

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUARY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,

date

.....

(signature)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich während meines Studiums und der Masterarbeit unterstützt haben.

Von universitärer Seite bedanke ich mich bei Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler für die ausgezeichnete Betreuung und bei Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberfellner für seine wertvollen Beiträge.

Danken möchte ich auch meiner Familie und meinen Freunden, die mir immer zur Seite standen. Mein besonderer Dank gebührt dabei meinen Eltern, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch in jeder Hinsicht unterstützten.

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

Diese Masterarbeit befasst sich mit der Anwendung der Methodik des Systems Engineering (SE) auf die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten. Es soll dabei gezeigt werden, wie durch systemisches Denken und systematisches Vorgehen die in der Regel knappen Ressourcen für Arbeitsvorbereitung (Zeit und Personal) effizient genutzt werden können.

Zu Beginn werden wichtige Begriffsdefinitionen zum Thema sowie systemtheoretische Grundlagen angeführt. Danach folgt je ein Kapitel zu den Grundzügen des Systems Engineering bzw. der Arbeitsvorbereitung. Hierbei werden die Entstehung und Entwicklung, Anwendungsgebiete, Charakteristika sowie das Konzept des Systems Engineering bzw. Aufgaben, Ziele und Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung behandelt.

Auf Basis dieser Grundlagen wird die Methodik des Systems Engineering am Beispiel des Musiktheaters Linz für die Arbeitsvorbereitung der Rohbauarbeiten – mit Fokus auf die Stahlbetonarbeiten – auf Seiten des Auftragnehmers angewendet. Hierbei wird nach einem eigens entwickelten Phasenmodell vorgegangen, welches vom Einlangen der Ausschreibungsunterlagen beim Auftragnehmer bis hin zu dessen Schlussarbeiten reicht. Dabei wird in den Projektphasen „Ausschreibungsanalyse“, „Angebotsbearbeitung“ und „Arbeitsvorbereitung“ jeweils der SE-Problemlösungszyklus herangezogen und im Sinne der SE-Prinzipien „Vom Groben zum Detail“ sowie der Variantenbildung werden Lösungen gestaltet.

Abschließend werden der Nutzen der Methodik des Systems Engineering und Erkenntnisse aus der Beschäftigung mit dem Thema dargelegt.

Abstract

This master thesis deals with the method of Systems Engineering (SE) in production scheduling of building projects. It shows how system thinking and systematic approach can help to use the scarce resources (time and staff) for production scheduling more efficiently.

The first chapters include main definitions and system basics followed by some fundamentals of the Systems Engineering method (development, fields of application, characteristics and concept) and production scheduling (tasks, aims and activities).

The main chapter presents the opera house of Linz as an example of using the Systems Engineering method in production scheduling for structural works, focusing on reinforced concrete works. The procedure follows a phase-model, which starts with the bid invitation and ends with the final works of the project. In three project phases, the SE-process of solving problems is used. Furthermore, the principle 'From general to specific' and the principle to create variants are used to find solutions.

The final chapter provides a summary of the benefits of the Systems Engineering method and the authors' conclusions.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Definitionen	3
2.1.1	Projekt	3
2.1.2	Bauprojekt	4
2.1.3	Projektmanagement	4
2.1.4	System	5
2.1.5	Komplexität	5
2.1.6	Arbeitsvorbereitung	6
2.2	Systemtheoretische Grundlagen	7
2.2.1	Systemtheorie und Systemwissenschaft	7
2.2.2	Beschreibung von Systemen	10
2.2.3	Vernetztes Denken	20
2.2.4	Baukybernetik	28
3	Systems Engineering	32
3.1	Entstehung und Entwicklung	32
3.2	SE-Anwendungsgebiete	34
3.3	Charakteristika	35
3.3.1	Problem als Ausgangspunkt	35
3.3.2	Systems Engineering als methodische Komponente bei der Problemlösung	36
3.3.3	Komponenten des Systems Engineering	36
3.3.4	Voraussetzungen für die Anwendung des Systems Engineering	37
3.3.5	Abgrenzung des Systems Engineering gegenüber anderen Problemlösungsmethodiken	38
3.4	SE-Konzept	39
3.4.1	SE-Philosophie	39
3.4.2	Problemlösungsprozess	52
3.4.3	Techniken und Hilfsmittel	54
4	Arbeitsvorbereitung	60
4.1	Aufgaben und Ziele	60
4.2	Tätigkeiten	62
4.2.1	Verfahrensvergleich	64
4.2.2	Bauablaufplanung	70
4.2.3	Baulegistik	79
4.2.4	Baustelleneinrichtungsplanung	82
4.2.5	Kalkulation	86
4.2.6	Soll-Ist-Vergleich	89
5	SE-Anwendungsbeispiel: Musiktheater Linz	92
5.1	Vorbemerkungen	92
5.1.1	Gewählte Aufgabenstellung	92
5.1.2	Verschiedene Betrachtungsweisen beim System Bauprojekt	93
5.1.3	Vorgehensweise – Gewähltes Phasenmodell	103
5.2	Anwendung des Systems Engineering im Zuge der Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz mit Fokus auf die Stahlbetonarbeiten	107
5.2.1	Ausgangssituation	107

5.2.2	Ausschreibungsanalyse (Vorstudie)	110
5.2.3	Angebotsbearbeitung (Hauptstudie)	117
5.2.4	Arbeitsvorbereitung (Detailstudien).....	132
5.2.5	Bauausführung (Systembau)	151
5.2.6	Schlussbemerkungen/Resümee	153
6	Nutzen der Methodik des Systems Engineering	155
7	Zusammenfassung	156
8	Literaturverzeichnis	158
8.1	Bücher.....	158
8.2	Fachbeiträge	160
8.3	Diplom- bzw. Masterarbeiten	160
8.4	Dissertationen	161
8.5	Normen	161
8.6	Internet.....	161
8.7	Skripten	162
8.8	Interviews bzw. Gespräche	162
9	Anhang	163
9.1	Projektdatenblatt Musiktheater Linz.....	163
9.2	Prioritätenmatrix für die Stahlbetonarbeiten	166

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1	Grundbegriffe des Systemdenkens	10
Abbildung 2.2	System und Untersystem	12
Abbildung 2.3	Schichtdarstellung von Übersystemen	12
Abbildung 2.4	Systemhierarchie	13
Abbildung 2.5	Systemaspekte	14
Abbildung 2.6	Umfeldorientierte Betrachtung	15
Abbildung 2.7	Input-Output-Betrachtung	15
Abbildung 2.8	Stufenweise Auflösung/Detaillierung eines Systems	16
Abbildung 2.9	Bubble-Charting zur Darstellung der Systemzusammenhänge.....	18
Abbildung 2.10	Matrixdarstellung.....	19
Abbildung 2.11	Objektstrukturplan.....	19
Abbildung 2.12	Wirkungsnetz – Beispiel „Buchhandel“	21
Abbildung 2.13	Beispiel für Mustererkennung – Computerbild Abraham Lincoln...24	
Abbildung 2.14	Zerissenes Netz	26
Abbildung 2.15	Neue/Notwendige systemische Sichtweise.....	27
Abbildung 2.16	Vernetztes System Bauwesen	28
Abbildung 2.17	Regelkreis mit den gängigen kybernetischen Bezeichnungen	30
Abbildung 3.1	Problem als Differenz zwischen IST und der Vorstellung vom SOLL.....	35
Abbildung 3.2	Systems Engineering als methodische Komponente bei der Problemlösung.....	36
Abbildung 3.3	SE-Konzept mit seinen Komponenten.....	39
Abbildung 3.4	Zusammenhang zwischen Problemfeldsystem und Lösung	40
Abbildung 3.5	Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komponenten des SE-Vorgehensmodells (tendenzielle Zuordnung)	41
Abbildung 3.6	Einengen des Betrachtungsfeldes.....	42
Abbildung 3.7	Stufenweise Variantenbildung und Ausscheidung, verbunden mit dem Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“	43
Abbildung 3.8	Phasenkonzept – modifizierte Grundversion	44
Abbildung 3.9	Problemlösungszyklus – Grundmodell	46
Abbildung 3.10	Vorgehensschema für Situationsanalysen.....	48
Abbildung 3.11	Vorgehensschema Synthese-Analyse.....	50
Abbildung 3.12	Techniken und Methoden – Übersicht.....	55
Abbildung 4.1	Die Rolle der Arbeitsvorbereitung im Rahmen eines Projektes.....	62
Abbildung 4.2	Grafische Darstellung des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen zwei Verfahren.....	65
Abbildung 4.3	Vorgangsschema für den differenzierten Verfahrensvergleich nach Hofstadler – Bsp. Auswahl Schalverfahren/Schalssystem	67
Abbildung 4.4	Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Verfahrens oder Systems nach Hofstadler.....	69
Abbildung 4.5	Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert)	72

Abbildung 4.6	Vielfalt der Einflüsse auf den Aufwandswert – Bsp. Schalarbeiten.....	73
Abbildung 4.7	Ablaufschema für die Grobplanung.....	75
Abbildung 4.8	Ablaufschema für die Feinplanung.....	77
Abbildung 4.9	Schematische Darstellung der Bereiche der Baulogistik	80
Abbildung 4.10	Komplexe Zusammenhänge bei der Baustelleneinrichtungsplanung	82
Abbildung 4.11	Beispiel für einen Baustelleneinrichtungsplan.....	85
Abbildung 4.12	Phasen der Kalkulation im Bauwesen	86
Abbildung 4.13	Schema der Zuschlagskalkulation.....	87
Abbildung 4.14	Vorgehensschema der Grob- und Detailkalkulation nach Hofstadler – Bsp. Stahlbetonarbeiten.....	88
Abbildung 4.15	Hauptbereiche des Soll-Ist-Vergleichs.....	90
Abbildung 5.1	Projektstrukturplan – Bsp. Hochbau (Strukturierung des Projektgegenstands als hierarchisches Ebenenkonzept)	94
Abbildung 5.2	Allgemeine Darstellung der Projektbeteiligten und deren Beziehungen.....	97
Abbildung 5.3	Allgemeine Prozessdarstellung der Projektphasen	102
Abbildung 5.4	Allgemeine Darstellung des SE-Phasenkonzepts	103
Abbildung 5.5	Phasenmodell für die Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers für das folgende Beispiel.....	104
Abbildung 5.6	Vorgehen nach dem Problemlösungszyklus.....	106
Abbildung 5.7	Blick von oben auf das Musiktheater Linz.....	108
Abbildung 5.8	Blick vom Volksgarten auf das Foyer	108
Abbildung 5.9	Schnitt durch das Gebäude	109
Abbildung 5.10	System „Einflussfaktoren auf die Entscheidungsfindung“	115
Abbildung 5.11	Luftaufnahme Baufeld Musiktheater Linz.....	118
Abbildung 5.12	System „Auftragsgegenstand“	122
Abbildung 5.13	System „Grob-Gesamtkonzept für Bauausführung“	125
Abbildung 5.14	Grob-Gesamtkonzeptvarianten nach der Lösungssuche in der Phase der Angebotsbearbeitung.....	130
Abbildung 5.15	Grob- bzw. Detailbetrachtung System „Betonbau“	133
Abbildung 5.16	Ausgangssituation vor dem Beginn der Rohbauarbeiten.....	134
Abbildung 5.17	Unterteilung eines Bauwerks in Ablaufabschnitte	137
Abbildung 5.18	Untersystem-Betrachtung Auftragsgegenstand	140
Abbildung 5.19	System „Auftragsgegenstand Stahlbetonarbeiten“	140
Abbildung 5.20	System „Detail-Gesamtkonzept für Bauausführung“	143
Abbildung 5.21	Detail-Gesamtkonzeptvarianten nach der Lösungssuche in der Phase der Arbeitsvorbereitung.....	149
Abbildung 5.22	Regelkreis – Anwendung bei Stahlbetonarbeiten.....	151
Abbildung 5.23	Luftaufnahme nach Beendigung der Rohbauarbeiten	154

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Erste allgemeine Informationen aus den Ausschreibungsunterlagen.....	107
Tabelle 2	Projektdaten.....	110
Tabelle 3	Bauwerksdaten	111
Tabelle 4	Ausschreibungsbestimmungen	112
Tabelle 5	Vertragsbestimmungen.....	113
Tabelle 6	Auftragssituation.....	114
Tabelle 7	Auftragsbedingungen.....	119
Tabelle 8	Zielkatalog für Teilkonzepte des Grob-Gesamtkonzepts.....	123
Tabelle 9	Möglichkeiten Grob-Verfahrenskonzept.....	126
Tabelle 10	Möglichkeiten Grob-Bauablaufkonzept	127
Tabelle 11	Möglichkeiten Grob-Baulogistikkonzept.....	128
Tabelle 12	Möglichkeiten Grob-Baustelleneinrichtungskonzept	129
Tabelle 13	Nutzwertanalyse Grob-Gesamtkonzeptvarianten	130
Tabelle 14	Auftragsbedingungen Stahlbetonarbeiten.....	135
Tabelle 15	Mengenübersicht Stahlbetonarbeiten	138
Tabelle 16	Prioritätenmatrix für die Stahlbetonarbeiten	139
Tabelle 17	Zielkatalog für Teilkonzepte des Detail-Gesamtkonzepts	141
Tabelle 18	Möglichkeiten Detail-Verfahrenskonzept.....	144
Tabelle 19	Möglichkeiten Detail-Bauablaufkonzept	145
Tabelle 20	Möglichkeiten Detail-Baulogistikkonzept.....	146
Tabelle 21	Möglichkeiten Detail-Baustelleneinrichtungskonzept	147
Tabelle 22	Möglichkeiten Konzept für Soll-Ist-Vergleiche.....	148
Tabelle 23	Nutzwertanalyse Detail-Gesamtkonzeptvarianten	149

Abkürzungsverzeichnis

ABGB	Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch
AG	Auftraggeber
AK	Anzahl an Arbeitskräften
AN	Auftragnehmer
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
AV	Arbeitsvorbereitung
AW	Aufwandswert
AZ	Arbeitszeit
BRI	Bruttorauminhalt
D	absoluter Unterschied (Differenz)
D _B	bezogener Unterschied (Differenz bezogen)
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
F _n	fixe Kosten
h	Zeitstunden
HO-A	Honorarordnung Architektur
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HO-PS	Honorarordnung für Projektsteuerung
K _n	Kostengröße
L	Leistung
LV	Leistungsverzeichnis
M	Mussziel
MEH	Mengeneinheit
ÖBA	Örtliche Bauaufsicht
ÖBV	Österreichischer Betonverein (später umbenannt in ÖVBB)
ÖVBB	Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik
S	Sollziel
SE	Systems Engineering
Std	Lohnstunden
V _n	variable Kosten
W	Wunschziel
x ₀	Wirtschaftlichkeitsgrenze
ZEH	Zeiteinheit

1 Einleitung

Systems Engineering (SE) ist eine Vorgehensmethodik, welche für die Lösung komplexer Probleme herangezogen werden kann. Die SE-Philosophie basiert dabei auf dem Systemdenken und einem Vorgehensmodell, das aus vier modular kombinierbaren Grundbausteinen besteht: *Vom Groben zum Detail*, *Prinzip der Variantenbildung*, *Phasengliederung* und *Problemlösungszyklus*. Systems Engineering bedient sich dabei Techniken der Systemgestaltung und des Projektmanagements, welche im Sinne eines Werkzeugkastens je nach Situation angewendet werden können. Das Vorgehen nach der SE-Methodik zeichnet sich durch seine systematische, flexible und transparente Vorgehensweise aus.

Die Methodik des Systems Engineering wurde ursprünglich in den USA entwickelt und verbreitete sich in weiterer Folge über den gesamten Globus. Dabei sind verschiedene „Versionen“ des Systems Engineering entstanden, wobei ein zentrales Konzept am Betriebswissenschaftlichen Institut (BWI) der ETH Zürich entwickelt wurde. Diese Form des Systems Engineering nach BWI – welche in dieser Arbeit herangezogen wird – hat sich bei den verschiedensten Problemstellungen im Laufe seiner rund 40-jährigen Geschichte bewährt und lässt großes Potenzial in der Anwendung auf die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten vermuten.

Bauprojekte sind keine „herkömmlichen“ Projekte, sie sind vor allem durch Einmaligkeit, großen Umfang, und hohe Komplexität charakterisiert – alles Merkmale, welche für die Anwendung des Systems Engineering prädestiniert sind. Den Recherchen nach wird Systems Engineering aber im deutschsprachigen Raum nicht und nur in den USA bzw. in den Niederlanden vereinzelt im Bereich des Bauwesens eingesetzt. Um den Nutzen der Anwendung der Methodik des Systems Engineering für die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten zu veranschaulichen, wird daher in dieser Arbeit das Musiktheater Linz als Beispiel herangezogen, wobei konkret die Arbeitsvorbereitung der Rohbauarbeiten – mit Fokus auf die Stahlbetonarbeiten – auf Seiten des Auftragnehmers betrachtet wird.

Die Arbeitsvorbereitung hat dabei im Bauprojektmanagement die zentrale Aufgabe, möglichst gute Voraussetzungen für die Ausführung der Bauarbeiten in Form von durchdachten Planungen und Überlegungen zu schaffen. „Möglichst“ deshalb, weil in der Praxis in der Regel nur geringe Ressourcen (Zeit und Personal) für die Arbeitsvorbereitung zur Verfügung stehen. Die Arbeitsvorbereitung lässt sich in sechs Disziplinen untergliedern, welche sich jeweils gegenseitig beeinflussen und daher in Abstimmung aufeinander durchgeplant werden müssen. Diese sind das Auswählen möglichst geeigneter Bauverfahren im Zuge des *Verfahrensvergleichs*, die *Bauablaufplanung*, das Planen der *Baulogistik* und die damit verbundene

Baustelleneinrichtungsplanung sowie das Überführen dieser Erkenntnisse in eine *Kalkulation* und das Vorbereiten und Durchführen des *Soll-Ist-Vergleich* zur Überwachung und Steuerung des Baufortschrittes in der Bauausführung. Es erweist sich in der Praxis dabei immer wieder: Die Qualität der Arbeitsvorbereitung hat entscheidenden Einfluss auf den Erfolg eines Bauprojektes.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für die nachfolgenden Kapitel dieser Arbeit angeführt. Dazu werden die Definitionen der wichtigsten Begriffe sowie in weiterer Folge systemtheoretische Grundlagen dargelegt.

2.1 Definitionen

Die nachfolgenden Definitionen wurden aus einschlägiger Fachliteratur zusammengetragen und sollen der Klärung der wichtigsten Begriffe dienen, die in dieser Arbeit verwendet werden.

2.1.1 Projekt

Nach der DIN 69901-5 „Projektwirtschaft – Projektmanagement – Begriffe“ versteht man unter einem Projekt ein¹

„... Vorhaben, das im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist

Beispiel:

- *Zielvorgabe*
- *zeitliche, finanzielle, personelle oder andere Begrenzungen*
- *projektspezifische Organisation“*

Nach Lechner haben Projekte dabei folgende Merkmale:²

- *„Definition des Inhaltes, der Dauer, der Beteiligten,*
- *Einmaligkeit im Gegensatz zu eventuell laufenden Routinegeschäften,*
- *Dauer, ggf. in Phasen, jedenfalls begrenzt durch Zielvorgabe,*
- *Komplexität, einfache Probleme brauchen kein Projektmanagement.*
- *Umfang, idR. Einbeziehung verschiedener Fachbereiche interdisziplinäre Bewältigung der Zielvorgaben,*
- *Risiko, Projekte, vor allem Bauprojekte, werden idR. in mehreren Phasen, Durchgängen (zunehmender Genauigkeit, Bearbeitungstiefe, Vorentwurf, Entwurf) erarbeitet, sodass abgesicherte Prognosen zu Art, Tiefe, Umfang der Zielerreichung nicht möglich sind. Die Nichtbeschreibbarkeit der Planleistung ist ein gutes Indiz dafür.“*

¹ ÖNORM DIN 69901-5 „Projektwirtschaft – Projektmanagement – Begriffe“, S.11

² LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement – Teil 1 - Grundlagen BauProjektManagement, S.9

2.1.2 Bauprojekt

Bei Bauprojekten handelt es sich – wie eingangs schon erwähnt – nicht um normal-typische Projekte, da sie eine Reihe von Besonderheiten aufweisen.

„Ein Bauprojekt ist eine zeitliche und leistungsmäßig abgegrenzte Aufgabe zur Planung, Projektierung und nutzungsbereiten Erstellung oder Veränderung einer Bauanlage unter den besonderen Bedingungen des Bauwesens:

- *Einzelfertigung*
- *ortsgebunden*
- *große, langlebige Ergebnisse*
- *Auftragsproduktion“³*

Nach Lechner lassen sich Bauprojekte des Weiteren folgendermaßen charakterisieren:⁴

„Bauprojekte sind meist komplizierte bzw. komplexe Systeme.

[...]

Bei aller Größe, Komplexität, Dauer sind diese Projekte (Anm.: Lechner bezieht sich auf Projektarten der PMA-Welt, welche nicht Bauprojekte sind) meist deutlich weniger groß, weniger komplex und kürzer als große / mittlere Bauprojekte. Vor allem sind bei den PMA-Projekten idR. nur wenige Firmen zu befassen, während große Bauprojekte oft einige hundert Unternehmen, einige tausend Mitarbeiter koordinieren und die Anordnungsbeziehungen nicht auf Hierarchien, sondern auf Verträge beruhen.“

2.1.3 Projektmanagement

Die DIN 69901-5 „Projektwirtschaft – Projektmanagement – Begriffe“ definiert das Projektmanagement als die⁵

„... Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Initiierung, Definition, Planung, Steuerung und den Abschluss von Projekten“

Das Ziel des Projektmanagements ist dabei die⁶

„... sinnvolle Bearbeitung einer gestellten Aufgabe, die finanziell gewichtig ist, unter zeitlichem Druck steht, die Zusammenarbeit von Mitarbeitern verschiedener Bereiche bedingt und einen gewissen Komplexitätsgrad aufweist.“

³ AHRENS, H.-J.; BASTIAN, C.; MUCHOWSKI, L.: Handbuch Projektsteuerung – Baumanagement, S.33

⁴ LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement – Teil 1 - Grundlagen BauProjektManagement, S.9ff.

⁵ ÖNORM DIN 69901-5 „Projektwirtschaft – Projektmanagement – Begriffe“, S.14

⁶ OBERNDORFER, W. J.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, S.194f.

2.1.4 System

In der Literatur findet man viele Definitionen, die sich leicht unterscheiden, bei denen je nach Fachrichtung unterschiedliche Begriffe verwendet werden, welche aber trotzdem eine gemeinsame Kernaussage verbindet, die Patzak ⁷ wie folgt zusammenfassend definiert:

„Ein System besteht aus einer Menge von Elementen, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Relationen miteinander verknüpft sind.“

Lechner konkretisiert in seiner Definition den Systembegriff weiter:⁸

„Ein System ist

- eine organisiert angeordnete Menge,*
- und nicht die Summe seiner Teile.*

Ein System ist

- eine gegenüber der Umwelt abgegrenzte Ganzheit,*
- bestehend aus einzelnen Elementen,*
- zwischen denen festgelegte Beziehungen bestehen*
- und die bestimmte Funktionen erfüllen.“*

2.1.5 Komplexität

Die Methodik des Systems Engineering wird gerade dann eingesetzt, wenn es sich bei der Ausgangssituation um eine komplexe Problemstellung handelt. Ulrich definiert dabei den Begriff Komplexität folgendermaßen:⁹

„Der Begriff Komplexität soll als Maß für die Möglichkeit der geistigen Erfassung bzw. praktischen Beherrschung eines Systems genommen werden. Er beruht damit auf dem „Reichtum der Beziehungen zwischen den Elementen und seiner Umwelt und äußert sich bei dynamischen Systemen in einer sehr hohen Anzahl möglicher Zustände, die das System annehmen kann“.“

⁷ PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme, S.19

⁸ LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement – Teil 1 - Grundlagen BauProjektManagement, S.8

⁹ HABERFELLNER, H.: Die Unternehmung als dynamisches System, S.21

Lechner grenzt in diesem Zusammenhang einfache, komplizierte bzw. komplexe Systeme wie folgt voneinander ab:¹⁰

„einfache Systeme

- *wenig Einflussgrößen*
- *geringe Vernetzung*
- *geringe Dynamik*

komplizierte Systeme

- *viele verschiedene Einflussgrößen*
- *relativ starke Vernetzung*
- *geringe Dynamik*

komplexe Systeme

- *viele verschiedene Einflussgrößen*
- *sehr starke Vernetzung*
- *dynamische Wechselwirkungen“*

2.1.6 Arbeitsvorbereitung

Oberndorfer und Jodl definieren die Arbeitsvorbereitung als die¹¹

„... Planung der Bauausführung im engeren Sinn mit dem Ziel eines geordneten und flüssigen Ablaufes der Baustelle unter Berücksichtigung der technisch-wirtschaftlich optimalen Lösung.“

Die „klassische“ Phase der Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers beginnt dabei mit dem Zuschlag und endet mit Baubeginn. Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung finden allerdings in mehreren Phasen des Bauprojektes (in früheren Phasen, aber auch noch in der Bauausführung) und nicht nur auf Seiten des Auftragnehmers, sondern auch auf jener des Auftraggebers statt. In Kapitel 4 wird hierzu noch näher auf die Aufgaben, Ziele und Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung eingegangen.

Es wird dabei von Experten immer wieder betont, wie wichtig die Arbeitsvorbereitung für den Projekterfolg ist.

¹⁰ LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement – Teil 1 - Grundlagen BauProjektManagement, S.8

¹¹ OBERNDORFER, W. J.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, S.22f.

2.2 Systemtheoretische Grundlagen

Die Grundgedanken der SE-Methodik basieren auf dem Systemansatz, welcher auf der Darstellung von Sachverhalten als Systeme beruht. In diesem Kapitel werden hierzu systemtheoretische Grundlagen behandelt, wobei zu Beginn ein Einblick in die Systemwissenschaft und die sich darin entwickelte Systemtheorie gegeben wird. Außerdem werden mehrere Aspekte zur Beschreibung von Systemen aufgezeigt und abschließend noch Grundzüge der Ansätze des Vernetzten Denkens sowie der Baukybernetik erläutert, welche im Zusammenhang mit dem Systemdenken zur Lösung komplexer Probleme wichtig sind.

2.2.1 Systemtheorie und Systemwissenschaft

Die steigende Komplexität der Problemstellungen, aufgrund der stetig wachsenden Zahl und Interdependenzen der Einflussgrößen in allen Fachgebieten, führte zu immer weiteren methodologischen Entwicklungen, zu denen auch der auf dem Systemdenken basierende Systemansatz zählt. Dabei lassen sich zwar verschiedene Ausprägungen feststellen, welche aber alle in ihrer Kernaussage einheitlich auf der sich stark entwickelnden Systemtheorie aufbauen. Die Hauptthese bildet dabei die Modellvorstellung, dass Probleme als Systeme, bestehend aus Elementen und Beziehungen, interpretiert werden können. Das Systemmodell spiegelt dabei das Zusammenwirken dieser Elemente als Gesamtheit wieder und bietet dadurch die Möglichkeit, einfache Abbilder der komplexen Realität darzustellen. Es wird somit die Verständlichkeit und Transparenz von komplexen Problemen gefördert. Um dies zu erreichen, bedarf es allerdings der sachgerechten und problemadäquaten Anwendung der Systemtheorie bei der Modellierung von Systemen. Der Erfolg hängt also ganz von der methodischen und fachbezogenen Kompetenz des Anwenders ab.¹²

Die Ursprünge des Systemdenkens gehen bis in das Altertum zurück und wurden von dem Satz: „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ des griechischen Philosophen Aristoteles geprägt. So bekam dieses Zitat mit Beginn des 20. Jahrhunderts – unter anderem in der Ganzheitstheorie von Spann – eine neue Bedeutung. Die ganzheitliche Betrachtungsweise wurde zu dieser Zeit in nahezu allen Wissenschaftsgebieten aufgegriffen.¹³

¹² Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.IX

¹³ Vgl. PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme, S.10

Folgende Beiträge hatten maßgeblichen Einfluss auf die weitere Entwicklung der Systemtheorie in der Systemwissenschaft:^{14 15}

- Die **Allgemeine Systemtheorie** von Bertalanffy wurde erstmals 1949 publiziert, wobei der Systembegriff weitgehend definiert wurde. Er erkannte in seinem Ansatz Möglichkeiten für das Zusammenwirken der Wissenschaften.
- Die **Kybernetik** wurde 1948 von Wiener begründet, unter der er selbst „das gesamte Gebiet der Steuerungs-, Regelungs- und Nachrichtentheorie sowohl bei Maschinen als auch bei Lebewesen“ versteht. Er setzte dabei in seiner Control Theory die Kommunikation in den größeren Zusammenhang der Regelung. In diesem Zusammenhang ist auch Ashby zu erwähnen, welcher Aspekte der Kybernetik und der Systemtheorie zu einem umfassenden systemtheoretischen Wissenskomplex zusammenfasste.
- Des Weiteren gab es verschiedene Bestrebungen, welche praktische Problemlösungen mit wissenschaftlichen Methoden zum Ziel hatten. Vorreiter dieser Bemühungen ist dabei das sogenannte **Operations Research**, welches ursprünglich im Zweiten Weltkrieg zur Lösung militärischer Probleme entwickelt wurde, in seiner späteren kommerziellen Nutzung aber eine Form der mathematischen Modellanalyse zur Optimierung praktischer Lösungen darstellt. In weiterer Folge entstand in amerikanischen Großforschungsinstituten mit dem Drang, neben quantitativen Verfahren auch qualitative Aspekte – vor allem eben auch den Systemaspekt – zu berücksichtigen, die **Systemanalyse** im engeren Sinn, die zur Lösung zunächst strategischer, später auch politisch-gesellschaftlicher Probleme eingesetzt wurde. Anfang der fünfziger Jahre bildeten sich dann erste Konturen des **Systems Engineering** bei Bell Telephone Laboratories in den USA. Man versteht weiter unter **Systemtechnik** allgemein jede Art der praktischen Anwendung der Systemtheorie, mit der eine ganzheitliche Problemlösung durch Vereinigung verschiedenster Disziplinen angestrebt wird.
- Aber auch das strukturelle Denken der **modernen Mathematik**, welche sich als „die Strukturwissenschaft“ geradezu als Werkzeug der Systemtheorie anbietet, lieferte einen entscheidenden Beitrag. Vom Mathematiker Kleene stammt eine erste wesentliche formale Präzisierung des Systembegriffs, in dem ein System als eine Menge von Objekten, zwischen denen

¹⁴ Vgl. ROPOHL, G.: Eine Systemtheorie der Technik, S.50ff.

¹⁵ Vgl. PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme, S.10f.

gewisse Relationen bestehen, definiert wird. Als weiterer wichtiger Meilenstein ist die Entwicklung einer mathematischen Theorie für das umfassende Phänomen „Kommunikation“ von Shannon zu verstehen.

Der Begriff der *Systemtheorie* wird in der Literatur nicht einheitlich definiert, Patzak führt aber mehrere Beschreibungen an – welche sich in ihrer Grundaussage allerdings kaum unterscheiden – und fasst diese folgendermaßen zusammen:¹⁶

„Die allgemeine Systemtheorie befasst sich mit den allgemeinen Eigenschaften von beliebigen Systemen. Sie stellt für die Entwicklung neuer systemorientierter Konzepte eine wichtige Grundlage dar, und liefert eine präzise Sprechweise für das Arbeiten mit Systemen.“

Die Systemtheorie ist dabei Teil der *Systemwissenschaft*, welche als ein übergeordnetes, alle Realwissenschaften betreffendes, allgemeines Wissensgebäude verstanden werden kann und von Patzak als „interdisziplinäre Wissenschaft vom zweckrationalen Handeln“ definiert wird. Ihr Ziel besteht darin, Erkenntnisse und Methoden zu entwickeln, welche für die Anwendung bei konkreten Problemstellungen empfohlen werden können. An dieser Stelle soll angemerkt sein, dass die Frage, ob die Systemwissenschaft eine eigene Wissenschaft oder eher eine Interdisziplin ist, von verschiedenen Seiten unterschiedlich gesehen wird.¹⁷

Das Hauptanliegen der Entwicklungen von Systemwissenschaftlern war dabei stets die „Einheit der Wissenschaft“, wobei durch interdisziplinäre Ansätze die „zersplitterten“ Wissenschaftsdisziplinen zusammengeführt werden sollten. Dabei lassen sich mehrere Strömungen im Laufe der Entwicklung erkennen, welche folgende Hauptrichtungen hatten:¹⁸

- 1) Suche nach Ähnlichkeiten in den Objekten, Konzepten, Hypothesen und Theorien der verschiedenen empirischen Disziplinen und Entwicklung einer allgemeinen Wissenschaftssprache auf der Grundlage des logisch-mathematischen Begriffsapparats zur Verbesserung der interdisziplinären Kommunikation
- 2) Entwicklung eines ganzheitlich-multidisziplinären Ansatzes zur Erforschung der Phänomene unserer Welt
- 3) Entwicklung neuer wissenschaftlicher Methoden
- 4) Anspruch auf Lösung besonders schwieriger („böartiger“) Probleme, die von der traditionellen Wissenschaft bisher gemieden bzw. vergeblich bearbeitet wurden

¹⁶ PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme, S.12

¹⁷ Vgl. PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme, S.8f.

¹⁸ Vgl. CZAYKA, L.: Systemwissenschaft, S.62ff.

2.2.2 Beschreibung von Systemen

Es gibt mehrere Möglichkeiten, um Systeme in ihrer Art und Weise zu beschreiben. So können System aus verschiedenen Perspektiven betrachtet, aber auch in unterschiedlichen Formen dargestellt werden. Systeme weisen außerdem bestimmte Merkmale auf, welche zur Charakterisierung herangezogen werden können. Bevor die Beschreibung von Systemen behandelt wird, beschäftigt sich Kapitel 2.2.2.1 mit Grundbegriffen, die in diesem Zusammenhang verwendet werden.

2.2.2.1 Grundbegriffe von Systemen

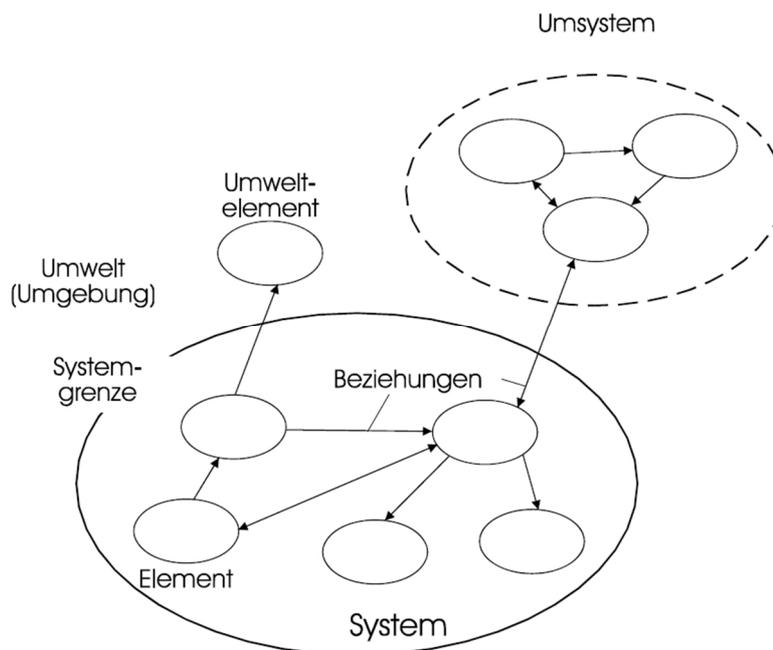


Abbildung 2.1 Grundbegriffe des Systemdenkens¹⁹

In Abbildung 2.1 sind gängige Systemgrundbegriffe angeführt, welche nachfolgend erläutert werden.

Der Begriff *System* wurde bereits in Kapitel 2.1.4 definiert. Kurz zusammengefasst versteht man darunter eine Einheit, welche aus *Elementen* zusammengesetzt ist, zwischen denen *Beziehungen* bestehen, und die gegen die *Umwelt* abgegrenzt ist.

¹⁹ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.7

Elemente wie auch *Beziehungen* können von unterschiedlicher Natur (konkret bis abstrakt, sozial bis technisch etc.) sein und dabei sehr allgemein verstanden werden. So können zum Beispiel Elemente wiederum als Systeme betrachtet werden und es kann sich bei Beziehungen auch um die verschiedensten Arten von Verbindungen handeln (Material-/Informationsfluss, Anordnungsbeziehung etc.).²⁰

Die *Systemgrenze* ist die Grenzlinie zwischen dem System und der *Umwelt*, von welcher es umgeben wird. Systeme sind in der Regel offen, was bedeutet, dass sie auch mit *Umweltelementen* bzw. *-systemen* in Beziehung stehen. Die *Umwelt (Umgebung)* eines Systems besteht wiederum aus Systemen und/oder Elementen, die auch untereinander Beziehungen aufweisen können, welche sich aber außerhalb der Systemgrenze befinden.²¹ Wo die Systemgrenze zwischen System und Umwelt gezogen wird, hängt von der jeweils zu behandelnden Problemstellung ab. Außerdem ist es zweckmäßig, nur jene Systeme bzw. Elemente der Umwelt explizit zu betrachten, welche das System beeinflussen oder selbst durch das System beeinflusst werden.²²

Das Anordnungsmuster der Elemente und ihrer Beziehungen wird als *Struktur* eines Systems bezeichnet.²³ Es lassen sich dabei hinsichtlich ihrer Aussage zwei grundsätzliche Arten von Systemstrukturen unterscheiden:²⁴

Die *Aufbaustruktur* stellt den Inhalt eines Systems in Form einer hierarchischen Gliederung dar, wobei verschiedene Gliederungsaspekte zur Darstellung der sachlichen Zusammenhänge zwischen den Systembestandteilen herangezogen werden können.

Die *Ablaufstruktur* hingegen beschreibt die Funktion eines Systems mittels der Prozessdarstellung, welche die Zielerreichung durch zeitlich-logische Verkettung der Systemelemente darstellt.

²⁰ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.5

²¹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.6

²² Vgl. BÜCHEL, A.: Systems Engineering – Eine Einführung, S.374

²³ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.6

²⁴ Vgl. KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management, S.16

Wenn ein Element eines Systems selbst wiederum als System auf einer tieferen Stufe betrachtet wird, so spricht man von einem *Untersystem* bzw. *Subsystem* (siehe Abbildung 2.2).²⁵

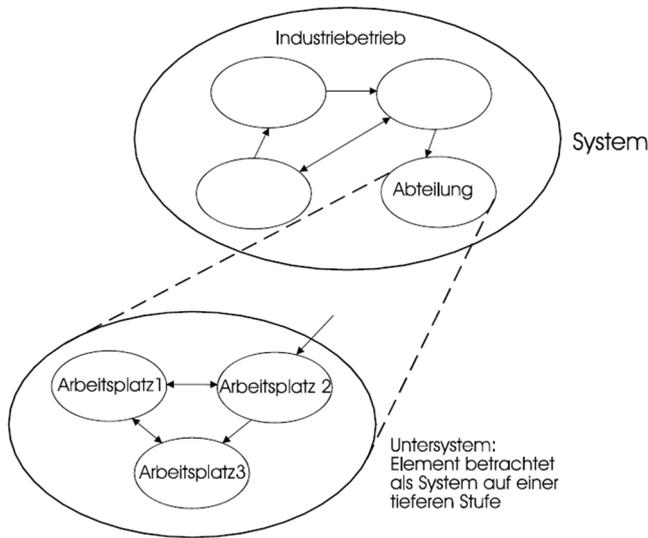


Abbildung 2.2 System und Untersystem²⁶

Umgekehrt kann ein System auch als Bestandteil eines *Übersystems* auf einer höheren Stufe betrachtet werden, wie dies in einer Schichtdarstellung in Abbildung 2.3 dargestellt wird.²⁷

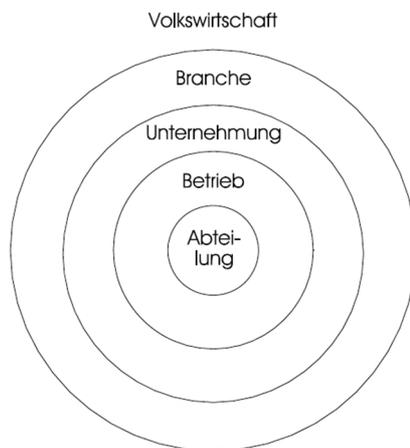


Abbildung 2.3 Schichtdarstellung von Übersystemen²⁸

²⁵ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.7

²⁶ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.8

²⁷ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.8

²⁸ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.8

Die *Systemhierarchie* zeigt die stufenweise Gliederung eines Systems in Unter- bzw. Übersysteme. Die unterste Ebene, ab jener nicht weiter untergliedert wird, ist dabei immer die Elementstufe (siehe Abbildung 2.4).²⁹

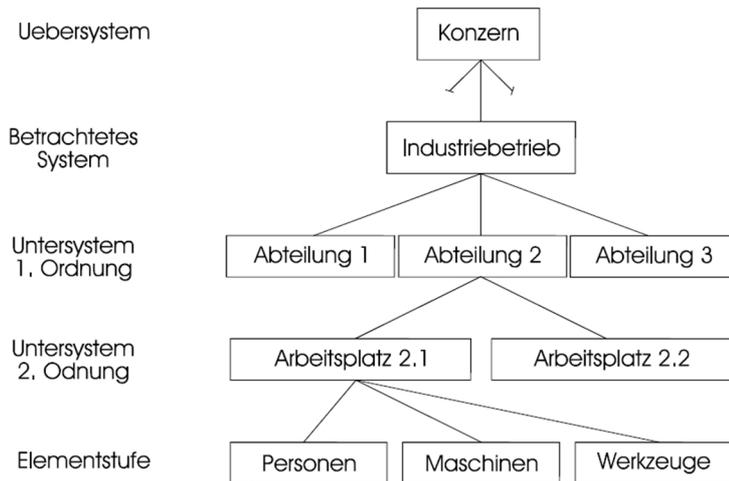


Abbildung 2.4 Systemhierarchie³⁰

Unter einer *Blackbox* versteht man eine vereinfachte Betrachtungsweise zur Reduzierung der Komplexität, bei der der innere Aufbau eines Systems oder Elements (vorläufig) außer Acht gelassen wird. Hier sind ausschließlich die Funktion bzw. die Inputs und Outputs von Interesse.³¹

Ein System kann gewissermaßen durch unterschiedliche Brillen/Filter betrachtet werden. Diese verschiedenen Betrachtungsweisen werden als *Systemaspekte* bezeichnet und ermöglichen ein Herausheben bzw. Vernachlässigen bestimmter Eigenschaften von Elementen bzw. deren Beziehungen, wie schemenhaft in Abbildung 2.5 dargestellt wird.³²

²⁹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.8

³⁰ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.9

³¹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.8f.

³² Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.9

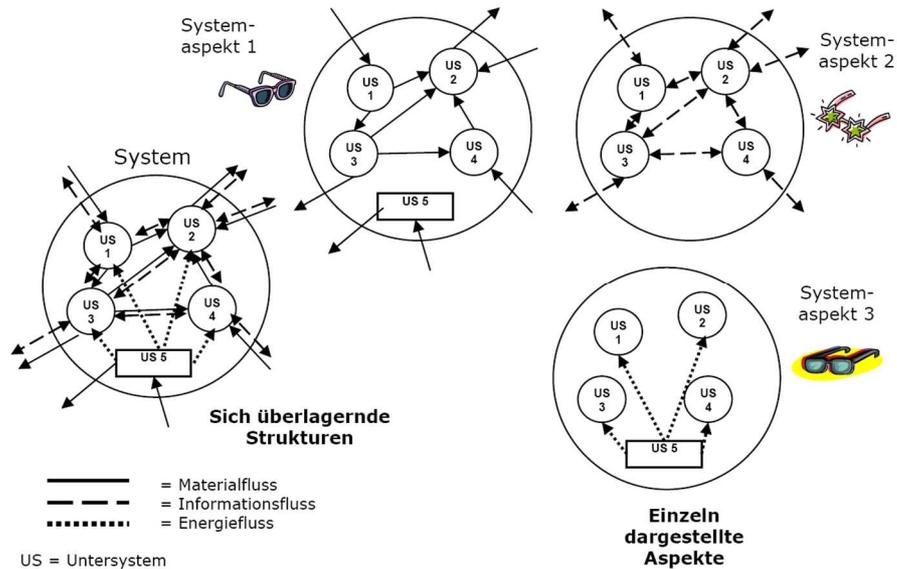


Abbildung 2.5 Systemaspekte³³

2.2.2.2 Betrachtungsweisen von Systemen

Folgende Betrachtungsweisen können bei der Analyse des Problemfeldes sowie bei der Modellierung von Lösungen angewandt werden:

Bei der umfeldorientierten Betrachtung werden die inneren Zusammenhänge des Systems zunächst – im Sinne des Blackbox-Prinzip – bewusst vernachlässigt und dabei der Fokus auf die Beziehungen zwischen dem System und seiner Umwelt gesetzt (siehe Abbildung 2.6).³⁴

³³ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.9

³⁴ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.10



Abbildung 2.6 Umfeldorientierte Betrachtung³⁵

Mit der *wirkungsorientierten Betrachtung (Input/Output-Betrachtung)* – wie in Abbildung 2.7 dargestellt – wird ebenfalls der innere Aufbau eines Systems zunächst vernachlässigt (Blackbox). Im Vordergrund stehen hier aber die Wirkungen des Systems, also die Einwirkungen oder Eingangsgrößen (Inputs) aus dem Umfeld, die Verhaltensmöglichkeiten des Systems sowie wiederum die Auswirkungen oder Ausgangsgrößen (Outputs) auf das Umfeld. Die Übergangsfunktion beschreibt dabei ggf. die (mathematische) Funktion zwischen Input und Output.³⁶

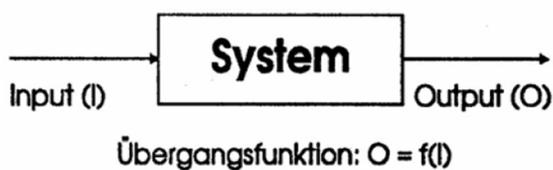


Abbildung 2.7 Input-Output-Betrachtung³⁷

Die *strukturorientierte Betrachtung* wirft einen Blick in das Innere der Blackbox und untersucht die Wirkmechanismen der Elemente eines Systems und deren Beziehungen. Dabei wird zum Beispiel gefragt, wie der Output aus dem Input entsteht.³⁸

³⁵ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.10

³⁶ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.10ff.

³⁷ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.10

³⁸ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.12

Durch Anwendung der *systemhierarchischen Betrachtung* wird ein geordneter Umgang mit Komplexität sichergestellt, wobei vor allem der Gefahr des Ausufers des Betrachtungshorizonts vorgebeugt wird. Hier wird zuerst eine Grobstrukturierung durchgeführt und in weiterer Folge dann stufenweise in tiefere Systemebenen aufgelöst (siehe Abbildung 2.8).³⁹

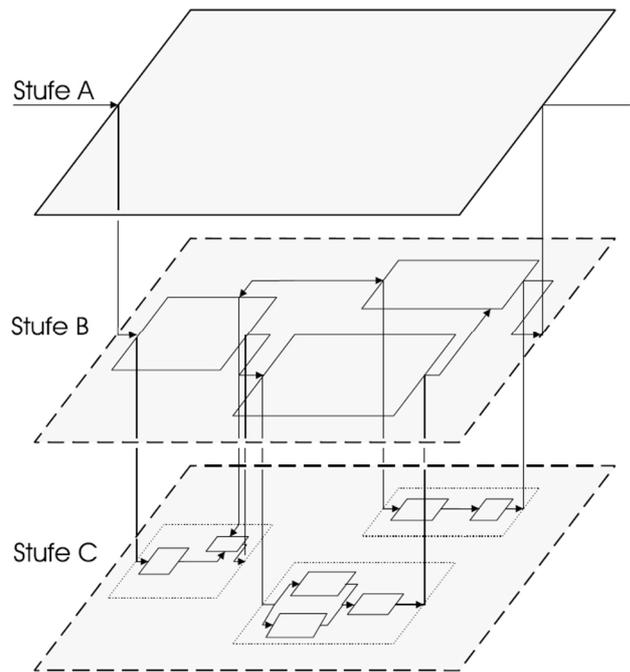


Abbildung 2.8 Stufenweise Auflösung/Detaillierung eines Systems⁴⁰

In diesem Zusammenhang werden im Sinne eines Zoom-Objektivs zwei Denkrichtungen ermöglicht: Bei der *Untersystembetrachtung* (Blick nach unten) wird der Fokus auf die Elemente eines Systems gelegt, welche wiederum als Untersysteme betrachtet werden. Im Gegensatz dazu wird bei der *Übersystembetrachtung* (Blick nach oben) die Frage gestellt, welchem Übersystem ein System angehört.⁴¹

³⁹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.17

⁴⁰ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.11

⁴¹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.17

2.2.2.3 Merkmale von Systemen

Eine Vielzahl von Eigenschaften können zur Klassifizierung bzw. zur Beschreibung von Systemen herangezogen werden. Hierzu kurz einige in der Literatur angeführte Merkmale:^{42 43 44}

- Art der Entstehung:
natürliche oder *künstliche* (vom Menschen geschaffene) Systeme
- Erscheinungsform:
konkrete (materielle) oder *abstrakte* (ideelle) Systeme
- Beziehungen zur Umwelt:
offene (mit der Umwelt in Kontakt stehende) oder *geschlossene* (abgetrennte) Systeme
- Natur der Systemelemente:
soziale (menschliche), *technische* oder *soziotechnische* Systeme (sowohl soziale, als auch technische Elemente)
- Zeitverhalten der inneren und äußeren Aktivität:
statische (passive) oder *dynamische* (aktive) Systeme
- Bestimmtheitsgrad des Verhaltens:
determinierte (in ihrer Wirkungsweise voraussagbare) oder *probabilistische* (nicht voraussagbare) Systeme

Bei manchen dieser Merkmale sind noch weitere Abstufungen möglich, außerdem ist anzumerken, dass Systeme in der Praxis meist nicht eindeutig zuordenbar sind, sondern Mischformen darstellen.

Die im Anwendungsgebiet des Systems Engineering liegenden Systeme sind in der Regel gegenüber ihrer Umwelt offen, in ihrem Verhalten dynamisch und sie bestehen meist aus einer Vielzahl von unterschiedlichen soziotechnischen Elementen, zwischen denen äußerst komplexe Beziehungen herrschen.

⁴² Vgl. KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management, S.16; Vgl. PATZAK, G.: Systemtheorie und Systemtechnik im Projektmanagement, in SCHELLE, H.; RESCHKE, H.; SCHNOPP, R.; SCHUB, A.: Projekte erfolgreich managen, Verlag TÜV-Rheinland, Kapitel 1.3.

⁴³ Vgl. HABERFELLNER, H.: Die Unternehmung als dynamisches System, S.16ff.

⁴⁴ Vgl. PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme, S.21

2.2.2.4 Darstellungsformen von Systemen

Systeme können in den verschiedensten Weisen dargestellt werden. So wurden schon in Kapitel 2.2.2.1 und Kapitel 2.2.2.2 einige Darstellungsmöglichkeiten abgebildet.

Systemdarstellungstechniken reichen dabei von der völlig abstrakten mathematischen Beschreibung eines Systems über Block- und Flussdiagramme bis hin zu gegenständlichen Darstellungen (z.B. Modelle) und können je nach Bedarf herangezogen werden.⁴⁵

Hierzu ein paar Basistechniken:⁴⁶

- **Bubble-Charting („Knödel-Ansatz“):** Die Struktur eines Systems kann mit dieser Methode relativ frei und einfach entwickelt bzw. abgebildet werden. Die Elemente des Systems werden dabei in Form von Kreisen (oder ähnlichem), die Beziehungen zwischen diesen mit Hilfe von Pfeilen dargestellt. Diese Methode wird vor allem auch beim Vernetzten Denken (siehe Kapitel 2.2.3) eingesetzt. (Bsp. siehe Abbildung 2.9)

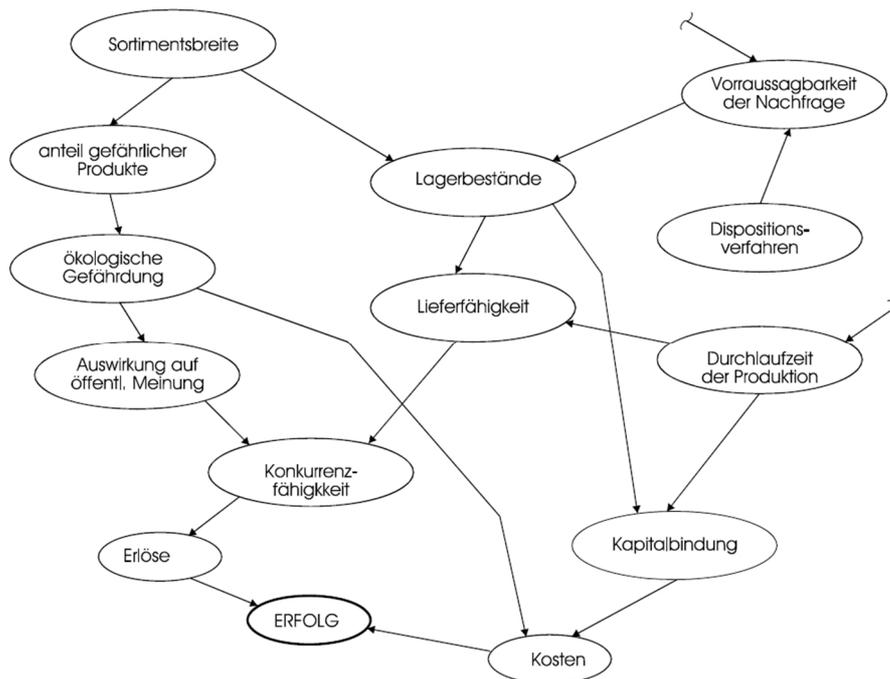


Abbildung 2.9 Bubble-Charting zur Darstellung der Systemzusammenhänge⁴⁷

⁴⁵ Vgl. BÜCHEL, A.: Systems Engineering – Eine Einführung, S.384

⁴⁶ Vgl. HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.12

⁴⁷ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 - S.27

- **Matrizen:** Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen eines Systems können aber auch in Tabellenform in der Matrixdarstellung aufgezeigt werden. (Bsp. siehe Abbildung 2.10).

Output Element □ → von	Input Element → □ nach	Lieferant	Materialeingang	Werkzeug-Magazin	Rohmaterial-Lager	Halbfabrikate-Lager	Materialabfall	Werkstatt	Qualitäts-Kontrolle	Montage-Fertigprodukte	Fertiglager	Kunde
Lieferant			100									
Materialeingang		5		10	70	20						
Werkzeug-Magazin							10	5				
Rohmaterial-Lager								70				
Halbfabrikate-Lager								100		65		10
Materialabfall												
Werkstatt				5			10		170			
Qualitäts-Kontrolle							155	5	10			
Montage-Fertigprodukte											65	
Fertiglager												65
Kunde												

Anmerkung: Die Zahlen an den Kreuzungspunkten könnten z. B. tägliche Materialbewegungen in to., Anzahl Paletten, Werteinheiten etc. sein.

Abbildung 2.10 Matrixdarstellung⁴⁸

- **Objektstrukturpläne:** Mit dieser Darstellungsform kann die hierarchische Struktur eines Systems übersichtlich abgebildet werden, wobei sie sich auf die Zugehörigkeitsbeziehungen der Elemente untereinander beschränkt. Der Objektstrukturplan entspricht einem objektorientierten Projektstrukturplan.⁴⁹ (Bsp. siehe Abbildung 2.11)

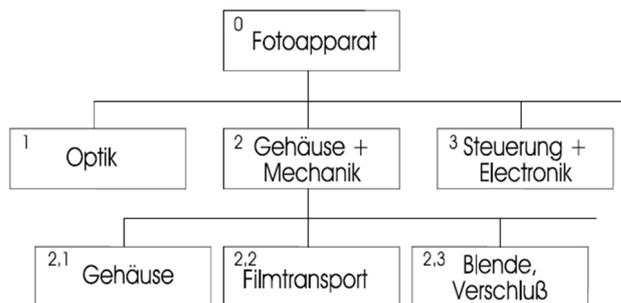


Abbildung 2.11 Objektstrukturplan⁵⁰

⁴⁸ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 2 - S.13

⁴⁹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.511

⁵⁰ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.528

2.2.3 Vernetztes Denken

Wir leben in einer immer schnelllebigeren Zeit, in der die Aufgabenstellungen, die an Ingenieure gestellt werden, immer anspruchsvoller werden. Neue Bauverfahren, welche durch den steigenden Mechanisierungsgrad und innovative Baustoffe möglich werden, machen neue (oft schwierigere) Lösungsvarianten realisierbar. So werden zum Beispiel im Betonbau stetig neue Schalverfahren entwickelt, die eine immer höhere Produktivität ermöglichen oder können durch Entwicklungen am Baustoffsektor – wie zum Beispiel dem noch im Entwicklungsstadium befindlichen UHPC-Beton (Ultrahochfester Beton) – um ein vielfaches höhere Belastungen abgetragen werden, was immer schlankere Tragwerke möglich macht.

