellung der rechtlichen Hintergründe geben HEIERMANN et al. (1994).

### 5.1.1 Arten von Preisgleitklauseln

Gleitklauseln können an unterschiedliche Kostenfaktoren geknüpft werden. Bei der Auswahl dieser Kostenfaktoren steht der Grundsatz einer *angemessenen Änderung der Vergütung* (§ 15 Satz 1 VOB/A) im Vordergrund, d.h. es soll eine Kompensation für Kostensteigerungen gefunden werden, um die ursprüngliche Balance zwischen Leistung und Gegenleistung wiederherzustellen. Die wichtigsten Arten von Preisgleitklauseln sind (vgl. auch HEINEMANN, 1977, HEIERMANN, 1994, HIRSCHBERGER, 1975):

- ▶ Lohngleitklauseln,
- ▶ Stoffpreisgleitklauseln,
- ▶ Transportkostengleitklauseln,
- ▶ Indexklauseln,
- ▶ Umsatzsteuergleitklauseln.

Als Beispiel soll an dieser Stelle eine häufig angewandte Lohngleitklausel — die sogenannte *Pfennigklausel* — dienen. Bei einer Lohnänderung um einen Pfennig pro Stunde erhöht oder vermindert sich die Vergütung für die nach Eintritt der Lohnänderung zu erbringenden Leistung um einen vertraglich vereinbarten Änderungssatz. Daraus kann ein Preisgleitfaktor  $f_{PG}$  nach folgender Formel abgeleitet werden:

$$f_{PG} = \frac{A\Delta L}{1000} \quad (\text{Formel 5.1})$$

mit  $A$  Änderungssatz in ‰,  
 $\Delta L$  Lohnänderung in Pfennig.

Für jedes Gewerk ist ein spezieller Änderungssatz zu vereinbaren, da die Höhe des Änderungssatzes vom Personalkostenanteil und der Höhe des Stundenlohnes abhängt, die für jedes Gewerk unterschiedlich sein können.

### 5.1.2 Integration der Preisgleitung in das Komponenten-Modell

Bei der Anwendung der Preisgleitung ist die zeitliche Lage der Komponenten maßgebend. Dabei sind grundsätzlich drei Fälle zu unterscheiden:

- ▶ Wird eine Komponente vor der Indexerhöhung oder Lohnänderung fertiggestellt, so bleiben ihre Kosten unverändert.
- ▶ Wird die Ausführung einer Komponente erst nach der Indexerhöhung oder Lohnänderung begonnen, so werden ihre Kosten vollständig mit dem Preisgleitfaktor versehen. Die Kosten ergeben sich dann zu:

$$K_{kijt} = K_{ktj0} f_{PGt} \quad (\text{Formel 5.2})$$

mit  $K_{Kij0}$  ursprüngliche Kosten der Komponente  $j$  des Gewerks  $i$ ,  
 $K_{Kijt}$  Kosten der Komponente zum Zeitpunkt  $t$ ,  
 $f_{PGt}$  Für den Zeitpunkt  $t$  maßgebender Preisgleitfaktor,  
 $t$  Fertigstellungszeitpunkt der Komponente.

- ▶ Fällt die Indexerhöhung oder Lohnänderung in den Ausführungszeitraum einer Komponente, so ändert sich deren Kostensteigerung sprunghaft (vgl. Abb. 5.1), denn nur der nach der Indexerhöhung liegende Ausführungsabschnitt ist vom Preisgleitfaktor betroffen. Die Kosten der Komponente betragen in diesem Fall:

$$K_{kijt} = ks_{ij}T + ks_{ij}f_{PGt}(t - T) \quad (\text{Formel 5.3})$$

mit  $T$  Zeitpunkt, zu dem die Indexerhöhung in Kraft tritt.

Treten mehrere Veränderungen des Preisgleitfaktors während der Ausführungsdauer einer Komponente auf, so ist obige Formel für jeden Geltungsbereich der Indexwerte oder Löhne analog zu erweitern.

Ist die Ausführungsdauer der Komponenten relativ kurz und liegen die zahlungsauslösenden Ereignisse in geringen Abständen, so kann der Einfluß der Preisgleitung ausreichend genau abgebildet werden, wenn die Zahlungsraten mit dem für den betreffenden Zeitpunkt maßgebenden Preisgleitfaktor versehen werden. Dadurch ist eine Reduktion des organisatorischen Aufwands möglich.

### 5.1.3 Preisgleitklauseln mit Nachunternehmern

Bei Verträgen mit Nachunternehmern ist häufig keine Preisgleitklausel erforderlich, da die Ausführungsdauer der Einzelgewerke erheblich kürzer als die Dauer des Gesamtprojekts ist. Wenn der Generalunternehmer Verträge mit Nachunternehmern allerdings unmittelbar nach Auftragserhalt abschließt, kann unter Umständen ein längerer Zeitraum zwischen Vertragabschluß und Ausführungsbeginn der Nachunternehmerleistung liegen. In diesem Fall kann eine Preisgleitklausel vereinbart werden, wenn der Nachunternehmer zu erwartende Preiserhöhungen nicht bereits in seinem Angebot antizipiert hat.

Soll Durchgängigkeit der Vertragskonditionen bis zum Nachunternehmer hergestellt werden, so sind die mit dem Auftraggeber vereinbarten Preisgleitklauseln dem Nachunternehmer bekanntzugeben, was der VOB-Regelung entspricht und beim öffentlichen Auftraggeber ohnehin gefordert wird.

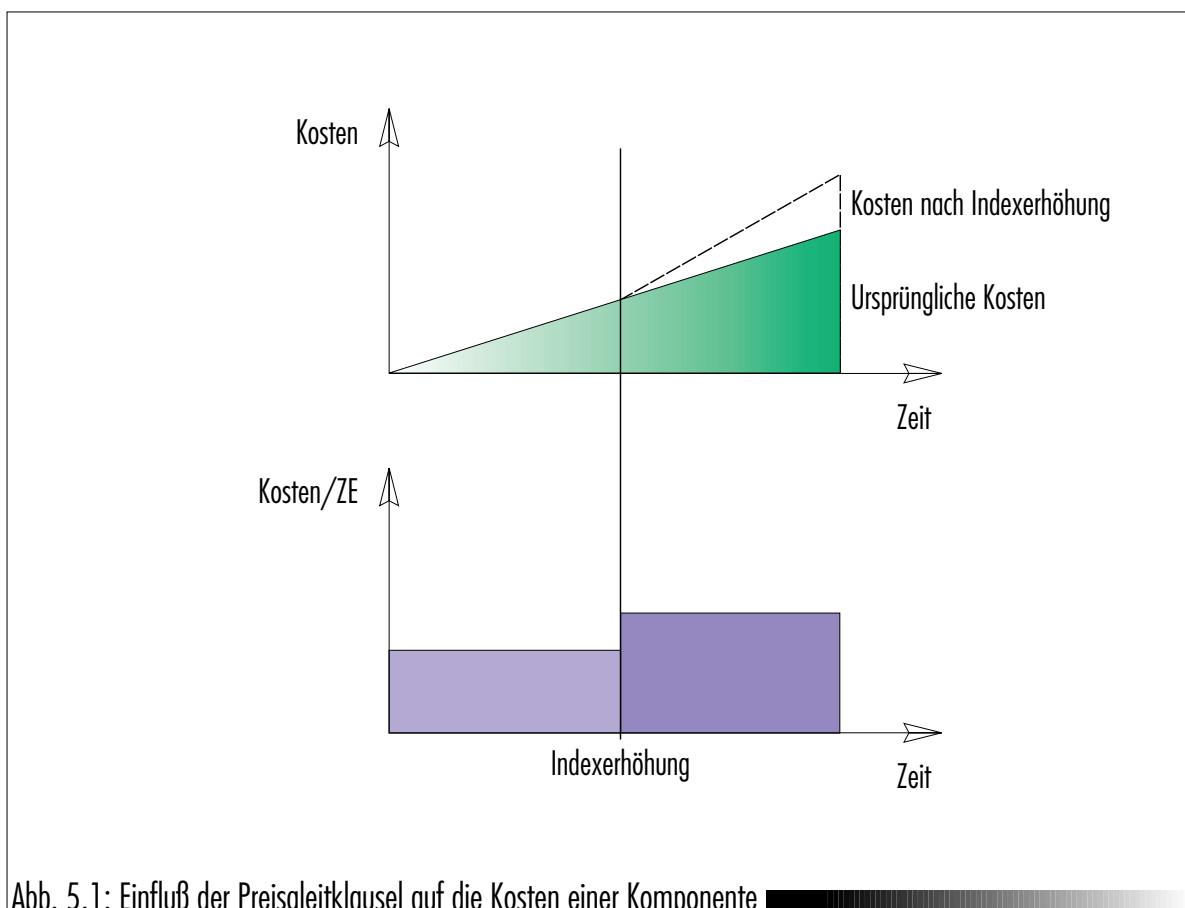


Abb. 5.1: Einfluß der Preisgleitklausel auf die Kosten einer Komponente

---

## 5.2 Berücksichtigung von Nachträgen

In den seltensten Fällen wird ein Bauwerk ohne Planungsmodifikationen zwischen Vertragsabschluß und Fertigstellung im vorgesehenen Zeitraum realisiert. Gerade solche Änderungen oder Erweiterungen der Leistung werfen Fragen nach der Berechtigung und angemessenen Höhe von Nachforderungen des Auftragnehmers auf. Betrachtet man die rechtlichen Grundlagen der VOB, so erhält der Auftraggeber ausdrücklich das Recht auf Änderungen des Bauentwurfs (§ 1 Nr. 3, VOB/B) bzw. zur Ausführung zusätzlicher Leistungen (§ 1 Nr. 4, VOB/B), gleichzeitig steht jedoch dem Auftragnehmer ein Anspruch auf Vergütung solcher Leistungen zu (§ 2 Nr. 5 und 6, VOB/B)<sup>12</sup>. Dies gilt auch für den Pauschalvertrag.

Im folgenden sollen jedoch nicht diese rechtlichen Voraussetzungen und Bedingungen für die Geltendmachung von zusätzlichen Vergütungsansprüchen im Mittelpunkt stehen, sondern es geht vielmehr um die Quantifizierung solcher Vergütungsansprüche, da es Sache des Auftragnehmers ist, die Höhe seiner Zusatzforderungen zu belegen (vgl. auch BAUMGÄRTEL, 1991).

---

### 5.2.1 Dokumentation der Kostenermittlung

Um die Entstehung von Nachtragsforderungen fundieren zu können, empfiehlt es sich grundsätzlich, bei Vertragsabschluß die Kostenermittlung zu hinterlegen. Allerdings sollte diese Kostenermittlung ausreichend detailliert sein, um die zugrundeliegende Basis der Preisermittlung — insbesondere den Leistungsumfang — erkennen zu können. Diesem Prinzip würde die Aufzeichnung unaufgliederter Pauschalen je Gewerk nicht genügen. Andererseits wäre es unverhältnismäßig aufwendig, detaillierte Leistungsverzeichnisse zu erstellen, um damit die Grundlagen der Preisermittlung zu dokumentieren<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Zur Übertragbarkeit dieses Prinzips auch auf BGB-Verträge siehe KAPPELLMANN u. SCHIFFERS (1994). Zu den Voraussetzungen, unter denen eine Änderung der Vergütung nach § 2 Nr.7 Abs. 1 VOB/B möglich ist, siehe beispielsweise HEIERMANN et al. (1994) oder KLEINE-MÖLLER (1991).

<sup>13</sup> INGENSTAU u. KORBION (1993) schlagen diese Lösung vor.

Wird das Komponenten-Modell als Methode der Kostenermittlung herangezogen, so können die gewonnenen Informationen gleichzeitig zu Dokumentationszwecken dienen. Neben einer qualitativen Beschreibung jeder Komponente werden die gewählten Kostenformeln einschließlich der Kosten je Einheit und der Bezugsgröße angegeben. Damit ist eine Feststellung der mengenabhängigen Kosten möglich. Zusätzlich sollten neben der Höhe des GU-Zuschlags die zeitabhängigen Baustellengemeinkosten ausgewiesen werden, um bei Verlängerungen der Bauzeit auch diese Zusatzkosten belegen zu können.

### 5.2.2 Quantifizierung der Nachtragsforderung

Es wurden verschiedene Rechenverfahren entwickelt, mit deren Hilfe unter Bezugnahme auf den vorhandenen Pauschalpreis und die zugrundeliegende Preisermittlung eine Ermittlung der Vergütung von Nachtragsleistungen möglich ist (vgl. z.B. KAPPELLMANN, 1994).

Die Höhe eines Nachtrags  $n$  wird meist durch die Kombination mehrerer Einflußfaktoren bestimmt (vgl. Abb. 5.2):

- Zusätzlicher oder geänderter Leistungsumfang, der vom Auftraggeber zu vertreten ist, führt zu **Mehr- oder Minderkosten bei Komponenten**. Die Änderung der Kosten einer Komponente  $\Delta K_{Kijn}$  ergibt sich entweder aus einer Veränderung der Bezugsgröße, aus einer kostenwirksamen Änderung des Qualitätsniveaus oder aus einer Kombination beider Einflüsse.

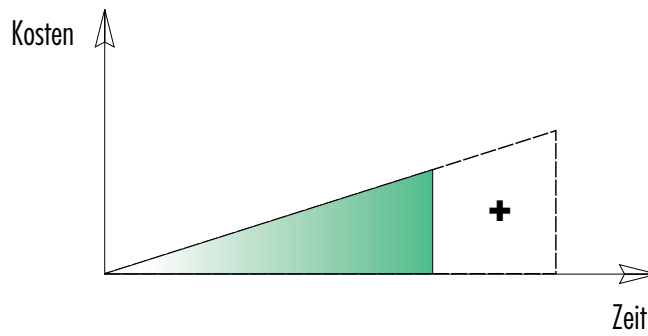
Die Kostenänderung eines Gewerks  $K_{Nin}$  resultiert aus der Aufsummierung der Kostenänderung je Komponente:

$$K_{Nin} = \sum_j \Delta K_{Kijn} \quad (\text{Formel 5.4})$$

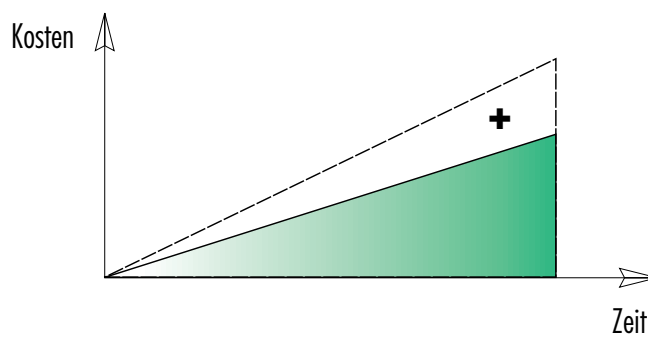
Werden wegen zusätzlichem Leistungsumfang neue Komponenten eingeführt, so können diese analog zu den bereits vorhandenen behandelt werden.

- **Nachtragszusatzkosten**  $K_{NZin}$  entstehen beispielsweise durch zusätzlichen Planungsaufwand, durch erhöhte zeitabhängige Kosten wegen eines gestörten Bauablaufs oder durch Deckungslücken, wenn bei reduzierter Umlagebasis die

### Quantitative Leistungsänderung



### Qualitative Leistungsänderung



### Kombinierte quantitative und qualitative Leistungsänderung

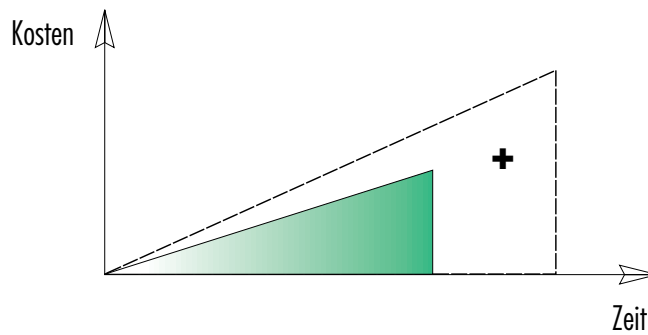


Abb. 5.2: Einfluß aus zusätzlicher oder geänderter Leistung auf den Kostenanfall einer Komponente

Baustellengemeinkosten konstant bleiben (vgl. hierzu ausführlicher KAPPELLMANN, 1994).

Die Höhe der Nachtragsforderung aus Nachtrag  $n$  an den Auftraggeber ergibt sich durch Aufsummierung über alle Gewerke und Multiplikation mit dem GU-Zuschlag:

$$N_n = \sum_i [z_{GU} K_{Nin} + K_{NZin}] \quad (\text{Formel 5.5})$$

Die vorgestellte Berechnungsmethode kann sowohl zur Quantifizierung von Nachträgen des Generalunternehmers an den Auftraggeber als auch von Nachtragsforderungen der Nachunternehmer verwendet werden. Selbstverständlich können je nach Situation auch andere Berechnungsverfahren angewendet werden.

Bei Durchgängigkeit der Vertragsgestaltung resultieren bei Nachunternehmerleistungen aus zusätzlichem oder geändertem Leistungsumfang sowohl Nachtragsforderungen des Subunternehmers an den Generalunternehmer als auch des Generalunternehmers an den Auftraggeber, die sich in ihrer Höhe entsprechen und somit für den Generalunternehmer aufwandsneutral bleiben. Fehlt hingegen die Durchgängigkeit, so können sich Differenzen zugunsten oder ungunsten des Generalunternehmers ergeben, die mit den Vergabegewinn- und -verlustwerte der betroffenen Gewerke verrechnet werden.





## 6. Instrumente der Leistungskontrolle

Um den Erfolg der Planung in der Ausführungsphase zu sichern, ist eine laufende Kosten- und Zeitkontrolle unabdingbar. Zu diesem Zweck erfolgt ein regelmäßiges Updating der Projektdaten, die mit Hilfe der nachfolgend beschriebenen Kennzahlen ausgewertet werden können. Bei Abweichungen vom Plan-Ablauf können dann unverzüglich Anpassungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Im Gegensatz zu Eigenleistungen, bei denen der Stundenaufwand pro Mengeneinheit als Steuerungsgröße herangezogen werden kann, erfolgt bei Fremdleistungen eine terminliche Kontrolle über den Fertigstellungsgrad und eine Kostenüberwachung mit Hilfe der Gesamttrennbarkeit. Eine zeitliche Kontrolle kann außerdem mit Hilfe des Zeitverbrauchs erfolgen (vgl. BURKHARDT, 1992). Der Zeitverbrauch ergibt sich durch Gegenüberstellung der gebrauchten Dauer zur geplanten Gesamtdauer einer Komponente.

### 6.1 Fertigstellungsgrad

Zur Ermittlung des Fertigstellungsgrades des Gesamtprojekts werden zunächst die Fertigstellungsgrade der einzelnen Komponenten durch physische Bestandsaufnahme (z.B. Aufmaß) ermittelt (vgl. Abb. 6.1). Der Fertigstellungsgrad einer Komponente  $FG_{ij}$  ergibt sich aus folgender Relation:

$$FG_{ij} = \frac{\text{Erstellte Menge der Komponente}}{\text{Gesamtmenge der Komponente}} \quad (\text{Formel 6.1})$$

Die Gesamtmenge einer Komponente umfaßt hierbei auch Mengen, die im Rahmen von Nachträgen anfallen. Die einzelnen Fertigstellungsgrade können im folgenden Schritt für Gebäudeeinheiten — das Gesamtprojekt oder beispielsweise einzelne Abschnitte — aggregiert werden, indem die Fertigstellungsgrade der enthaltenen Komponenten aufsummiert werden. Um dies tun zu können, ist es erforderlich, die Fertig-

stellungsgrade mit dem Wert der Komponenten zu gewichten. Als Gewicht dient der Anteil der Kosten der Komponente an den Gesamtkosten der Gebäudeeinheit.

Bei der Bestimmung des Fertigstellungsgrades kann grundsätzlich zwischen einer deterministischen Betrachtung und einer Betrachtung unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Nachtragsforderungen differenziert werden. Je nach den Gegebenheiten des konkreten Anwendungsfalls kann der Anwender zwischen beiden Optionen wählen.

### 6.1.1 Deterministische Betrachtung

Bei der deterministischen Vorgehensweise werden nur diejenigen Nachträge berücksichtigt, deren Erhalt sicher ist. Für das Gesamtprojekt ergibt sich der Fertigstellungsgrad nach folgender Formel:

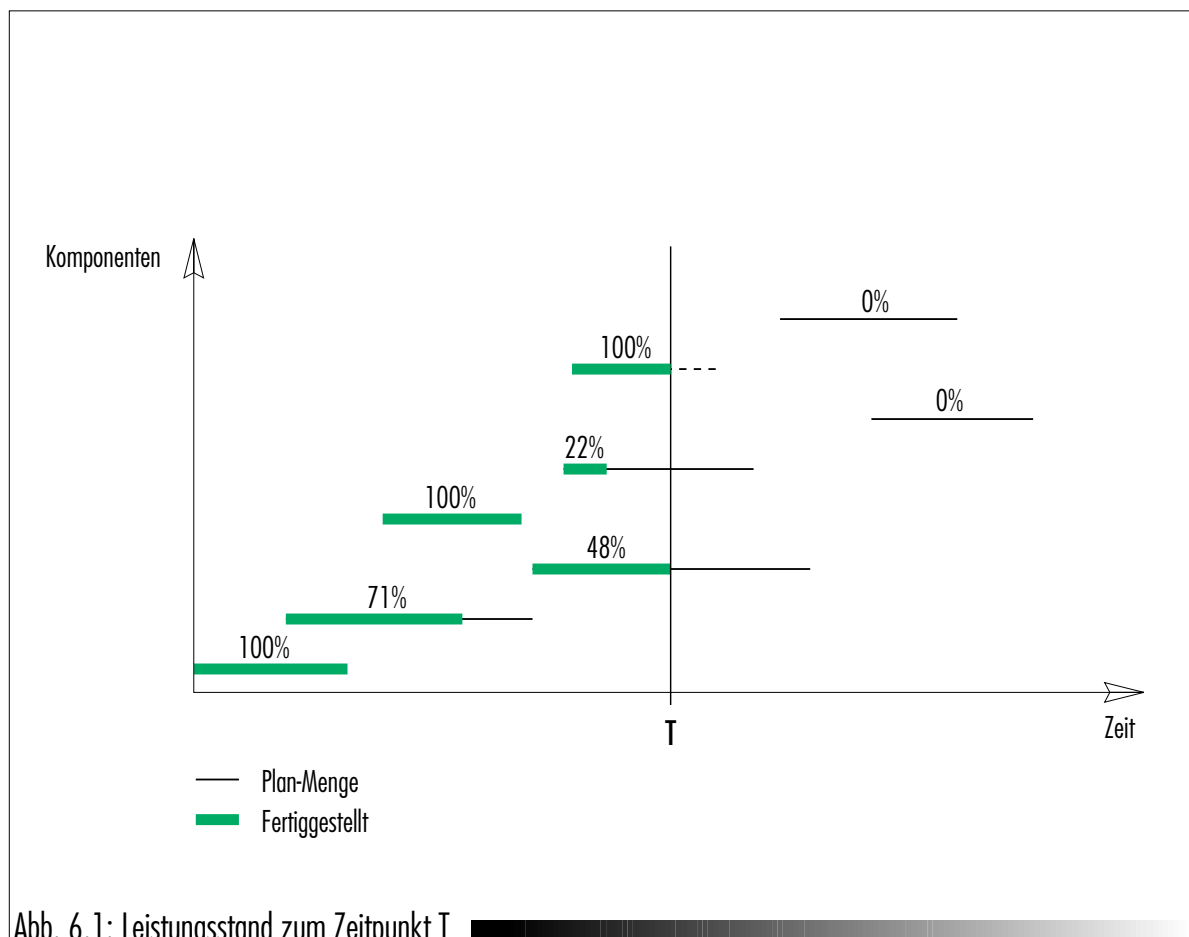


Abb. 6.1: Leistungsstand zum Zeitpunkt T

$$FG_P = \sum_i \sum_j \left[ FG_{ij} \frac{K_{ij} + \sum_n \Delta K_{ijn}}{\sum_i \sum_j \left[ K_{ij} + \sum_n \Delta K_{ijn} \right]} \right] \quad (\text{Formel 6.2})$$

Die Ermittlung des Fertigstellungsgrades für andere Hierarchieebenen des Projekts wie Abschnitte und Geschosse erfolgt analog.

Durch Gegenüberstellung dieses realisierten Fertigstellungsgrades mit dem geplanten Fertigstellungsgrad kann das Ausmaß der Abweichungen vom Terminplan gemessen werden und die Trendentwicklung des Fertigstellungsgrads analysiert werden (vgl. Abb. 6.2). Zusätzlich ist ceteris paribus eine Prognose des Bauendes möglich, um festzustellen, in welchem Umfang Beschleunigungsmaßnahmen erforderlich sind.

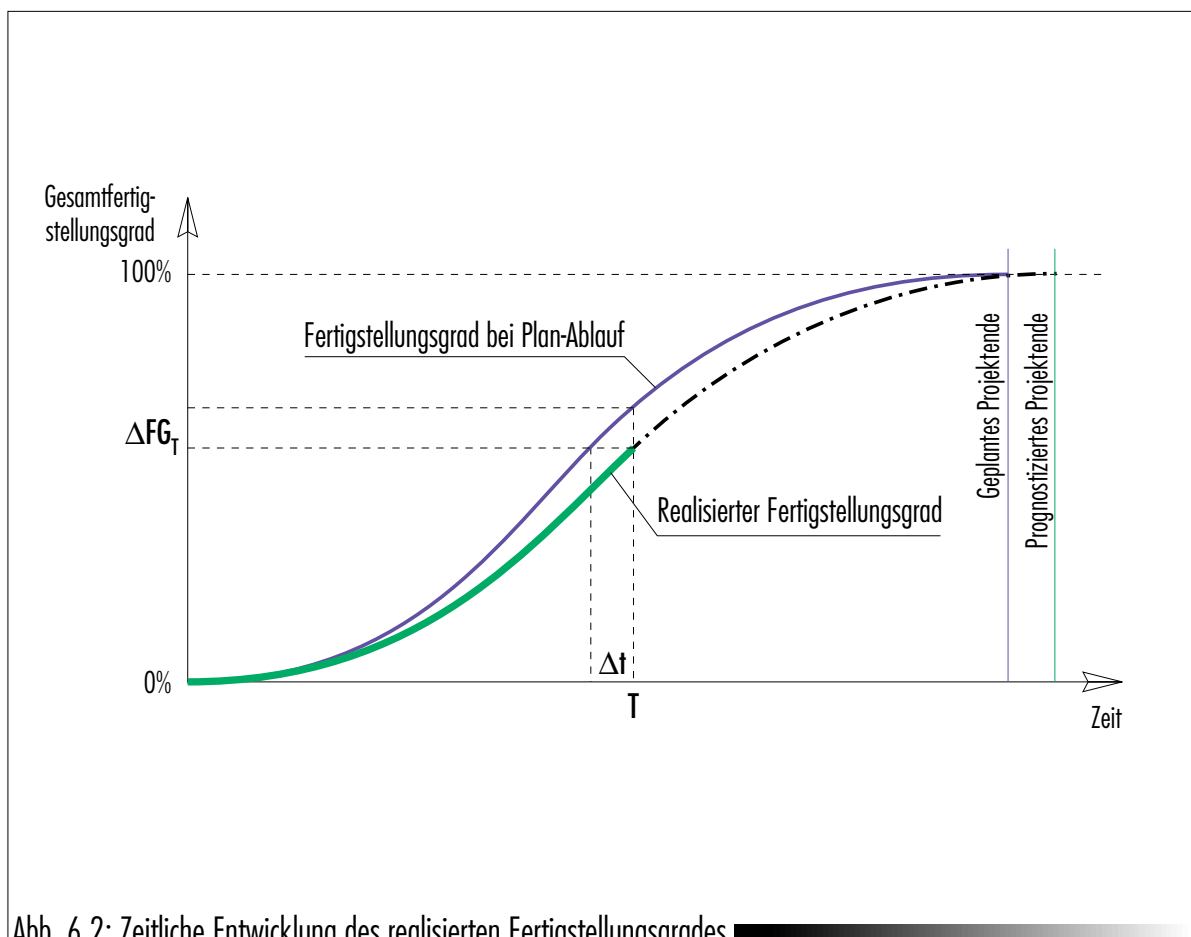


Abb. 6.2: Zeitliche Entwicklung des realisierten Fertigstellungsgrades

### 6.1.2 Berücksichtigung der Unsicherheit

Da in der Realität die Durchsetzbarkeit von Nachtragsforderungen häufig unsicher ist, kann es von Vorteil sein, zusätzliche Informationen über den möglichen Schwankungsbereich des Fertigstellungsgrades zu erhalten. In diesem Zusammenhang muß allerdings auch auf die Manipulationsgefahr hingewiesen werden, wenn diese Methode zur Schönung des Fertigstellungsgrades genutzt wird. Außerdem ist diese Methode für Zwecke der Bilanzierung ungeeignet — dort ist das deterministische Verfahren angebracht.

Zu diesem Zweck sind die Nachträge zunächst nach mehreren Kategorien zu differenzieren:

- ▶ **Gestellte** Nachträge sind die Menge aller Nachträge, die für die Betrachtung innerhalb des Modells relevant sind.
- ▶ **Offene** Nachträge sind bezüglich ihrer endgültigen Höhe noch unsicher.
- ▶ **Genehmigte** Nachträge können in vollem Umfang einbezogen werden.
- ▶ **Abgelehnte** Nachträge hingegen dürfen keine Berücksichtigung finden.

Für jeden Nachtrag  $n$  wird ein Zahlentripel  $\bar{q}_n$  bestehend aus einem **optimistischen**, **mittleren** und **pessimistischen** Wert, prognostiziert. Dabei gilt, daß alle Werte innerhalb dieses Intervalls möglich sind, während Werte außerhalb des Intervalls als sehr unwahrscheinlich gelten. Der mittlere Wert ist wahrscheinlicher als die beiden Randwerte.

Jeder Einzelwert des Tripels quantifiziert die Höhe des zugehörigen Nachtrags als Vielfaches der wahrscheinlichsten Höhe. Für genehmigte Nachträge sind alle Werte des Tripels gleich Eins, während sie bei offenen Nachträgen jeweils im Bereich größer gleich Null liegen müssen.

Alle pessimistischen, alle mittleren und alle optimistischen Werte werden zu jeweils zu pessimistischen, mittleren und optimistischen Umweltkonstellationen bzw. Szenarien zusammengefaßt. Für jedes dieser Szenarien wird der Fertigstellungsgrad berechnet (vgl. Abb. 6.3). Der Eintritt der optimistischen und pessimistischen Konstellation ist zwar sehr unwahrscheinlich, sie geben jedoch wertvolle Information darüber, was in Extremfällen passieren könnte (vgl. auch HANSSMANN, 1987).

Der Fertigstellungsgrad des Gesamtprojekts  $\overline{FG}_P$  wird nun ebenfalls als Tripel formuliert und ergibt sich durch Erweiterung von Formel 6.2:

$$\overline{FG}_P = \sum_i \sum_j \left[ FG_{ij} \frac{K_{ij} + \sum_n \Delta K_{ijn} \bar{q}_n}{\sum_i \sum_j \left[ K_{ij} + \sum_n \Delta K_{ijn} \bar{q}_n \right]} \right] \quad (\text{Formel 6.3})$$

Selbstverständlich können anstelle von verteilungsfreien Tripeln mit Hilfe dieser Tripel parametrisierte Verteilungen definiert werden (z.B. Dreiecksverteilung). Dies bietet die Möglichkeit, mit Erwartungswerten für die Höhe der Nachträge zu rechnen. Allerdings muß bei der Wahl einer Verteilung geprüft werden, inwieweit diese die tatsächliche Verteilung der Nachträge abbildet, da eine willkürliche Auswahl eines Verteilungstyps verzerrte Ergebnisse liefern würde<sup>14</sup>.

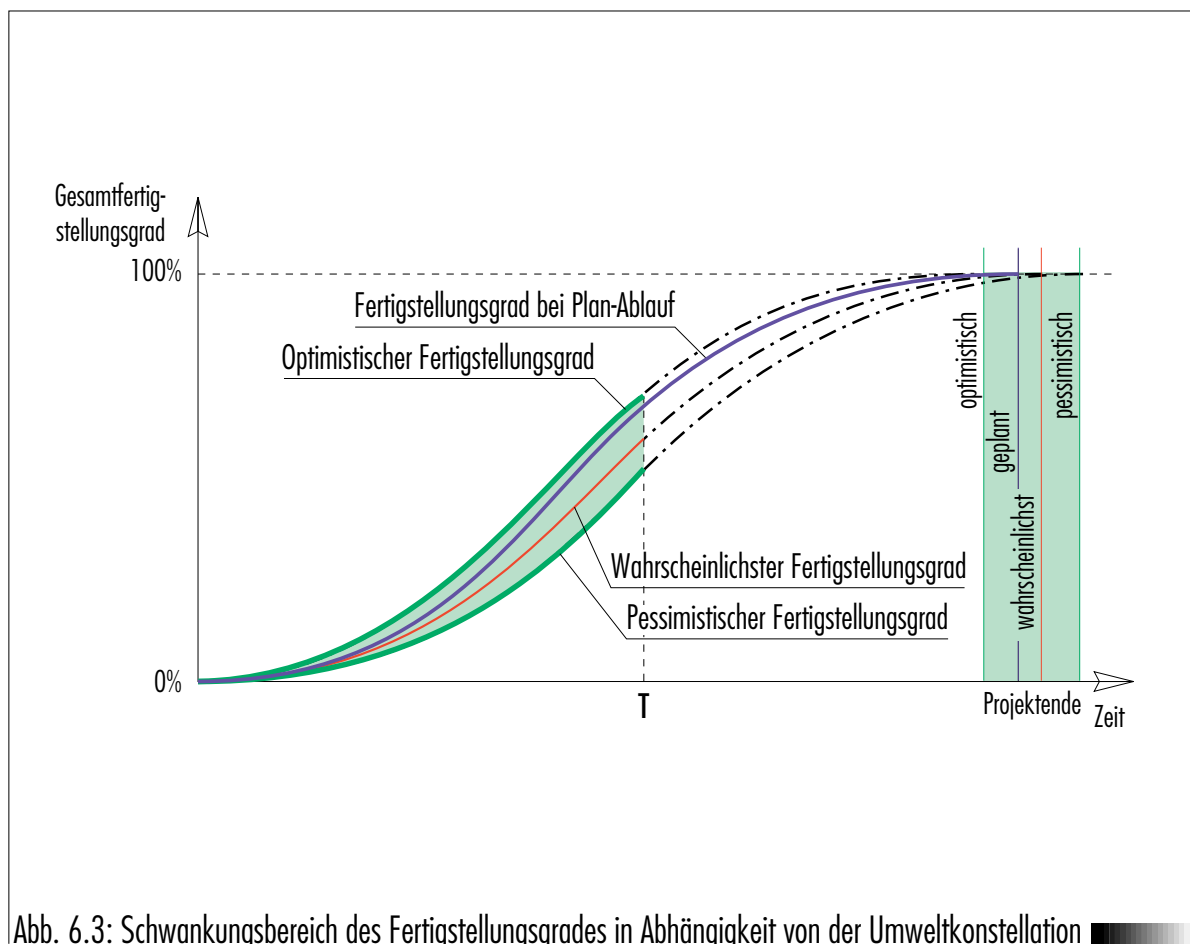


Abb. 6.3: Schwankungsbereich des Fertigstellungsgrades in Abhängigkeit von der Umweltkonstellation

Alternativ zum Fertigstellungsgrad, bei dem es sich um eine abgeleitete Größe handelt, kann eine direkte Gegenüberstellung von Soll- und Ist-Leistung erfolgen. Zusätzlich kann die erreichte Leistung je Zeiteinheit mit den Soll-Werten verglichen werden.

## 6.2 Gesamrentabilität

Als Kennzahl um den Erfolg des Projekts zu messen, kann die Prognose der Gesamrentabilität des Projekts dienen. Sie bezeichnet die Rendite, die über den Zuschlag für Wagnis und Gewinn hinaus erwirtschaftet wird. Liegt das Projekt genau im Plan, so ist die Gesamrentabilität gleich Null, während sie beispielsweise bei überproportionalem Anstieg der Aufwendungen gegenüber den Erträgen negative Werte annimmt (vgl. Abb. 6.4). Wie beim Fertigstellungsgrad kann auch hier zwischen deterministischer Vorgehensweise und Berücksichtigung der Unsicherheit unterschieden werden.

### 6.2.1 Deterministische Betrachtung

Um die Gesamrentabilität zu erhalten sind sämtliche Erträge und Aufwendungen gegenüberzustellen. Der Ertrag  $E_G$  ergibt sich aus dem Angebotspreis  $AP$  und der Summe der aktivierbaren Nachträge:

$$E_G = AP + \sum_n N_n \quad (\text{Formel 6.4})$$

Die Aufwendungen  $A_G$  betragen:

$$A_G = z_{GU} \left[ \sum_i \left[ \sum_j K_{Kij} + \Delta K_i \right] + \sum_m N_{NUm} \right] \quad (\text{Formel 6.5})$$

mit  $N_{NUm}$  Wert des Nachunternehmer-Nachtrags  $m$ .

Zusätzlich sind unter Umständen Aufwendungen für Beschleunigungsmaßnahmen oder Pönale zu berücksichtigen, wenn Verspätungen auf dem kritischen Weg des Ter-

<sup>14</sup> BÜRLIN (1989) legt beispielsweise für den Wert von Nachträgen die Normalverteilung zugrunde, ohne die zutreffende Abbildung der Realität zu prüfen.

minplans nicht vom Auftraggeber zu vertreten sind.

Die Gesamtrentabilität  $R_G$  resultiert somit aus:

$$R_G = 100 \frac{E_G - A_G}{E_G} \quad (\text{Formel 6.6})$$

### 6.2.2 Berücksichtigung der Unsicherheit

Im Gegensatz zum deterministischen Fall ist die Unsicherheit auf beiden Ebenen — bei den Nachträgen gegenüber dem Auftraggeber und den Nachunternehmernachträgen — einzubeziehen.

Der Ertrag  $\bar{E}_G$  — als Tripel für die drei Umweltkonstellationen — ergibt sich zu:

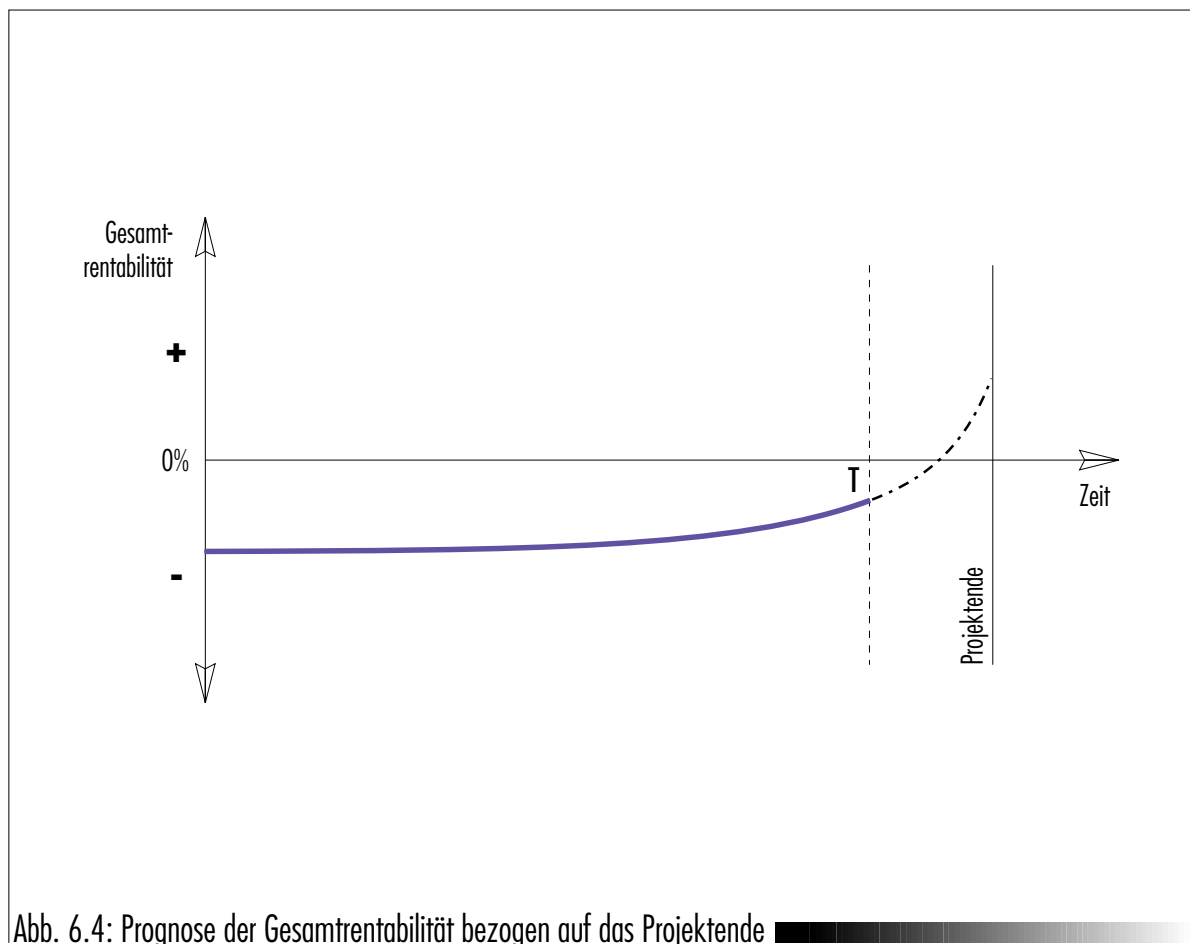


Abb. 6.4: Prognose der Gesamtrentabilität bezogen auf das Projektende

$$\bar{E}_G = AP + \sum_n N_n \bar{q}_n \quad (\text{Formel 6.7})$$

Die Aufwendungen  $\bar{A}_G$  betragen:

$$\bar{A}_G = z_{GU} \left[ \sum_i \left[ \sum_j K_{Kij} + \Delta K_i \right] + \sum_m N_{NUM} \bar{q}_{NUM} \right] \quad (\text{Formel 6.8})$$

mit  $N_{NUM}$  Wert des Nachunternehmer-Nachtrags  $m$ .

$\bar{q}_{NUM}$  Prognostizierte Höhe des Nachunternehmer-Nachtrags  $m$  als Vielfaches des wahrscheinlichsten Wertes des Nachtrags.

Die Gesamrentabilität  $\bar{R}_G$  — formuliert als Tripel für die drei Szenarien — resultiert analog zu Formel 6.6 aus:

$$\bar{R}_G = 100 \frac{\bar{E}_G - \bar{A}_G}{\bar{E}_G} \quad (\text{Formel 6.9})$$

Auch in diesem Fall kann anstelle von Szenarien mit Erwartungswerten gearbeitet werden, wenn für den Wert der Nachträge Verteilungen vorliegen.

---

### 6.2.1 Sonderfall: Einheitspreisverträge mit Nachunternehmern

Wird bei Vergabe einzelner Gewerke an Nachunternehmer das Prinzip der Durchgängigkeit durchbrochen und werden teilweise Einheitspreisverträge geschlossen, dann sind anstelle der Kosten der Einzelkomponenten die Kosten der LV-Positionen zu verwenden. Da die endgültige Abrechnungssumme erst nach Projektende feststeht, müssen die Mengensätze entsprechend den zu erwartenden Abrechnungsmengen laufend aktualisiert werden. Der Aufwand  $A_i$  für ein Gewerk  $i$  beträgt in diesem Fall:

$$A_i = z_{GU} \sum_j \left[ \sum_k EP_{jk} x_{jk} + \sum_m \sum_k EP_{jk} \Delta x_{jkm} \right] \quad (\text{Formel 6.10})$$

mit  $EP_{jk}$  Einheitspreis von LV-Position  $k$  in Komponente  $j$ ,  
 $x_{jk}$  Menge von LV-Position  $k$  in Komponente  $j$ ,  
 $\Delta x_{jkm}$  Menge von LV-Position  $k$  in Komponente  $j$  aus Nachunternehmernachtrag  $m$ .

Auch in diesem Fall kann die Unsicherheit der Höhe der Nachtragsforderungen analog zu Formel 6.8 berücksichtigt werden.



# 7. Implementierung des Modells

Die vorangegangenen Kapitel beschäftigten sich primär mit den theoretischen Grundlagen des Komponenten-Modells. Im folgenden hingegen werden Aspekte angesprochen, die für den Einsatz in der Praxis relevant sind. Sie betreffen insbesondere die folgenden Bereiche:

- ▶ **Organisatorische Rahmenbedingungen** umreißen für die Modellanwendungen günstige Gestaltungsmöglichkeiten der Aufbau- und Ablauforganisation.
- ▶ **EDV-gerechte Umsetzung:** Ein entscheidender Faktor für den Praxiseinsatz ist die effiziente Software-Implementierung des Modells. Deshalb werden im zweiten Teil dieses Kapitels fundamentale Überlegungen bezüglich Datenstrukturierung und -verwaltung erläutert.

---

## 7.1 Organisatorische Gestaltung

Gerade die durchgängige Konzeption des Modells legt den Einsatz in sämtlichen Projektphasen nahe. Dies bedeutet gleichzeitig, daß unterschiedliche Unternehmensabteilungen des Generalunternehmers mit Hilfe dieses Modells Projektinformationen sammeln, verwalten und analysieren. Je nach Projektphase sind folgende organisatorische Einheiten involviert (vgl. Abb. 7.1):

- ▶ Zur Angebotserstellung arbeiten Kalkulationsabteilung, Arbeitsvorbereitung und Fachplaner (z.B. Haustechniker) zusammen. Fachplaner sind je nach Unternehmensgröße intern verfügbar — beispielsweise in Form interdisziplinärer Stabsabteilungen (vgl. BÜHRING, 1992) — oder werden als Externe beauftragt. Diese ermitteln anhand der Angebotsunterlagen das qualitative und quantitative Bauvolumen. Die Gewerke werden in Komponenten aufgegliedert, es wird eine darauf abgestimmte Terminplanung erstellt und die zugehörigen Kosten werden ermittelt. All diese Informationen fließen in die Datenbasis des Mo-

dells ein.

Werden Nachunternehmeranfragen getätigt, so kann vom Generalunternehmer für diese anstelle von IV-Positionen eine Komponentenstrukturierung vorgegeben werden. In diesem Zusammenhang ist besonders auf eine exakte und vollständige Beschreibung der Komponenten zu achten.

- ▶ Nach Vertragsabschluß wird der Datenbestand des Modells für die Projektausführung aktualisiert. Von diesem Zeitpunkt bis zum Ende der Bauausführung ist der Bauleiter für das Updating der Daten zuständig. Ihm dient das Modell zur Kontrolle und Steuerung des Bauablaufs.
- ▶ Nach Abschluß der Ausführung wird der Datenbestand des Projekts analysiert und archiviert, um in Form einer Datenbank Erfahrungswerte zur Planung und Kalkulation zukünftiger Projekte zu liefern.

Um eine erfolgreiche Projektdurchführung zu gewährleisten, ist eine organisatorische Funktion notwendig, die die Planung und Kontrolle des gesamten Projektprozesses

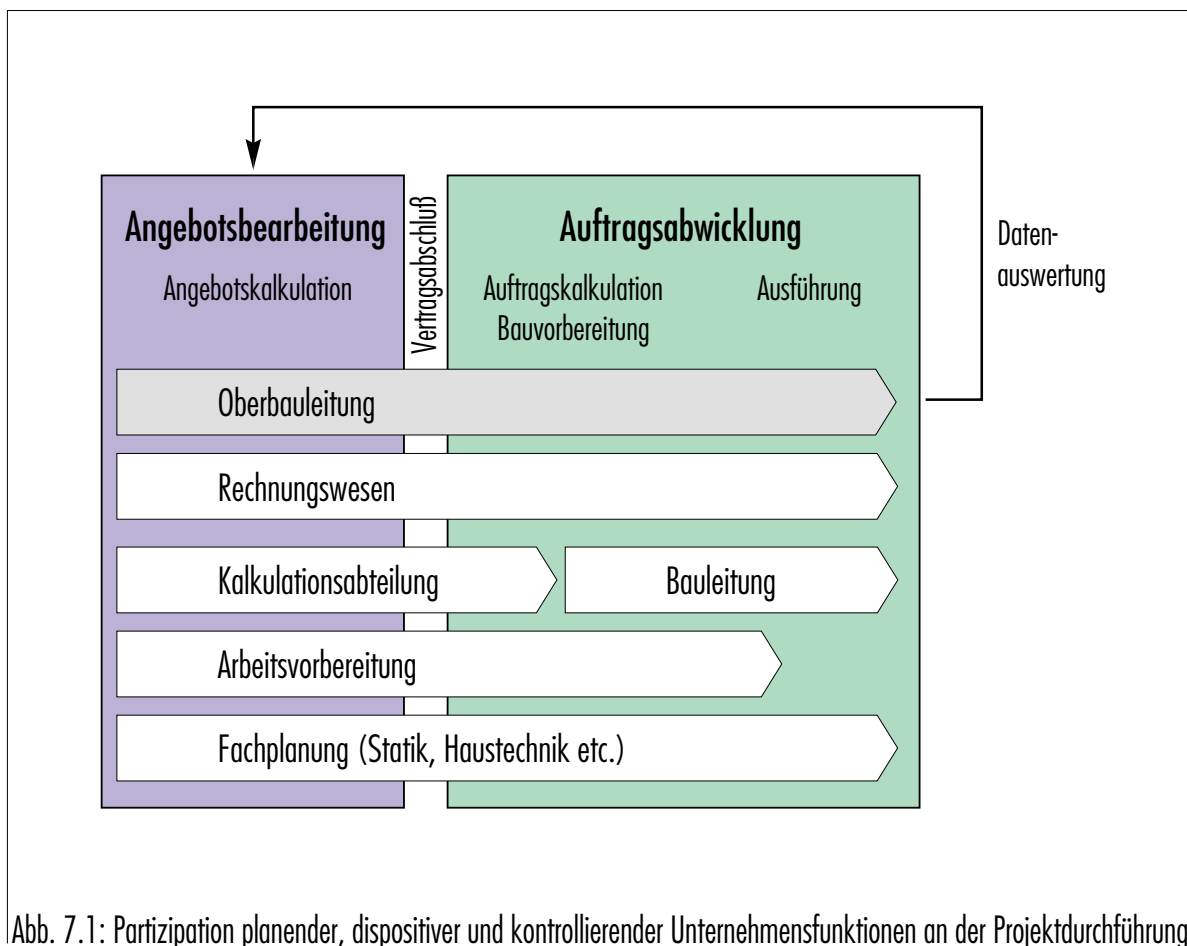


Abb. 7.1: Partizipation planender, dispositiver und kontrollierender Unternehmensfunktionen an der Projektdurchführung

wahrnimmt. Zu deren Aufgaben gehört insbesondere:

- ▶ die Planung des Einsatzes des Komponentenmodells,
- ▶ die Koordination sämtlicher Beteiligter und das Schnittstellenmanagement,
- ▶ die Erfolgskontrolle für das Projekt. Diese wird innerhalb des Modells durchgeführt, wobei die Informationen selektiver gefiltert betrachtet werden, als dies bei der Bauleitung der Fall ist.

Dieses Aufgabenprofil entspricht inhaltlich weitgehend dem traditionellen Controlling-Begriff (vgl. HORVÁTH, 1994)<sup>15</sup>. Die Controlling-Funktion sollte jedoch einer organisatorischen Einheit zugeordnet werden, die nicht der obersten Führungsebene des Unternehmens angehört, sondern die einen starken Bezug zur Baustelle besitzt. Deshalb wird für diese Aufgabe die Oberbauleitung ausgewählt.

Das Controlling setzt sich aus den Elementen Planungs- und Kontrollsystem sowie Informationsversorgungssystem zusammen (vgl. HORVÁTH, 1994). Als Fundament für das Informationsversorgungssystem dient eine Datenbank des aktuellen Projekts, auf die alle Beteiligten im Umfang ihrer jeweiligen Zugriffsrechte Zugang haben (vgl. Abb. 7.2). Beispielsweise hat die Bauleitung keine Zugriffsrechte, um Soll-Werte zu modifizieren.

Die ständige Verfügbarkeit der Daten sowohl im Unternehmen als auch auf der Baustelle wird über einen regelmäßigen, automatisierten Datenabgleich zwischen Baustelle und Zentrale (z.B. per ISDN-Verbindung) sichergestellt.

Um den mobilen Einsatz auf der Baustelle zu erleichtern, ist die Software-Implementierung des Modells so gestaltet, daß sie auch auf portablen EDV-Systemen lauffähig ist.

---

<sup>15</sup> Zu den verschiedenen Controlling-Konzepten vgl. ESCHENBACH (1995). Zu den Möglichkeiten der Ausgestaltung der Controlling-Funktion in Bauunternehmen vgl. WIRTH et al. (1989).

## 7.2 Umsetzung für EDV-Systeme

### 7.2.1 Aufgabenbereiche der Softwareunterstützung im Komponenten-Modell

Die Aufgaben, die ein Generalunternehmer mit Hilfe der Software zum Komponenten-Modell bearbeiten soll, gliedern sich in drei Hauptbereiche (vgl. Abb. 7.3):

- ▶ **Planungsaufgaben** fallen primär während der Angebotserstellung und zu Beginn der Ausführungsphase an. Sie beinhalten die Datenerfassung in der Projektdatenbank und die Generierung von Planungsalternativen mit Hilfe des Programms.
- ▶ **Kontroll- und Steuerungsaufgaben** des Bauablaufs werden parallel zur Ausführung durch die Bauleitung wahrgenommen. Hierbei wird der Ist-Zustand des Projekts erfaßt und bezüglich Zeit- und Kostenabweichungen analysiert.
- ▶ **Administrative Aufgaben** umfassen beispielsweise die Verwaltung von Rechnungen und Informationen über Nachunternehmer. Diese werden im Rahmen

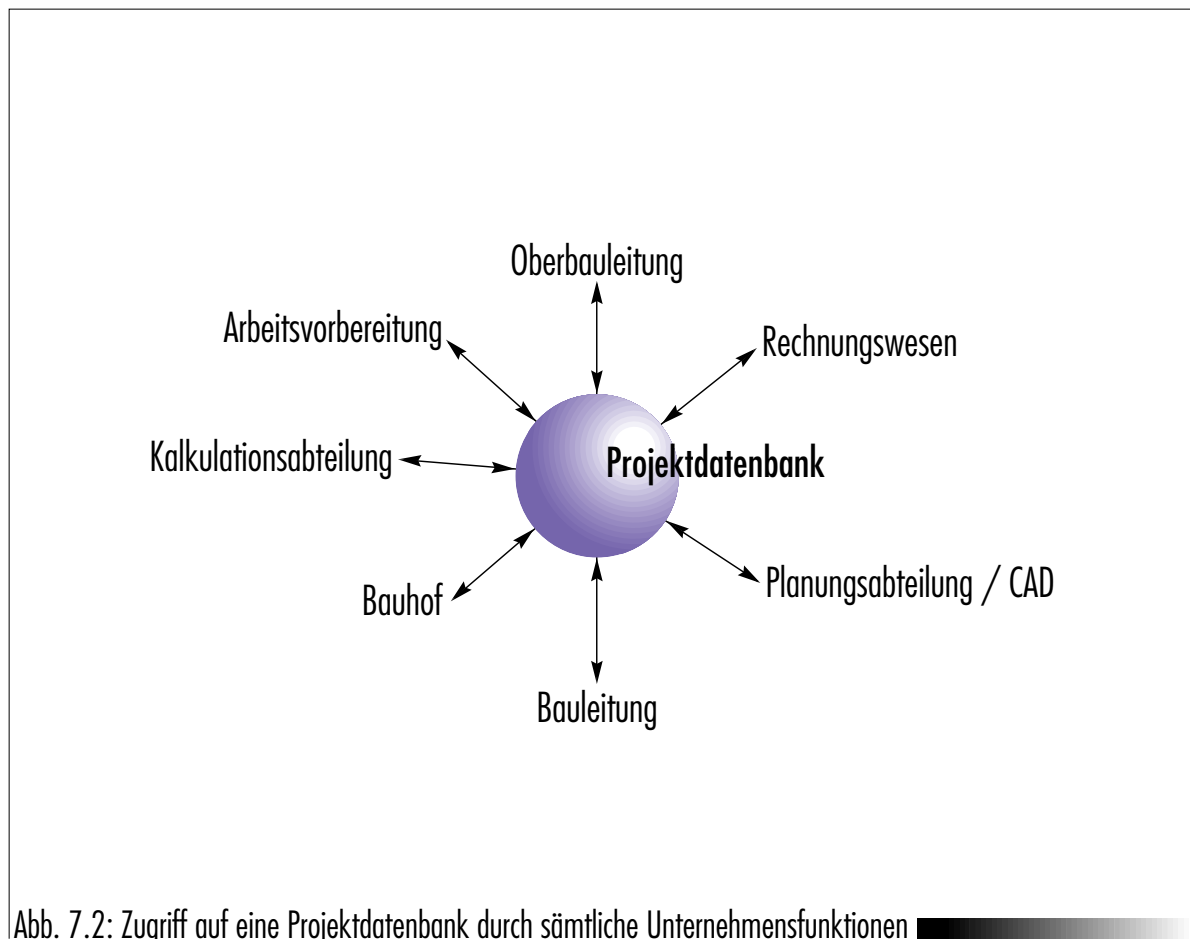


Abb. 7.2: Zugriff auf eine Projektdatenbank durch sämtliche Unternehmensfunktionen



Abb. 7.3: Aufgabenbereiche mit Softwareunterstützung

der folgenden Ausführungen nicht weiter behandelt.

---

### 7.2.2 Auswahl des Entwicklungssystems

Entscheidend zur Implementierung des Komponenten-Modells als Software-Anwendung ist die Abbildung der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Eigenschaften und Zusammenhänge des Modells in einer EDV-gerechten Struktur. Eng damit verknüpft ist die Wahl einer geeigneten Entwicklungsumgebung.

Zur Softwareentwicklung stehen grundsätzlich unterschiedliche Programmier-Paradigmen zur Verfügung, die sich fundamental in der Konzeption der Beziehung zwischen Programm- und Datenstrukturen unterscheiden. Die beiden verbreitetsten Ansätze sind das prozedurale und das objektorientierte Paradigma<sup>16</sup>:

- ▶ **Prozedurales Paradigma:** Das Programm wird in Prozeduren aufgeteilt, die in sich abgeschlossene Programmabschnitte bilden, die von anderen Programmteilen aufgerufen werden können und die eine bestimmte Programmfunktion ausführen. Der Datenaustausch mit dem aufrufenden Programmteil erfolgt primär über Parameter.
- ▶ **Objektorientiertes Paradigma:** Grundgedanke der objektorientierten Programmierung ist die Zusammenfassung von Daten und zugehörigen Funktionen in einem Objekt. Diese Objekte können untereinander *Messages* (Nachrichten) austauschen, um die Ausführung bestimmter Operationen oder Reaktionen zu veranlassen.

Dieser objektorientierte Ansatz erleichtert die Modellierung realer Zusammenhänge in einem Programm, da die Realität im Programm kaum abstrahiert werden muß.

Aufgrund dieses Vorteils wurde für den Software-Prototyp, der zum Komponenten-Modell entwickelt wurde, die objektorientierte Programmiersprache C++ ausgewählt. Dieser Konzeption kommt zusätzlich entgegen, daß inzwischen auch objektorientierte Datenbanken sowohl für Einzelplatzsysteme als auch für Client-Server-

---

<sup>16</sup> Eine detailliertere Darstellung der Programmierparadigmen geben beispielsweise KRETZSCHMAR et al. (1994) und GEHRI (1992).

Architekturen verfügbar sind, so daß Objekte und ihre Referenzen von der Generierung bis zur Speicherung persistent verwaltet werden können.

### 7.2.3 Datenstrukturierung

Die Datenstrukturierung umfaßt die Definition von Objektklassen und die Festlegung ihrer Verknüpfungen. Jedes Objekt gehört einer bestimmten Klasse an. Die Klassen werden in Form einer Vererbungshierarchie dargestellt (vgl. Abb. 7.4). Jede nachgeordnete Klasse erbt die Eigenschaften der übergeordneten Klasse und fügt zusätzlich neue Eigenschaften und Funktionen hinzu. So besitzen beispielsweise die Klassen *Geschoss* und *Raum* als Unterklassen von *Raumeinheit* sämtliche Eigenschaften dieser Klasse, fügen jedoch jeweils für ihren Anwendungsbereich spezifische Eigenschaften hinzu.

Diese Vererbungshierarchie gewährleistet, daß im Sinne der Polymorphie sämtliche Unterklassen einer Oberklasse mit derselben Message angesprochen werden können, ohne daß der Absender wissen muß, um welche Unterklasse es sich tatsächlich handelt.

Abbildung 7.4 stellt die für das Komponenten-Modell definierten Klassen dar, die die im 3. Kapitel erläuterten Zusammenhänge abbilden. Diese Klassen können systematisch in Katalog- und Projektdefinitionsclassen unterteilt werden:

- ▶ **Katalogklassen** enthalten Informationen zu Gewerken, Komponenten und IV-Positionen unabhängig vom einzelnen Projekt. Dies erleichtert die Systematisierung, da sämtliche, bearbeiteten Projekte auf einen einheitlichen Katalog aufbauen.
- ▶ **Projektdefinitionsclassen** beinhalten alle projektspezifischen Informationen, beispielsweise das Raumprogramm mit zugehörigen Komponenten und Anordnungsbeziehungen zwischen Komponenten.

In den Abbildungen 7.5 - 7.6.2 werden Zweck und Inhalt von Katalog- und Projektdefinitionsclassen genauer erläutert. Die Klassen *Objekt* und *KomponenteBasis* haben lediglich eine strukturierende Funktion und werden deshalb nicht weiter beschrieben. Sämtliche Klassen enthalten weiterhin Elementfunktionen, die zur Bearbeitung von