Auch die Anzahl der Beteiligten an Bauprojekten steigt mit deren Schwierigkeit. So wird eine immer höhere Zahl an Spezialisten in der Planung (Fachplaner) und in der Ausführung notwendig. Die dabei anfallende Vielzahl an Schnittstellen bedarf eines hohen Grades an Koordination, welche ein geeignetes Projektmanagement erfordert. Mehr Koordinationsaufwand entsteht dabei auch von Seiten der Behörden durch die immer größere Anzahl an Auflagen – zum Beispiel durch die Notwendigkeit der Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Des Weiteren nimmt auch das Interesse der Öffentlichkeit bzw. der Medien auf Bauprojekte der öffentlichen Hand zu, wie man an Beispielen wie Skylink, Koralmtunnel etc. beobachten kann.

Außerdem werden die Bauzeiten – oft getrieben durch den Druck von Investoren – immer kürzer, das „Bauen“ selbst gerät dabei bei vielen Projekten in den Hintergrund. Auch die Vertragskonstellationen hinter vielen Projekten erwachsen zu kaum überschaubaren Größen und binden damit Zeitressourcen der Ingenieure, in welchen diese sich baubetrieblichen Fragestellungen widmen könnten. Damit verbunden wird der Aufwand an Schriftverkehr und vor allem an Dokumentation immer höher.

Und das alles vor dem Hintergrund, dass sich die Gewinnmargen in der Bauwirtschaft – vor allem in Deutschland und Österreich – trotz all dieser Umstände in verschwindenden Größen abspielen und die Kapazitäten für Planung immer knapper bemessen werden. Auf einen Punkt gebracht: Die Komplexität der Problemstellungen steigt immer weiter an.

Um diese stets komplexer werdenden Herausforderungen der Zukunft erfolgreich bewältigen zu können, bedarf es Ansätze wie jenem des Vernetzten Denkens. Komplexe Probleme erfordern eine systemische Denkweise um sich nicht in ihnen zu verlieren. Denn umso größer die Anzahl der Elemente eines Systems ist, desto mehr Beziehungen in Form von gegenseitiger Beeinflussung spielen sich zwischen diesen ab. Die Kunst ist es, diese Wirkungen innerhalb des jeweiligen Systems greifbar zu machen, um diese auch verstehen zu können.

Der Problemlösungsansatz des Vernetzten Denkens beruht dabei auf der Idee der ganzheitlichen Betrachtung von Problemen, wobei der Horizont bewusst erweitert wird, um viele Einflussfaktoren und Zusammenhänge zu erfassen. Aber auch die Dynamik im Verhalten von Systemen wird mit diesem Ansatz berücksichtigt. Dieser Denkansatz basiert dabei vor allem auf Grundsätzen der Systemtheorie und der Kybernetik, wobei das Schwergewicht nicht primär auf der Problemlösung, sondern vielmehr auf der Problemerkennung bzw. -definition liegt.⁵¹

Folgende Bausteine der Problemlösungsmethodik des Vernetzten Denkens werden in genannter logischer Abfolge von Probst und Gomez⁵² vorgeschlagen:⁵³

1. **Abgrenzung des Problems:** Zuerst ist die Ausgangssituation aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und entsprechend zu beschreiben. Weiters werden die Elemente definiert und das Problemfeld abgegrenzt.

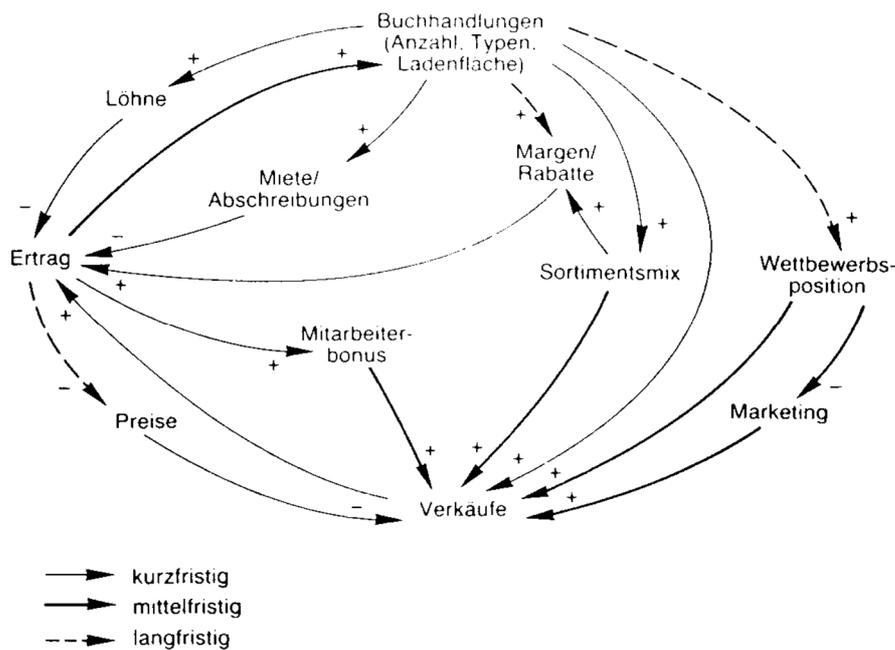


Abbildung 2.12 Wirkungsnetz – Beispiel „Buchhandel“⁵⁴

⁵¹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.549f.

⁵² PROBST, G.J.B.; GOMEZ, P.: Vernetztes Denken

⁵³ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.550f.

⁵⁴ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.560 aus PROBST, G.J.B.; GOMEZ, P.: Vernetztes Denken

2. Ermittlung der Vernetzung: Als nächster Schritt sind die Wirkungen und Beziehungen zwischen den Elementen zu erfassen. Die graphische Darstellung in Form eines Wirkungsnetzes bietet sich an (siehe Abbildung 2.12).
3. Erfassung der Dynamik: Durch Ergänzung dieses Zusammenwirken im System um die zeitliche Dimension (Eintrittszeitpunkte) sowie Intensitäten der Wirkungen werden weitere wichtige Erkenntnisse gewonnen.
4. Interpretation der Verhaltensmöglichkeiten: Hierbei werden auch zukünftige Szenarien berücksichtigt bzw. deren Auswirkungen im System betrachtet und in die Gestaltung von Maßnahmen mit einbezogen.
5. Bestimmung der Lenkungsmöglichkeiten: Alle Elemente werden auf ihre Lenkbarkeit – d.h. die Möglichkeit sie direkt zu beeinflussen – sowie ihre Eignung als Indikator für die Lenkung anderer Größen untersucht.
6. Gestaltung der Lenkungseingriffe: Aus all den bis hierhin gewonnen Informationen können nun günstige Ansatzpunkte für Lenkungseingriffe gefunden und Gestaltungsmaßnahmen getätigt werden. Die gewünschten Wirkungen sowie deren Folgeaktionen sind in weiterer Folge zu beobachten, wodurch unter Umständen neue Information über das Systemverhalten sichtbar werden.

Dieser Problemlösungsprozess des Vernetzten Denkens ist als ein zirkulärer iterativer Prozess im Sinne eines Kreislaufes zu betrachten, bei dem neue Erkenntnisse auch laufend in bereits berücksichtigte Bausteine einfließen können.

Einen weiteren und sehr bedeutenden Beitrag zum Thema Vernetztes Denken im Zusammenhang mit Systemgestaltung liefert Vester⁵⁵ mit seinem biokybernetischen Denkansatz. Er betont dabei immer wieder die Wichtigkeit, das Wirken von Systemen und dessen Gesetzmäßigkeiten zu verstehen und mit diesem Wissen die uns zur Verfügung stehenden Möglichkeiten mit Systemverständnis einzusetzen, um die Komplexität und die Dynamiken innerhalb eines Systems beherrschen zu können. Er orientiert sich dabei mit seinem Ansatz des Vernetzten Denkens und dem darauf beruhenden Planen und Handeln an der Kybernetik überlebensfähiger Systeme aus der Natur mit ihren Steuer- und Regelprinzipien.⁵⁶

⁵⁵ VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken

⁵⁶ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.9ff.

Vester versucht außerdem klar zu machen, dass man keine Angst vor dem Umgang mit Komplexität haben muss, solange man eine entsprechende Denkweise an den Tag legt und sich geeigneter Instrumente bedient. Nur so kann es gelingen, die Schlüsselvariablen eines komplexen Systems zu erfassen, ihr Verhalten verstehen und mit ihnen umgehen zu können.⁵⁷

Nach Vester werden aber viele **Fehler beim Umgang mit Komplexität** begangen, wobei diese vor allem in *unsystemischer Zielsetzung*, *Methodik* bzw. *Strategie* ihren Ursprung haben:⁵⁸

Im Bereich der **Zielsetzung** muss dabei immer die Erhöhung und Sicherheit der Lebensfähigkeit (Nachhaltigkeit, Stabilität und Robustheit) eines Systems im Vordergrund stehen, um eine nachhaltige Entwicklung zu erzielen. In der Realität werden aber oft für die Systemlebensfähigkeit völlig irrelevante und kurzfristig gedachte Zielsetzungen (z.B.: Gewinnmaximierung, Wachstum etc.) angepeilt.

Bezüglich Fehlern aufgrund unsystemischer **Methodik** nennt Vester sechs methodische Defizite, welche den Umgang mit Komplexität erschweren:

- 1) Vermengung unterschiedlicher Systemebenen: Es werden nicht vergleichbare Aggregationsstufen (übergeordnete Systeme und Subsysteme) bei der Datenerfassung miteinander vermengt.
- 2) Fehlende Einsicht in die Bedeutung der Interpedenzen: Es werden nur Systemelemente erfasst, aber nicht die Beziehungen bzw. Wechselwirkungen dazwischen (fehlende Vernetzung). Um ein System verstehen und die Muster darin erkennen zu können, sind aber gerade diese Informationen weit aussagekräftiger.

Das in Abbildung 2.13 dargestellte Beispiel aus einer Wanderausstellung von Vester soll zeigen, dass man ein Bild nicht anhand der Details (Zahl, Größe, Grauton der Quadrate; siehe Bild links), sondern vielmehr anhand der Beziehungen wesentlicher Elemente (siehe Bild rechts) deutlich erkennen kann.

⁵⁷ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.26

⁵⁸ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.49ff.

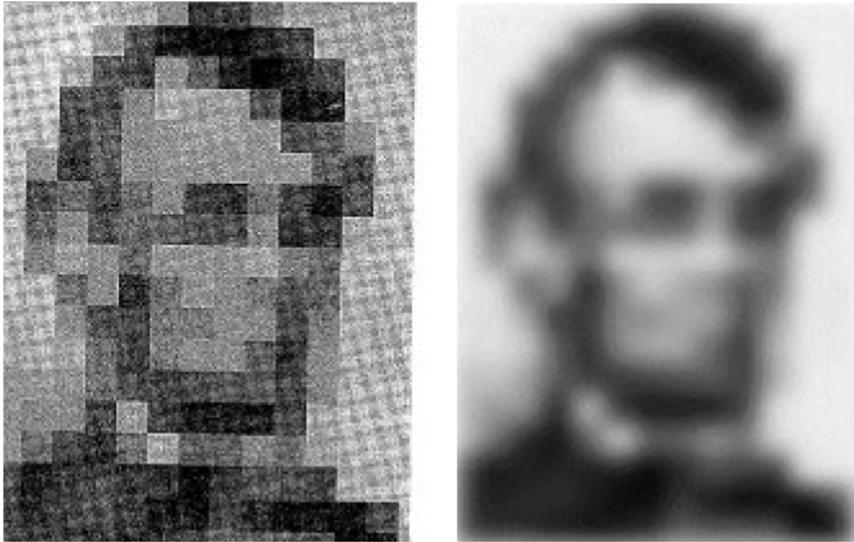


Abbildung 2.13 Beispiel für Mustererkennung – Computerbild Abraham Lincoln⁵⁹

- 3) Wesentliche Bestandteile bzw. Betrachtungsebenen werden nicht erfasst: Es wird nicht erkannt, welche Bereiche und Kriterien für eine Systembeschreibung unerlässlich sind, wodurch ein falsches bzw. einseitiges Bild entsteht.
- 4) Außer Acht lassen der „weichen“ Daten (qualitative Komponenten): Es werden oft nur die messbaren (quantitativen) Daten berücksichtigt, obwohl qualitative Faktoren für das Verhalten bzw. das Verständnis eines Systems meist sogar wichtiger sind.
- 5) Exakte Planung ohne Berücksichtigung von Puffern: Unter dem Diktat der Exaktheit werden alle Systemkomponenten genau aufeinander abgestimmt, ohne Puffer einzubauen. Ein solches geschlossenes System, bei dem mögliche Störungen in der Planung außer Acht gelassen werden, kann dann nicht flexibel auf diese reagieren. Gerade im Baugewerbe könnte hierbei oft durch eine flexible Abstimmung der Gewerke eine Pufferzone zur Vorbeugung von Zeitverzögerungen und Verteuerungen geschaffen werden.
- 6) Einsetzen der Methode der Hochrechnung (Extrapolation): Vester betont, dass die Hochrechnung eine besonders unsystemische Methode ist, die häufig an irreversibler Schwerpunktbildung, Übersteuerung und falscher Zielsetzung Schuld trägt. Hochrechnungen sind, wenn überhaupt, nur für kurzfristige Prognosen über das Verhalten komplexer Systeme geeignet, da sich diese nun einmal nicht berechenbar (wie Maschinen) verhalten.

⁵⁹ http://www.itq.ch/pdf/systemengineering/SE_Einfuehrung231006_neu.pdf, Zugriff am 11.04.2011, 19:23 Uhr

Als dritte Fehlerquelle nennt Vester das Festhalten an inadäquaten **Strategien**, welche Systemzusammenhänge vernachlässigen und auf isolierte Eingriffe ausgerichtet sind. Es wird immer nur an den sichtbar kränkelnden Stellen des Systems repariert, anstatt Probleme mit einem sinnvollen Systemmanagement durch systemorientierte Planung und Steuerung zu lösen. Diese punktuellen Eingriffe nach dem Prinzip „Intensivstation“ sind meist nicht nur sehr kostspielig, sondern ziehen oft auch weitere Folgeschäden und Abhängigkeiten nach sich.

Dörner⁶⁰ erkannte bei Experimenten **sechs grundsätzliche Fehler** ähnlicher Ausprägung, die im Umgang mit komplexen Systemen häufig gemacht werden:⁶¹

1. Falsche Zielbeschreibung
2. Unvernetzte Situationsanalyse
3. Irreversible Schwerpunktbildung
4. Unbeachtete Nebenwirkungen
5. Tendenz zur Übersteuerung
6. Tendenz zu autoritärem Verhalten

Die **drei Hauptursachen** für diese Fehler sind nach Vester folgende:⁶²

- 1) Auftrennung der Wirklichkeit: Es muss davon abgegangen werden, die Welt, in der wir leben, künstlich in Fächer aufzutrennen (siehe Abbildung 2.14). Dieses Denken entspricht dem Gegenteil von vernetztem Denken, bei dem immer der Blick über den Tellerrand gesucht wird.

⁶⁰ DÖRNER, D.: Die Logik des Misslingens

⁶¹ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.36f.

⁶² Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.39ff.

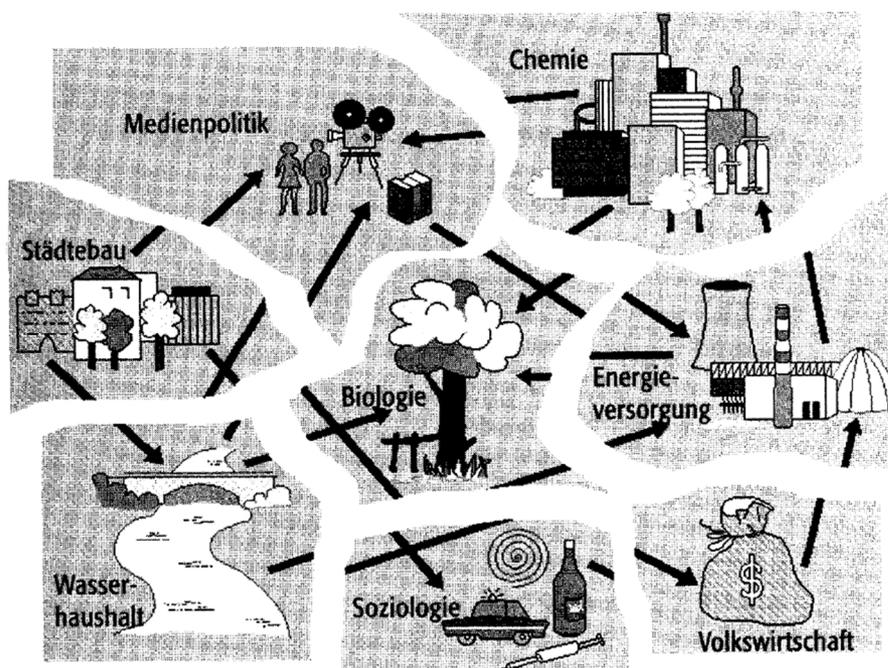


Abbildung 2.14 Zerissenes Netz⁶³

- 2) Die unsichtbaren Fäden sind real: Die Beziehungen in einem System bzw. zwischen Systemen werden oft nicht berücksichtigt, aber unsere gesamte Umwelt ist ein zusammenhängender Organismus. Die Kybernetik entwickelte dazu das Modell des Regelkreises, welches im folgenden Kapitel 0 kurz vorgestellt wird.
- 3) Neue Führungsgrößen: Der Nutzen dieses selbstregulierenden Verhaltens von Regelkreisen ist aber Außenstehenden oft nicht bekannt, was diese wiederum zu autoritärem Verhalten verführt, indem sie selbst durch künstliche Anpassung der Soll-Werte regelnd eingreifen. Dörner⁶⁴ zitiert dazu allerdings ein bekanntes chinesisches Strategem.⁶⁵

„Für komplexe Systeme ist ein Vorgehen am wirkungsvollsten, das nicht gegen den Strom, sondern mit dem Strom schwimmend verändert.“

⁶³ VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.41

⁶⁴ DÖRNER, D.: Die Logik des Misslingens

⁶⁵ VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.45

Vester sagt außerdem, dass es zum Verständnis von komplexen Systemen unerlässlich ist, eine **systemische Sichtweise** auf das Problem zu haben (siehe Abbildung 2.15). Da man sich normalerweise als Teil eines Systems innerhalb dessen befindet, neigt man dazu, den Blick von innen nach außen zu richten um zu erfassen, was dort geschieht (Marktlage, Konkurrenz etc.). Man erfährt dabei aber nichts über sein eigenes System. Aber gerade diese systemische Sichtweise erfordert es zur Anwendung Vernetzten Denkens. Man steigt also aus dem System heraus und schaut von außen nach innen, um das eigene System und dessen Verhalten zu untersuchen, wodurch sich ganz andere Fragestellungen ergeben. In weiterer Folge lassen sich dann mit Analyse-Werkzeugen wichtige Erkenntnisse über das System gewinnen, welche zum Beispiel zur Verbesserung dieses oder als Grundlage für ganzheitliche Entscheidungen dienlich sein können.⁶⁶

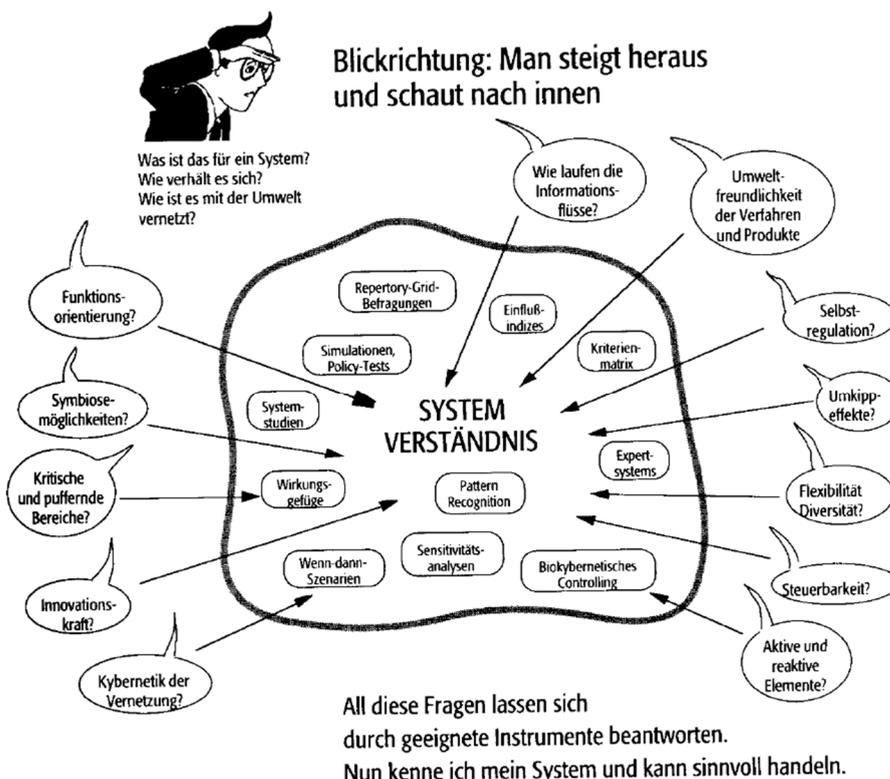


Abbildung 2.15 Neue/Notwendige systemische Sichtweise⁶⁷

⁶⁶ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.100ff.

⁶⁷ VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.103

2.2.4 Baukybernetik

Die zunehmende Komplexität am Bau hat zur Entwicklung der Baukybernetik geführt. Um angesichts dieser steigenden Komplexität die Erkenntnisse der Kybernetik gezielt zur Verbesserung der Organisation in Bauprojekten zu nutzen, wurde 1975 die Deutsche Gesellschaft für Baukybernetik e.V. gegründet. Im Jahre 1987 folgte dann auch die Gründung der Österreichischen Gesellschaft für Baukybernetik e.V.. Beide Vereine sind Vorläufer des Europäischen Forums für Baukybernetik - EFCC (European Forum of Construction Cybernetics) mit Sitz in Klagenfurt.⁶⁸

Dabei verstehen diese Organisationen unter Baukybernetik

„... die praktische Anwendung der Managementkybernetik als Entwicklung von Selbstorganisation im vernetzten Geschehensgefüge des Bauwesens.“⁶⁹

In Abbildung 2.16 wird dazu das Leitbild der Baukybernetik dargestellt.

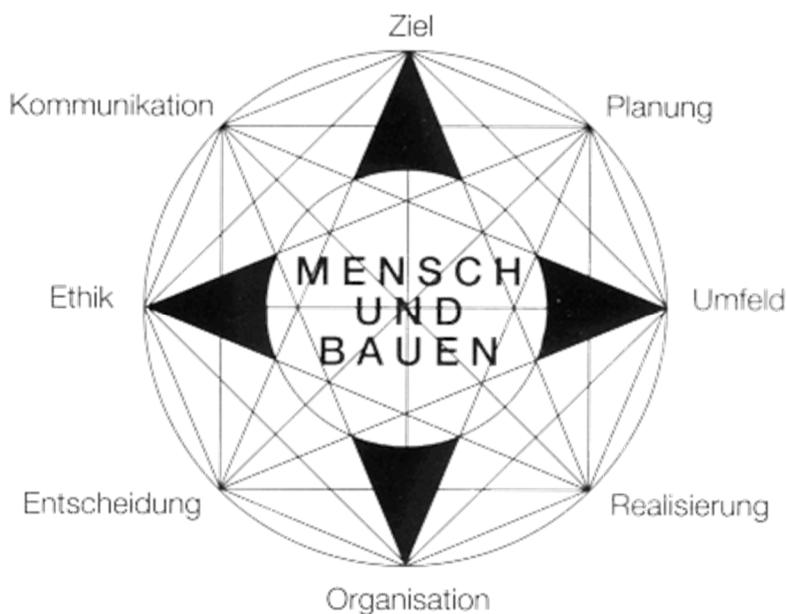


Abbildung 2.16 Vernetztes System Bauwesen⁷⁰

Die Entwicklung der Baukybernetik im Bereich der systemischen Managementlehre wurde von Vester, Grote, Malik sowie einigen weiteren Persönlichkeiten maßgeblich geprägt.

⁶⁸ Vgl. Homepage des Europäischen Forums für Baukybernetik - EFCC: <http://www.baukybernetik.at/>, Zugriff am 24.05.2011, 08:58 Uhr.

⁶⁹ Vgl. Homepage der Deutschen Gesellschaft für Baukybernetik e.V.: <http://www.baukybernetik.de/>, Zugriff am 24.05.2011, 09:06 Uhr.

⁷⁰ <http://www.baukybernetik.de/dgbk.htm>, Zugriff am 24.05.2011, 09:09 Uhr.

Grote beschreibt die Baukybernetik als

„... *Steuermannskunst in Planungs- und Bausystemen.*“⁷¹

Wichtige und daher erwähnenswerte Entwicklungen bzw. Aspekte der Baukybernetik sind:

- Systemisch-evolutionärer Ansatz: Dieser grundlegende ganzheitliche Ansatz der Baukybernetik steht im Gegensatz zu der gängigen konstruktivistisch-technomorphen Managementtheorie, welche von einer im Prinzip vollständigen Kontrollierbarkeit eines Systems im Detail (wie bei einer Maschine) ausgeht. Der systemisch-evolutionäre Ansatz basiert hingegen auf der Vorstellung einer spontanen, sich selbst generierenden Ordnung (Musterbeispiel: der lebende Organismus).⁷²
- Selbstorganisation und Selbstregulierung von Systemen: Diese Idee beruht auf der Tatsache, dass es bei komplexen Systemen nahezu unmöglich ist, alles selbst zu steuern, zu regulieren bzw. zu kontrollieren. Nach der Prämisse der Selbstorganisation von Systemen ist dies auch gar nicht nötig. Sondern es müssen nur gewisse Regeln vorgegeben und Information zugänglich gemacht werden. Zusammenfassend gesagt, handelt es sich nicht um „Konstruieren im Detail“, sondern um die „Schaffung und Gestaltung günstiger Bedingungen“, sodass sich die Eigendynamik eines Systems positiv entwickeln kann.⁷³
- Regelkreisvorstellung der Kybernetik: Das Modell des Regelkreises hat den großen Vorteil, dass durch den kybernetischen Selbststeuerungsmechanismus ein System fehlerfreundlich wird, da es von selbst auf sich laufend ändernde Systemkonstellationen durch dynamische Anpassung der Führungsgrößen (Sollwerte) reagieren kann. In Abbildung 2.17 ist dazu das Regelkreismodell mit den gängigen Bezeichnungen seiner Elemente dargestellt.⁷⁴

⁷¹ GROTE, H.; TENTEN, H.: Bauen mit KOPF, S.15

⁷² Vgl. MALIK, F.: Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation, S.63f.

⁷³ Vgl. MALIK, F.: Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation, S.25

⁷⁴ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.42ff.

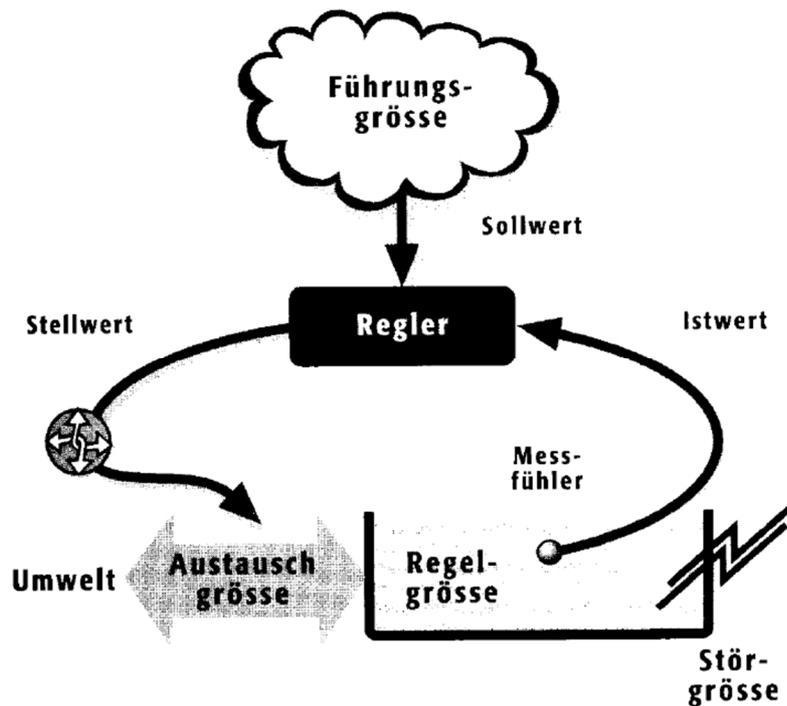


Abbildung 2.17 Regelkreis mit den gängigen kybernetischen Bezeichnungen⁷⁵

Ein Regelkreis besteht zum einen aus der zu regelnden Größe (Regelgröße) und zum anderen aus dem Regler, welcher die Regelgröße verändern kann. Der Regler misst dabei über einen Messfühler den Zustand der Regelgröße (Istwert) und vergleicht jenen mit der Vorgabe der Führungsgröße (Sollwert). Ist dieser durch eine Störgröße verändert, so gibt der Regler eine Anweisung (Stellwert) an das Stellglied weiter, das die Störung durch Zu- oder Ausfuhr einer entsprechenden Austauschgröße behebt.⁷⁶

- K.O.P.F.-System von Grote: Das im Bereich der Baukybernetik entwickelte K.O.P.F.-System (Kybernetische Organisation, Planung und Führung) von Grote basiert auf dem biokybernetischen Systemansatz und bietet eine Hilfe zur Steuerung von Bauprojekten. Es werden dabei im Bereich der Kosten-, Zeit- und Produktivitätsziele Pufferzonen geschaffen, wodurch Zeit und Geld gespart werden können. So können durch entsprechende Frühwarnmechanismen flexible Ausgleichsmöglichkeiten genutzt werden, um Störungen ohne Mehrkosten aufzufangen. Diese Mechanismen erhöhen in

⁷⁵ VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.125

⁷⁶ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.125

weiterer Folge die Varietät des Systems Bauprojekt durch die Maximierung der Handlungsmöglichkeiten für unvorhersehbare Ereignisse aus dem Umfeld. Im Gegensatz dazu steht das von vielen Bauleitungen angewandte klassische Projektmanagement, bei dem nach Grote ein zahnradartiges Zusammenwirken der Beteiligten vorliegt und daher jede Abweichung wie Sand im Getriebe wirkt.⁷⁷

⁷⁷ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken, S.60f.

3 Systems Engineering

In diesem Kapitel wird die Methodik des Systems Engineering (SE) vorgestellt. Dazu wird nachfolgend auf die Entstehung und Entwicklung, die Anwendungsgebiete in der Praxis, die Charakteristika und das Konzept des Systems Engineering mit seinen verschiedenen Komponenten eingegangen.

3.1 Entstehung und Entwicklung

Die Geschichte des Systems Engineering beginnt in den USA, wo es 1940 in den Bell Laboratories bei der Entwicklung der Telefonie konzipiert und eingesetzt wurde. Später wurde Systems Engineering auch bei der Entwicklung des Space Shuttles im Apollo-Programm angewandt und von der NASA weiterentwickelt. Aber auch in der europäischen Raumfahrt wurde Systems Engineering bei der Entwicklung der Ariane-Rakete eingesetzt.⁷⁸

Die ersten Anwendungsgebiete lagen also bei komplizierten (technischen) Systemen, die ein hohes Bedürfnis nach einem geordneten Prozess hatten und welche ohne die Anwendung von entsprechenden Methoden wie Systems Engineering gar nicht realisierbar gewesen wären.⁷⁹

Die in dieser Arbeit behandelte „Version“ des Systems Engineering wurde allerdings erst einige Jahre später (ab 1969) am Betriebswissenschaftlichen Institut (BWI) der ETH Zürich entwickelt.

Aus dem Wunsch heraus, eine leistungsfähige (und allgemeingültige) Problemlösungsmethodik für komplexe Sachverhalte zu entwickeln, wurde früh klar, dass diese auf den Modellvorstellungen des Systemansatzes basieren sollte. Der Lösungsweg sollte also über die Strukturierung des Problems führen, um dieses überschau-, diskutier- und lösbar zu machen. Außerdem sollte die gesuchte Methodik gleichzeitig auch einen effizienten Leitfaden zur praktischen Anwendung darstellen.⁸⁰

Fündig wurde Alfred Büchel (Mitarbeiter am BWI) in einem wissenschaftlichen Beitrag von Hall⁸¹, in dem die in den USA entwickelte Methodik des Systems Engineering vorgestellt wurde. Büchel

⁷⁸ Vgl. http://www.itq.ch/pdf/systemengineering/SE_Einfuehrung231006_neu.pdf, Zugriff am 11.04.2011, 19:23 Uhr

⁷⁹ Vgl. BÜCHEL, A.: Systems Engineering – Eine Einführung, S.384

⁸⁰ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.X

⁸¹ HALL, A. D.: A methodology for Systems Engineering

veröffentlichte daraufhin einen Artikel in der Management-Zeitschrift des BWI „Industrielle Organisation io“⁸², welcher sofort auf großes Interesse innerhalb, aber auch außerhalb des BWI traf. Büchel lieferte damit den Anstoß für eine Gruppe interessierter Mitarbeiter am BWI zur Entwicklung eines eigenständigen „BWI-Systems-Engineering“.⁸³

Die BWI-Methodik charakterisiert sich dabei vor allem durch die Herauslösung aus dem eher technokratischen Rahmen der amerikanischen Vorreiter und erweitert diesen auf betriebswissenschaftliche Problemstellungen im weitesten Sinn.⁸⁴ Weitere Charakteristika werden in Kapitel 0 beschrieben.

Wichtige Ansätze bei der Entwicklung kamen dabei aus einschlägigen Publikationen, insbesondere von Hall⁸⁵ und Chestnut⁸⁶. Der amerikanische Begriff „Systems Engineering“ wurde übernommen, bringt er doch

„... wie kein zweiter zum Ausdruck, daß – auf der Basis einer ganzheitlichen (System)-Betrachtung – nach sachgerechten, realisierbaren und operationalen Lösungen gestrebt wird.“⁸⁷

Der Begriff des „Systems“ entspricht dabei im Englischen, aber auch im Deutschen, der bereits in Kapitel 2.1.4 angeführten Definition, welche im Methodennamen „Systems Engineering“ den Grundgedanken des Systemansatzes wiederspiegelt. „Engineering“ – ins Deutsche etwa als Ingenieurwesen oder Technik übersetzt – kann nach Büchel als „zielgerichtete, gestalterische Tätigkeit“ charakterisiert werden, welche ungerechtfertigter Weise oft nur auf technische Erzeugnisse bezogen wird. Der wissenschaftliche Charakter dieses Begriffes beinhaltet dabei eine gewisse Geisteshaltung zur Lösung von Problemen. Diese erfordert eine klare (lehr- und erlernbare) Vorgehensmethodik bei der Problemlösung, die unter der Verwendung jeweils geeigneter Hilfsmittel überprüfbare Resultate liefern soll.⁸⁸

Im Zuge ihrer Beschäftigungen mit Systems Engineering stellte die Forschergruppe des BWI einen Ordner zur Methodik zusammen, welcher zuerst noch für die interne Weiterbildung am BWI verwendet wurde. Aufgrund des regen Interesses von außen wurden ab 1971 dann auch SE-Seminare vom BWI angeboten, die sich bis heute großer Teilnehmerzahlen erfreuen dürfen. In weiterer Folge wurde Systems

⁸² BÜCHEL, A.: Systems Engineering – Eine Einführung

⁸³ Vgl. Interview mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberfellner und Dr. rer.pol. Peter Nagel in der Zeitschrift „WING-Business“; S.7

⁸⁴ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.X

⁸⁵ HALL, A. D.: A methodology for Systems Engineering

⁸⁶ CHESTNUT, H.: Systems Engineering Tools

⁸⁷ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.Xf.

⁸⁸ Vgl. BÜCHEL, A.: Systems Engineering – Eine Einführung, S.373ff.

Engineering auch in der Lehre und Forschung integriert, außerdem sind seitdem diverse Beratungsaktivitäten und Projekte in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft Teil des BWI-Alltages. 1976 erschien im Zuge dieser Entwicklung dann die erste Ausgabe des Buches „Systems Engineering – Methodik und Praxis“ auf Basis der zusammengetragenen Unterlagen. Es sollten im Laufe der Jahre – aufgrund der steigenden Nachfrage und neuer Einflüsse (z.B. Einarbeitung von Beiträgen von Vester, Probst, Gomez etc.) – noch zehn weitere Auflagen folgen, wobei das Grundgerüst der Methodik selbst seit Beginn beibehalten wurde.⁸⁹

Die Methodik des BWI-Systems-Engineering wird dabei von vielen Unternehmen aufgegriffen und in die interne Weiterbildung integriert, gilt doch das SE-Konzept als Standardvorgehen für die Abwicklung komplexer Vorhaben. Außerdem wird die Methodik vielfach auch in der Lehre an Hochschulen vermittelt, so auch an der Technischen Universität Graz, wo Reinhard Haberfellner diverse Seminare und Lehrveranstaltungen zum Thema Systems Engineering hält bzw. hielt. Am Institut für Unternehmensführung und Organisation (Haberfellner war bis zum Jahr 2010 dessen Leiter) werden bzw. wurden weiters auch Forschungsaktivitäten im Bereich des Systems Engineering durchgeführt (z.B. Entwicklung des Agile Systems Engineering). Die jüngsten Entwicklungen werden dabei in regelmäßigen Kongressen und Arbeitsgruppen der INCOSE – dem Dachverband für Systems Engineering – präsentiert und diskutiert.^{90 91}

3.2 SE-Anwendungsgebiete

Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, hat Systems Engineering seinen Ursprung im Bereich der Telekommunikation bzw. der Luft- und Raumfahrt, wo es auch heute noch intensiv angewendet wird. Aber auch in anderen Gebieten findet Systems Engineering Anwendung. So wird Systems Engineering bei der Lösung zahlreicher Planungs- und Organisationsprobleme vor allem im Dienstleistungsgewerbe, im Bereich der Fertigungsindustrie, der Verfahrenstechnik, der Elektrotechnik, der Informatik bzw. in der öffentlichen Verwaltung eingesetzt.^{92 93}

⁸⁹ Informationen aus einem Gespräch mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberfellner am 16.06.2011, 17:00 bis 18:00 Uhr

⁹⁰ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.VII

⁹¹ Informationen aus einem Gespräch mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberfellner am 16.06.2011, 17:00 bis 18:00 Uhr

⁹² Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XI

⁹³ Vgl. http://www.gumbooya.bigpondhosting.com/Systems_Engineering/Systems%20Engineering%20and%20the%20Construction%20Industry.pdf, Zugriff am 16.09.2011, 18:00 Uhr

Im Bereich des Bauwesens findet den Recherchen nach Systems Engineering im deutschsprachigen Raum noch keine explizite Anwendung, es wird allerdings in den USA bzw. in den Niederlanden vereinzelt eingesetzt.^{94 95}

3.3 Charakteristika

In diesem Kapitel werden die Grundcharakteristika des Systems Engineering vorgestellt.

Die Entwickler der SE-Methodik beschreiben diese kurz als

„... eine auf bestimmten Denkmodellen und Grundprinzipien beruhende Wegleitung zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme ...“⁹⁶

3.3.1 Problem als Ausgangspunkt

Zu Beginn einer Aufgabe steht immer ein Problem, welches es zu lösen gilt. Unter solchem kann man ganz allgemein

„... die Differenz zwischen einem vorhandenen und feststellbaren Ist-Zustand einerseits und der Vorstellung eines Soll-Zustandes andererseits verstehen, so vage diese auch immer sein mag.“⁹⁷

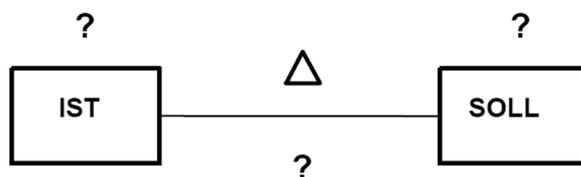


Abbildung 3.1 Problem als Differenz zwischen IST und der Vorstellung vom SOLL⁹⁸

Dabei können sich aufgrund verschiedenster subjektiver Faktoren schon Unterschiede in der Problemempfindung der Beteiligten bezüglich Einschätzung des Ist-Zustandes, Vorstellung über den Soll-Zustand bzw. die Art und Weise der Überbrückung der Differenz ergeben. Außerdem ist bezüglich der Ausgangssituation zu unterscheiden, ob ein Problem

⁹⁴ Informationen aus einem Gespräch mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberfellner am 16.06.2011, 17:00 bis 18:00 Uhr

⁹⁵ Vgl. http://www.gumbooya.bigpondhosting.com/Systems_Engineering/Systems%20Engineering%20and%20the%20Construction%20Industry.pdf, Zugriff am 16.09.2011, 18:00 Uhr

⁹⁶ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XVIII

⁹⁷ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XVIII

⁹⁸ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 1 - S.4

schon existiert oder ob es sich in Form eines Risikos bzw. einer Chance erst in der Zukunft bemerkbar machen wird. Die Methode des Systems Engineering unterdrückt all diese Faktoren nicht, sondern versucht (vor allem bei komplexen Ausgangssituationen), ganzheitlich und neutral alle Bedürfnisse und Vorstellungen der Beteiligten in der Situationsanalyse zu berücksichtigen bzw. bei der Lösungssuche nicht aus den Augen zu verlieren.⁹⁹

3.3.2 Systems Engineering als methodische Komponente bei der Problemlösung

Eine Methodik alleine kann aber keine Probleme lösen. So spielt eine Reihe von Elementen eine Rolle bei der Problemlösung (siehe Abbildung 3.2). Die Methodik hat hierbei aber die wichtige Aufgabe, all diese Komponenten zusammenzuführen und möglichst gut im Problemlösungsprozess einzusetzen, um bestmögliche Lösungen zu erzielen.¹⁰⁰

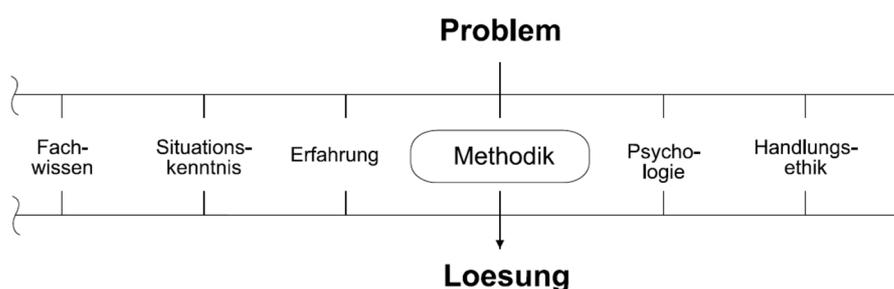


Abbildung 3.2 Systems Engineering als methodische Komponente bei der Problemlösung¹⁰¹

3.3.3 Komponenten des Systems Engineering

Die Komponenten des Systems Engineering repräsentieren die Grundideen des SE-Konzeptes und bilden dabei eine Methodik, welche zur Lösung komplexer Probleme herangezogen werden kann. Die *SE-Philosophie* stellt dabei den geistigen Überbau dar, welcher sich aus dem *Systemdenken* als Denkweise und dem *Vorgehensmodell* als Leitfaden zusammensetzt. Den Kern der SE-Methodik bildet der *Problemlösungsprozess*. Dieser enthält die Komponenten

⁹⁹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XVIII

¹⁰⁰ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XVIII.

¹⁰¹ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 1 - S.5

Systemgestaltung auf der inhaltlichen – sowohl auf dem Gebiet des Problem- als auch des Lösungsfeldes – und *Projektmanagement* auf der organisatorischen Seite (bezüglich Fragen der Abwicklung). Diese beiden Komponenten stützen sich wiederum auf *Techniken*, die aus einem offenen Pool von Methoden als Hilfsmittel beliebig eingesetzt werden können.¹⁰²

3.3.4 Voraussetzungen für die Anwendung des Systems Engineering

Um die SE-Methodik effektiv und zielgerichtet einsetzen zu können, sollten eine Reihe von Prämissen berücksichtigt werden.¹⁰³

- 1) Problembewusstsein vorhanden: Dieses muss im Umfeld eines Vorhabens vorhanden sein, um überhaupt den Anstoß zum Problemlösungsprozess geben zu können. Voraussetzung hierfür ist die Fähigkeit der Beteiligten zur Problemerkennung.
- 2) Organisatorisches Umfeld unterstützt die Willensbildung: Entscheidungen werden in bestimmten Mechanismen der Organisation getroffen und von den Beteiligten auch akzeptiert und nicht mehr in Frage gestellt.
- 3) Problemlösungsprozess aus organisatorischer Sicht betrachtet: Das organisierte Vorgehen im Problemlösungsprozess des Systems Engineering ist wichtig, um zur Lösung zu kommen. Dies beginnt mit der Aufgliederung des Problems in überblickbare Teile und führt weiter über bestimmte zweckmäßige Abfolgen von Tätigkeiten verschiedener beteiligter Personen, welche koordiniert werden müssen.
- 4) Anspruch auf Generalisierung: Das Gedankengut des Systems Engineering stützt sich auf allgemein gültige Erkenntnisse, und ist somit nicht auf spezielle Anwendungsgebiete beschränkt, sondern kann für jede Art von Problemen eingesetzt werden.
- 5) Offenheit für Anpassungen und Ergänzungen: Die Grundsätze der SE-Methodik müssen nicht buchstabengetreu (wie bei einer Norm) umgesetzt werden. Bei der SE-Methodik geht es vielmehr darum, das Gedankengut mit seinen Grundideen sinngemäß zu beachten. Das SE-Konzept selbst ist – bis auf wenige Grundsätze – für die Übernahme von Ideen anderer Methodiken offen.

¹⁰² Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XIXf.

¹⁰³ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XXf.

3.3.5 Abgrenzung des Systems Engineering gegenüber anderen Problemlösungsmethodiken

Es existieren eine Reihe anderer Vorgehensmodelle, welche für das systematische Lösen von Problemen herangezogen werden können. Exemplarisch sollen an dieser Stelle folgende genannt sein:¹⁰⁴

- REFA-6-Stufen-Methode der Systemgestaltung
- Wertanalyse-Arbeitsplan nach ÖNORM A 6750 bzw. DIN 69 910
- Konstruktionsmethodik nach VDI-Richtlinie 2221
- Prototyping-Ansatz
- Versionen-Konzept
- Konzept des Simultaneous Engineering
- Konzept des systemisch-evolutionären Projektmanagements

Gegenüber diesen und anderen Problemlösungsmethodiken unterscheidet sich Systems Engineering in seinen Grundideen vor allem durch¹⁰⁵

- seinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit und den damit verbundenen breiten Anwendungsrahmen.
- seine modular kombinierbaren Grundprinzipien im Vorgehensmodell (siehe Kapitel 3.4.1.2), welche fast beliebig ergänzt bzw. modifiziert werden können und nur zum Teil in anderen Methodiken auch enthalten sind.
- die objektorientierte Anwendung des Systemansatzes, bei dem stets das zu gestaltende Objekt – mit seinem inneren Aufbau und seiner Verflechtung mit dem Umfeld – im Zentrum steht.

¹⁰⁴ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.60

¹⁰⁵ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.XXIIff.

3.4 SE-Konzept

In diesem Kapitel wird das SE-Konzept mit seinen Komponenten (siehe Abbildung 3.3) näher behandelt.

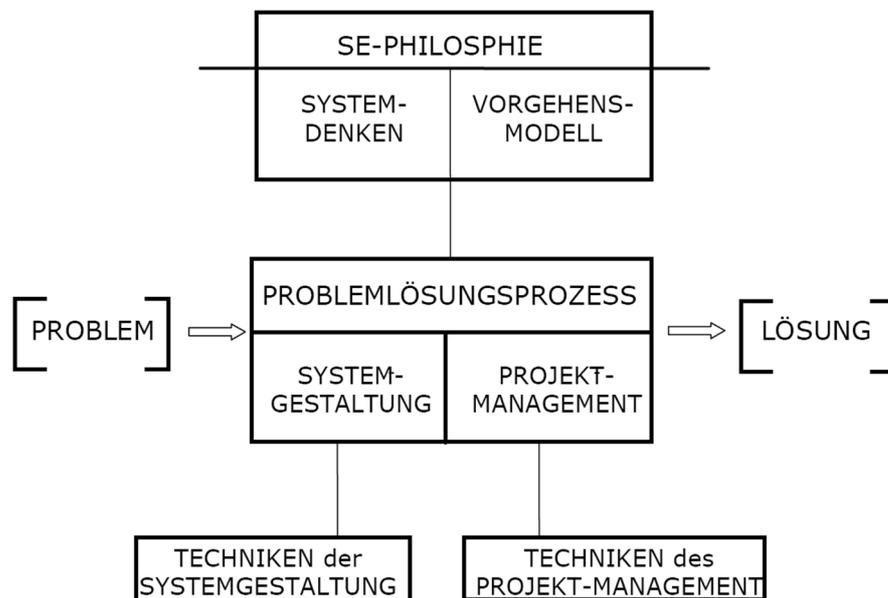


Abbildung 3.3 SE-Konzept mit seinen Komponenten¹⁰⁶

3.4.1 SE-Philosophie

Die SE-Philosophie stellt den geistigen Überbau der SE-Methodik dar und basiert auf dem Systemdenken und dem SE-Vorgehensmodell.

3.4.1.1 Systemdenken

Das Systemdenken beruht auf dem Prinzip der in Kapitel 2.2.1 behandelten Systemtheorie und greift auch den Ansatz des Vernetzten Denkens (siehe Kapitel 2.2.3) auf. Mit Systemmodellen können komplexe Zusammenhänge als Abstraktion der Wirklichkeit abgebildet werden, wobei verschiedene Betrachtungsweisen (siehe Kapitel 2.2.2.2) für die Untersuchung unterschiedlicher Aspekte herangezogen werden können.¹⁰⁷

Das Systemdenken wird dabei im Problemlösungsprozess des Systems Engineering zur Systemgestaltung (siehe Kapitel 3.4.2.1) bei der

¹⁰⁶ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 1 - S.4

¹⁰⁷ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.10

Analyse, Strukturierung und Abgrenzung des Problemfelds, aber auch bei der Lösungssuche angewendet. Sowohl das Problemfeld, als auch die Lösung selbst können dabei als Systeme betrachtet werden, welche zueinander in Beziehung stehen (siehe Abbildung 3.4). Die Denkrichtung bei der gemeinsamen Betrachtung kann je nach Fragestellung vom einen zum jeweils anderen System erfolgen, die Wirkungsrichtung wird durch Eingriffe des Lösungssystems in das Problemfeld bestimmt.¹⁰⁸

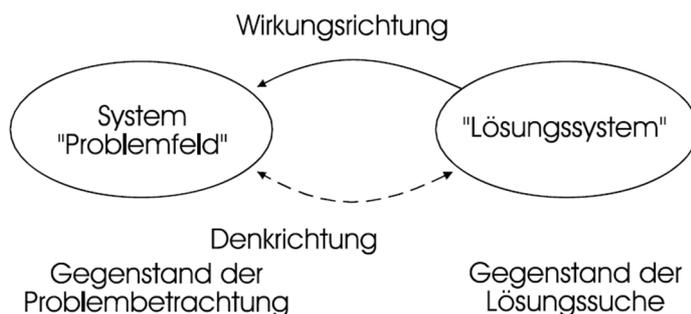


Abbildung 3.4 Zusammenhang zwischen Problemfeldsystem und Lösung¹⁰⁹

Bei der Anwendung des Systemdenkens sind folgende generelle Konstruktionsprinzipien für den Aufbau von Systemen als Anhaltspunkte zu verstehen:¹¹⁰

- Prinzip der Minimierung von Schnittstellen: System- und Untersystemgrenzen sollen so gelegt werden, dass möglichst einfache und wenige Schnittstellen nach außen bestehen.
- Prinzip des modulareren Aufbaus: Systembausteine mit klar definierten und mehrfach verwendbaren Funktionen sollen angestrebt werden.
- Prinzip des "Piecemeal Engineering" (nach K. Popper): Komplexe Systeme sollen nicht in großen und unüberschaubaren, sondern in kleineren Schritten verändert werden, welche leichter rückgängig gemacht werden können.
- Prinzip der „minimalen Präjudizierung“: Im Zweifelsfall soll jener Lösung der Vorzug gegeben werden, welche die meisten Optionen für die weitere Entwicklung offen lässt.

Das Denken in Systemen bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Zusammenfassend gesagt, können durch dieses ganzheitliche Denken

¹⁰⁸ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.19f.

¹⁰⁹ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 - S.26

¹¹⁰ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.22f.

Elemente, Zusammenhänge und Einflussfaktoren besser erkannt und damit komplexe Probleme erfasst und gelöst werden.

3.4.1.2 Vorgehensmodell

Das Vorgehensmodell stellt neben dem Systemdenken die zweite der beiden Grundideen der SE-Philosophie dar und beruht auf folgenden vier Grundgedanken:¹¹¹

- Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“
- Prinzip der Variantenbildung
- Prinzip der Phasengliederung als Makro-Logik
- Problemlösungszyklus als Mikro-Logik

Diese vier Komponenten – welche in weiterer Folge getrennt voneinander beschrieben werden – können beliebig modular miteinander kombiniert werden und bilden somit eine zusammenhängende Einheit (siehe auch Abbildung 3.5).

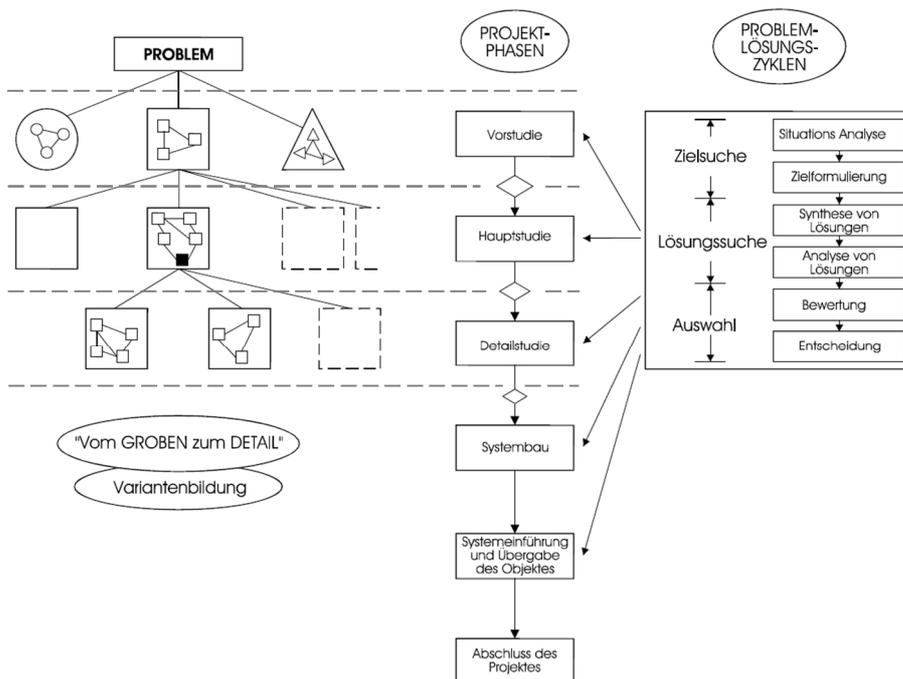


Abbildung 3.5 Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komponenten des SE-Vorgehensmodells (tendenzielle Zuordnung)¹¹²

¹¹¹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.29f.

¹¹² HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 - S.15

Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“¹¹³

Dieses Prinzip besagt, dass es zweckmäßig ist, immer vom Groben zum Detail vorzugehen und nicht umgekehrt. Dabei soll das Betrachtungsfeld immer zuerst weiter gefasst werden, um das Problem bzw. eine Lösung danach sukzessive einzuengen (siehe Abbildung 3.6). So soll also bei der Untersuchung des Problemfeldes nicht mit detaillierten Erhebungen begonnen werden, bevor der zu untersuchende Bereich festgelegt, grob strukturiert und abgegrenzt wurde. Außerdem sollen bei der Gestaltung von Lösungen zuerst generelle Ziele bzw. ein Lösungsrahmen festgelegt, ehe die Ergebnisse schrittweise konkretisiert werden. Hierbei dienen Konzepte auf höheren Ebenen als Orientierungshilfen für die detailliertere Ausgestaltung.