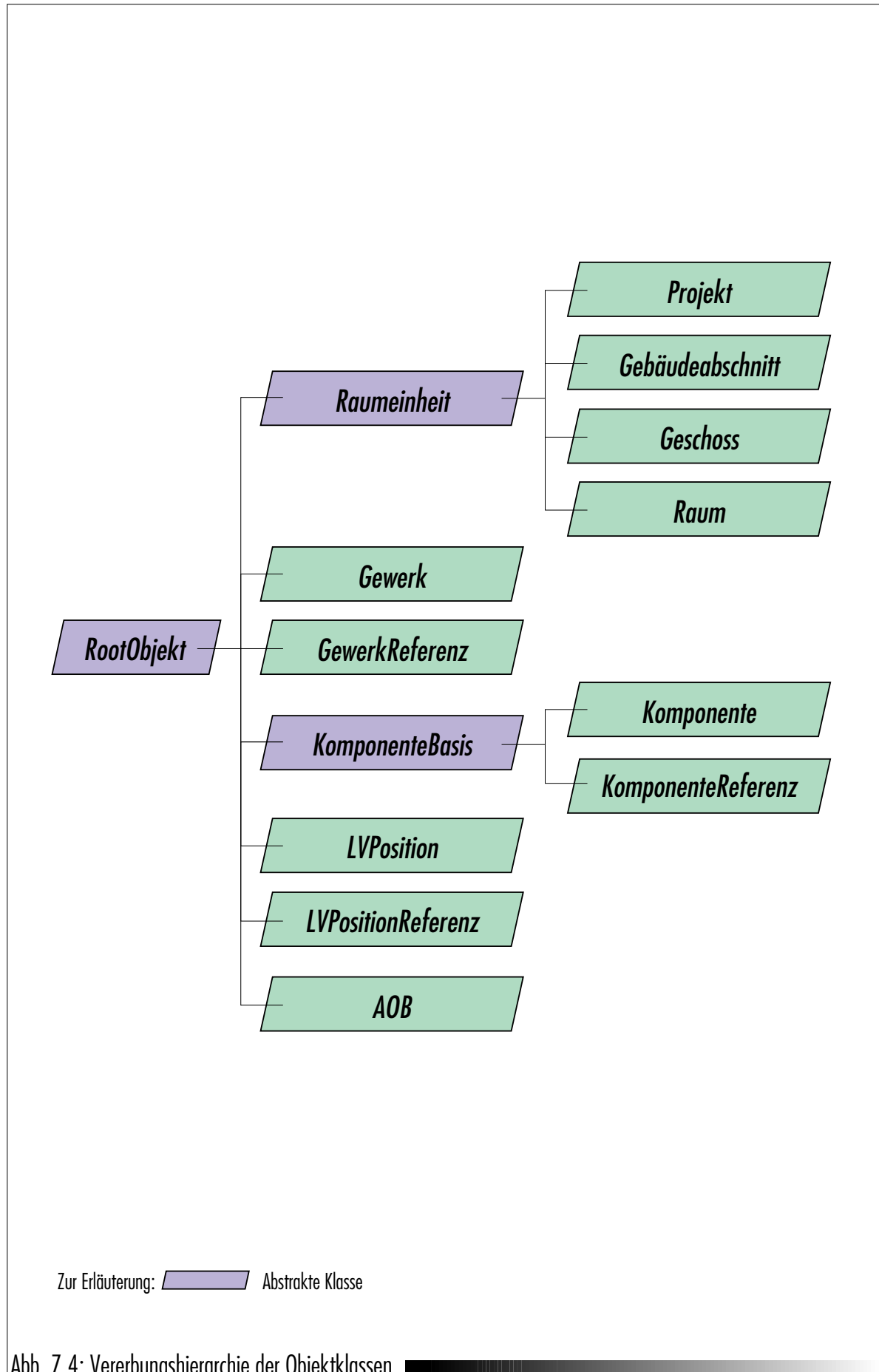


Abb. 7.4: Vererbungshierarchie der Objektklassen

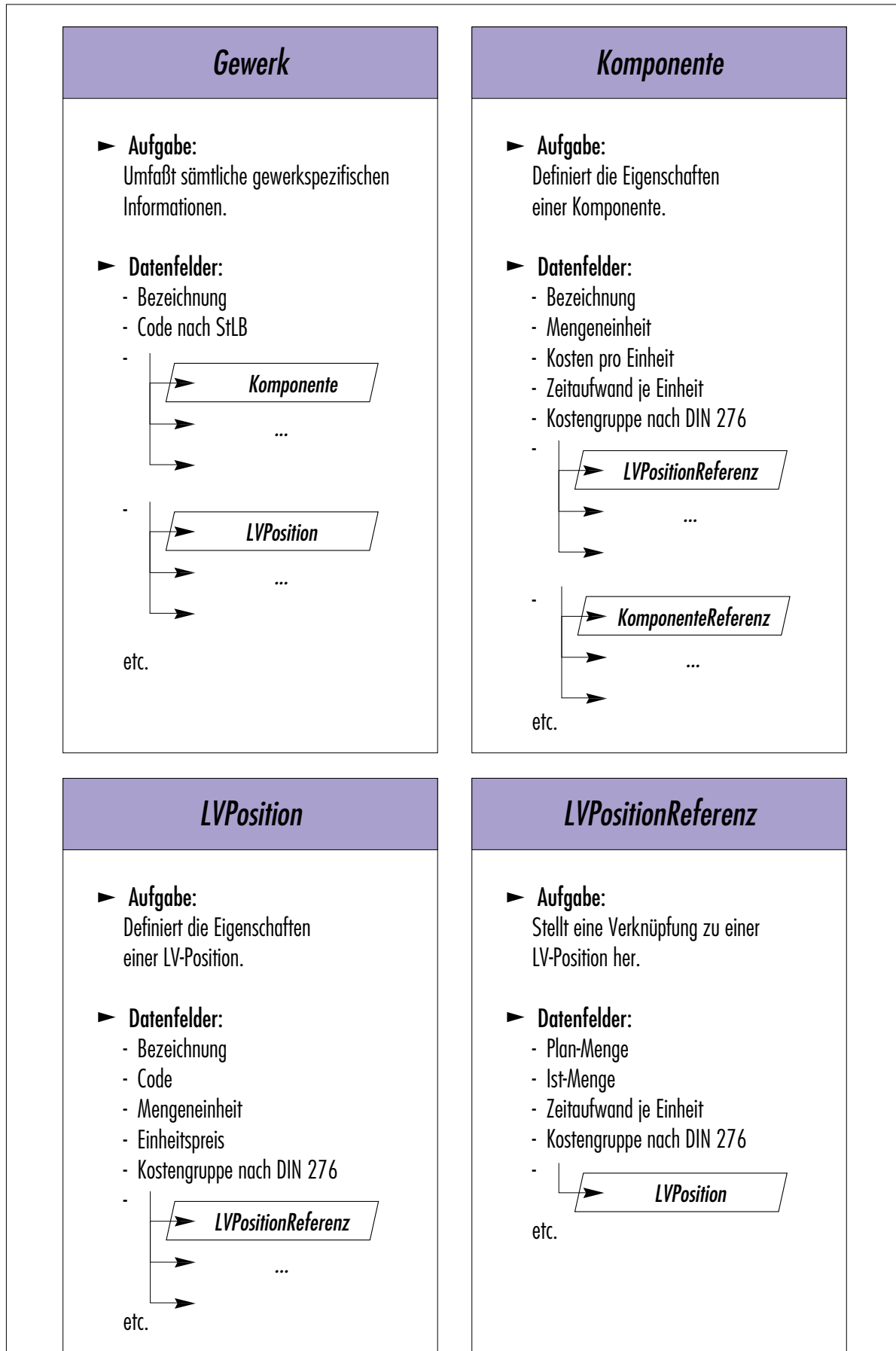


Abb. 7.5: Katalogklassen und ihre Verknüpfungen

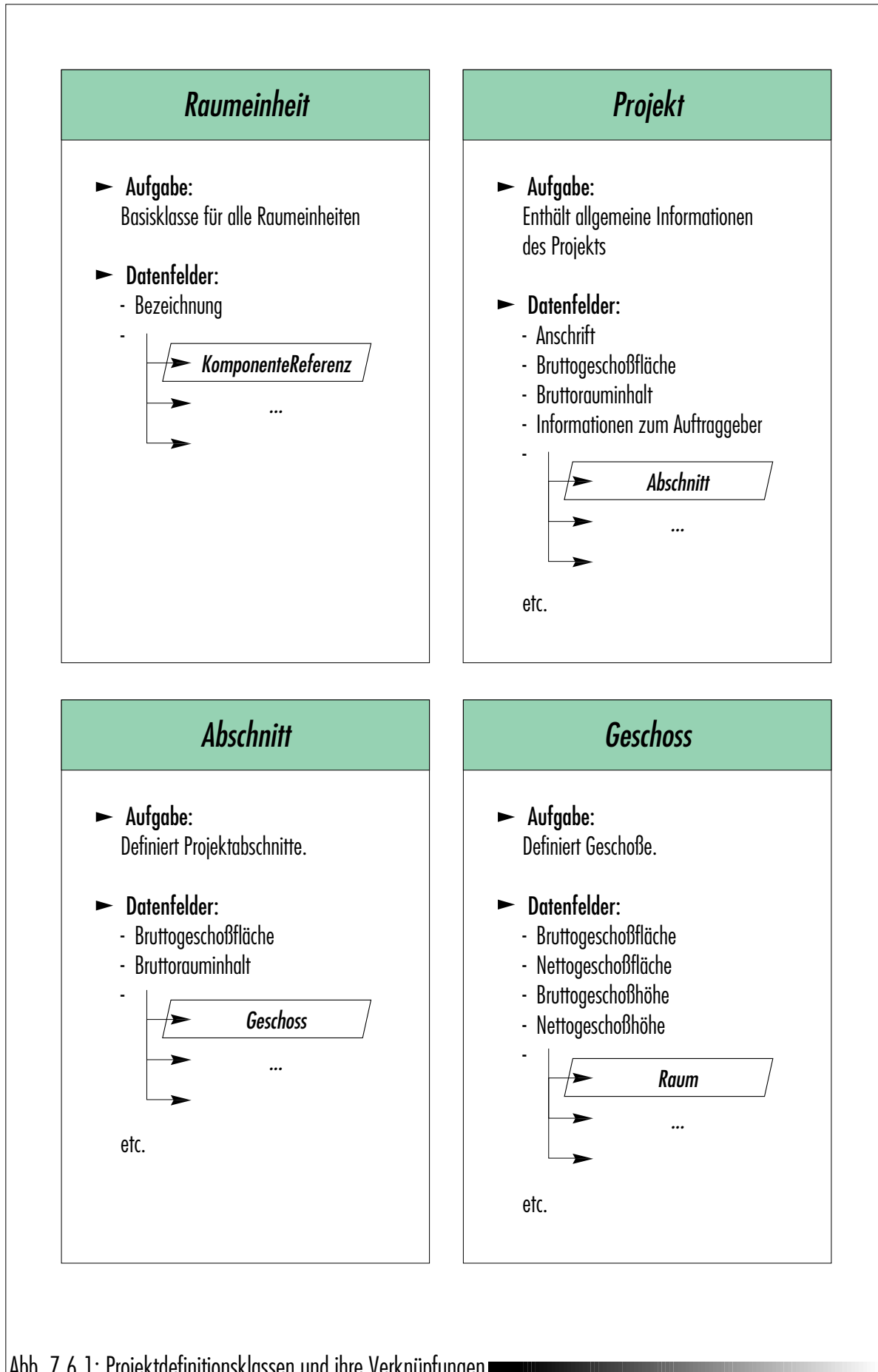


Abb. 7.6.1: Projektdefinitionsclassen und ihre Verknüpfungen

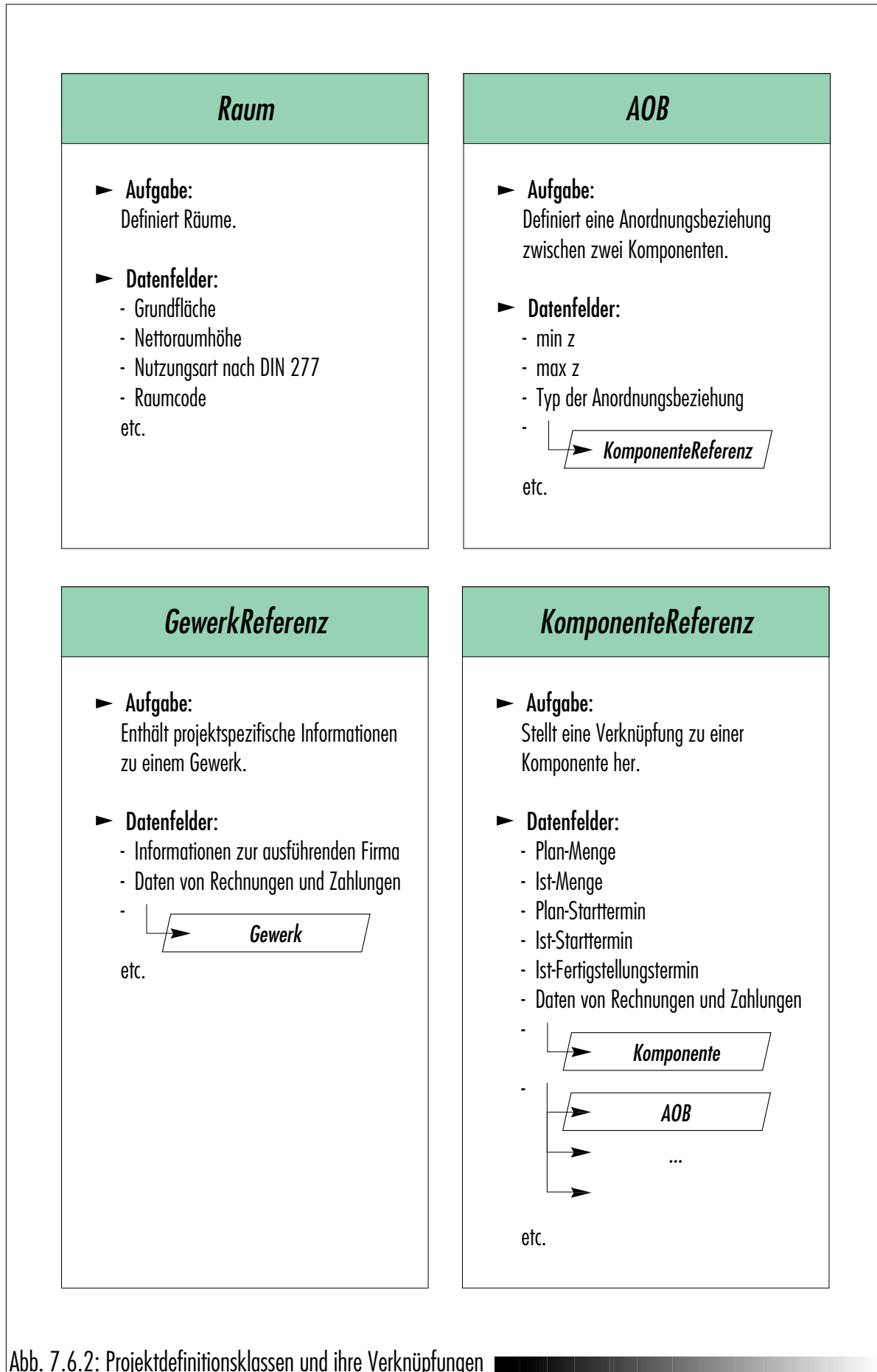


Abb. 7.6.2: Projektdefinitionsclassen und ihre Verknüpfungen

empfangenen Messages dienen, aber im Rahmen dieser Darstellung nicht näher erläutert werden sollen.

Die Verknüpfung zwischen Objekten — beispielsweise zwischen Projektdefinitions- und Katalogklassen — wird durch Referenzen zwischen Klassen realisiert. Die in den einzelnen Klassen enthaltenen Referenzinformationen werden in den Abbildungen durch Pfeile symbolisiert.

Durch Benutzung von Referenzklassen kann z.B. die in Abbildung 3.7 dargestellte Zuordnungsmatrix zwischen Raumeinheiten und Komponenten analog mit Objekten nachgebildet werden, wobei die Klasse *KomponenteReferenz* diese Verknüpfung herstellt.

Der realisierte Prototyp ermöglicht die Bearbeitung dieser Datenstruktur mit Hilfe eines objektorientierten, graphischen Benutzerinterfaces (vgl. Anhang A).

---

#### 7.2.4 Erweiterungsmöglichkeiten

Die oben beschriebene Datenstruktur kann je nach Bedarf unter zwei Gesichtspunkten weiterentwickelt werden:

- **Integration von CAD-Informationen:** Im Modell wurden bisher lediglich Rauminformationen berücksichtigt, während geometrische Informationen fehlten. Durch Hinzufügen dieser Informationen entsteht ein vollständiges Produktmodell, das sämtliche Produktdaten umfaßt (ähnlich wie STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) vgl. KRETZSCHMAR, 1994). Diese Geometriedaten werden mit den Komponenten verknüpft, indem die Klasse *KomponenteReferenz* um eine Referenz zum zugehörigen geometrischen Objekt — meist eine Objektgruppe — ergänzt wird. Umgekehrt ist jedes geometrische Objekt mit einer Referenz zur zugehörigen Komponente zu versehen. Dadurch ist es möglich bei Modifikationen die Datensynchronität zu gewährleisten. Allerdings wird die Möglichkeit der Integration von CAD entscheidend durch den Entwicklungsstand verfügbarer Standard-CAD-Software bestimmt. So sind die aktuellen CAD-Systeme meist noch nicht objektorientiert aufgebaut, so daß sich erhebliche Einschränkungen in der Verknüpfung mit externen Daten ergeben.

Sollten in Zukunft Ausschreibungsunterlagen auch CAD-Daten auf Datenträgern enthalten, die einem allgemeinen Standard entsprechen, so wäre es möglich, diese CAD-Informationen im Computer mit den zum Projekt gehörigen Komponenten zu verknüpfen. Ansonsten kann diese Verknüpfung erst nach Erhalt des Auftrags erfolgen, da eine CAD-gerechte Aufbereitung der Ausschreibungsunterlagen für die Angebotserstellung unverhältnismäßig aufwendig wäre.

- **Ausbau zu einem Facility-Managementsystem:** Seit seiner Entstehung Ende der 70er Jahre in den USA (vgl. SCHLITT, 1993) hat der Aufgabenbereich des Facility Managements stark an Bedeutung gewonnen. Facility Management umfaßt als ganzheitlicher, strategischer Ansatz den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes mit den Phasen *Planen, Bauen, Nutzen* und *Instandhalten* (vgl. auch HARDEN, 1993). Diese Integrationstendenz stellt die bisher vorhandene, strikte Trennung zwischen Bauen und Nutzung in Frage (vgl. auch BALCK, 1993). Daraus ergeben sich für den Generalunternehmer Chancen, neue Marktsegmente zu erschließen, indem Facility-Management als zusätzliche Dienstleistung angeboten wird.

Die oben beschriebene Datenstruktur, die bereits Rauminformationen enthält, läßt sich für den Zweck des Facility-Managements flexibel um zusätzliche Informationen bzw. Klassen erweitern, die beispielsweise Daten zum Inventar und zur Raumbelugung enthalten.



## 8. Strukturierung von Gewerken mit Hilfe von Komponenten

Dieses Kapitel beschreibt für einige wichtige Gewerke grundsätzliche Möglichkeiten zur Gliederung mit Komponenten. Diese Empfehlungen können vom Anwender nach Bedarf modifiziert werden, um eine optimale Anpassung an seine Bedürfnisse zu erhalten.

Die Definition von Komponenten sollte nicht für jedes Bauvorhaben völlig unterschiedlich gestaltet werden, um die Vergleichbarkeit der Daten nicht zu gefährden. Gewerke, die im folgenden nicht explizit angesprochen werden, können analog zu den beschriebenen Gewerken strukturiert werden.

Um Gemeinkosten wie Kosten für Baustelleneinrichtung, Gerüstaufbau etc. zu berücksichtigen, ist je Gewerk entweder eine separate Komponente zu bilden oder diese Kosten sind auf die anderen Leistungen umzulegen.

---

### 8.1 Haustechnik

#### 8.1.1 Heizanlagen und zentrale Warmwasserbereitung

##### 8.1.1.1 Strukturierung

Das Heizungssystem läßt sich in drei Komponenten gliedern:

- ▶ **Heizungszentrale incl. Regelung:** Die Dimensionierung der Heizzentrale kann entweder über die installierte Heizkörperleistung oder über die zu beheizende Fläche erfolgen. Je nach Nutzungsart ergeben sich unterschiedliche Wärmebedarfswerte je Flächeneinheit (z.B. Wohngebäude: 60-70 W/m<sup>2</sup>), die in Abhängigkeit vom Verhältnis Außenwand zu Grundfläche erhöht oder vermindert werden. Aufgrund der erforderlichen Heizleistung können die Kosten der komplett ausgestatteten Zentrale mit Kessel, Pumpen, Regelsystemen, Brenn-

stoffbehälter etc. festgelegt werden. Die elektrische Verkabelung der Geräte innerhalb der Heizzentrale wird hierbei miterfaßt, während die Verkabelung außerhalb des Heizungsraumes (z.B. zur Elektrozentrale) dem Elektrogewerk zugeordnet wird. Ist die Warmwasserversorgung mit der Heizungsanlage gekoppelt, so sind die Kosten der Warmwasserbereitung ebenfalls an dieser Stelle zu berücksichtigen.

- **Rohrleitungen im Kellergeschoß + Steigleitungen:** Die Anzahl der Steigstränge hängt von der gewählten Trassenführung ab. Bei Verlegung der Steigleitungen in der Außenwand kann die Zahl der Steigstränge aus der Anzahl der Heizkörper und ihre Länge aus der Gebäudehöhe abgeleitet werden. Jeder Steigstrang versorgt auf jedem Geschloß, das er durchdringt eine bestimmte Anzahl Heizkörper. Da in diesem Fall eine horizontale Verteilung nur im Kellergeschoß erfolgt, kann deren Länge überschlägig aus der Gebäudefläche ermittelt werden. Bei Anordnung der Steigleitungen im Gebäudekern werden mit jeder Steigleitung eine größere Anzahl an Heizkörpern je Geschloß ver-

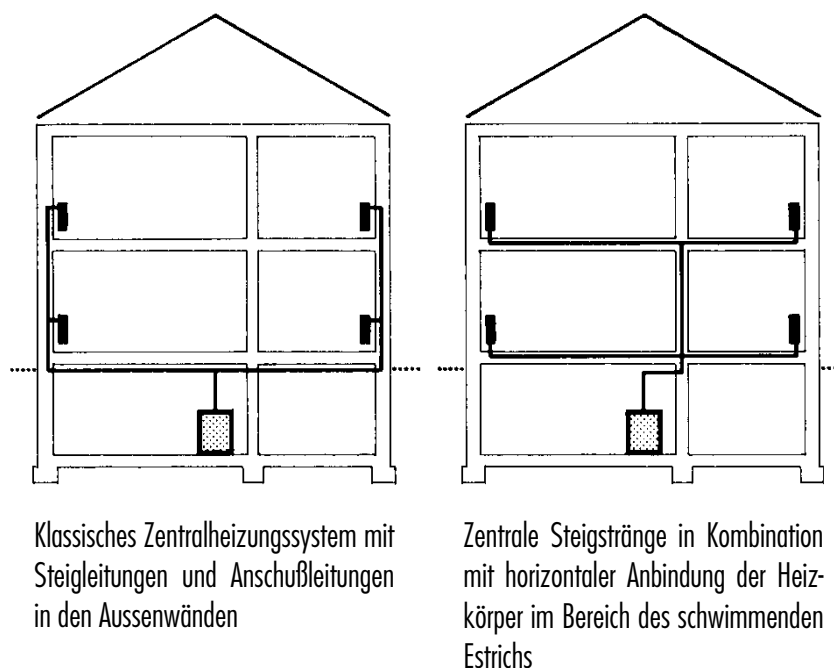


Abb. 8.1: Varianten der Trassenführung von Heizungsvor- und -rücklauf (WELLPOTT, 1994, S. 216)

sorgt, allerdings sind dann die Anbindungsleitungen der Heizkörper länger (vgl. Abb. 8.1).

Die Kosten der Rohrleitungen werden in hohem Maße durch die Art der Isolierung bestimmt. Verfügbar sind Isolierungen mit Kunststoff- oder Blechummantelung, wobei letztere erheblich teurer sind. Aus diesem Grund müssen die Abschnitte des Leitungssystems mit blechummantelter Isolierung mit einem Aufpreis versehen werden. Werden die Dämmarbeiten des Heizungssystems separat vergeben, so sind sie als eigenes Gewerk zu erfassen.

Für Steigleitungen und Leitungen im Kellergeschoß wird jeweils eine mittlere Nennweite zugrundegelegt.

- **Heizkörper + Anbindungen:** Die Zahl der Heizkörper ist für die Dichte des Rohrleitungssystems und die Auslegung der Zentrale maßgebend. Für die Anordnung der Heizkörper ist der gewünschte Grad an Flexibilität der Raumaufteilung entscheidend. Wird maximale Variabilität angestrebt, so ist unter jedem Fenster ein Heizkörper zu plazieren. Dies bietet sich vor allem bei Bürogebäuden an, wo die späteren Nutzer vorab noch nicht feststehen. Ist diese Flexibilität nicht erforderlich, so wäre es möglich einen Heizkörper unter zwei Fenstern anzuordnen.

Zur Bestimmung der Gesamtkosten je Heizkörper, werden zunächst für das Gebäude je nach Variationsbreite mit Erfahrungswerten eine oder mehrere mittlere Heizkörpergrößen gewählt und die entsprechenden Kosten bestimmt. Diese Vorgehensweise ist ausreichend genau, da die Stückkosten durch Montageanteil und Heizkörpertyp (DIN-, Röhren- oder Plattenheizkörper) wesentlich stärker beeinflußt werden als durch die Heizkörperleistung. Wird ein höheres Ausstattungsniveau gefordert, so erhöhen sich die Kosten um einen bestimmten Prozentsatz. Abbildung 8.2 stellt dies an einem Beispiel dar.

Die Länge der Heizkörperanbindung ist von der Trassenführung der Steigleitungen und dem gewählten Rohrleitungssystem (Ein- oder Zweirohrsystem) abhängig. Die Leitungskosten beziehen sich dabei auf eine mittlere Leitungsnennweite der Anbindungen.

Wird in bestimmten Räumen eine Bodenheizung verlegt, so sind diese Flächen separat zu berücksichtigen, wobei die Grundfläche der zugehörigen Raumeinheit als Bezugsgröße dient.

### 8.1.1.2 Kostenzusammenstellung

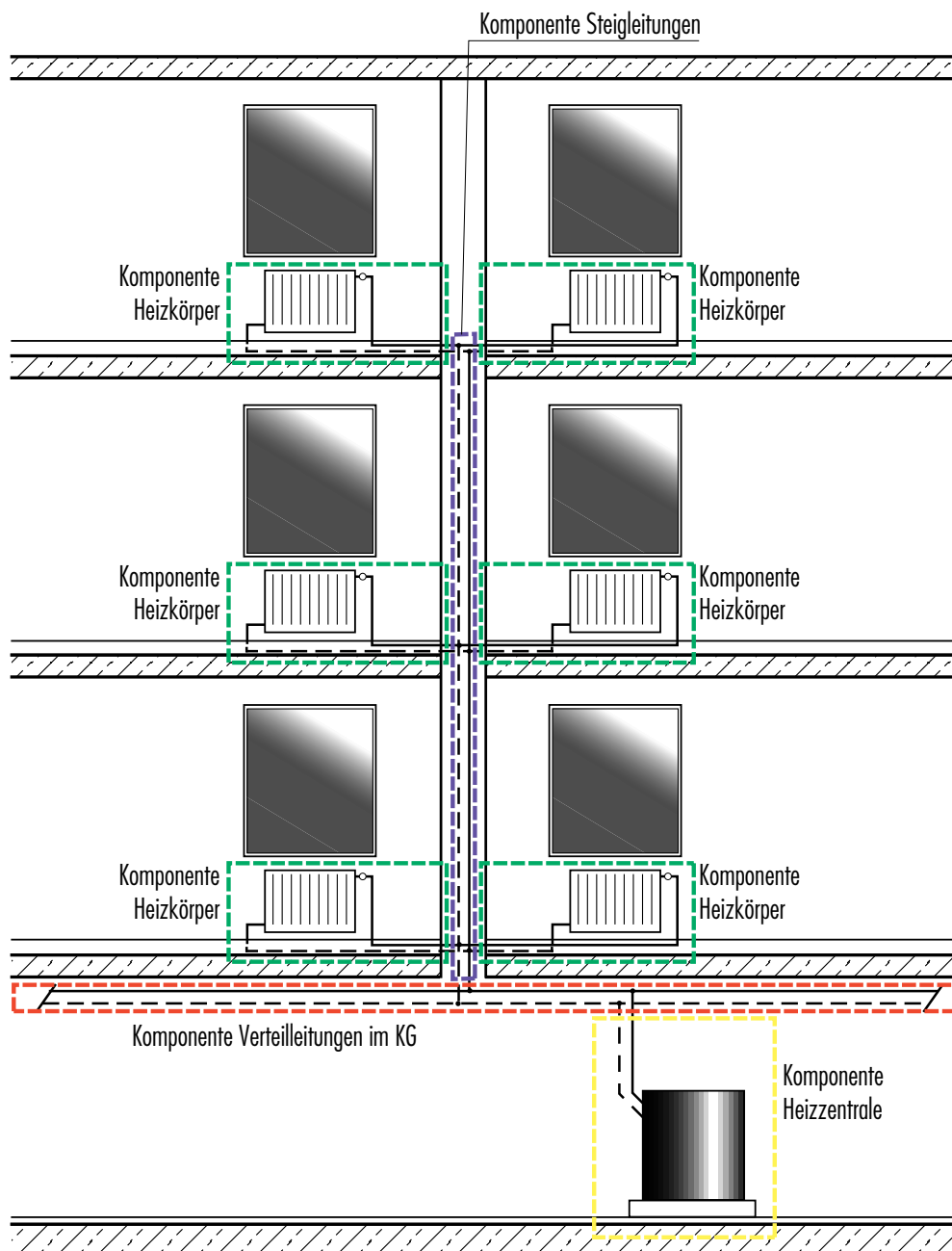
Unter Verwendung der oben dargestellten Einteilung (vgl. Abb. 8.3) ergeben sich die Gesamtkosten der Heizungsanlage als Summe folgender Komponenten:

- Kosten der Heizzentrale:

$$K_{HZ}$$

<b>Heizkörpertyp</b>	DIN-Heizkörper	Plattenheizkörper	Röhrenradiator
<b>Ausstattungsfaktor</b>	1,00	1,08	1,12

Abb. 8.2: Beispiel für Ausstattungsfaktoren bei Heizkörpern



Zur Erläuterung:  Geltungsbereich einer Komponente

Abb. 8.3: Gliederung der Heizungsanlage in Komponenten

- Kosten der Steigleitungen:

$$x_{HSL} l_{HSL} k_{HSL}$$

mit  $x_{HSL}$  Anzahl der Steigstränge (zwei für Vor- und Rücklauf),  
 $l_{HSL}$  Länge der Steigstränge,  
 $k_{HSL}$  Kosten pro m Steigstrang einschließlich Isolierung.

- Kosten der Verteilungen im KG:

$$l_{HL_{KG}} k_{HL_{KG}} z_{HLI}$$

mit  $l_{HL_{KG}}$  Länge der Rohrleitungen,  
 $k_{HL_{KG}}$  Kosten pro m Rohrleitung inklusive Isolierung,  
 $z_{HLI}$  Faktor in Abhängigkeit von der Art der Isolationskaschierung.

- Kosten der Heizkörper:

$$k_{HK} \sum_j z_{HKj} x_{HKj}$$

mit  $k_{HK}$  Kosten eines Heizkörpers,  
 $z_{HKj}$  Faktor in Abhängigkeit vom Heizkörpertyp  $j$ ,  
 $x_{HKj}$  Anzahl der Heizkörper vom Typ  $j$ .

- Kosten der Anbindungsleitungen der Heizkörper:

$$x_{HK} k_{HKA} l_{HKA}$$

mit  $x_{HK}$  Anzahl der Heizkörper,  
 $k_{HKA}$  Kosten pro m Anbindungsleitung,  
 $l_{HKA}$  Mittlere Länge der Anbindungsleitungen.

- Kosten der Fußbodenheizung:

$$x_{FBH} k_{FBH}$$

mit  $x_{FBH}$  Fläche der Fußbodenheizung,  
 $k_{FBH}$  Kosten pro m<sup>2</sup> Fußbodenheizung.

Gesamtkosten der Heizungsanlage  $K_{HA}$ :

$$K_{HA} = K_{HZ} + x_{HSL} l_{HSL} k_{HSL} + l_{HL_{KG}} k_{HL_{KG}} z_{HLI} + k_{HK} \sum_j z_{HKj} x_{HKj} \\ + x_{HK} k_{HKA} l_{HKA} + x_{FBH} k_{FBH}$$

### 8.1.1.3 Montageablauf

Die Montage der Heizungsanlage wie auch der anderen Haustechnik-Gewerke erfolgt nicht in einem Arbeitsgang, sondern lässt sich prinzipiell in Grob- und Feinmontage unterteilen (vgl. Abb. 8.4)<sup>17</sup>.

Die **Grobmontage** beinhaltet:

- ▶ Einbau und Anschluß der Geräte in der Heizungszentrale,
- ▶ Montage der Steig- und Fallstränge,
- ▶ Einbau der Heizkörper samt Anbindungen,
- ▶ Druckproben des Systems und
- ▶ Isolierung der Leitungen.

Zur **Feinmontage** gehören:

- ▶ Installation von Schaltschränken,
- ▶ Meß- und Regeltechnik,
- ▶ Justierung des Systems.

Um diesen Ablauf in der Komponentenstruktuiierung angemessen zu berücksichtigen, empfiehlt es sich, zur Ablaufplanung die Komponente Heizungszentrale ablaufgerecht aufzugliedern.

<sup>17</sup> Eine ausführliche Darstellung des Montageablaufs der Haustechnik-Gewerke und der Abhängigkeiten zu anderen Gewerken geben PLATZ (1984) und SOMMER (1994).

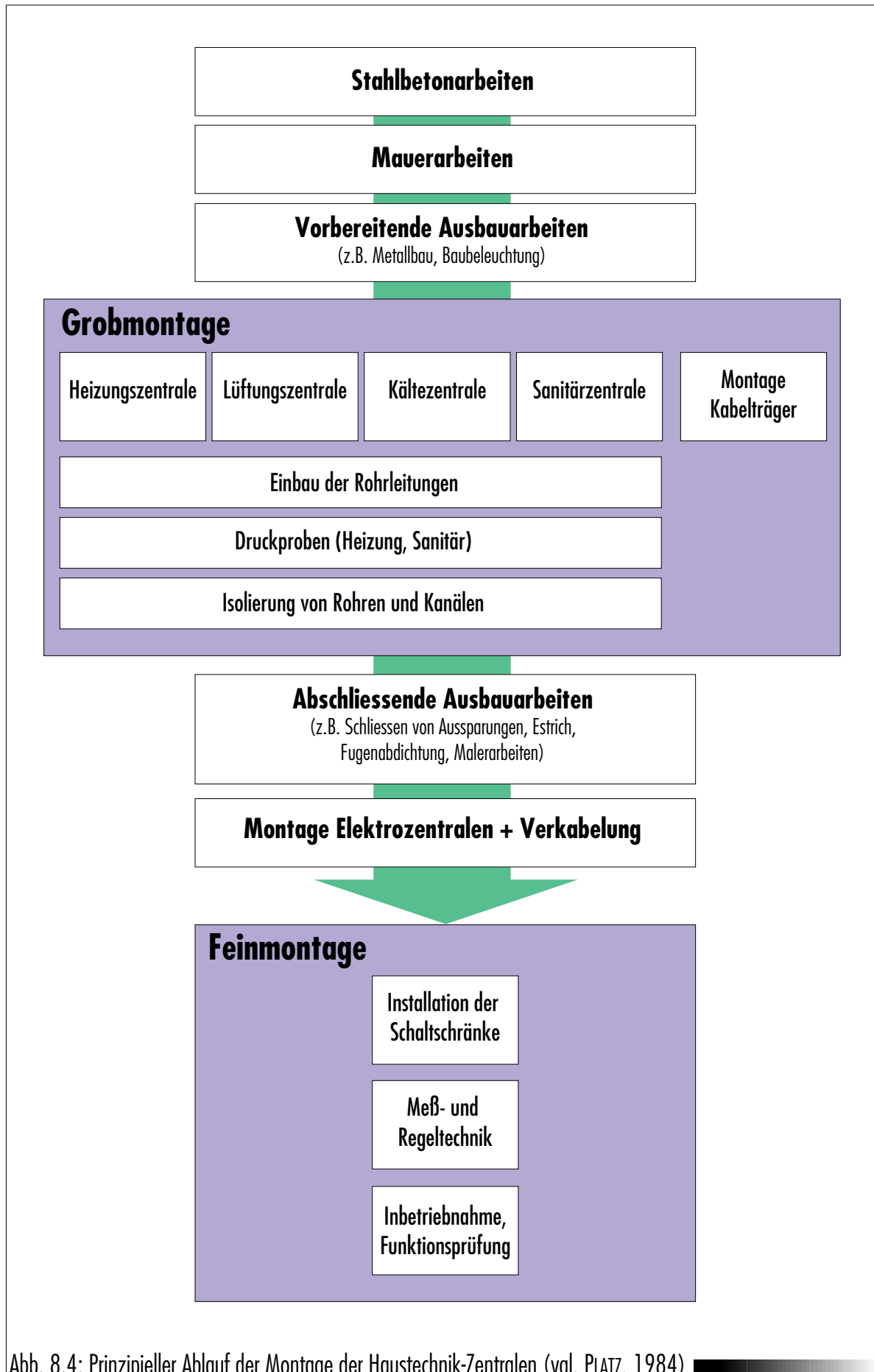


Abb. 8.4: Prinzipieller Ablauf der Montage der Haustechnik-Zentralen (vgl. PLATZ, 1984)

## 8.1.2 Sanitäranlagen

### 8.1.2.1 Strukturierung

Dieser Bereich umfaßt Anlagen zur Versorgung mit Wasser und Gas sowie zur Abwasserentsorgung.

- Im Wohnungsbau betreffen sanitäre Installationen Badezimmer, WCs und Küchen. Zur Kostenermittlung kann eine Aufteilung in die Komponenten Naßzelle, Steig- bzw. Falleitungen sowie Kellerverteil- bzw. -sammelleitungen erfolgen. Die Kosten einer Naßzelle können aufgrund der in den Ausschreibungsunterlagen angegebenen Sanitärgegenstände (Waschtische, Badewannen etc.) abgeschätzt werden. Die Anbindungsleitungen der Sanitärgegenstände sind hierbei einzubeziehen. Im allgemeinen wiederholen sich identisch ausgestattete Naßzellen im Gebäude, die Gesamtkosten ergeben sich durch Multiplikation mit der Stückzahl. Da die zugehörigen Rohrleitungen für Kalt-, Warm- und Abwasser vertikal verlaufen, können diese auf Geschoßhöhe jeder Naßzelle zugeordnet werden oder als eigene Komponente betrachtet werden, was den tatsächlichen Montageablauf besser widerspiegelt (vgl. Abschnitt 8.1.2.3). In diesem Fall entsprechen die Abmessungen der Steig- und Fallrohre der Gebäudehöhe.

Die Kosten der Abwasserleitungen im Kellergeschoß hängen von den Gebäudeabmessungen und der Art der Leitungsführung ab, d.h. wenn die Falleitungen direkt in Grundleitungen geführt werden, erhöhen sich die Kosten. Die Längen der Kalt- und Warmwasserleitungen sowie der Abwasserleitungen im Kellergeschoß sind aus den Entwurfsunterlagen zu ermitteln.

- Im Nichtwohnungsbau greifen im allgemeinen Bauordnungen der Länder und die Arbeitsstättenverordnung, die die quantitative Ausstattungen eines Gebäudes mit Sanitäranlagen vorschreiben (vgl. WELLPOTT, 1994). Diese Vorschriften können zugrunde gelegt werden, soweit die funktionale Leistungsbeschreibung und das Raumbuch keine genauen Aussagen hierzu machen. Auch in diesem Fall werden für WCs, Teeküchen, Wasch- und Putzräume anhand der gewünschten Ausstattung Pauschalbeträge gebildet, so daß die formelmäßigen Zusammenhänge aus dem Wohnungsbau analog übernommen werden kön-

nen. Die Sanitärzentrale ist im Nichtwohnungsbau meist separat zu berücksichtigen, da sie beispielsweise Druckerhöhungs- und Wasseraufbereitungsanlagen enthalten kann (vgl. Abb. 8.5). Vorhandene Abwasserhebeanlagen werden nach Stück berechnet.

### 8.1.2.2 Kostenzusammenstellung

Unter Verwendung der oben dargestellten Aufteilung (vgl. Abb. 8.6) resultieren die Gesamtkosten der Sanitäranlagen als Summe folgender Komponenten:

- Kosten der Sanitärzentrale:

$$K_{SZ}$$

- Kosten der Abwasserhebeanlage:

$$K_{AH}$$

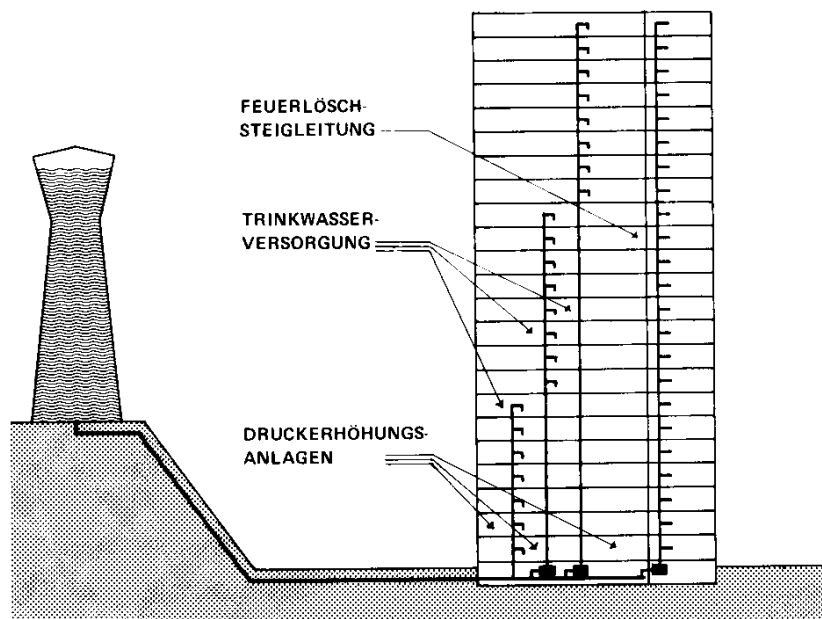


Abb. 8.5: Wasserversorgung eines Hochhauses mit Hilfe von Druckerhöhungsanlagen ( WELLPOTT, 1994, S. 324)

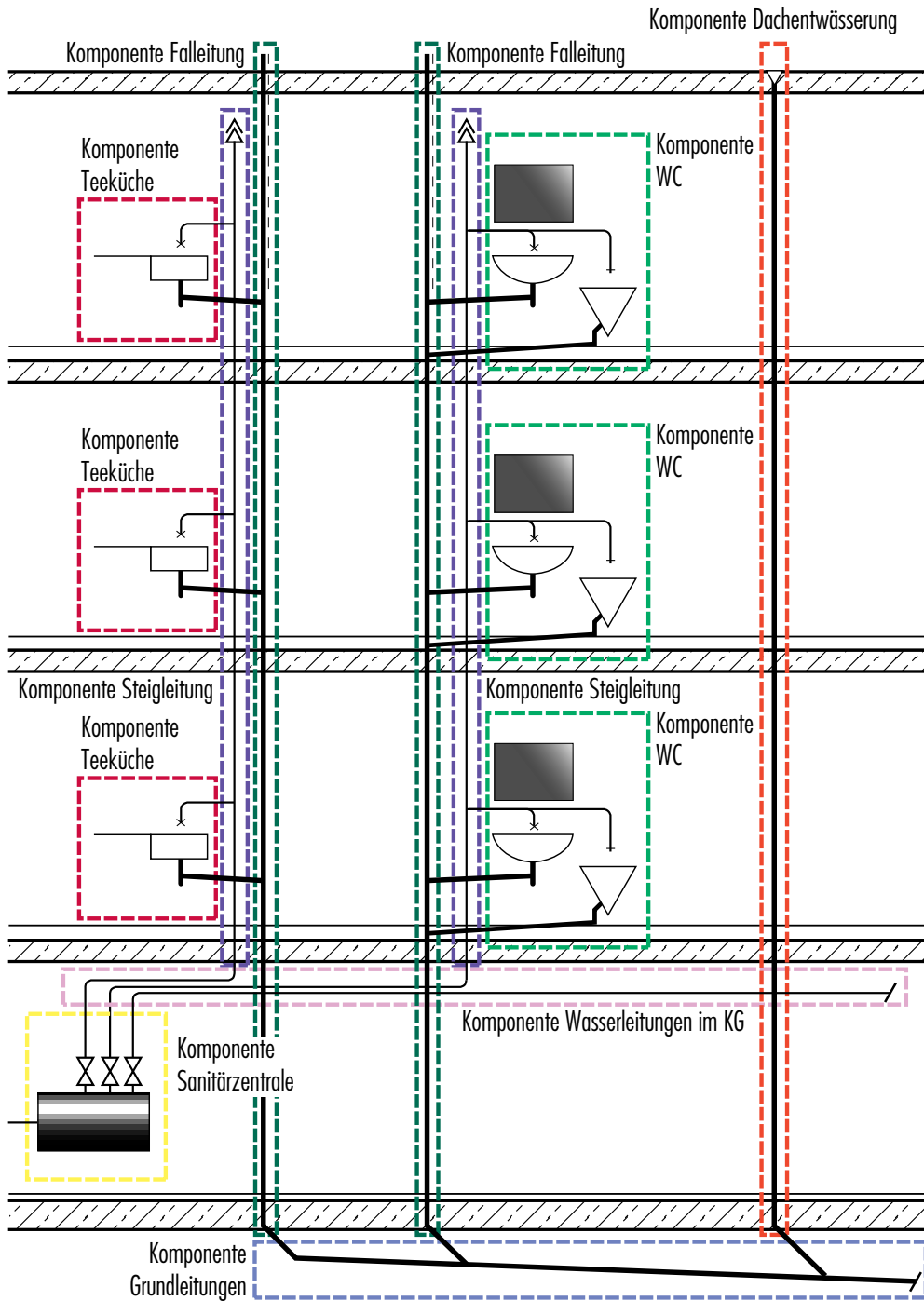


Abb. 8.6: Aufteilung der Sanitäranlagen in Komponenten

- Kosten der Naßzellen:

$$\sum_k k_{NZk} z_{NZk} x_{NZk}$$

- mit  $k_{NZk}$  Kosten einer Naßzelle vom Typ  $k$ ,  
 $z_{NZk}$  Faktor in Abhängigkeit vom Ausstattungsniveau der Naßzellen,  
 $x_{NZk}$  Anzahl der Naßzellen vom Typ  $k$ .

- Kosten der Steig- und Falleitungen:

$$k_{KW} l_{KW} x_{KW} + k_{WW} l_{WW} x_{WW} + k_{AW} l_{AW} x_{AW} + k_{DE} l_{DE} x_{DE}$$

- mit  $k_{KW}$  Kosten pro m Kaltwassersteigleitung,  
 $l_{KW}$  Länge der Kaltwassersteigleitungen,  
 $x_{KW}$  Anzahl der Kaltwassersteigleitungen,  
 $k_{WW}$  Kosten pro m Warmwassersteigleitung,  
 $l_{WW}$  Länge der Warmwassersteigleitungen,  
 $x_{WW}$  Anzahl der Warmwassersteigleitungen,  
 $k_{AW}$  Kosten pro m Fallrohr,  
 $l_{AW}$  Länge der Fallstränge,  
 $x_{AW}$  Anzahl der Fallstränge,  
 $k_{DE}$  Kosten pro m Falleitung zur Dachentwässerung,  
 $l_{DE}$  Länge der Falleitung zur Dachentwässerung,  
 $x_{DE}$  Anzahl der Falleitung zur Dachentwässerung.

- Kosten der Wasser- und Abwasserrohre im Kellergeschoß:

$$k_{KVK} l_{KVK} + k_{KVV} l_{KVV} + z_{GL} k_{SL} l_{SL}$$

- mit  $k_{KVK}$  Kosten pro m Kellerverteilleitungen für Kaltwasser,  
 $l_{KVK}$  Länge der Kellerverteilleitungen für Kaltwasser,  
 $k_{KVV}$  Kosten pro m Kellerverteilleitungen für Warmwasser,  
 $l_{KVV}$  Länge der Kellerverteilleitungen für Warmwasser,  
 $z_{GL}$  Zuschlag bei Verwendung von Grundleitungen,  
 $k_{SL}$  Kosten pro m Abwassersammelleitungen,  
 $l_{SL}$  Länge der Abwassersammelleitungen.

Gesamtkosten der Sanitäreanlagen  $K_{SA}$ :

$$K_{SA} = K_{SZ} + K_{AH} + \sum_k k_{NZk} z_{NZk} x_{NZk} + k_{KW} l_{KW} x_{KW} + k_{WW} l_{WW} x_{WW} \\ + k_{AW} l_{AW} x_{AW} + k_{DE} l_{DE} x_{DE} + k_{KVK} l_{KVK} + k_{KVV} l_{KVV} + z_{GL} k_{SL} l_{SL}$$

### 8.1.2.3 Montageablauf

Wenn die Abwasserleitungen als Grundleitungen geführt werden, sind diese im Zuge der Gründungsarbeiten zu verlegen. Nach Fertigstellung des Rohbaus und der Dachabdichtung werden möglichst frühzeitig die Falleitungen zur Dachentwässerung installiert, um die Gebäudeentwässerung zu gewährleisten. Daran schliessen sich die Montage der Sanitärzentrale und der Rohrleitungen sowie die Druckprobe an. Die abschließende Feinmontage umfasst den Einbau der Sanitärobjekte.

Soll dieser Installationsablauf mit Komponenten nachgebildet werden, so sind zur Ablaufplanung die Komponenten aus der Kostenermittlung entsprechend feiner aufzugliedern.

## 8.1.3 Feuerlöschanlagen

### 8.1.3.1 Strukturierung

- ▶ **Feuerlöschsteigleitungen** mit angeschlossenen Wandhydranten werden in drei verschiedenen Ausführungen realisiert:
  - ◆ **Nasse Steigleitungen** (vgl. Abb. 8.7) stehen ständig unter Leitungsdruck. Zur Sicherstellung eines ausreichenden Drucks ist unter Umständen eine Druckerhöhungsanlage erforderlich.
  - ◆ In **trockene** Steigleitungen wird erst im Brandfall von der Feuerwehr Wasser mit Hilfe einer Feuerlöschpumpe eingespeist.
  - ◆ **Naß-trockene** Steigleitungen werden im Bedarfsfall durch Fernbetätigung von Armaturen mit Wasser aus dem Trinkwassernetz versorgt. Zu diesem

Zweck ist am unteren Ende der Steigleitung ein Schaltschrank und ein Anschluß an das Gebäudeentwässerungssystem notwendig (vgl. VOLGER, 1989).

Die Kosten der Löschwasserleitungen ergeben sich aus der Anzahl der Feuerlöschleitungen, aus der Gebäudehöhe und der Zahl der Wandhydranten. Zu jedem Steigstrang sind im Kellergeschoß Zuleitungen erforderlich.

Für nasse Steigleitungen entstehen unter Umständen zusätzliche Kosten für eine Druckerhöhungsanlage, bei naß/trockener Ausführung für Schaltschrank und Entwässerungsleitung. Für Dichte und Lage sämtlicher Feuerlöscheinrichtungen sind die Vorgaben der Brandschutzbehörden maßgebend.

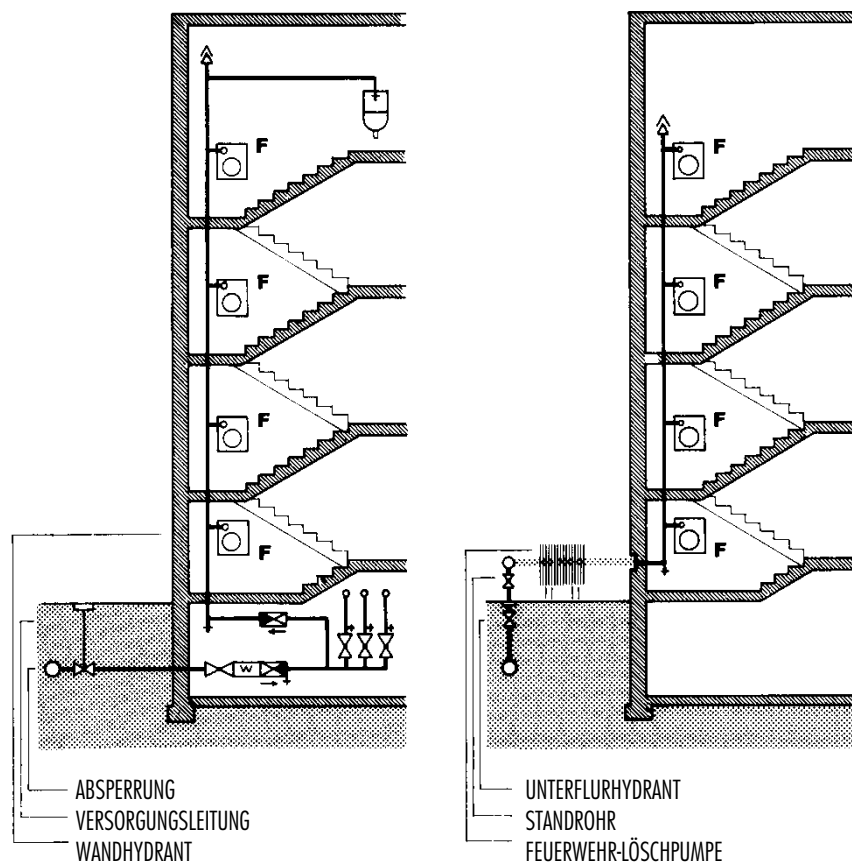


Abb. 8.7: Nasse (links) und trockene Feuerlöschleitung ( WELLPOTT, 1994, S. 327)

- ▶ **Sprinkleranlagen:** Bei der Einteilung in Komponenten erfolgt die Unterscheidung zwischen dem Rohrnetz mit den Sprinklerköpfen und der Sprinklerzentrale mit Zwischenbehälter und Pumpe, deren Größe und Kosten von der zu besprinklernden Fläche abhängen. Die Kosten des Rohrnetzes ergeben sich in Abhängigkeit von der zu besprinklernden Fläche und der Art der Besprinklerung (z.B. Tiefgarage, Büros, Lagerräume).
- ▶ **Einzellöscher:** Hierbei handelt es sich um Pulver- oder Kohlendioxid-Löscher, deren Kosten nach Stück berechnet werden.

### 8.1.3.2 Kostenzusammenstellung

Unter Verwendung der oben dargestellten Strukturierung ergeben sich die Gesamtkosten der Feuerlöschanlagen als Summe folgender Komponenten:

- ▶ Kosten der Feuerlöschstation:

$$K_{FLS}$$

- ▶ Kosten der Feuerlöschsteigleitungen:

$$k_{FS} x_{FS} [l_{FS} + l_{ZL}]$$

mit  $k_{FS}$  Kosten pro m Feuerlöschsteigleitung,  
 $x_{FS}$  Anzahl der Feuerlöschsteigleitungen,  
 $l_{FS}$  Länge einer Feuerlöschsteigleitung,  
 $l_{ZL}$  Länge der Zuleitung.

- ▶ Kosten der Wandhydranten:

$$k_{WH} x_{WH}$$

mit  $k_{WH}$  Kosten eines Wandhydranten,  
 $x_{WH}$  Anzahl der Wandhydranten.

- ▶ Kosten der Sprinklerzentrale:

$$K_{SPZ}$$

- Kosten der Sprinkler incl. Rohrleitungen:

$$\sum_m k_{SPm} x_{SPm}$$

mit  $k_{SPm}$  Kosten pro m<sup>2</sup> zu besprinkelnder Fläche vom Typ  $m$ ,  
 $x_{SPm}$  Zu besprinkelnder Fläche vom Typ  $m$ .

- Kosten der Einzellöscher:

$$k_{EL} x_{EL}$$

mit  $k_{EL}$  Stückkosten eines Einzellöschers,  
 $x_{EL}$  Anzahl der Einzellöscher.

Gesamtkosten der Feuerlöschanlagen  $K_{FA}$ :

$$K_{FA} = K_{FLS} + k_{FS} x_{FS} [l_{FS} + l_{ZL}] + k_{WH} x_{WH} + K_{SPZ} + \sum_m k_{SPm} x_{SPm} \\ + k_{EL} x_{EL}$$

### 8.1.3.3 Montageablauf

Bei der Ablaufplanung für die Feuerlöschinstallationen ist zu beachten, daß nasse Feuerlöschsteigleitungen eventuell zur Wasserversorgung während der Ausbauphase benötigt werden und deshalb frühzeitig erstellt werden sollten.

Bei Sprinkleranlagen müssen vorhandene Zwischenbehälter aufgrund ihrer Abmessungen bereits vor dem Rohbau eingebaut werden. Die Montage der Sprinklerleitungen erfolgt nach der Heizungs- und Lüftungsmontage, während die Sprinklerköpfe erst zu einem späteren Zeitpunkt installiert werden (vgl. SOMMER, 1994).

## 8.1.4 Raumluftechnische Anlagen

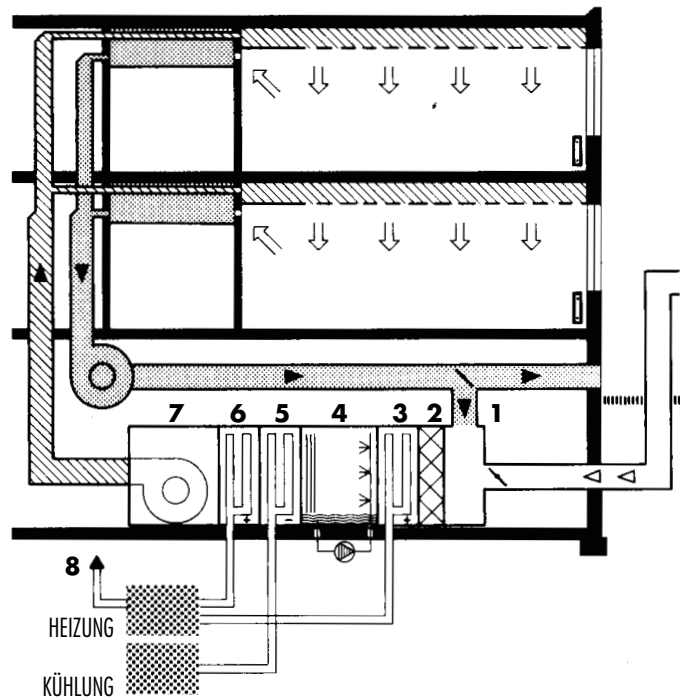
### 8.1.4.1 Strukturierung

Das Feld der raumluftechnischen Anlagen ist weit gefächert. Während im Wohnungsbau lediglich einfache Lüftungssysteme installiert werden, kommen im Nichtwohnungsbau komplexe Luftbehandlungssysteme zum Einsatz.

- ▶ **Wohngebäude:** Im Wohnungsbau werden innenliegende Badezimmer, WCs und Küchen entlüftet. Hierfür werden Einzel- oder Zentrallüftungsanlagen eingesetzt. Bei Einzellüftung fallen je zu entlüftendem Raum Kosten für einen Ventilator an, während bei Zentrallüftung Kosten für einen größeren Lüfter auf dem Dach entstehen. Die Kosten des zugehörigen Lüftungsschachtes resultieren aus der Gebäudehöhe und der Luftmenge<sup>18</sup>.
- ▶ **Bürogebäude:** Raumluftechnische Anlagen lassen sich nach den thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen *Heizen*, *Kühlen*, *Befeuchten* und *Entfeuchten* gliedern (vgl. DIN 1946 T. 1). Lüftungsanlagen verfügen über keine oder nur die Luftbehandlungsfunktion *Heizen*, während Teilklimaanlagen zwei oder drei und Klimaanlagen alle vier thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen besitzen. Die wichtigsten Klimaanlagentypen sind<sup>19</sup>:
  - ◆ **Einkanal-Niederdruck-Klimaanlagen** (vgl. Abb. 8.8.1),
  - ◆ **Niederdruck-Zonen-Klimaanlagen** mit individueller Luftkonditionierung für verschiedene Gebäudebereiche, die wiederum in verschiedenen Varianten verfügbar sind (vgl. Abb. 8.8.2),
  - ◆ **Einkanal-Hochdruck-Klimaanlagen** mit höherer Luftgeschwindigkeit und wesentlich kleineren Kanalquerschnitten,
  - ◆ **Hochdruck-Induktionsklimaanlagen**, die mit Induktionsgeräten an Stelle konventioneller Heizkörper die Luft erwärmen oder abkühlen, bevor sie in den Raum geblasen wird. Diese Induktionsgeräte werden nach Bedarf mit

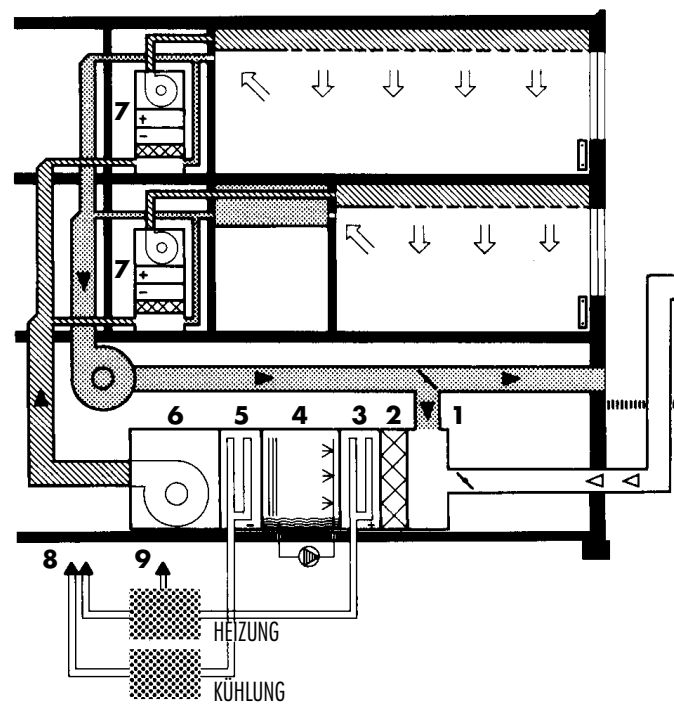
<sup>18</sup> Die erforderliche Luftmenge ergibt sich nach DIN 18017 T.3.

<sup>19</sup> Ausführliche Darstellungen zum Thema Klimaanlagen geben beispielsweise WELLPOTT (1994), RECKNAGEL et al. (1990).



- |                                                                     |                                |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1 Mischkammer                                                       | 5 Kühler                       |
| 2 Filter                                                            | 6 Nachwärmer                   |
| 3 Vorwärmer                                                         | 7 Zuluftventilator             |
| 4 Befeuchter (Wascher)<br>mit Spritzdüsen und<br>Tropfenabscheidern | 8 zu den örtlichen Heizflächen |

Abb. 8.8.1: Schema Einkanal-ND-Klimaanlage ( WELLPOTT, 1994, S. 296)



- |               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| 1 Mischkammer | 6 Nachwärmer                   |
| 2 Filter      | 7 Zuluftventilator             |
| 3 Vorwärmer   | 8 zu den Nachwärmern           |
| 4 Befeuchter  | 9 zu den örtlichen Heizflächen |
| 5 Kühler      |                                |

Abb. 8.8.2: Schema Zonen-Klimaanlage mit Unterzentralen ( WELLPOTT, 1994, S. 296)

Heizungs- oder Kühlwasser versorgt (vgl. Abb. 8.8.3).

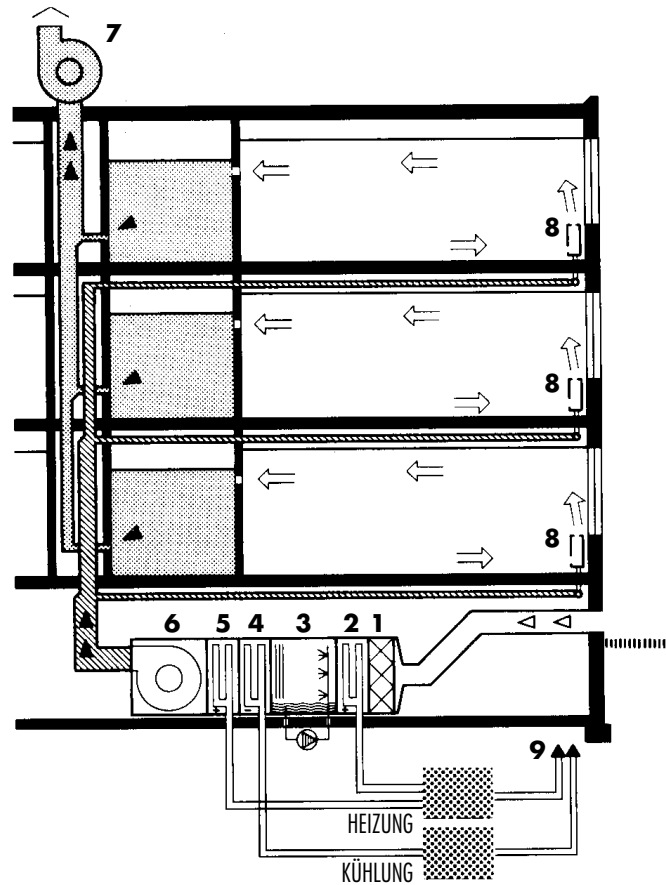
Die Wahl der Kostenermittlungsmethode hängt davon ab wie detailliert die Ausschreibungsunterlagen zur Raumluftechnik sind. Stehen nur globale Informationen zur Verfügung, d.h. welche Räume nach welchem raumluftechnischen Verfahren und mit welcher Luftwechselzahl versorgt werden sollen, so bietet sich eine Berechnung über Kennwerte an. Als Bezugsgröße dient die zu bewegende Luftmenge pro Stunde, da der zugehörige Kennwert in  $\text{DM}/(\text{m}^3/\text{h})$  Luftvolumenstrom in Abhängigkeit von der Art der Belüftung gut zu bestimmen ist. Als zusätzliche Kriterien können die Größe der Anlage und die Gebäudegeometrie, die für den Umfang des Luftverteilsystems maßgebend ist, bei der Festlegung des Kennwerts herangezogen werden. Da die verschiedenen Typen von Luftauslässen deutliche Preisunterschiede aufweisen — so sind beispielsweise Kugelschienen oder Schlitzauslässe erheblich teurer als Lüftungsgitter —, können diese gegebenenfalls separat erfaßt werden. Die erforderliche Zahl an Luftauslässen ergibt sich aus der Gesamtluftmenge dividiert durch die Kapazität je Luftauslaß.

Soll eine detailliertere Kostenberechnung erstellt werden, so müssen entweder die Angebotsunterlagen bereits eine genaue Planung enthalten oder eine solche Planung ist vom Generalunternehmer selbst zu erstellen. Allerdings ist dies mit erheblich höherem Aufwand verbunden.

Zur detaillierten Kostenberechnung erfolgt eine Differenzierung zwischen den wesentlichen Anlagenteilen:

- ▶ Lüftungszentrale,
- ▶ Luftverteilsystem sowie
- ▶ Regelung und Steuerung.

Die Lüftungszentrale kann über die erforderliche Luftmenge kostenmäßig quantifiziert werden. Bei den Luftkanälen haben nicht nur die Kanallängen, sondern auch die Kanalquerschnitte Einfluß auf die Kosten je  $\text{m}^2$  Kanalfläche. Diese sinken zunächst mit zunehmenden Querschnitten um dann bei sehr großen Querschnitten wieder anzusteigen (vgl. Abb. 8.9). Aus diesem Grund ist es erforderlich im Rahmen der Kostenermittlung zwei bis drei Kanal-Größenklassen zu unterscheiden. Außerdem bestehen erhebliche Kostenunterschiede zwischen geraden Kanalstücken und Kanalformstücken.



- |              |                                       |
|--------------|---------------------------------------|
| 1 Filter     | 6 Zuluftventilator                    |
| 2 Vorwärmer  | 7 Fortluftventilator                  |
| 3 Befeuchter | 8 Induktionsgeräte (Klimakonvektoren) |
| 4 Kühler     | 9 zur Versorgung der Induktionsgeräte |
| 5 Nachwärmer |                                       |

Abb. 8.8.3: Schema Induktions-Klimaanlage ( WELLPOTT, 1994, S. 297)

Um dies zu berücksichtigen, wird ein mittlerer Formstückanteil in die Berechnung eingeführt. Zum Verteilsystem gehören zusätzlich Brandschutzklappen und Luftauslässe, während Dämmarbeiten an Luftkanälen bei separater Vergabe als eigenes Gewerk aufzuführen sind.

Für die Kosten der Regelung und Steuerung ist die Zahl der Regelkreise maßgebend, d.h. es kann mit DM pro Regelkreis gerechnet werden (vgl. OESTERLE, 1985).

Bei Induktionsklimanlagen ist für die Kostenermittlung zusätzlich zu beachten, daß die Heizkörper entfallen und stattdessen Induktionsgeräte eingebaut werden, die unter den Fenstern plaziert werden. Die Kosten dieser Induktionsgeräte werden in Analogie zu den Heizkörpern berechnet.

Die räumliche Zuordnung der Komponenten des Lüftungssystems erfolgt ähnlich dem Heizungssystem, d.h. die Luftkanäle werden Gebäudeabschnitten oder Geschossen zugeordnet, während die übrigen Komponenten mit den Raumeinheiten verknüpft werden, in denen sie installiert sind.

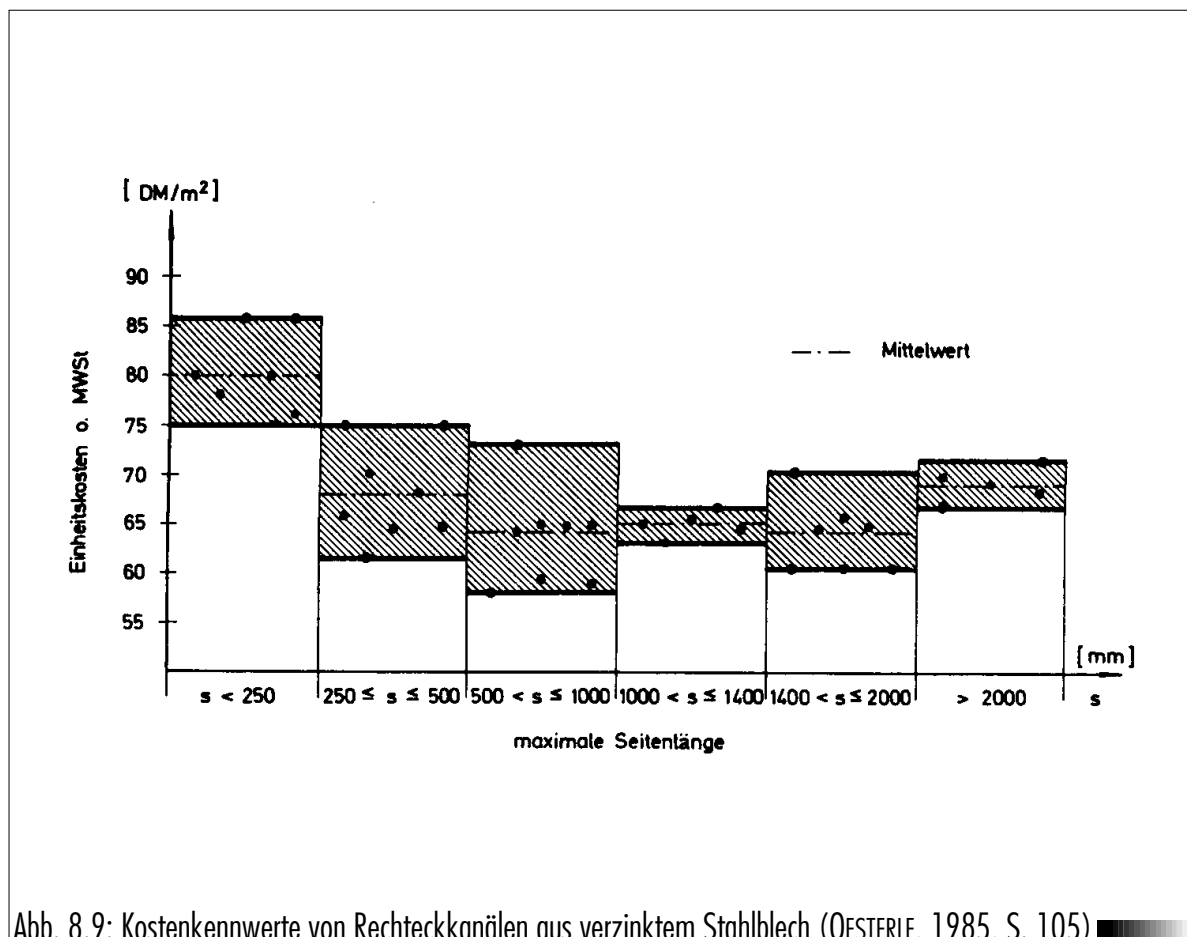


Abb. 8.9: Kostenkennwerte von Rechteckkanälen aus verzinktem Stahlblech (OESTERLE, 1985, S. 105)

### 8.1.4.2 Kostenzusammenstellung

#### 8.1.4.2.1 Übergeordnete Kostenermittlung

Bei dieser Vorgehensweise ergeben sich die Gesamtkosten der raumluftechnischen Anlage als Summe folgender Komponenten:

- Kosten der Lüftungsanlage ohne Luftauslässe:

$$\sum_m k_{RLm} x_{RLm}$$

mit  $k_{RLm}$  Kosten je m<sup>3</sup> Luft pro h der Lüftungs- bzw. Klimatisierungstechnik  $m$  (Lüftungs-, Teilklima- oder Klimaanlage),

$x_{RLm}$  Luftmenge mit der Lüftungs- bzw. Klimatisierungstechnik  $m$ .

- Kosten der Luftauslässe:

$$\sum_n \left[ \frac{\sum_m x_{RLmn}}{x_{LAn}} k_{LAn} \right]$$

mit  $x_{RLmn}$  Luftmenge mit der Lüftungs- bzw. Klimatisierungstechnik  $m$  über Luftauslässe vom Typ  $n$ ,

$k_{LAn}$  Kosten pro Luftauslaß vom Typ  $n$ ,

$x_{LAn}$  Kapazität eines Luftauslasses vom Typ  $n$  in m<sup>3</sup> Luft/h.

Gesamtkosten der Lüftungsanlagen  $K_{LA}$ :

$$K_{LA} = \sum_m k_{RLm} x_{RLm} + \sum_n \left[ \frac{\sum_m x_{RLmn}}{x_{LAn}} k_{LAn} \right]$$

### 8.1.4.2.2 Detaillierte Kostenermittlung

In diesem Fall resultieren die Gesamtkosten der Lüftungsanlage aus der Summe folgender Komponenten:

- Kosten der Lüftungszentrale:

$$K_{LZ}$$

- Kosten der Luftungskanäle:

$$\sum_i x_{LKi} \left[ k_{LKi} [1 - f_{FSi}] + k_{FSi} f_{FSi} \right]$$

- mit  $x_{LKi}$  Gesamtfläche der Luftkanäle der Größenklasse  $i$ ,  
 $k_{LKi}$  Kosten pro m<sup>2</sup> geradem Luftkanal der Größenklasse  $i$ ,  
 $f_{FSi}$  Mittlerer Formstückanteil bei Luftkanälen der Größenklasse  $i$ ,  
 $k_{FSi}$  Kosten pro m<sup>2</sup> Formstücke der Größenklasse  $i$ .

- Kosten der Luftauslässe: siehe oben.

- Kosten der Brandschutzklappen:

$$\sum_j k_{BKj} x_{BKj}$$

- mit  $k_{BKj}$  Kosten pro Brandschutzklappe der Größenklasse  $j$ ,  
 $x_{BKj}$  Anzahl der Brandschutzklappen der Größenklasse  $j$ .

- Kosten der Regelung und Steuerung:

$$k_{RK} x_{RK}$$

- mit  $k_{RK}$  Mittlere Kosten je Regelkreis,  
 $x_{RK}$  Anzahl der Regelkreise.

Gesamtkosten der Lüftungsanlagen  $K_{LA}$ :

$$K_{LA} = K_{LZ} + \sum_i x_{LKi} \left[ k_{LKi} [1 - f_{FSi}] + k_{FSi} f_{FSi} \right] + \sum_j k_{BKj} x_{BKj} + k_{RK} x_{RK}$$

---

### 8.1.4.3 Montageablauf

Die Montage der Raumluftechnik kann ebenfalls in Grob- und Feinmontage unterteilt werden.

Die **Grobmontage** beinhaltet:

- ▶ Einbau und Anschluß der Geräte und Kanäle in der Lüftungszentrale,
- ▶ Montage der Kanäle im übrigen Gebäude und
- ▶ Isolierung.

Zur **Feinmontage** gehören:

- ▶ Montage der Luftauslässe (eventuell der Induktionsgeräte),
- ▶ Meß- und Regeltechnik sowie
- ▶ Einregulierung des Systems.