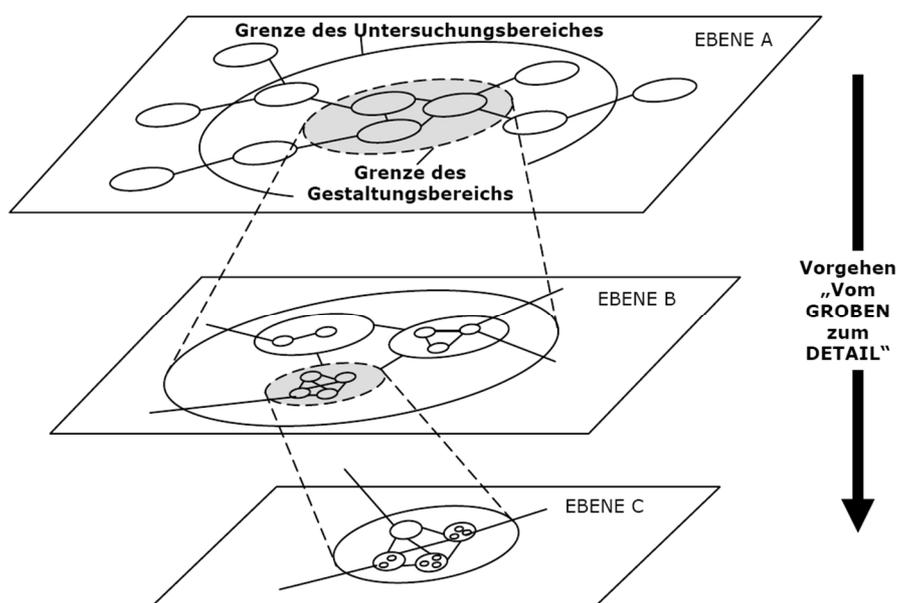


Abbildung 3.6 Einengen des Betrachtungsfeldes¹¹⁴

Dieses Vorgehen wird auch als „Top down“-Prinzip bezeichnet, dessen Gegenteil das „Bottom up“-Prinzip darstellt, bei dem im Detail mit Untersuchungen bzw. Veränderungen begonnen wird. Ein solches Vorgehen eignet sich nur für die Verbesserung von vorhandenen Lösungen bzw. zur Realisierung von Vorhaben, nicht aber für deren Planung.

¹¹³ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.30ff.

¹¹⁴ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 – S.16

Prinzip der Variantenbildung¹¹⁵

Die Grundaussage dieses Prinzips ist, dass man sich grundsätzlich nicht mit der erstbesten Möglichkeit zur Lösung eines Problems zufrieden geben, sondern weiter nach Alternativen suchen sollte. Dabei bietet es sich an, verbunden mit dem Prinzip „Vom Groben zum Detail“ vorzugehen (siehe Abbildung 3.7) und sich auf jeder Systemstufe zuerst immer einen Überblick über grundsätzliche Lösungsmöglichkeiten zu verschaffen (Strukturierung). Es wird diesbezüglich zwischen Prinzip- und Detailvarianten unterschieden. Prinzipvarianten grenzen sich dabei in ihrer Grundidee deutlich voneinander ab, wohingegen Detailvarianten sich nur in der Detailausgestaltung unterscheiden.

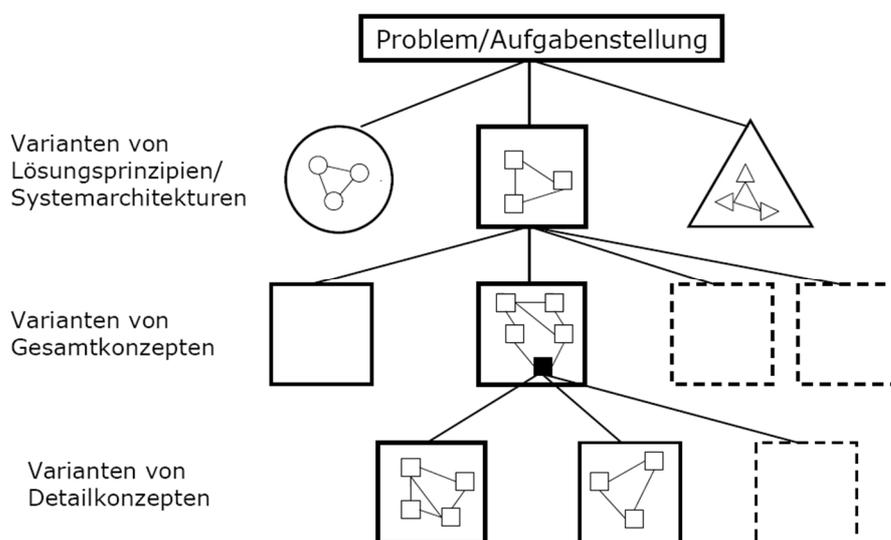


Abbildung 3.7 Stufenweise Variantenbildung und Ausscheidung, verbunden mit dem Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“¹¹⁶

Um bei diesem Vorgehen ein Ausufernd der Lösungsvarianten zu verhindern, soll auf jeder Stufe gleichzeitig auch eine Reduktion durchgeführt werden, indem nur die jeweils erfolgversprechendste/-n Variante/-n in der nächsttieferen Stufe weiter konkretisiert wird/werden. Die Entscheidungen werden dabei durch Einschätzung der Wirkungen von Varianten (Voraussetzungen, Konsequenzen etc.) getroffen. Es ist bei diesem Vorgehen jederzeit möglich bzw. manchmal sogar angebracht, wieder auf eine höhere Ebene zurückzukehren.

¹¹⁵ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.33ff.

¹¹⁶ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 – S.17

Prinzip der Phasengliederung als Makro-Logik¹¹⁷

Eine Erweiterung der beiden genannten Vorgehenskomponenten stellt die zeitliche Gliederung der Entwicklung und Realisierung einer Lösung in Projektphasen dar. Durch diese Gliederung in Teiletappen wird ein stufenweiser Planungs-, Entscheidungs- und Realisierungsprozess mit zunehmender Konkretisierung ermöglicht. Am Ende einer Phase sind jeweils Entscheidungen der Beteiligten zu treffen bzw. ist es hierbei gerade an frühen Phasenübergängen auch sinnvoll, Korrektur- bzw. Ausstiegsmöglichkeiten vorzusehen. In Abbildung 3.8 sind dazu rechts die Projektphasen, in der Mitte die dazugehörigen Ergebnisse und links die Lebensphasen der Lösung abgebildet. Die Phasengliederung kann dabei auf das jeweilige Projekt angepasst werden, solange der Grundgedanke des etappenweisen Vorgehens gewahrt bleibt.

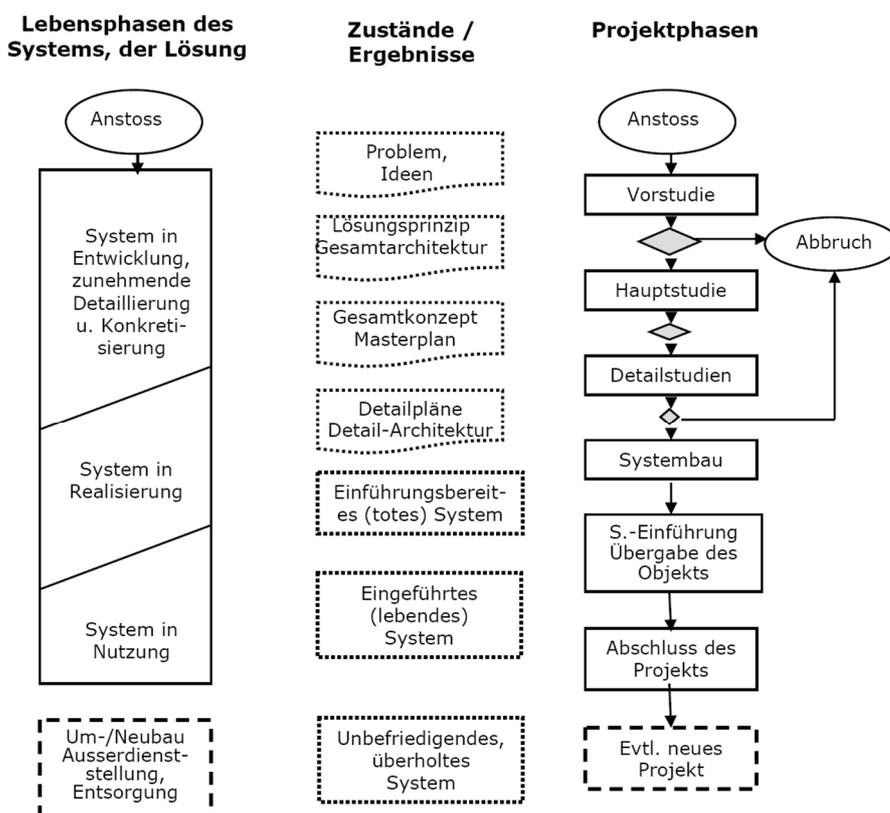


Abbildung 3.8 Phasenkonzept – modifizierte Grundversion¹¹⁸

¹¹⁷ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.37ff.

¹¹⁸ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 – S.19

An dieser Stelle werden die einzelnen Projektphasen beschrieben:

- 1) Anstoß: Diese meist unstrukturierte Einstiegsphase beginnt mit dem Empfinden eines Problems und reicht bis zu dem Entschluss, etwas Konkretes (Vorstudie) zu unternehmen. Maßgeblich ist hierbei, dass bei den Beteiligten ein Problembewusstsein und Handlungsbereitschaft entwickelt werden, damit in weiterer Folge auch die erforderlichen Mittel zur Verfügung gestellt werden und der Projektauftrag erteilt wird.
- 2) Vorstudie: In der Vorstudie soll dann mit vertretbarem Aufwand die Ausgangssituation (Problemfeld), Bedürfnisse, Gestaltungsbereich (Lösungsfeld/-prinzipien), Ziele etc. abgeklärt werden. Am Ende der Vorstudie soll das grundsätzliche Lösungsprinzip feststehen, an dem weiter gearbeitet wird.
- 3) Hauptstudie: Auf Basis des gewählten Lösungsprinzips aus der Vorstudie sollen Gesamtkonzept-Varianten erarbeitet und beurteilt werden. Das Ergebnis der Hauptstudie ist die Entscheidung für ein bestimmtes Gesamtkonzept, welches einen Rahmenplan (Masterplan) für die nächsten Phasen darstellt und es ermöglicht, Investitionsentscheidungen zu treffen und Teilprojekte zu definieren.
- 4) Detailstudien: In Detailstudien werden einzelne wichtige bzw. besonders kritische Systemkomponenten des Gesamtkonzeptes herausgegriffen und dazu detaillierte Lösungskonzepte erstellt, wobei das Betrachtungsfeld stark eingeengt wird. Detailstudien werden im Anschluss bzw. können – z.B. zur Abklärung besonders kritischer Details – auch schon teilweise parallel zur Hauptstudie durchgeführt werden. Detailkonzepte sind soweit zu konkretisieren, dass sie realisierbar sind und müssen auf das Gesamtkonzept – oder umgekehrt – abgestimmt sein.
- 5) Systembau und Tests: In dieser Phase werden die zuvor ausgearbeiteten Teil- oder Gesamtlösungen einführungsreif gemacht, das System wird „gebaut“. Eventuell werden auch noch Probeläufe oder Tests an Einzelkomponenten bzw. am Gesamtsystem vor der Einführung durchgeführt.
- 6) Systemeinführung: Ein System kann als Ganzes oder stufenweise eingeführt werden. Größere und komplexe Systeme sollen dabei immer stufenweise eingeführt werden, da sonst zu viele nicht kalkulierbare Nebenerscheinungen auftreten. Nach der Systemeinführung erfolgt die formelle Übergabe an den Auftraggeber.
- 7) Abschluss des Projektes: Mit der erfolgten Übernahme durch den Auftraggeber ist das Projekt abgeschlossen, es sind aber noch eine Reihe von Abschlussarbeiten durchzuführen (z.B. Dokumentation, Auflösen des Projektteams etc.).

- 8) Nutzung und Instandhaltung: In der Lebensphase der Nutzung werden Betriebserfahrungen gesammelt, welche zur Verbesserung oder zur Gestaltung ähnlicher Systeme genutzt werden sollen. Außerdem muss das System gewartet werden.
- 9) Um- oder Neugestaltung, Außerdienststellung: Diese Maßnahmen können im Laufe der Systembenutzung erforderlich werden. Es kann dann auch zum Anstoß eines neuen Projektes kommen.

Problemlösungszyklus als Mikro-Logik¹¹⁹

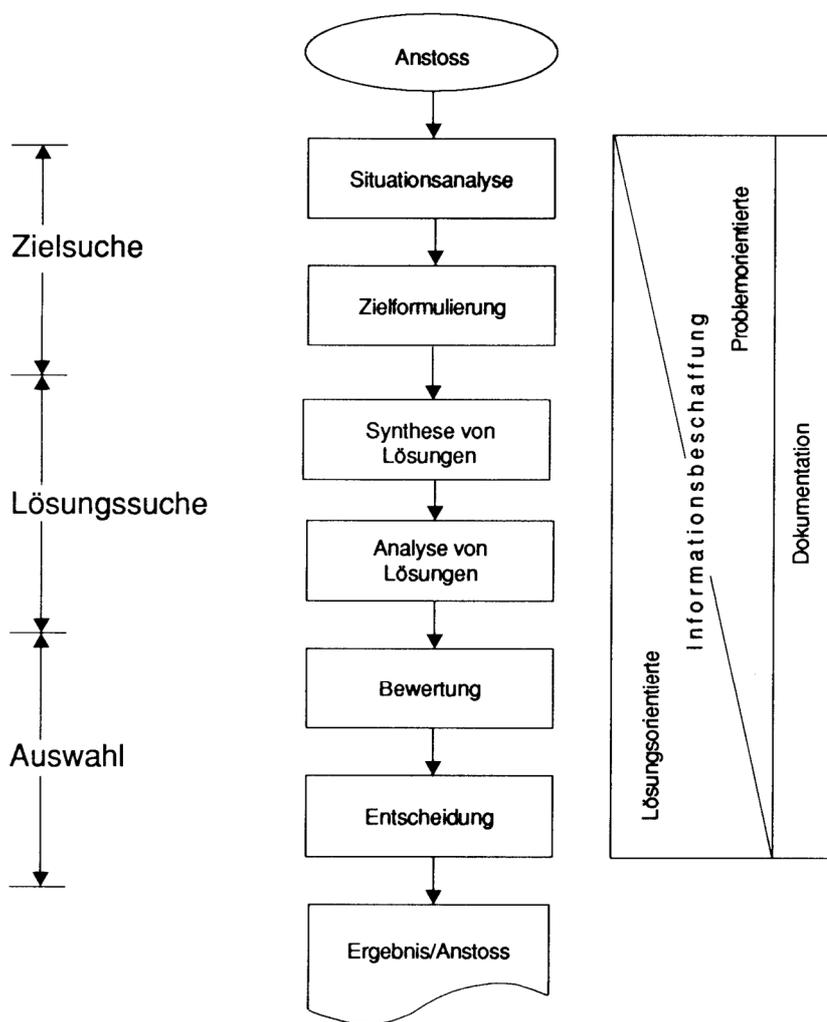


Abbildung 3.9 Problemlösungszyklus – Grundmodell¹²⁰

¹¹⁹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.47ff.

¹²⁰ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.48

Der Problemlösungszyklus des SE-Vorgehensmodells baut auf der Dewey'schen Problemlösungslogik auf und stellt eine Art Mikro-Logik in jeder Projektphase des Phasenablaufs (als Makro-Logik) dar. Der Problemlösungszyklus soll dabei zur Lösung jederart von Problemen angewendet werden.

Die drei Schwerpunkte dieser Mikro-Logik sind Zielsuche bzw. Zielkonkretisierung, Lösungssuche und Auswahl, diese werden weiter in folgende Einzelschritte gegliedert (siehe auch Abbildung 3.9):

- 1) Anstoß: Genau wie beim Phasenablauf steht auch beim Problemlösungszyklus zu Beginn der Anstoß. Er ist auch hier als „Auslöser“ zu verstehen, der die Arbeitslogik in Gang setzt.
- 2) Situationsanalyse: Die Situationsanalyse soll zu einem besseren Verständnis der Ausgangssituation führen, indem unter Anwendung von Informationsbeschaffungstechniken Symptome, Ursachen, Chancen, Gefahren etc. untersucht werden. Es werden die Grundlagen für die anschließende Zielformulierung gelegt und die Randbedingungen für die weitere Lösungssuche herausgearbeitet. Das Ergebnis der Situationsanalyse sind qualitative und quantitative Informationen über die Ausgangssituation, welche zu einem verbesserten Problemverständnis führen.

Dabei ist es zielführend, das in Abbildung 3.10 dargestellte Vorgehensschema anzuwenden.

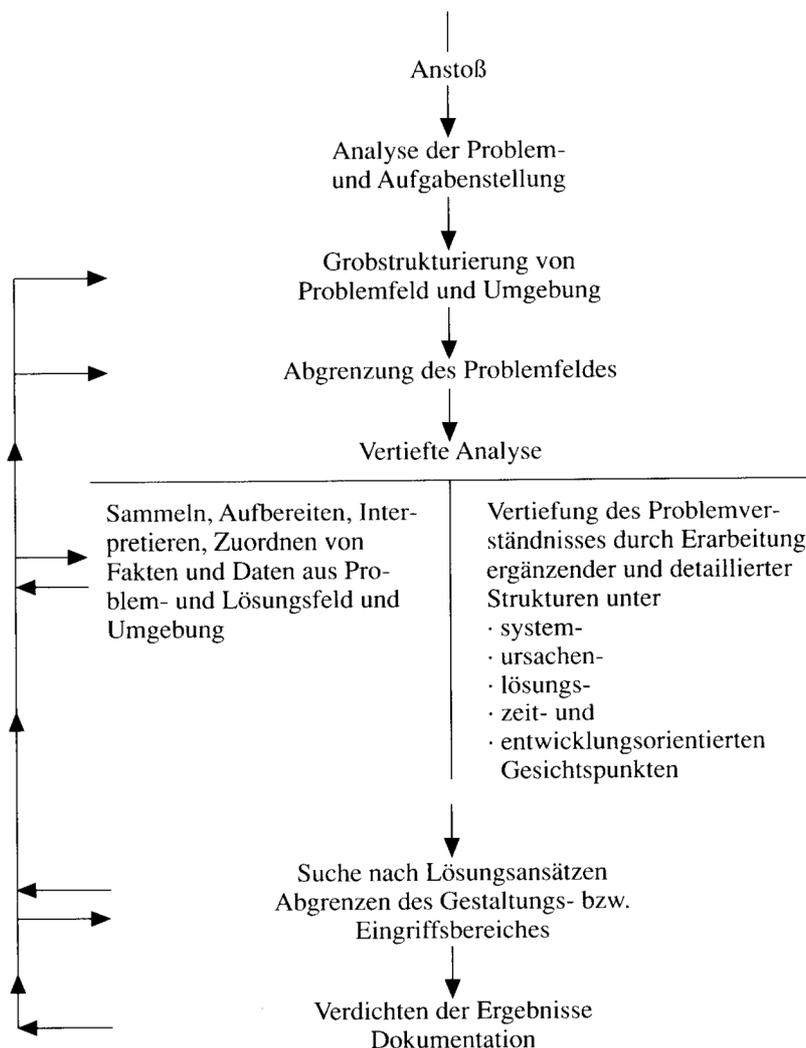


Abbildung 3.10 Vorgehensschema für Situationsanalysen¹²¹

- 3) Zielformulierung: Am Ende der Zielsuche bzw. nach der Situationsanalyse steht die Zielformulierung, in der Absichten bzw. Erwartungen systematisch zusammengestellt werden. Unter Zielen versteht man in diesem Zusammenhang die Beschreibung der erwünschten Wirkungen von Lösungen, sie sollen damit die Lösungssuche steuern. Dazu dienen die Ergebnisse der Situationsanalyse als Informationsquelle für die Konkretisierung bzw. Korrektur allgemeiner Zielvorstellungen, welche auch mit übergeordneten Zielen (z.B. Unternehmensziele) abgestimmt werden sollten. Ziele sollen immer lösungsneutral, vollständig, realistisch sowie möglichst präzise und verständlich formuliert werden. Nach

¹²¹ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.129

ihrer Priorität lassen sie sich in Muss-, Soll- bzw. Wunschziele gliedern, wobei die beiden letzten den Ansatzpunkt für einen Kriterienplan für die spätere Bewertung – der hier begonnen und in der Lösungssuche noch ergänzt wird – bilden. Weiters ist es zweckmäßig, eine generelle globale Zielformulierung sowie präzisierende Einzel- bzw. Teilziele festzulegen. Den Abschluss dieser Phase stellt die Zielentscheidung dar, welche eine verbindliche Grundlage für die weitere Planungsarbeit ist.

Vorgehen bei der Zielformulierung:¹²²

1. Zielobjekt benennen
 2. Zielideen zusammenstellen bzw. sammeln
 3. Sinnvolle Klassifikation für Zielkatalog entwerfen
 4. Provisorischen Zielkatalog erstellen, Zielideen einordnen und ergänzen, Klassifikation ergänzen bzw. modifizieren
 5. Systematische Analyse (Überprüfung auf Einhaltung der Zielprinzipien)
 6. Zielkatalog ergänzen, umstrukturieren und straffen
 7. Zielkatalog als gemeinsam akzeptierte Arbeitshypothese verabschieden und genehmigen
- 4) Synthese von Lösungen: In diesem kreativen und konstruktiven Schritt der Lösungssuche im Problemlösungszyklus werden aufbauend auf den Ergebnissen der Situationsanalyse und der Zielformulierung Lösungsvarianten erarbeitet, welche dem Konkretisierungsniveau der jeweiligen Projektphase entsprechen. Lösungen werden dabei – z.B. mit der Hilfe von Kreativitätstechniken – schrittweise konzipiert, entworfen und konstruiert.
- 5) Analyse von Lösungen: Das kritische und analytisch-destruktive Pendant zur Synthese bildet der Schritt der Lösungs-Analyse. Hier werden die erarbeiteten Lösungskonzepte auf die gestellten Anforderungen und eventuelle Schwachstellen überprüft, wobei der Aufwand dafür mit zunehmendem Konkretisierungsgrad der Lösungsvarianten zunimmt. Ziel der Analyse ist es, in einer Art Vorselektierung ungeeignete Lösungsvarianten auszuschneiden bzw. Verbesserungen aufzuzeigen (zurück zur Synthese), um in weiterer Folge die Grundlage für deren Bewertung zu schaffen.

¹²² Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.153f.

Hierbei ist das in Abbildung 3.11 dargestellte Vorgehensschema zweckmäßig.

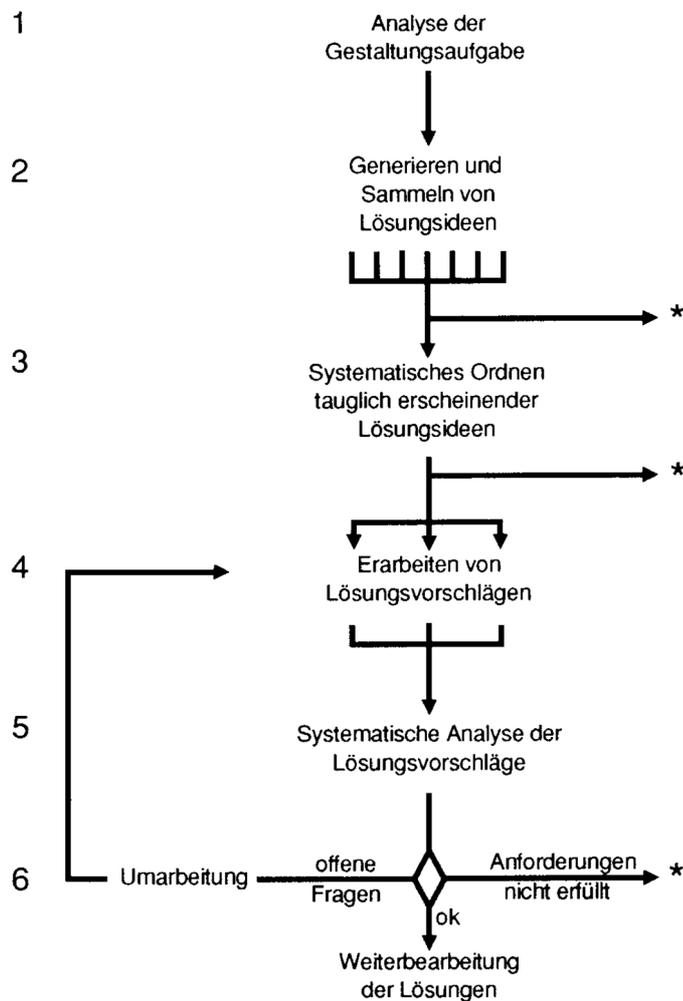


Abbildung 3.11 Vorgehensschema Synthese-Analyse - *) ausgeschiedene Lösungsideen¹²³

- 6) **Bewertung:** In der Bewertung erfolgt eine systematische Gegenüberstellung der prinzipiell (in der Analyse) als tauglich erachteten Lösungsvarianten, welche die Mussziele erfüllen. In diesem Vergleich soll die bestgeeignetste Variante unter der Anwendung von Bewertungstechniken in Zusammenhang mit dem erarbeiteten Kriterienplan gefunden werden.

¹²³ HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.182

Vorgehen bei der Bewertung:¹²⁴

1. Teilnehmerkreis für die Bewertung bestimmen
 2. Kurzbezeichnung für jede zu bewertende Variante wählen
 3. Kriterienplan endgültig festlegen
 4. Gewichtung der Teilziele festlegen
 5. Ausmaß der Erfüllung der Teilziele ermitteln
 6. Gewichtete Teilzielerfüllung und Gesamtnutzen rechnerisch ermitteln
 7. Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse
 8. Sensibilitätsanalyse über Variation der Gewichtung bzw. Noten
 9. Analyse des Risikos und potentieller Probleme
 10. Eventuell Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Gesamtlösung
- 7) Entscheidung/Auswahl: Aufbauend auf die Ergebnisse der Bewertung soll in diesem Schritt die Entscheidung auf eine Lösungsvariante getroffen werden, welche weiter bearbeitet werden soll. Auch der Abbruch eines Vorhabens in einer frühen Projektphase kann eine sinnvolle Variante darstellen.
- 8) Ergebnis: Das Ergebnis einer Projektphase kann wiederum als Anstoß für die nächste Planungsphase dienen (z.B. Hauptstudie oder Detailstudien) oder realisiert werden (Systembau), wobei wieder der Problemlösungszyklus als Mikro-Logik angewendet wird.

Informationsbeschaffung: In jedem Schritt des Problemlösungszyklus werden Informationen benötigt. In der Zielsuche soll die Informationsbeschaffung dabei vorwiegend problem-, in weiterer Folge bei der Lösungssuche und Auswahl zunehmend lösungsorientiert sein (siehe Abbildung 3.9, rechts).

Dokumentation: Die Ergebnisse der einzelnen Schritte müssen laufend nachvollziehbar dokumentiert werden, um später darauf zurückgreifen zu können. Außerdem werden dadurch die Transparenz und somit die Glaubwürdigkeit des Problemlösungsprozesses erhöht.

¹²⁴ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.203

Zusammenhänge zwischen den einzelnen Komponenten des Vorgehensmodells:¹²⁵

Die Zusammenhänge der Komponenten wurden zum Teil schon in den bisherigen Ausführungen sichtbar und werden auch in Abbildung 3.5 ansatzweise dargestellt. So wird zum einen in den Projektphasen das allgemeine Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“ in einer zeitlich-logischen Abfolge konkretisiert. Zum anderen wird darin wiederum das Prinzip der Variantenbildung eingesetzt, welches vor allem in der Lösungssuche (Synthese/Analyse) im Problemlösungszyklus angewendet wird. Dieser ist seinerseits (als Mikro-Logik) fester Bestandteil der Phasengliederung (als Makro-Logik) und hat vor allem in den Entwicklungsphasen (Vor-, Haupt- und Detailstudien) große Bedeutung. Diese sinnvollen Beziehungen sollen als zusammenhängendes Konzept der modularen SE-Methodik verstanden werden, welches dem Anwender alle Freiheiten in seiner Anwendung bis hin zur Modifizierung – mit Ausnahme der Erhaltung der Grundideen – bietet.

3.4.2 Problemlösungsprozess

Der Problemlösungsprozess stellt den Kern der SE-Methodik dar und enthält die Komponenten Systemgestaltung auf der inhaltlichen und Projektmanagement auf der organisatorischen Seite.

3.4.2.1 Systemgestaltung

Unter der Systemgestaltung im Rahmen des SE-Konzepts wird das Anwenden des Vorgehensmodells (siehe Kapitel 3.4.1.2) mit Hilfe des Systemdenkens (siehe Kapitel 3.4.1.1) zur Analyse und Strukturierung des Problems bzw. Problemfeldes sowie zur Gestaltung der Lösung im Rahmen des Lösungsfeldes verstanden (=Problemlösung im eigentlichen Sinn). Es geht dabei darum, die Elemente, Einflüsse, Beziehungen etc. eines Systems zu erfassen und dessen Wirkungsweise zu verstehen, um im Problemlösungsprozess systemgerecht-gestaltend einwirken zu können. Dabei steht die Umsetzung der Systemziele beim konkreten Aufbau der Lösung des Problems im Vordergrund.

¹²⁵ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.58ff.

3.4.2.2 Projektmanagement

Das Projektmanagement (Definition siehe Kapitel 2.1.3) kann als organisatorische Komponente der Vorhabenentwicklung gesehen werden und hat das Management des Problemlösungsprozesses zum Inhalt. Dazu gehören vor allem Planung, Disposition sowie Steuerung und Überwachung von materiellen, personellen, finanziellen und zeitlichen Ressourcen. Es besteht hierbei zwar eine gedankliche, aber keinesfalls eine strikte Trennung zwischen den beiden Komponenten des Problemlösungsprozesses, dem Projektmanagement auf der organisatorischen und der Systemgestaltung auf der inhaltlichen Seite, beide sind als Einheit zu sehen und werden auch von denselben Projektmitarbeitern behandelt.¹²⁶

Um die Aufgaben des Projektmanagements im Problemlösungsprozess beschreiben zu können, kann dieses auf verschiedenen Betrachtungsebenen gesehen werden.¹²⁷

Die *funktionale Dimension* des Projektmanagements umfasst die Tätigkeiten des Ingangsetzens, Inganghaltens sowie Abschließens von Projekten. Das Ingangsetzen beinhaltet diverse Personal- und Organisationsplanungen und hat den Projektauftrag als wichtigstes Ergebnis, welcher eine möglichst schriftliche Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Projektleiter über Ziele, Budgets, Termine etc. darstellt. Das Inganghalten befasst sich mit der Planung, Steuerung und Überwachung des Projektablaufs, hierzu dienen vor allem Entscheidungs- und Fortschrittsberichte als wichtige Instrumente zur Information und Einbindung des Auftraggebers. Zu den Abschlussarbeiten gehören alle Maßnahmen, welche für die geordnete Übergabe der Ergebnisse, der Abrechnung und der resümierenden Manöverkritik erforderlich sind.

Die *institutionelle Dimension* beschäftigt sich mit der Aufbauorganisation von Projekten, also vor allem der Wahl des Organisationsmodells und der Gestaltung der verschiedenen Projektinstanzen und -gremien. Dabei lassen sich drei Funktionsebenen in jedem Projekt voneinander abgrenzen: Die Entscheidungsebene (u.a. Projekt-Ausschuss, Steuerungsausschuss), die Leitungsebene (Projektleiter) und die Ausführungsebene (Projektgruppe). Hinsichtlich der Projektorganisation kommen Modelle wie die sogenannte „Reine Projektorganisation“ (oder auch als Task Force bezeichnet), die Einfluss-Projektorganisation (auch Stabs-Projektorganisation), die Matrix-Projektorganisation sowie diverse Mischformen in der Praxis vor.

¹²⁶ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.240f.

¹²⁷ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.243f.

Die *personelle Dimension* richtet das Augenmerk auf die handelnden Personen im Projekt. Dazu gehört z.B. das Erstellen von Anforderungs- und Eignungsprofilen. Dem Projektleiter und seinen Führungsqualitäten kommt in jedem Projekt eine zentrale Rolle zu. Er soll eine schlagkräftige Projektgruppe zusammenstellen, die von ihm geführt, koordiniert und informiert sowie auch nach außen bzw. gegenüber dem Auftraggeber und der Projektaufsicht vertreten werden muss.

Die *psychologische Dimension* beschäftigt sich letztlich mit Fragen der Grundeinstellung und dem Verhalten der Beteiligten im Projekt, also der Beachtung der menschlichen Komponente. Die Berücksichtigung diverser psychologischer Aspekte neben der rational-methodischen Denkweise ergänzt dabei das Projektmanagement um eine wichtige Ebene.

Die *instrumentelle Dimension* betrifft das Anwenden des Handwerkszeuges, sprich Methoden und Techniken des Projektmanagements (siehe auch Kapitel 3.4.3.2). Dazu gehören u.a., Techniken zur Strukturierung von Projekten, Planungs- und Kontrolltechniken, Techniken zur Darstellung des Projektablaufs bzw. -fortschritts und viele andere mehr. Zusätzlich sollen auf der instrumentellen Ebene noch das Projekt-Marketing bezüglich Außen- und Innenpositionierung des Projektes und die Einsetzung eines Projekt-Informationssystems (PIS), welches die Versorgung verschiedener Projektbeteiligter mit Informationen (in Form eines entsprechenden Dokumentations- und Berichtswesens) sicherstellt, erwähnt sein.

3.4.3 Techniken und Hilfsmittel

Die SE-Methodik bedient sich beim Problemlösungsprozess Techniken der Systemgestaltung und des Projektmanagements, welche nach Bedarf beliebig eingesetzt werden können. Das Portfolio an Techniken ist dabei prinzipiell unbeschränkt, lässt sich allerdings in eine Reihe von Gruppen einteilen, auf die in weiterer Folge eingegangen wird. In Abbildung 3.12 wird dazu eine Übersicht an entsprechenden Techniken und Methoden dargestellt, zu deren jeweiligen näheren Beschreibung, Umsetzung sowie Einsatzmöglichkeiten auf entsprechende Literatur verwiesen wird.

Problemlösungsprozess						
Informationsbeschaffung	Informationsaufbereitung	Informationsdarstellung	Zielformulierung	Synthese von Lösungen		Analyse von Lösungen
				Kreativität	Optimierung	
Ablaufanalyse	ABC-Analyse	Abeitsablaufplan	Operationalisierung	Analogie-Methode	Branch and Bound	Gewichtsbemessung
Checklisten	Beeinflussungsmatrix	Ablaufdiagramm	Polaritätsprofil	Attribute-Listing	Dynamische Optimierung	Kosten-Nutzen-Rechnung
Datenbanksysteme	Black-Box-Methode	Balkendiagramm	Ziel/Mittel-Denken	Brainstorming	Entscheidungsbaum	Kosten-Wirksamkeits-Analyse
Delphi-Methode	Exponentielle Glättung	Beeinflussungsmatrix	Zielkatalog	Kärtchen-Technik	Entscheidungstheorie	Kosten-Wirtschaftlichkeits-Rechnung
Fragebogen-Technik	Hochrechnungsprognosen	Blockschaltbild	Ziel-Relationen-Matrix	Methode 635	Heuristische Methoden	Kriterienplan
Informationsbeschaffungsplan	Input-Output-Modelle	Flussdiagramm		Morphologie	Konkurrenzprobleme	Nutzwertanalyse
Interview	Korrelationsanalyse	Gliederungsplan		Problemlösungsbaum	Lineare Optimierung	Punktebewertung
Multimoment-Aufnahme	Mathematische Statistik	Grafik-Software		Synektik	Monte-Carlo-Methode	Sensitivitätsanalyse
Panel-Befragung	Regressionsanalyse	Graph		Szenario-Planung	Operations-Research	Skalierungsmatrix
Umfrage	Sättigungsmodelle	Histogramm		Wirkungsnetze	Reihenfolgeprobleme	Wirtschaftlichkeitsrechnung
	Statistik	Netzplantechnik			Simplex-Methode	
	Stichprobe	Organigramm			Simulationstechnik	
	Szenario-Technik	Projektstrukturplan			Spieltheorie	
	Trendextrapolation	Ursachenmatrix			Warteschlangenprobleme	
	Ursachenmatrix	Wirkungsnetz			Zuteilungsprobleme	
	Vernetztes Denken					
	Wahrscheinlichkeitsrechnung					

Abbildung 3.12 Techniken und Methoden – Übersicht¹²⁸

¹²⁸ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.428

3.4.3.1 Techniken der Systemgestaltung

Hierbei handelt es sich um Techniken und Methoden, die im Zuge des Problemlösungsprozesses eingesetzt werden können. Sie lassen sich folgendermaßen gliedern:

Techniken der Informationsbeschaffung:

Informationsbeschaffungstechniken dienen der Erschließung von Grundlageninformationen und können entsprechend dem Zeitaspekt vergangenheits-, gegenwarts- oder zukunftsorientiert sein. Darunter fallen das Sammeln von Informationen (vergangenheitsorientiert), die Befragung bzw. Beobachtung (gegenwartsorientiert) und die Prognostizierung (zukunftsorientiert). Dabei erarbeitet bzw. bedient man sich sogenannter Primär- oder Sekundär-Unterlagen. Primär-Unterlagen sind solche, welche in der Regel erst gezielt erarbeitet werden müssen, wohingegen Sekundär-Unterlagen in einem anderen Zusammenhang erstellt wurden und nur indirekten Bezug zum Vorhaben haben.¹²⁹

Techniken der Informationsaufbereitung:

Mit Informationsaufbereitungstechniken können qualitative wie auch quantitative Informationen verarbeitet werden, um diese für die weitere Verwendung (z.B. Darstellung) handhabbar zu gestalten. Qualitative Informationen werden unter sachlogischen, zeitlichen und örtlichen Gesichtspunkten aufbereitet. Für die Verarbeitung von quantitativer Information eignen sich praktisch alle Auswertungstechniken, die aus der Statistik bekannt sind.¹³⁰

Techniken der Informationsdarstellung:

Informationsdarstellungstechniken dienen der optischen Aufbereitung von Informationen, um deren Aussagekraft zu erhöhen. Mit Darstellungstechniken können große Datenmengen geordnet und zusammenhängend veranschaulicht werden, wodurch die Beurteilung und Kommunikation komplexer Sachverhalte erleichtert wird. Es existieren verschiedenste Darstellungsformen, welche rein formell in tabellarische und graphische Darstellungstechniken unterschieden werden und großen gestalterischen Freiraum bieten.¹³¹

¹²⁹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.481

¹³⁰ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.479

¹³¹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.454

Techniken zur Zielformulierung:

Das Festlegen von konkreten Zielen ist eine wichtige Voraussetzung, um bei der Suche nach der bestmöglichen Lösung erfolgreich sein zu können. Dazu bieten Techniken wie z.B. die Erstellung eines Zielkatalogs oder das Ziel/Mittel-Denken eine Hilfe zur Findung, Strukturierung und abschließenden Festlegung von Muss-, Soll- und Wunschzielen bzw. Allgemein- und Teilzielen.

Kreativitätstechniken:

Kreativitätstechniken werden dann eingesetzt, wenn aktiv nach Ideen gesucht werden soll. Grund dafür ist oft, dass routinemäßige Lösungswege nicht zum Ziel führen oder neuartige Problemstellungen vorliegen. Bezüglich der Herangehensweise wird zwischen analytisch-systematischen und intuitiv-kreativen Kreativitätstechniken unterschieden. Intuitiv-kreative Kreativitätstechniken (z.B. Brainstorming) werden häufig in Gruppen angewendet, wofür das Einsetzen eines Moderators zweckmäßig ist. Der Einsatz von Kreativitätstechniken stellt keine Erfolgsgarantie dar, ermöglicht jedoch neue Denkweisen und baut dadurch Barrieren im Ideenstrom ab.¹³²

Optimierungstechniken:

Die Aufgabe von Optimierungstechniken besteht darin, sich möglichst nahe einem gewünschten (optimalen) Ergebnis zu nähern. Dabei werden mathematische Methoden genauso wie Methoden aus der Statistik angewendet. So werden die verschiedenen Parameter eines Problems zusammengetragen und durch Einführung von Beziehungen wird daraus ein Modell gebildet, das im Anschluss simuliert werden kann. Dabei ergibt sich ein iteratives Vorgehen, bei dem das Modell durch Variation der Parameter und Anpassung der Beziehungen laufend verbessert werden kann.

Techniken zur Analyse von Lösungen:

Mit Analysetechniken können Sachverhalte (Strukturen, Beziehungen, Abläufe) im Zuge des Analysevorgangs zergliedert und untersucht werden. Diese werden meist entsprechend dem Aspekt der Untersuchung bezeichnet (z.B. Risiko-Analyse).¹³³

¹³² Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.492f.

¹³³ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.437f.

Techniken zur Bewertung und Entscheidung:

Bewertungstechniken sollen dabei helfen, mit formalisierten Verfahren Lösungsvarianten bezüglich der Erfüllung der Ziele zu ordnen, um die Grundlage für eine Entscheidung zu legen. Dabei werden gewisse Merkmale der Varianten (Bewertungskriterien) bewertet, wodurch diese vergleichbar werden. Durch die je nach Technik unterschiedliche Bewertungsweise ergibt sich für jede Variante ein Ergebnis, was eine Reihung ermöglicht. Mit Bewertungstechniken können Entscheidungen somit nachvollziehbar gestaltet werden.¹³⁴

3.4.3.2 Techniken des Projektmanagement

Techniken des Projektmanagement dienen der organisatorischen Unterstützung des Problemlösungsprozesses.

Als wichtige Instrumente, Methoden und Techniken sollen in diesem Zusammenhang folgende genannt sein:

- *Projektstrukturplan (PSP)*: Graphische Übersicht (meist in systemhierarchischer Darstellung) zur Abgrenzung von Arbeitsinhalten bzw. Objekten im Rahmen eines Projektes, kann objekt-, aufgaben- oder phasenorientiert strukturiert sein¹³⁵
- *Funktionendiagramm*: Diagramm zur anschaulichen Zuordnung von Funktionen bzw. Aufgaben zu Aufgabenträgern¹³⁶
- *Stellenbeschreibung*: Beinhaltet neben Stellenbezeichnung und -inhaber auch Informationen über Unterstellungsverhältnis, Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortungen, Pflichten etc.¹³⁷
- *Netzplantechnik*: Hilfsmittel, um komplexe Arbeitsabläufe, deren logische Verknüpfungen und zeitliche Bedingungen besser planen, koordinieren, kontrollieren und darstellen zu können¹³⁸
- *Balkendiagramm*: Darstellungsform, bei der mit Balken Vorgänge zeitlich angeordnet und zu Abläufen verknüpft werden¹³⁹

¹³⁴ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.441ff.

¹³⁵ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.528

¹³⁶ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.269

¹³⁷ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.269f.

¹³⁸ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.508

¹³⁹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.440

- *Zeit/Kosten/Fortschritts-Diagramm*: Diagramm zur anschaulichen Darstellung der Termin- und Kostensituation und des Arbeitsfortschritts in einem Projekt¹⁴⁰
- *Entscheidungsbericht*: Enthält wichtige Einschätzungen und Informationen über bestimmte Sachverhalte, worauf aufbauend Entscheidungsinstanzen Entscheidungen treffen können¹⁴¹
- *Fortschrittsbericht*: Dient der kurzen und prägnanten Darlegung von Informationen über den aktuellen Stand des Projekts zur Vorlage an den Projektausschuss¹⁴²

Weiters gibt es eine Reihe computerunterstützter *Projekt-Management-Systeme (PMS)*, welche diesbezüglich als Hilfsmittel zur Projektplanung, -kontrolle und -steuerung eingesetzt werden.¹⁴³

¹⁴⁰ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.562

¹⁴¹ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.252

¹⁴² Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.252-253

¹⁴³ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S.251-252

4 Arbeitsvorbereitung

In diesem Kapitel wird auf die Arbeitsvorbereitung als Teil des Prozesses Bauprojekt eingegangen. Es werden dazu zuerst die generellen Aufgaben und Ziele der Arbeitsvorbereitung angeführt und danach die einzelnen Tätigkeiten beschrieben.

4.1 Aufgaben und Ziele

Die Aufgabe der Arbeitsvorbereitung liegt darin, möglichst gute Vorbereitungen in Form von Überlegungen, Planungen und Dispositionen für die Bauausführung zu tätigen, um die vertraglich vereinbarten Leistungsinhalte erbringen zu können.

Drees und Spranz schreiben hierzu folgendes:

„Durch die Arbeitsvorbereitung werden ... die Voraussetzungen geschaffen, daß

- *Arbeitskräfte*
- *Maschinen*
- *Baustoffe*

*zur richtigen Zeit in der notwendigen Menge am richtigen Ort sind.*¹⁴⁴

An dieser Stellen seien aber noch zwei Ergänzungen zu dieser Ausführung nach Drees und Spranz angeführt, nämlich: „...in der geforderten Qualität“ und „...zu den geringstmöglichen Kosten“, wobei letzterem Punkt in der Praxis wohl die größte Aufmerksamkeit in der Arbeitsvorbereitung des Auftragnehmers gewidmet wird. So sollen die Ressourcen unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit geeignet ausgewählt und produktiv eingesetzt sein.

Das Ziel der Arbeitsvorbereitung ist es also, die Produktionsfaktoren – unter denen ganz allgemein alle Mittel verstanden werden, die eine bestimmte Produktion oder Zustandsänderung ermöglichen – zeitlich, räumlich, qualitativ und quantitativ bestmöglich miteinander zu kombinieren, um Bauwerke unter den vorgegebenen Randbedingungen technisch und wirtschaftlich optimal zu errichten. Dabei wird bei den Produktionsfaktoren allgemein in Elementarfaktoren und dispositive Faktoren unterschieden, welche nur in Kombination eine effiziente Produktion bewirken können. Hierbei zählen Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe zu den Elementarfaktoren, durch welche die Herstellung der Bauwerke erfolgt. Unter den dispositiven Faktoren versteht man weiters

¹⁴⁴ DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen, S.11

alle organisierenden, planenden, steuernden etc. Aktivitäten zur „richtigen“ Kombination der Elementarfaktoren.^{145 146}

Zur Umsetzung dieser Aufgaben und Ziele werden im Zuge der Arbeitsvorbereitung folgende Planungsmaßnahmen herangezogen, welche in Kapitel 4.2 näher erläutert werden:

- Verfahrensvergleich
- Bauablaufplanung
- Baulogistik
- Baustelleneinrichtungsplanung
- Kalkulation
- Soll-Ist-Vergleich

Vorausdenkende Planungsmaßnahmen in diesen Bereichen sollen eine möglichst optimale Bauausführung gewährleisten, sodass rechtzeitig und schnell gehandelt werden kann. Dies gilt vor allem bei Eintritt von Störungen oder bei Abweichungen, die in der Praxis unvermeidbar sind. Bei mangelnder Planung ist die Bauausführung hingegen von Improvisation gekennzeichnet, wovon Verluste in der Wirtschaftlichkeit die Folge sind.¹⁴⁷

Bezüglich des Aufwands an Ressourcen (Zeit und Personal), welcher vom Auftragnehmer für die Arbeitsvorbereitung aufgebracht wird bzw. werden sollte, können dabei folgende Aussagen gemacht werden:¹⁴⁸

- Wie von Experten vielfach in der Literatur erwähnt wird, wirkt sich ein Mehr an eingesetztem Arbeitsaufwand für die Arbeitsvorbereitung positiv auf den Projekterfolg aus.
- Allerdings sind die zur Verfügung stehenden Ressourcen für die Arbeitsvorbereitung begrenzt, vor allem die dafür vorhandene Zeit ist in der Regel nur sehr kurz.
- Es gilt daher, die vorhandenen Ressourcen für die Arbeitsvorbereitung möglichst effizient zu nutzen (z.B. durch den systematischen Einsatz von Planungsinstrumenten) um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.

¹⁴⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.14

¹⁴⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/Projektvorbereitung, Beitrag im Tagungsband „Arbeitsvorbereitung für Bauprojekte – Nutzen der Arbeitsvorbereitung für den Projekterfolg“ des 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposiums, S.150f.

¹⁴⁷ Vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S.1

¹⁴⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.37ff.

4.2 Tätigkeiten

In diesem Kapitel werden die Planungsmaßnahmen im Zuge der Arbeitsvorbereitung – bzw. in weiterer Folge auch als Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung bezeichnet – ausführlich behandelt.

Die einzelnen Tätigkeiten der Arbeitsvorbereitung (Verfahrensvergleich, Bauablaufplanung, Baulogistik, Baustelleneinrichtungsplanung, Kalkulation, Soll-Ist-Vergleich) sind keineswegs isoliert zu betrachten, sondern aufgrund der gegenseitigen Wechselwirkungen immer vernetzt als zusammenhängende Einheit zu planen. Eine einseitige Schwerpunktbildung würde zu unausgewogenen und ungünstigen Gesamtkonzepten führen.¹⁴⁹

In Abbildung 4.1 wird die Rolle der Arbeitsvorbereitung im Rahmen eines Bauprojekts nach Hofstadler dargestellt und anschließend näher beschrieben. Diese Abbildung stellt ein Regelkreismodell dar, welches noch für weitere Ausführungen in dieser Arbeit herangezogen wird und als wichtiger Grundstein für viele Überlegungen im Zuge dieser Masterarbeit dient.

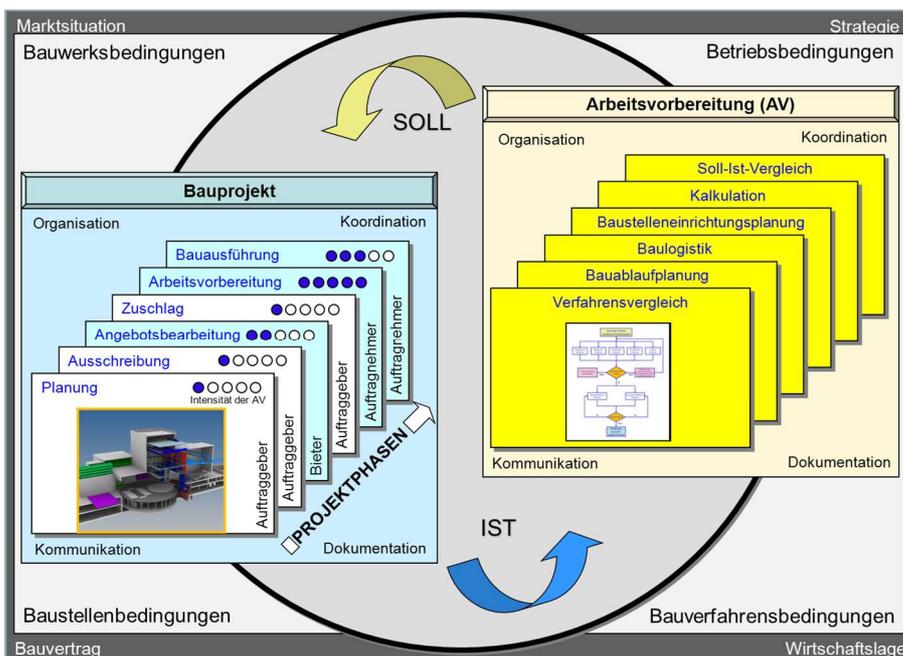


Abbildung 4.1 Die Rolle der Arbeitsvorbereitung im Rahmen eines Projektes¹⁵⁰

¹⁴⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/Projektvorbereitung, Beitrag im Tagungsband „Arbeitsvorbereitung für Bauprojekte – Nutzen der Arbeitsvorbereitung für den Projekterfolg“ des 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposiums, S.151

¹⁵⁰ HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/Projektvorbereitung, Beitrag im Tagungsband „Arbeitsvorbereitung für Bauprojekte – Nutzen der Arbeitsvorbereitung für den Projekterfolg“ des 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposiums, S.152

Die Arbeitsvorbereitung als Summe ihrer Planungstätigkeiten findet sich in dieser Modelldarstellung in den verschiedenen Projektphasen eines Bauprojekts in unterschiedlicher Intensität sowie Bedeutung (durch Punkteskala angedeutet) wieder. Dabei wird die Arbeitsvorbereitung in den Phasen der Planung, Ausschreibung und des Zuschlags vom Auftraggeber (weiß gekennzeichnet) bzw. in der Angebotsbearbeitung, Arbeitsvorbereitung und Bauausführung vom Auftragnehmer (blau gekennzeichnet) zu unterschiedlichen Zwecken durchgeführt. Natürlich besteht in der klassischen Arbeitsvorbereitung des Auftragnehmers nach dem Zuschlag bis vor Baubeginn die größte Bearbeitungsintensität, aber auch während der Bauausführung findet baubegleitend noch eine intensive Arbeitsvorbereitung statt. Dies liegt einerseits daran, dass die Planung zu Baubeginn meist bei weitem noch nicht abgeschlossen ist bzw. auch Zeit und Ressourcen für die Arbeitsvorbereitung zu gering angesetzt werden und andererseits auch daran, dass laufend auf veränderte Gegebenheiten reagiert werden muss. Außerdem dargestellt sind verschiedene dispositive Tätigkeiten wie Organisation, Koordination, Kommunikation und Dokumentation, die sowohl im Rahmen der Arbeitsvorbereitung als auch des Bauprojekts von Bedeutung sind.

Der angedeutete Kreislauf zwischen Arbeitsvorbereitung und Bauprojekt in Abbildung 4.1 entspricht dem Regelkreismodell nach Hofstadler, bei dem diese gemeinsam einen vernetzten, dynamischen Prozess bilden. Dabei haben Veränderungen der Bedingungen (verursacht durch z.B. Fehleinschätzungen, Änderungen, Störungen etc.) Einfluss auf die Arbeitsvorbereitung. Alle Soll-Planungsmaßnahmen aus der Arbeitsvorbereitung müssen den neuen Ist-Situationen aus der Bauprojektpraxis gegenübergestellt und bei Abweichungen entsprechende Gegensteuerungsmaßnahmen ergriffen werden. Dieser Kreislauf zwischen Arbeitsvorbereitung und Bauprojekt wird im engeren Sinne in Form von sich ändernden Bauwerks-, Betriebs-, Baustellen- und Bauverfahrensbedingungen bzw. im weiteren Sinne durch veränderte Gegebenheiten der Marktsituation, Strategie, Bauvertrag und Wirtschaftslage laufend beeinflusst.¹⁵¹

¹⁵¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/Projektvorbereitung, Beitrag im Tagungsband „Arbeitsvorbereitung für Bauprojekte – Nutzen der Arbeitsvorbereitung für den Projekterfolg“ des 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposiums, S.151ff.

4.2.1 Verfahrensvergleich

In der Regel stehen für die Ausführung von Bauarbeiten mehrere Bauverfahren zur Auswahl. Ziel der Verfahrensauswahl ist es dabei, die jeweils optimalen Bauverfahren auszuwählen.

Grundlage dafür ist der methodische Verfahrensvergleich, welcher für den vorgesehenen Anwendungszweck die jeweils relevanten Einflussgrößen berücksichtigt und alle in Frage kommenden Verfahren hinsichtlich ihrer technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Eignung vergleichend untersucht. Dabei werden nach den jeweils betrachteten Einflussfaktoren zwei Methoden unterschieden:¹⁵²

- Kalkulatorischer Verfahrensvergleich
- Differenzierter Verfahrensvergleich

4.2.1.1 Kalkulatorischer Verfahrensvergleich

Beim kalkulatorischen Verfahrensvergleich werden nur die Kosten der relevanten Bauverfahren betrachtet und miteinander verglichen. Dazu können der Differenzkostenvergleich und der Wirtschaftlichkeitsvergleich herangezogen werden.

Differenzkostenvergleich:¹⁵³

Beim Differenzkostenvergleich wird der absolute Kostenunterschied zwischen zwei Größen ermittelt, wozu sämtliche Einflussgrößen (auf die Kosten) bekannt sein müssen.

Der absolute Unterschied D (Differenz) zweier Größen K1 und K2 ergibt sich nach folgender Gleichung zu:

$$D = K1 - K2$$

Glg. 1

Hierbei müssen die Dimensionen der Größen K1 und K2 gleich sein.

Der bezogene Unterschied D_B wird nicht in absoluten Zahlen, sondern bezogen auf eine Größe in Prozent angegeben:

$$D_B = \frac{K1-K2}{K1} \quad \text{oder} \quad D_B = \frac{K1-K2}{K2}$$

Glg. 2

Die Dimensionen der beiden Größen müssen ebenfalls gleich sein.

¹⁵² Vgl. HOFFMANN, M.: Zahlentafeln für den Baubetrieb, S.480f.

¹⁵³ Vgl. LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren, S.114

Wirtschaftlichkeitsvergleich:¹⁵⁴

Mit diesem Verfahren kann gezeigt werden, ab welchem Umfang (z.B. Fertigungsmenge, Einsatzzahl, Einsatzdauer etc.) ein Verfahren wirtschaftlicher ist als ein anderes. Die sogenannte Wirtschaftlichkeitsgrenze ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Kostenkurven. Die Ermittlung der Kostenkurven ist dabei mit erhöhtem Aufwand und eventuell auch mit Unsicherheiten verbunden.

Berechnet wird die Wirtschaftlichkeitsgrenze, indem die Differenz D gleich Null gesetzt wird. Die Gesamtkosten setzen sich hierbei aus fixen (F_n) und variablen Kosten ($V_n \cdot x$) zusammen.

$$D = K_1 - K_2 = 0$$

$$K_1 = F_1 + V_1 \times x$$

$$K_2 = F_2 + V_2 \times x$$

für $K_1 = K_2$ ist $x = x_0$... Wirtschaftlichkeitsgrenze

$$x_0 = \frac{F_2 - F_1}{V_1 - V_2}$$

Glg. 3

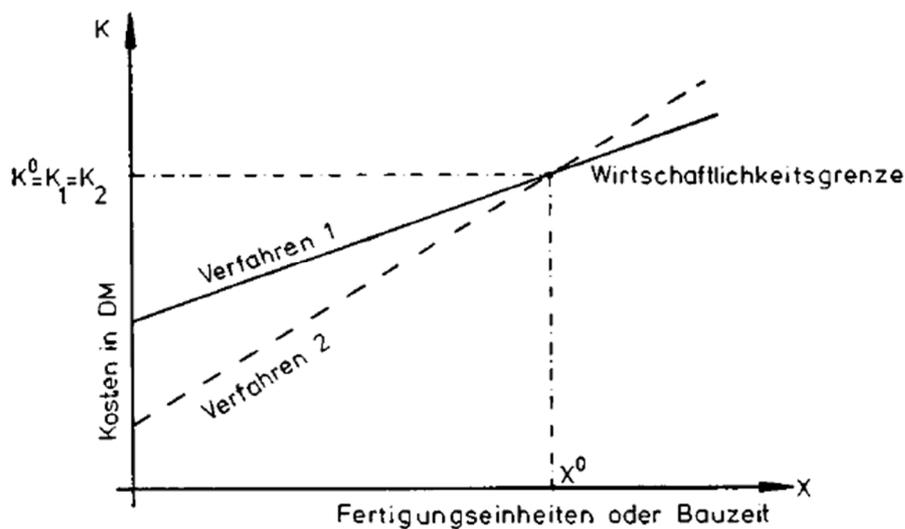


Abbildung 4.2 Grafische Darstellung des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen zwei Verfahren¹⁵⁵

¹⁵⁴ Vgl. LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren, S.117

¹⁵⁵ DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen, S.25

4.2.1.2 Differenzierter Verfahrensvergleich

Der differenzierte Verfahrensvergleich berücksichtigt neben den rein wirtschaftlichen Kriterien auch technische, organisatorische und sicherheitstechnische Kriterien und ist dadurch umfassender, erfordert aber auch eine größere Datenmenge und ist damit zeitaufwendiger als der kalkulatorische Verfahrensvergleich. Diese ganzheitliche Betrachtung trägt wesentlich zur Risikoreduzierung in der Kalkulation und in der Bauausführung bei.¹⁵⁶

Es existieren mehrere – in ihrer Vorgehensweise ähnliche – Methodenvarianten des differenzierten Verfahrensvergleichs. In dieser Arbeit wird die Vorgehensweise der Methode nach Hofstadler vorgestellt. Für weitere Methoden sei an dieser Stelle auf die Ausführungen von Lang¹⁵⁷ verwiesen.

Differenzierter Verfahrensvergleich nach Hofstadler:¹⁵⁸

Die in Abbildung 4.3 schematisch dargestellte Vorgehensweise kann folgendermaßen beschrieben werden:

1. Formulieren von Unterkriterien für die Ausscheidungskriterien (Ästhetische Kriterien, Bauwerkskriterien, Sicherheitskriterien, Technische Kriterien, Umwelt- und Umfeldkriterien) unter Berücksichtigung der Ausschreibungsunterlagen bzw. des Bauvertrags
2. Durchführen einer Nutzwertanalyse mit Punktesystem (Teil 1)
3. Überprüfen der Erfüllung der Kriterien und gegebenenfalls Elemente des Verfahrens/Systems ersetzen
4. Ausscheiden aller Verfahren/Systeme, die nach dem Austausch nicht alle Kriterien erfüllen
5. Formulieren der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien
6. Ermitteln der Bandbreite für die Kosten und Bauzeit, wobei der Ressourceneinsatz und die Logistik berücksichtigt werden
7. Abschätzen der Risiken der verschiedenen Verfahren/Systeme hinsichtlich der formulierten Kriterien
8. Durchführen einer Nutzwertanalyse mit Punktesystem (Teil 2)
9. Überprüfen und gegebenenfalls Überarbeiten der Ergebnisse
10. Beurteilen der Risiken
11. Entscheiden für ein Verfahren/System

¹⁵⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.74

¹⁵⁷ LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren

¹⁵⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schularbeiten, S.345

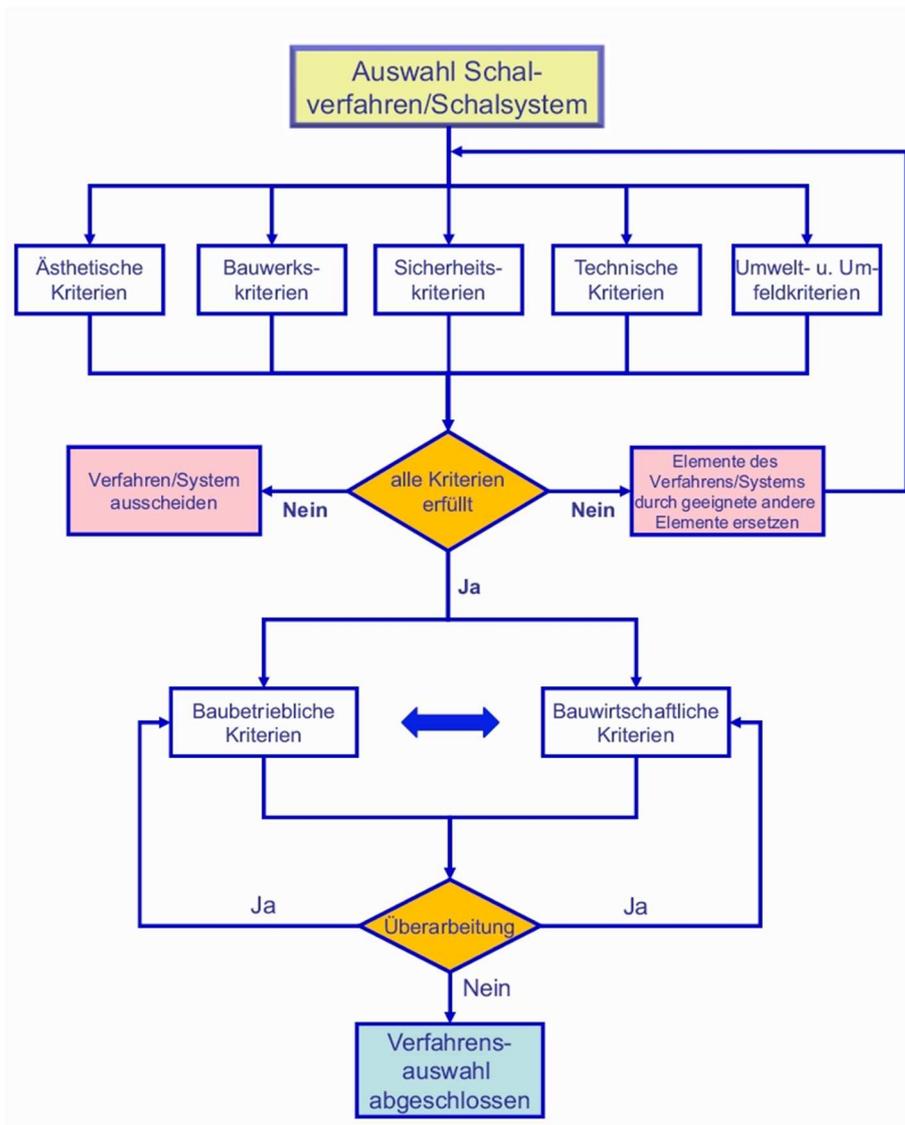


Abbildung 4.3 Vorgangsschema für den differenzierten Verfahrensvergleich nach Hofstadler – Bsp. Auswahl Schalverfahren/Schalsystem¹⁵⁹

Entscheidungsmatrix:

Die Entscheidungsmatrix nach Hofstadler bietet hierbei eine Möglichkeit der gegenüberstellenden Bewertung verschiedener Verfahren oder Systeme anhand formulierter Auswahlkriterien.

Bei den Auswahlkriterien wird zwischen harten und weichen Kriterien unterschieden, wobei zu den weichen Kriterien z.B. persönliche Präferenzen für ein bestimmtes Verfahren zählen. Die harten Kriterien

¹⁵⁹ HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, S.346

werden wiederum in zwei Gruppen gegliedert und zwar in jene der Ausscheidungskriterien (KO-Kriterien) und in jene der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien. In der Gruppe der Ausscheidungskriterien muss jedes Teilkriterium einen Wert größer Null annehmen, sonst ist das Verfahren oder System auszuschneiden, sofern kein Austausch des betreffenden Elements möglich ist.

Die Kriterien sind der Aufgabenstellung entsprechend auszuwählen und zu gewichten (in Summe je 100% bei den Ausscheidungskriterien sowie den baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien), bevor die einzelnen Varianten diesbezüglich von 0 bis 5 Punkte (0 Punkte = Kriterium nicht erfüllt, 5 Punkte = Kriterium voll erfüllt) bewertet werden. Die vergebenen Punkte werden in weiterer Folge mit der entsprechenden Gewichtung multipliziert (= gewichtete Punkte).

Die Summe der gewichteten Punkte in der Gruppe der Ausscheidungskriterien wird dabei mit dem Ausscheidungsfaktor multipliziert, durch den alle Varianten ausgeschieden werden, die auch nur bei einem Teilkriterium 0 Punkte bekommen haben.

Als nächster Schritt wird die Anzahl der Gesamtpunkte der Verfahren/Systeme gebildet (= Summe der gewichteten Punkte der Ausscheidungskriterien und der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien) und mit dem Risikofaktor (= Funktion der Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung) multipliziert. Dabei kann eine abschließende Risikobewertung durch Einsetzen eines Wertes zwischen 0 und 1 vorgenommen werden (0 = unüberwindliches Risiko, 1 = kein erhöhtes Risiko).

Durch Ermittlung der Endpunktzahl können die bewerteten Varianten entsprechend gereiht und darauf aufbauend eine Entscheidung bezüglich der Verfahrens-/Systemauswahl getroffen werden

In Abbildung 4.4 ist die Entscheidungsmatrix in allgemeiner Form dargestellt (beispielhaft mit Zahlen belegt) und kann zum Vergleich von mehr als 3 Varianten entsprechend erweitert werden.

Entscheidungsmatrix										
Kriterien			Gewichtung		Verfahren/System					
			4	5	Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C	
1	2	3	Gesamt [%]	Einzel [%]	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt
Ausscheidungskriterien	Ästhetische Kriterien	Kriterium 1	15	50	1	0,075	1	0,075	0	0
		Kriterium 2		30	1	0,045	1	0,045	1	0,045
		Kriterium 3		10	2	0,03	2	0,03	2	0,03
		Kriterium 4		5	2	0,015	2	0,015	2	0,015
		Kriterium i		5	2	0,015	2	0,015	2	0,015
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,18		0,18		0,105
	Bauwerks-spezifische Kriterien	Kriterium 1	15	30	2	0,09	2	0,09	5	0,225
		Kriterium 2		30	2	0,09	3	0,135	3	0,135
		Kriterium 3		30	2	0,09	4	0,18	2	0,09
		Kriterium 4		5	2	0,015	2	0,015	2	0,015
		Kriterium i		5	2	0,015	2	0,015	2	0,015
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,3		0,435		0,48
	Sicherheits-technische Kriterien	Kriterium 1	15	30	2	0,09	2	0,09	2	0,09
		Kriterium 2		30	2	0,09	2	0,09	2	0,09
		Kriterium 3		30	2	0,09	2	0,09	3	0,135
		Kriterium 4		5	2	0,015	2	0,015	4	0,03
		Kriterium i		5	2	0,015	2	0,015	2	0,015
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,3		0,3		0,36
	Technische Kriterien	Kriterium 1	15	30	2	0,09	2	0,09	2	0,09
		Kriterium 2		30	2	0,09	3	0,135	2	0,09
		Kriterium 3		30	2	0,09	5	0,225	2	0,09
		Kriterium 4		5	2	0,015	2	0,015	2	0,015
		Kriterium i		5	2	0,015	2	0,015	2	0,015
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,3		0,48		0,3
Umwelt- u. Umfeldspezifische Kriterien	Kriterium 1	40	20	2	0,16	2	0,16	2	0,16	
	Kriterium 2		20	2	0,16	2	0,16	2	0,16	
	Kriterium 3		20	2	0,16	2	0,16	2	0,16	
	Kriterium 4		30	2	0,24	2	0,24	2	0,24	
	Kriterium i		10	2	0,08	2	0,08	2	0,08	
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,8		0,8		0,8	
			100		1,88		2,20		2,05	
Ausscheidungsfaktor (multiplikativ: 1 alle Kriterien erfüllt, 0 zumindest ein Kriterium nicht erfüllt):				1		1		0		
Punkteanzahl der Ausscheidungskriterien:				1,88		2,20		0,00		
Baubetriebliche u. bauwirtschaftliche Kriterien	Baubetriebliche Kriterien	Kriterium 1	50	50	1	0,25	3	0,75	5	1,25
		Kriterium 2		30	3	0,45	5	0,75	1	0,15
		Kriterium 3		5	5	0,125	2	0,05	3	0,075
		Kriterium 4		5	1	0,025	2	0,05	5	0,125
		Kriterium i		10	2	0,1	2	0,1	2	0,1
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,95		1,7		1,7
	Bauwirtschaftliche Kriterien	Kriterium 1	50	50	1	0,25	5	1,25	3	0,75
		Kriterium 2		30	4	0,6	2	0,3	4	0,6
		Kriterium 3		5	3	0,075	2	0,05	5	0,125
		Kriterium 4		10	2	0,1	2	0,1	5	0,25
		Kriterium i		5	2	0,05	2	0,05	3	0,075
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		1,075		1,75		1,8
				100		2,03		3,45		3,50
	Gesamtpunkte Anzahl der Verfahren/Systeme:				3,91		5,65		5,55	
Risikofaktor (multiplikativ: 1 kein erhöhtes Risiko, 0 unüberwindbares Risiko):				1		0,75		0		
Endpunkteanzahl:				3,91		4,23		0		
Entscheidung (Reihenfolge):				2		1		0		

Abbildung 4.4 Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Verfahrens oder Systems nach Hofstadler¹⁶⁰

¹⁶⁰ HOFSTADLER, C.: Schararbeiten, S.348

4.2.2 Bauablaufplanung

Oberndorfer und Jodl definieren die Bauablaufplanung als „Zeitplanung für den Ablauf von Bauvorgängen“. Das Ziel dabei ist:

„...die Ermittlung und Darstellung der zeitlichen Abfolge der Arbeitsvorgänge, eine Kapazitätenplanung, das Feststellen von logischen Abhängigkeiten der Arbeitsvorgänge, das Feststellen der gesamten Bauzeit und die Optimierung des Ablaufes hinsichtlich Zeit und/oder Einsatzmittel.“¹⁶¹

4.2.2.1 Grundgrößen der Bauablaufplanung

Für die Durchführung der Bauablaufplanung sind nach Spranz zu Beginn folgende Grundgrößen zusammenzustellen:¹⁶²

- Fertigungszeit
- Fertigungsmenge
- Fertigungsgruppe
- Leistung und Aufwand

Fertigungszeit:¹⁶³

Unter der Fertigungszeit bzw. Bauzeit wird jene Zeitdauer (in Kalender- oder Arbeitstagen ausgedrückt) verstanden, welche für die Herstellung der vereinbarten Leistung bzw. des Bauwerks zur Verfügung steht.

Die Bauzeit ist in der Regel vertraglich festgelegt und kann aus der Sicht des ausführenden Unternehmers als Brutto-Bauzeit bezeichnet werden. Die für ihn bedeutendere Netto-Bauzeit ergibt sich durch Abzug der möglicherweise auftretenden Ausfalltage. Hierzu gehören arbeitsfreie Tage durch gesetzliche und tarifliche Regelungen (Wochenenden, Feiertage, Urlaubstage, Betriebsversammlungen etc.) bzw. voraussichtliche Schlechtwetterausfalltage, die ebenfalls in der Bauablaufplanung zu berücksichtigen sind.

In weiterer Folge ist die zur Verfügung stehende tägliche bzw. wöchentliche Arbeitszeit (in Stunden) von der Wahl des Arbeitszeitmodells abhängig. Hierbei sind verschiedene Modelle möglich (z.B. Einschicht- oder Mehrschichtbetrieb), welche den gesetzlichen Bestimmungen entsprechen müssen.

¹⁶¹ OBERNDORFER, W. J.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, S. 37

¹⁶² Vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S.4

¹⁶³ Vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S.4ff.

Fertigungsmenge:

Im Zuge der Bauablaufplanung wird das Bauobjekt in Fertigungs- bzw. Ablaufabschnitte und die Ablaufabschnitte wiederum in Arbeitsvorgänge gegliedert. Zur Festlegung der einzelnen Dauern werden Fertigungsmengen benötigt. Diese könnten aus dem Leistungsverzeichnis entnommen werden. Dabei ist aber zu beachten, dass die im Leistungsverzeichnis vorgegebenen Mengen in der Regel sehr ungenau und somit für die Bauablaufplanung nicht zu gebrauchen sind. Es empfiehlt sich daher, die Fertigungsmengen aus Plänen zu ermitteln. Dies sind in der Grobplanung vielfach noch Entwurfspläne, in der Feinplanung stehen meist schon endgültige Ausführungspläne zur Verfügung.¹⁶⁴

Zur Kontrolle der Mengen können Kennzahlen wie Baustoffgrad, Schalungsgrad und Bewehrungsgrad bzw. Schalungsverhältnisgrad, Bewehrungsverhältnisgrad und Betonverhältnisgrad herangezogen werden.¹⁶⁵

Fertigungsgruppe:¹⁶⁶

Im Baubetrieb werden Arbeiten hauptsächlich in Gruppen ausgeführt.

„Unter einer Fertigungsgruppe wird eine bestimmte Zusammenstellung von Arbeitskräften in Arbeitsgruppen oder von Geräten in Gerätegruppen oder auch Arbeiter-Gerätegruppen zum Zweck der Leistungserstellung verstanden.“¹⁶⁷

Beim Einsatz von Fertigungsgruppen (im Bauwesen auch als Partien oder Kolonnen bezeichnet) wird unterschieden zwischen:

- Gemischten Kolonnen, die verschiedene Arten von Arbeitsvorgängen durchführen
- Spezialisierten Kolonnen, die fortlaufend gleiche Arten von Arbeitsvorgängen durchführen

Spezialisierte Kolonnen (z.B. Bewehrungskolonne) können bei kontinuierlichem Einsatz eine höhere Arbeitsproduktivität erzielen. Außerdem ist beim Einsatz von Fertigungsgruppen zum einen auf die (je nach Art der Arbeit unterschiedliche) optimale Kolonnengröße und zum anderen auf den zur Verfügung stehenden Arbeitsraum zu achten, da es sonst zu Produktivitätsverlusten kommen kann.

¹⁶⁴ Vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S.11ff.

¹⁶⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.121

¹⁶⁶ Vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S.13f.

¹⁶⁷ SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S.13

Leistung und Aufwand:¹⁶⁸

Leistungs- und Aufwandswerte sind Kennzahlen zur Leistungsermittlung und verknüpfen Fertigungsmenge und Fertigungszeit miteinander. Leistungswerte werden weitgehend bei maschinenintensiven Tätigkeiten, Aufwandswerte hingegen bei manuellen Arbeiten verwendet.

Leistungswerte geben dabei an, welche Produktionsmenge in einer bestimmten ausgewählten Zeiteinheit hergestellt wird (z.B. m³/h Aushub Boden).

Die Leistung L [MEH/ZEH] lässt sich weiters aus dem Produkt der Anzahl der Arbeitskräfte AK [Std/h] und der Arbeitszeit AZ [h/ZEH] durch den Aufwandswert AW [Std/MEH] berechnen.

$$L = \frac{AK \times AZ}{AW} \quad \text{Glg. 4}$$

In Abbildung 4.5 werden hierzu die verschiedenen Einflüsse auf die Leistung (bzw. den Leistungswert) exemplarisch dargestellt.

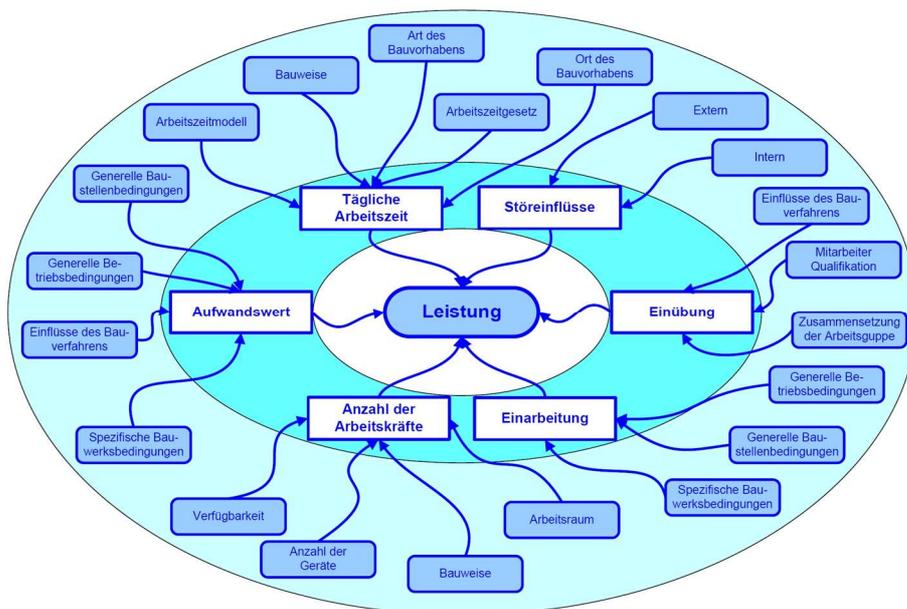


Abbildung 4.5 Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert)¹⁶⁹

Der jeweilige Aufwandswert errechnet sich aus dem Quotient der Summe der Lohnstunden und der Produktionsmenge. Es wird damit

¹⁶⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.17ff.

¹⁶⁹ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.18

angegeben, welcher Zeitaufwand für die Erstellung einer bestimmten Mengeneinheit benötigt wird (z.B. Std/m² Wandschalung herstellen).

In Abbildung 4.6 sind dazu einige Einflüsse auf den Aufwandswert am Beispiel der Schalarbeiten dargestellt.

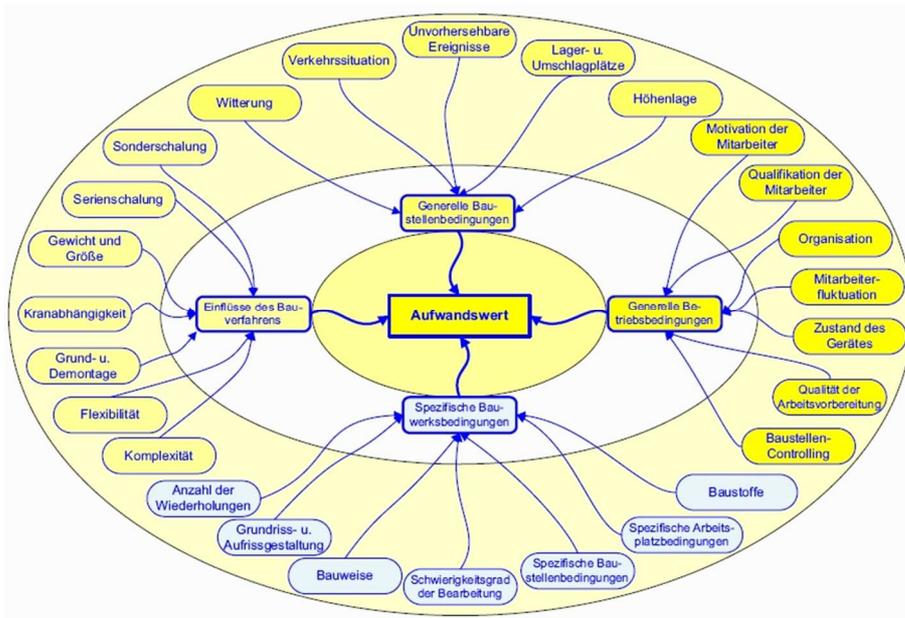


Abbildung 4.6 Vielfalt der Einflüsse auf den Aufwandswert – Bsp. Schalarbeiten¹⁷⁰

Aus den beiden Darstellungen der Einflüsse auf die Leistung bzw. den Leistungswert und den Aufwandswert lässt sich klar erkennen, welche Bedeutung die Kenntnis der Bedingungen der Leistungserbringung auf die richtige Wahl der Größenordnung der Kennwerte hat.

4.2.2.2 Grob- und Feinplanung des Bauablaufs

Nach Drees und Spranz bewährt sich für die Bauablaufplanung das Vorgehen nach folgenden drei Stufen:¹⁷¹

1. Analyse des Bauwerks und Durchführung der Grobplanung, die sich auf die wichtigsten Bauabschnitte bezieht und hierfür Rahmentermine festlegt.
2. Durchführung der Feinplanung, in der die Vorgänge und Fertigungsabschnitte detaillierter betrachtet werden.

¹⁷⁰ HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, S.306

¹⁷¹ Vgl. DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen, S.83

3. Kontrolle der Ergebnisse und Durchführung von Anpassungen und Optimierungen.

Hofstadler entwickelte hierzu ein Vorgehensschema für die Grob- bzw. Feinplanung des Bauablaufs, welches im Anschluss kurz vorgestellt wird. Zur näheren Beschreibung der einzelnen Schritte des Vorgehens sei auf die Ausführungen von Hofstadler¹⁷² verwiesen.

Grobplanung:¹⁷³

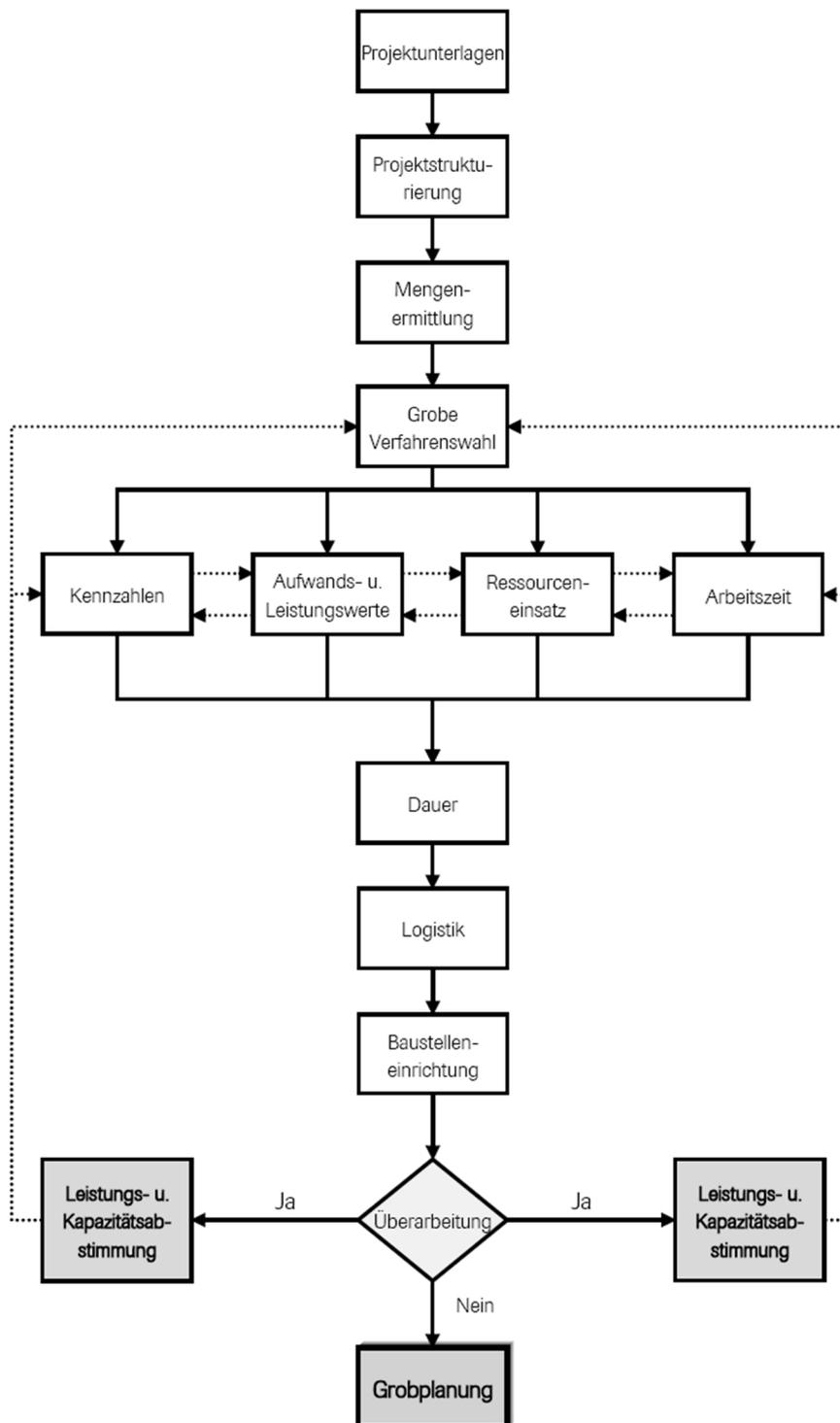
Die Grobplanung kann sowohl auf Seiten des Auftraggebers als auch des Auftragnehmers angewendet werden. Dabei kann der Auftraggeber die Ergebnisse aus der Grobplanung z.B. zur Erstellung eines Rahmenterminplans oder zur Kostenschätzung bzw. in weiterer Folge für die Ausschreibungserstellung heranziehen. Der Auftragnehmer kann die Grobplanung wiederum in der Phase der Angebotsbearbeitung durchführen und die Ergebnisse als Grundlage für die Arbeitsvorbereitung aber auch für die Bauausführung verwenden.

Das in Abbildung 4.7 dargestellte Ablaufschema der Grobplanung beginnt mit dem Studieren der Projektunterlagen und wird bis zum Arbeitsschritt der Überarbeitung durchlaufen. Abschließend werden mit der Leistungs- und Kapazitätsabstimmung so lange die notwendigen Anpassungen durchgeführt, bis die Vorgaben – z.B. aus den Projektzielen oder der Ausschreibung – erfüllt sind bzw. als erfüllt erscheinen. Die Ergebnisse der Grobplanung werden in weiterer Folge als Grundlage für die Feinplanung herangezogen.

Beim Studieren der Projektunterlagen werden vor allem die Rahmenbedingungen des Bauprojekts (Bauwerks-, Betriebs-, Baustellen- und Bauverfahrensbedingungen) analysiert. Das Bauwerk wird in weiterer Folge entweder als Gesamtablauf oder in Teilabläufe gegliedert betrachtet. Mit der Mengenermittlung (eventuell mit Hilfe von Kennzahlen) werden die kosten- und zeitbestimmenden Produktionsmengen bestimmt und in einer ersten Auswahl kann ein Bauverfahren ausgewählt werden. Auf Basis der Hauptmengen kann mit Aufwands- bzw. Leistungswerten die Dauer und die Summe der Lohnstunden für das Bauvorhaben berechnet werden. Hierbei kann anhand der erforderlichen Anzahl der Arbeitskräfte auf die notwendige Anzahl an Kranen bzw. umgekehrt geschlossen werden. Diese grobe Planung des Bauablaufs muss noch auf Beschränkungen des Ressourceneinsatzes durch logistische Randbedingungen (bezüglich Baulogistik und Baustelleneinrichtung) überprüft werden.

¹⁷² HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb

¹⁷³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.48ff.

Abbildung 4.7 Ablaufschema für die Grobplanung¹⁷⁴¹⁷⁴ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.49

Feinplanung:¹⁷⁵

Die Feinplanung baut auf den Überlegungen bzw. Ergebnissen der Grobplanung auf und beinhaltet detailliertere Betrachtungen hinsichtlich des Bauablaufs. Standen in der Grobplanung vor allem die Findung eines Grobkonzepts der Arbeiten sowie die Ermittlung der Gesamtdauer des Bauprojekts im Fokus der Überlegungen, so sind dies in der Feinplanung die einzelnen Vorgänge bzw. Phasen und damit verbunden die Entwicklung von Detailkonzepten. Prinzipiell sind die Grobplanung und die Feinplanung aber nicht scharf voneinander getrennt zu betrachten, sondern es können Elemente je nach der jeweiligen Fragestellung auch vermischt angewendet werden.

In Abbildung 4.8 wird dazu das Ablaufschema für die Feinplanung dargestellt, welches nach dem gleichen Muster wie jenes der Grobplanung angewendet wird. Die Reihenfolge im Ablaufschema kann je nach Aufgabenstellung eine unterschiedliche sein und ist entsprechend anzupassen. Nach Abschluss der Grob- und Feinplanung werden in der Phase der Bauausführung laufende Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt, welche Überarbeitungen der erarbeiteten Konzepte erforderlich machen können.

Zum Zeitpunkt der Feinplanung stehen oft schon Ausführungspläne (z.B. Schalungs- und Bewehrungspläne) zur Verfügung, bei deren Analyse genauere Erkenntnisse gewonnen werden können. Die Projektstrukturierung wird in weiterer Folge verfeinert und der (Gesamt-) Arbeitsablauf in Ablaufabschnitte bzw. Vorgänge gegliedert, welche vernetzt miteinander betrachtet werden. Dadurch wird sichergestellt, dass Veränderungen in den Eingangsgrößen der Berechnungen (z.B. Anzahl der Arbeitskräfte, Arbeitszeit, Aufwandswert) auch zu den Auswirkungen in den Ergebnissen führen (z.B. Ressourcen, Zeit, Kosten). Die Mengenermittlung kann ebenso detailliert und daraus die Dauern der einzelnen Ablaufabschnitte berechnet werden. Im Zuge der Feinplanung wird weiters die Verfahrenswahl für die jeweiligen Vorgänge durchgeführt und der Bauablauf detaillierter betrachtet (Gliederung des Bauwerks in Fertigungsabschnitte und baubetriebliche Überlegungen hinsichtlich des Fertigungsablaufs). Auch Anordnungsbeziehungen der Vorgänge untereinander (technologische bzw. fertigungstechnische Abhängigkeiten) gilt es bei der Konkretisierung des Bauablaufs zu beachten. Die Planungen der Feinplanung sind ebenfalls hinsichtlich Beschränkungen aus den logistischen Randbedingungen und vor allem auch hinsichtlich der Vorgaben aus der Grobplanung zu überprüfen.

¹⁷⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.67ff.

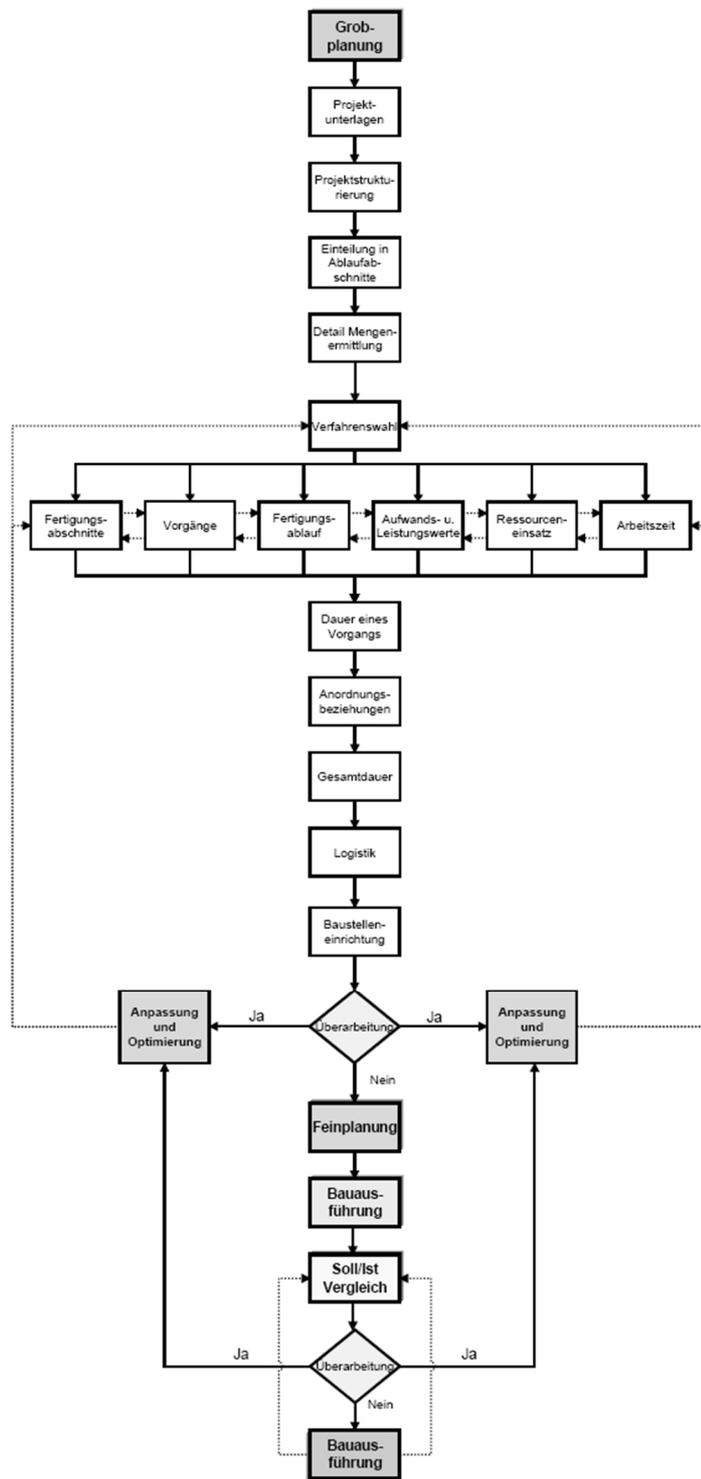


Abbildung 4.8 Ablaufschema für die Feinplanung¹⁷⁶

¹⁷⁶ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.68

4.2.2.3 Darstellungsformen des Bauablaufs

Für die Darstellung des Bauablaufs stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, wobei diese hinsichtlich der Anschaulichkeit für unterschiedliche Anwendungsgebiete geeignet sind:¹⁷⁷

Die **Terminliste** ist die einfachste Form der Darstellung des Bauablaufs. Die Vorgänge werden dabei nur chronologisch in einer Tabelle aufgelistet und mit entsprechenden Informationen (Dauer, Beginn und Ende etc.) ergänzt.

Das **Balkendiagramm** (bzw. Balkenplan) ist die im Bauwesen verbreitetste Darstellungsform, da es neben der Planung des Bauablaufes auch zur Ressourceneinsatzplanung herangezogen werden kann und darüber hinaus auch noch leicht lesbar und verständlich ist. Die einzelnen Vorgänge werden hier durch Balken dargestellt, deren Längen der jeweiligen Dauer entsprechen. Die Vorgangsbalken werden durch Pfeile miteinander verknüpft.

Das **Liniendiagramm** ermöglicht neben der Darstellung von Arbeitsvorgängen und der Bauzeit auch die des zurückgelegten Weges, wodurch auch der Arbeitsfortschritt sichtbar gemacht wird. Es eignet sich daher insbesondere für Bauwerke mit ausgeprägter Fertigungsrichtung z.B. im Verkehrswege-, Rohrleitungs- oder Hochhausbau.

Beim **Bauphasenplan** handelt es sich um eine bildhafte Darstellung der einzelnen Bauzustände. Bauphasenpläne werden vor allem bei komplizierten Bauvorhaben eingesetzt und z.B. dazu verwendet, dem Auftraggeber die geplante Bauabwicklung zu veranschaulichen.

Im **Netzplan** können die gegenseitigen Abhängigkeiten der Vorgänge dargestellt werden. Netzpläne werden daher gerade bei komplizierten Baumaßnahmen eingesetzt. Die Netzplantechnik stellt ein umfassendes Instrument mit Verfahren zur Analyse, Beschreibung, Planung, Steuerung und Überwachung von Abläufen dar, wobei Einflüsse wie Zeit, Kosten, Einsatzmittel etc. berücksichtigt werden können. Die Elemente des Netzplanes sind Pfeile und Knoten, die Ergebnisse werden aber häufig in Balkendiagrammen oder Terminlisten dargestellt.

Es existieren neben den genannten Möglichkeiten noch weitere Darstellungsformen, diese werden in dieser Arbeit aber nicht explizit behandelt. Außerdem sei für nähere Ausführungen zu den genannten Darstellungsformen auf die entsprechende Literatur verwiesen.

¹⁷⁷ Vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S.21ff.

4.2.3 Baulogistik

Die Logistik hat ihren Ursprung in der Philosophie der griechischen Antike und wurde in der weiteren Geschichte vor allem im Bereich des Militärwesens eingesetzt und weiterentwickelt. Erst in der Nachkriegszeit wurde die Bedeutung der Logistik für die Wirtschaft entdeckt.¹⁷⁸

Es existieren viele verschiedene Definitionen der Logistik in der Literatur, wobei diese entweder im Bereich von Transport- und Lagervorgängen (operatives Logistikverständnis) oder aus betriebswirtschaftlicher Sicht im Bereich des Managements von Unternehmensnetzwerken (strategisches Logistikverständnis) gesehen wird.¹⁷⁹

Im Bereich des Bauwesens hat sich der branchenspezifische Begriff der Baulogistik etabliert, hierunter versteht man die

„...Planung, Steuerung, Ausführung und Kontrolle der Material- und Informationsflüsse der Ver- und Entsorgung von Baustellen.“¹⁸⁰

Der Bereich der Baulogistik gewinnt in der heutigen Zeit zunehmend an Bedeutung, wobei vor allem im innerstädtischen Bereich und beim Bauen im Bestand oft großes Potenzial zur Steigerung der Produktivität besteht.¹⁸¹

Es sei dazu angemerkt, dass Aufgaben der Baulogistik in der Literatur vielfach der Baustelleneinrichtungsplanung bzw. der „Bereitstellungsplanung“, „Ressourceneinsatzplanung“ oder ähnlichen Aufgabengebieten zugeordnet werden.

In dieser Arbeit werden zur Abgrenzung und Definition der Baulogistik die Ausführungen von Hofstadler¹⁸² herangezogen, welcher die Baulogistik nach Blömecke¹⁸³ in folgende Bereiche (siehe dazu auch Abbildung 4.9) unterteilt:

- **Beschaffungslogistik**
- **Produktionslogistik**
- **Entsorgungslogistik**

Neben diesen physischen Bereichen der Baulogistik ist weiters die **Informationslogistik** zu erwähnen, welche sich mit der Organisation des baustellen-begleitenden Informationsflusses beschäftigt.¹⁸⁴

¹⁷⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; S.41

¹⁷⁹ Vgl. HELMUS, M.; MEINS-BECKER, A.; LAUSSAT, L.; KELM, A.: RFID in der Baulogistik, S.12

¹⁸⁰ Vgl. http://www.bvl.de/files/441/481/522/578/Endbericht_15074N.pdf, Zugriff am 13.07.2011, 11:00

¹⁸¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Arbeitsvorbereitung Verbesserungspotential nutzen, S.35

¹⁸² HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb

¹⁸³ BLÖMEKE, M.: Die Baustellenlogistik als neues Dienstleistungsfeld im Schlüsselfertigbau

¹⁸⁴ Vgl. HELMUS, M.; MEINS-BECKER, A.; LAUSSAT, L.; KELM, A.: RFID in der Baulogistik, S.33

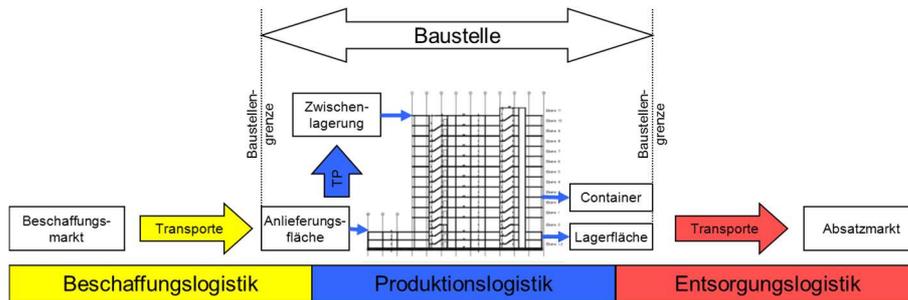


Abbildung 4.9 Schematische Darstellung der Bereiche der Baulogistik¹⁸⁵

4.2.3.1 Beschaffungslogistik

Die Beschaffungslogistik umfasst alle steuernden und realisierenden Tätigkeiten zur Gewährleistung einer termingerechten und kostenoptimalen Versorgung der Baustelle mit den erforderlichen Objekten (z.B. Material und Personal) und wird dementsprechend in der Literatur zum Teil auch als Versorgungslogistik bezeichnet.¹⁸⁶

Die Beschaffungs- bzw. Versorgungslogistik stellt somit das Bindeglied zwischen Baustoffhersteller bzw. -lieferant und der Baustelle dar und hat dabei folgende Hauptaufgaben:¹⁸⁷

- Ermittlung des Baustoffbedarfs auf der Baustelle
- Ermittlung der Gesamtanzahl der erforderlichen Transporte
- Analyse der zeitlichen Abfolge der Transporte sowie Aufzeigen und Entflechten der Transportspitzen
- Sondierung der möglichen Bezugsquellen und Beschaffung der Baustoffe
- zeitliche und räumliche Koordination des Baustoffflusses zur Baustelle

¹⁸⁵ In Anlehnung an HOFSTADLER, C.: Schararbeiten, S. 412

¹⁸⁶ Vgl. HELMUS, M.; MEINS-BECKER, A.; LAUSSAT, L.; KELM, A.: RFID in der Baulogistik, S.33

¹⁸⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; S.42

4.2.3.2 Produktionslogistik

Die auch als Baustellenlogistik bezeichnete Produktionslogistik schließt unmittelbar an die Beschaffungslogistik an und befasst sich mit den auf der Baustelle stattfindenden Transportprozessen sowie dem Umschlag und der Lagerung von Baustoffen und Bauhilfsstoffen auf dem Baustellengelände.¹⁸⁸

Der Übergang von der Beschaffungslogistik zur Produktionslogistik erfolgt auf den Anlieferungsflächen, von wo aus die Baustoffe mit entsprechenden Fördermitteln zur Zwischenlagerung auf Lagerflächen bzw. direkt zum Einbauort transportiert werden. Zu den Aufgaben der Produktionslogistik gehören:¹⁸⁹

- Bestimmung der Transportkapazität und Auswahl geeigneter Fördermittel
- Dimensionierung und Anordnung der Anlieferungsflächen, Transportwege und Zwischenlagerflächen sowie gegebenenfalls Vorsehen von Übergabemöglichkeiten (z.B. auskragende Stockwerksbühnen)

Die Planung der Produktionslogistik steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Baustelleneinrichtungsplanung, was eine gegenseitige Abstimmung notwendig macht.

4.2.3.3 Entsorgungslogistik

Die Entsorgungslogistik befasst sich wie der Name schon sagt mit der Entsorgung von auf der Baustelle anfallenden Abfällen. Daneben beschäftigt sie sich aber auch mit dem Abtransport von Arbeitsmitteln von der Baustelle und wird daher in diesem Sinne auch als Rückführlogistik bezeichnet.¹⁹⁰

Die Entsorgungslogistik behandelt ähnliche Aufgaben und Probleme wie die Beschaffungs- bzw. die Produktionslogistik, nur mit dem Unterschied, dass hier die Planung und Steuerung des Abtransports von der Baustelle im Fokus steht.¹⁹¹

¹⁸⁸ Vgl. HELMUS, M.; MEINS-BECKER, A.; LAUSSAT, L.; KELM, A.: RFID in der Baulegistik, S.33

¹⁸⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; S.44f.

¹⁹⁰ Vgl. HELMUS, M.; MEINS-BECKER, A.; LAUSSAT, L.; KELM, A.: RFID in der Baulegistik, S.33

¹⁹¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; S.46f.

4.2.4 Baustelleneinrichtungsplanung

Unter dem Begriff Baustelleneinrichtung verstehen Schach und Otto

„...die Gesamtheit der im Bereich einer Baustelle erforderlichen Produktions-, Lager-, Transport- und Arbeitsstätten ..., die für die Errichtung, den Umbau oder die Sanierung einer baulichen Anlage erforderlich sind. Einzubeziehen sind alle dafür erforderlichen technischen Ausrüstungen.“¹⁹²

Die Baustelleneinrichtung stellt sozusagen die „Infrastruktur“ einer Baustelle dar.

Mit der Baustelleneinrichtungsplanung wird dabei das Ziel angestrebt, dass möglichst optimale Arbeitsbedingungen für die Herstellung einer baulichen Anlage geschaffen werden.

Dabei müssen eine Reihe von allgemeinen bzw. baustellenspezifischen Einflussgrößen berücksichtigt werden, wobei sich viele davon wiederum gegenseitig beeinflussen (siehe Abbildung 4.10). Die maßgeblichen Einflussgrößen sind hierbei die Art und Größe des Bauvorhabens und die damit verbundenen Mengen an einzubauenden Baustoffen wie auch die zur Verfügung stehende Bauzeit.¹⁹³

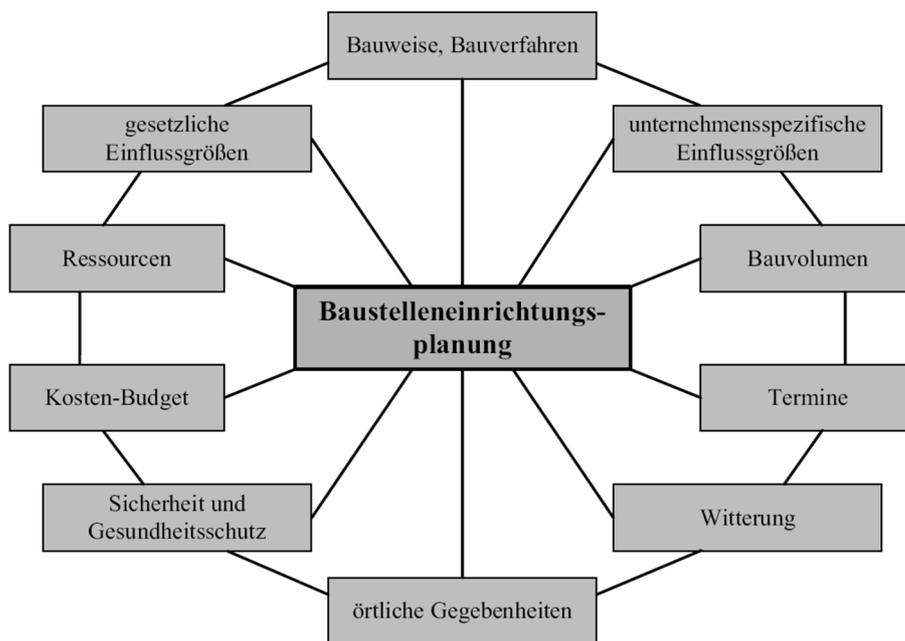


Abbildung 4.10 Komplexe Zusammenhänge bei der Baustelleneinrichtungsplanung¹⁹⁴

¹⁹² SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S.1

¹⁹³ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S.2

¹⁹⁴ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S.3

Aufgabe der Baustelleneinrichtungsplanung ist es somit, unter Berücksichtigung all dieser Einflussgrößen die Elemente der Baustelleneinrichtung – auf die im folgenden Kapitel 4.2.4.1 eingegangen wird – möglichst optimal auszuwählen, zu dimensionieren und anzuordnen.

4.2.4.1 Elemente der Baustelleneinrichtung

Nach Schach und Otto lässt sich die Vielzahl an zu berücksichtigenden Elementen der Baustelleneinrichtung in folgende sechs Hauptgruppen gliedern:¹⁹⁵

- **Großgeräte:** Dazu zählen u.a. Turmdrehkrane, Fahrzeugkrane, Autobetonpumpen, Bagger und Radlader, Teleskopstapler, Geräte des Spezialtiefbaus sowie Misch- und Aufbereitungsanlagen. Großgeräte unterscheiden sich vor allem durch ihre Abmessungen und ihr Leistungsvermögen von anderen Baustellengeräten und sind für den wirtschaftlichen Erfolg der Baustelle von großer Bedeutung.
- **Sozial- und Büroeinrichtungen, geschlossene Lagerräume:** Zu dieser Gruppe gehören Pausenräume und Umkleieräume, Sanitäranlagen (Toiletten und Waschräume), Sanitäts- und Erste-Hilfe-Einrichtungen, Wohnunterkünfte, Büro- und Besprechungsräume sowie Magazine für Kleingeräte, Werkzeug und dergleichen. Diese Einrichtungen werden der jeweiligen Belegschaftsstärke entsprechend dimensioniert.
- **Verkehrsflächen und Transportwege:** Baustraßen und Bauwege, Baustellenzu- und -ausfahrten, Werk- und Bearbeitungsflächen, Lager- und Stellflächen sowie Bauaufzüge (Lasten- und Personenaufzüge) sollen einen möglichst geordneten und übersichtlichen Verkehrs-, Transport- und Arbeitsfluss ermöglichen.
- **Medienversorgung und Entsorgung:** Hierzu gehören die Sicherstellung der Versorgung der Baustelle mit Strom, Wasser, Druckluft und Treibstoff bzw. Telefon-, Fax- und Internetanschlüssen sowie die Entsorgung von Abwässer und diversen Abfällen.

¹⁹⁵ Vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S.10

- **Baustellensicherung/Sicherheits- und Schutzeinrichtungen:** Maßnahmen in dieser Gruppe betreffen Bauzäune, Sicherung der Verkehrswege, Baustellenbeleuchtung, Gerüste, PSA, Brandschutz, Lärmschutz, Baumschutz, Gewässerschutz sowie den Witterungsschutz und sollen ein sicheres Arbeiten gewährleisten.
- Außerdem führen Schach und Otto die Hauptgruppe der **Baugrubensicherung und Baugruben im Grundwasser** an, welche in weiterer Literatur zu diesem Thema allerdings nicht den Elementen der Baustelleneinrichtung zugeordnet wird.

Zur Auswahl und Dimensionierung der einzelnen Elemente bietet die Literatur verschiedenste Hilfsmittel in Form von Kennzahlen, Formeln, Tabellen etc. an.

4.2.4.2 Baustelleneinrichtungsplan

Das Ergebnis der Baustelleneinrichtungsplanung ist der Baustelleneinrichtungsplan (Beispiel dazu siehe Abbildung 4.11), in dem die Standorte der ausgewählten Elemente der Baustelleneinrichtung dargestellt werden. Bei der Anordnung sind die verschiedenen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Baustelleneinrichtungselementen (z.B. Sicherheitsabstände, möglichst kurze Wege etc.) zu berücksichtigen.

Die Ausgangsbasis für Baustelleneinrichtungspläne bilden nach Möglichkeit vorhandene Lage-/Übersichtspläne (je nach Bauobjekt im Maßstab 1:100/1:200/1:250/1:500), aus denen die angrenzende Bebauung, vorhandene Verkehrswege und Geländeunregelmäßigkeiten (Gräben, Böschungen etc.) sowie Lage und Geometrie des zu errichtenden Bauwerks und des Baufeldes übertragen werden können. Im Baustelleneinrichtungsplan sollen dann die Elemente der Baustelleneinrichtung mit den wichtigsten Abmessungen und Abständen dargestellt werden, wobei die jeweilige Kennzeichnung durch ein eindeutiges Symbol und die jeweilige Beschriftung erfolgt. Bei Bedarf sind Detaildarstellungen bzw. beim Einsatz von Kranen, Autobetonpumpen etc. auch schematische Schnittdarstellungen als Ergänzung angebracht.¹⁹⁶

¹⁹⁶ Vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S.316ff.