Wurde zunächst nur eine grobe Einteilung der Komponenten vorgenommen, so ist diese zu Beginn der Ausführungsphase für die genaue Ablaufplanung zu verfeinern.

---

## 8.1.5 Kälteanlagen

### 8.1.5.1 Strukturierung

Die Kälteerzeugung dient als Subsystem der Klimatisierung, deshalb besteht eine enge Verknüpfung zur Raumluftechnik. Die Komponenten der Kälteanlage sind:

- ▶ Kältezentrale mit dem Kaltwassersatz,
- ▶ Rückkühlwerk,
- ▶ Kühlwasser- und Kaltwasserkreislauf<sup>20</sup> (vgl. Abb. 8.10).

Die Dimensionierung und damit auch die Kosten von Kältezentrale und Rückkühlwerk ergeben sich aus der Kühlleistung, die wiederum von der Leistung der Lüftungs-

---

<sup>20</sup> Neben den im folgenden beschriebenen Varianten von Kälteanlagen existieren eine Vielzahl alternativer Konstruktionen (vgl. z.B. RECKNAGEL, 1990).

zentrale abhängt. Der Kühlwasserkreislauf umfaßt die Leitungen zwischen Kältezentrale und Rückkühlwerk, während der Kaltwasserkreislauf die Kältezentrale mit den Kälteverbrauchern verbindet. Verbraucher können neben der Lüftungszentrale, Lüftungsunterzentralen, Induktionsgeräte oder Kühldecken sein. Die Kosten des Kälterohrsystems für Induktionsgeräte können analog zum Heizungsrohrsystem berechnet werden. Kühldecken können über ihre Kosten pro m<sup>2</sup> kostenmäßig quantifiziert werden.

Die erforderlichen Isolationsarbeiten sind mit einzurechnen, wenn sie nicht als eigenes Gewerk vergeben werden.

### 8.1.5.2 Kostenzusammenstellung

Die Gesamtkosten der Kälteanlage resultieren als Summe der Kosten folgender Komponenten:

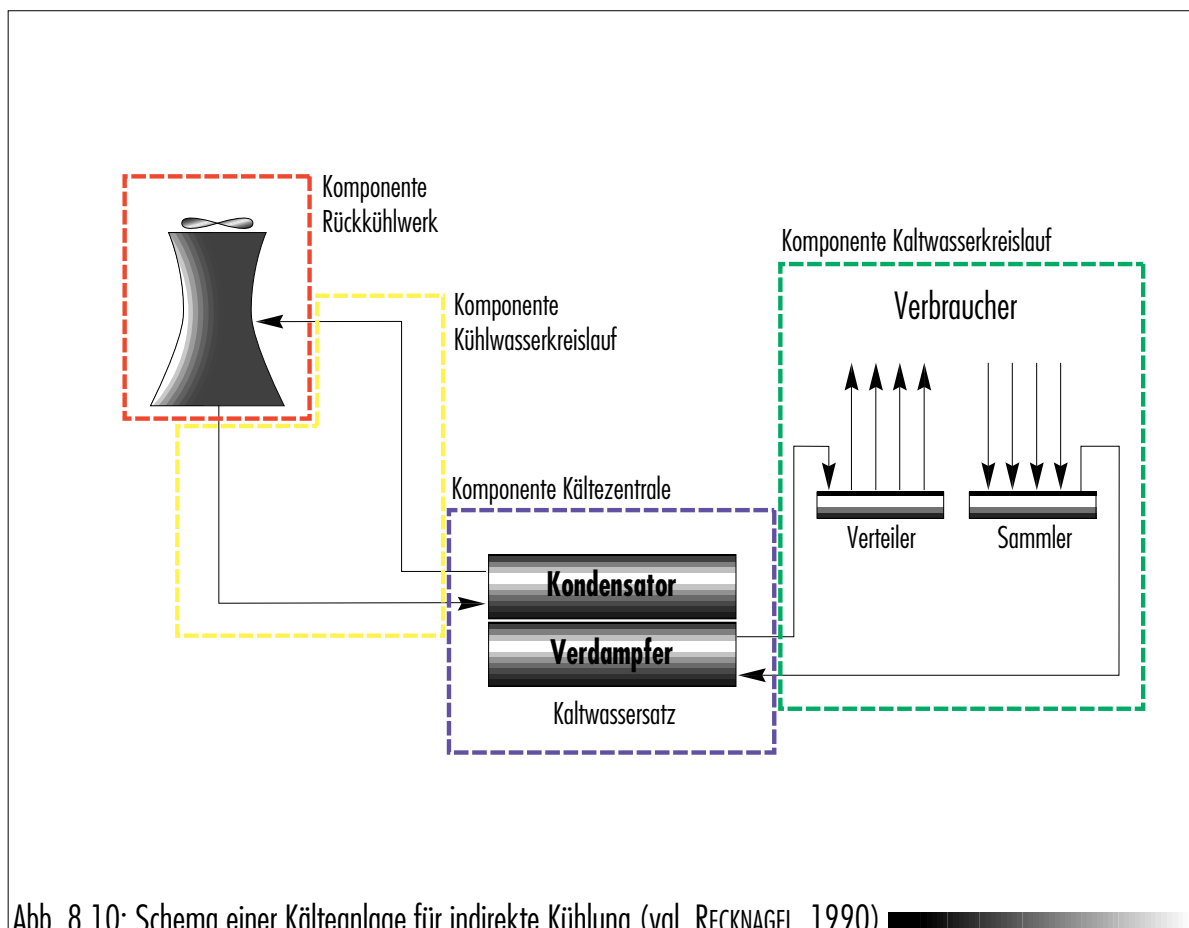


Abb. 8.10: Schema einer Kälteanlage für indirekte Kühlung (vgl. RECKNAGEL, 1990)

- ▶ Kosten der Kältezentrale:

$$K_{KZ}$$

- ▶ Kosten des Rückkühlwerks:

$$K_{KT}$$

- ▶ Kosten des Kühlwasserkreislaufs zwischen Rückkühlwerk und Kältezentrale:

$$k_{KuL} l_{KuL}$$

mit  $k_{KuL}$  Kosten pro m Kühlwasserleitung,  
 $l_{KuL}$  Länge der Kühlwasserleitungen.

- ▶ Kosten der Kaltwasserkreislaufs zwischen Kältezentrale und Lüftungszentrale:

$$k_{KaL} l_{KaL}$$

mit  $k_{KaL}$  Kosten pro m Kaltwasserleitung,  
 $l_{KaL}$  Länge der Kaltwasserleitungen.

Gesamtkosten der Kälteanlage  $K_{KA}$ :

$$K_{KA} = K_{KZ} + K_{KT} + k_{KuL} l_{KuL} + k_{KaL} l_{KaL}$$

### 8.1.5.3 Montageablauf

Die Reihenfolge der Montagevorgänge entspricht weitgehend dem Heizungs- bzw. Lüftungssystem.

### 8.1.6 Dämmarbeiten an technischen Anlagen

Werden diese als eigenes Gewerk vergeben, so sollte ihre Aufteilung entsprechend den Komponenten des zugehörigen Gewerks gewählt werden. Beispielsweise wird dann für die Heizungssteigstränge eine eigene Komponente für Isolierung gebildet.

---

## 8.1.7 Elektroinstallation

### 8.1.7.1 Starkstromanlagen

#### 8.1.7.1.1 Strukturierung

Die Elektroinstallation kann grundsätzlich in die Elektrozentralen und das Leitungssystem gegliedert werden.

---

##### 8.1.7.1.1.1 Elektrozentralen

Während im Wohnungsbau lediglich der Hausanschlußkasten mit der zentralen Zähleranlage vorhanden ist, sind bei größeren Bauobjekten meist:

- ▶ eine oder mehrere Trafokammern,
- ▶ Schaltanlagen,
- ▶ Notstromaggregate (vgl. Abb. 8.11) und/oder Batterieräume

erforderlich, die räumlich getrennt angeordnet werden und deren Dimensionierung stark von der Objektgröße abhängig ist.

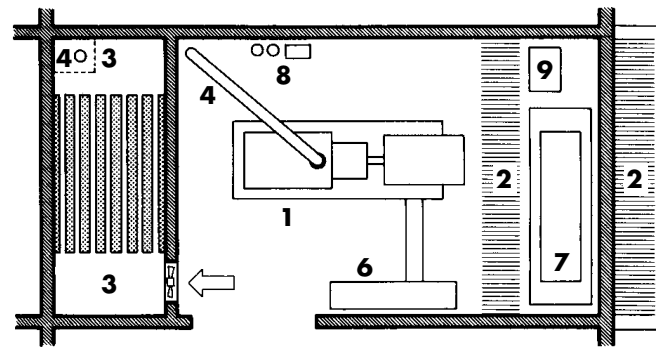
Zur überschlägigen Bestimmung der Leistungsaufnahme eines Gebäudes können je nach Nutzung unterschiedliche Kennzahlen herangezogen werden. Bei Bürogebäuden geht man beispielsweise von der Zahl der Arbeitsplätze und einer flächenbezogenen Leistung aus, bei Hotels von der Zimmerzahl (vgl. WALDNER, 1991). Die Kosten der einzelnen Aggregate der Elektrozentralen werden anschließend über die Leistung ermittelt.

---

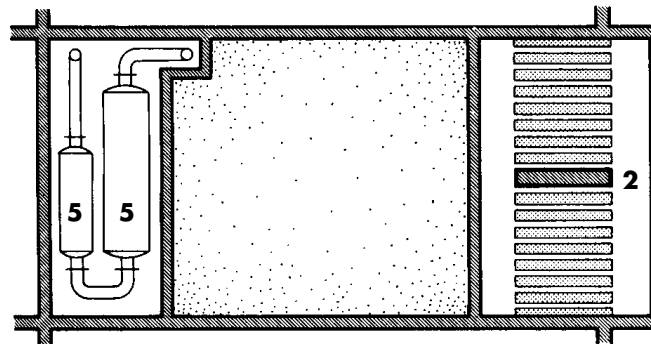
##### 8.1.7.1.1.2 Leitungssystem

Das elektrische Leitungssystem kann prinzipiell in vertikale und horizontale Stromversorgung unterteilt werden.

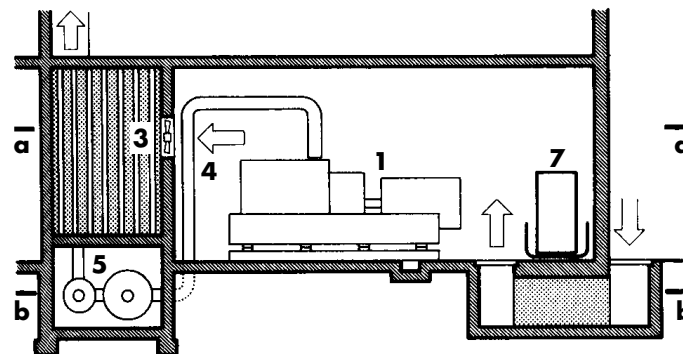
- ▶ **Vertikale Stromversorgung:** Je nach Gebäudenutzung und gewünschter Versorgungssicherheit können die Steigleitungen als Einzel- oder Ringsteigleitung, als Einzel- oder Gruppenversorgung konzipiert werden (vgl. Abb. 8.12).



a-a



b-b



- 1 Dieselmotor
- 2 Luftzuführung (Kühl- und Verbrennungsluft)
- 3 Fortluftabführung (Kühlluft)
- 4 Abgasrohr
- 5 Schalldämpfer
- 6 Schaltschrank zum selbsttätigen Umschalten bei Netzausfall
- 7 Treibstoffbehälter
- 8 Anlaßdruckluft (Kompressor und Flaschen)
- 9 Batterie

Abb. 8.11: Aufstellungsraum für ein Notstromaggregat mit besonderen Schallschutzvorkehrungen (WELLPOTT, 1994, S. 124)

Zur Kostenermittlung wird jeder Etagenhauptverteilung die anteilige Leitungslänge der Steigleitung — im allgemeinen entspricht diese der Geschoßhöhe — zugeordnet. Als Steigleitungen können Kabel oder Stromschienensysteme dienen.

- **Horizontale Stromversorgung:** Die Versorgung auf den Stockwerken erfolgt meist dezentral über einen Hauptetagen- und mehrere Unterverteiler. Bis zu den Unterverteilungen werden die Kosten aus Leitungslänge und Anzahl der Verteilungen ermittelt, während das Leitungssystem von den Unterverteilungen zu den Verbrauchern über die Kosten pro Flächeneinheit berechnet wird. Um diese Kosten je Flächeneinheit zu erhalten, können die Installationskosten für einen Abschnitt des Gebäudes detailliert quantifiziert werden. Da sich gleiche Gebäudeabschnitte im allgemeinen wiederholen, können die ermittelten Kosten auf andere Gebäudeabschnitte oder Geschosse übertragen werden. Ebenso ist es möglich, für bestimmte Nutzungszonen des Gebäudes (z.B. Büros, Tiefgarage) typisierte Kosten je Flächeneinheit zu verwenden. So kann

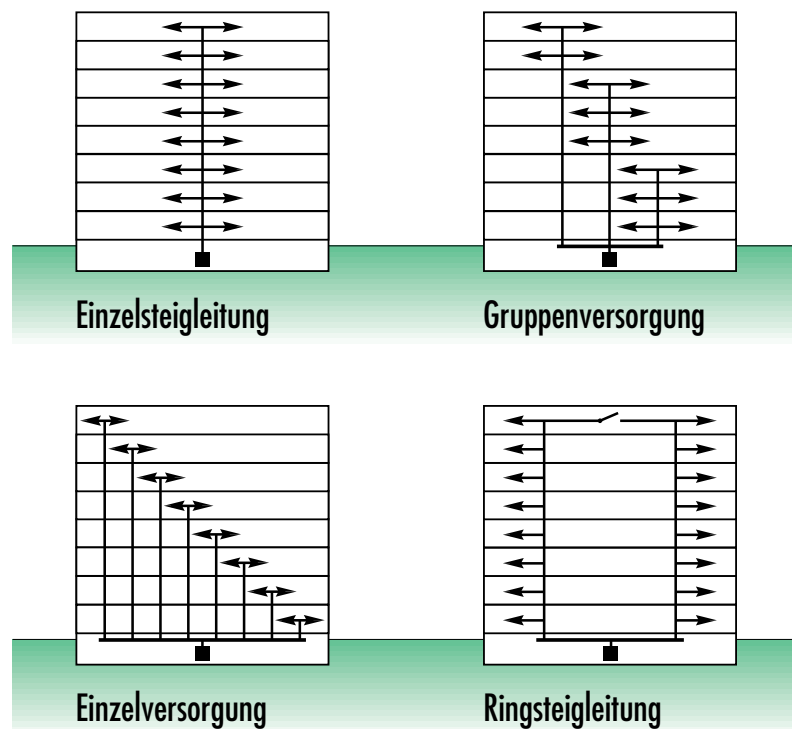


Abb. 8.12: Möglichkeiten der vertikalen Stromversorgung (vgl. WALDNER, 1991, S. 77)

jeder Raumeinheit je nach Funktion ein Kostenkennwert zugeordnet werden. Für Büro- und Verwaltungsgebäude besteht eine weitere Möglichkeit darin, die Kosten je Arbeitsplatz als Kennwert zu benutzen. Werden beispielsweise die Arbeitsplätze über Geräteeinsätze im Hohlraumboden elektrisch versorgt, so kann jedem Arbeitsplatz ein Geräteeinsatz samt anteiliger Leitungen zugeordnet werden. Je nach Art des Projekts ist im Einzelfall zu entscheiden, welche Lösung am besten geeignet ist.

In den Kosten der Leitungsführung pro Flächeneinheit werden folgende Elektroinstallationen miterfaßt:

- ◆ **Schalter, Steckdosen:** Diese werden nicht separat betrachtet, sondern in den Kosten des Leitungssystems eingerechnet, da die Einzelkosten verhältnismäßig gering, der Aufwand zur detaillierten Berücksichtigung hingegen relativ hoch ist.
- ◆ **Beleuchtung:** Hier ist nach Einsatzort und -zweck zu differenzieren. Während hochwertige Leuchtensysteme (z.B. für Büroräume) wegen ihrer beträchtlichen Kosten separat berechnet werden sollten, kann die Beleuchtung untergeordneter Räume (Keller- und Technikräume, Tiefgarage etc.) ebenso wie die Notbeleuchtung bei den Kosten des Leitungssystems Eingang finden.
- ◆ **Verlegesysteme für Kabel und Leitungen:** Unter diesen Punkt fallen Systeme der horizontalen Leitungsführung wie Unterflurkanalsysteme und Brüstungskanäle, die eine Vielzahl verschiedener Leitungen aufnehmen (vgl. Abb. 8.13). Auch sie sind in den Kosten der Leitungsführung enthalten.
- ◆ **Leitungen für EDV:** Ist ein eigenes Leitungsnetz zur Stromversorgung von EDV-Geräten vorhanden, so wird diese hier mit eingerechnet.

Kosten der Stromversorgung für Anlagen der Heiz-, Maschinen- und Versorgungstechnik werden nach Leitungslänge ermittelt. Gleiches gilt für die Verbindungsleitungen von den Elektrozentralen zu den Steigsträngen. Abbildung 8.14 stellt die Gliederung der Elektroanlagen am Beispiel einer Unterflurinstallation mit Hohlraumboden dar.

Die Zuordnung des Leitungssystems zu Raumeinheiten kann in der Weise erfolgen, daß die Komponenten der vertikalen Stromversorgung Geschossen oder Gebäudeab-

schnitten zugeordnet werden, während die horizontalen Stromversorgungsleitungen mit Geschossen oder Räumen verknüpft werden.

### 8.1.7.1.2 Kostenzusammenstellung

Die Gesamtkosten der Starkstrominstallation setzen sich aus den Kosten folgender Komponenten zusammen:

- Kosten der Elektrozentralen:

$$K_{EZ}$$

- Kosten der horizontalen Stromversorgung im KG:

$$k_{HS_{KG}} l_{HS_{KG}}$$

mit  $k_{HS_{KG}}$  Mittlere Leitungskosten pro m Leitung inklusive Kabelträger,

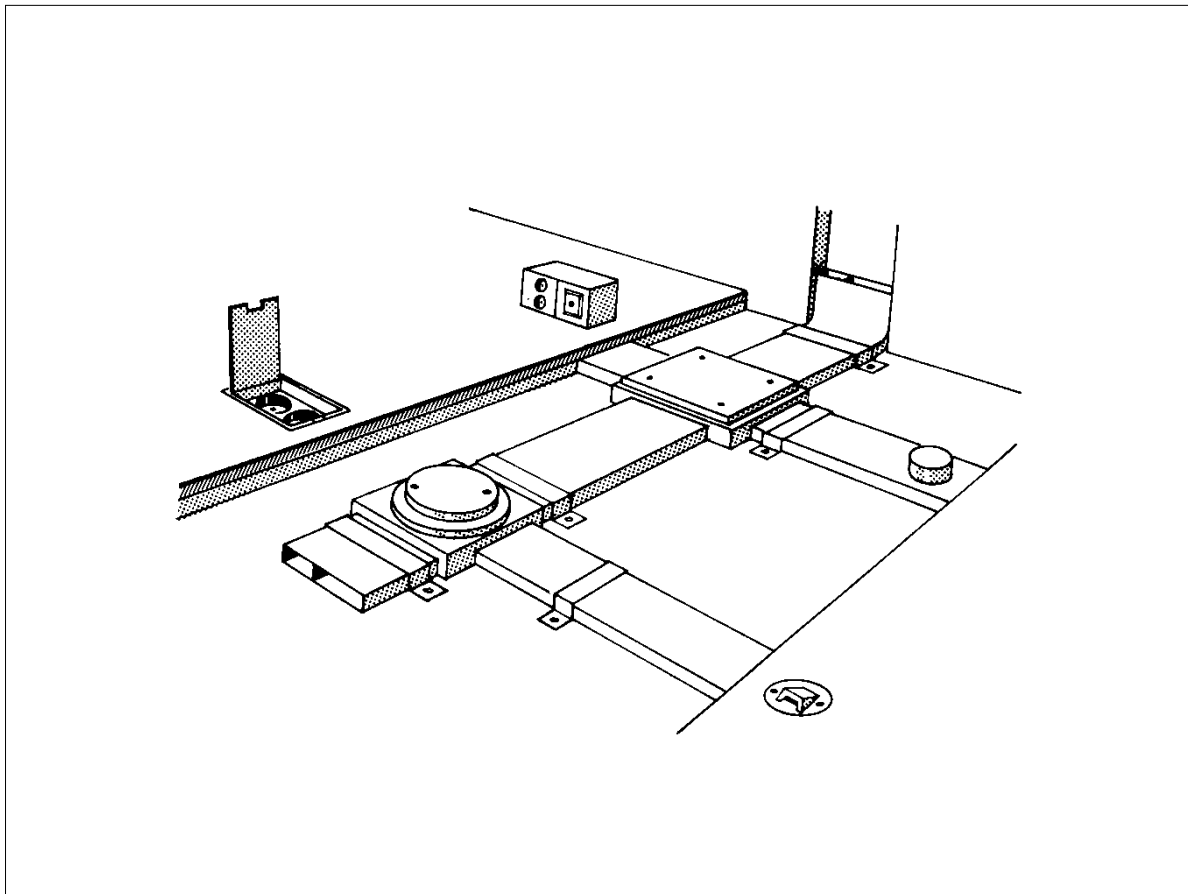


Abb. 8.13: Unterflurkanalsystem mit Abzweigdosen, Kabelauslaß und Anschlußdosen (WELLPOTT, 1994, S. 117)

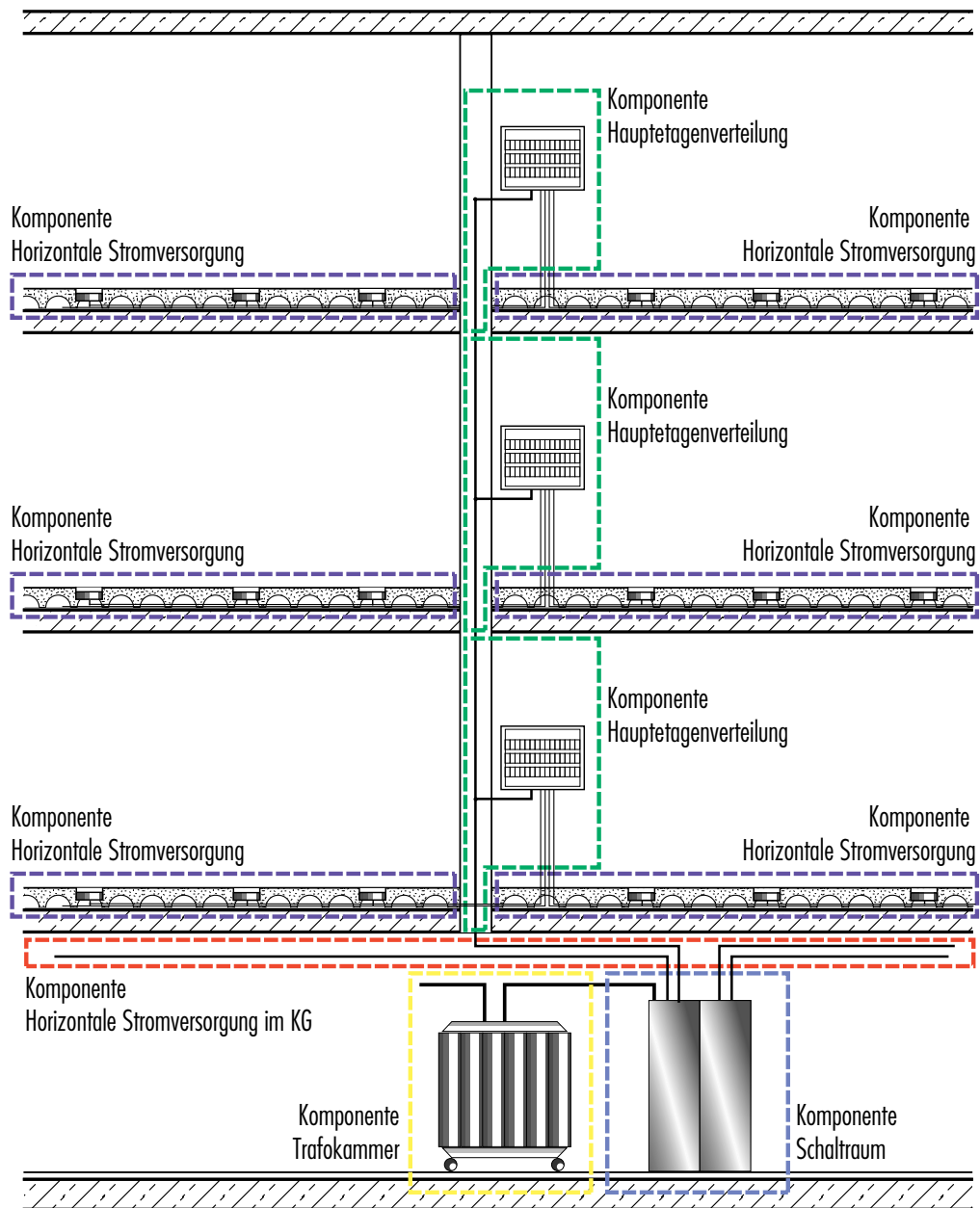


Abb. 8.14: Aufteilung der Elektro-Starkstromanlagen in Komponenten

$l_{HS_{KG}}$  Länge der Leitungen.

- Kosten der Haupttagenverteilungen:

$$\left[ k_{EV} + k_{LEV} l_{LEV} \right] x_{EV}$$

- mit  $k_{EV}$  Mittlere Kosten einer Haupttagenverteilung,  
 $k_{LEV}$  Mittlere Kosten pro m Leitung zur Haupttagenverteilung  
 einschließlich Kabelträger,  
 $l_{LEV}$  Anteilige Länge der Leitungen einer Haupttagenverteilung,  
 $x_{EV}$  Anzahl der Haupttagenverteilungen.

- Kosten der Unterverteilungen:

$$\left[ k_{UV} + k_{LUV} l_{LUV} \right] x_{UV}$$

- mit  $k_{UV}$  Mittlere Kosten einer Unterverteilung,  
 $k_{LUV}$  Mittlere Kosten pro m Leitung zur Unterverteilung,  
 $l_{LUV}$  Anteilige Länge der Leitungen einer Unterverteilung,  
 $x_{UV}$  Anzahl der Unterverteilungen.

- Kosten der horizontalen Stromversorgung:

$$k_{HS} x_{HS}$$

- mit  $k_{HS}$  Mittlere Leitungskosten pro m<sup>2</sup> Fläche der zugehörigen  
 Raumeinheit,  
 $x_{HS}$  Fläche der zugehörigen Raumeinheit.

Gesamtkosten der Starkstrominstallation  $K_{EI}$ :

$$K_{EI} = K_{EZ} + k_{HS_{KG}} l_{HS_{KG}} + \left[ k_{EV} + k_{LEV} l_{LEV} \right] x_{EV} + \left[ k_{UV} + k_{LUV} l_{LUV} \right] x_{UV} \\ + k_{HS} x_{HS}$$

### 8.1.7.1.3 Montageablauf

Die Montage der Elektroinstallation läuft im Gegensatz zu den anderen Haustechnik-Gewerken zeitlich verschoben ab, d.h. parallel zur Grobmontage der übrigen Haustechnik erfolgt zunächst die Montage der Kabelträger und erst nach Abschluß der Grobmontage der übrigen Haustechnik-Gewerke werden die Verteilungen installiert und die Elektroleitungen eingezogen (vgl. Abb. 8.4).

Die Elektro-Feinmontage beinhaltet den Einbau und Anschluß von Beleuchtungskörpern, Schaltern, Steckdosen etc. und erfolgt nach Abschluß der Ausbaugewerke (siehe auch PLATZ, 1984). Um diesen Bauablauf in der Einteilung der Komponenten korrekt zu berücksichtigen, ist es sinnvoll für die genaue Ablaufplanung vorhandene Komponenten feiner aufzuteilen, beispielsweise bei der horizontalen Stromversorgung Kabelträger und Verrohrungen von der Verkabelung zu trennen.

### 8.1.7.2 Beleuchtungstechnik

Die Ausstattung der Räumlichkeiten mit Beleuchtungskörpern wird häufig bereits im Raumbuch oder der funktionalen Leistungsbeschreibung festgelegt, um ein bestimmtes Qualitätsniveau der Beleuchtung — insbesondere der Leuchtdichte — zu sichern. In diesem Fall kann die zu installierende Zahl an Leuchten durch Aufsummierung über die Raumeinheiten ermittelt werden. Werden in den Angebotsunterlagen keine Angaben bezüglich der Anzahl und Leistung der Leuchten gemacht, so ist die erforderliche Leuchtenzahl durch eine eigene Beleuchtungsberechnung (EDV-Programme) festzulegen (siehe z.B. OESTERLE, 1985)<sup>21</sup>.

#### 8.1.7.2.1 Kostenzusammenstellung

- Kosten der Beleuchtung:

$$\sum_n k_{Ln} x_{Ln}$$

<sup>21</sup> Richtwerte für die Nennbeleuchtungsstärke können der DIN 5035 Teil 2 entnommen werden.

mit  $k_{Ln}$  Kosten einer Leuchte vom Typ  $n$ ,  
 $x_{Ln}$  Anzahl der Leuchten vom Typ  $n$ .

---

### 8.1.7.3 Schwachstromanlagen

Die Schwachstromsysteme, zu denen beispielsweise Fernsprech- und Antennenanlagen gehören, werden je nach Art ihrer Verteilung im Gebäude für die Kostenermittlung unterschiedlich erfaßt. Für diejenigen Systeme, die weitläufig im Gebäude verteilt sind und viele Räume betreffen, werden nach oben beschriebenem Verfahren Kosten je m<sup>2</sup> ermittelt. Hierzu gehören z.B. Leerrohre für Fernsprechanlagen, Diebstahlsicherungsanlagen, Brandmeldeanlagen, Antennenkabel und Leitungen zur Datenübertragung. Die Kosten der Brandmeldezentrale und anderer Zentralen werden separat berechnet. Bei Fernsprechanlagen und Datenleitungen ist zusätzlich zu beachten, daß im allgemeinen nur die Verkabelung ohne Zusatzgeräte wie Multiplexer Bestandteil der GU-Leistung ist.

Für andere Systeme, die entweder besonders kostenintensiv sind oder nur an einzelnen Stellen des Gebäudes installiert werden, ergeben sich die Kosten aus Anzahl und Stückkosten der Endgeräte sowie den Längen der Verbindungsleitungen. Solche Systeme sind beispielsweise Videoüberwachungs-, Zugangskontroll- und Ausweiselesysteme.

---

### 8.1.7.4 Gebäudeleittechnik

#### 8.1.7.4.1 Strukturierung

Die Gebäudeleittechnik dient der zentralen Steuerung und Regelung der Einrichtungen und Geräte eines Gebäudes. Sie erfüllt dabei folgende Aufgaben:

- ▶ Steuerung des optimalen Betriebsablaufs, z.B. für Heizung, Lüftungs- und Klimaanlage, Beleuchtung, Objektschutz,
- ▶ Kostensenkung,
- ▶ Protokollführung (vgl. WALDNER, 1991)

und gliedert sich in die Komponenten:

- ▶ **Datenzentrale:** Hier werden sämtliche anfallenden Daten verarbeitet. Die Dimensionierung erfolgt deshalb über die Zahl der zentralgeleiteten Geräte. Für jede abzuwickelnde Meß- oder Regelgröße, *Adresse* genannt, fallen Kosten an, die in ihrer Summe die Gesamtkosten ergeben.
- ▶ **Übertragungskabel** verbinden die Zentrale mit den Unterstationen. Die Kosten lassen sich über die Leitungslängen ermitteln.
- ▶ **Unterstationen** sammeln die Informationen ihrer angeschlossenen Sensoren und reichen sie an die Datenzentrale weiter. In Gegenrichtung werden Steuerkommandos der Zentrale an die Zielgeräte weitergegeben. Gleichzeitig muß die Unterstation während eines Ausfalls der Datenzentrale die Steuerung der angeschlossenen Anlagen übernehmen (vgl. WALDNER, 1991). Die Kosten einer Unterzentrale ergeben sich aus der Zahl der angeschlossenen Geräte.
- ▶ **Verbindungsleitungen** zwischen Unterstationen und Anlagen bzw. Meßwertgebern werden über die Leitungslängen kostenmäßig quantifiziert. Die Meßwertgeber selbst werden denjenigen Anlagen zugerechnet, deren Parameter sie überwachen.

Eine innovative Lösung zur Flexibilisierung der Steuerung sämtlicher Gebäudefunktionen stellt der Einsatz eines Installationsbus-Systems dar, an das sämtliche elektrischen Verbraucher, Sensoren und Aktoren angeschlossen sind (siehe Abb. 8.15). Die Verwaltung der Datenübertragung erfolgt hierbei dezentral (vgl. ROSE, 1993). Zusätzliche Kosten entstehen für das Leitungssystem des Buses und sämtliche Installationsgeräte als Busteilnehmer, da diese Busankoppler Mikroprozessoren benötigen. Die Kosten der Starkstromversorgung vermindern sich, da direkte Verbindungen zwischen Schaltern, Sensoren und Verbrauchern entfallen.

---

#### 8.1.7.4.2 Kostenzusammenstellung

Die Gesamtkosten der Gebäudeleittechnik ergeben sich als Summe der Kosten der folgender Komponenten (vgl. Abb. 8.16):

- Kosten der Datenzentrale:

$$k_{AZ} \sum_n x_{An}$$

mit  $k_{AZ}$  Mittlere Kosten pro angeschlossener Adresse,  
 $x_{An}$  Anzahl der Adressen der Unterzentrale  $n$ .

- Kosten der Übertragungskabel zu Unterzentralen:

$$k_{UK} \sum_n l_{UKn}$$

mit  $k_{UK}$  Kosten pro m Übertragungskabel zur Unterzentrale,  
 $l_{UKn}$  Länge des Übertragungskabel zur Unterzentrale  $n$ .