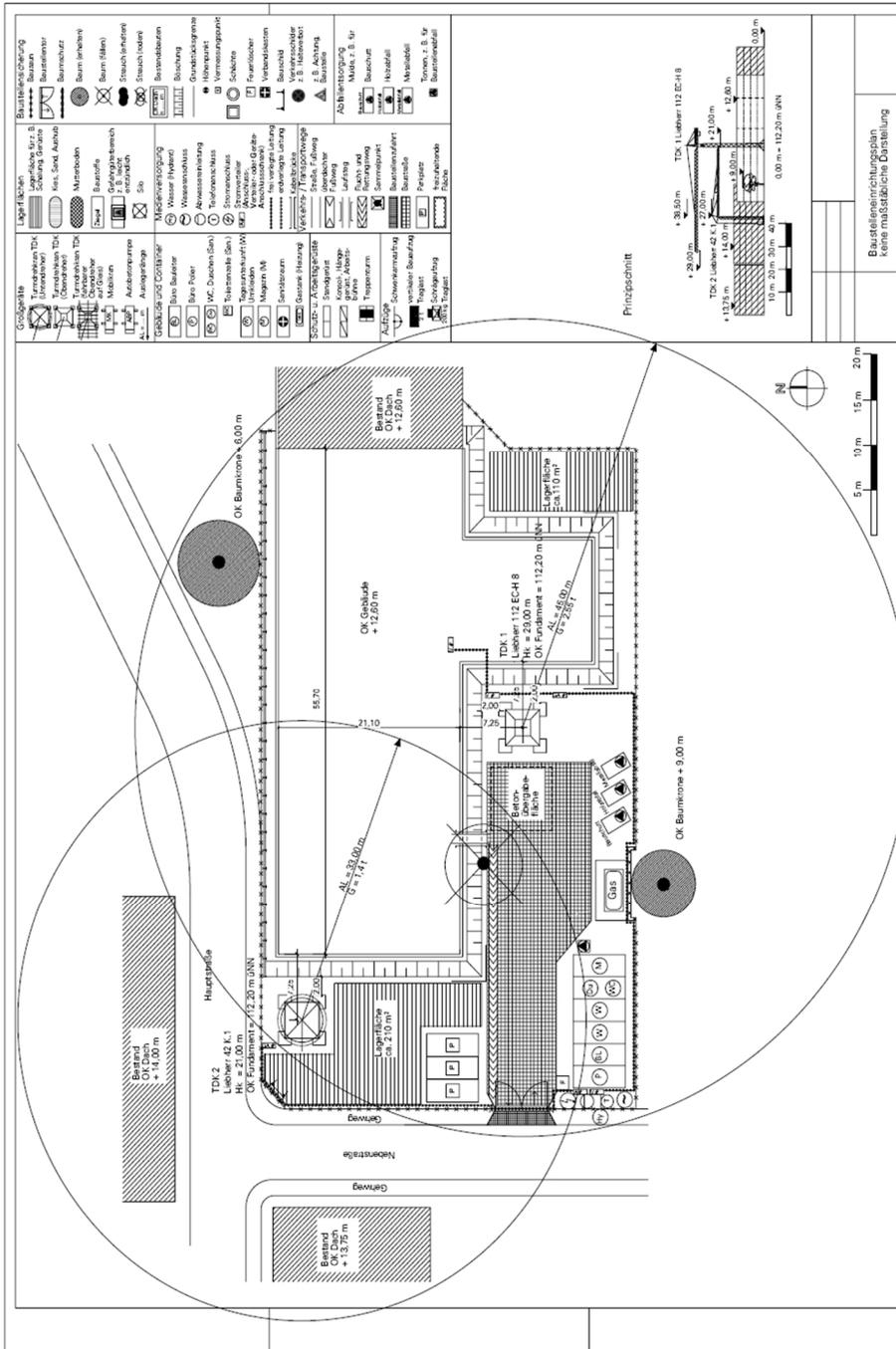


Abbildung 4.11 Beispiel für einen Baustelleneinrichtungsplan¹⁹⁷

¹⁹⁷ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S.322

4.2.5 Kalkulation

In der Kalkulation werden die Kosten für das Bauprojekt ermittelt, welche die Grundlage für die Preisbildung darstellen. Dabei werden die Ergebnisse der behandelten Planungsmaßnahmen der Arbeitsvorbereitung (Ressourcen, Leistungs- und Aufwandswerte etc.) verursachungsgerecht in die Kalkulation eingearbeitet.

4.2.5.1 Phasen der Kalkulation

Im Zuge des Bauprojektes werden verschiedene Formen der Kalkulation durchgeführt, wobei zwei wesentliche Phasen der Kalkulation unterschieden werden (siehe Abbildung 4.12):¹⁹⁸

- Kalkulation vor Auftragserteilung
- Kalkulation nach Auftragserteilung

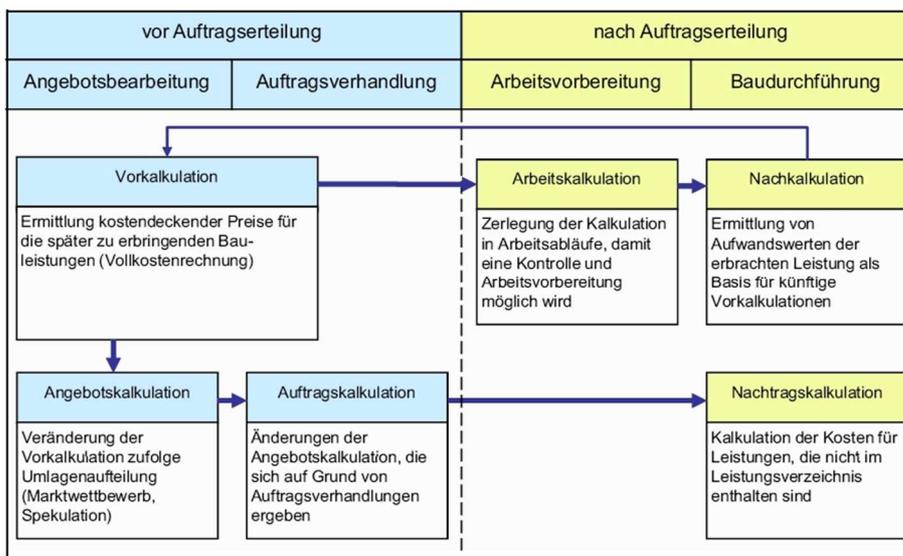


Abbildung 4.12 Phasen der Kalkulation im Bauwesen¹⁹⁹

Kalkulation vor Auftragserteilung:

In dieser Phase wird vom Auftragnehmer auf Basis der Ausschreibungsunterlagen ein Angebot ausgearbeitet und abgegeben. Dazu wird zuerst eine kostendeckende **Vorkalkulation** durchgeführt, auf deren Basis die **Angebotskalkulation** erstellt wird, in welcher die Kosten – bzw. in weiterer Folge Preise – den einzelnen Positionen des

¹⁹⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schararbeiten, S.296ff.

¹⁹⁹ HOFSTADLER, C.: Schararbeiten, S.296 in Anlehnung an DREES, G.; PAUL, W.: Kalkulation von Baupreisen, S. 20

Leistungsverzeichnisses zugeordnet werden. Bei privaten Auftraggebern sind außerdem Auftragsverhandlungen zugelassen, wobei Änderungen im Zuge der **Auftragskalkulation** eingearbeitet werden. Die im Angebot enthaltenen Preise werden im Falle des Zuschlags verbindlich.

Kalkulation nach Auftragserteilung:

Wenn der Auftragnehmer den Zuschlag für das Bauprojekt erhalten hat, führt er im Zuge der Arbeitsvorbereitung die Vorkalkulation bzw. Auftragskalkulation in die **Arbeitskalkulation** über, wobei die Positionen des Leistungsverzeichnisses den einzelnen Arbeitsschritten zugeordnet werden. Neue Erkenntnisse werden dabei laufend in die Arbeitskalkulation eingearbeitet, die in weiterer Folge in der Phase der Bauausführung für Soll-Ist-Vergleiche herangezogen wird. Mit der **Nachtragskalkulation** werden auf Basis der Auftragskalkulation die Kosten von Leistungen ermittelt, die nicht im Leistungsverzeichnis enthalten sind. Nach Abschluss des Projekts kann eine **Nachkalkulation** erfolgen, in der Ist-Kosten, Ist-Aufwandswerte etc. ermittelt werden, welche als Basis für die Vorkalkulation künftiger Projekte herangezogen werden können.

4.2.5.2 Zuschlagskalkulation

Zur Ermittlung der Kosten wird in der Regel die sogenannte Zuschlagskalkulation angewendet, deren Schema in Abbildung 4.13 dargestellt ist.

Einzelkosten der Teilleistungen + Gemeinkosten der Baustelle
<hr/>
= Herstellkosten + Allgemeine Geschäftskosten + Bauzinsen
<hr/>
= Selbstkosten + Wagnis und Gewinn
<hr/>
= Angebotssumme ohne Umsatzsteuer + Umsatzsteuer
<hr/>
= Angebotssumme einschl. Umsatzsteuer

Abbildung 4.13 Schema der Zuschlagskalkulation²⁰⁰

²⁰⁰ HOFSTADLER, C.: Schularbeiten, S.299

Hierbei werden zur Ermittlung der Angebotssumme die Einzelkosten der Teilleistungen – getrennt nach Lohn-, Geräte- und Materialkosten – direkt bestimmt und in weiterer Folge Zuschläge für die Gemeinkosten der Baustelle, für die allgemeinen Geschäftskosten, für Bauzinsen sowie für Wagnis und Gewinn aufgeschlagen und die Umsatzsteuer berücksichtigt.²⁰¹

4.2.5.3 Grob- und Detailkalkulation

Hinsichtlich der Bearbeitungstiefe wird zwischen Grob- und Detailkalkulation unterschieden. Die Vorgangsweise wird in der Regel von der Grob- zur Detailkalkulation gewählt, hierzu hat Hofstadler ein 4-stufiges Vorgehensschema entwickelt, welches in Abbildung 4.14 am Beispiel der Stahlbetonarbeiten dargestellt wird.

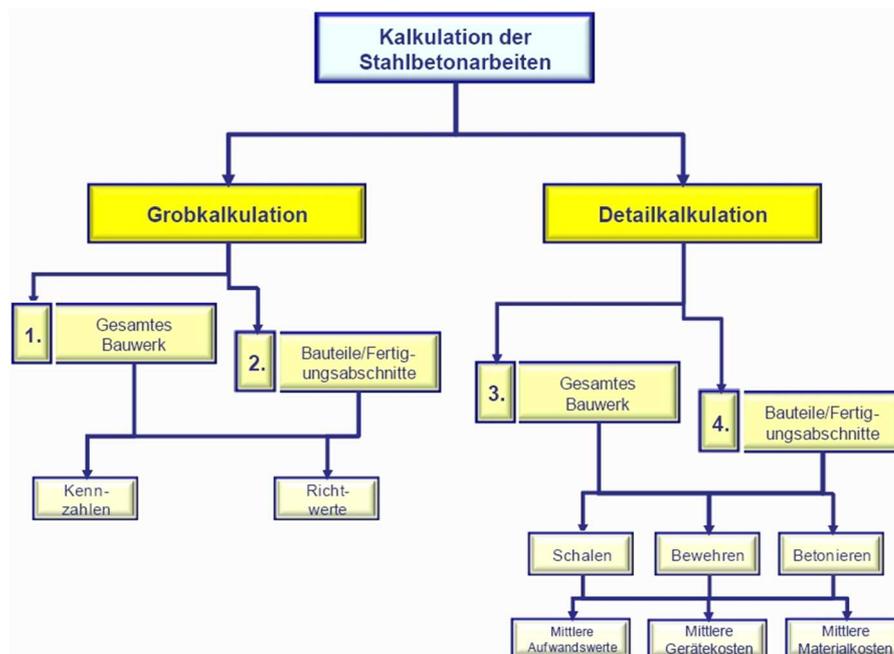


Abbildung 4.14 Vorgehensschema der Grob- und Detailkalkulation nach Hofstadler – Bsp. Stahlbetonarbeiten²⁰²

In der ersten bzw. dritten Stufe wird das gesamte Bauwerk betrachtet, in der zweiten bzw. vierten Stufe wird weiter in Bauteile oder Fertigungsabschnitte differenziert. In der Grobkalkulation werden Richtwerte, Kennzahlen und Mittelwerte für Aufwandswerte, Geräte- und Materialkosten herangezogen, in der Detailkalkulation erfolgt eine

²⁰¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schararbeiten, S.299f.

²⁰² HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.320

vertiefte Betrachtung (z.B. für die Stahlbetonarbeiten getrennte Ermittlung der Geräte- und Materialkosten für Schalung, Bewehrung und Beton). Es bietet sich dazu eine Minimum/Maximum-Betrachtung (z.B. durch Verwendung entsprechender Matrizen) zur Auswahl realistischer Aufwandswert- bzw. Kostenansätze an. Die jeweilige Bearbeitungstiefe der betrachteten Arbeiten bzw. Positionen wird hierbei in Abhängigkeit von der Projektphase (vor bzw. nach Auftragserteilung) und der kostenmäßigen Bedeutung (z.B. anhand einer ABC-Analyse) gewählt.²⁰³

4.2.6 Soll-Ist-Vergleich

Der Soll-Ist-Vergleich ist ein Kontrollinstrument, mit dem in der Phase der Bauausführung laufend die Umsetzung und Wirksamkeit der Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung überprüft wird.²⁰⁴

Der Soll-Ist-Vergleich liefert wichtige Erkenntnisse über den aktuellen Projektstatus hinsichtlich Kosten, Zeit, Qualität und Quantität und stellt damit die Grundlage für entsprechende Steuerungsmaßnahmen dar.

4.2.6.1 Durchführung des Soll-Ist-Vergleichs

Folgende Schritte werden beim Soll-Ist-Vergleich durchgeführt:²⁰⁵

- Ermittlung der Ist-Daten
- Vergleich der Ist- mit den Soll-Daten
- Analyse und Bewertung der Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Daten
- Erstellung von Prognosen über den vermutlichen weiteren Verlauf

Soll-Ist-Vergleiche sind möglichst zeitnah durchzuführen, damit Abweichungen rasch erkannt werden können. Außerdem sind klare Vorgaben hinsichtlich Betrachtungsbreite- und -tiefe sowie zu den Zeitintervallen für deren Effizienz von wesentlicher Bedeutung. Des Weiteren müssen die betrachteten Bereiche zeitlich und betrieblich klar voneinander abgegrenzt werden.²⁰⁶

Neben laufenden Soll-Ist-Vergleichen werden durch den Bauleiter außerdem alle bis zu einem bestimmten Termin erbrachten und

²⁰³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, S.320ff.

²⁰⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Arbeitsvorbereitung Verbesserungspotential nutzen, S.35

²⁰⁵ In Anlehnung an BAUER, H.: Baubetrieb, S.716

²⁰⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, S.22f.

abrechenbaren Leistungen in einer Leistungsmeldung erfasst, welche Grundlage für die firmeninterne Ergebnismeldung zum Stichtag (meist monatlich) ist.²⁰⁷

4.2.6.2 Hauptbereiche des Soll-Ist-Vergleichs

In Abbildung 4.15 werden die zu erhebenden Hauptbereiche des Soll-Ist-Vergleichs als Elemente eines zusammenhängenden Systems dargestellt, die verschiedenste Einflüsse aufeinander haben. Maßnahmen sollten darum nie im Sinne punktueller Reparatur erfolgen, sondern müssen unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf alle anderen Komponenten gezielt gesetzt werden, um die gewünschten Wirkungen zu erzielen.

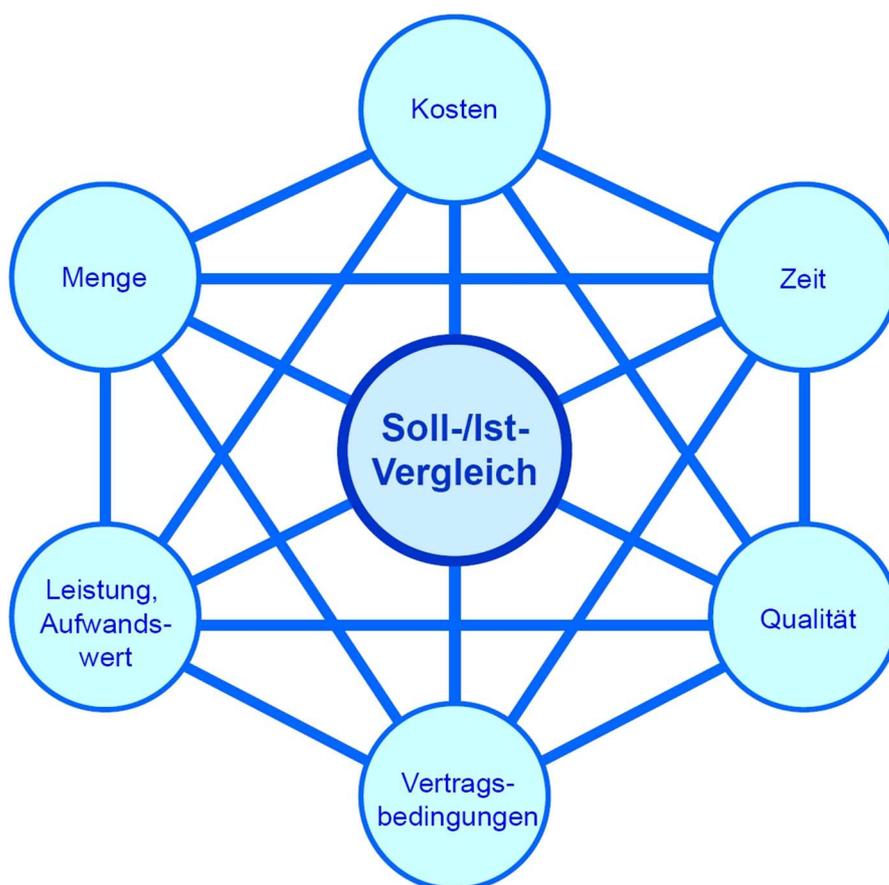


Abbildung 4.15 Hauptbereiche des Soll-Ist-Vergleichs²⁰⁸

²⁰⁷ Vgl. HOFFMANN, M.: Zahlentafeln für den Baubetrieb, S.509ff.

²⁰⁸ HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, S.19

Der Kontrolle der Einhaltung der **Kosten** kommt vom Bauleiter meist die höchste Priorität zu. Es gilt dabei, die tatsächlich angefallenen Ist-Kosten laufend mit jenen der Arbeitskalkulation zu vergleichen. Lohn-, Geräte- und Materialkosten werden dabei in der firmeninternen Buchhaltung aufgezeichnet.

Ebenso bedeutend ist aber auch der Faktor **Zeit**, welcher in Form der Terminvorgaben aus dem Bauvertrag einzuhalten ist. Überschreitungen können sich z.B. in Form von Vertragsstrafen auch auf die Kosten niederschlagen. Hierbei werden Ist-Beginn- und Fertigstellungstermine bzw. der Ist-Fortschritt der einzelnen Arbeiten laufend mit dem Bauablaufplan (Soll) verglichen. Arbeiten auf dem sogenannten kritischen Weg sind dabei besonders zu beachten, da sich deren Verzögerung direkt auf den Endtermin auswirkt.

Die Vorgaben bezüglich der **Qualität** der zu erbringenden Leistungen sind in Form des Leistungsverzeichnisses, Plänen etc. durch den Bauvertrag festgelegt. Hierbei wird zwischen objektiven (messbaren) und subjektiven Qualitätskriterien unterschieden, wobei letztere im Falle ungenügender Definition im Bauvertrag zu Streitigkeiten zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer führen können. Die Erfüllung der Soll-Qualität wird in Form der Abnahme oder z.B. durch entsprechende Prüfberichte bestätigt. Mangelnde Qualität kann sich sowohl auf die Kosten als auch auf die Bauzeit auswirken.

Die Überprüfung der erbrachten **Menge** bzw. **Leistung** und dem damit in Verbindung stehenden jeweiligen **Aufwandswert** kann sich je nach Bearbeitungstiefe recht aufwendig gestalten, gibt allerdings wertvolle Informationen über die Bauausführung wieder. Ist-Mengen können aus Poliertagesberichten, Aufmaßen und Pläne ermittelt werden. Ist-Dauern bzw. Arbeitsstunden für die jeweiligen Arbeiten können ebenfalls aus Poliertagesberichten entnommen werden, woraus sich in weiterer Folge die entsprechenden Ist-Leistungen bzw. Ist-Aufwandswerte ermitteln lassen. Diese können dann wiederum mit den Ansätzen aus der Bauablaufplanung bzw. Arbeitskalkulation (Soll-Werte) verglichen werden.

5 SE-Anwendungsbeispiel: Musiktheater Linz

In diesem Kapitel wird die Methodik des Systems Engineering auf ein konkretes Beispiel aus der Baupraxis angewandt. In den Vorbemerkungen zu Beginn dieses Kapitels wird dazu noch auf die gewählte Aufgabenstellung, verschiedene wichtige Betrachtungsweisen beim System Bauprojekt sowie die Vorgehensweise beim Beispiel eingegangen.

5.1 Vorbemerkungen

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass zum Teil Anmerkungen innerhalb des Beispiels notwendig sind, welche in weiterer Folge *kursiv* dargestellt werden.

5.1.1 Gewählte Aufgabenstellung

Für das nachfolgende Beispiel wurde in Abstimmung mit dem Betreuer folgende Aufgabenstellung gewählt:

„Anwendung des Systems Engineering im Zuge der Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz mit Fokus auf die Stahlbetonarbeiten“

Die konkreten Eingrenzungen in dieser Aufgabenstellung wurden dabei aus folgenden Gründen getroffen:

- Die Betrachtung der Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers ergab sich schon aus der Aufgabenstellung der Masterarbeit, welche vom Betreuer vorgegeben wurde.
- Das Bauprojekt Musiktheater Linz wurde ausgewählt, da es sich dabei um die Erstellung eines hochkomplexen Bauwerks im Bereich des Hochbaus handelt.
- Die gewählte Betrachtung der Rohbauarbeiten mit dem Fokus auf die Stahlbetonarbeiten ergibt sich daraus, dass die Rohbauarbeiten – bzw. dabei vor allem die Stahlbetonarbeiten – eine hohe Bedeutung bei diesem Bauprojekt haben. So stehen gerade im Bereich der Stahlbetonarbeiten viele verschiedene Ausführungsmöglichkeiten zur Auswahl, weshalb der Arbeitsvorbereitung der Stahlbetonarbeiten eine entscheidende Rolle in Hinsicht auf den Projekterfolg zukommt.

5.1.2 Verschiedene Betrachtungsweisen beim System Bauprojekt

Das System Bauprojekt kann entsprechend der jeweiligen Fragestellung nach verschiedenen Betrachtungsweisen in den Blick genommen werden (siehe Kapitel 2.2.2.2). Hierbei können die umfeldorientierte, die wirkungsorientierte, die strukturorientierte und/oder die systemhierarchische Betrachtung angewandt werden. Weiters wird hinsichtlich der Systemstruktur zwischen der Aufbaustruktur (Projektgegenstand bzw. -beteiligte) und der Ablaufstruktur (Projektphasen) unterschieden.

In weiterer Folge werden hierzu drei grundlegende Betrachtungsweisen des Systems Bauprojekt angeführt, die für das Beispiel als wichtige Grundlage dienen. Es ist hierbei anzumerken, dass es sich bei den abgebildeten und beschriebenen Systembetrachtungen um allgemeine Darstellungen handelt, welche dem prinzipiellen Verständnis der in einem Bauprojekt herrschenden Abläufe und Beziehungen dienen und daher sich die Situation auch anders gestalten kann.

5.1.2.1 Projektgegenstand (Bauwerk)

Für die Darstellung des Aspekts „Projektgegenstand (Bauwerk)“ des Systems Bauprojekt wurde eine systemhierarchische Betrachtungsweise gewählt. Das in Abbildung 5.1 dargestellte hierarchische Ebenenkonzept wurde in Anlehnung an Hofstadler²⁰⁹ erstellt und entspricht dabei einem typischen Projektstrukturplan.

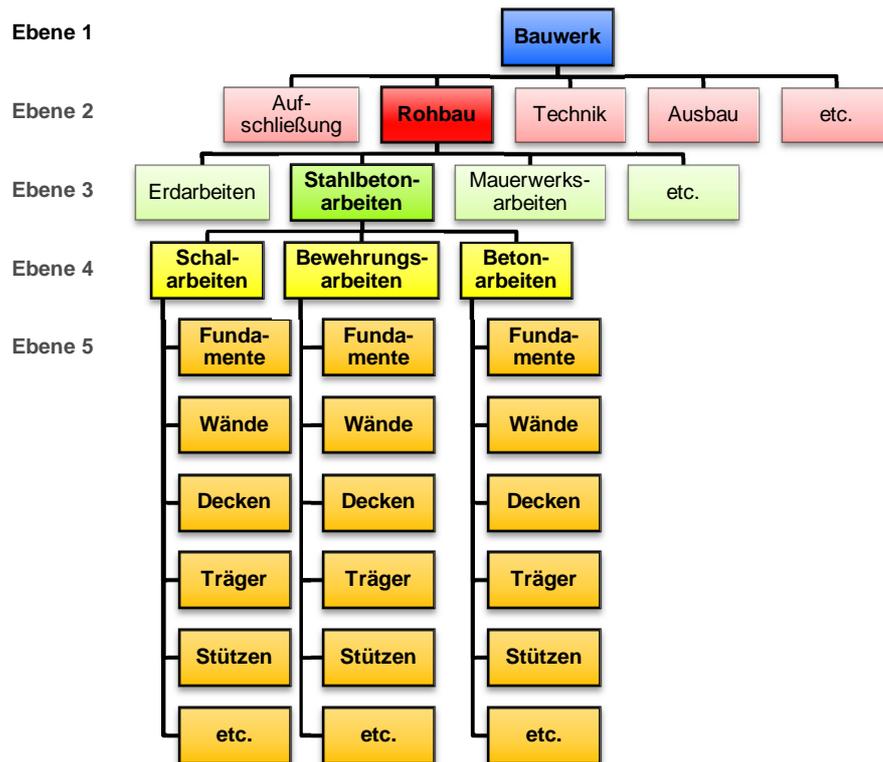


Abbildung 5.1 Projektstrukturplan – Bsp. Hochbau (Strukturierung des Projektgegenstands als hierarchisches Ebenenkonzept)

Das „Bauwerk“ (Ebene 1) kann im Zuge der Errichtung in die Arbeitsbereiche „AufschlieÙung“, „Rohbau“, „Ausbau“, „Technik“, „Einrichtung“ sowie „Außenanlagen“ gegliedert werden (Ebene 2). Jeder dieser Bereiche lässt sich wiederum unterteilen, wobei für den Arbeitsbereich „Rohbau“ die weitere Gliederung in „Erdarbeiten“, „Stahlbetonarbeiten“, „Mauerwerksarbeiten“ etc. erfolgen kann (Ebene 3). Die „Stahlbetonarbeiten“ setzen sich weiters aus den „Schalarbeiten“, den „Bewehrungsarbeiten“ und den „Betonarbeiten“ zusammen (Ebene 4), welche sich noch hinsichtlich der verschiedenen Bauteile detaillierter gliedern lassen (Ebene 5).

²⁰⁹ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.8

5.1.2.2 Projektbeteiligte

Der Aspekt „Projektbeteiligte“ soll diese als Elemente des Systems Bauprojekt mit deren Beziehungen untereinander sowie zum Projektumfeld darstellen. Dazu wird vorab noch auf die möglichen Projektbeteiligten und deren Zuordnung zu Sphären eingegangen.

An einem Bauprojekt kann eine Vielzahl unterschiedlicher Personen bzw. Parteien beteiligt sein:²¹⁰

- **Auftraggeber / Investor / Bauherr:**
 - Öffentliche Hand und Körperschaften des öffentlichen Rechts
 - Institutionelle Investoren (Versicherungen, Pensionsfonds etc.) in Zusammenarbeit mit Projektentwicklern
 - Gewerbliche Unternehmen
 - Private Investoren
 - Banken, Bauträger
- **Projektentwickler, Projektmanager, Projektsteuerer, Projektleiter**
- **Planer und Berater:**
 - Architekt/Objektplaner (eventuell Generalplaner)
 - Tragwerksplaner, Statiker
 - Landschaftsplaner, Städteplaner
 - Fachplaner (Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro, Sicherheitstechnik, Fassadentechnik, Brandschutz)
 - Vermessungsingenieure
 - Baugrundgutachter
 - Bauphysiker (Wärmeschutz, Brandschutz, Akustik etc.)
 - Gutachter/Sachverständige, Rechtsanwälte
- **Nutzer**
- **Behörden**
- **Öffentlichkeit** (Anrainer, Presse, Umweltaktivisten etc.)
- **Örtliche Bauaufsicht, Baustellenkoordinator, Sicherheitskoordinator, Arbeitsinspektor**
- **Ausführende Unternehmer / Auftragnehmer:**
 - „Überbau“: Geschäftsführung, Aufsichtsrat, Bereichsleiter, Gruppenleiter, Kaufmännische Abteilung etc.

²¹⁰ Vgl. KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management, S.53ff.

- Bauleitung: Bauleiter, Polier, Techniker
- Arbeiter: Vorarbeiter, Facharbeiter, Hilfsarbeiter
- **Subunternehmer der verschiedenen Gewerke**
- **Lieferanten, Entsorgungsunternehmen**

Diese Projektbeteiligten können folgenden Sphären zugeordnet werden:²¹¹

- **Allgemeine Sphären:**
 - **Bauherr:** Bauherr, Investoren, Nutzer, Projektmanagement etc.
 - **Planer:** Architekt, Statiker, diverse Fachplaner, ÖBA etc.
 - **Ausführung:** Bauunternehmern, Lieferanten, Subunternehmer
 - Nicht genau definiert: Öffentlichkeit, Politik, Behörden etc.
- **Juristische Sphären:**
 - **Sphäre des Auftraggebers:** allgemeine Sphären des Bauherrn und der Planer sowie Behörden
 - **Sphäre des Auftragnehmers:** allgemeine Sphäre der Ausführung

In Abbildung 5.2 werden die Projektbeteiligten und deren Beziehungen als System dargestellt.

²¹¹ LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement – Teil 1 - Grundlagen BauProjektManagement, S.83ff.

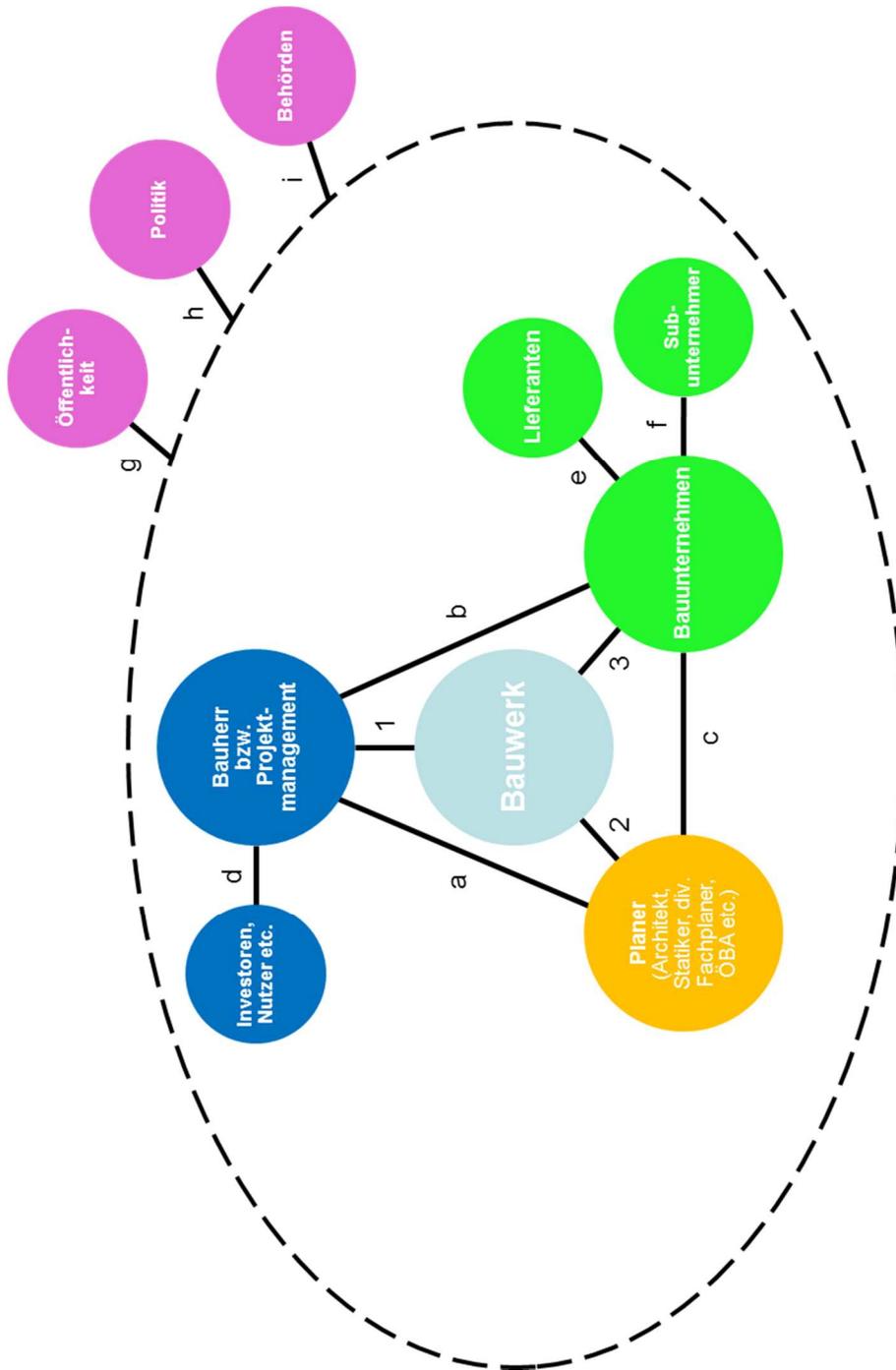


Abbildung 5.2 Allgemeine Darstellung der Projektbeteiligten und deren Beziehungen

Legende:**Farben ...Allgemeine Sphären**

	...Bauherr		...Systemgrenze
	...Planer		...Aufgabenbereich bzgl. Bauwerk
	...Ausführung		...Beziehungen
	...nicht genau definiert		

Die Systemgrenze ergibt sich dabei hinsichtlich direkter bzw. indirekter Projektbeteiligung, wobei unter der direkten Projektbeteiligung das aktive Mitwirken an der Gestaltung und Entwicklung bzw. der Realisierung des Bauprojekts in den Bereichen der Organisation, Planung bzw. Bauausführung verstanden werden kann, wohingegen indirekt Beteiligte nur passiv betroffen sind oder außerhalb der genannten Bereiche mitwirken.

Nachfolgend werden die Aufgabenbereiche das Bauwerk betreffend sowie die herrschenden Beziehungen und die jeweiligen Ziele bzw. Interessen der Projektbeteiligten kurz behandelt.

Aufgabenbereich bezüglich Bauwerk:**1) Bauherr bzw. Projektmanagement:**

Vorgaben (Wünsche, Ziele und Entscheidungen), Finanzierung, Organisation, Koordination, Steuerung und Kontrolle

2) Planer:

Planung, Erstellung der Ausschreibung, Bauüberwachung

3) Bauunternehmen:

Angebotslegung, Arbeitsvorbereitung, Bauausführung

Beziehungen:**Legende:**

- ...Beziehung vom Erstgenannten zum Zweitgenannten
- ↔ ...Verhältnis zwischen den Projektbeteiligten
- ← ...Beziehung vom Zweitgenannten zum Erstgenannten

a) Bauherr bzw. Projektmanagement ↔ Planer:

- Beauftragung, Entscheidungen, Bezahlung (Honorar)
- ↔ Planungsvertrag
- ← Planungsleistungen, Erstellung der Ausschreibung, Rechnungsprüfung, Bauüberwachung, Beratung

b) Bauherr bzw. Projektmanagement ↔ Bauunternehmen:

- Versendung der Ausschreibung, Beauftragung, Entscheidungen, Leistungsänderungen, Bezahlung, Abnahme

- ↔ Bauvertrag
- ← Angebotslegung, Bauleistungen, Prüf- und Warnpflicht, Rechnungslegung, Übergabe
- c) Planer ↔ Bauunternehmen:**
 - Planübergabe, Bauüberwachung
 - ↔ kein Vertragsverhältnis, Prüf- und Warnpflicht
 - ← Rechnungslegung zur Prüfung
- d) Investoren, Nutzer etc. ↔ Bauherr bzw. Projektmanagement:**
 - Vorgaben/Wünsche, Geldmittel
 - ↔ Erstellungs-/Nutzungsvertrag
 - ← Laufende Information über Projektstand, Fertiges Bauwerk
- e) Bauunternehmen ↔ Lieferanten:**
 - Angebotseinholung, Bestellung, Lieferabnahme, Bezahlung
 - ↔ Liefervertrag
 - ← Angebotslegung, Lieferung, Rechnungslegung
- f) Bauunternehmen ↔ Subunternehmer:**
 - Angebotseinholung, Beauftragung, Bezahlung
 - ↔ Werkvertrag, Prüf- und Warnpflicht
 - ← Angebotslegung, Bauleistungen, Rechnungslegung
- g) System ↔ Öffentlichkeit:**
 - Auskunft, Immissionen in der Bauausführung
 - ← Interessen, Akzeptanz, Beschwerden
- h) System ↔ Politik:**
 - Auskunft
 - ← Gesetzgebung, Interessen, Beschwerden
- i) System ↔ Behörden:**
 - Antragsstellungen
 - ← Genehmigungen (eventuell mit Auflagen), Ablehnungen

Ziele/Interessen:

Es liegt im Interesse aller Beteiligten (zumindest sollte es das), dass das Projekt ein Erfolg wird und somit die Ziele bzw. Vorgaben hinsichtlich Zeit, Kosten, Qualität und Quantität eingehalten bzw. möglichst sogar übererfüllt werden. Durch die (naturgemäß) verschiedenen Interessen der Beteiligten werden die Schwerpunkte aber an unterschiedlichen Stellen gesetzt:

- Der **Bauherr** will vor allem, dass das gewünschte Bauwerk bis zum vereinbarten Fertigstellungstermin (bzw. sogar möglichst früher), zu möglichst geringen Kosten und in möglichst hoher Qualität hergestellt wird. Er wünscht geringes Risiko und möglichst wenige Komplikationen in der Bauausführung. Er will damit die Wünsche seiner Investoren, Nutzer etc. zufriedenstellen.

- **Investoren, Nutzer etc.** wollen das Objekt ehestmöglich übernehmen können und dabei für ihr Geld eine möglichst hohe Qualität erhalten.
- Das **Projektmanagement** will das Bauprojekt möglichst reibungsfrei abwickeln und dabei den Bauherrn durch bestmögliche Vertretung seiner Interessen mit seiner Arbeit zufriedenstellen. Es erhofft sich daraus Prestigegewinn bzw. eine gute Referenz und in weiterer Folge die Gewinnung weiterer Kunden bzw. Folgeaufträge beim Bauherrn.
- Die verschiedenen **Planer** wollen mit ihrer Arbeit ähnliches wie das Projektmanagement erzielen. Außerdem liegt es in ihrem Interesse, dass ihre Planungen die geforderten Anforderungen erfüllen und die Bauunternehmen die vorgegebenen Planungen auch gut umsetzen, sodass in der Folge keine Probleme auftreten.
- **Bauunternehmen** wollen natürlich, dass das gewünschte Bauwerk bzw. ihr Leistungsbereich – unter Einhaltung der Vertragsbedingungen – möglichst wirtschaftlich errichtet wird. Sie wünschen dabei möglichst geringe Einmischung von außen in ihre Arbeiten.
- **Lieferanten und Subunternehmer** haben im Prinzip die selben Interessen wie die Bauunternehmen und wollen außerdem durch gute Arbeit für zukünftige Aufträge bei den Bauunternehmen in Frage kommen.
- Die **Öffentlichkeit** will eine sinnvolle und angemessene Verwendung der Steuern zur Schaffung hochwertiger Bauwerke im öffentlichen Raum. Hervorzuheben sind hierbei die Interessen der Anrainer, welche von den Baumaßnahmen direkt betroffen sind und somit möglichst geringe Immissionen wünschen.
- Die **Politik** will wiederum Zufriedenheit der Öffentlichkeit mit dem Bauwerk zu möglichst geringen Kosten.
- Die **Behörden** wollen, dass die Arbeiten im Rahmen der Gesetze umgesetzt werden und setzen dabei auf möglichst frühe und unproblematische Zusammenarbeit mit den Beteiligten.

5.1.2.3 Projektphasen

Der Systemaspekt „Projektphasen“ betrachtet die Ablaufstruktur des Bauprojekts, wofür sich die Prozessdarstellung anbietet.

Für die Organisation bzw. Planungsleistungen von Bauprojekten ist die zeitliche Einteilung in Projektabschnitte von der Planung bis zur Inbetriebnahme unter anderem durch die HO-PS (Honorarordnung für Projektsteuerung) in Projektphasen, durch die HO-A (Honorarordnung Architektur) in Teilleistungen bzw. durch die deutsche HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) in Leistungsphasen vorgegeben.²¹² Von Seiten der Ausführung existieren verschiedene – in ihrer Grundaussage ähnliche – Projektphasenmodelle in der Literatur.

Für eine umfassende Betrachtung des Bauprojekts – unter Einbeziehung der wichtigsten Leistungsphasen aller Projektbeteiligten – wurde die in Abbildung 5.3 dargestellte Prozessdarstellung in Projektphasen gewählt, welche vom Beginn der Phase „Projektentwicklung“ (=Projektbeginn) bis zum Ende der Phase „Übergabe/Übernahme und Projektabschluss“ (=Projektende) reicht. Es ist anzumerken, dass hinsichtlich der Projektphasen auch eine detaillierte Betrachtung (z.B. der Phase der Bauausführung im Zuge der Bauablaufplanung) möglich ist.

²¹² Vgl. LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement – Teil 1 - Grundlagen BauProjektManagement, S.19



Abbildung 5.3 Allgemeine Prozessdarstellung der Projektphasen

Die Farben der Projektphasen sind entsprechend der Zuordnung zur allgemeinen Sphäre des Auftraggebers (blau), des Planers (orange) und der Ausführung (grün) gewählt, wobei eine Phase auch mehrfach zugeordnet sein kann. Außerdem ist zu erwähnen, dass das Projektmanagement im Zuge der Projektrealisierung die Aufgaben des Bauherrn erfüllt bzw. dessen Interessen vertritt und daher (obwohl es keiner Phase entspricht) parallel zu den Projektphasen dargestellt wird.

5.1.3 Vorgehensweise – Gewähltes Phasenmodell

Für die Vorgehensweise beim Beispiel wird das SE-Prinzip der Phasengliederung herangezogen. Das Phasenkonzept (allgemeine Darstellung siehe Abbildung 5.4) entspricht dabei – wie schon in Kapitel 3.4.1.2 erwähnt – der Makro-Logik des SE-Vorgehensmodells und basiert auf dem Prinzip der zeitlichen Gliederung des Problemlösungsprozesses in Projektphasen. Dieses Phasenkonzept kann auf das jeweilige Projekt (hier: Bauprojekt mit dem Fokus auf die Arbeitsvorbereitung des Auftragnehmers) angepasst werden, solange der Grundgedanke des etappenweisen Vorgehens mit zunehmender Konkretisierung gewahrt bleibt.

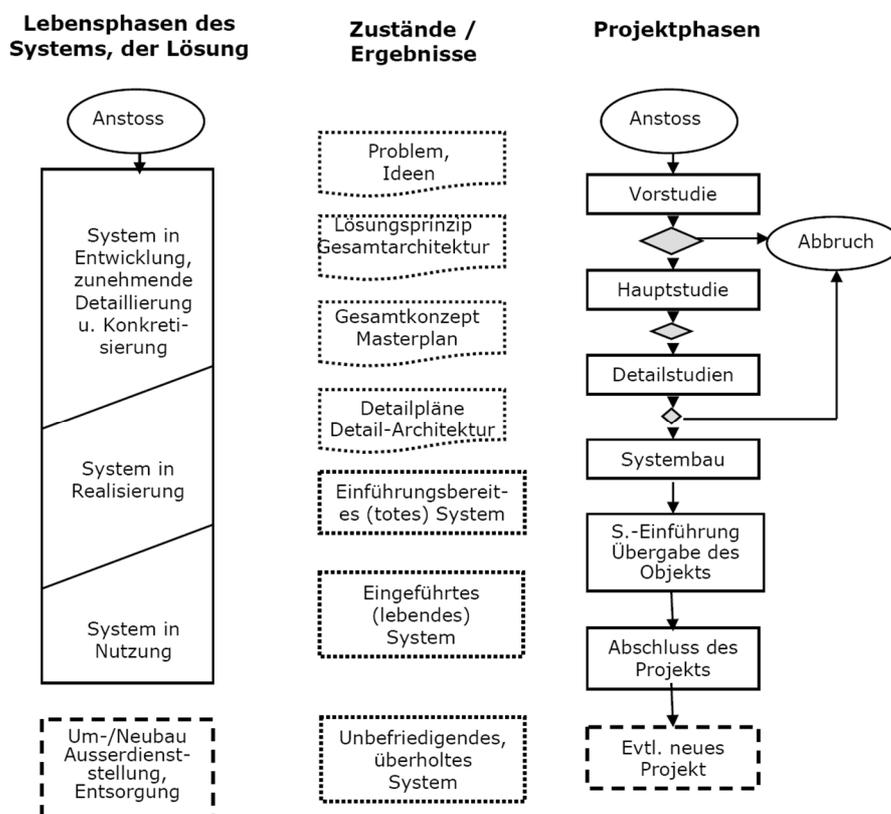


Abbildung 5.4 Allgemeine Darstellung des SE-Phasenkonzepts²¹³

Dieses allgemeine SE-Phasenkonzept diene als Grundlage für das in Abbildung 5.5 dargestellte Phasenmodell, welches für die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten entwickelt wurde. Für die Projektphasen und die jeweiligen Zustände bzw. Ergebnisse wurden

²¹³ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 – S.19

dabei branchenübliche Bezeichnungen herangezogen. Die Phasenbezeichnungen des allgemeinen SE-Phasenkonzepts werden zur besseren Veranschaulichung des Vorgehens nach der SE-Methodik ergänzend dazu in Klammern ebenfalls angeführt.

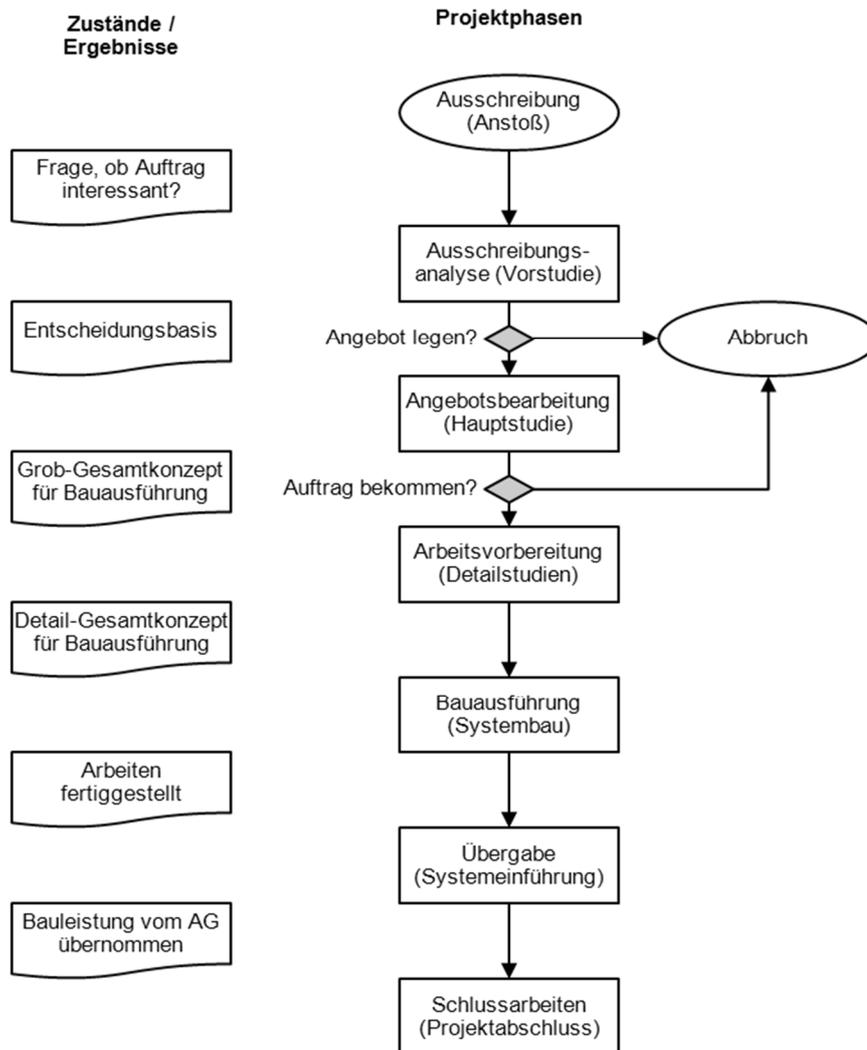


Abbildung 5.5 Phasenmodell für die Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers für das folgende Beispiel

Beschreibung der Vorgehensweise beim Beispiel nach dem Phasenmodell:

1. Ausgangssituation

Der Anstoß für die erste Beschäftigung des Auftragnehmers (AN) mit dem Projekt ist das Einlangen der Ausschreibungsunterlagen. Damit stellt sich für den AN die Frage, ob der vorliegende Auftrag für ihn interessant ist. Ist dies der Fall, so wird in der folgenden Phase die Ausschreibung analysiert.

2. Ausschreibungsanalyse (Vorstudie)

Das Analysieren der Ausschreibungsunterlagen sowie der Auftragssituation soll als erster Schritt vor allem als Klärungsprozess (Vorstudie) zur Schaffung einer Informationsbasis dienen, sodass eine Entscheidung hinsichtlich der Legung eines Angebots getroffen werden kann. Hierbei wird nach dem SE-Problemlösungszyklus vorgegangen. Das Lösungskonzept für die Bauarbeiten ist mit der Ausschreibung (Leistungsverzeichnis, Pläne etc.) vorgegeben (Ausnahmen sind z.B. die funktionale Ausschreibung oder zugelassene Alternativangebote).

3. Angebotsbearbeitung (Hauptstudie)

Wurde in der vorangegangenen Phase der Entschluss zur Legung eines Angebots gefällt, so wird in dieser Phase ein grobes Gesamtkonzept (Grob-Gesamtkonzept) für die in den Ausschreibungsunterlagen beschriebenen Leistungsinhalte erarbeitet, wobei wiederum der SE-Problemlösungszyklus herangezogen wird. Dieses Grob-Gesamtkonzept für die Bauausführung soll Elemente (Grob-Teilkonzepte) bezüglich Verfahren, Bauablauf, Baulogistik und Baustelleneinrichtung beinhalten, wobei diese aufgrund der untereinander herrschenden Abhängigkeiten zusammenhängend zu planen sind. Aufbauend auf das gewählte Grob-Gesamtkonzept kann in weiterer Folge ein Angebot kalkuliert und abgegeben werden.

4. Arbeitsvorbereitung (Detailstudien)

Sollte der AN den Zuschlag für den Auftrag erhalten, so beginnt die Phase der Arbeitsvorbereitung, in der – mit Hilfe des SE-Problemlösungszyklus und aufbauend auf das Grob-Gesamtkonzept – ein umsetzungsreifes Detail-Gesamtkonzept für die Bauausführung erarbeitet wird. Das ausgearbeitete Gesamtkonzept bildet in weiterer Folge noch die Basis für die Arbeitskalkulation.

5. Bauausführung (Systembau)

Die Phase der Bauausführung startet mit dem Beginn der Arbeiten und endet mit deren Fertigstellung. In der Bauausführung wird das ausgearbeitete Gesamtkonzept in die Praxis umgesetzt. Dabei erfolgen laufende Soll-Ist-Vergleiche und Regulierungen in Form von Maßnahmen zur Steuerung des Projektes hinsichtlich Kosten, Terminen bzw. Qualität und Quantität zur Sicherung des Projekterfolgs.

6. Schlussbemerkungen/Resümee

Abschließend sollen das beim Beispiel angewandte Vorgehen nach Systems Engineering zusammengefasst und die gewonnenen Erkenntnisse daraus kurz resümiert werden. Weitere Projektphasen werden im Beispiel nicht mehr behandelt, da sie für diese Aufgabenstellung keine Relevanz haben.

In den Projektphasen „Ausschreibungsanalyse“, „Angebotsbearbeitung“ und „Arbeitsvorbereitung“ wird also jeweils der Problemlösungszyklus – als Mikro-Logik des SE-Vorgehensmodells – als Methodik zur Findung geeigneter Lösungen herangezogen. Das Vorgehen mit seinen Teilschritten und den jeweiligen Zusammenhängen wird dazu in Abbildung 5.6 nochmals dargestellt.

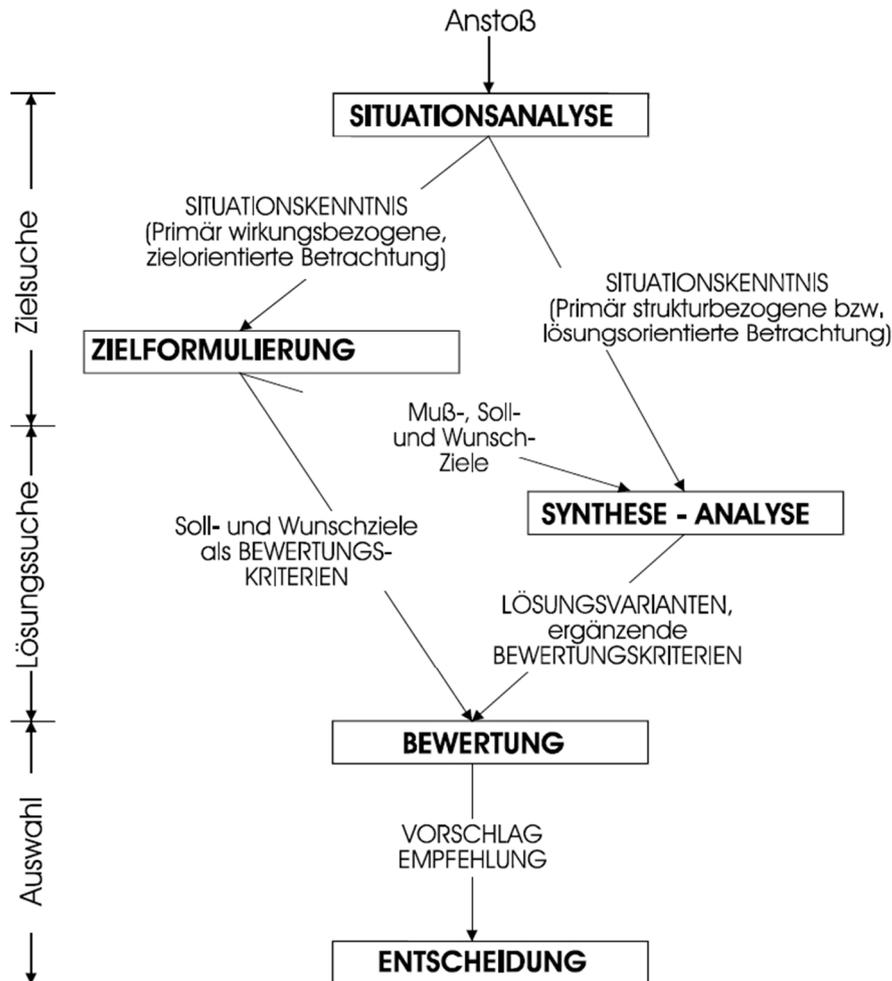


Abbildung 5.6 Vorgehen nach dem Problemlösungszyklus²¹⁴

²¹⁴ HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 – S.25

5.2 Anwendung des Systems Engineering im Zuge der Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz mit Fokus auf die Stahlbetonarbeiten

Zur besseren Übersichtlichkeit des Beispielablaufs wird das gewählte Phasenmodell ab dieser Seite am rechten Seitenrand dargestellt, wobei die jeweils aktuelle Projektphase hervorgehoben ist.

5.2.1 Ausgangssituation

Dieses Beispiel beginnt mit dem Einlangen der Ausschreibungsunterlagen für die Rohbauarbeiten (Baumeisterarbeiten und Konstruktiver Stahlbau) beim Musiktheater Linz bei einem fiktiven Auftragnehmer (AN), der als Großunternehmen das gesamte Leistungsspektrum im Bereich der Bauausführung abdeckt. Damit stellt sich für den AN die Frage: Ist der vorliegende Auftragsgegenstand für unser Unternehmen interessant?