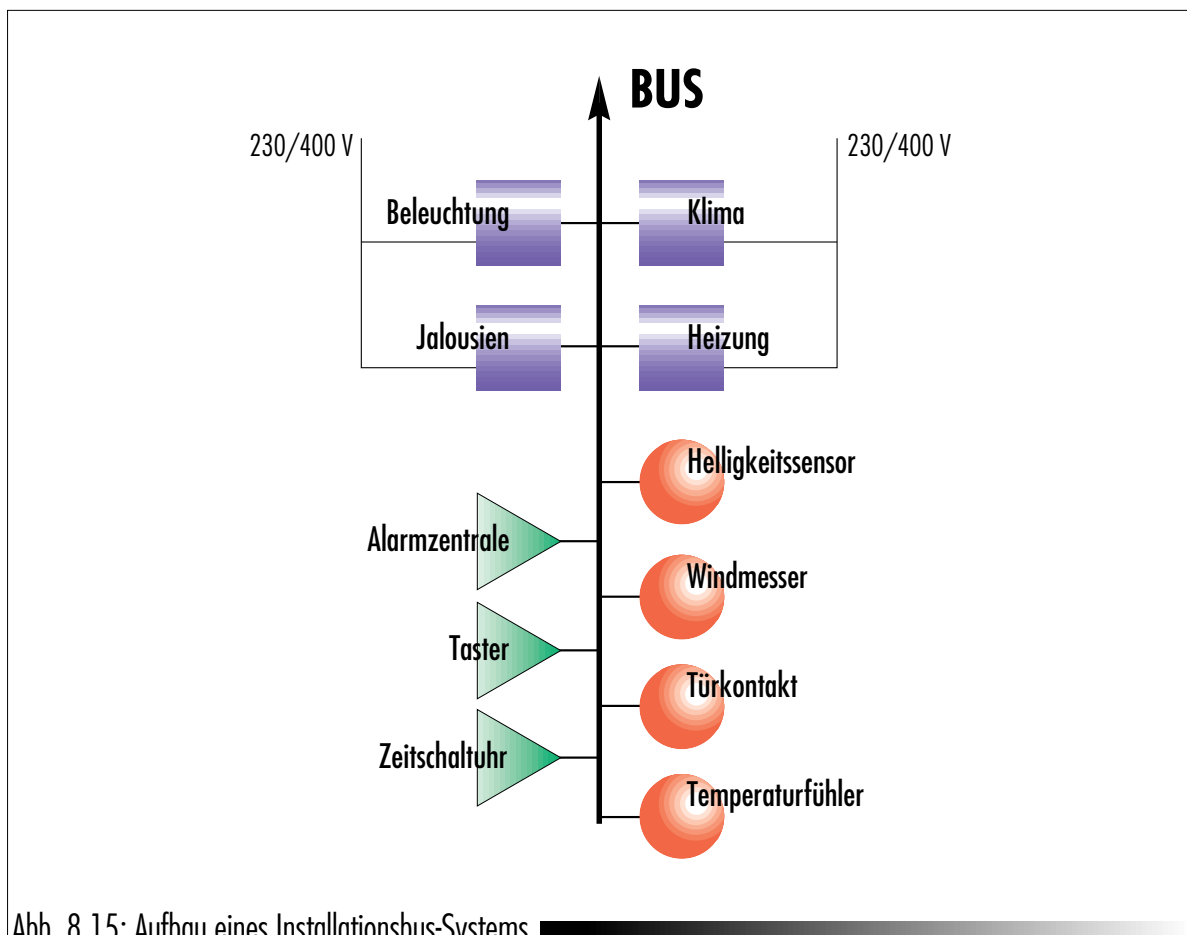


Abb. 8.15: Aufbau eines Installationsbus-Systems

- Kosten der Unterzentralen:

$$k_{AU} \sum_n x_{An}$$

mit  $k_{AU}$  Mittlere Kosten pro angeschlossener Adresse,  
 $x_{An}$  Anzahl der Adressen der Unterzentrale  $n$ .

- Kosten der Verbindungsleitungen:

$$\sum_n k_{VL} x_{VLn}$$

mit  $k_{VL}$  Kosten pro m Verbindungsleitung,  
 $l_{VLn}$  Länge der Verbindungsleitungen der Unterzentrale  $n$ .

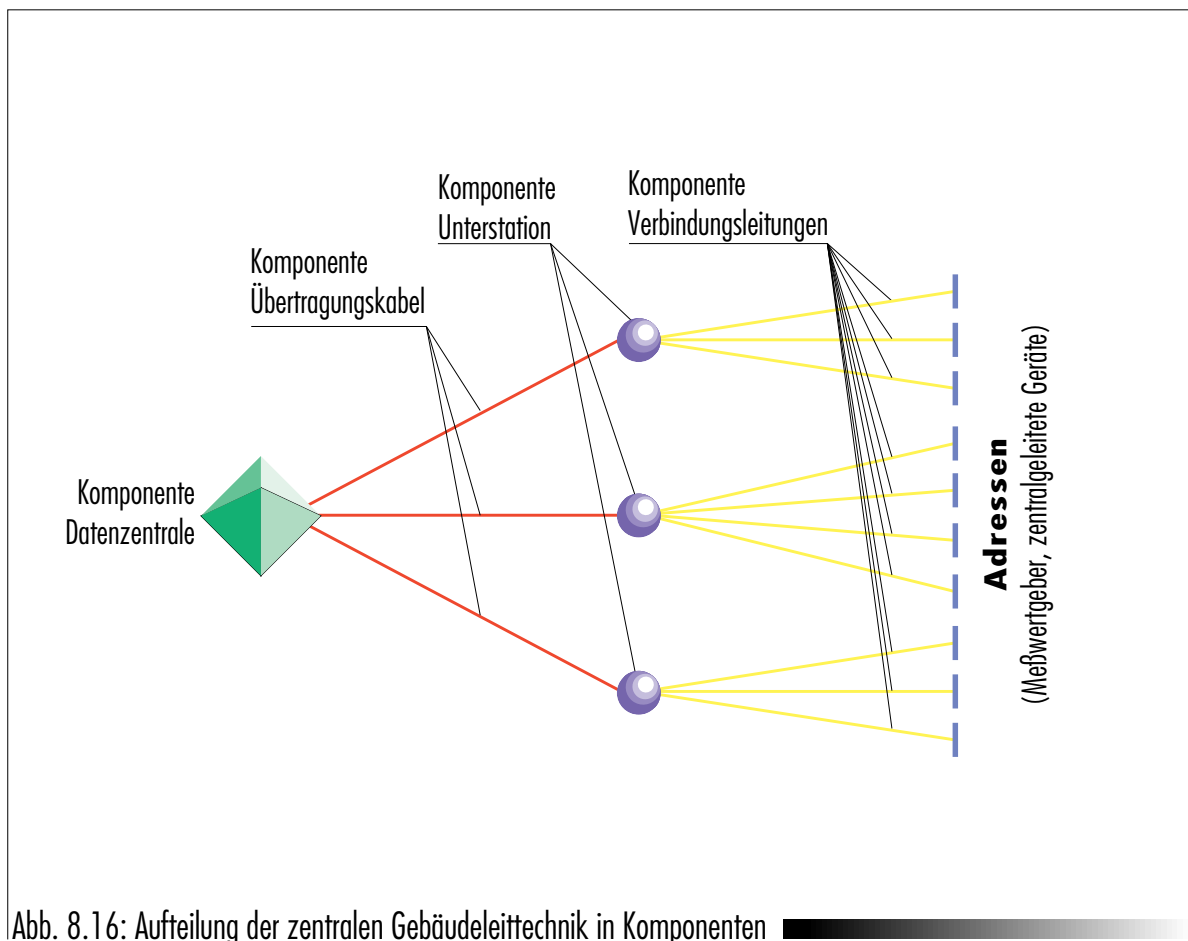


Abb. 8.16: Aufteilung der zentralen Gebäudeleittechnik in Komponenten

Gesamtkosten der Gebäudeleittechnik  $K_{GLT}$ :

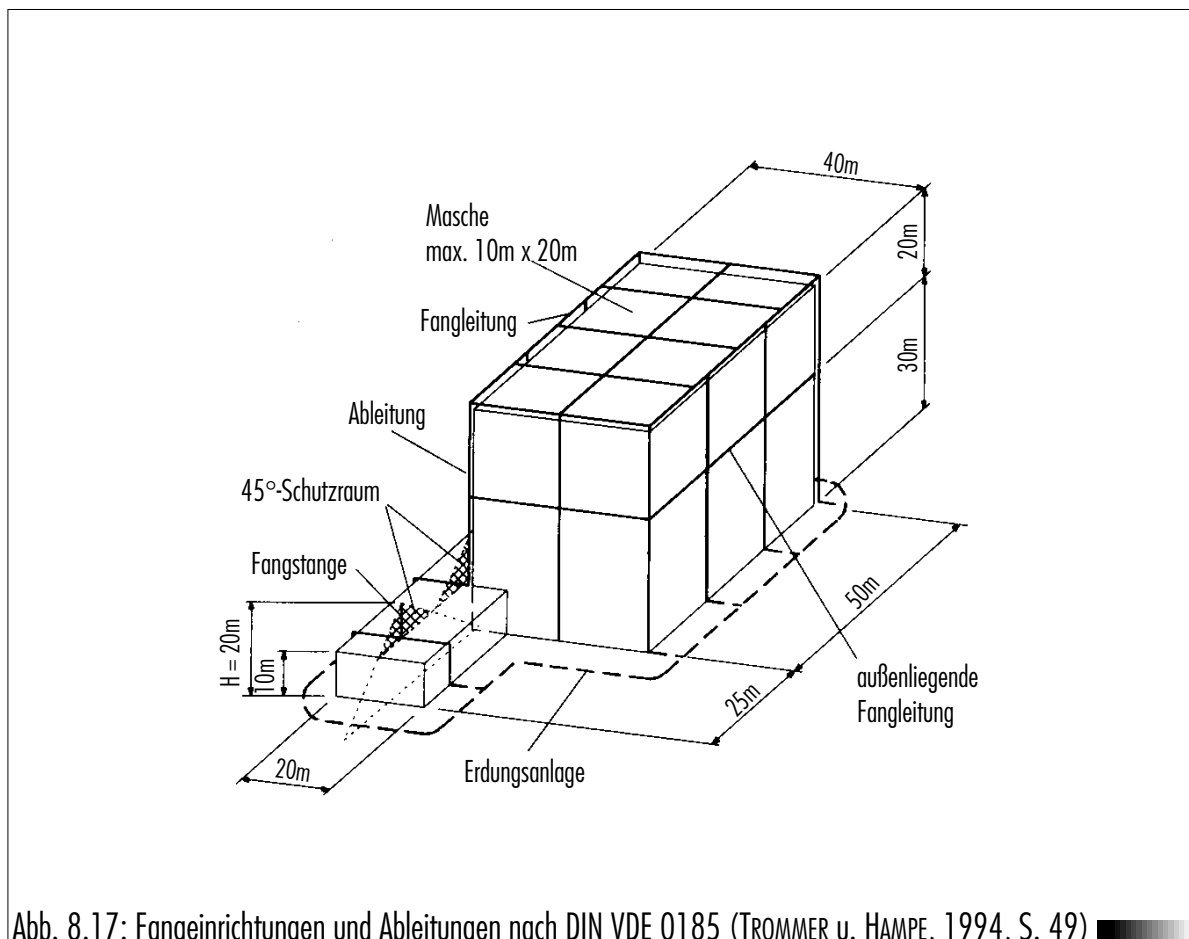
$$K_{GLT} = k_{AZ} \sum_n x_{An} + k_{UK} \sum_n l_{UKn} + k_{AU} \sum_n x_{An} + \sum_n k_{VL} x_{VLn}$$

### 8.1.7.5 Blitzschutzanlagen

#### 8.1.7.5.1 Strukturierung

Blitzschutzanlagen können nach äußerem und innerem Blitzschutz unterschieden werden:

- **Äußerer Blitzschutz:** Komponenten des äußeren Blitzschutzes sind Auffangvorrichtungen, Ableitungen und Erdungen. Die Anzahl der Auffangvorrichtungen und Hauptableitungen ergibt sich in Abhängigkeit von den Gebäudeabmessungen (vgl. Abb. 8.17). Für die Länge der Hauptableitungen ist die Ge-



bäudehöhe maßgebend. In den Kosten der Auffangvorrichtungen sind Verbindungsklemmen etc. mit zu berücksichtigen.

Auf spezielle Auffangvorrichtungen und Ableitungen kann verzichtet werden, wenn metallene Dächer und Fassaden oder — bei Stahlbetonbauweise — die Bewehrungsstähe für den Blitzschutz herangezogen werden können.

- **Innerer Blitzschutz:** Die Erdung erfolgt meist über den Fundamentanker, der im Rahmen der Rohbauarbeiten einzulegen ist. Potentialausgleich wird im allgemeinen bei Hausanschlüssen ausgeführt und zusätzlich dort, wo elektronische Anlagen aufgestellt werden.

Als weitere Blitzschutzmaßnahme können die Elektro-Unterverteilungen mit Überspannungsschutz ausgestattet werden. Die anfallenden Zusatzkosten sind bei den Unterverteilungen einzurechnen.

---

#### 8.1.7.5.2 Kostenzusammenstellung

Die Gesamtkosten der Blitzschutzanlagen ergeben sich als Summe von:

- Kosten der Fangleitungen:

$$k_{FL} l_{FL} + k_{FS} x_{FS}$$

- mit  $k_{FL}$  mittlere Kosten pro m Fangleitung,  
 $l_{FL}$  Gesamtlänge der Fangleitungen,  
 $k_{FS}$  mittlere Kosten pro Fangstange,  
 $x_{FS}$  Anzahl der Fangstangen.

- Kosten der Hauptableitungen:

$$[k_{HA} l_{HA}] x_{HA}$$

- mit  $k_{HA}$  Kosten pro m Hauptableitung,  
 $l_{HA}$  Mittlere Länge der Hauptableitungen,  
 $x_{HA}$  Anzahl der Hauptableitungen.

- Kosten des Fundamenterders:

$$k_{FE} l_{FE}$$

mit  $k_{FE}$  Kosten pro m Fundamenterder (incl. Ausleitungen),  
 $l_{FE}$  Länge des Fundamenterders.

- Kosten des Potentialausgleichs:

$$k_{PA} x_{PA}$$

mit  $k_{PA}$  mittlere Kosten je Potentialausgleich,  
 $x_{PA}$  Anzahl der Potentialausgleichsmaßnahmen.

Gesamtkosten der Blitzschutzanlagen  $K_{BA}$ :

$$K_{BA} = k_{FL} l_{FL} + k_{FS} x_{FS} + [k_{HA} l_{HA}] x_{HA} + k_{FE} l_{FE} + k_{PA} x_{PA}$$

### 8.1.8 Aufzugsanlagen, Parksysteme

Die Kosten für Aufzugsanlagen werden einschließlich Antriebsaggregaten nach Stück berechnet. Die Höhe der Kosten hängt von der Anzahl der Geschosse, der Anordnung des Maschinenraumes, der Antriebsart (Seil- oder Hydraulik) und der Tragkraft ab. Die elektrischen Zuleitungen für den Antrieb werden den Starkstromleitungen zugerechnet.

Die Aufzugsmontage kann wie die anderen technischen Gewerke nach Grob- und Feinmontage gegliedert werden. Die Grobmontage beinhaltet den Einbau von Führungsschienen, Antriebsaggregaten, Kabinen und Türen. Im Rahmen der Feinmontage werden nach Fertigstellung der anderen Ausbaugewerke die Aufstellung von Schaltschränken und die Verkabelung in den Maschinenräumen durchgeführt (vgl. PLATZ, 1984). Bei Bedarf kann die Komponente Aufzugsanlage entsprechend diesem Montageablauf aufgeteilt werden.

Rolltreppen werden ebenfalls in der Kostenermittlung nach Stück quantifiziert. Da Rolltreppen werkstattgefertigt werden und der Einbau als Einheit erfolgt, ist eine feinere Einteilung nicht erforderlich.

Gleiches gilt für KFZ-Parksysteme, zu denen beispielsweise Doppelparker gehören. Auch sie werden nach Stückzahl berechnet.

Die Gewerke des **Rohbaus**, des **allgemeinen Ausbaus** sowie von **Dach und Fassade** können in eine oder mehrere Komponenten aufgeteilt werden, die unmittelbar flächen- oder stücmäßig erfaßt werden. Die Kosten einer Komponente  $K_{Kij}$  ergeben sich in diesem Fall zu:

$$K_{Kij} = z_{ij} k_{ij} x_{ij} \quad (\text{Formel 8.1})$$

wobei  $k_{ij}$  die Kosten der Komponente je Flächeneinheit bzw. je Stück sind, während  $x_{ij}$  die zu erstellende Menge der Komponente repräsentiert, die sich aus der verwendeten Bezugsgröße ergibt. Der Faktor  $z_{ij}$  dient bei Bedarf zur Berücksichtigung des gewählten Ausstattungsniveaus.

## 8.2 Ausbaurbeiten

Die Kosten der Komponenten der Ausbaugewerke ergeben sich nach Formel 8.1, wobei für die Definition von Komponenten und die Wahl von Bezugsgrößen bei den einzelnen Gewerken folgende Aspekte zu berücksichtigen sind<sup>22</sup>:

- ▶ **Deckenverkleidungen** aus Gipskarton oder Metall: Als Bezugsgröße kann die Grundfläche der zugehörigen Raumeinheit (Geschoß oder Raum) dienen. Sonderkonstruktionen z.B. für Unterzugsverkleidungen sind zusätzlich zu berücksichtigen. Bei Aussparungen für Einbauleuchten, Luftauslässe etc. werden die Kosten je m<sup>2</sup> mit einem Zuschlag versehen. Lüftungsdecken gehören zum Gewerk Lüftungsanlage.

<sup>22</sup> Zusätzliche Informationen zu kostenrelevanten Einflußfaktoren für verschiedene Gewerke sind in HEPERMANN (1985) enthalten.

Da beim Einbau abgehängter Decken zwischen der Montage der Unterkonstruktion und dem Einhängen der Deckenpaneele die Haustechnik-Installationen in der Deckenzone (Leitungen, Rohre, Leuchten etc.) erfolgen und die Trennwände eingebaut werden (vgl. SOMMER, 1994), sollte für die Ablaufplanung das Gewerk abgehängte Decken entsprechend diesem Arbeitsablauf beispielsweise in die Komponenten Grob- und Endmontage aufgeteilt werden.

► **Trockenbau-Wände/-Bekleidungen,**

**Vorgefertigte Trennwände:** Trennwände und Verkleidungen können geschosswise nach ihrer Fläche erfaßt werden (Länge  $\times$  Geschosshöhe). Die zusätzlichen Kosten für Eckverbindungen, Ausschnitte, Revisionsöffnungen, Anschlüsse an Fußboden und Decke werden auf die Fläche umgelegt.

Erfolgen in vorgefertigten Trennwänden Elektro- oder Sanitärinstallationen, so wird bei Bedarf zur Ablaufplanung zwischen Aufstellen der Trennwände und Schließen der Trennwände unterschieden.

► **Sanitär-Trennwände** werden nach Länge berechnet. Die Kosten für WC-Türen werden als Zuschlag hinzuaddiert.

► **Innenputz:** Bezugsgröße ist die Wand- und Deckenfläche der zugehörigen Raumeinheit. Die Kosten je m<sup>2</sup> sind hierbei unter Berücksichtigung von Zusatzarbeiten wie dem Einputzen von Fenstern oder dem Einbau von Kanten-schutzleisten festzulegen.

► **Anstriche und Tapeten:** Die Kosten für Wand-, Decken- und Boden-anstriche resultieren ebenfalls aus der Fläche, während Anstriche von Stahlzargen, Türen und Treppengeländern nach Stück erfaßt werden sollten. Anstriche von Haustechnik-Rohren werden nach Rohrlänge berechnet. Hierfür sind Komponenten zu bilden, die den zu streichenden Haustechnik-Komponenten entsprechen (z.B. Verteilleitungen im KG).

► **Holztüren,**

**Metall-Türen, -Tore und -Zargen,**

**Brandschutz-Türen und -Tore,**

**Rauchschutz-Türen und -Tore:** Die Ermittlung der Stückzahl erfolgt geschosswise oder je Raum. Die Schließanlage geht entweder hierbei ein — die Ko-

sten je Tür erhöhen sich dementsprechend — oder wird analog strukturiert als eigenes Gewerk aufgeführt.

- ▶ **Schlosserarbeiten** umfassen beispielsweise Treppen, Geländer, Handläufe, Gitter, deren Kosten entweder je Stück oder nach Länge berechnet werden können.
- ▶ **Estricharbeiten,**  
**Industriestriche,**  
**Bodenbeschichtungen,**  
**Gußasphaltarbeiten,**  
**Parkett- und Holzpflasterarbeiten,**  
**Bodenbeläge,**  
**Doppelboden,**  
**Abdichtungsarbeiten innen,**  
**Fliesen- und Plattenarbeiten:** Für diese Gewerke dient die Grundfläche der zugehörigen Raumeinheiten als Bezugsgröße, für Wandfliesen zusätzlich die Umfassungsfläche (Umfang  $\times$  Fliesenhöhe). Bei Zusatzteilen wie Sockelleisten und -fliesen, Revisionsöffnungen, Trennschienen und Verfugungen ist im Einzelfall zu entscheiden, ob die Kosten nach Stück oder Länge quantifiziert oder auf die Kosten je m<sup>2</sup> umgelegt werden sollen.
- ▶ **Hohlraumboden:** Die Kostenermittlung erfolgt auch hier nach Fläche. Die vorhandenen Einbauten für die Haustechnik in Form von Bodenauslässen, Verteilerrahmen etc. sollten entsprechend der Strukturierung des Gewerks Elektroinstallationen einbezogen werden.
- ▶ **Natur- und Betonwerksteinarbeiten:** Bodenbeläge und Wandbekleidungen werden nach Fläche berechnet, während die Kosten für Fensterbänke nach Länge oder Stück, Türportale und Treppen nach Stück ermittelt werden. Sockelplatten können nach Länge erfaßt werden oder auf die Kosten je m<sup>2</sup> Bodenbelag umgelegt werden.
- ▶ **Tischlerarbeiten:** Zu diesem Gewerk gehören unter anderem Wand- und Deckenvertäfelungen, Möbel, Theken, Geländer. Entsprechend dieser Anwendungsbreite werden unterschiedliche Bezugsgrößen verwendet. Für Einbauten, die sich in bestimmten Räumen wiederholen (z.B. Küchenzeile in Teekü-

chen) werden am einfachsten die Kosten für einen Raum ermittelt und auf die anderen übertragen. Kosten von Täfelungen werden mit Hilfe der Bezugsgrößen Grundfläche oder Umfassungsfläche der zugehörigen Raumeinheit berechnet.

- ▶ **Beschilderung:** Soweit möglich wird diese bei den betreffenden Gewerken subsummiert, so z.B. beleuchtete Fluchtwegschilder bei der Elektroinstallation oder Schilder für verdeckte Leitungen bei den Haustechnik-Gewerken. Die Kosten der übrigen Beschilderung können beispielsweise je Geschöß festgelegt werden.
- ▶ **Innenliegende Anlagen für Sonnenschutz und Verdunkelung:** Verdunklungs- und Sonnenschutzanlagen entsprechen in ihren Abmessungen den zugehörigen Fenstern und sollten deshalb analog zu diesen erfaßt werden. Die Kosten von Vertikaljalousien und Vorhängen werden beispielsweise nach Breite der Fensterfront ermittelt.
- ▶ **Baureinigung:** Die Kosten für Gebäudereinigungsarbeiten können über die Summe der Grundflächen der Raumeinheiten berechnet werden.

---

### 8.3 Dach und Fassade

Die Kosten der Dach- und Fassadengewerke ergeben sich ebenfalls nach Formel 8.1, wobei in Abhängigkeit vom jeweiligen Gewerk unterschiedliche Gliederungsansätze verwendet werden können:

- ▶ **Zimmer- und Holzbauarbeiten:** Als Bezugsgröße zur Kostenermittlung von Bauteilen wie Dachstuhl, Wärmedämmung und Schalung kann die Dachfläche verwendet werden. Der Faktor  $z$  (vgl. Formel 8.1) kann dazu dienen, den zusätzlichen Materialaufwand für komplizierte Dachformen zu berücksichtigen. Dachgauben sind nach Stückzahl gesondert zu erfassen.
- ▶ **Dachdeckungsarbeiten, Klempnerarbeiten:** Bezugsgröße für diese Gewerke ist ebenfalls die Dachfläche. Je nach den Gegebenheiten des Einzelfalls ist zu entscheiden, ob Konstruktionen wie Firstausbildung, Dachrinnen, Fallrohren und Verblechungen

nach Länge ermittelt werden oder auf die Kosten je m<sup>2</sup> Dachfläche umgelegt werden.

- ▶ **Dachabdichtungsarbeiten:** In diesen Bereich gehören Abdichtungen mit Bitumen- und Kunststoffbahnen inklusive eventuell vorhandener Wärmedämmung oder Kiesschüttung sowie Abdichtung mit Gußasphalt für Dachbegrünung. Die Kostenermittlung kann auch hier über die Dachfläche erfolgen, wobei An- und Abschlüsse an Bauteile wie Lichtkuppeln oder Kamine zusätzlich zu berücksichtigen sind (separat oder als Zuschlag).
- ▶ **Dacheinbauten:** Hierzu gehören unter anderem Lichtkuppeln, Dachflächenfenster und Dachausstiege. Die entsprechenden Kosten ergeben sich aus der Stückzahl.
- ▶ **Fenster und Fenstertüren aus Holz, Kunststoff, Metall:** Bei einheitlichen Fenstergrößen können Kosten je Stück festgelegt und diese mit der vorhandenen Anzahl multipliziert werden. Ansonsten müssen Kosten je m<sup>2</sup> verwendet werden. Die zugehörigen Fensterbänke werden nach Länge erfaßt.
- ▶ **Tore, Gitter:** In Abhängigkeit von Größe und Ausführung erfolgt die Ermittlung der Kosten je Stück. Zusätzlich sind bei Garageneinfahrten Elektroantrieb, Schlüsselstandsäule und Ampelanlage zu berücksichtigen.
- ▶ **Metallfassade:** Zur Kostenermittlung kann die Fassade nach Fläche berechnet werden, wobei nach Konstruktion (z.B. Pfosten-Riegel-, Pfosten- oder Element-Fassade) und Material der Verkleidung (Glas oder Metall) unterschieden wird. Nach Bedarf kann eine Zuordnung entweder zu Gebäudeabschnitten oder Geschossen erfolgen. Vorhandene Rauchabzugsanlagen werden nach Stück erfaßt.
- ▶ **Werksteinfassade:** Die Kostenberechnung erfolgt nach Fassadenfläche, während Fensterbänke oder Mauerabdeckungen nach Länge berechnet werden.
- ▶ **Außenputz und -anstrich, Wärmedämm-Verbundsysteme:** Bezugsgröße dieser Gewerke ist die Fassadenfläche.
- ▶ **Rolladenarbeiten:** In diesen Bereich gehören außenliegende Rolläden, Jalousien, Markisen. Die Kostenermittlung wird am zweckmäßigsten über die Ko-

sten je Stück durchgeführt. Die Abmessungen ergeben sich aus der Fenstergröße. Kosten für Steuergeräte sind zusätzlich zu berücksichtigen.

---

#### **8.4 Rohbau**

Per definitionem beschäftigt sich die vorliegende Arbeit nur mit Fremdleistungen, während Rohbauarbeiten zumeist Eigenleistungen des Generalunternehmers sind. Trotzdem ist grundsätzlich eine Gliederung auch dieser Gewerke mit Hilfe von Komponenten möglich, wenn es sich bei diesen — wie im Fall eines Bauträgers — ebenfalls um Fremdleistungen handelt. Es kann eine ähnliche Strukturierung wie bei den Gewerken des allgemeinen Ausbaus erfolgen.





## 9. Ausblick: Übertragbarkeit des Komponenten-Modells auf andere Anwendungssituationen

In den vorangegangenen Kapiteln wurde speziell die Verwendung von Komponenten im Rahmen von Pauschalverträgen behandelt. Dieses Kapitel untersucht nun, inwieweit Komponenten generell als Grundlage für Ausschreibung und Vergabe benutzt werden können. In diesem Zusammenhang sind insbesondere zwei Aspekte von Interesse:

- ▶ Verwendung von Komponenten in Einheitspreisverträgen durch den Generalunternehmer,
- ▶ Einsatz von Komponenten durch den Auftraggeber.

Für Einheitspreisverträge werden im allgemeinen Leistungsverzeichnisse verwendet, die jeweils meist mehrere hundert LV-Positionen umfassen. Diese können auf eine kleine Zahl von Komponenten verdichtet werden. Voraussetzungen hierfür sind:

- ▶ Die Beschreibung jeder Komponente muß so detailliert sein, daß keine darin enthaltenen Leistungen undefiniert bleiben. Ebenso müssen Lücken zwischen Komponenten vermieden werden, d.h. alle Bauteile eines Systems müssen in den Komponenten enthalten sein, andernfalls drohen Nachtragsforderungen.
- ▶ Bei bestimmten Komponenten ist der Inhalt einer Einheit nur ein approximativer Wert. Beispielsweise setzt sich die Komponente *Steigstränge Heizungsanlage* im allgemeinen aus Rohren unterschiedlicher Durchmesser zusammen (vgl. Abschnitt 8.1.1). In der Kostenermittlung wird jedoch nur mit einem mittleren Durchmesser gerechnet. Sollen solche Ungenauigkeiten vermieden werden, so sind die betroffenen Komponenten feiner aufzugliedern.
- ▶ Kommen aufgrund von Nachträgen neue Komponenten hinzu, so ist darauf zu achten, daß die Kalkulationsgrundlagen des ursprünglichen Angebots angewendet werden. Es ist empfehlenswert, daß der Auftragnehmer seine Kalkulation für jede Komponente dokumentiert.

Die Substitution von LV-Positionen durch Komponenten reduziert den organisatorischen Aufwand und damit die Kosten für Auftraggeber und Auftragnehmer. Dies führt jedoch nur dann zu niedrigeren Preisen, wenn dieser Effekt nicht durch erhöhte Risikozuschläge des Auftragnehmers kompensiert wird.

Die Bedürfnisse eines Bauherrn bezüglich der Projektdurchführung unterscheiden sich wesentlich von denen eines Generalunternehmers. Beispielsweise besitzt die Zeit- und Kosteneffizienz der Kostenermittlung im Vergleich zum GU einen niedrigeren Stellenwert, da keine Unsicherheit über den Erhalt des Auftrags besteht.

Andererseits spielt die Möglichkeit der stufenweisen Verfeinerung der Kostenermittlung von der Vorplanung bis zur Ausschreibung (vgl. Abb. 2.5) eine wichtigere Rolle als beim Generalunternehmer. Diese Vorgehensweise wird vom Komponenten-Modell voll unterstützt, da der Bauherr eine Kostenschätzung nach DIN 276 anhand von Kostengruppen der ersten und zweiten Ebene der Kostengliederung mit Hilfe von Komponenten für die weitere Projektbearbeitung feiner aufgliedern kann. Außerdem ermöglicht die Flexibilität in der Definition von Komponenten, daß durch geeignete Wahl der Bezugsgrößen der Detaillierungsgrad der Komponenten nach Bedarf gewählt werden kann (z.B. dadurch daß für eine Komponente *Heizkörper mit Anbindeleitungen* anstelle der Stückzahl und Kosten je Heizkörper die BGF und die Kosten pro m<sup>2</sup> BGF zugrunde gelegt werden).

Beim Komponenten-Modell entfällt gegenüber gängigen Methoden der Wechsel von einer gebäudeorientierten zu einer ausführungorientierten Strukturierung, was insbesondere die Kostenverfolgung in der Ausführungsphase erleichtert.

Durch vereinfachte Kontrolle und Abrechnung anhand von zahlungsauslösenden Ereignissen bietet die Verwendung von Komponenten auf seiten des Auftraggebers ähnliche große Vorteile wie für den Generalunternehmer.

Außerdem kann der Auftraggeber problemlos eine Verknüpfung der Komponenten mit CAD-Informationen realisieren, da ihm — im Gegensatz zum Auftragnehmer — diese Daten vollständig zur Verfügung stehen. Zusätzlich ermöglicht die Verwendung von Komponenten eine schnelle Analyse des Einfluß verschiedener Ausstattungsvarianten (z.B. Klimatisierung) auf die Projektkosten, entweder indem die Ausstattungsfaktoren bestimmter Komponenten variiert oder einzelne Komponenten ausgetauscht werden.

Um den potentiellen Anwender möglichst schnell in den Genuß der Vorzüge des Komponenten-Modells kommen zu lassen und um eventuell vorhandene Umstellungsbarrieren abzubauen, kann der Umstieg von Leistungsverzeichnissen auf Komponenten in mehreren Schritten erfolgen, d.h. das Komponenten-Modell wird zunächst für bestimmte Gewerke angewandt und bei Folgeprojekten sukzessive auf andere Gewerke ausgedehnt.



# Anhang: Software-Prototyp zum Komponenten-Modell

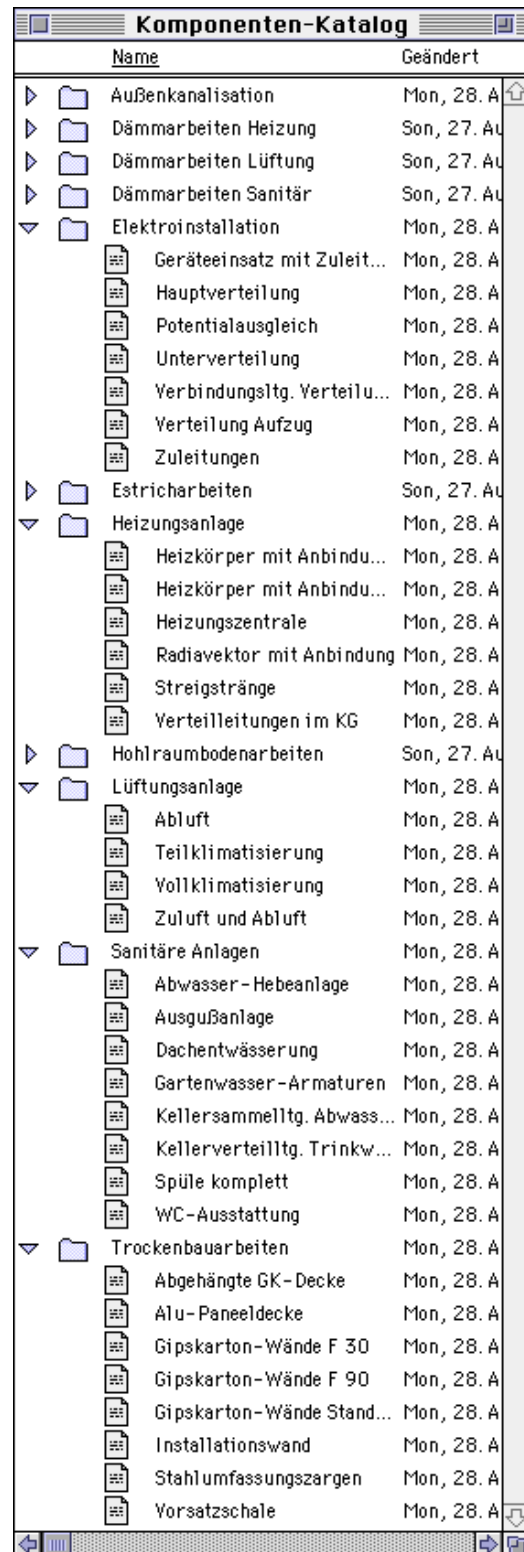
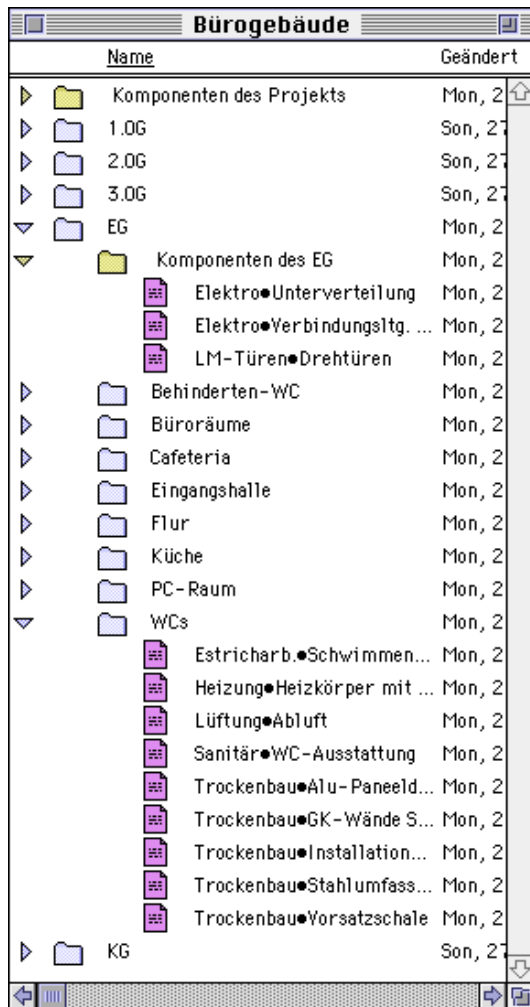
Zur Prüfung der Praxistauglichkeit und zur Demonstration des Komponenten-Modells wurde ein Software-Prototyp entwickelt. Dieser dient auch zur Datenerfassung eines Bürogebäudes im Rahmen der Fallstudie. Die Benutzeroberfläche dieses Prototyps wird im folgenden kurz erläutert, außerdem werden im zweiten Teil des Anhangs exemplarisch Daten aus der Fallstudie dargestellt.

## A.1 Software-Prototyp zum Komponenten-Modell

Die interne Datenorganisation des Programms erfolgt mit Hilfe der in Abschnitt 7.2 erläuterten Datenstrukturen. Es basiert auf einer fensterorientierten, graphischen Benutzeroberfläche, um dem Anwender hohen Komfort zu bieten und eine schnelle Einarbeitung zu ermöglichen.

Ablage	
Neu	⌘N
Öffnen...	⌘O
Schließen	⌘W
Speichern	⌘S
Speichern unter... Letzte Version	
Neues Gewerk Neue Komponente Neue Raumeinheit	
Information...	⌘I
Einmal drucken Seitenformat... Drucken...	⌘P
Beenden	⌘Q

Die Informationen zu einem Projekt werden in einem Fenster als hierarchische Liste dargestellt. Auf der obersten Ebene erscheinen — falls vorhanden — die Projektabschnitte, ansonsten die Geschosse des Gebäudes. Jedes Geschoss kann mit Hilfe eines dreieckigen Knopfes auf- und zugeklappt werden. Beim Aufklappen erscheinen die im jeweiligen Geschoss enthaltenen Räume. Neue Raumeinheiten können mit dem Menüpunkt **Neue Raumeinheit** im Menü **Ablage** zur Raumhierarchie hinzugefügt werden. Außerdem ist es möglich, Räume zwischen verschiedenen Geschossen hin und her zu verschieben bzw. zu kopieren.



Zur Verwaltung der Gewerke und Komponenten dient der Komponenten-Katalog, der ebenfalls in einer hierarchischen Liste dargestellt wird. Die oberste Hierarchieebene bilden die Gewerke. Neue Gewerke können mit Hilfe des Menübefehls **Neue Gewerke**, neue Komponenten mit dem Menüpunkt **Neue Komponente** zum Katalog hinzugefügt werden. Dieser Komponenten-Katalog kann je nach Bedarf projektspezifisch oder übergeordnet für verschiedene Projekte zusammengestellt werden.

Die Zuordnung von Komponenten zu Raumeinheiten erfolgt durch Ziehen von Komponenten auf Raumeinheiten mit Hilfe der Maus (Drag and Drop). Die einer Raum-

einheit zugeordneten Komponenten werden sichtbar, wenn der Inhalt der betreffenden Raumeinheit aufgeklappt wird.

Für sämtliche Objekte (Raumeinheiten, Komponenten, Gewerke) können die zugehörigen Informationen mit Hilfe spezieller Dialogfenster eingestellt werden. Das zu einem Objekt gehörige Informationsfenster öffnet sich, wenn das Objekt mit der Maus doppelt angeklickt wird oder der Menüpunkt **Information** ausgewählt wird.

### A.1.1 Gewerke

Der zu einem Gewerk gehörige Informationsdialog ermöglicht die Eingabe aller gewerkspezifischen Informationen und die Verwaltung der zum Gewerk gehörigen Komponenten. Mit Hilfe des Popup-Menüs **Abfrage** können die Informationen zum Gewerk — strukturiert nach unterschiedlichen Gesichtspunkten — tabellarisch in ein Standard-Tabellenkalkulationsprogramm ausgegeben und dort nach Bedarf graphisch aufbereitet werden (vgl. Abschnitt A.2).

**Definition Gewerk**

Bezeichnung:  Code nach StLB:

Anmerkungen:

Nachlass:  %

Komponente:

4. GK-Wände F 30  
 5. GK-Wände F 90  
 6. Schachtabmauerung F 90  
 7. Installationswand  
 8. Vorsatzschale  
 9. Abgehängte GK-Decke  
 10. Abgehängte GK-Decke [Eingangsbereich]  
 11. Alu-Paneeldecke  
 12. Metall-Flurdeckensystem

Abfrage:  Komp. ...

LY-Positionen...  
 Hinzufügen  
 Entfernen  
 Ändern  
 OK  
 Abbrechen

In einem separaten Unterdialog können zu jedem Gewerk LV-Positionen erfasst werden.

**Definition LU-Position**

Bezeichnung:

Code:

Langtext:

Kostengruppe nach DIN 276:  ▼

Einheitspreis:  DM

Mengeneinheit:  ▼

Abfrage:  ▼

### A.1.2 Katalog-Komponenten

**Definition Komponente**

Bezeichnung:

Anmerkungen:

Kostengruppe nach DIN 276:  ▼

Mengeneinheit:  ▼

Faktor:

Zeitbedarf je Einheit:  d Kosten pro Einheit:  errechnet: 40001,75 DM

LU-Positionen:  ▼ Menge:  Stk.

Abfrage:  ▼

1. Fernwärme-Kompaktstation: 1,00 Stk.  
 2. Anschlüsse DN 40 PN 25: 2,00 Stk.  
 3. Membran-Druckbehälter: 1,00 Stk.  
 4. Kappenventil DN 50 PN 6: 1,00 Stk.  
 5. Trichter: 1,00 Stk.  
 6. Röhrenfeder-Manometer: 1,00 Stk.  
 7. Nassläufer-Umwälzpumpe: 1,00 Stk.

Der zu einer Komponente gehörige Dialog dient zur Bestimmung des Inhalts der Komponente. Die Kosten der Komponente können entweder pauschal ermittelt oder mit Hilfe einzelner Kalkulationsbausteine entwickelt werden. Zur Ablaufplanung kann für jede Komponente der erforderliche Zeitbedarf festgelegt werden.

### A.1.3 Raumeinheiten

Der Inhalt des Dialogs für Raumeinheiten hängt davon ab, ob es sich um das Gesamtprojekt, einen Projektabschnitt, ein Geschöß oder einen Raum handelt. An dieser Stelle wird als Beispiel das Informationsfenster für ein Geschöß abgebildet. Für jede Raumeinheit können die Flächen- und Volumeninformationen eingegeben werden, um Kennzahlen errechnen zu können. Mit Hilfe des Popup-Menüs *Komponenten entsprechend* kann eine andere Raumeinheit ausgewählt werden, von der die zugehörigen Komponenten übernommen werden sollen.

The screenshot shows a dialog box titled "Geschoss" with the following elements:

- Bezeichnung:** 1. OG
- Komponenten entsprechend:** (empty dotted box)
- Geschosshöhe:** errechnet
- Brutto:** 3,40 m    **BGF:** 1670,0 qm
- Netto:** 0,00 m    **NGF:** 1139,0 qm
- Zugeordnete Komponenten...** (button)
- Raum:** Bürräume
- Liste:** Bürräume, WCs, Teeküche, Putzraum, Aktei
- Buttons:** Hinzufügen, Entfernen, Ändern, OK, Abbrechen
- Abfrage:** Liste der zugehörigen K... (dropdown)
- Raum...** (button)

### A.1.4 Zugeordnete Komponenten

Für Komponenten, die einer Raumeinheit zugeordnet wurden, können Gesamtmenge und erstellte Menge eingegeben werden. In einer Liste lassen sich außerdem zeitliche

Abhängigkeiten zu anderen Komponenten in Form von Anordnungsbeziehungen verwalten.

Wird ein Gewerk nicht pauschaliert, sondern über LV-Positionen abgerechnet, so können mit den Knöpfen **Standard...** und **Ergänzung...** Unterdialoge geöffnet werden, um für die zur Komponente gehörigen LV-Positionen jeweils die erstellte Menge zu erfassen.

**Daten der Komponente**

**Gebäudeeinheit:** Bürohaus **Geändert:** 03.08.1995

**Komponente:** Heizungsanlage 1•Steigstrang DN 25 - 50

**Soll-Start:**  **Ist-Start:**  **Menge:**

**Soll-Dauer:** 0,0 d **Ist-Ende:**  **Bereits erstellt:** <sup>m</sup>

**Anmerkungen:**

**AOB zu:**

**Abfrage:**

Werden Anordnungsbeziehungen zwischen Komponenten definiert, so können für jede Anordnungsbeziehung der Typ (z.B. Anfangsfolge) und die Zeitabstände **min z** bzw. **max z** festgelegt werden. Die Berechnung und Ausgabe des Terminplans (z.B. als vernetzter Balkenplan) wurde in dieser Programmversion noch nicht implementiert.

**Anordnungsbeziehung der Komponente**

**Gebäudeeinheit:** Bürohaus  
**Komponente:** Heizungsanlage 1•Steigstrang DN 25 - 50

**Anordnungsbeziehung zu:** Bürohaus•Abschnitt 1•1. OG•Heizungsanlage

**Typ:** Endfolge ▼      **min z:** 0,0 d  
**max z:** 0,0 d

**Anmerkungen:**

Abbrechen
OK

## A.2 Zur Fallstudie

Um die Funktionstüchtigkeit von Modell und Software-Prototyp zu testen, wurden Daten eines Bauvorhabens erfaßt. Dabei handelte es sich um eine Bürogebäude mit drei Obergeschossen und einer Bruttogeschoßfläche von rund 8.400 m<sup>2</sup>. Berücksichtigt wurden die Haustechnikgewerke sowie ein Teil der Ausbaugewerke. Für dieses Projekt lagen Leistungsverzeichnisse vor. Abb. A.1.1 und A.1.2 stellen exemplarisch die LV-Positionen und Komponenten der Sanitäranlagen gegenüber, um den Verdichtungseffekt durch Verwendung von Komponenten zu verdeutlichen (im vorliegenden Beispiel von 165 LV-Positionen auf 10 Komponenten).

Abb. A.2 zeigt die Verknüpfung von Raumeinheiten und Komponenten für die Lüftungsanlage, während Abb. A.3 die Zusammenfassung von Komponenten zu Kostengruppen darstellt. Dabei ist wichtig, daß ab der dritten Stufe der Kostengliederung keine exakte Übereinstimmung zur DIN 276 mehr gegeben ist.

Abb. A.4 stellt exemplarisch einen Ablaufplan für die Sanitäranlagen dar, der auf Basis von Komponenten erstellt wurde. Soweit erforderlich, wurden die Komponenten proportional zum Zeitbedarf in Grob- und Feinmontage aufgespalten. Beschleunigungsmöglichkeiten durch Parallelisierung mit Hilfe mehrere Montageteams, wurden nicht berücksichtigt.

## Liste der LV-Positionen:

Code	Bezeichnung	Menge	EP	Code	Bezeichnung	Menge	EP
1.1.1.	Kellerentwässerungspumpe	1,00 Stk.	282,80	1.2.46.	Anschlussstück Übergang Stahl auf SML DN 70	2,00 Stk.	21,06
1.1.2.	Steckeralarm	1,00 Stk.	110,90	1.2.47.	Anschlussstück Übergang Stahl auf SML DN 100	4,00 Stk.	32,52
1.1.3.	Anklemmen der Tauchpumpe	1,00 psch	200,00	1.2.48.	Deckenablauf DN 70	9,00 Stk.	181,69
1.1.4.	Druckleitung DN 32	11,00 m	31,25	1.2.49.	Abdichtring	9,00 Stk.	8,87
1.1.5.	Abdeckung Schacht	1,00 Stk.	185,59	1.2.50.	Aufsatzstück	6,00 Stk.	192,30
1.1.6.	Elektroinführung	1,00 Stk.	101,00	1.2.51.	Aufsatzstück 5141.81.02	3,00 Stk.	213,20
1.2.1.	SML- Gusseiserne Abflussrohre DN 50	1,00 m	25,39	1.2.52.	Bauzeitenverschluss	9,00 Stk.	27,30
1.2.2.	SML- Gusseiserne Abflussrohre DN 70	25,00 m	29,91	1.2.53.	Zuschlag Bauzeitenverschluss	9,00 Stk.	25,00
1.2.3.	SML- Gusseiserne Abflussrohre DN 100	135,00 m	39,93	1.3.1.	Gewinderohr DN 15	50,00 m	16,37
1.2.4.	SML- Gusseiserne Abflussrohre DN 125	15,00 m	50,69	1.3.2.	Gewinderohr DN 20	130,00 m	19,00
1.2.5.	CV-Verbindungen DN 50	8,00 Stk.	5,14	1.3.3.	Gewinderohr DN 25	25,00 m	23,92
1.2.6.	CV-Verbindungen DN 70	95,00 Stk.	5,64	1.3.4.	Gewinderohr DN 32	30,00 m	27,34
1.2.7.	CV-Verbindungen DN 100	265,00 Stk.	6,15	1.3.5.	Gewinderohr DN 40	6,00 m	29,13
1.2.8.	Rohrbefestigungen DN 50	10,00 Stk.	7,37	1.3.6.	Zuschlag Rohrverschnitt	241,00	1,01
1.2.9.	Rohrbefestigungen DN 70	50,00 Stk.	9,10	1.3.7.	Zuschlag Form- und Verbindungsstücke	241,00	4,05
1.2.10.	Rohrbefestigungen DN 100	150,00 Stk.	11,25	1.3.8.	Zuschlag Rohrbefestigungen	241,00	1,02
1.2.11.	SML-Passtücke DN 50	2,00 Stk.	18,17	1.3.9.	Dichtigkeitsprüfung	1,00 psch	200,00
1.2.12.	SML-Passtücke DN 70	5,00 Stk.	21,80	1.3.10.	Dichtigkeitsprüfung in Abschnitten	psch	120,00
1.2.13.	SML-Passtücke DN 100	10,00 Stk.	27,26	1.3.11.	Montage und Demontage des Spülgerätes	1,00 psch	100,00
1.2.14.	SML-Fallrohrstützen DN 70	6,00 Stk.	29,89	1.3.12.	Zwischeneinbau des Spülgerätes	1,00 Stk.	100,00
1.2.15.	SML-Fallrohrstützen DN 100	12,00 Stk.	36,80	1.3.13.	Spülen	1,00 psch	800,00
1.2.16.	SML-Übergangrohre DN 70	12,00 Stk.	16,30	1.3.14.	Wassermesseranschluss DN 40	Stk.	16,00
1.2.17.	SML-Übergangrohre DN 100	15,00 Stk.	21,75	1.3.15.	Druckminderer DN 40	1,00 Stk.	273,46
1.2.18.	SML-Bogen DN 50	2,00 Stk.	16,60	1.3.17.	Entleerungshahn DN 15	2,00	17,26
1.2.19.	SML-Bogen DN 70	25,00 Stk.	19,55	1.3.16.	Rückflussverhinderer DN 40 PN 16	1,00 Stk.	130,60
1.2.20.	SML-Bogen DN 100	45,00 Stk.	26,88	1.3.18.	Wasserfilter	1,00 Stk.	348,50
1.2.21.	SML-Bogen 88,5 ° DN 70	2,00 Stk.	40,71	1.3.19.	Herstellen eines Sanitärverteilers	1,00 Stk.	192,00
1.2.22.	SML-Bogen 88,5 ° DN 100	3,00 Stk.	49,62	1.3.20.	Freistromventil DN 15	10,00 Stk.	54,18
1.2.23.	SML-Abzweig DN 70	10,00 Stk.	25,41	1.3.21.	Freistromventil DN 20	10,00 Stk.	61,70
1.2.24.	SML-Abzweig DN 100	25,00 Stk.	34,06	1.3.22.	Freistromventil DN 25	3,00 Stk.	80,46
1.2.25.	SML-Reinigungsrohr DN 70	1,00 Stk.	33,32	1.3.23.	Freistromventil DN 32	3,00 Stk.	108,22
1.2.26.	SML-Reinigungsrohr DN 100	2,00 Stk.	43,31	1.3.23.01	Freistromventil DN 40	Stk.	136,05
1.2.27.	SML-Reinigungsrohr DN 125	1,00 Stk.	85,41	1.3.24.	Rohrverschraubung DN 15	10,00 Stk.	39,32
1.2.28.	SML-Regenrohr-Geruchsverschluss DN 100	1,00 Stk.	221,37	1.3.25.	Rohrverschraubung DN 20	10,00 Stk.	46,89
1.2.29.	SML-Enddeckel DN 70	1,00 Stk.	15,40	1.3.26.	Rohrverschraubung DN 25	3,00 Stk.	58,16
1.2.30.	SML-Enddeckel DN 100	1,00 Stk.	22,11	1.3.26.01	Rohrverschraubung DN 40	Stk.	77,05
1.2.30.02	Übergang SML/Ton DN 125	Stk.	38,55	1.3.27.	Bezeichnungsschilder	10,00 Stk.	14,40
1.2.30.03	SVE-Verbindung für SML 125	Stk.	12,50	1.3.28.	Unterputzventil DN 15	3,00 Stk.	85,35
1.2.31.	Konfix-Verbindung DN 50	5,00 Stk.	9,91	1.3.29.	Unterputzventil DN 20	8,00 Stk.	96,00
1.2.32.	Konfix-Verbindung DN 70	10,00 Stk.	10,79	1.3.30.	Unterputzventil DN 25	4,00 Stk.	128,19
1.2.33.	Dunstrohreinfassung DN 100	2,00 Stk.	90,32	1.3.31.	Geräte-Ventil-Kombination DN 15	2,00 Stk.	28,13
1.2.34.	Dunstrohreinfassung DN 70	2,00 Stk.	98,63	1.3.32.	Garten-Hauptventil DN 20	3,00 Stk.	346,91
1.2.34.1	HT-Abflussrohre DN 70	30,00 m	15,46	1.3.33.	Hahnkasten	3,00 Stk.	71,99
1.2.35.	HT-Abflussrohre DN 100	20,00 m	23,25	1.3.34.	Hahnschlüssel	1,00 Stk.	32,48
1.2.36.	HT-Übergangrohre DN 100	1,00 Stk.	14,63	1.3.35.	Gartenstandrohr DN 20	1,00 Stk.	131,67
1.2.37.	HT-Bogen DN 70	10,00 Stk.	11,33	1.3.36.	Kunststoffrohr DN 20	6,00 m	12,94
1.2.38.	HT-Bogen DN 100	8,00 Stk.	15,72	1.3.37.	Zuschlag Form- und Verbindungsstücke zu 1.3.36.	1,00	46,58
1.2.39.	HT-Abzweig DN 100	1,00 Stk.	18,63	1.3.38.	Sandbettung	3,00 m	40,00
1.2.40.	Stahlabflussrohre DN 50	36,00 m	32,65	1.3.39.	Erdaushub	3,00 m	120,00
1.2.41.	Stahlabflussrohre DN 70	20,00 m	42,85	1.3.40.	Bezeichnungsschilder	3,00 Stk.	14,40
1.2.42.	Zuschlag Form- und Verbindungsstücke Stahlrohre	56,00	24,96	1.4.1.	WC-Anlage Behinderte	1,00 Stk.	592,24
1.2.43.	Einzelablauf DN 70	1,00 Stk.	212,22	1.4.2.	Schallschutz-Set	1,00 Stk.	27,51
1.2.44.	Flachdachablauf DN 70	1,00 Stk.	161,96	1.4.3.	Wand-WC-Baustein	1,00 Stk.	515,40
1.2.45.	Flachdachablauf DN 100	4,00 Stk.	273,02	1.4.4.	Revisionsplatte	1,00 Stk.	51,68

Abb. A.1.1: Gegenüberstellung von Leistungsverzeichnis und Komponenten am Beispiel Sanitäranlagen

<i>Code</i>	<i>Bezeichnung</i>	<i>Menge</i>	<i>EP</i>	<i>Code</i>	<i>Bezeichnung</i>	<i>Menge</i>	<i>EP</i>
1.4.5.	Mehrpreis Halterungen	2,00 Stk.	159,50	1.4.34.	Faltpapier-Handtuchspender	8,00 Stk.	122,81
1.4.6.	Klosettsitz	1,00 Stk.	110,28	1.4.35.	Großraumpapierkorb	8,00 Stk.	74,47
1.4.7.	Stützklappgriff	2,00 Stk.	390,74	1.4.36.	Seifencremespender	8,00 Stk.	102,91
1.4.8.	Waschtisch-Anlage	1,00 Stk.	436,87	1.4.37.	Heisswassergerät	8,00 Stk.	188,90
1.4.9.	Wandeinbau-Sifon	1,00 Stk.		1.4.38.	Ausguß-Anlage	4,00 Stk.	103,85
1.4.10.	Waschtisch-Baustein	1,00 Stk.	671,65	1.4.39.	Auslaufventil DN 15	4,00 Stk.	30,79
1.4.11.	Mehrpreis Halterungen	2,00 Stk.	159,50	1.4.40.	Spültisch-Temperierbatterie	4,00 Stk.	73,30
1.4.12.	Heisswassergerät	1,00 Stk.	182,40	1.4.41.	Heisswassergerät für Waschbecken	Stk.	188,90
1.4.13.	Einhebel-Einlochbatterie 1/2"	1,00 Stk.	242,81	1.4.42.	Heisswassergerät für Ausgußbecken	4,00 Stk.	508,31
1.4.14.	Eckventil DN 15	1,00 Stk.	10,84	1.5.2.	Einrichten Baustelle	1,00 psch	200,00
1.4.15.	Stützgriff	2,00 Stk.	204,40	1.5.3.	Vorhalten Baustelleneinrichtung	1,00 psch	100,00
1.4.16.	Kippspiegel	1,00 Stk.	409,51	1.5.4.	Räumen Baustelle	1,00 psch	100,00
1.4.17.	Faltpapier-Handtuchspender	1,00 Stk.	122,81	1.5.5.	Gerüstvorhaltung	1,00 psch	200,00
1.4.18.	Großraumpapierkorb	1,00 Stk.	74,47	1.5.6.	Bohrloch 56 mm	1,00 cm	3,10
1.4.19.	Seifencremespender	1,00 Stk.	102,91	1.5.7.	Bohrloch 82 mm	2,00 Stk.	99,00
1.4.20.	Toilettenpapierspender	1,00 Stk.	125,76	1.5.8.	Bohrloch 122 mm	2,00 Stk.	127,50
1.4.21.	Wand-Tiefspülklosett	20,00 Stk.	296,50	1.5.9.	Bohrloch 162 mm	2,00 Stk.	133,50
1.4.22.	Schallschutz-Set	20,00 Stk.	27,51	1.5.10.	Zuschlag Bohrlöcher	7,00 Stk.	28,00
1.4.23.	Wand-WC-Baustein	20,00 Stk.	464,25	1.5.11.	Bezeichnungsschilder	15,00 Stk.	14,40
1.4.24.	Revisionsplatte	20,00 Stk.	51,68	1.5.11.1	Profilstahlkonstruktion	kg	17,60
1.4.25.	Klosettsitz	20,00 Stk.	110,28	1.5.12.	Geräteschutz	1,00 psch	350,00
1.4.26.	Urinal-Anlage	8,00 Stk.	358,02	1.5.13.	Genehmigungs-, Wartungsunterlagen	1,00 psch	500,00
1.4.27.	Urinal-Baustein	8,00 Stk.	709,65	1.5.14.	Inbetriebnahme, Funktionsprüfung	1,00 psch	250,00
1.4.28.	Abdeckplatte	8,00 Stk.	51,24	1.6.1.	Obermonteur	5,00 Std.	60,00
1.4.29.	Waschtisch-Anlage	8,00 Stk.	212,81	1.6.2.	Monteur	15,00 Std.	56,00
1.4.30.	Einhebel-Einlochbatterie 1/2"	8,00 Stk.	242,81	1.6.3.	Monteurhelfer	15,00 Std.	48,00
1.4.31.	Waschtisch-Baustein	4,00 Stk.	883,69	1.6.X1	Provisorische Dachentwässerung	psch	2360,50
1.4.32.	Eckventil DN 15	8,00 Stk.	10,84	1.6.X2	Durchbrüche KG	psch	613,00
1.4.33.	Spiegel	8,00 Stk.	29,45				

### Liste der Komponenten:

<i>Bezeichnung</i>	<i>Menge</i>	<i>Kosten pro Einheit</i>
Abwasser-Hebeanlage	1,00 Stk.	1.224,04
Gartenwasser-Armaturen	1,00 psch	2.068,27
Ausstattung Behinderten-WC	1,00 Stk.	8.045,70
Ausstattung WC	4,00 Stk.	13.933,48
Ausguß-Anlage	4,00 Stk.	1.115,65
Allgemeines	1,00 psch	4.760,00
Kellerverteilung Trinkwasser	1,00 psch	6.928,57
Kellersammelleitungen Abwasser	1,00 psch	8.179,36
Entlüftung	1,00 psch	1.579,02
Dachentwässerung	1,00 psch	2.994,66

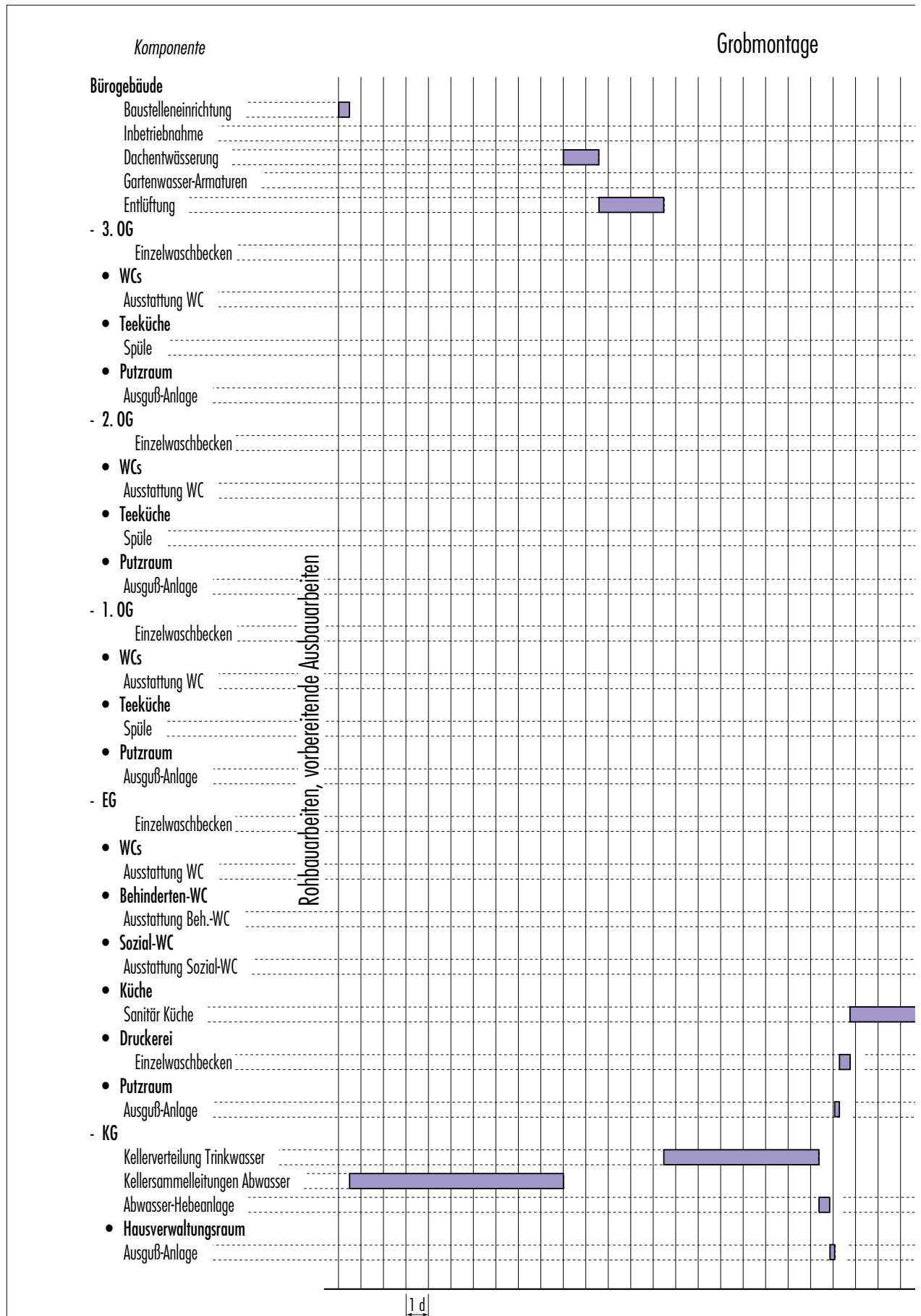
Abb. A.1.2: Gegenüberstellung von Leistungsverzeichnis und Komponenten am Beispiel Sanitäranlagen

<i>Raumeinheit</i>	<i>Komponente</i>	<i>Menge</i>	<i>Einheit</i>	<i>Summe DM</i>	<i>Ø Kosten pro Einheit</i>
<b>Bürogebäude</b>					
	Allgemeines	1	psch	19.227,88	19.227,88
- 3. OG					
• Rechner/Kopierer	Teilklimatisierung	1.100	m <sup>3</sup>	23.448,32	21,32
• Aktei	Zuluft-, Abluft	1.500	m <sup>3</sup>	9.368,67	6,25
- 2. OG					
• Aktei	Zuluft-, Abluft	2.500	m <sup>3</sup>	15.027,96	6,01
- 1. OG					
• Aktei	Zuluft-, Abluft	1.500	m <sup>3</sup>	9.805,15	6,54
- EG					
• Küche	Küchen-Lüftungsdecke	1	psch	58.663,20	58.663,20
	Zuluft-, Abluft	5.000	m <sup>3</sup>	27.664,35	5,53
• Druckerei	Abluft	1.800	m <sup>3</sup>	9.681,54	5,38
• PC-Raum	Teilklimatisierung	1.800	m <sup>3</sup>	28.924,01	16,07
• Verteiler	Zuluft-, Abluft	400	m <sup>3</sup>	3.048,81	7,62
- KG					
	Zuluft-, Abluft	2.650	m <sup>3</sup>	20.007,64	7,55
				224.867,55	

Abb. A.2: Zuordnung von Komponenten zu Raumeinheiten am Beispiel Lüftungsanlage

<i>Code</i>	<i>Bezeichnung</i>	<i>Kosten</i>	<i>Kosten je m<sup>2</sup> BGF</i>	<i>Kosten je m<sup>3</sup> BRI</i>
<b>300</b>	<b>Bauwerk - Baukonstruktionen</b>			
<b>330</b>	<b>Außenwände</b>			
334	Außentüren und -fenster	1.799.613,00	214,29	62,65
<b>340</b>	<b>Innenwände</b>			
342	Nichttragende Innenwände	372.884,88	44,40	12,98
344	Innentüren und -fenster	165.166,00	19,67	5,75
<b>350</b>	<b>Decken</b>			
352	Deckenbeläge	495.102,34	58,95	17,24
353	Deckenbekleidungen	109.994,95	13,10	3,83
<b>360</b>	<b>Dächer</b>			
362	Dachfenster, Dachöffnungen	21.461,00	2,56	0,75
<b>400</b>	<b>Bauwerk - Technische Anlagen</b>			
<b>410</b>	<b>Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen</b>			
411	Abwasseranlagen	106.756,63	12,71	3,72
412	Wasseranlagen	23.048,82	2,74	0,80
419	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, Sonstiges	121.093,50	14,42	4,22
<b>420</b>	<b>Wärmeversorgungsanlagen</b>			
421	Wärmeerzeugungsanlagen	40.001,75	4,76	1,39
422	Wärmeverteilnetze	75.275,66	8,96	2,62
423	Raumheizflächen	201.663,98	24,01	7,02
429	Wärmeversorgungsanlagen, Sonstiges	8.850,00	1,05	0,31
<b>430</b>	<b>Lufttechnische Anlagen</b>			
431	Lüftungsanlagen	142.547,83	16,97	4,96
432	Teilklimaanlagen	52.372,34	6,24	1,82
439	Lufttechnische Anlagen, Sonstiges	80.644,23	9,60	2,81
<b>440</b>	<b>Starkstromanlagen</b>			
443	Niederspannungsschaltanlagen	10.598,75	1,26	0,37
444	Niederspannungsinstallationsanlagen	568.366,88	67,68	19,79
446	Blitzschutz- und Erdungsanlagen	3.548,85	0,42	0,12
449	Starkstromanlagen, Sonstiges	14.179,06	1,69	0,49
		4.413.170,50		