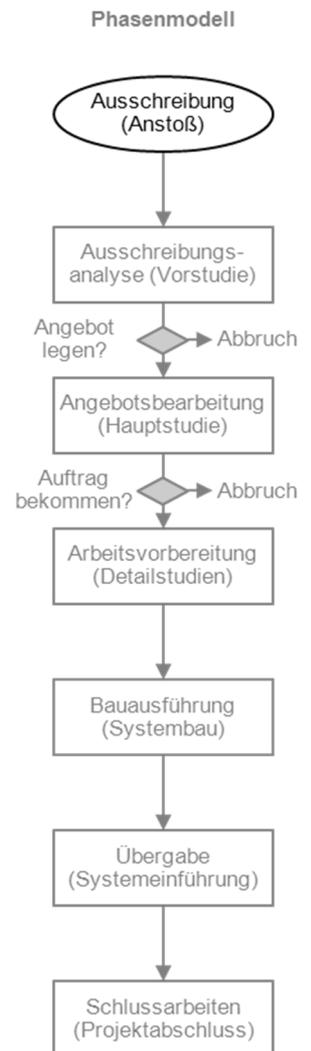
Aus der ersten Beschäftigung mit den Ausschreibungsunterlagen lassen sich für den AN folgende Informationen gewinnen:

Tabelle 1 Erste allgemeine Informationen aus den Ausschreibungsunterlagen²¹⁵

Projekt:	Neubau Musiktheater Linz
Auftragsgegenstand:	Baumeisterarbeiten Rohbau / Konstruktiver Stahlbau
Ausführungsort:	Linz Blumau-Volksgarten
Ausführungszeitraum:	September 2009 - Dezember 2010 (16 Monate)
Ausführungsbeginn:	31.08.2009
Bauherr:	Musiktheater Linz GmbH
Ausschreibendes Büro:	Ziviltechnikergesellschaft Spirk & Partner (Salzburg)

Der Auftragsumfang besteht dabei scheinbar aus:²¹⁶

- Herstellen und Vorhalten einer Baustelleneinrichtung
- Beton- und Stahlbetonarbeiten
- Versetzen von Fertigteilen
- Arbeiten im Bereich des Konstruktiven Stahlbaus
- Diverse Maßnahmen für den Bau im Winter



²¹⁵ Informationen von FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz

²¹⁶ Informationen aus einem Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr

In den folgenden Abbildungen 5.7 bis 5.9 werden – zur besseren Vorstellung des gegenständlichen Bauprojekts – Impressionen zum Musiktheater Linz dargestellt:

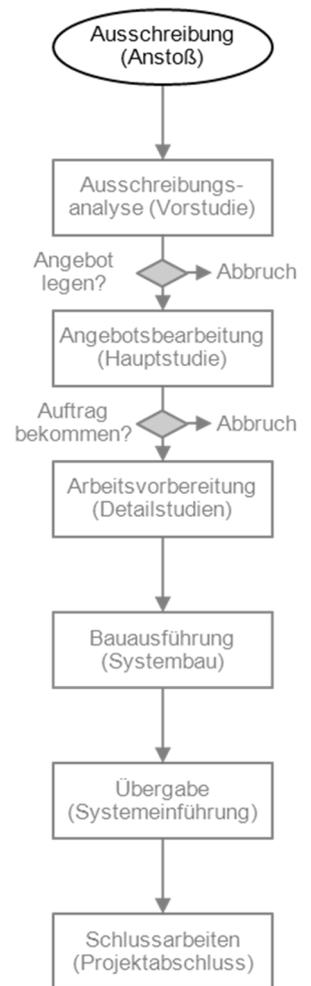


Abbildung 5.7 Blick von oben auf das Musiktheater Linz [Copyright: Terry Pawson Architects]²¹⁷



Abbildung 5.8 Blick vom Volksgarten auf das Foyer [Copyright: Terry Pawson Architects]²¹⁸

Phasenmodell



²¹⁷ FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz, S.2

²¹⁸ FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz, S.2

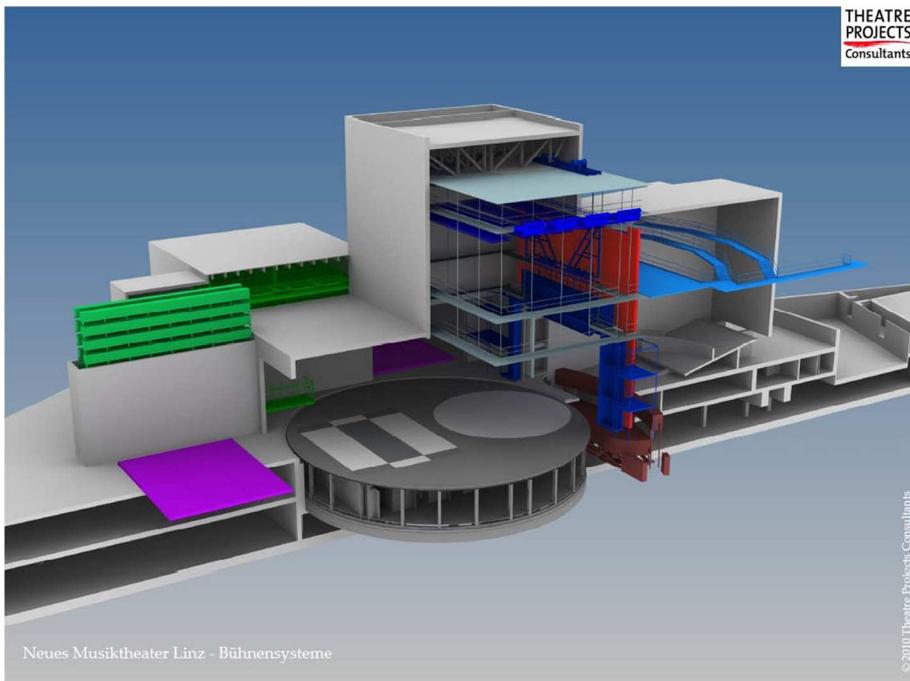
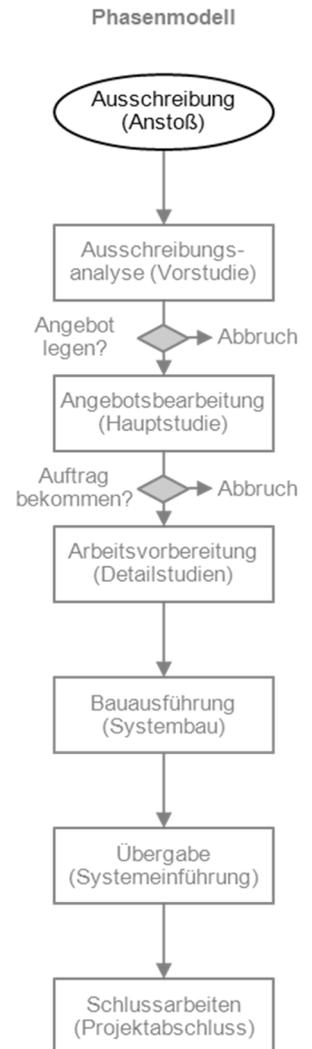


Abbildung 5.9 Schnitt durch das Gebäude [Copyright: Theatre Projects Consultants]²¹⁹

Die Ausschreibungsunterlagen lassen ein hinsichtlich der Rohbauarbeiten hochkomplexes Bauvorhaben vermuten, welches eine Herausforderung im Bereich des Hochbaus darstellt.

Ergebnis der ersten Beschäftigung mit den Ausschreibungsunterlagen:

Da der Auftragsgegenstand für den AN sehr interessant erscheint, beschließt er, eine Ausschreibungsanalyse im Sinne einer Vorstudie nach Systems Engineering durchzuführen.



²¹⁹ FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz, S.3

5.2.2 Ausschreibungsanalyse (Vorstudie)

In dieser ersten Klärungsphase werden die Ausschreibungsunterlagen Schritt für Schritt analysiert und auch die Auftragsituation betrachtet, um darauf aufbauend eine Entscheidung bezüglich des weiteren Vorgehens treffen zu können. Für die Vorgehensweise wird der SE-Problemlösungszyklus herangezogen.

Erwünschtes Ergebnis:

Am Ende dieser Projektphase soll die Entscheidung getroffen werden, ob ein Angebot ausgearbeitet werden soll oder nicht, wobei die Möglichkeit der Preisgestaltung sowie der Bildung einer Bietergemeinschaft berücksichtigt werden soll. In diesem Fall wäre auch noch der eigene Leistungsbereich zu definieren.

Situationsanalyse:

(a) Analyse Ausschreibungsunterlagen

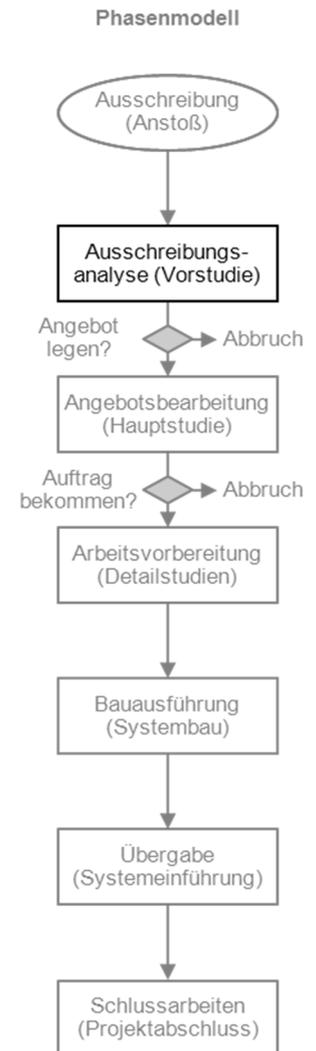
Aus den Ausschreibungsunterlagen lassen sich eine Reihe wichtiger Informationen für den AN gewinnen. Einige davon werden in den nachfolgenden Tabellen 2 bis 5 zusammengestellt.

Hierbei ist anzumerken, dass aufgrund der Verschwiegenheitspflicht bezüglich der Inhalte der Ausschreibungsunterlagen des Musiktheaters Linz in den Tabellen zum Teil keine bzw. nur allgemeine oder beispielhafte Inhalte angeführt werden.

Tabelle 2 Projektdaten²²⁰

Projektgegenstand	
Projekt:	Neubau Musiktheater Linz
Auftragsgegenstand:	Baumeisterarbeiten Rohbau / Konstruktiver Stahlbau
Ausführungsort:	Linz Blumau-Volksgarten
Ausführungszeitraum:	September 2009 - Dezember 2010 (16 Monate)
Ausführungsbeginn:	31.08.2009
Projektbeteiligte	
Bauherr:	Musiktheater Linz GmbH
Architekt:	Terry Pawson Architects (London)
Ausführungsplanung:	ArchitekturConsult (Graz/Wien)
Statik und Tragwerksplanung:	Schimetta Consult (Linz)
Projektsteuerung und ÖBA:	Ziviltechnikergesellschaft Spirk & Partner (Salzburg)
Baubehörde:	Stadt Linz

²²⁰ Informationen von FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz



In Tabelle 2 werden nochmals die allgemeinen Informationen zum Projektgegenstand bzw. die wichtigsten Projektbeteiligten angeführt. Für die weiteren Projektphasen wird vor allem der Ausführungszeitraum für die Erstellung des Rohbaus noch von Bedeutung sein. Die vorgegebene Bauzeit für die Erstellung des Rohbaus beträgt demnach 16 Monate, inkludiert also den gesamten Winter 2009/10 und ragt auch noch in den Winter Ende 2010 hinein.

Tabelle 3 Bauwerksdaten^{221 222}

Allgemeine Daten	
Bauweise:	Mischbauweise
Länge:	162 m
Breiteste Stelle:	82 m
Geschoßanzahl:	10 (2.UG, 1.UG, EG, 1.-4.OG, Bühnenturm 5-7.OG)
Kennzahlen	
Bauplatzfläche:	13.105 m ²
Be- und überbaute Fläche:	10.770 m ²
Bruttorauminhalt:	289.860 m ³
Bruttogeschoßfläche:	52.420 m ²
Nettogeschoßfläche:	43.930 m ²
Hauptmengen	
Schalung:	ca. 109.000 m ² (davon ca. 81.000 m ² Wandschalung und ca. 28.000 m ² Deckenschalung)
Bewehrung:	ca. 5.400 t
Beton:	ca. 44.000 m ³
Fertigteile:	ca. 15.000 m ² Fertigteildecken ca. 60 Fertigteilstützen ca. 70 Fertigteilstiegenläufe
Stahltragwerke:	ca. 570 t

Des Weiteren lassen sich die in Tabelle 3 aufgelisteten Bauwerksdaten durch Studieren der Ausschreibungsunterlagen ermitteln. Diese Zahlen machen das ungefähre Ausmaß des Auftragsgegenstands greifbar und können von der unternehmensinternen Kalkulationsabteilung zu einer groben Kostenabschätzung herangezogen werden.

Hierbei können in etwa 350 bis 430 €/m³ Beton bzw. 60 bis 70 €/m³ BRI als Größenordnung für die Kosten der Stahlbetonarbeiten (nur Ortbeton) angesetzt werden, wobei sich die Gesamtkosten für den Auftrag (inkl. Baustelleneinrichtung, Winterbau, Fertigteile und Konstruktivem Stahlbau) rund um 21 Mio. € bewegen sollten.²²³

²²¹ Informationen von FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz

²²² Informationen von <http://www.diebauzeitung.at/ireds-112192.html>, Zugriff am 09.09.2011, 11:20 Uhr

²²³ Informationen aus einem Gespräch mit Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler am 20.09.2011, 14:00 bis 15:00 Uhr

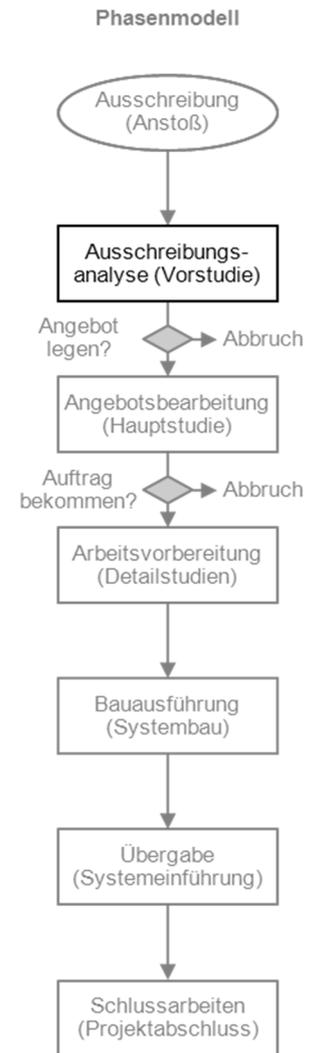


Tabelle 4 Ausschreibungsbestimmungen

Ausschreibung	
Ausschreibungsgegenstand:	
Ausschreibungsdatum:	
Ausschreibungsunterlagen:	z.B. Allgemeine/Besondere Vertragsbestimmungen, Leistungsverzeichnis, diverse Planbeilagen, Baubeschreibung, Technischer Bericht, Rahmenterminplan, diverse Bewilligungen und Bescheide
Ausschreibungsart:	konstruktiv / funktional
Pauschalauftrag:	ja / nein
Alternativen zugelassen:	ja / nein
ARGE-Bildung zugelassen:	ja / nein
Vadium verlangt:	ja / nein
Angebotsabgabe	
Abgabedatum:	
Abgabezeit:	
Abgabeort:	
Abgabeform:	z.B. in Papierform, elektronisch
Angebotsbestandteile:	z.B. ausgefülltes Kurz-LV mit Summenblatt, Datenträger, K-Blätter
Angebotsöffnung	
Öffnungsdatum:	
Öffnungszeit:	
Öffnungsort:	
Vergabe	
Vergabeverfahren:	z.B. offenes/nicht offenes Verfahren, Verhandlungsverfahren
Vergabedatum:	
Vergabekriterien:	z.B. 90% Preis, 10% Qualität

In Tabelle 4 können allgemeine Daten zu den Ausschreibungsbestimmungen erfasst werden. Hierzu zählen Informationen zur Ausschreibung selbst sowie zur Angebotsabgabe, Angebotsöffnung und zur Vergabe. Für den AN sind vor allem die Ausschreibungsart (konstruktiv oder funktional), die Art des Vergabeverfahrens und die Vergabekriterien für angebotsstrategische Überlegungen von Bedeutung.

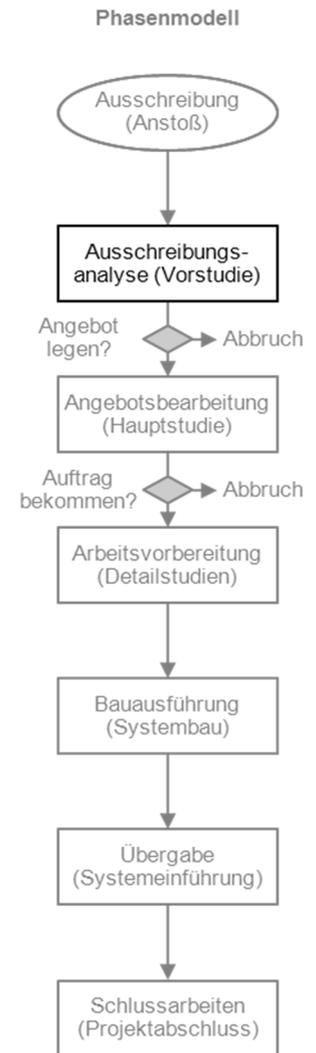
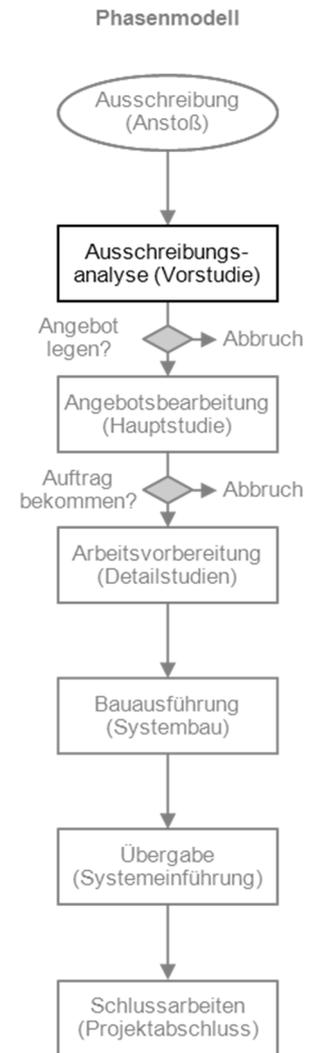


Tabelle 5 Vertragsbestimmungen²²⁴

Rechtliches	
Zugrundeliegende Bauvertragsnorm:	z.B. ÖNORM B 2110, Ausgabe 01-01-2009
Zugrundeliegendes Recht:	z.B. ABGB
Gerichtsstand:	z.B. Linz
Vertragssprache:	z.B. Deutsch
Angebotswährung:	z.B. Euro
Sicherstellungen	
Sicherheiten vom AG für AN:	z.B. Finanzierungszusage einer Bank, Grundbuchsicherung
Sicherheiten für AG vom AN:	z.B. Konzern erfüllungsgarantie
Deckungsrücklass:	z.B. 5%
Haftrücklass:	z.B. 2%
Versicherungen:	z.B. Haftpflicht- oder Bauwesenversicherung durch AG/AN
Diverses	
Preise sind:	veränderliche Preise / Festpreise
Baugrundrisiko trägt:	AG / AN
Baugrundgutachten vorhanden:	ja / nein
Beweissicherung durch:	AG / AN
Ausführungsplanung durch:	AG / AN
Massenrisiko (Mehrung/Minderung) trägt:	AG / AN
Terminrisiko (z.B. Pönale, Schadenersatz auf Terminverzug):	ja / nein
Art der Übernahme:	förmlich / formlos
Gewährleistungsdauer:	z.B. 3 Jahre

Die Vertragsbestimmungen bilden den rechtlichen Rahmen für die Erfüllung des geforderten Leistungsumfangs. Hierzu sind in Tabelle 5 in einer Art Checkliste einige wichtige gängige Vertragsinhalte zur Analyse der Vertragsbestimmungen der Ausschreibung aufgelistet. Aufgrund der laufenden Änderungen der Bestimmungen in der Bauvertragsnorm (ÖNORM B 2110) ist auf die der Ausschreibung zugrundeliegende Ausgabe zu achten.



²²⁴ Allgemeine Informationen aus einem Gespräch mit Dipl.Ing. Kurt Rusam (Geschäftsführer Swietelsky International) am 03.09.2011, 14:00 bis 16:00 Uhr

(b) Analyse Auftragssituation

Neben dem Auftragsgegenstand selbst (vorliegend in Form der Ausschreibungsunterlagen) hat natürlich auch die Auftragssituation Einfluss auf die angestrebte Entscheidungsfindung bezüglich der Ausarbeitung eines Angebots.

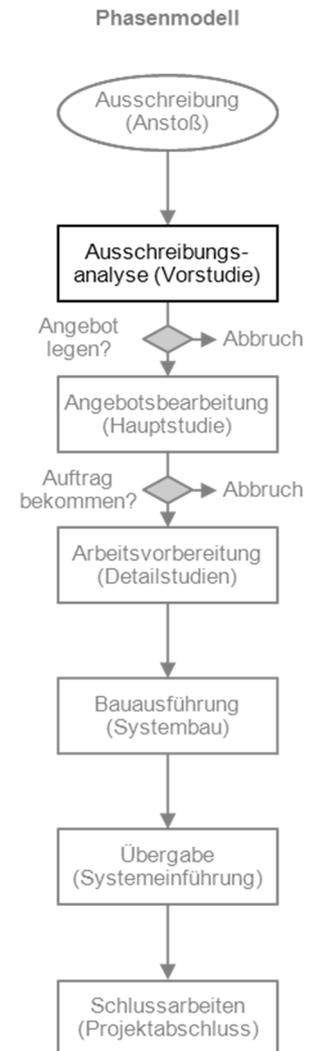
Tabelle 6 Auftragssituation

Eigene Situation	
Leistungsspektrum:	z.B. alle Sparten des Bauwesens im Bereich der Bauausführung
Marktposition:	z.B. Marktführer in Österreich
Auftragslage:	z.B. mittel bis gut
Durchgeführte ähnliche Projekte:	z.B. einige
Derzeit verfügbare Ressourcen:	z.B. mittel
Interesse am Auftrag:	z.B. hoch
Konkurrenzsituation	
Auftragslage in der Baubranche:	z.B. mittel bis schlecht
Mögliche Konkurrenten um den Auftrag:	z.B. viele
Interesse am Auftrag:	z.B. hoch

Bei der Analyse der Auftragssituation (siehe Tabelle 6) wird zwischen der konkreten Situation des AN und der Einschätzung der Konkurrenzsituation unterschieden. Diese Analyse ist für den AN von strategischer Bedeutung und spielt auch bei der späteren Angebotspreisgestaltung eine entscheidende Rolle.

Das Interesse am Auftrag hängt stark von der Unternehmensstrategie ab. Bei der Auswahl von Projekten sollten Unternehmen nicht von ihrer strategischen Marschrichtung bezüglich Ziel-Produkt (Kernkompetenz), Ziel-Region, Ziel-Auftragsgröße etc. abweichen, um langfristig erfolgreich zu sein.²²⁵

²²⁵ Vgl. HECK, D; SCHLAGBAUER, D.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaftslehre, S.184



(c) Systemdarstellung nach der Situationsanalyse

Zusammenfassend kann nach der Analyse der Ausschreibungsunterlagen sowie der Auftragsituation folgendes System von Einflussfaktoren auf die angestrebte Entscheidungsfindung gestaltet werden:

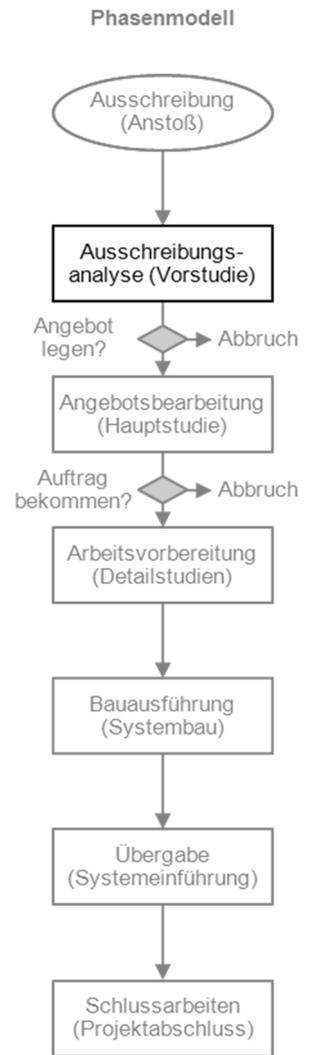
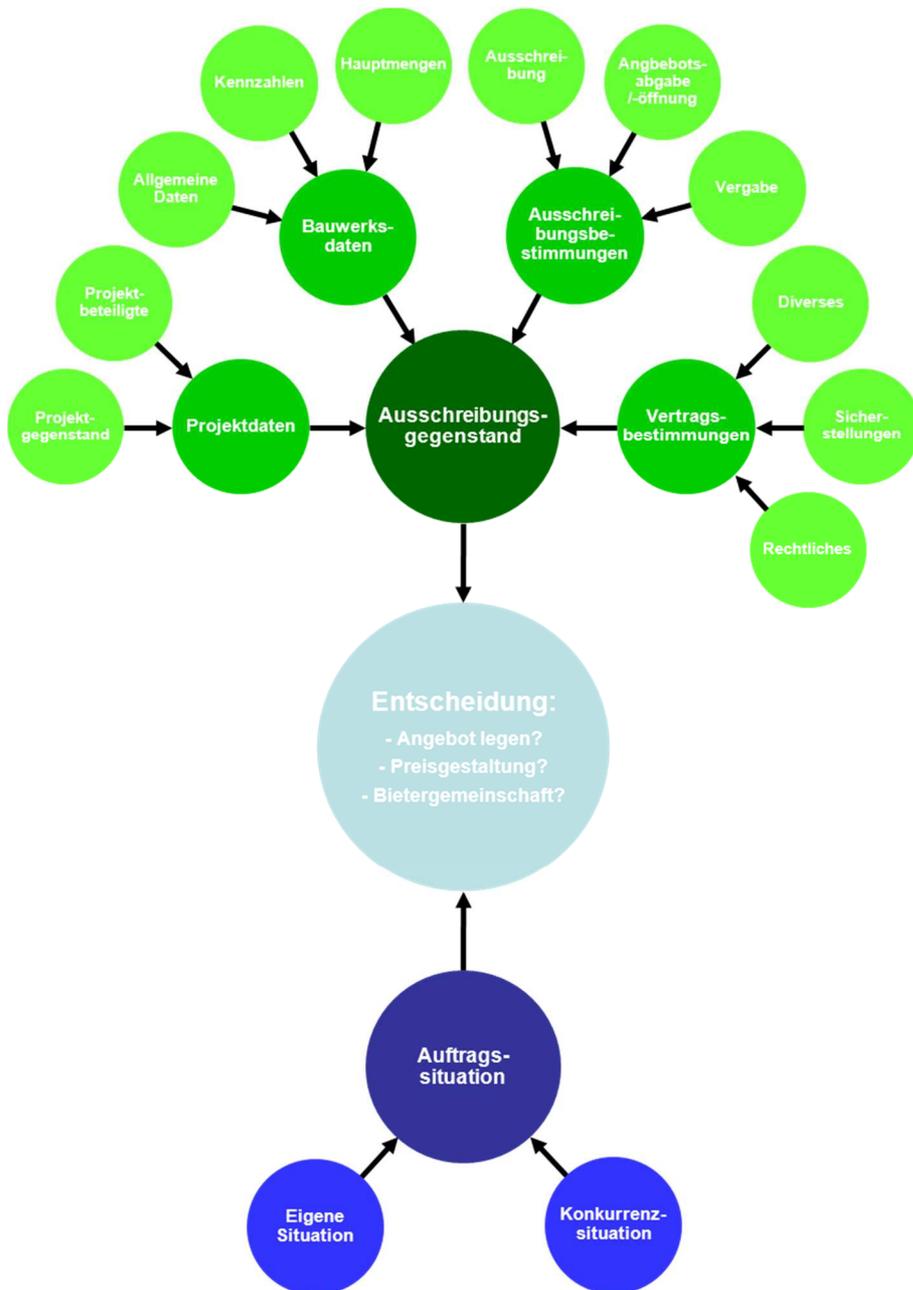


Abbildung 5.10 System „Einflussfaktoren auf die Entscheidungsfindung“

Zielformulierung:

Es sollen verschiedene Entscheidungsmöglichkeiten hinsichtlich der Angebotslegung herausgearbeitet werden, wobei folgende Punkte berücksichtigt werden sollen:

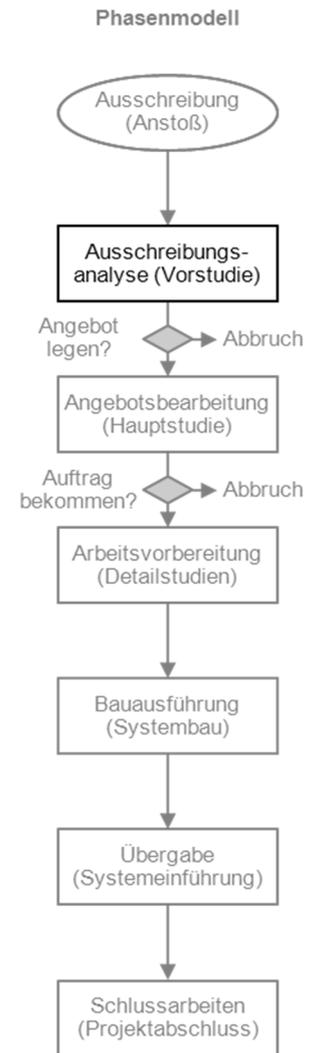
- Das eigene große Interesse am Auftrag, aber auch die zu erwartende hohe Konkurrenz,
- die Möglichkeit der Preisgestaltung bei Angebotslegung sowie
- die Möglichkeit der Bildung einer Bietergemeinschaft gemeinsam mit anderen Unternehmen und die damit verbundene Aufteilung der Gesamtleistung.

Lösungssuche:

1. Es können folgende Varianten der Preisgestaltung im Zuge der Angebotskalkulation für die Angebotslegung berücksichtigt werden:
 - a) „Scharfes“ Angebot (Preisminimum)
 - b) „Normales“ Angebot (Standardpreis)
 - c) „Proforma“-Angebot (Hochpreis – Angebotslegung nur zum Zweck der Marktbeobachtung, um die Angebotspreise der Konkurrenz zu erfahren)
2. Außerdem besteht die Möglichkeit
 - a) alleine bzw.
 - b) in Form einer Bietergemeinschaft anzubieten.
3. Und natürlich existiert auch noch die Option, in weiterer Folge kein Angebot mehr auszuarbeiten (Abbruch).

Bewertung und Entscheidung:

Da der Auftrag trotz der erwarteten hohen Konkurrenz unbedingt an Land gezogen werden soll und man diesen am liebsten alleine – und nicht in Form einer ARGE – ausführen möchte, entschließt sich der AN für die alleinige Ausarbeitung eines „scharfen“ Angebots. Die Angebotsbearbeitung soll hierbei im Sinne einer Hauptstudie nach Systems Engineering durchgeführt werden.



5.2.3 Angebotsbearbeitung (Hauptstudie)

In dieser Phase soll – wieder unter Anwendung des SE-Problemlösungszyklus – ein grobes Gesamtkonzept (Grob-Gesamtkonzept) für die Ausführung der in den Ausschreibungsunterlagen geforderten Leistungsinhalte gestaltet werden, auf dessen Basis dann von der Kalkulationsabteilung ein Angebot kalkuliert werden kann. Dieses Grob-Gesamtkonzept soll grobe Überlegungen und Planungen bezüglich Verfahren, Bauablauf, Baulogistik und Baustelleneinrichtung beinhalten. Die Elemente (Grob-Teilkonzepte) des Grob-Gesamtkonzepts sind aufgrund der untereinander herrschenden Abhängigkeiten zusammenhängend zu planen. Hierbei werden vor allem die Ebenen 1-3 des Systems „Projektgegenstand (Bauwerk)“ (siehe Abbildung 5.1) behandelt, wobei im Zuge dieses Beispiels der Fokus vor allem auf die Stahlbetonarbeiten gelegt wird.

Erwünschtes Ergebnis:

Es soll ein möglichst gutes Grob-Gesamtkonzept für die Ausführung der ausgeschriebenen Leistungsinhalte gefunden werden. Dabei sind neben der Realisierbarkeit vor allem die Kosten hinsichtlich der auf das Grob-Gesamtkonzept aufbauenden Angebotslegung von Bedeutung.

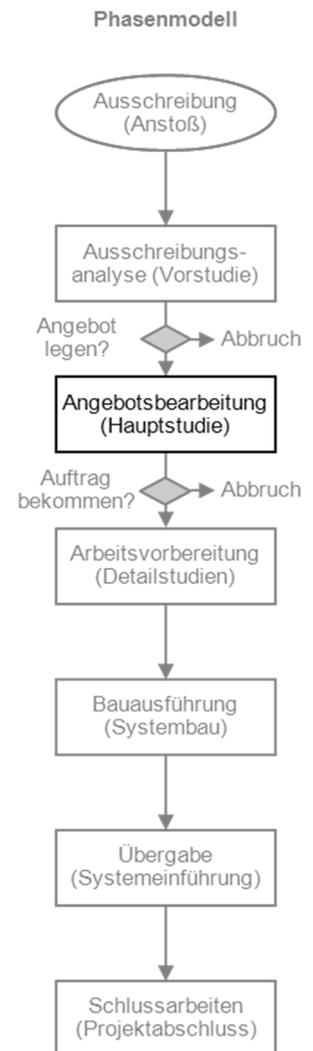
Situationsanalyse:

(a) Analyse Auftragsbedingungen

In diesem ersten Schritt zur Analyse des Auftragsgegenstands sollen durch vertieftes Studieren der Ausschreibungsunterlagen und durch Begehen der Baustelle Informationen bezüglich der Auftragsbedingungen gewonnen werden.

Die Ausschreibungsunterlagen werden hierbei hinsichtlich wichtiger Informationen zu den Umständen der Leistungserbringung durchgegangen, wobei diese vor allem in der Baubeschreibung, dem Technischen Bericht, den allgemeinen bzw. besonderen Vertragsbestimmungen und in den Vorbemerkungen der einzelnen Leistungsgruppen im Leistungsverzeichnis gefunden werden können.²²⁶

Bei der Analyse der Ausschreibungsunterlagen werden diese außerdem auf Vollständigkeit, Richtigkeit und Vertragskonformität geprüft und die Abrechnungs- bzw. Zahlungsmodalitäten noch genauer betrachtet.²²⁷



²²⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.51

²²⁷ Vgl. HECK, D; LANG, W.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Baubetriebslehre, S.15

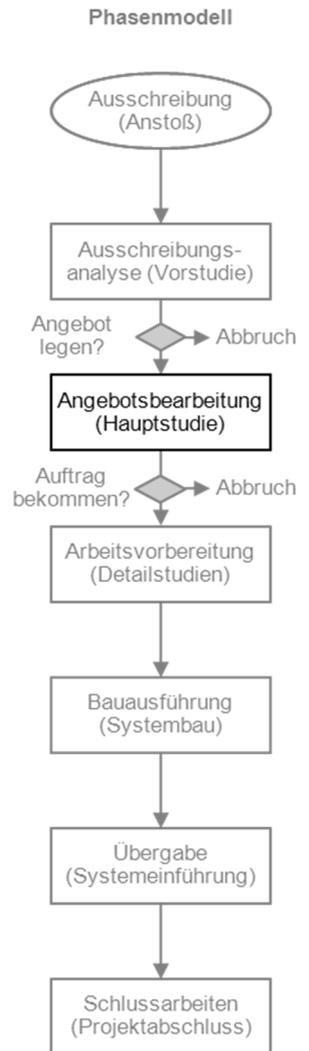
Im Zuge der Baustellenbegehung macht sich der AN des Weiteren mit den örtlichen Bedingungen am Baufeld vertraut. Dabei werden die Gelände- und Baugrundverhältnisse sowie sonstige Bedingungen des Baustellenumfeldes ins Auge gefasst. Außerdem können erste Erkenntnisse hinsichtlich der Gestaltung des Baubetriebs bzw. der Planung der Baustelleneinrichtung und Baulogistik mitgenommen werden.²²⁸

Abbildung 5.11 zeigt hierzu ein Foto vom Baufeld, das dessen Zustand in der Phase der Angebotsbearbeitung dargestellt.



Abbildung 5.11 Luftaufnahme Baufeld Musiktheater Linz²²⁹

In der folgenden Tabelle 7 werden die Ergebnisse der Analyse der Auftragsbedingungen zusammengefasst, welche durch das vertiefte Studium der Ausschreibungsunterlagen und die Baustellenbegehung vom AN gewonnen wurden. Die verschiedenen Einflüsse auf die spätere Leistungserbringung werden dabei in Bauwerks-, Betriebs-, Baustellen- bzw. Bauverfahrensbedingungen gegliedert.



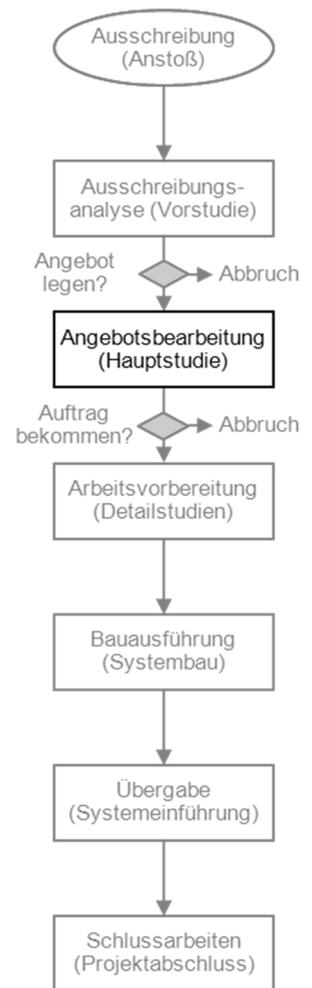
²²⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.51

²²⁹ http://www.linz.at/presse/2008/200805_39021.asp, Zugriff am 16.09.2011, 15:30 Uhr

Tabelle 7 Auftragsbedingungen²³⁰

Bauwerksbedingungen	
Bauweisen:	verschiedene (Ortbeton, Fertigteile, Konstruktiver Stahlbau)
Form bzw. Grundriss- und Aufrissgestaltung:	komplex (z.T. 2- bis 3-dimensionale Krümmungen, große Höhen, laufend ändernde Bauteilabmessungen)
Baustoffmengen:	hoch
Qualitative Anforderungen:	hoch
Arbeitsplatzbedingungen:	beengt (viele Arbeitskräfte auf relativ engem Raum)
Betriebsbedingungen	
Vorgegebene Bauzeit:	sehr kurz
Organisationsaufwand:	hoch
Koordinationsaufwand:	hoch
Geforderte Sicherheitsstandards:	hoch
Gesetzliche Bestimmungen:	relativ strikte Vorgaben (Baubehörde der Stadt Linz)
Vorleistungen anderer AN bis Ausführungsbeginn:	Baufeldvorbereitung, Verkehrsumlegung Blumau, Erdbau und Baugrubensicherung
Baustellenbedingungen	
Bauzeit – Witterung:	Winterbau (2009/10 bzw. Ende 2010)
Platzverhältnisse:	innerstädtisch – beengt
Baustellenaufschließung:	vorhanden – Ver- und Entsorgungsunternehmen vom Bauherrn vorgegeben
Verkehrssituation:	innerstädtisch – hohes Verkehrsaufkommen
Zufahrtsmöglichkeiten:	öffentliche Straßen verlaufen rund um Baustelle
Baustellenumfeld:	innerstädtisch – direkt angrenzende Anrainer
Geländeverhältnisse:	eben, kein Bewuchs, gut befahrbar
Bodenverhältnisse:	gute Tragfähigkeit, kein Grundwasser zu erwarten
Bauverfahrensbedingungen	
Komplexität der geforderten Leistungen:	mittel bis hoch
Erforderliche Leistungen hinsichtlich Baufortschritt:	hoch
Kranabhängigkeit der geforderten Leistungen:	hoch (Schalung und Bewehrung, Fertigteile, Stahlträger)
Einschränkung Schwenkbereich Krane:	nicht über Baustellengrenze hinaus (öffentliche Verkehrswege)
Montageschwierigkeit der geforderten Leistungen:	hoch (Montage von langen und schweren Bauteilen in großer Höhe)
Anforderungen an Mitarbeiterqualifikation:	hoch

Phasenmodell



²³⁰ Informationen aus einem Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr

(b) Analyse Auftragsumfang

Als nächster Schritt soll der Umfang der geforderten Leistungen erfasst werden. Hierzu wird der Auftragsgegenstand zunächst grob strukturiert, wobei die Gliederung nach Gebäudeteilen bzw. Leistungsgruppen erfolgt.²³¹

Gliederung nach Gebäudeteilen:²³²

- Foyer (Eingangsbereich, Restaurantbereich, Brucknersaal, Studiotheater)
- Haupthaus (Auditorium, Bühnenhaus)
- Künstlertrakt (diverse Umkleide- und Proberäume)
- Werkstättentrakt (diverse Werkstätten- und Büroräume)
- Einfahrtsbereich Tiefgarage

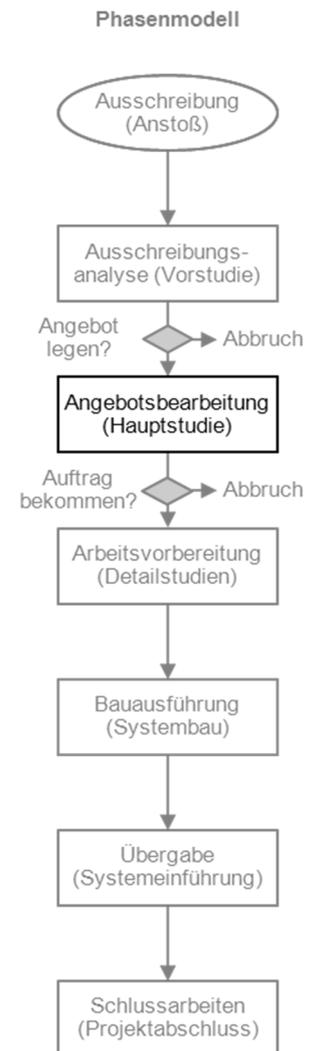
Gliederung nach Leistungsgruppen:²³³

- Baustelleneinrichtung
- Beton- und Stahlbetonarbeiten
- Fertigteile
- Konstruktiver Stahlbau
- Winterbauarbeiten

Diese Arten der Gliederung können in weiterer Folge für verschiedene Überlegungen bzw. Planungen in der Phase der Angebotsbearbeitung herangezogen werden und erleichtern damit die Beschreibung des jeweiligen Leistungsbereiches.

Als nächstes werden im Zuge der Analyse des Auftragsumfangs die geforderte Quantität bzw. Qualität betrachtet, wobei in der Phase der Angebotsbearbeitung der Fokus auf den Hauptbaustoff des Bauwerks (Beton) gelegt wird.

Da die Mengen aus dem Leistungsverzeichnis meist sehr ungenau sind, wird in einer ersten groben Mengenermittlung neben der Betonmenge auch der Bruttorauminhalt aus den Ausschreibungsplänen ermittelt. Diese dienen als Grundlage für weitere Planungen im Zuge der Lösungsfindung in der Phase der Angebotsbearbeitung. Die Genauigkeit



²³¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.53

²³² Informationen aus einem Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr

²³³ Informationen aus einem Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr

der Mengenermittlung ist dabei stark vom Planungsstadium der Ausschreibungspläne abhängig.²³⁴

In weiterer Folge werden für dieses Beispiel die Betonmenge bzw. der Bruttorauminhalt aus einem Beitrag von Franzl²³⁵ herangezogen.

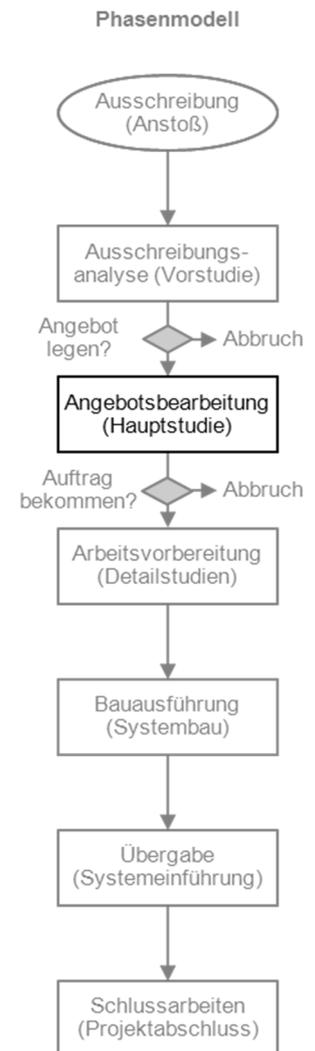
Es wurden vom AN folgende Zahlen ermittelt:

- Betonmenge: 44.000 m³
- Bruttorauminhalt: 289.860 m³

Mit Hilfe von Kennzahlen wie Schalungs- bzw. Bewehrungsgrad (siehe hierzu z.B. Hofstadler²³⁶) können außerdem noch die Mengen des Leistungsverzeichnisses auf Plausibilität überprüft werden.

Des Weiteren werden nach dem Studieren der Ausschreibungsunterlagen die groben Anforderungen bezüglich Ausführungsqualität vom AN folgendermaßen zusammengefasst:²³⁷

- 2.UG komplett als Weiße Wanne
- hohe statische Anforderungen (z.T. hohe Baustoffgüten und hohe Bewehrungsgrade)
- hohe akustische Anforderungen (schalltechnisch aufwändige Fugenausbildungen)
- hohe ästhetische Anforderungen (z.T. Sichtbeton)
- hohe geometrische Anforderungen (z.T. geneigte bzw. 2- bis 3-dimensional gekrümmte Bauteile)



²³⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.53

²³⁵ FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz

²³⁶ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb – Kapitel 3

²³⁷ Informationen aus einem Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr

(c) Systemdarstellung nach der Situationsanalyse

Nach der Analyse der Auftragsbedingungen sowie des Auftragsumfangs kann folgendes System vom Auftragsgegenstand dargestellt werden:

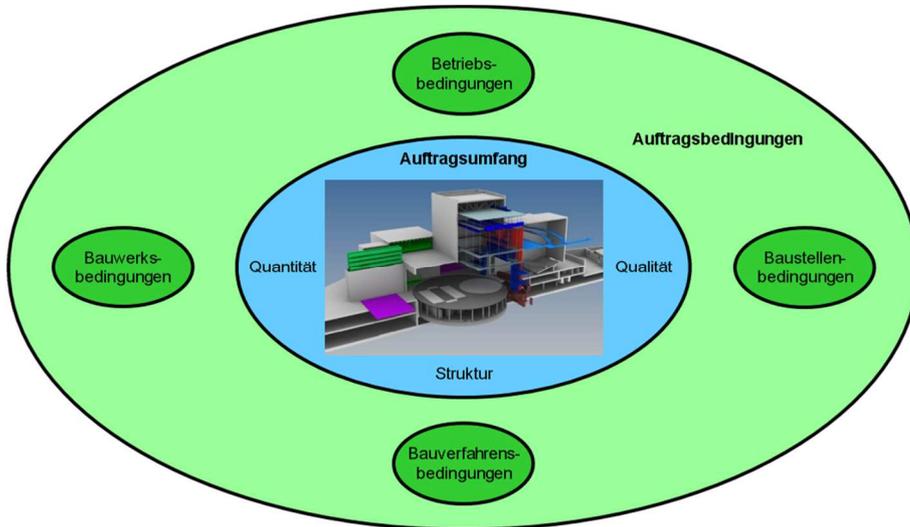
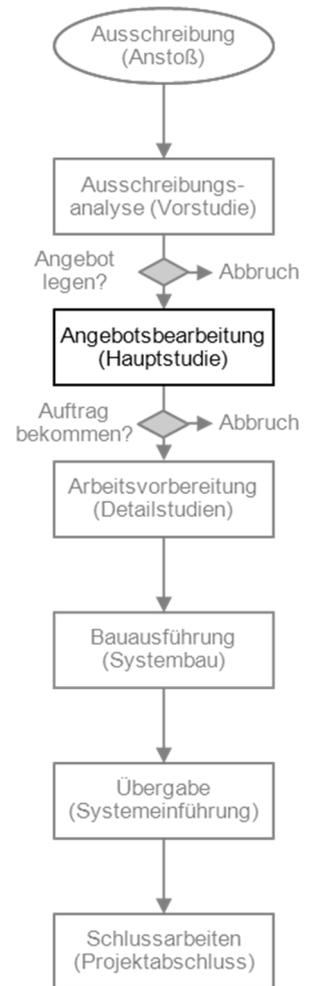


Abbildung 5.12 System „Auftragsgegenstand“

Phasenmodell

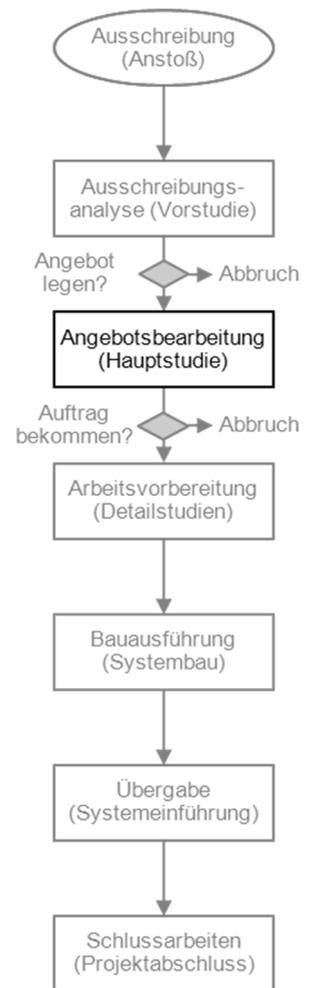


Zielformulierung:

Für die verschiedenen Zielformulierungen der einzelnen Grob-Teilkonzepte des Grob-Gesamtkonzepts wurde vom AN auf Basis der Situationsanalyse folgender Zielkatalog erstellt:

Tabelle 8 Zielkatalog für Teilkonzepte des Grob-Gesamtkonzepts²³⁸

Zielkatalog		
Phase:	Angebotsbearbeitung	
Zielobjekt:	Grob-Gesamtkonzept für Bauausführung	
Allgemeine Zielformulierung:	Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit	
X) Grob-Teilkonzept		
Zielklasse	Zielformulierung	Priorität
Zielunterklasse		
1) Grob-Verfahrenskonzept: ²³⁹		
Finanzziele:		
Kosten	Verfahren sind möglichst kostengünstig	S
Funktionsziele:		
Qualität	Verfahren erreichen geforderte Qualitäten aus der Ausschreibung ($Q_{IST} \geq Q_{SOLL}$)	M
Leistung	Verfahren haben ausreichende Leistung hinsichtlich erforderlichem Baufortschritt ($L_{IST} \geq L_{erf.}$)	M
Funktionalität	Verfahren sind technisch realisierbar bei den gegebenen Auftragsbedingungen (z.B. Platzverhältnisse, Winterbau etc.)	M
Verfügbarkeit	Verfahren sind termingerecht verfügbar	M
Sicherheit	Verfahren erfüllen vorgegebene Sicherheitsstandards	M
Umweltbelastung	Verfahren erfüllen vorgegebene Umweltstandards	M
Personalziele:		
Mitarbeiterqualifikation	Verfahren kann von den verfügbaren eigenen Arbeitern oder von einem verfügbaren Subunternehmer durchgeführt werden	M
2) Grob-Bauablaufkonzept:		
Funktionsziele:		
Termine	Bauablauf bleibt im Rahmen der Terminvorgaben	M
Funktionalität	Bauablauf berücksichtigt die gegebenen Auftragsbedingungen (z.B. Platzverhältnisse, Winterbau etc.)	M
	Bauablauf ergibt eine möglichst gleichmäßige Ressourcenverteilung über die Bauzeit	S
Gesetz	Arbeitszeitmodell entspricht den gesetzlichen Rahmenbedingungen	M
Personalziele:		
Mitarbeiterakzeptanz	Arbeitszeitmodell wird von Arbeitern akzeptiert	S

Phasenmodell

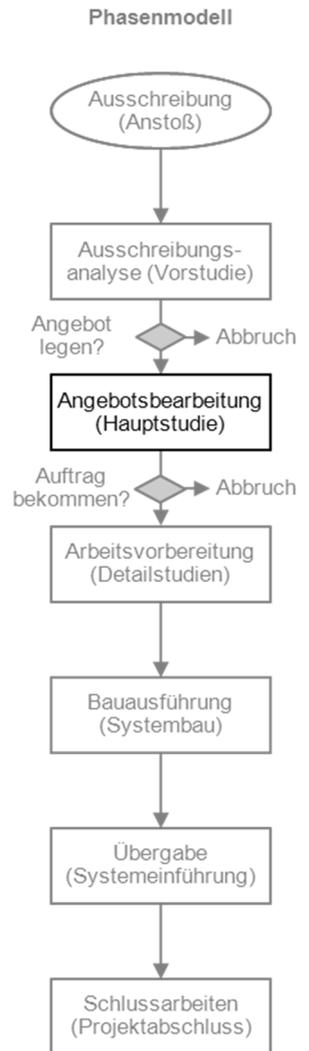
²³⁸ In Anlehnung an HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 - S.32

²³⁹ Vgl. LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren – Grundlagen, Methodik und Anwendung, S.96-97

3) Grob-Bauleistungskonzept: Finanzziele: Kosten Funktionsziele: Leistung Funktionalität	Grob-Bauleistungskonzept beinhaltet möglichst kostengünstige Beschaffungsquellen, Transportwege und Entsorgungsmöglichkeiten	S
	Bezugsquellen, Transportwege und Entsorgungsmöglichkeiten sind geeignet für die geforderten Kapazitäten	M
	Grob-Bauleistungskonzept ermöglicht möglichst flüssige und geordnete Abläufe	S
4) Grob-Baustelleneinrichtungskonzept: Finanzziele: Kosten Funktionsziele: Leistung Funktionalität Sicherheit	Grob-Baustelleneinrichtungskonzept ist möglichst kostengünstig	S
	Baustelleneinrichtung ermöglicht die erforderlichen Arbeitsleistungen (z.B. hinsichtlich Verkehrskapazität, Medienversorgung und Entsorgung, Krankkapazität etc.)	M
	Baustelleneinrichtung beinhaltet genügend Platz für die erforderlichen Baustelleneinrichtungselemente (Unterkünfte, Lagerung, Großgeräte etc.)	M
	Baustelleneinrichtung enthält ausreichende Zufahrts- und Anlieferungsmöglichkeiten	M
	Baustelleneinrichtung beinhaltet möglichst kurze Wege auf der Baustelle	S
	Baustelleneinrichtung bietet möglichst viel Platz für Arbeiten bzw. Transporte	S
	Baustelleneinrichtung berücksichtigt die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände	M

Legende:

M...	Mussziel	das Ziel muss zwingend erfüllt werden
S...	Sollziel	das Ziel ist wichtig und soll erfüllt werden
W...	Wunschziel	das Ziel ist zu beachten und dessen Erfüllung ist erwünscht



Lösungssuche:

In der Lösungssuche werden auf Basis der Erkenntnisse aus der Situationsanalyse und entsprechend der Ziele aus der Zielformulierung geeignete Grob-Gesamtkonzeptvarianten für die Bauausführung gesucht. Ein Grob-Gesamtkonzept für die Bauausführung besteht dabei aus Grob-Teilkonzepten bezüglich Verfahren, Bauablauf, Baulogistik bzw. Baustelleneinrichtung (siehe Abbildung 5.13).

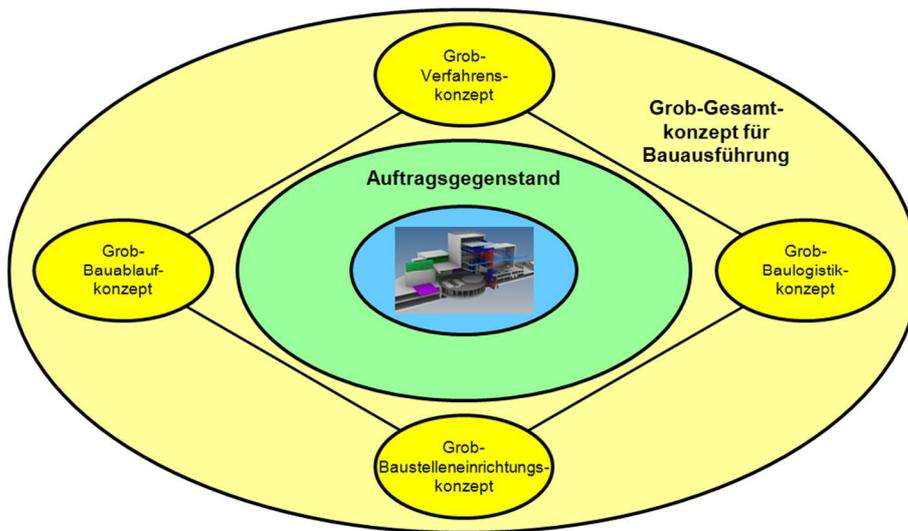
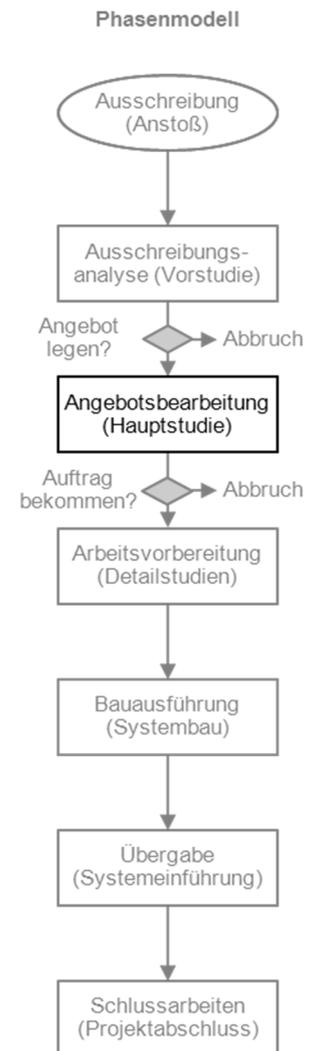


Abbildung 5.13 System „Grob-Gesamtkonzept für Bauausführung“

Dabei werden nach dem Prinzip der Variantenbildung Lösungsmöglichkeiten im Bereich der einzelnen Grob-Teilkonzepte aufgezeigt und analysiert sowie ungeeignete Lösungsvarianten ausgeschieden. Es ist auf die unter den einzelnen Grob-Teilkonzepten herrschenden Abhängigkeiten Rücksicht zu nehmen. Am Ende der Lösungssuche werden aus den möglichen Grob-Teilkonzeptvarianten sinnvolle Grob-Gesamtkonzeptvarianten gebildet, welche in der anschließenden Stufe der Bewertung und Entscheidung gegenübergestellt werden.

Im Zuge dieses Beispiels werden nur allgemeine Lösungsmöglichkeiten in den verschiedenen Bereichen aufgezeigt, da ansonsten der Bearbeitungsumfang aufgrund der vorliegenden Projektgröße ausufern würde und ohnehin die Veranschaulichung der SE-Vorgehensweise im Vordergrund steht.



(a) Grob-Verfahrenskonzept

An dieser Stelle sollen Bauverfahren für die Hauptbauleistungen gefunden werden, mit denen es zum Zeitpunkt der Angebotsbearbeitung möglich scheint, die diesbezüglichen Muss-Ziele der Zielformulierung zu erfüllen. Dabei können vor allem vergangene Projekte bzw. entsprechende Fachliteratur herangezogen werden, um mögliche Verfahren zu erkennen und Informationen zu gewinnen (z.B. Gesamtaufwands- bzw. Leistungswerte).²⁴⁰

Die grundsätzlichen Möglichkeiten, die sich bei der Gestaltung von verschiedenen Grob-Verfahrenskonzepten für den AN ergeben, werden in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9 Möglichkeiten Grob-Verfahrenskonzept^{241 242 243}

Stahlbetonarbeiten					
Ausführung Schalarbeiten:	Eigenleistung			Subvergabe	
Schalungsplanung und -bemessung:	Eigenleistung			Subvergabe	
Ausführung Bewehrungsarbeiten:	Eigenleistung			Subvergabe	
Ausführung Betonarbeiten:	Eigenleistung			Subvergabe	
Schalungssystem:	Konventionelle Schalung	Rahmenschalung	Trägerschalung	sonstige Schalungssysteme	Einsatz verschiedener Systeme
Bewehrungssystem:	Stabstahlbewehrung	Mattenbewehrung	Vorgespannte Bewehrung	sonstige Bewehrungssysteme	Einsatz verschiedener Systeme
Betonherstellungsort:	Transportbeton			Baustellenbeton	
Betonfördersystem:	Flurförderung	Förderung mit Kran und Kübel	Rohrförderung	sonstige Betonfördersysteme	Einsatz verschiedener Systeme

Verschiedene Lösungsvarianten können hierbei nach dem morphologischen Schema gestaltet werden, wobei Möglichkeiten, welche die Muss-Zielkriterien nicht erfüllen, vorweg auszuschließen sind. Dieses Schema wird auch bei den folgenden Teilkonzepten angewendet.

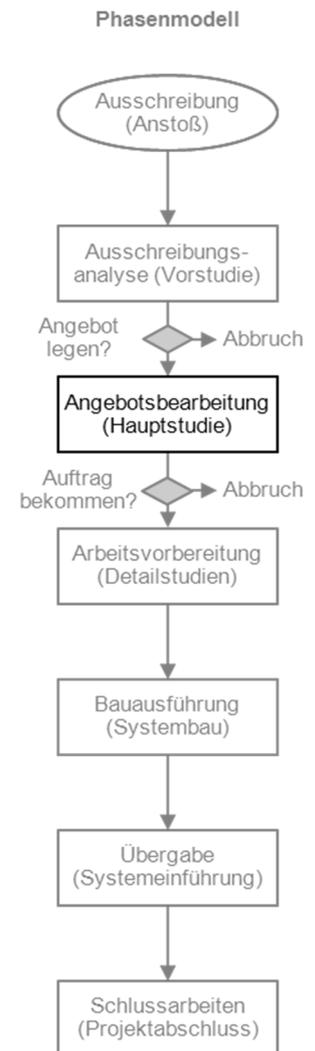
Der AN kann die Möglichkeit Baustellenbeton schon im Vorfeld ausschließen, da aufgrund der beengten Platzverhältnisse und der großen Betonmengen nur Transportbeton in Frage kommt. Er legt sich außerdem schon darauf fest, dass die Schal- und Betonarbeiten von eigenen Arbeitskräften durchgeführt, die Bewehrungsarbeiten hingegen an einen spezialisierten Subunternehmer vergeben werden.

²⁴⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.54

²⁴¹ Erstellt auf Basis von HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten

²⁴² Erstellt auf Basis von HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb

²⁴³ Erstellt auf Basis von HECK, D.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaft – Teil: Bautechnologie



(b) Grob-Bauablaufkonzept

Das Grob-Bauablaufkonzept beinhaltet neben der groben Gestaltung des Bauablaufs auch Überlegungen hinsichtlich des notwendigen Ressourceneinsatzes (Personal und Geräte) und basiert dabei auf mehreren Größen. Das ist zum einen die vertraglich vorgegebene Bauzeit (Baubeginn, Zwischen- und Endtermine), wodurch die (sehr kurze) verfügbare Bauablaufdauer fixiert ist. Zum anderen ist das der vertraglich vorgegebene Auftragsumfang, wobei für das Grob-Bauablaufkonzept vor allem die ermittelten Produktionsmengen (Betonmenge und Bruttorauminhalt) von Bedeutung sind. Aus diesen beiden Größen – der Dauer und der Produktionsmenge – kann die erforderliche Leistung ermittelt werden. Diese ist wiederum von den erzielbaren Gesamt-Aufwands- bzw. Leistungswerten des Grob-Verfahrenskonzepts abhängig.²⁴⁴

In weiterer Folge werden die verbliebenen Gestaltungsmöglichkeiten für den AN im Bereich des Grob-Bauablaufkonzepts in Tabelle 10 angeführt.

Tabelle 10 Möglichkeiten Grob-Bauablaufkonzept^{245 246}

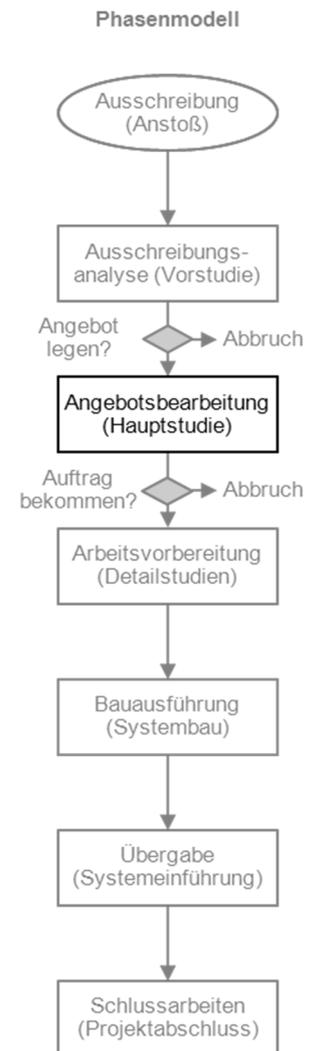
Bauablauf			
Prinzipielle Arbeitsreihenfolge Bauteile:	Kerne vorausziehen	von einer Seite zur anderen	sonstige Lösungen
Winterpause:	zwei Wochen ab Weihnachten	drei Wochen ab Weihnachten	sonstige Dauer
Personaleinsatz			
Arbeitszeitmodell:	Einschichtbetrieb	Mehrschichtbetrieb	Durchlaufbetrieb sonstiges Arbeitszeitmodell
Tägliche Arbeitszeit:	8,5 Stunden	9,0 Stunden	sonstige tägliche Arbeitszeit
Generelle Mindestarbeitsfläche:	15m ² je Arbeitskraft	20m ² je Arbeitskraft	sonstige Fläche
Arbeitskräfteverteilung über die Bauzeit:	relativ konstant (trapezförmig)	konstante Stammbesetzung punktuell ergänzt durch z.B. Leiharbeitern	stark schwankend
Geräteinsatz			
Krananzahl über Hauptbauzeit:	konstant		unkonstant
Kran-Proportionalitätsfaktor (Anzahl Arbeitskräfte/Kran):	15	20	sonstige Anzahl

Mit diesen Möglichkeiten sollen Varianten von Grob-Bauablaufkonzepten erstellt werden, wobei die Gliederung nach Gebäudeteilen bzw. Leistungsgruppen aus der Analyse des Auftragsumfanges herangezogen wird.

²⁴⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.54ff.

²⁴⁵ Erstellt auf Basis von Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb

²⁴⁶ Erstellt auf Basis von SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau



(c) Grob-Baulogistikkonzept

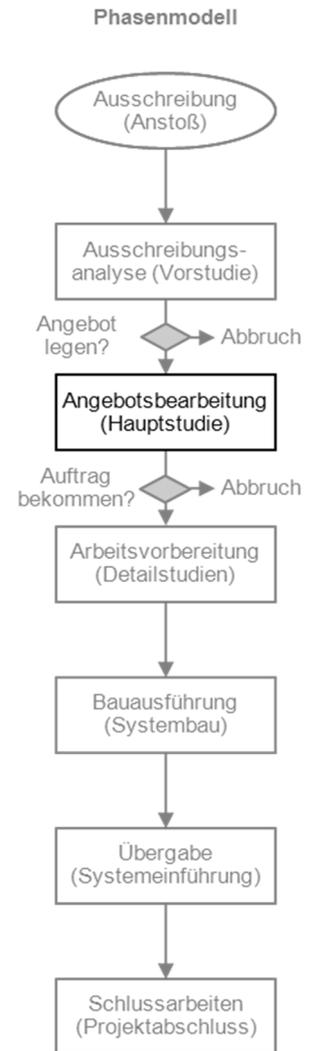
Im Zuge der Gestaltung des Grob-Baulogistikkonzepts stehen dem AN mehrere Möglichkeiten im Bereich der Beschaffungs-, Produktions- bzw. Entsorgungslogistik zur Option, wobei der Fokus in der Phase der Angebotsbearbeitung vor allem auf der Suche nach möglichen Bezugsquellen, Transportwegen bzw. Entsorgungsmöglichkeiten liegt (siehe Tabelle 11).

Lösungsvarianten müssen für die vorgegebenen Kapazitäten des Grob-Verfahrens- bzw. Grob-Bauablaufkonzepts geeignet sein und sollen möglichst flüssige und geordnete Abläufe ermöglichen.

Tabelle 11 Möglichkeiten Grob-Baulogistikkonzept^{247 248}

Beschaffungslogistik				
Bezugsquellen allgemeine Baustoffe:	Bauhof bzw. andere Baustelle	Baugerätehändler		Beschaffung bei verschiedenen Bezugsquellen
Bezugsquellen allgemeine Baugeräte:	Bauhof bzw. andere Baustelle	Baustoffhändler		Beschaffung bei verschiedenen Bezugsquellen
Bezugsquellen Schalung	Bauhof bzw. andere Baustelle	Baugerätehändler	Schalungs-hersteller	Beschaffung bei verschiedenen Bezugsquellen
Bezugsquellen Bewehrung:	Bauhof bzw. andere Baustelle	Bewehrungslieferant		Beschaffung bei verschiedenen Bezugsquellen
Bezugsquellen Beton:	Betonmischwerk	Betonmischanlage auf Baustelle		Beschaffung bei verschiedenen Bezugsquellen
Transportwege:	Straße	Schiene	Wasserweg	Luftweg Nutzung verschiedener Transportwege
Produktionslogistik				
Anlieferungsflächen:	innerhalb Baustellengelände	außerhalb Baustellengelände	innerhalb und außerhalb Baustellengelände	
Transportwege:	Baustraße/-wege	Wege im Bauwerk	Hebezeuge (z.B. Krane)	Nutzung verschiedener Transportwege
Lagerungsorte:	Lagerplätze innerhalb Baustellengelände	Lagerplätze außerhalb Baustellengelände	innerhalb Bauwerk	Nutzung verschiedener Lagerungsorte
Entsorgungslogistik				
Transportwege:	Straße	Schiene	Wasserweg	Luftweg Nutzung verschiedener Transportwege
Entsorgungsmöglichkeiten:	Verfuhr zu Deponie		Abholung durch Entsorgungsunternehmen	

Bezüglich der Transportwege kommt für den AN nur die Straße in Frage, da eine gute Straßenanbindung der Baustelle vorliegt und die anderen drei Möglichkeiten bei diesen Verhältnissen nicht wirtschaftlich sind.



²⁴⁷ Erstellt auf Basis von SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung

²⁴⁸ Erstellt auf Basis von HECK, D; LANG, W.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Baubetriebslehre

(d) Grob-Baustelleneinrichtungskonzept

Das Grob-Baustelleneinrichtungskonzept beinhaltet mehrere Überlegungen hinsichtlich der Gestaltung der Baustelleneinrichtung. Hierzu sind verschiedene Lösungsmöglichkeiten für die einzelnen Baustelleneinrichtungselemente in Tabelle 12 angeführt, welche entsprechend den Vorgaben der drei anderen Grob-Teilkonzepte grob ausgewählt, dimensioniert und angeordnet werden müssen.

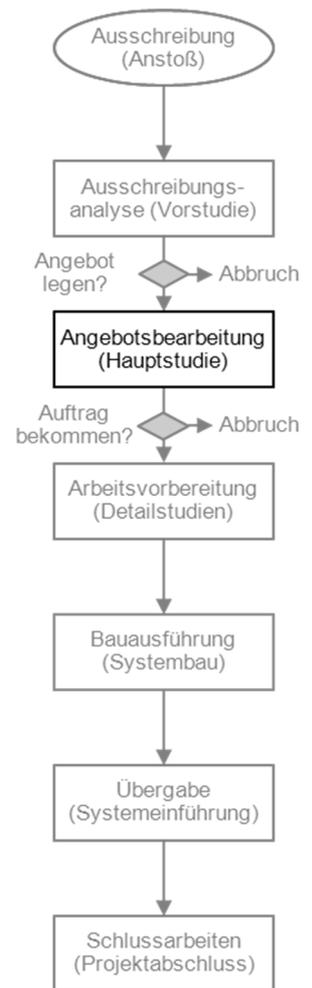
Neben der Ermöglichung der geforderten Arbeitsleistungen müssen die Lösungsvarianten auch die verschiedenen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Baustelleneinrichtungselementen (z.B. Sicherheitsabstände) berücksichtigen und sollen generell möglichst kurze Wege auf der Baustelle beinhalten.

Tabelle 12 Möglichkeiten Grob-Baustelleneinrichtungskonzept^{249 250}

Verkehrsflächen und Transportwege					
Linienführung	Umfahrt		Durchfahrt		Stichstraße
Baustraße:					
Wendemöglichkeiten:	Wendekreis	Wendeplatte	Wendehammer	keine	
Anzahl Fahrspuren:	eine			zwei	
Medienversorgung und Entsorgung					
Stromversorgung:	öffentliches Netz			Generator	
Wasserversorgung:	öffentliches Netz	Brunnen/Gewässer/ Quellen		Wassertanks	
Ableitung Niederschlagswasser:	Kanalisation			freie Versickerung	
Ableitung Schmutzwasser:	Kanalisation			Abwassersammelbehälter	
Unterkünfte und sonstige Bauten auf der Baustelle					
Unterkunftsart:	Container	Baracken	fahrbare Bau-/ Wohnwagen	angemietete Gebäude	Einsatz verschiedener Arten
Lager- und Bearbeitungsflächen					
Lagerungsart:	Lagerflächen	Baracken	Silos	im Bauwerk	Einsatz verschiedener Arten
Krane					
Krananzahl:	keiner		einer	mehrere	
Kranart:	Turmdrehkran	Mobilkran	Autokran	sonstige Kranarten	Einsatz verschiedener Arten
Kranplatzierungsorte:	außerhalb Bauwerk	an Bauwerks- außenwand befestigt	im Bauwerk (z.B. durch Aussparungen)	verschiedene Kranplatzierungs- orte	

Bezüglich der Ver- bzw. Entsorgung (Strom, Wasser und Abwasser) werden vom Bauherrn Anschlüsse bereitgestellt und die jeweiligen Ver- und Entsorgungsunternehmen bereits vorgegeben.

Phasenmodell



²⁴⁹ Erstellt auf Basis von SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung

²⁵⁰ Erstellt auf Basis von HECK, D; LANG, W.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Baubetriebslehre

Bewertung und Entscheidung:

In weiterer Folge soll die abschließende Stufe der Bewertung und Entscheidung des Vorgehens nach dem SE-Problemlösungszyklus für die Phase der Angebotsbearbeitung gezeigt werden. Es wird dabei bei diesem Beispiel von der Situation ausgegangen, dass der AN drei verschiedene Grob-Gesamtkonzeptvarianten in der Lösungssuche gebildet hat, welche zum Teil unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten im Bereich der einzelnen Grob-Teilkonzepte beinhalten.

Der AN konnte drei in Frage kommende Grob-Gesamtkonzeptvarianten für die Bauausführung in der Lösungssuche bilden (schematisch in Abbildung 5.14 dargestellt).

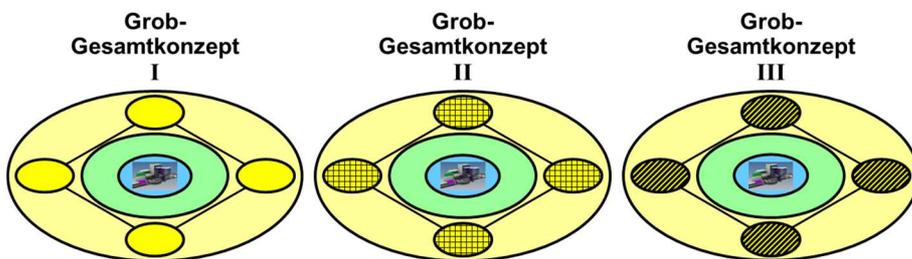


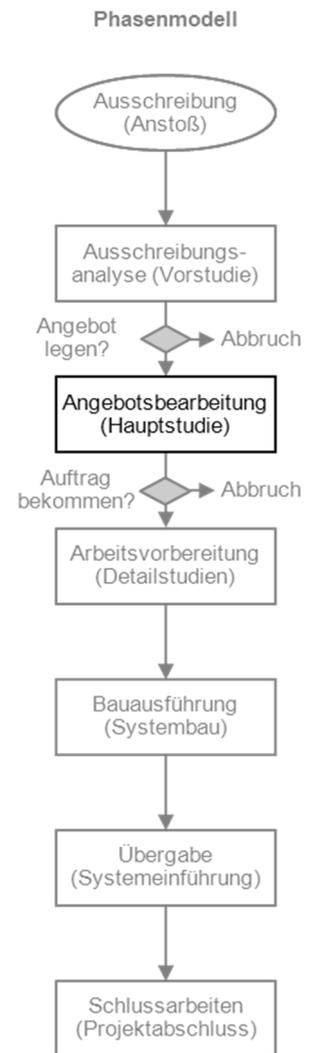
Abbildung 5.14 Grob-Gesamtkonzeptvarianten nach der Lösungssuche in der Phase der Angebotsbearbeitung

Um die Entscheidungsfindung zu erleichtern bzw. transparent zu gestalten, entschließt sich der AN, die drei Grob-Gesamtkonzeptvarianten in Form einer Nutzwertanalyse gegenüberstellend zu bewerten (siehe Tabelle 13). Hierbei werden Kriterien für die einzelnen Grob-Gesamtkonzepte festgelegt und gewichtet sowie anschließend Punkte (von 0 bis 10) für die verschiedenen Varianten vergeben.

Tabelle 13 Nutzwertanalyse Grob-Gesamtkonzeptvarianten²⁵¹

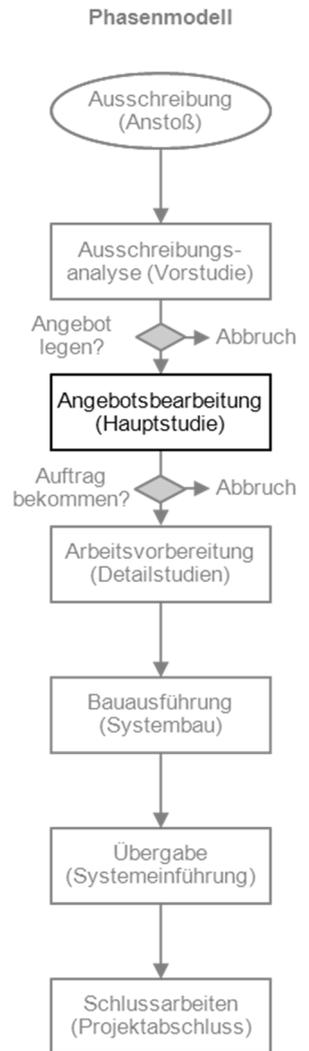
Kriterien	Gewicht (g)		Variante I		Variante II		Variante III	
	Gruppe	Einzel	n	g*n	n	g*n	n	g*n
1) Grob-Verfahrenskonzept:	35							
- Kosten		10	4	40	9	90	7	70
- Qualität		8	7	56	7	56	8	64
- Leistung		8	4	32	8	64	8	64
- Sicherheit		3	7	21	9	27	8	24
- Umweltbelastung		3	8	24	10	30	10	30
- Erforderliche Mitarbeiterqualifikation	3	3	9	8	24	6	18	
Teilsomme 1				182		291		270

²⁵¹ In Anlehnung an HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 – S.40



2) Grob-Bauablaufkonzept:	25							
- Gleichmäßigkeit Personaleinsatz		7	8	56	7	49	7	49
- Gleichmäßigkeit Geräteeinsatz		7	9	63	8	56	8	56
- Verbleibende Arbeitsfläche für Arbeiter		5	5	25	8	40	7	35
- Benötigte Krankkapazität		4	7	28	6	24	4	16
- Mitarbeiterakzeptanz Arbeitszeitmodell		2	4	8	9	18	9	18
Teilsomme 2				180		187		174
3) Grob-Baulogistikkonzept:	20							
- Kosten		7	8	56	6	42	6	42
- Kapazitäten		7	8	56	7	49	7	49
- Arbeitsfluss		6	6	36	8	48	7	42
Teilsomme 3				148		139		133
4) Grob-Baustelleneinrichtungskonzept:	20							
- Kosten		7	4	28	7	49	8	56
- Kapazitäten		7	8	56	7	49	7	49
- Platzverhältnisse		4	8	32	7	28	8	32
- Kürze der Wegstrecken		2	5	10	8	16	8	16
Teilsomme 4				126		142		153
Total	100	100		636		759		730

Der AN entscheidet sich aufgrund der höchsten Punkteanzahl für die Variante II, welche damit die Basis für die folgende Angebotskalkulation darstellt. Entsprechend der Entscheidung der Phase der Ausschreibungsanalyse soll dabei ein „scharfes“ Angebot ausgearbeitet werden.



5.2.4 Arbeitsvorbereitung (Detailstudien)

Aufgrund der Gegebenheit, dass der AN als Bestbieter des Vergabeverfahrens hervorging, wurde dieser vom Auftraggeber mit der Ausführung der Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz beauftragt. Nun gilt es für den AN, die relativ kurze Zeit bis Baubeginn möglichst effizient für die Gestaltung eines Detail-Gesamtkonzepts für die Bauausführung zu nutzen. Das Detail-Gesamtkonzept soll dabei auf das gewählte Gesamtkonzept aus der Angebotsbearbeitung aufbauen. In der Phase der Arbeitsvorbereitung wird ebenfalls wieder nach dem SE-Problemlösungszyklus vorgegangen, wobei vor allem die Ebenen 4-5 des Systems „Projektgegenstand (Bauwerk)“ (Abbildung 5.1) behandelt werden.

Erwünschtes Ergebnis:

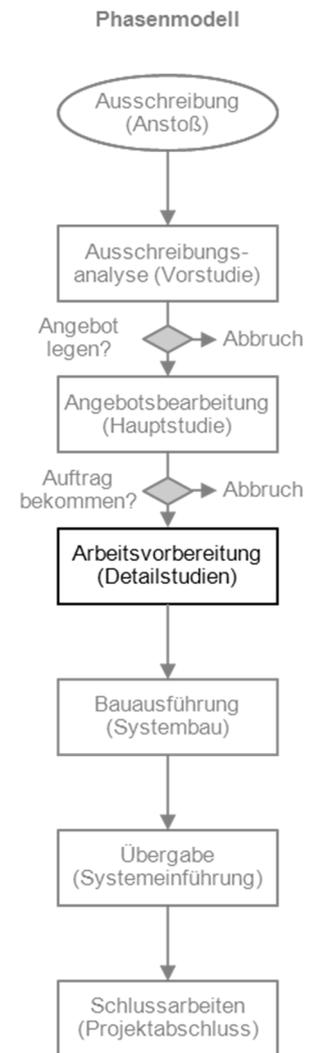
Auf Basis des gewählten Grob-Gesamtkonzepts der Phase der Angebotsbearbeitung soll ein möglichst gutes Detail-Gesamtkonzept für die Bauausführung gefunden werden. Darauf aufbauend soll in weiterer Folge die Arbeitskalkulation gestaltet werden, die in der Phase der Bauausführung die Grundlage für die Soll-Ist-Vergleiche darstellt.

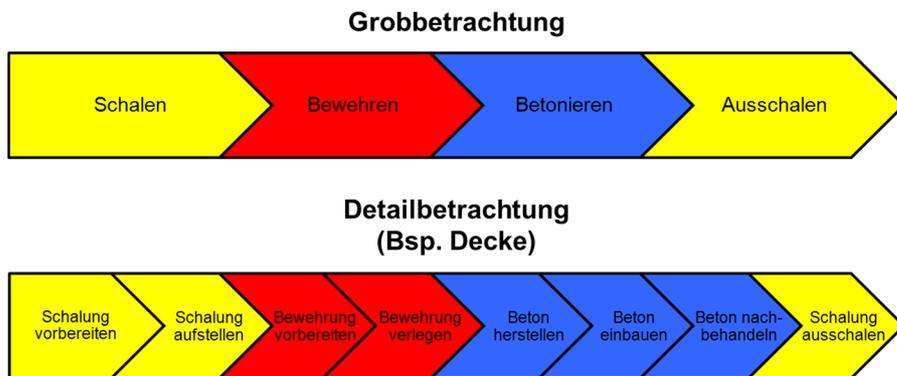
Situationsanalyse:

In der Phase der Arbeitsvorbereitung wird der Auftragsgegenstand der Stahlbetonarbeiten näher ins Auge gefasst. Dabei werden (in ähnlicher Weise wie in der Situationsanalyse der Phase der Angebotsbearbeitung) die Auftragsbedingungen sowie der Auftragsumfang der Stahlbetonarbeiten analysiert. Zuerst erfolgt aber noch eine grundlegende Betrachtung der Vorgänge des Systems „Stahlbetonarbeiten“, welches die Basis für die weitere Analyse des Auftragsgegenstands der Stahlbetonarbeiten bildet.

(a) Analyse System „Stahlbetonarbeiten“

Die Stahlbetonarbeiten – welche in weiterer Folge detailliert betrachtet werden – bilden den Hauptteil der Rohbauarbeiten bei diesem Bauprojekt. Diese können dabei als System verstanden werden, welches in der folgenden Abbildung 5.15 dargestellt und anschließend beschrieben wird.



Abbildung 5.15 Grob- bzw. Detailbetrachtung System „Betonbau“²⁵²

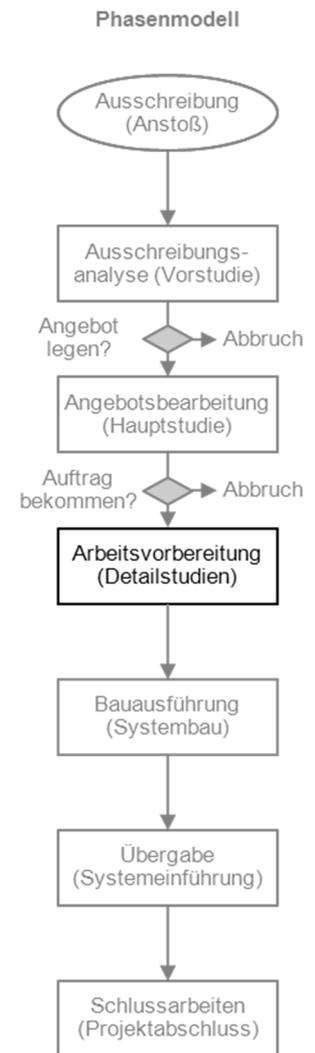
Die Stahlbetonarbeiten bestehen demnach aus den Vorgängen Schalen, Bewehren, Betonieren und Ausschalen (siehe Grobbetrachtung Abbildung 5.15, oben). Diese Abfolge wird bei jedem Fertigungsabschnitt wiederholt, bis die gesamten Stahlbetonarbeiten des Bauwerks abgeschlossen sind. Wenn man diese Abfolge am Beispiel einer Ortbetondecke genauer betrachtet, können die Vorgänge weiter in Schalung vorbereiten/aufstellen, Bewehrung vorbereiten/verlegen, Beton herstellen/einbauen bzw. Beton nachbehandeln und Schalung ausschalen untergliedert werden (siehe Detailbetrachtung Abbildung 5.15, unten).

Die herrschenden Beziehungen zwischen diesen Vorgängen sind zum einen fertigungstechnische bzw. materialtechnologische Abhängigkeiten und zum anderen Transportprozesse. Ziel der weiteren Planungen ist es, den Ablauf der Stahlbetonarbeiten hinsichtlich der Zielgrößen Kosten, Zeit, Quantität und Qualität zu optimieren.

(b) Analyse Auftragsbedingungen Stahlbetonarbeiten

Die Grundlage für die Analyse der Auftragsbedingungen der Stahlbetonarbeiten sind der Bauvertrag, unternehmensinterne Vorgaben (z.B. am Bauhof vorhandenes Schalungssystem) sowie die ersten Ausführungspläne (Polier-, Schalungs- und Bewehrungspläne). Da die rechtzeitige Übergabe der Ausführungspläne von besonderer Bedeutung für die Arbeitsvorbereitung (vor und nach Baubeginn) des AN ist, werden hierbei Planvorlaufzeiten mit dem AG vertraglich vereinbart.²⁵³

Die Auftragsunterlagen (Bauvertrag und Ausführungspläne) werden nun vom AN hinsichtlich detaillierter Informationen zu den Umständen der Bauausführung durchgegangen.



²⁵² In Anlehnung an HECK, D.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaft – Teil: Bautechnologie, S.48

²⁵³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.69f.

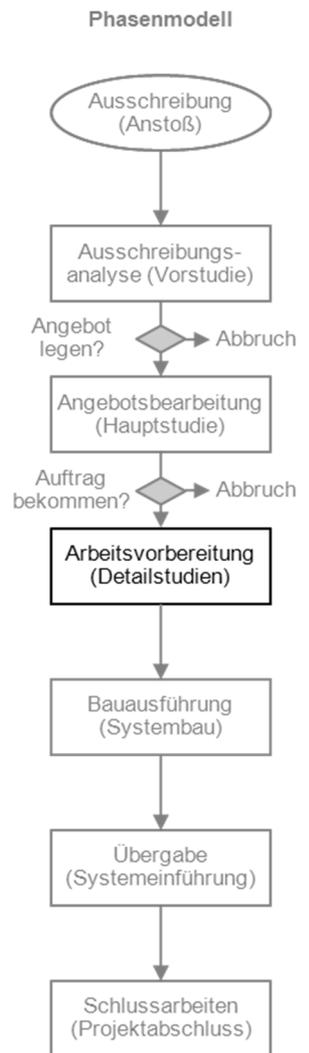
Außerdem macht sich der AN mit dem Ist-Zustand am Baufeld vertraut. Dabei werden vor allem die Vorleistungen von anderen Auftragnehmern des Auftraggebers (Baufeldvorbereitung, Verkehrsumlegung Blumau, Erdbau und Baugrubensicherung) überprüft. Des Weiteren wird vom AN – zur Vorbeugung von Streitigkeiten – eine Fotodokumentation zur Festhaltung des Zustands des Baufelds vor Beginn seiner Arbeiten durchgeführt.

Abbildung 5.16 zeigt hierzu ein Foto vom Baufeld, das dessen Zustand in der Phase der Arbeitsvorbereitung (kurz vor Baubeginn) dargestellt.



Abbildung 5.16 Ausgangssituation vor dem Beginn der Rohbauarbeiten²⁵⁴

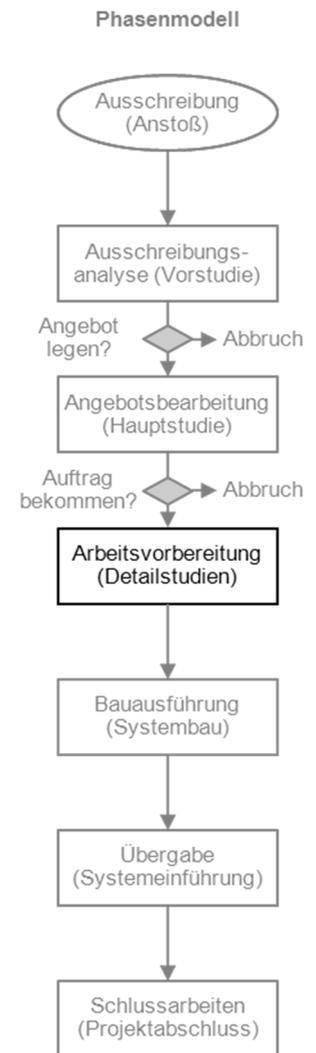
Die zusammengefassten Ergebnisse der Analyse der Auftragsbedingungen der Stahlbetonarbeiten werden in Tabelle 14 dargestellt. Diese werden – wie schon in der Phase der Angebotsbearbeitung – in Bauwerks-, Betriebs-, Baustellen- bzw. Bauverfahrensbedingungen gegliedert.



²⁵⁴ http://www.musiktheater.at/blumau/frameset_baustelle.htm, Zugriff am 22.09.2011, 17:00 Uhr

Tabelle 14 Auftragsbedingungen Stahlbetonarbeiten²⁵⁵

Bauwerksbedingungen	
Ausführungsformen:	verschiedene (Weiße Wanne, Sichtbeton etc.)
Geometrien Stahlbetonbauteile:	komplex (z.T. 2- bis 3-dimensionale Krümmungen, große Höhen, laufend ändernde Bauteilabmessungen)
Stahlbetonmengen:	hoch
Qualitative Anforderungen bezüglich Stahlbetonarbeiten:	hoch
Arbeitsplatzbedingungen für Stahlbetonarbeiten:	beengt und in z.T. großen Höhen
Wiederholende Fertigungsabschnitte:	kaum (aufgrund komplexer Geometrien)
Betriebsbedingungen	
Vorgegebene Bauzeit für Stahlbetonarbeiten:	sehr kurz
Organisationsaufwand Stahlbetonarbeiten:	hoch
Koordinationsaufwand Stahlbetonarbeiten:	hoch (viele Fertigungsabschnitte sind gleichzeitig auszuführen, um Bauzeit einzuhalten)
Normative Bestimmungen:	generell relativ strikte Vorgaben, zusätzlich Richtlinien für Sichtbeton und Weiße Wanne
Baustellenbedingungen	
Bauzeit – Witterung:	Stahlbetonarbeiten im Sommer als auch im Winter (Nachbehandlungsmaßnahmen notwendig, geringere Aufwandswerte etc.)
Kranverfügbarkeit:	muss genau geplant werden (hoher Koordinationsaufwand), da viele Arbeiten gleichzeitig stattfinden
Anlieferungsbedingungen:	öffentliche Straßen verlaufen zwar rund um die Baustelle, aufgrund der innerstädtischen Verkehrsbedingungen sind hier aber Schwierigkeiten zu erwarten
Lagerungsbedingungen:	Schalung und Bewehrung werden aufgrund der beengten Platzverhältnisse zum Großteil im Bauwerk gelagert werden müssen
Bauverfahrensbedingungen	
Komplexität der Stahlbetonarbeiten:	hoch (beengte Raumverhältnisse, große Höhen, schwierige Geometrien, hohe Anforderungen etc.)
Erforderliche Leistungen hinsichtlich Baufortschritt:	hoch
Mögliche Verfahrenswiederholungen:	wenige (häufiger Wechsel - kaum Einarbeitungseffekt)
Anforderungen an Mitarbeiterqualifikation:	hoch



²⁵⁵ Informationen aus einem Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr

(c) Analyse Auftragsumfang Stahlbetonarbeiten

Zu Beginn der Analyse des Auftragsumfangs der Stahlbetonarbeiten wird die Projektstrukturierung aus der Phase der Angebotsbearbeitung weiter verfeinert, dabei wird eine Gliederung nach Geschoßen bzw. Bauteilen vorgenommen.²⁵⁶

Gliederung nach Geschoßen:²⁵⁷

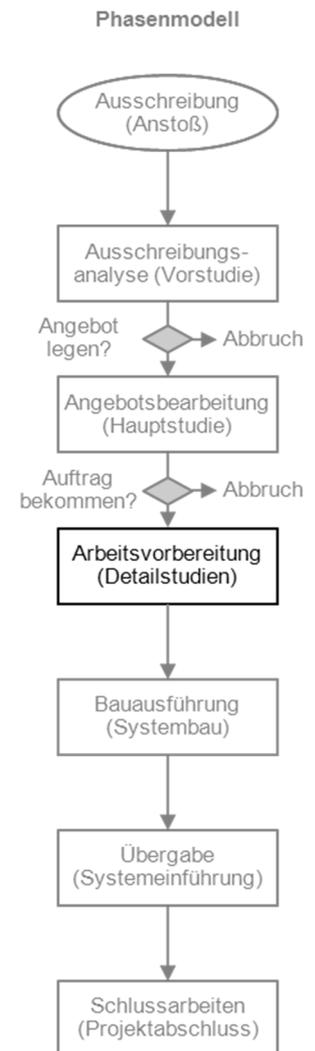
- 2.UG
- 1.UG
- EG
- 1.-4.OG
- 5.-7.OG (Bühnenturm)

Gliederung nach Bauteilen:²⁵⁸

- Bodenplatte
- Wände
- Decken
- Balken, Träger
- Stützen
- Sonstige Platten
- Treppen
- Brüstungen

Darauf aufbauend wird als nächster Schritt – zur sinnvollen Auflösung der gesamten Bauausführung – der Arbeitsablauf in Ablaufabschnitte zerlegt, was für die detaillierte Bauablaufplanung notwendig ist. Hier geht der AN nach dem in Abbildung 5.17 dargestellten Schema vor, wobei eine Gliederungstiefe bis zum Vorgang bzw. Teilvorgang ausreichend erscheint.²⁵⁹

Aufgrund des Bearbeitungsumfanges wird die Gliederung des Arbeitsablaufes nicht weiter durchgeführt, sondern dieser Schritt nur allgemein erwähnt.



²⁵⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.70

²⁵⁷ Informationen von FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz

²⁵⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, S.229

²⁵⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.71ff.

Tabelle 15 Mengenübersicht Stahlbetonarbeiten

Bauteile	Schalfläche		Bewehrungsmenge		Betonmenge	
	[m ²]	[%]	[t]	[%]	[m ³]	[%]
Bodenplatte	1.150	0,90%	1.500	30,41%	9.600	25,08%
Wände	81.000	63,65%	1.500	30,41%	15.500	40,50%
Decken	30.000	23,58%	1.450	29,40%	10.400	27,17%
Balken, Träger	6.400	5,03%	162	3,28%	1.380	3,61%
Stützen	3.700	2,91%	120	2,43%	400	1,05%
Sonstige Platten	1.700	1,34%	100	2,03%	400	1,05%
Treppen	500	0,39%	20	0,41%	90	0,24%
Brüstungen	2.800	2,20%	80	1,62%	505	1,32%
SUMMEN	127.250	100,00%	4.932	100,00%	38.275	100,00%

Wie man sieht, stellen die Wände und Decken bezüglich der Schalarbeiten bzw. die Bodenplatte, Wände und Decken bezüglich der Bewehrungs- und Betonarbeiten die bedeutendsten Bauteilgruppen dar. Des Weiteren ergeben sich mit der Gesamt-Schalfläche von 127.250 m² bzw. der Gesamt-Bewehrungsmenge von 4.932 t und der Gesamtbetonmenge von 38.275 m³ der Gesamt-Schalungsgrad zu ca. 3,3 m²/m³ bzw. der Gesamt-Bewehrungsgrad zu rund 129 kg/m³.²⁶³

Außerdem können die Anforderungen hinsichtlich Ausführungsqualitäten folgendermaßen zusammengefasst werden:²⁶⁴

- Betonfestigkeiten: C8/10 bis C50/60
- Expositionsclassen: XO, XC1 bzw. XC2 als Standard
z.T. zusätzlich B1 bis B8 gefordert
- Betonstahlgüte: BSt 550
- Stabstahldurchmesser: 8 bis 40 mm
- Flächengewicht Matten: > 3,2 kg/m²
- Spannstahlgüte: St 1570/1770
- Weiße Wanne*
- Sichtbeton-Schalung: S1/S2, GB1/GB2/GBS, SCHK01-03,
P/3P, F1/F2, A1/A2S, E1**
- z.T. erhöhte Genauigkeits- bzw. Oberflächenanforderungen
- z.T. längere Ausschal-/Unterstellungsfristen gefordert
- z.T. besondere Nachbehandlungsmaßnahmen gefordert

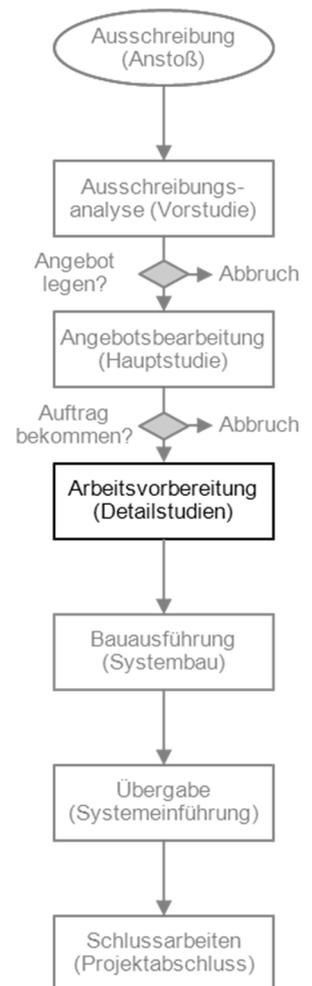
*... laut ÖBV-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke Weiße Wannen“, Ausgabe 2009

**... laut ÖVBB-Richtlinie „Geschalte Betonflächen (Sichtbeton)“, Ausgabe Juni 2002

²⁶³ HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, S.229

²⁶⁴ Informationen aus einem Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr

Phasenmodell



(d) Systemdarstellung nach der Situationsanalyse

Die detaillierte Betrachtung der Stahlbetonarbeiten als Teil des gesamten Auftragsumfangs kann man sich als Untersystem-Betrachtung vorstellen (siehe Abbildung 5.18).

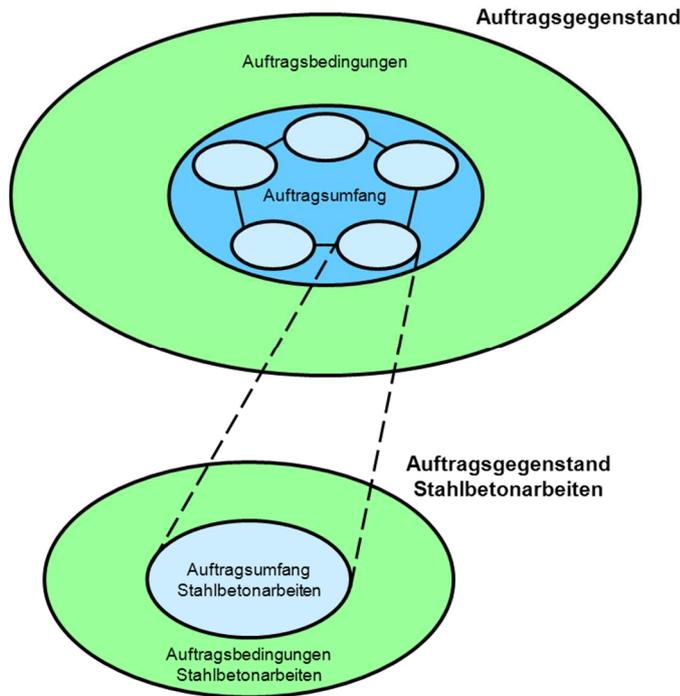


Abbildung 5.18 Untersystem-Betrachtung Auftragsgegenstand

Der Auftragsgegenstand der Stahlbetonarbeiten kann nach der Situationsanalyse als folgendes System dargestellt werden:

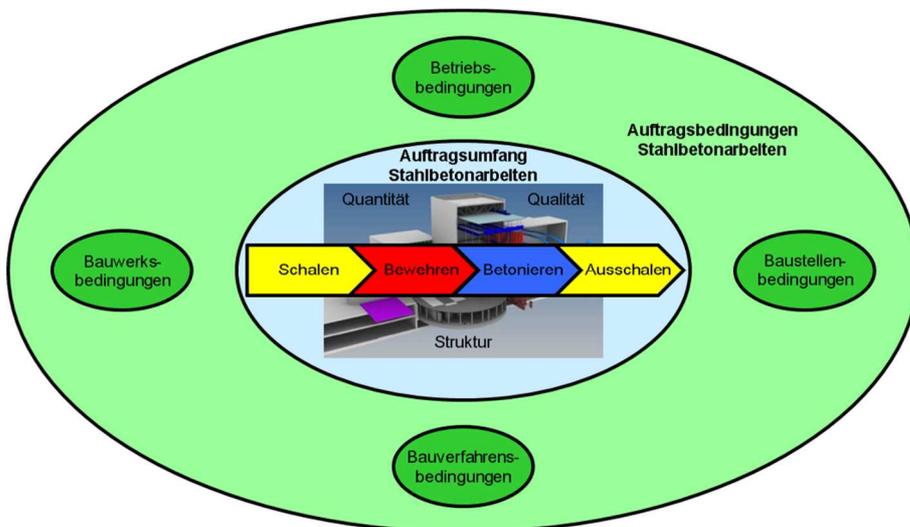
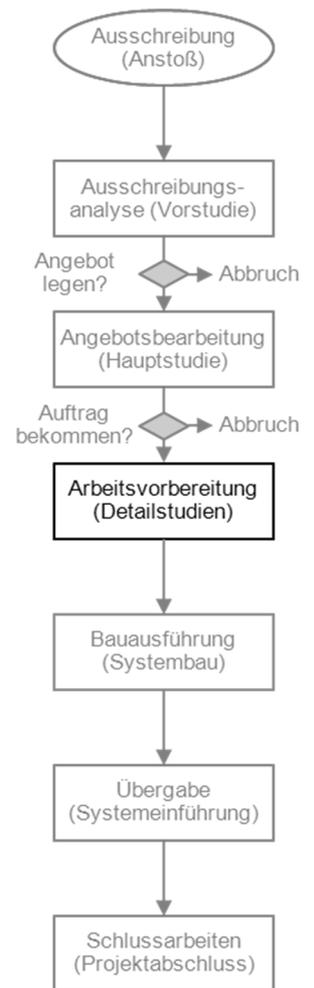


Abbildung 5.19 System „Auftragsgegenstand Stahlbetonarbeiten“

Phasenmodell



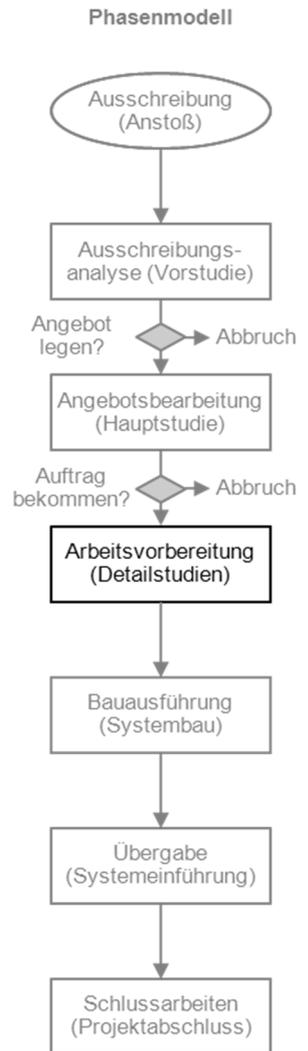
Zielformulierung:

Auf Basis der Situationsanalyse wurde vom AN folgender Zielkatalog bezüglich der Detail-Teilkonzepte des Detail-Gesamtkonzepts erstellt:

Neben den folgenden Zielformulierungen sind auch weiterhin die Zielformulierungen für die Grob-Teilkonzepte aus der Phase der Angebotsbearbeitung für die Detail-Teilkonzepte zu beachten.

Tabelle 17 Zielkatalog für Teilkonzepte des Detail-Gesamtkonzepts²⁶⁶

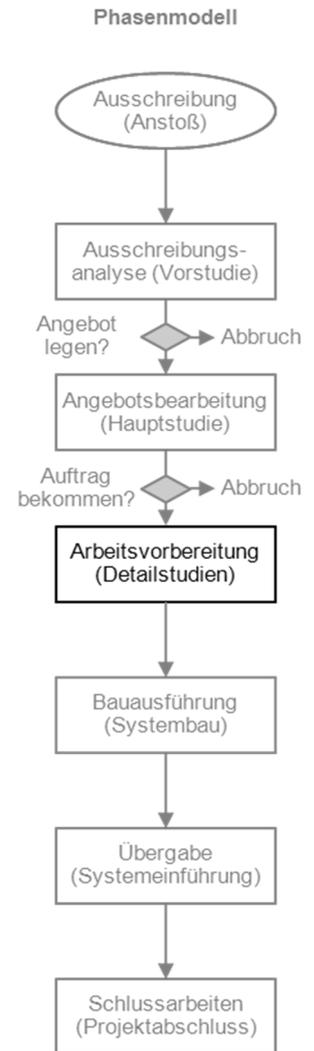
Zielkatalog		
Phase:	Arbeitsvorbereitung	
Zielobjekt:	Detail-Gesamtkonzept für Bauausführung	
Allgemeine Zielformulierung:	Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit	
X) Detail-Teilkonzept		
Zielklasse	Zielformulierung	Priorität
Zielunterklasse		
1) Detail-Verfahrenskonzept: ²⁶⁷		
Funktionsziele:		
Qualität	Verfahren erreichen möglichst hohe Qualität	W
Leistung	Verfahren sind möglichst effizient eingesetzt	S
Funktionalität	Verfahren sind möglichst zuverlässig (störungsarm), einfach und flexibel	S
	Verfahren haben einen möglichst geringen Raum- bzw. Ressourcenbedarf (Material und Personal)	S
Sicherheit	Verfahren bergen eine möglichst geringe Unfallgefahr in sich	S
Umweltbelastung	Verfahren verursachen möglichst geringe Umweltemissionen (Schadstoffe und Lärm)	S
Personalziele:		
Mitarbeitererfahrungen	Arbeiter haben Verfahren schon durchgeführt	S
	Arbeiter haben schon gute Erfahrungen mit Verfahren gemacht	W
2) Detail-Bauablaufkonzept:		
Funktionsziele:		
Termine	Bauablauf birgt möglichst geringes Terminrisiko	S
Funktionalität	Bauablauf berücksichtigt technologische und fertigungstechnische Bedingungen (Plausibilität der Vorgänge)	M
	Bauablauf sieht einen möglichst effizienten Ressourceneinsatz (Personal und Geräte) vor	S
	Arbeitspartien sind möglichst optimal zusammengestellt und bleiben möglichst unverändert über die Bauzeit	S



²⁶⁶ In Anlehnung an HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 - S.32

²⁶⁷ Vgl. LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren – Grundlagen, Methodik und Anwendung, S.96-97

Gesetz	Bauablauf ist möglichst flexibel in Hinsicht auf die Kompensierung von etwaigen Abweichungen vom Soll-Ablauf (Puffer, Forcierungsmöglichkeiten etc.)	S
	Bauablauf enthält möglichst wenige Vorgänge am kritischen Weg	W
	Bauablauf beinhaltet möglichst viele Pufferzeiten	W
	Arbeitszeiten entsprechen den gesetzlichen Rahmenbedingungen	M
Personalziele: Mitarbeiterakzeptanz	Arbeitszeiten und Pausengestaltung wird von Arbeitern akzeptiert	S
3) Detail-Baulogistikkonzept:		
Finanzziele: Kosten	Detail-Baulogistikkonzept beinhaltet möglichst kostengünstige Fördermittel	S
Funktionsziele: Leistung	Fördermittel sind geeignet für die geforderten Kapazitäten	M
Funktionalität	Detail-Baulogistikkonzept beinhaltet möglichst wenige Transportspitzen	W
4) Detail-Baustelleneinrichtungskonzept:		
Finanzziele: Kosten	Baustelleneinrichtungselemente sind möglichst kostengünstig	S
Funktionsziele: Leistung	Detail-Baustelleneinrichtungskonzept beinhaltet Maßnahmen, um auch im Winter die erforderlichen Leistungen erbringen zu können	M
Funktionalität	Krane sind möglichst effizient eingesetzt	S
	Detail-Baustelleneinrichtungskonzept beinhaltet genügend Stellflächen für das Baustellenpersonal	M
Sauberkeit	Baustelleneinrichtung schafft möglichst geordnete Lagerungsverhältnisse	S
	Detail-Baustelleneinrichtungskonzept ermöglicht eine geordnete Entsorgung und sorgt für saubere Verhältnisse auf der Baustelle	S
Sicherheit	Baustelleneinrichtung gewährleistet möglichst sicheres Arbeiten	S
Personalziele: Mitarbeiterkomfort	Unterkünfte sind möglichst komfortabel ausgestattet	W
5) Konzept für Soll-Ist-Vergleiche:		
Finanzziele: Kosten	Konzept ist möglichst kostengünstig	S
Funktionsziele: Funktionalität	Konzept liefert möglichst zeitnahe und aussagekräftige Ergebnisse	S
Personalziele: Mitarbeiterakzeptanz	Konzept wird von den Verantwortlichen akzeptiert	S



Legende:

M... Mussziel das Ziel muss zwingend erfüllt werden
 S... Sollziel das Ziel ist wichtig und soll erfüllt werden
 W... Wunschziel das Ziel ist zu beachten und dessen Erfüllung ist erwünscht

Lösungssuche:

Im Zuge der Lösungssuche in der Phase der Arbeitsvorbereitung sollen Detail-Gesamtkonzeptvarianten bezüglich der Bauausführung ausgearbeitet werden, wobei der Fokus hier auf den Stahlbetonarbeiten liegt. Ein Detail-Gesamtkonzept für die Bauausführung besteht dabei aus Detail-Teilkonzepten bezüglich Verfahren, Bauablauf, Baulogistik bzw. Baustelleneinrichtung sowie dem Konzept für spätere Soll-Ist-Vergleiche (siehe Abbildung 5.20).

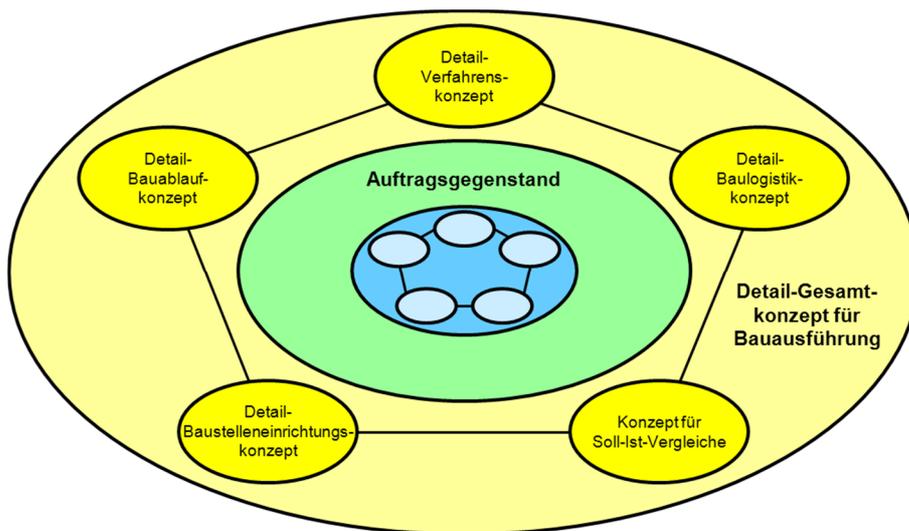
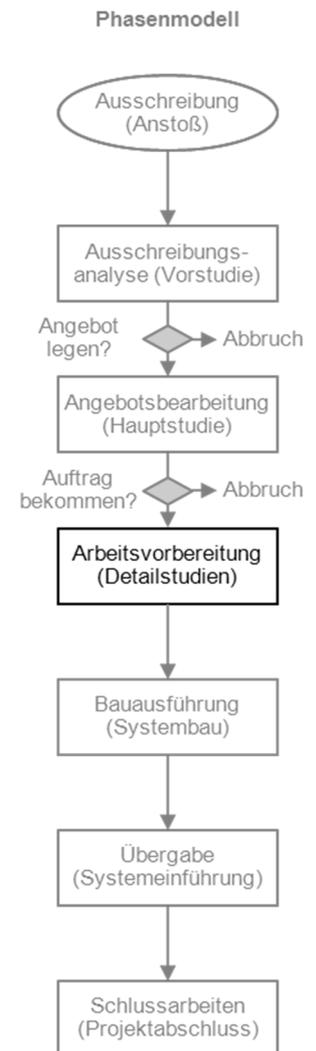


Abbildung 5.20 System „Detail-Gesamtkonzept für Bauausführung“

Wie schon in der Lösungssuche in der Phase der Angebotsbearbeitung wird auch in dieser Phase das Prinzip der Variantenbildung zur Gestaltung von Lösungsvarianten im Bereich der Detail-Teilkonzepte herangezogen. Neben der Beachtung der zwischen den einzelnen Teilkonzepten herrschenden Beziehungen muss auch darauf Rücksicht genommen werden, dass die Detaillösungen in das Grob-Gesamtkonzept integrierbar sind. Nach der Gestaltung von verschiedenen Detail-Teilkonzeptvarianten sind wiederum sinnvolle Detail-Gesamtkonzeptvarianten zu bilden, die dann in der anschließenden Stufe der Bewertung und Entscheidung gegenübergestellt werden.