Abb. A.3: Beispiel — Strukturierung nach Kostengruppen der DIN 276

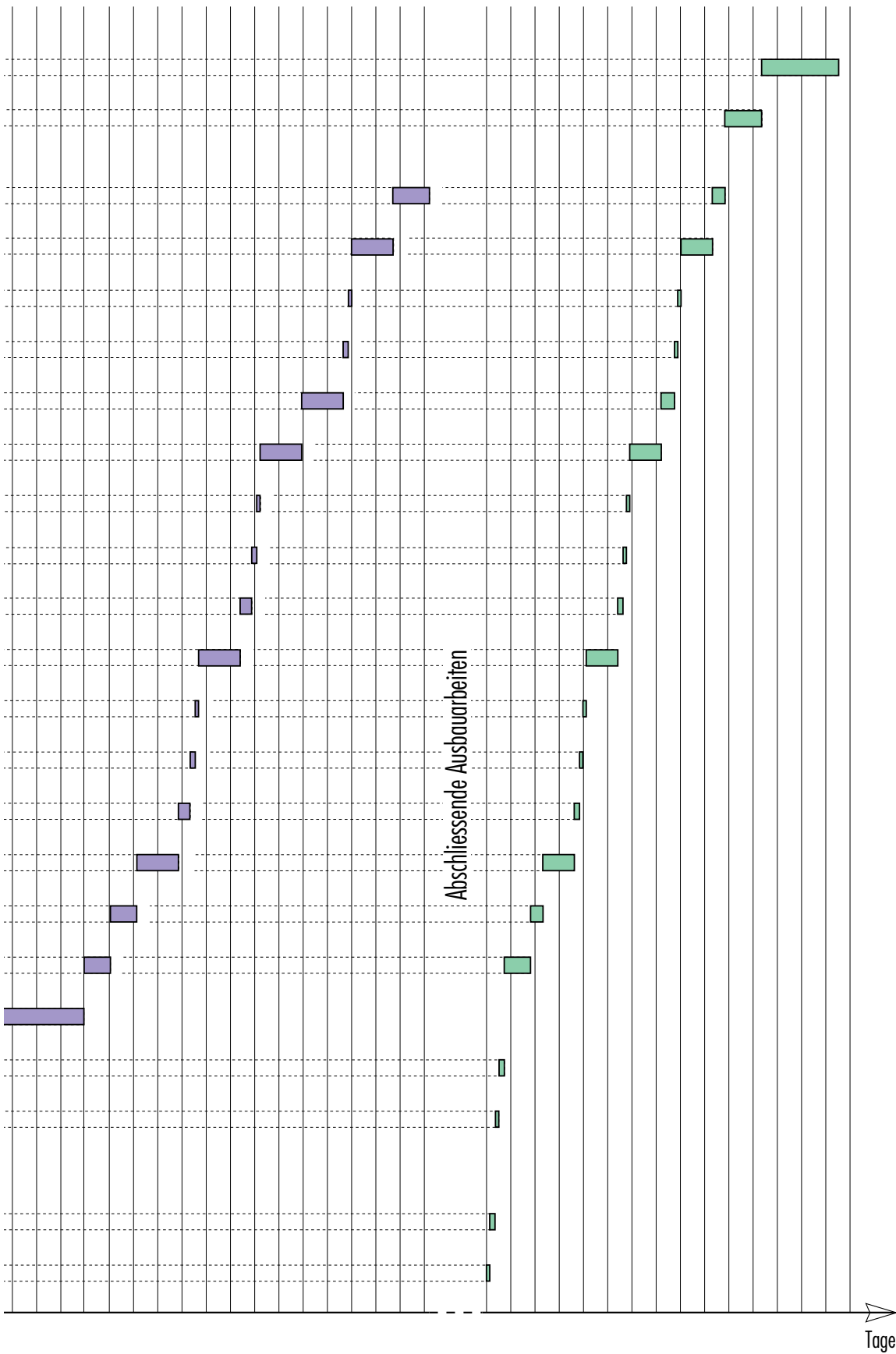


Rohbauarbeiten, vorbereitende Ausbauarbeiten

Anschluß nächste Seite

Abb. A.4: Beispiel — Montageablaufplan für das Gewerk Sanitäranlagen

### Feinmontage





# Abbildungsverzeichnis

<i>Abb.</i>	<i>Titel</i> .....	<i>Seite</i>
1.1	Inhaltsüberblick .....	5
2.1	Varianten der Gestaltung von Leistungsverträgen .....	7
2.2	Arbeitsschritte des Generalunternehmers im Projektablauf .....	10
2.3	Ablauf des Regelzykluses in der Ausführungsphase .....	14
2.4	Alternative Vorgehensweisen zur Projektstrukturierung .....	15
2.5	Zusammenhang zwischen Gebäudeelementen und Vergabeeinheiten .....	17
2.6	Zuordnung der LV-Positionen zu Jobs .....	18
3.1	Informationsfluß zwischen Modell und Regelzyklus .....	22
3.2	Schema des Produktionsmodells .....	24
3.3	Strukturierungsdimensionen eines Bauprojekts .....	25
3.4	Schichtweise Strukturierung eines technischen Systems .....	29
3.5	Beispiel: Zerlegung der Gesamtvarianz der Kosten eines Systems in die Varianzen der Einzelkomponenten .....	30
3.6	Zuordnungsmatrix zwischen Komponenten und Gebäudestruktur .....	31
3.7	Hierarchie der Raumeinheiten .....	32
3.8	Relation von Genauigkeit und Aufwand für verschiedene Kostenermitt- lungsmethoden .....	33
3.9	Aufspaltung einer Komponente in Unterkomponenten am Beispiel Lüftungszentrale .....	35
3.10	Leistungsabrechnung mit Nachunternehmern über Zahlungsereignisse oder nach Leistungsverzeichnis .....	38
3.11	Steigerungsrate der Kosten einer Komponente .....	40
4.1	Struktur des Vertragsverhältnisses bei schlüsselfertigen Bauvorhaben .....	44
4.2	Beispiele für den Verlauf der kumulierten Ein- und Auszahlungen beim Generalunternehmer .....	45
4.3	Kumulierte Kosten der Komponenten in Abhängigkeit von der Zeit .....	46

4.4	Zwischenfinanzierungsbedarf und -überschuß in Abhängigkeit von der Zeit . . . . .	48
5.1	Einfluß der Preisgleitklausel auf die Kosten einer Komponente . . . . .	54
5.2	Einfluß aus zusätzlicher oder geänderter Leistung auf den Kostenanfall einer Komponente . . . . .	57
6.1	Leistungsstand zum Zeitpunkt T . . . . .	62
6.2	Zeitliche Entwicklung des realisierten Fertigstellungsgrades . . . . .	63
6.3	Schwankungsbereich des Fertigstellungsgrades in Abhängigkeit von der Umweltkonstellation . . . . .	65
6.4	Prognose der Gesamtrentabilität bezogen auf das Projektende . . . . .	67
7.1	Partizipation planender, dispositiver und kontrollierender Unternehmensfunktionen an der Projektdurchführung . . . . .	72
7.2	Zugriff auf eine Projektdatenbank durch sämtliche Unternehmensfunktionen . . . . .	74
7.3	Aufgabenbereiche mit Softwareunterstützung. . . . .	75
7.4	Vererbungshierarchie der Objektklassen . . . . .	78
7.5	Katalogklassen und ihre Verknüpfungen . . . . .	79
7.6.1	Projektdefinitionsklassen und ihre Verknüpfungen. . . . .	80
7.6.2	Projektdefinitionsklassen und ihre Verknüpfungen. . . . .	81
8.1	Varianten der Trassenführung von Heizungsvor- und rücklauf . . . . .	86
8.2	Beispiel für Ausstattungsfaktoren bei Heizkörpern . . . . .	88
8.3	Gliederung der Heizungsanlage in Komponenten . . . . .	89
8.4	Prinzipieller Ablauf der Montage der Haustechnik-Zentralen . . . . .	92
8.5	Wasserversorgung eines Hochhauses mit Hilfe von Druckerhöhungsanlagen . . . . .	94
8.6	Aufteilung der Sanitäranlagen in Komponenten . . . . .	95
8.7	Nasse und trockene Feuerlöschleitung . . . . .	98
8.8.1	Schema Einkanal-ND-Klimaanlage . . . . .	102
8.8.2	Schema Zonen-Klimaanlage mit Unterzentralen . . . . .	103
8.8.3	Schema Induktions-Klimaanlage . . . . .	105
8.9	Kostenkennwerte von Rechteckkanälen aus verzinktem Stahlblech. . . . .	106
8.10	Schema einer Kälteanlage für indirekte Kühlung . . . . .	110
8.11	Aufstellungsraum für ein Notstromaggregat mit besonderen Schutzvorkehrungen . . . . .	113

8.12	Möglichkeiten der vertikalen Stromversorgung . . . . .	114
8.13	Unterflurkanalsystem mit Abzweigdosen, Kabelauslaß und Anschlußdosen . . . . .	116
8.14	Aufteilung der Elektro-Starkstromanlagen in Komponenten . . . . .	117
8.15	Aufbau eines Installationsbus-Systems . . . . .	122
8.16	Aufteilung der zentralen Gebäudeleittechnik in Komponenten . . . . .	123
8.17	Fangeinrichtungen und Ableitungen nach DIN VDE 0185 . . . . .	124
A.1.1	Gegenüberstellung von Leistungsverzeichnis und Komponenten am Beispiel Sanitäranlagen . . . . .	146
A.1.2	Gegenüberstellung von Leistungsverzeichnis und Komponenten am Beispiel Sanitäranlagen . . . . .	147
A.2	Zuordnung von Komponenten zu Raumeinheiten am Beispiel Lüftungsanlage . . . . .	148
A.3	Beispiel — Strukturierung nach Kostengruppen der DIN 276 . . . . .	149
A.4	Beispiel — Montageablaufplan für das Gewerk Sanitäranlagen . . . . .	150



# Abkürzungsverzeichnis

<i>Abk.</i>	<i>Dimension</i>	<i>Erläuterung</i>
$AP$	DM	Angebotspreis
$AP_E$	DM	Angebotspreis für Eigenleistung
$AP_F$	DM	Angebotspreis für Fremdleistungen
$AP_{Fi}$	DM	Angebotspreis einer Fremdleistung $i$
$z_{GU}$	%	GU-Zuschlag
$K_{Gi}$	DM	Kosten eines Gewerks $i$
$K_{Kij}$	DM	Kosten einer Komponente $j$ des Gewerks $i$
$k_{ij}$	DM/Einheit	Kosten je Einheit von Komponente $j$
$b_{ij}$	Einheiten	Menge der Bezugsgröße für Komponente $j$
$\Delta K_i$	DM	Vergabegewinne oder -verluste bei Gewerk $i$
$AP_{NUi}$	DM	Angebotspreis des Nachunternehmers für Gewerk $i$
$ks_{ij}$	DM/h o. DM/d	Steigerungsrate der Kosten einer Komponente $j$ des Gewerks $i$
$T_{Kij}$	h bzw. d	Zeitbedarf einer Komponente $j$ des Gewerks $i$
$L_T$	DM	Liquide Mittel im Zeitpunkt $T$
$E_t$	DM	Einzahlung zum Zeitpunkt $t$
$A_t$	DM	Auszahlung zum Zeitpunkt $t$
$S_Z$	DM	Saldo der Zinsaufwendungen und -erträge
$p_{St}$		Prognostizierter Soll-Zinssatz in Zeiteinheit $t$
$p_{Ht}$		Prognostizierter Haben-Zinssatz in Zeiteinheit $t$
$r$		Zinsfuß für die Abzinsung
$f_{PG}$	%	Preisgleitfaktor
$A$	‰	Änderungssatz

$\Delta L$	Pfg.	Lohnänderung
$P$	DM	Endpreis
$P_0$	DM	Angebotspreis
$g_i$	%	Anteil von Preisgleitindex $i$
$I_{i0}$	%	Preisindex $i$ bei Angebotseröffnung
$I_i$	%	Preisindex $i$ bei Abrechnung
$K_{Kij0}$	DM	Ursprünglichen Kosten der Komponente $j$ des Gewerks $i$
$K_{Kijt}$	DM	Kosten der Komponente zum Zeitpunkt $t$
$f_{PGt}$	%	für den Zeitpunkt $t$ maßgebender Preisgleitfaktor
$\Delta K_{Kijn}$	DM	Änderung der Kosten einer Komponente $j$ durch Nachtrag $n$
$K_{Nin}$	DM	Kostenänderung von Gewerk $i$ durch Nachtrag $n$
$K_{NZin}$	DM	Nachtragszusatzkosten für Gewerk $i$ durch Nachtrag $n$
$N_n$	DM	Höhe der Nachtragsforderung aus Nachtrag $n$
$FG_{ij}$	%	Fertigstellungsgrad der Komponente $j$ des Gewerks $i$
$FG_P$	%	Fertigstellungsgrad des Gesamtprojekts
$\bar{q}_n$		Tripel für den optimistischen, mittleren und pessimistischen Wert des Nachtrags $n$
$\overline{FG}_P$		Tripel für den optimistischen, mittleren und pessimistischen Wert des Fertigstellungsgrades des Gesamtprojekts
$E_G$	DM	Gesamtertrag des Projekts
$A_G$	DM	Gesamtaufwand für das Projekt
$N_{NUm}$	DM	Höhe des Nachunternehmernachtrags $m$
$R_G$	DM	Gesamtrentabilität des Projekts
$\bar{E}_G$	DM	Tripel für den optimistischen, mittleren und pessimistischen Wert des Gesamtertrags des Projekts
$\bar{A}_G$	DM	Tripel für den optimistischen, mittleren und pessimistischen Wert des Gesamtaufwandes für das Projekt
$\bar{q}_{NUm}$		Tripel für den optimistischen, mittleren und pessimistischen Wert des Nachtrags $n$

$\bar{R}_G$	DM	Tripel für den optimistischen, mittleren und pessimistischen Wert der Gesamrentabilität des Projekts
$EP_{jk}$	DM/Einheit	Einheitspreis von LV-Position $k$ in Komponente $j$
$x_{jk}$	Einheiten	Menge von LV-Position $k$ in Komponente $j$
$\Delta x_{jkm}$	Einheiten	Menge von LV-Position $k$ in Komponente $j$ aus Nachunternehmernachtrag $m$
$K_{HZ}$	DM	Kosten der Heizzentrale
$x_{HSL}$	Stück	Anzahl der Steigstränge
$l_{HSL}$	m	Länge der Steigstränge
$k_{HSL}$	DM/m	Kosten pro m Steigstrang
$l_{HLKG}$	m	Länge der Rohrleitungen
$k_{HLKG}$	DM/m	Kosten pro m Rohrleitung
$z_{HLI}$	%	Faktor in Abhängigkeit von der Isolationskaschierung
$k_{HK}$	DM/Stück	Kosten eines Heizkörpers
$z_{HKj}$	%	Faktor in Abhängigkeit vom Heizkörpertyp $j$
$x_{HKj}$	Stück	Anzahl der Heizkörper vom Typ $j$
$x_{HK}$	Stück	Anzahl der Heizkörper
$k_{HKA}$	DM/m	Kosten pro m Anbindungsleitung
$l_{HKA}$	m	Mittlere Länge der Anbindungsleitungen
$x_{FBH}$	m <sup>2</sup>	Fläche der Fußbodenheizung
$k_{FBH}$	DM/m <sup>2</sup>	Kosten pro m <sup>2</sup> Fußbodenheizung
$K_{HA}$	DM	Gesamtkosten der Heizungsanlage
$K_{SZ}$	DM	Kosten der Sanitärzentrale
$K_{AH}$	DM	Kosten der Abwasserhebeanlage
$k_{NZk}$	DM/Stück	Kosten einer Naßzelle vom Typ $k$
$z_{NZk}$	%	Faktor in Abhängigkeit vom Ausstattungsniveau der Naßzellen vom Typ $k$
$x_{NZk}$	Stück	Anzahl der Naßzellen vom Typ $k$
$k_{KW}$	DM/m	Kosten pro m Kaltwassersteigleitung
$l_{KW}$	m	Länge der Kaltwassersteigleitungen
$x_{KW}$	Stück	Anzahl der Kaltwassersteigleitungen

$k_{WW}$	DM/m	Kosten pro m Warmwassersteigleitung
$l_{WW}$	m	Länge der Warmwassersteigleitungen
$x_{WW}$	Stück	Anzahl der Warmwassersteigleitungen
$k_{AW}$	DM/m	Kosten pro m Fallrohr
$l_{AW}$	m	Länge der Fallstränge
$x_{AW}$	Stück	Anzahl der Fallstränge
$k_{DE}$	DM/m	Kosten pro m Falleitung zur Dachentwässerung
$l_{DE}$	m	Länge der Falleitung zur Dachentwässerung
$x_{DE}$	Stück	Anzahl der Falleitung zur Dachentwässerung
$k_{KVK}$	DM/m	Kosten pro m Kellerverteilung für Kaltwasser
$l_{KVK}$	m	Länge der Kellerverteilungen für Kaltwasser
$k_{KVV}$	DM/m	Kosten pro m Kellerverteilung für Warmwasser
$l_{KVV}$	m	Länge der Kellerverteilungen für Warmwasser
$z_{GL}$	%	Zuschlag bei Verwendung von Grundleitungen
$k_{SL}$	DM/m	Kosten pro m Abwassersammelleitung
$l_{SL}$	m	Länge der Abwassersammelleitungen
$K_{SA}$	DM	Gesamtkosten der Sanitäranlagen
$K_{FLS}$	DM	Kosten der Feuerlöschstation
$k_{FS}$	DM/m	Kosten pro m Feuerlöschsteigleitung
$x_{FS}$	Stück	Anzahl der Feuerlöschsteigleitungen
$l_{FS}$	m	Länge einer Feuerlöschsteigleitung
$l_{ZL}$	m	Länge der Zuleitung
$k_{WH}$	DM/Stück	Kosten eines Wandhydranten
$x_{WH}$	Stück	Anzahl der Wandhydranten
$K_{SPZ}$	DM	Kosten der Sprinklerzentrale
$k_{SPm}$	DM/m <sup>2</sup>	Kosten pro m <sup>2</sup> zu besprinkelnder Fläche vom Typ $m$
$x_{SPm}$	m <sup>2</sup>	Zu besprinkelnder Fläche vom Typ $m$
$k_{EL}$	DM/Stück	Stückkosten eines Einzellöschers
$x_{EL}$	Stück	Anzahl der Einzellöscher
$K_{FA}$	DM	Gesamtkosten der Feuerlöschanlagen

$k_{RLm}$	DM/(m <sup>3</sup> /h)	Kosten je m <sup>3</sup> Luft pro h der Lüftungs- bzw. Klimatisierungstechnik $m$ (Lüftungs-, Teilklima- oder Klimaanlage)
$x_{RLm}$	m <sup>3</sup>	Luftmenge mit der Lüftungs- bzw. Klimatisierungstechnik $m$
$x_{RLmn}$	m <sup>3</sup> /h	Luftmenge der Lüftungs- bzw. Klimatisierungstechnik $m$ über Luftauslässe vom Typ $n$
$k_{LAn}$	DM/Stück	Kosten pro Luftauslaß vom Typ $n$
$x_{LAn}$	m <sup>3</sup> /h	Kapazität eines Luftauslasses vom Typ $n$
$K_{LA}$	DM	Gesamtkosten der Lüftungsanlage
$K_{LZ}$	DM	Kosten der Lüftungszentrale
$x_{LKi}$	m <sup>2</sup>	Gesamtfläche der Luftkanäle der Größenklasse $i$
$k_{LKi}$	DM/m <sup>2</sup>	Kosten pro m <sup>2</sup> geradem Luftkanal der Größenklasse $i$
$f_{FSi}$	%	Mittlerer Formstückanteil bei Luftkanälen der Größenklasse $i$
$k_{FSi}$	DM/m <sup>2</sup>	Kosten pro m <sup>2</sup> Formstücke der Größenklasse $i$
$k_{BKj}$	DM/Stück	Kosten pro Brandschutzklappe der Größenklasse $j$
$x_{BKj}$	Stück	Anzahl der Brandschutzklappen der Größenklasse $j$
$k_{RK}$	DM/Stück	Mittlere Kosten je Regelkreis
$x_{RK}$	Stück	Anzahl der Regelkreise
$K_{KZ}$	DM	Kosten der Kältezentrale
$K_{KT}$	DM	Kosten des Rückkühlwerks
$k_{KuL}$	DM/m	Kosten pro m Kühlwasserleitung
$l_{KuL}$	m	Länge der Kühlwasserleitungen
$k_{KaL}$	DM/m	Kosten pro m Kaltwasserleitung
$l_{KaL}$	m	Länge der Kaltwasserleitungen
$K_{KA}$	DM	Gesamtkosten der Kälteanlage
$K_{EZ}$	DM	Kosten der Elektrozentrale
$k_{HS_{KG}}$	DM/m	Mittlere Leitungskosten pro m Leitung im KG inklusive Kabelträger
$l_{HS_{KG}}$	m	Länge der Leitungen

$k_{EV}$	DM/Stück	Mittlere Kosten einer Hauptetagenverteilung
$k_{LEV}$	DM/m	Mittlere Kosten pro m Leitung zur Hauptetagenverteilung inklusive Kabelträger
$l_{LEV}$	m	Anteilige Länge der Leitungen einer Hauptetagenverteilung
$x_{EV}$	Stück	Anzahl der Hauptetagenverteilungen
$k_{UV}$	DM/Stück	Mittlere Kosten einer Unterverteilung
$k_{LUV}$	DM/m	Mittlere Kosten pro m Leitung zur Unterverteilung
$l_{LUV}$	m	Anteilige Länge der Leitungen einer Unterverteilung
$x_{UV}$	Stück	Anzahl der Unterverteilungen
$k_{HS}$	DM/m <sup>2</sup>	Mittlere Leitungskosten pro m <sup>2</sup> Fläche
$x_{HS}$	m <sup>2</sup>	Fläche der zugehörigen Raumeinheit
$K_{EI}$	DM	Gesamtkosten der Starkstrominstallation
$k_{Ln}$	DM/Stück	Kosten einer Leuchte vom Typ $n$
$x_{Ln}$	Stück	Anzahl der Leuchten vom Typ $n$
$k_{AZ}$	DM/Stück	Mittlere Kosten pro angeschlossener Adresse der Gebäudeleittechnik
$x_{An}$	Stück	Anzahl der Adressen der Unterzentrale $n$
$k_{UK}$	DM/m	Kosten pro m Übertragungskabel zur Unterzentrale
$l_{UKn}$	m	Länge des Übertragungskabel zur Unterzentrale $n$
$x_{EV}$	Stück	Anzahl der Hauptetagenverteilungen
$k_{AU}$	DM/Stück	Mittlere Kosten pro angeschlossener Adresse bei einer Unterzentrale
$x_{An}$	Stück	Anzahl der Adressen der Unterzentrale $n$
$k_{VL}$	DM/m	Kosten pro m Verbindungsleitung
$l_{VLn}$	m	Länge der Verbindungsleitungen der Unterzentrale $n$
$K_{GLT}$	DM	Gesamtkosten der Gebäudeleittechnik
$k_{FL}$	DM/m	Mittlere Kosten pro m Fangleitung
$l_{FL}$	m	Gesamtlänge der Fangleitungen
$k_{FS}$	DM/Stück	Mittlere Kosten pro Fangstange
$x_{FS}$	Stück	Anzahl der Fangstangen

$k_{HA}$	DM/m	Kosten pro m Hauptableitung
$l_{HA}$	m	Mittlere Länge der Hauptableitungen
$x_{HA}$	Stück	Anzahl der Hauptableitungen
$k_{FE}$	DM/m	Kosten pro m Fundamentender (incl. Ausleitungen)
$l_{FE}$	m	Länge des Fundamentenders
$k_{PA}$	DM/Stück	Mittlere Kosten je Potentialausgleich
$x_{PA}$	Stück	Anzahl der Potentialausgleichsmaßnahmen
$K_{BA}$	DM	Gesamtkosten der Blitzschutzanlagen
$z_{ij}$		Zuschlagsfaktor für Komponente $j$
$x_{ij}$	Einheiten	Menge der Komponente $j$



# Literaturverzeichnis

- ÁGH-ACKERMANN, E. und KUEN, K.: Akute Probleme des zeitgemäßen Bauvertrages: eine technisch-wirtschaftliche Grenz Betrachtung, Düsseldorf 1993.
- AHUJA, H. N., DOZZI, S. P. und ABOURIZK, S. M.: Project management: techniques in planning and controlling construction projects, 2. Aufl., New York u.a. 1994.
- BALCK, H.: Bauprozess der Zukunft, in: Harden, H. und Kahlen, H. (Hrsg.), Planen, Bauen, Nutzen und Instandhalten von Bauten, S. 109-123, Stuttgart, Berlin 1993.
- BAUMGÄRTEL, G.: Grundlegende Probleme der Beweislast im Baurecht, in: Meissner, K. et al. (Hrsg.), Seminar Pauschalvertrag und schlüsselfertiges Bauen: Rechtliche Probleme in Einzelbeiträgen, S. 53-68, Wiesbaden u.a. 1991.
- BAYER, W.: Planung und Bauausführung in einer Hand, in: Meissner, K. et al. (Hrsg.), Seminar Pauschalvertrag und schlüsselfertiges Bauen: Rechtliche Probleme in Einzelbeiträgen, S. 85-99, Wiesbaden u.a. 1991.
- BLECKEN, U. und MEYER, J.: Kalkulation für schlüsselfertige Bauvorhaben im Dialog auf einer EDV-Anlage, Baugewerbe, Jg. 8, Nr. , 1980, S. 14-19.
- BÖSCH, H.-J. (Hrsg.): Baupreise - Ihre Ermittlung und Beurteilung, München 1990.
- BÖSCH, H.-J. und SCHUB, A.: Integration von CAD in die Kosten- und Terminkontrolle einer Baustelle, Unveröffentlichtes Manuskript 1994.
- BRANDENBERGER, J. und RUOSCH, E.: Ablaufplanung im Bauwesen, 3. Aufl., Dietikon 1993.
- BÜHRING, R.: Der Generalunternehmer als Projektmanager und Garant für die Vertragserfüllung bei komplexen Bauvorhaben, in: Verein deutscher Ingenieure (Hrsg.), Projektmanagement beim Bauen, S. 93-122, Düsseldorf 1992.
- BÜRKLIN, B.: Ein allgemeines und offenes Modell für eine praxisbezogene Ermittlung von Leistungsstand und Fertigstellungsgrad bei Pauschalaufträgen in der

Bauwirtschaft, Diss. München 1989.

BURKHARDT, G.: Systematik des Programms Kostenkontrolle, Steuerung und Prognose "KSP", München 1992

DIEDERICHS, C.-J. und HEPERMANN, H.: Kostenermittlung im Hochbau durch Kalkulation von Leitpositionen -Rohbau und Ausbau-, Bonn 1986.

DÖBEREINER, W.: Leistungs- und Vergütungsänderungen beim VOB/B-Vertrag, in: Schub, A. und Meyran, G. (Hrsg.), Praxis-Kompendium Baubetrieb: Leitfaden, Arbeitsunterlagen und Nachschlagewerk für Praktiker und Studenten, S. 251-307, Wiesbaden, Berlin 1984.

ESCHENBACH, R. (Hrsg.): Controlling, Stuttgart 1995.

FUCHSBICHLER, M.: Kostenschätzung Altbaumodernisierung: ein schnelles und präzises Indexermittlungsverfahren für Österreich, BRD und Schweiz, Wien 1990.

GEHRI, M.: Computerunterstützte Baustellenführung, Zürich 1992.

HANSSMANN, F.: Einführung in die Systemforschung: Methodik der modellgestützten Entscheidungsvorbereitung, 3. Aufl., München und Wien 1987.

HARDEN, H.: Planen, Bauen, Nutzen und Instandhalten, in: Harden, H. und Kahlen, H. (Hrsg.), Planen, Bauen, Nutzen und Instandhalten von Bauten, S. 3-9, Stuttgart und Berlin 1993.

HEIERMANN, W., RIEDL, R. und RUSAM, M.: Handkommentar zur VOB: Teile A und B, 7. Aufl., Wiesbaden und Berlin 1994.

HEINEMANN, F.: Preisgleitklauseln in Bauverträgen, Baugewerbe, Jg. , Nr. 22, 1977, S. 18-22.

HEPERMANN, H.: Entwicklung einer durchgängigen Ermittlungsmethode für die Rohbau- und Ausbaupreisen von Hochbauten, Diss. Wuppertal 1985.

HIRSCHBERGER, H.: Ein Vorschlag für Zahlungs- und Preisgleitvereinbarungen zur Vereinfachung der Abrechnung von Pauschalpreisen für die Erstellung von Bauwerken, Diss. Braunschweig 1975.

HORVÁTH, P.: Controlling, 5. Aufl., München 1994.

- HUTZELMEYER, H.: Die Kostensteuerung des Bauauftraggebers, in: Schub, A. und Meyran, G. (Hrsg.), Praxis-Kompendium Baubetrieb: Leitfaden, Arbeitsunterlagen und Nachschlagewerk für Praktiker und Studenten, Bd. 2, S. 37-79, Wiesbaden und Berlin 1984.
- HUTZELMEYER, H. und GREULICH, M.: Baukostenplanung mit Gebäude-Elementen: Vollständige Hochbaukosten nach DIN 276, Köln-Braunsfeld 1983.
- INGENSTAU, H. und KORBION, H.: Verdingungsordnung für Bauleistungen: VOB; Teile A und B; DIN 1960/61 (Fassung 1992); Kommentar, 12 Aufl., Düsseldorf 1993.
- JOSS, H.: Kostengrobschätzung bei Hochbauten. Ein neues Verfahren im Rahmen der Elementmethode, Schweizer Ingenieur und Architekt, Jg. 110, Nr. 41, 1992, S. 763-764.
- KALUSCHE, W.: Gebäudeplanung und Betrieb: Einfluß der Gebäudeplanung auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieben, Berlin u.a. 1991.
- KAPPELLMANN, K.D. und SCHIFFERS, K.-H.: Vergütung, Nachträge und Behinderungsfolgen beim Bauvertrag: Rechtliche und baubetriebliche Darstellung der geschuldeten Leistung und Vergütung sowie der Ansprüche des Auftragnehmers aus unklarer Ausschreibung, Mengenänderung, geänderter oder zusätzlicher Leistung und aus Behinderung gemäß VOB/B und BGB; Pauschalvertrag einschließlich Schlüsselfertigbau, Düsseldorf 1994.
- KESSLER, H.: Der Plan-Soll-Ist-Vergleich mit einem Nachweis zeitvariabler Kostenveränderung bei einer Bauzeitverschiebung, Darmstadt 1985.
- KLÄRNER, E. und SCHWÖRER, A.: Qualitätssicherung im Schlüsselfertigbau -Schwerpunkt Bauausführung, Wiesbaden 1992.
- KLEINE-MÖLLER, N.: Leistung und Gegenleistung bei einem Pauschalvertrag, in: Meissner, K. et al. (Hrsg.), Seminar Pauschalvertrag und schlüsselfertiges Bauen: Rechtliche Probleme in Einzelbeiträgen, S. 69-83, Wiesbaden u.a. 1991.
- KNECHTEL, E.: Die Bauwirtschaft in der EG: Unternehmen im internationalen Vergleich; Daten, Fakten, Kommentare, Wiesbaden und Berlin 1992.
- KRETSCHMER, G. J.: PRODAT, Teil 1, Grundlagen der Kostenplanung und -steuerung (KPS), München 1993.

- KRETZSCHMAR, H. et al.: Computergestützte Bauplanung, Berlin 1994.
- LESSMANN, H. et al.: Qualitatives Baumanagement, Berlin 1990.
- LINGE, S.: Baumarktentwicklung und Wettbewerbsstrategie: eine Analyse strategischer Determinanten in einem geschrumpften Markt mit Dienstleistungscharakter, Diss. Aufl., München 1989.
- MEISSNER, K.: Leistungsumfang und Gewährleistungspflicht des Auftragnehmers beim Pauschalvertrag, in: Meissner, K. et al. (Hrsg.), Seminar Pauschalvertrag und schlüsselfertiges Bauen: Rechtliche Probleme in Einzelbeiträgen, S. 9-15, Wiesbaden u.a. 1991.
- MITTAG, M.: Aktuelle Leistungsbeschreibungen und Baupreise: Langfassungen praxisbewährter und rechtssicherer Ausschreibungspositionen mit Einheitspreisen, Lohnanteilen und Kostenstellenzuordnung nach DIN 276; aktuelles Nachschlagewerk, Kissing o.J.
- MITTAG, M.: Arbeits- und Kontrollhandbuch zur Bauplanung und Bauausführung nach §15 HOAI; aktuelles Nachschlagewerk, Kissing u.a. o.J.
- NARDO, G. DE: Erfahrungen mit der Elementmethode aus der Sicht einer Generalunternehmung, Schweizer Ingenieur und Architekt, Jg. 110, Nr. 47, 1992, S. 891-893.
- OESTERLE, E.: Wirtschaftlichkeit bautechnischer Energiesysteme von Büro- und Verwaltungsbauten: wärmeschutztechnische Baukonstruktion; Anlagen zur Raumkonditionierung; Beleuchtungsanlagen, Wiesbaden und Berlin 1985.
- PLATZ, H.: Ablauf und Aufwand der Technikmontagen im Hochbau, in: Schub, A. und Meyran, G. (Hrsg.), Praxis-Kompandium Baubetrieb: Leitfaden, Arbeitsunterlagen und Nachschlagewerk für Praktiker und Studenten, Bd. 2, S. 80-130, Wiesbaden und Berlin 1984.
- PLATZ, H.: Aufwandswerte und Aufwandsfunktionen für Rohbauarbeiten im Hochbau, in: Schub, A. und Meyran, G. (Hrsg.), Praxis-Kompandium Baubetrieb: Leitfaden, Arbeitsunterlagen und Nachschlagewerk für Praktiker und Studenten, Bd. 1, S. 62-102, Wiesbaden und Berlin 1984.
- PLÜMECKE, K.: Preisermittlung für Bauarbeiten, 23 Aufl., Köln 1992.

- RECKNAGEL, H., SPRENGER, E. und HÖNMANN, W.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, München und Wien 1990.
- ROSE, M.: Gebäudesystemleittechnik in Wohn- und Zweckbau mit dem EIB, Heidelberg 1993.
- SCHLITT, M. R.: Herkunft und Anfänge, in: Harden, H. und Kahlen, H. (Hrsg.), Planen, Bauen, Nutzen und Instandhalten von Bauten, S. 13-15, Stuttgart, Berlin 1993.
- SCHOENENBERGER, H.: Einführung der Elementmethode, Schweizer Ingenieur und Architekt, Jg. 110, Nr. 45, 1992, S. 845-849.
- SEELING, R.: Unternehmensplanung im Baubetrieb, Stuttgart 1995.
- SOMMER, H.: Überwachung von Baukosten: Entwicklung von Systemen mittels EDV auf der Grundlage von StLB-Gebäudeelementen, Wiesbaden u.a. 1983.
- SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau: Eine praxisnahe Einführung in die Grundlagen, Berlin u.a. 1994.
- THODE, R.: Änderungen beim Pauschalvertrag und ihre Auswirkungen auf den Pauschalpreis - Probleme in der gerichtlichen Praxis, in: Meissner, K. et al. (Hrsg.), Seminar Pauschalvertrag und schlüsselfertiges Bauen: Rechtliche Probleme in Einzelbeiträgen, S. 33-50, Wiesbaden u.a. 1991.
- THOMA, W.: Erfahrungen mit der Anwendung der Elementmethode, Schweizer Ingenieur und Architekt, Jg. 110, Nr. 44, 1992, S. 831 - 834.
- TREFZER, F.: Praktische Erfahrung mit der Kostenplanung, Schweizer Ingenieur und Architekt, Jg. 110, Nr. 41, 1992, S. 762.
- TROMMER, W. und HAMPE, E.-A.: Blitzschutzanlagen: planen, bauen, prüfen, Köln 1994.
- VOELCKNER, TH.: Baupreise: aktuelle Einheitspreise und IV-Langtexte für den Neubau, München u.a. 1992.
- VOLGER, K. und LAASCH, E.: Haustechnik - Grundlagen, Planung, Ausführung, Stuttgart 1989.
- WALDNER, P.: Grundlagen der elektrotechnischen und elektronischen Gebäudeausrüstung, Düsseldorf 1991.

WELLPOTT, E.: Technischer Ausbau von Gebäuden, 6 Aufl., Stuttgart u.a. 1994.

WIRTH, V. und MÖNCH, D.: Baustellen-Controlling: EDV-gestützte Planung, Kontrolle und Informationsversorgung von Baustellen unter Berücksichtigung des Unternehmens-Controlling, Ehningen bei Böblingen 1989.