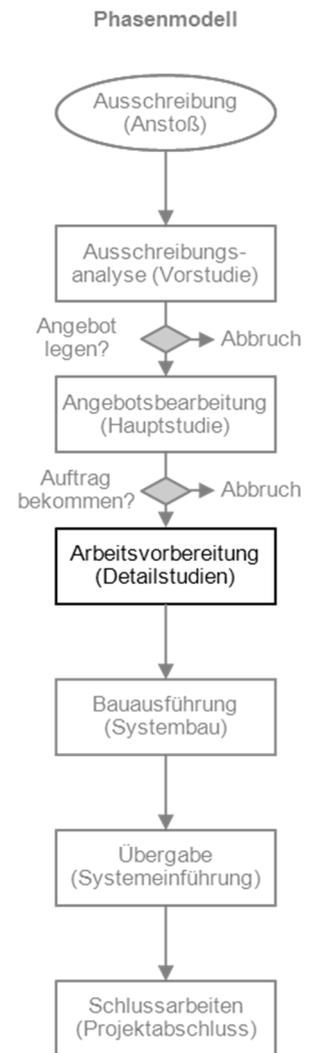
(a) Detail-Verfahrenskonzept

Wurden in der Phase der Angebotsbearbeitung noch grundsätzliche Bauverfahren für die Herstellung der Stahlbetonarbeiten behandelt, so werden nun konkrete Verfahren im Bereich der Schal-, Bewehrungs- bzw. Betonarbeiten für die verschiedenen Bauteile gesucht. Mit dem steigenden Detaillierungsgrad des Verfahrenskonzepts können auch die Vorgaben (z.B. Aufwands- bzw. Leistungswerte) für die anderen Teilkonzepte konkretisiert werden.

Die Ausführungsmöglichkeiten, welche dem AN im Bereich der Schal-, Bewehrungs- bzw. Betonarbeiten für die verschiedenen Bauteile prinzipiell zur Auswahl stehen, sind in Tabelle 18 angeführt. Es liegt an ihm, entsprechend den Zielformulierungen mögliche Verfahrenskonstellationen zu bilden.

Tabelle 18 Möglichkeiten Detail-Verfahrenskonzept^{268 269 270}

Schararbeiten					
Schalungssystem Bodenplatte:	Konventionelle Schalung		Rahmenschalung	Trägerschalung	
Schalungssystem Wände:	Konventionelle Schalung	Rahmen-schalung	Träger-schalung	Kletter-schalung	Gleitschalung
Schalungssystem Decken:	Konventionelle Schalung	Rahmen-schalung	Träger-schalung	Deckentische	Schubladen-schalung
Schalungssystem Träger, Balken:	Konventionelle Schalung		Rahmenschalung	Trägerschalung	
Schalungssystem Stützen:	Konventionelle Schalung	Rahmen-schalung	Träger-schalung	Stahl-schalungen	Einweg-schalungen
Schalungssystem Sonstige Bauteile:	Konventionelle Schalung		Rahmenschalung	Trägerschalung	
Schalungshautarten: (jeweils zu wählen)	Holz	Holzwerkstoff/ Spanplatte	Metall	Kunststoff	Papier
Trennmittel: (jeweils zu wählen)	verschiedene Kombinationsmöglichkeiten aus Trennfilmbildnern, Zusatzstoffen und Verdünnungsmitteln				
Bewehrungsarbeiten					
Bewehrungssystem: (jeweils zu wählen)	Stabstahl-bewehrung	Matten-bewehrung	Element-systeme	Faser-bewehrung	Vorgespannte Bewehrung
Vorfertigung: (jeweils zu wählen)	Biegen und Schneiden auf der Baustelle		Teilvorfertigung im Werk	Komplettvorfertigung im Werk	
Betonarbeiten					
Betonherstellungsart: (jeweils zu wählen)	Ortbeton			Fertigteil	
Frischbeton-fördersystem: (jeweils zu wählen)	Flurförderung	Förderung mit Kran und Kübel	Rohrförderung (Stationäre/ Mobile Betonpumpe)	Bandförderer	Spritzverfahren (Trocken-/Nass-spritzverfahren)
Betoneinbringung: (jeweils zu wählen)	Schütten		Fließen	Spritzen	
Betonverdichtung: (jeweils zu wählen)	Innenrüttler			Außenrüttler	
Betonnachbehandlung: (jeweils zu wählen)	verschiedene Möglichkeiten von Maßnahmen, die entweder vom Bauvertrag vorgegeben sind, von der ÖBA angeordnet werden bzw. vom AN selbst – zur Sicherung der eigenen Herstellungsqualität – durchgeführt werden				



²⁶⁸ Erstellt auf Basis von HOFSTADLER, C.: Schararbeiten

²⁶⁹ Erstellt auf Basis von HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb

²⁷⁰ Erstellt auf Basis von HECK, D.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaft – Teil: Bautechnologie

(b) Detail-Bauablaufkonzept

Das Detail-Bauablaufkonzept stellt eine weitere Konkretisierung des Grob-Bauablaufkonzepts dar und baut auf dessen Zeit- bzw. Ressourcenvorgaben auf. Aufgrund der näheren Erkenntnisse im Zuge der Phase der Arbeitsvorbereitung sind hier die Ausgangsgrößen (Produktionsmengen und Aufwands- bzw. Leistungswerten) schon genauer bekannt.

Bei der Erstellung von Detail-Bauablaufkonzepten wird die Gliederung nach Geschoßen bzw. Bauteilen sowie die Gliederung des Arbeitsablaufs in Ablaufabschnitte bis zur Vorgangs- bzw. Teilvorgangstiefe aus der Analyse des Auftragsumfanges herangezogen. Weiters ergeben sich durch die Teilbarkeit des Bauwerks bzw. der Bauteile in Fertigungsabschnitte Möglichkeiten bezüglich der Gestaltung des Bauablaufs (siehe Tabelle 19).²⁷¹

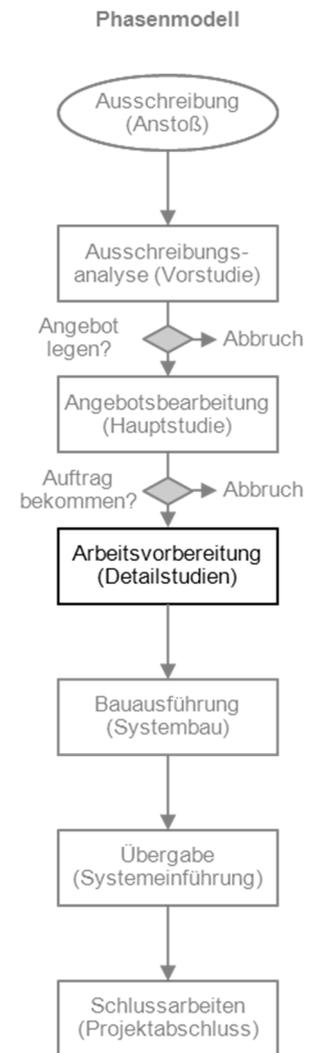
Tabelle 19 Möglichkeiten Detail-Bauablaufkonzept^{272 273}

Bauablauf					
Arbeitsablauf: (für jeweiligen Bauteile zu wählen)	Hintereinanderfertigung	Parallelfertigung	Taktfertigung	Fließfertigung	sonstige Modelle
Fertigungsabschnitte: (für jeweiligen Bauteile zu wählen)	in einem Arbeitsgang		in mehreren Arbeitsgängen		
Arbeitsaktdauer: (für jeweiligen Bauteile zu wählen)	3-Tages-Takt		Wochen-Takt	sonstige Lösungen	
Vorgangsbeziehung: (für jeweiligen Bauteile zu wählen)	Normalfolge		vernetzte Folge		
Versatz Beginn Schalen/Bewehren: (für jeweiligen Bauteile zu wählen)	gleichzeitiger Beginn		ein Tag	sonstiger Versatz	
Personaleinsatz					
Täglicher Arbeitsbeginn:	06:30 Uhr		07:00 Uhr	sonstige Beginnzeit	
Pausengestaltung:	kurze Vormittagspause	lange Mittagspause	kurze Nachmittagspause	sonstige Pausen	Kombination
Mindestarbeitsfläche: (für jeweilige Arbeit zu wählen)	15m ² je Arbeitskraft		20m ² je Arbeitskraft	sonstige Fläche	
Partiegestaltung: (für jeweilige Arbeit zu wählen)	verschiedene Möglichkeiten von Partiegrößen und -zusammensetzungen für die jeweiligen Arbeiten				
Geräteinsatz					
Vorhaltemenge: (für jeweiliges Schalungssystem zu wählen)	ein Schalungssatz		zwei Schalungssätze	sonstige Lösungen	
Ausschallfrist: (für jeweiligen Bauteile zu wählen)	ein Tag		eine Woche	sonstige Dauer	

²⁷¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.75ff.

²⁷² Erstellt auf Basis von Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb

²⁷³ Erstellt auf Basis von SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau



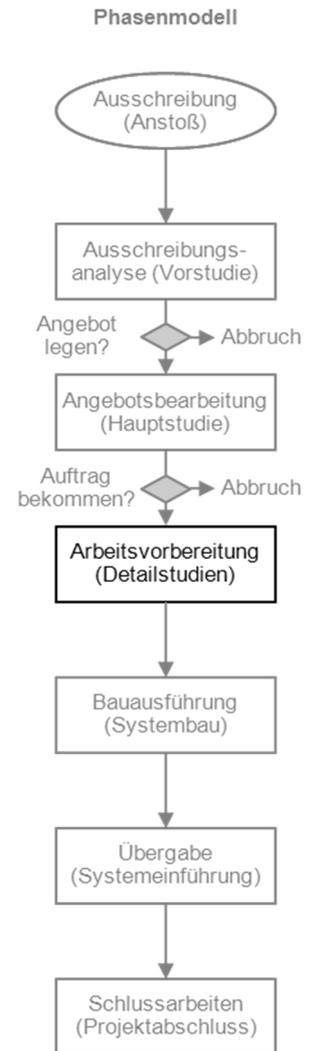
(c) Detail-Baulogistikkonzept

Wurde der Fokus bei der Gestaltung des Grob-Baulogistikkonzepts vor allem auf mögliche Bezugsquellen, Transportwege bzw. Entsorgungsmöglichkeiten gelegt, so stehen nun Überlegungen bezüglich der Fördermittel im Vordergrund (siehe Tabelle 20).

Hier ist die geforderte tägliche Leistung (vorgegeben durch das jeweilige Detail-Bauablaufkonzept) die Basis für die Wahl der optimalen Fördermittel. Lösungsvarianten im Bereich des Detail-Baulogistikkonzepts sollen weiters die Anzahl der resultierenden Transporte sowie die Transportintervalle berücksichtigen und dabei Transportspitzen zeitlich und räumlich entflechten.²⁷⁴

Tabelle 20 Möglichkeiten Detail-Baulogistikkonzept^{275 276}

Beschaffungslogistik					
Fördermittel (Straße):	LKW	LKW mit Ladekran	Tiefklader	sonstige Fördermittel	Einsatz verschiedener Fördermittel
Produktionslogistik					
Fördermittel:	Krane	Bauaufzüge bzw. einfache Hebezeuge	diverse Fahrzeuge	händischer Transport	Einsatz verschiedener Fördermittel
Ausfahrmöglichkeiten im Bauwerk für Kran:	natürliche Bauwerksöffnungen	auskragende Stockwerksbühnen	temporäre Aussparungen	Nutzung verschiedener Ausfahrmöglichkeiten	
Entsorgungslogistik					
Fördermittel:	LKW	LKW mit Ladekran	Tiefklader	sonstige Fördermittel	Einsatz verschiedener Fördermittel



²⁷⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.102

²⁷⁵ Erstellt auf Basis von SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung

²⁷⁶ Erstellt auf Basis von HECK, D; LANG, W.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Baubetriebslehre

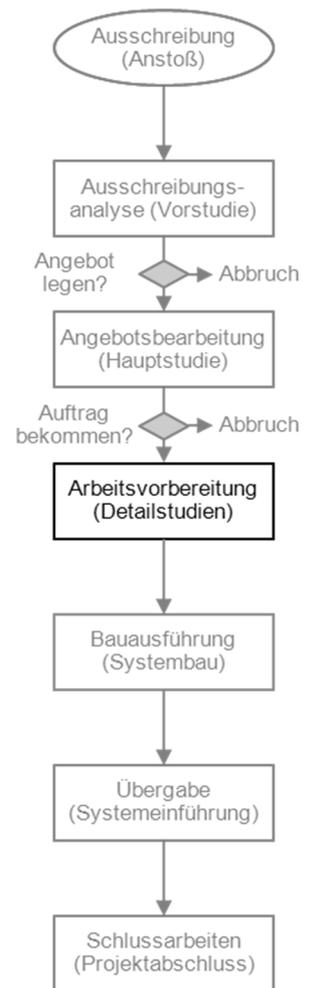
(d) Detail-Baustelleneinrichtungskonzept

Auf Basis der Vorgaben der anderen Detail-Teilkonzepte werden an dieser Stelle vertiefte Überlegungen hinsichtlich Auswahl, Dimensionierung und Anordnung der verschiedenen Baustelleneinrichtungselemente getätigt (siehe Tabelle 21). Es liegt dabei am AN, bei den herrschenden minimalen Platzverhältnissen möglichst optimale Varianten von Detail-Baustelleneinrichtungskonzepten für die Ausführung der Arbeiten zu konzipieren.

Tabelle 21 Möglichkeiten Detail-Baustelleneinrichtungskonzept^{277 278}

Verkehrsflächen und Transportwege					
Straßenaufbau:	Boden	stabilisierter Boden	Schotter	Asphalt	Ortbeton/Fertigteileplatten
Stellflächen:	Längsaufstellung	Senkrechtaufstellung	Schrägaufstellung	angemietete/öffentliche Stellflächen	keine
Maßnahmen gegen Verschmutzung bzw. Staubbildung:	Reifenwaschanlage	maschinelles Kehren	Befeuchten der Baustraßen	Kombination	keine
Medienversorgung und Entsorgung					
Druckluftversorgung:	fahrbarer Kompressor			stationäre Kompressoranlage	
Kommunikationsanschluss:	drahtgebunden			drahtlos	
Abfallcontainerart:	Abrollcontainer			Absetzmulden	
Unterkünfte und sonstige Bauten auf der Baustelle					
Unterkunfts-ausstattung:	verschiedene Möglichkeiten bezüglich Größen, Möblierung etc.				
Lager- und Bearbeitungsflächen					
Lagerhilfsmittel:	verschiedene Möglichkeiten bezüglich Gestellen, Boxen etc.				
Sicherheits- und Schutzeinrichtungen					
Absperrung:	offener/geschlossener Bauzaun	Absperrband bzw. Baken	Beschilderung	Kombination	keine
Zugangseinrichtungen:	Schwenkbares Bauzaun-element	Tor	Schranken	Zutrittskontrolle	keine
Zutrittskontrolle:	Wachschutz		Kartensystem	sonstige Lösung	
Baustellenbeleuchtung:	konventionelle Freiflächenbeleuchtung	Hochmastbeleuchtung	Kombination	keine	
Winterbau-Schutzmaßnahmen:	Vollschutz (z.B. Halle, Zelt)	Teilschutz (z.B. Schutzdach)	Einzelschutz (z.B. leichte Einhausung)	sonstige Maßnahmen (z.B. Heizgerät)	keine
Krane					
Dimensionierung:	verschiedene Möglichkeiten bezüglich Nenntagmoment, Höchstlast, Ausladung, Hakenhöhe, Stellflächenbedarf, Arbeitsgeschwindigkeit etc.				
Bauart:	verschiedene Möglichkeiten bezüglich Auslegerbauart, Lage des Drehwerks, Bedienungsstandort, Fahrwerk, Baureihe etc.				

Phasenmodell



²⁷⁷ Erstellt auf Basis von SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung

²⁷⁸ Erstellt auf Basis von HECK, D; LANG, W.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Baubetriebslehre

(e) Konzept für Soll-Ist-Vergleiche

Das Detail-Gesamtkonzept beinhaltet neben dem Detail-Verfahrens-, Bauablauf-, Baulogistik- und Baustelleneinrichtungskonzept auch ein Konzept für die Soll-Ist-Vergleiche in der Phase der Bauausführung. Dieses soll Regelungen für die Durchführung von Soll-Ist-Vergleichen im Bereich von Kosten, Zeit, Quantität und Qualität schaffen, welche folgende Fragen beantworten:

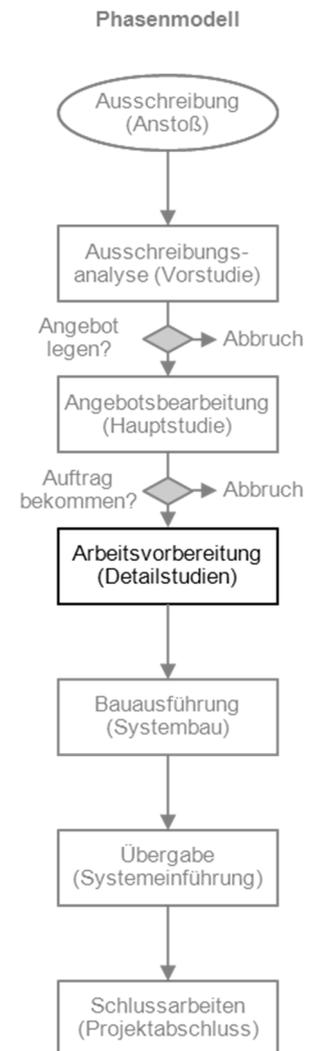
- WAS wird
- VON WEM,
- WIE OFT und
- vor allem WIE kontrolliert?

Die Möglichkeiten, die sich dem AN dazu bieten, werden in Tabelle 22 angeführt.

Tabelle 22 Möglichkeiten Konzept für Soll-Ist-Vergleiche

Bereiche Soll-Ist-Vergleiche					
Kosten:	Lohnkosten	Gerätekosten	Materialkosten	Subunternehmerkosten	sonstige Kostenvergleiche
Zeit:	Beginn der verschiedenen Arbeiten	Fortschritt der verschiedenen Arbeiten	Ende der verschiedenen Arbeiten	Dauern für verschiedene Arbeiten	sonstige Zeitvergleiche
Quantität:	eingebaute Mengen	Aufwandswerte	Leistungs-werte	Produktivität	sonstige Quantitätsvergleiche
Qualität:	Bewehrungs-einbau	Frischbeton	Festbeton	Beton-oberfläche	sonstige Qualitätsvergleiche
Durchführung Soll-Ist-Vergleiche					
Durchführende Person:	Oberbauleiter	Bauleiter	Techniker	Polier	sonstige Person
Häufigkeit:	anlassbezogen (z.B. vor dem Betonieren)		wöchentlich	monatlich	sonstiger Abstand
Herkunft IST-Daten:	Ortsaugenschein auf Baustelle	Poliertagesberichte	externer Prüfbericht	unternehmensinterne Buchhaltung	sonstige Herkunft
Art der Datenaufnahme /-beschaffung:	Selbstaufnahme	gemeinsame Aufnahme (z.B. mit ÖBA)	externe Aufnahme (z.B. Prüfanstalt)	Nachfrage/ Anforderung	sonstige Aufnahme-/Beschaffungsart
Herkunft SOLL-Daten:	Arbeitskalkulation	Bauablaufplan	Bauvertrag	diverse Pläne	sonstige Herkunft
Art der Auswertung/ Dokumentation:	Aktualisierung Arbeitskalkulation	Aktualisierung Bauablaufplan	Vermerk in Bautagesbericht	sonstige Auswertung/ Dokumentation	keine Auswertung/ Dokumentation
Information über aktuellen Stand:	intern (z.B. Oberbauleiter, Bauleiter etc.)		extern (z.B. Bauherr, ÖBA, Projektsteuerung etc.)		keine Information

Das Soll-Ist-Vergleich-Konzept ist auf Basis des Gesamtkonzepts zu planen und wird daher in der anschließenden Bewertung nicht berücksichtigt.



Bewertung und Entscheidung:

Zur Veranschaulichung der Bewertung und Entscheidung in der Phase der Arbeitsvorbereitung wird analog zur Phase der Angebotsbearbeitung die Situation angenommen, dass der AN drei verschiedene Varianten – diesmal von Detail-Gesamtkonzeptvarianten – in der Lösungssuche gebildet hat.

Bezüglich des Detail-Gesamtkonzepts wurden vom AN in der Lösungssuche ebenfalls drei Varianten gestaltet (schematisch in Abbildung 5.21 dargestellt).

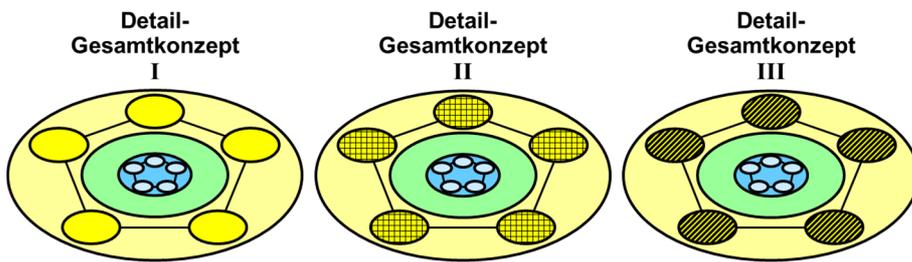
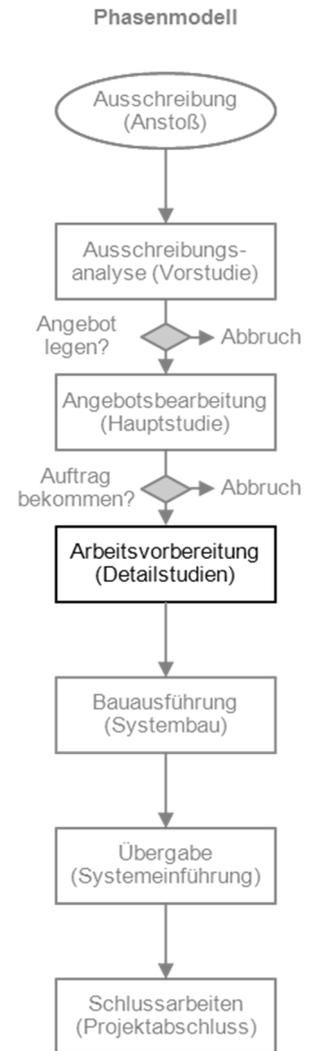


Abbildung 5.21 Detail-Gesamtkonzeptvarianten nach der Lösungssuche in der Phase der Arbeitsvorbereitung

Der AN bewertet die drei Varianten wiederum in Form einer Nutzwertanalyse, wobei die Kriterien und deren Gewichtung entsprechend der detaillierteren Zielformulierungen angepasst wurden (siehe Tabelle 23).

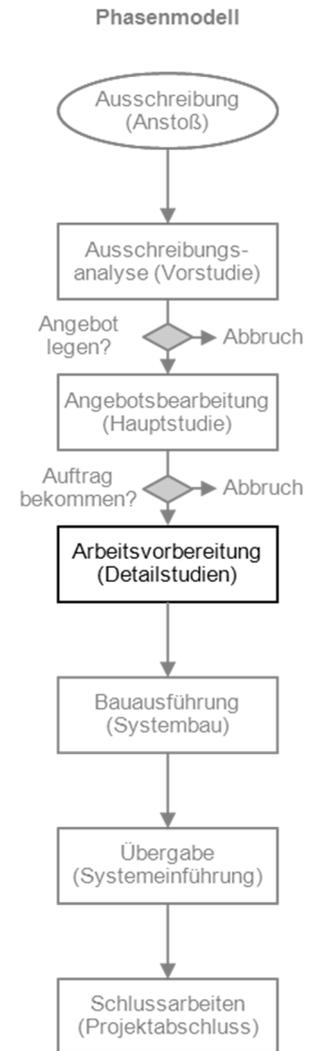
Tabelle 23 Nutzwertanalyse Detail-Gesamtkonzeptvarianten²⁷⁹

Kriterien	Gewicht (g)		Variante I		Variante II		Variante III	
	Gruppe	Einzel	n	g*n	n	g*n	n	g*n
1) Detail-Verfahrenskonzept:	35							
- Kosten		10	9	90	8	80	5	50
- Qualität		8	6	48	7	56	9	72
- Effizienter Einsatz		2	9	18	9	18	4	8
- Zuverlässigkeit		2	8	16	7	14	6	12
- Flexibilität		2	8	16	8	16	4	8
- Raumbedarf		2	7	14	7	14	7	14
- Ressourcenbedarf		2	9	18	7	14	6	12
- Sicherheit		3	9	27	8	24	6	18
- Umweltbelastung		3	10	30	10	30	9	27
- Mitarbeitererfahrungen mit Verfahren		1	9	9	1	1	4	4
Teilsomme 1				286		267		225



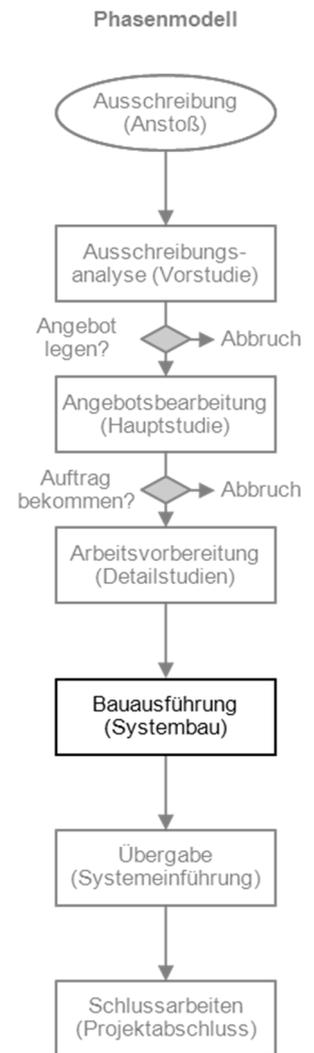
²⁷⁹ In Anlehnung an HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering, Kapitel 3 – S.40

2) Detail-Bauablaufkonzept:	25							
- Risiko Termineinhaltung		4	9	36	9	36	5	20
- Effizienz Personaleinsatz		6	8	48	7	42	6	36
- Effizienz Geräteinsatz		6	7	42	9	54	7	42
- Flexibilität		4	8	32	6	24	4	16
- Verbleibende Arbeitsfläche für Arbeiter		3	7	21	7	21	6	18
- Mitarbeiterakzeptanz Arbeits-/Pausenzeiten		2	9	18	9	18	6	12
Teilsumme 2				197		195		144
3) Detail-Baulogistikkonzept:	20							
- Kosten		7	8	56	8	56	5	35
- Kapazitäten		7	7	49	7	49	6	42
- Gleichmäßigkeit Transport		6	9	54	7	42	6	36
Teilsumme 3				159		147		113
4) Detail-Baustelleneinrichtungskonzept:	20							
- Kosten		4	8	32	9	36	8	32
- Kapazitäten		4	7	28	7	28	6	24
- Platzverhältnisse		3	7	21	8	24	6	18
- Lagerungsverhältnisse		3	8	24	8	24	8	24
- Gewährleistung Sauberkeit		2	9	18	9	18	9	18
- Gewährleistung Sicherheit		3	8	24	8	24	6	18
- Ausstattungskomfort Unterkünfte		1	7	7	7	7	7	7
Teilsumme 4				154		161		141
Total	100	100		796		770		623



Der AN entscheidet sich auf Basis dieser Bewertung für die Variante I als Detail-Gesamtkonzept für die Durchführung der Arbeiten. Das gestaltete Gesamtkonzept bildet die Basis für die Erarbeitung des Konzepts für Soll-Ist-Vergleiche (siehe Lösungssuche) bzw. für die Arbeitskalkulation, welche auch noch in der Phase der Arbeitsvorbereitung erstellt wird.

Steuergrößen an die Regelstrecke (4) weiter, wo im Rahmen der vorherrschenden Bedingungen die Anweisungen von den Arbeitskräften mit den Arbeitsmitteln umgesetzt werden (eigentlicher Produktionsprozess). Das Messglied (5, z.B. Techniker) hat die Aufgabe, laufend Messgrößen (Ist-Werte) von der Regelstrecke zu nehmen und mit den vorgegebenen Größen (Soll-Werte) zu vergleichen. Das Messglied leitet die Ergebnisse (Kontrollgrößen) an das Führungsglied bzw. das Steuerglied weiter, welche wiederum entsprechende Steuerungsmaßnahmen setzen. Um die Erkenntnisse und Ergebnisse aus diesem Prozess für alle Beteiligten festzuhalten, sollte hierbei ein Wissensspeicher (6, z.B. interne Datenbank) installiert werden. Der Vorteil dieses Regelkreismodells liegt vor allem in der schnellen und selbstständigen Reaktion des Systems auf Störungen, wodurch der Produktionsprozess stetig verbessert werden kann.²⁸¹



²⁸¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S.434ff.

5.2.6 Schlussbemerkungen/Resümee

Das Beispiel endet mit der Phase der Bauausführung, da die weiteren Projektphasen des in Abbildung 5.5 dargestellten Phasenmodells, wie erwähnt, keine Relevanz mehr in Bezug auf die vorgegebene Aufgabenstellung haben.

Grob zusammengefasst wurden folgende Elemente des Systems Engineering im Beispiel angewandt bzw. gezeigt:

- Schrittweises Vorgehen nach einem eigens für die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten entwickelten Vorgehensmodell, wodurch zunehmend konkretere Situationen geschaffen werden und die Komplexität reduziert wird
- Anwendung der Logik des SE-Problemlösungszyklus in den Phasen der Ausschreibungsanalyse, der Angebotsbearbeitung und der Arbeitsvorbereitung zur Erarbeitung von Lösungskonzepten bzw. Entscheidungen
- Vorgehen im Sinne von „Vom Groben zum Detail“ sowie Anwendung des Prinzips der Variantenbildung im Problemlösungsprozess
- Gestaltung von Systemen im Bereich des jeweiligen Problem- bzw. Lösungsfeldes, wobei der Fokus je nach Aufgabenstellung gewählt wird
- Formulierung von Zielen, welche die Lösungssuche steuern und transparente Entscheidungen ermöglichen
- Anwendung von Techniken im Bereich der Systemgestaltung (z.B. Zielkatalog, Morphologisches Schema, Nutzwertanalyse)
- Anwendung des Systemdenkens als Grundphilosophie

Folgende Erkenntnisse können aus der Anwendung dieser SE-Elemente bei diesem Beispiel gewonnen werden:

- Es wären – neben dem gezeigten (oft sehr allgemeinen) Vorgehen – auch noch andere Möglichkeiten der SE-Anwendung bei der gegebenen Aufgabenstellung möglich gewesen. Gerade die Flexibilität in der Anwendung ist auch der große Vorteil dieser Methodik, welche jedem Anwender verschiedenste Möglichkeiten offen lässt.
- Der Handlungsspielraum in der Lösungsgestaltung hängt stark mit dem Grad der Vorgaben des Auftraggebers zusammen. Ist in einer Ausschreibung z.B. der Leistungsgegenstand schon sehr detailliert beschrieben, so werden damit die Entscheidungsmöglichkeiten des AN hinsichtlich Bauausführung begrenzt. Das Gegenteil ist z.B. bei einer funktionalen

Leistungsbeschreibung der Fall bzw. wenn Alternativangebote zugelassen sind.

- Außerdem lässt sich erkennen, dass viele Ansätze des Systems Engineerings – bzw. allgemeiner gesagt des Systemansatzes – zumindest in der Theorie (Literatur) schon im Bauwesen herangezogen werden, diese Ansätze allerdings in der Praxis aus verschiedensten Gründen (z.B. aufgrund fehlender Methodenkenntnisse oder aus „vermeintlichem“ Zeitmangel) oft kaum berücksichtigt werden.

Zum Abschluss dieses SE-Anwendungsbeispiels zeigt Abbildung 5.23 ein Foto vom Musiktheater Linz zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Rohbauarbeiten. Ein wahrlich komplexes Bauwerk, das in seinem Umfang und seinen Rahmenbedingungen eine Herausforderung im Bereich der Stahlbetonarbeiten darstellt hat.

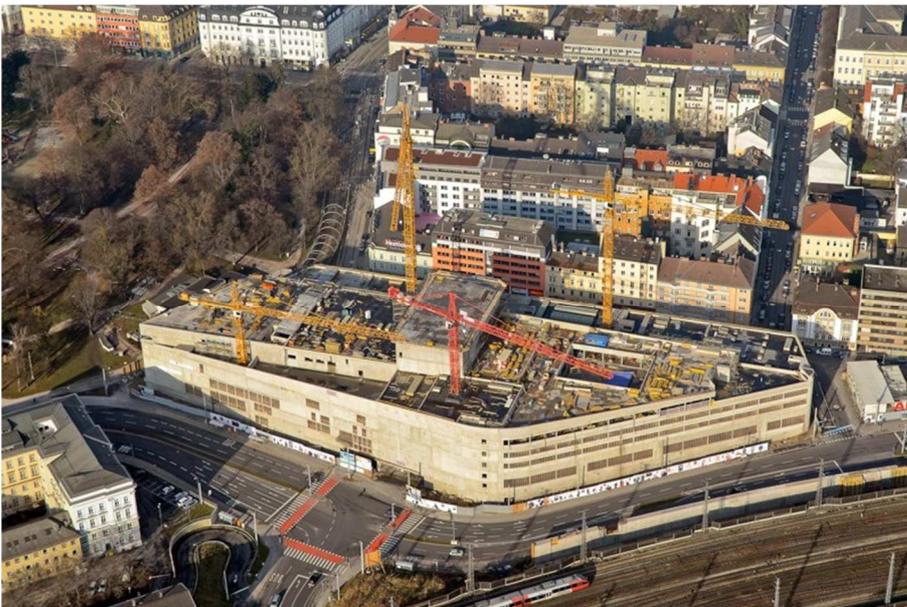


Abbildung 5.23 Luftaufnahme nach Beendigung der Rohbauarbeiten²⁸²

²⁸² http://www.musiktheater.at/blumau/frameset_baustelle.htm, Zugriff am 22.09.2011, 17:00 Uhr

6 Nutzen der Methodik des Systems Engineering

Der Nutzen der Methodik des Systems Engineering kann folgendermaßen zusammengefasst werden^{283 284 285}

Die SE-Methodik

- bringt Übersicht über das Problem,
- hilft durch systematisches Vorgehen, den Faden nicht zu verlieren (ist vor allem bei sehr komplexen Problemen wichtig),
- betrachtet das gesamte Umfeld und bindet alle Beteiligten in den Problemlösungsprozess mit ein,
- hilft beim Finden von möglichst optimalen Lösungen,
- schafft zunehmend konkretere Situationen und reduziert dadurch schrittweise die Komplexität,
- regt den Denkprozess bzw. die Kreativität an und hilft – durch die Erweiterung des Horizonts – Alternativen zu finden,
- legt durch das systematische Vorgehen eine Basis für transparente Entscheidungen bzw. hilft diese zu kommunizieren,
- und reduziert – als Folge all diese genannten Punkte – das Projektrisiko.

Als weitere Vorteile der Methodik können die leichte Erlern- bzw. Lehrbarkeit, die Allgemeingültigkeit sowie die Flexibilität in der Anwendung betrachtet werden.

Es ist aber zu beachten, dass die Methodik alleine noch keine Probleme löst, sondern es immer auch das notwendige Know-How bzw. Know-Why (im Sinne von Fachwissen, Erfahrung etc.) zur Lösung von Problemen erfordert.

Außerdem soll die Methodik nicht zum Selbstzweck eingesetzt werden. So muss der Aufwand immer in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen stehen.

²⁸³ Vgl. HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis, S. XXIIff.

²⁸⁴ Vgl. Interview mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberfellner und Dr. rer.pol. Peter Nagel in der Zeitschrift „WING-Business“, S.6ff.

²⁸⁵ Informationen aus einem Gespräch mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberfellner am 16.06.2011, 17:00 bis 18:00 Uhr

7 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden zuerst allgemeine Grundlagen behandelt, um darauf aufbauend die Anwendung der Methodik des Systems Engineering auf die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten anhand eines Beispiels zu veranschaulichen.

Zu Beginn wurden die wichtigsten Begriffe zum Thema definiert und in weiterer Folge systemtheoretische Grundlagen dargelegt, welche auch im späteren Beispiel herangezogen wurden (z.B. verschiedene Betrachtungsweisen bzw. Darstellungsformen von Systemen).

Im folgenden Kapitel wurde die Methodik des Systems Engineering vorgestellt, welche ursprünglich im Jahre 1940 in den USA entwickelt wurde und später von Mitarbeitern des Betriebswissenschaftlichen Instituts (BWI) der ETH Zürich als Basis für ein eigenständiges Systems-Engineering-Konzept herangezogen wurde. Recherchen haben dabei ergeben, dass dieses Konzept in den verschiedensten Bereichen erfolgreich zur Lösung komplexer Probleme eingesetzt wird, allerdings im Bauwesen bis jetzt noch keine explizite Anwendung fand. Im Zuge der Auseinandersetzung mit der Methodik des Systems Engineering konnten aber eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten erkannt werden, welche für die Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten nützlich erscheinen und am Besten in Form eines Beispiels aufgezeigt werden können.

In Kapitel 4 wurde auf die Arbeitsvorbereitung als Teil des Prozesses Bauprojekt eingegangen. Die Aufgabe der Arbeitsvorbereitung ist es demnach, möglichst gute Vorbereitungen in Form von Überlegungen, Planungen und Dispositionen für die Bauausführung zu tätigen, um die vertraglich vereinbarten Leistungsinhalte erbringen zu können. Es wird das Ziel angestrebt, die Produktionsfaktoren zeitlich, räumlich, qualitativ und quantitativ bestmöglich miteinander zu kombinieren, um Bauwerke unter den vorgegebenen Randbedingungen technisch und wirtschaftlich optimal zu errichten. Zur Umsetzung dieser Vorgaben werden im Zuge der Arbeitsvorbereitung Planungsmaßnahmen ergriffen (Verfahrensvergleich, Bauablaufplanung, Baulegistik, Baustelleneinrichtungsplanung, Kalkulation und Soll-Ist-Vergleich), welche aufgrund der herrschenden Zusammenhänge vernetzt zu planen sind und im Sinne des Regelkreismodells nach Hofstadler dynamisch angepasst werden müssen. Experten betonen dabei immer wieder die Wichtigkeit der Arbeitsvorbereitung für den Projekterfolg. In der Praxis stehen in der Regel allerdings nur geringe Ressourcen (Zeit und Personal) für die Arbeitsvorbereitung zur Verfügung. Es gilt daher, die vorhandenen Ressourcen für die Arbeitsvorbereitung möglichst effizient zu nutzen, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.

Genau an diesem Punkt setzt diese Arbeit an, wobei anhand eines Beispiels gezeigt wurde, wie durch die Anwendung der Methodik des Systems Engineering eine effiziente Arbeitsvorbereitung im Sinne systemischen Denkens und systematischen Vorgehens aussehen kann.

Die Aufgabenstellung wurde dafür folgendermaßen gewählt:

„Anwendung des Systems Engineering im Zuge der Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz mit Fokus auf die Stahlbetonarbeiten“

Für das Beispiel wurde ein Vorgehensmodell im Sinne des Systems Engineering entwickelt, welches vom Einlangen der Ausschreibungsunterlagen beim Auftragnehmer bis hin zu dessen Schlussarbeiten reicht. Dabei wurde in den Projektphasen „Ausschreibungsanalyse“, „Angebotsbearbeitung“ und „Arbeitsvorbereitung“ jeweils der SE-Problemlösungszyklus herangezogen und im Sinne der SE-Prinzipien „Vom Groben zum Detail“ sowie der Variantenbildung wurden Lösungen gestaltet. Es wurde weiters gezeigt, wie Techniken im Bereich der Systemgestaltung (z.B. Zielkatalog, Morphologisches Schema, Nutzwertanalyse) in den Phasen der Situationsanalyse, der Zielformulierung, der Lösungssuche sowie der Bewertung und Entscheidung eingesetzt werden können. Dem jeweiligen Anwender sind hierbei im Einsatz von Systems Engineering – aufgrund der Flexibilität der Methodik – kaum Grenzen gesetzt, es können je nach Problemstellung geeignete Hilfsmittel bzw. Techniken der Arbeitsvorbereitung herangezogen werden.

In Kapitel 6 wurde der Nutzen der Methodik des Systems Engineering zusammengefasst.

Die Methodik des Systems Engineering zeichnet sich durch seine systematische, flexible und transparente Vorgehensweise aus und kann gerade in der Arbeitsvorbereitung von komplexen Bauvorhaben als effizientes Hilfsmittel eingesetzt werden. Aber nicht nur in der Anwendung in der Arbeitsvorbereitung lässt sich großes Potential erkennen, sondern auch in anderen Bereichen wie in der Projektentwicklung, in der Planung, in der Ausschreibung und Vergabe oder im Projektmanagement von Bauprojekten. Hierzu bietet es sich an, weitere Untersuchungen zu den Anwendungsmöglichkeiten der Methodik des Systems Engineering im Bauwesen anzustellen. Außerdem wäre es interessant, die Anwendung der SE-Methodik nicht nur bei einem fiktiven Beispiel zu veranschaulichen, sondern dessen Einsatz auch in der realen Baupraxis zu erproben, um weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

8 Literaturverzeichnis

8.1 Bücher

AHRENS, H.-J.; BASTIAN, C.; MUCHOWSKI, L.: Handbuch Projektsteuerung – Baumanagement; 2. Auflage, Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2006.

ARNDT, G.: Arbeitsvorbereitung – Verfahren, Bauablaufplanung, Bauzeiten-Terminplan, Baustelleneinrichtung, Berichtswesen; Heft 2 der „Studienhefte der Baubetriebslehre“; Heidelberg: Dr. Lüdecke-Verlag, 1974.

BAUER, H.: Baubetrieb; 3. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.

CHESTNUT, H.: Systems Engineering Tools; New York: John Wiley & Sons, 1965.

CZAYKA, L.: Systemwissenschaft; Pullach bei München: Verlag Dokumentation, 1974.

DÖRNER, D.: Die Logik des Mißlingens – Strategisches Denken in komplexen Situationen; Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1992.

DREES, G.; PAUL, W.: Kalkulation von Baupreisen; 9. Auflage, Berlin: Bauwerk Verlag, 2006.

DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen; 1. Auflage, Wiesbaden und Berlin: Bauverlag, 1976.

FORRESTER, J. W.: Principles of Systems; 4. Auflage, Cambridge: Wright-Allen Press, 1968.

GROTE, H.; TENTEN, H.: Bauen mit KOPF – Kybernetische Organisation, Planung, Führung – Höhere Wirtschaftlichkeit im Bauprozess; 1. Auflage, Berlin, Hannover: Patzer Verlag, 1978.

HABERFELLNER, H.: Die Unternehmung als dynamisches System; Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 1975.

HABERFELLNER, R.; NAGEL, P.; BECKER, M.; BÜCHEL, A.; VON MASSOW, H.: Systems Engineering – Methodik und Praxis; 11. Auflage, Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 2002.

HALL, A. D.: A methodology for Systems Engineering; Princeton: D. van Nostrand, 1962.

HELMUS, M.; MEINS-BECKER, A.; LAUSSAT, L.; KELM, A.: RFID in der Baulogistik; 1. Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2009.

HOFFMANN, M.: Zahlentafeln für den Baubetrieb; 6. Auflage, Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag, 2002.

- HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
- HOFSTADLER, C.: Schularbeiten – Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb; Ratschendorf: Verband Österreichischer Biege- und Verlegetechnik (VÖBV), 2011.
- KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik 1 (A-Meß); Frankfurt am Main und Hamburg: Fischer Bücherei, 1969.
- KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik 2 (Met-Z); Frankfurt am Main und Hamburg: Fischer Bücherei, 1969.
- KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management – Grundlagen und Vorgehensweisen; 3. Auflage, Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag, 2007.
- MALIK, F.: Strategie des Managements komplexer Systeme; 4.Auflage, Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Paul Haupt, 1992.
- MALIK, F.: Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation; Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Paul Haupt, 1993.
- OBERNDORFER, W. J.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft – Interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens; 3. Auflage, Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2010.
- PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1982.
- PROBST, G.J.B.; GOMEZ, P.: Vernetztes Denken – ganzheitliches Führen in der Praxis; 2. Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag, 1993.
- ROPOHL, G.: Eine Systemtheorie der Technik – Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie; München und Wien: Carl Hanser Verlag, 1979.
- SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung – Grundlagen, Planung, Praxishinweise, Vorschriften und Regeln; 1. Auflage, Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag, 2008.
- SIMON, F. B.: Einführung in Systemtheorie und Konstruktivismus; 1. Auflage, Heidelberg: Carl-Auer-Systeme, 2006.
- SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau; 1. Auflage, Berlin: Bauwerk Verlag, 2003.
- VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken – Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität; Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1999.

8.2 Fachbeiträge

BÜCHEL, A.: Systems Engineering – Eine Einführung; Beitrag in der Schriftenreihe „Industrielle Organisation io“; Verlag Industrielle Organisation, Ausgabe 38 bzw. Nr. 9/1969.

FRANZL, G.: Das neue Musiktheater, Linz; Beitrag in der der Zeitschrift „Betonstahl“; Güteschutzverband für Bewehrungsstahl, Nr. 98 bzw. 01/2010.

GREINER, O.: An der Mittleren Salzach werden die Kraftwerke mit K.O.P.F. gebaut; Beitrag in der Festschrift „10 Jahre Deutsche Gesellschaft für Baukybernetik e. V.“, 1985.

HOFSTADLER, C.: Arbeitsvorbereitung Verbesserungspotential nützen; Beitrag in der Zeitschrift „Österreichische Bauzeitung“; Österreichischer Wirtschaftsverlag, Ausgabe 39/2007.

HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit; Beitrag im Tagungsband „Arbeitsvorbereitung für Bauprojekte – Nutzen der Arbeitsvorbereitung für den Projekterfolg“ des 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposiums; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz, 2010.

TENTEN, H.: Die optimale Beherrschung komplexer Planungs- und Bauprozesse; Beitrag in der Festschrift „10 Jahre Deutsche Gesellschaft für Baukybernetik e. V.“, 1985.

8.3 Diplom- bzw. Masterarbeiten

BAIERL, M.: Die Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb mit den Schwerpunkten Planungsmaßnahmen und Baustellenanalyse; Masterarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz 2009.

BLÖMEKE, M.: Die Baustellenlogistik als neues Dienstleistungsfeld im Schlüsselfertigbau; Diplomarbeit am Lehrstuhl für Baubetrieb und Bauprozessmanagement an der Technischen Universität Dortmund 2001.

LANG, W.: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren – Grundlagen, Methodik und Anwendung; Diplomarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz 2008.

PACHLER, M. Baukybernetik im Vergleich zu herkömmlichen Projektmanagementmethoden; Diplomarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz 2001.

WAGNER, J.: REFA-Untersuchungen zu Bewehrungsarbeiten bei Ortbetondecken; Masterarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz 2010.

WUKONIG, T.: Schnittstellenmanagement in der Bauprojektanbahnung – mit spezieller Betrachtung der Stahlbetonarbeiten; Masterarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz 2011.

8.4 Dissertationen

KOCH, J. P.: Integrale Planungsprozesse – Generalistische Handlungsstrategien für komplexe Problemlösungsprozesse in den Zeiten des Klimawandels; Dissertation am Institut für Baubetrieb an der Technischen Universität Darmstadt 2010.

8.5 Normen

ÖNORM DIN 69901-5 „Projektwirtschaft – Projektmanagement – Begriffe“; Ausgabe 2009-01, Berlin: Verlag der DIN, 2009.

8.6 Internet

<http://www.baukybernetik.at/>, Zugriff am 24.05.2011, 08:58 Uhr.

http://www.bvl.de/files/441/481/522/578/Endbericht_15074N.pdf, Zugriff am 13.07.2011, 11:00.

<http://www.das-baulexikon.de/lexikon/Arbeitsvorbereitung.htm>, Zugriff am 11.04.2011, 18:12 Uhr.

<http://www.diebauzeitung.at/ireds-112192.html>, Zugriff am 09.09.2011, 11:20 Uhr.

http://www.gumbooya.bigpondhosting.com/Systems_Engineering/Systems%20Engineering%20and%20the%20Construction%20Industry.pdf, Zugriff am 16.09.2011, 18:00 Uhr.

http://www.itq.ch/pdf/systemengineering/SE_Einfuehrung231006_neu.pdf, Zugriff am 11.04.2011, 19:23 Uhr.

http://www.linz.at/presse/2008/200805_39021.asp, Zugriff am 16.09.2011, 15:30 Uhr.

http://www.musiktheater.at/blumau/frameset_baustelle.htm, Zugriff am 22.09.2011, 17:00 Uhr.

8.7 Skripten

HABERFELLNER, R.: Projekt-Management auf der Basis des Systems Engineering; Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement; Institut für Unternehmensführung und Organisation an der Technischen Universität Graz, 2002.

HECK, D.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaft – Teil: Bautechnologie; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz, 2007.

HECK, D; LANG, W.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Baubetriebslehre; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz, 2010.

HECK, D; SCHLAGBAUER, D.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaftslehre; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz, 2010.

LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaft – Teil: Grundlagen der Bauwirtschaftslehre; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz, 2007.

LECHNER, H.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Projektmanagement; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Technischen Universität Graz, 2011.

8.8 Interviews bzw. Gespräche

Gespräch mit Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler am 20.09.2011, 14:00 bis 15:00 Uhr.

Gespräch mit Dipl. Ing. Kurt Rusam (Geschäftsführer Swietelsky International) am 03.09.2011, 14:00 bis 16:00 Uhr.

Gespräch mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberbefellner am 16.06.2011, 17:00 bis 18:00 Uhr

Gespräch mit Ing. Michael Müller (Mitglied der Bauleitung des Auftragnehmers für die Rohbauarbeiten beim Musiktheater Linz) am 06.09.2011, 17:00 bis 19:00 Uhr.

Interview mit Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Reinhard Haberbefellner und Dr. rer.pol. Peter Nagel in der Zeitschrift „WING-Business“; Österreichischer Verband der Wirtschaftsingenieure (WING), Ausgabe 03/2008.

9 Anhang

9.1 Projektdatenblatt Musiktheater Linz

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
 ausgefüllt von: Michael Schütz Datum: 06.07.2011

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Musiktheater Linz
Bauherr: M.T.G. Musiktheater Linz GmbH
Auftragnehmer: STRABAG AG

Ausschreibungsart: Leistungsverzeichnis mit Einheitspreisen
Vertragsart: Pauschalvertrag

Beschreibung des Bauwerks: (Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)
Neubau eines Musiktheaters in Linz

Standort: Linz **Seehöhe [m.ü.A.]:** 261 m.ü.A.

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw.

Grundstücksfläche: 13105 m² **Baustelleneinrichtungsfaktor:**
Bauwerksgrundrissfläche: 10770 m² (BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)
Baustelleneinrichtungsfläche: 13105 m² 1,217 -

Gebäudeabmessungen: L= 162 m **Geschoßanzahl:** 2UG, EG, 4OG, Bühnenturm bis 7.OG
 B= max. 82 m **Geschoßhöhe 1:** m
 H= m **Geschoßhöhe (2-n):** m

Bruttorauminhalt: 289860 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:
 Büro Gewerbe und Industrie Lehre und Forschung
 Wohnbauten Schulen und Kindergärten Gesundheitswesen
 Geschäft Gasthaus/ Hotel

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:

Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):
 Bauzeitplan Baustelleneinrichtungsplan Ansichten
 Grundriss(e) Schnitt(e) Visualisierungen
 Schalungsplan Bewehrungsplan

KOSTEN

Gesamtkosten:	150.000.000	€
Kosten Bauwerk-Rohbau:	20.800.000	€

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	d	6	Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	d	4	Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	d	32	Mo	
Pufferzeit - gesamt:	d		Mo	% der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	d		Mo	
Baustelleneinrichtung:	d		Mo	
Erdarbeiten:	d		Mo	
Gründung:	d		Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	d	16	Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	d		Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	8 Stk.	117,92 m ²
- Magazin:	18 Stk.	264,96 m ²
- Sanitär:	3 Stk.	44,22 m ²
- Bauleitung	10 Stk.	147,40 m ²
- AN:	Stk.	m ²
- AG:	4 Stk.	58,96 m ²

Krane:		Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	Turmdrehkran	5 Stk.	tm
	Schnellmontagekran	1 Stk.	tm
	diverse Kleinkrane	3 Stk.	tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:

- Krananzahl über Arbeitskräfte:	5 Stk.
- Krananzahl über Kranbelegungswerte:	Stk.
- Krananzahl über Bruttorauminhalt:	5 Stk.
- _____ :	Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl	nach Bedarf
- _____	Stk.	

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung: 5 AK

Zeit für die Arbeitsvorbereitung: 14 d

% der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regelarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche lange/lange/kurze Woche (z.T. 3 Kolonnen parallel)

Arbeitszeit: 42 Std/Wo

Angestellte: Anzahl eigen Sub.
 - Oberbauleiter: 1 AK
 - Bauleiter: 1 AK
 - Techniker: 3 AK
 - Polier: 1 AK
 - Hilfspolier: 2 AK

Arbeiter: Anzahl eigen Sub.
 - Schaler: 80 AK
 - Bewehrter: 15-25 AK
 - Betonierer: AK
 - Maurer: AK
 - Schaler Leas.: 20 AK
 - : AK

Stammpersonal: %
 Ausländeranteil: %
 Frauenanteil: 0 %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}): AK/d

Ø - Arbeitsfläche je AK: m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}): AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK: m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:
 - Anlaufphase (D_{AN}): d % der Bauzeit
 - Hauptbauzeit (D_{HP}): d % der Bauzeit
 - Auslaufphase (D_{AUS}): d % der Bauzeit

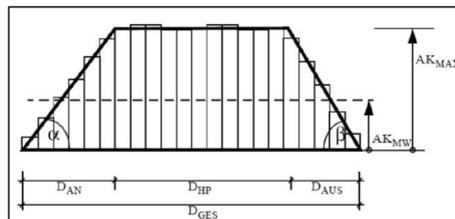


Abb. Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit

MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse: _____
 Erdarbeiten: 65000 m³
 Gründung: 9800 m³
 Rohbau:
 - Schalung: 109000 m²
 - Bewehrung: 5400 to
 - Beton: 44000 m³

	Anzahl der Transporte		
	Antransporte	Abtransporte	Gesamt
	-	-	4700 -
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-

9.2 Prioritätenmatrix für die Stahlbetonarbeiten

Stahlbetonarbeiten - Prioritätenmatrix für den Hochbau																					
Priorität	Zielgrößen (ZG)					Arbeitsvorbereitung (AV)					Summe										
	Kosten		Zeit		Quantität		Qualität		Verfahrensvergleich	Baublaufplanung	Baustelleneinrichtungsplanung	Baugistik	AV								
	1	2	3	4	5	1	2	3						4	5	1	2	3	4	5	ZG
Bauteile																					
Bodenplatte																					
Schalen	1				1		1							1					4	6	50,00%
Bewehren	4				4		4			5	2			4					15	15	0,00%
Betonieren	4				5		4		3		3			5					16	17	6,25%
																			35	38	8,57%
Wände																					
Schalen	5				5		5			5				5					20	20	0,00%
Bewehren	4				4		4			5	3			5					16	17	6,25%
Betonieren	4				3		3			5	3			4					17	16	-5,88%
																			53	53	0,00%
Decken																					
Schalen	5				5		5			4				5					19	20	5,26%
Bewehren	3				3		3			5	3			4					15	15	0,00%
Betonieren	4				3		3			4	3			5					15	17	13,33%
																			49	52	6,12%
Balken, Träger																					
Schalen	3				3		3			4				3					13	13	0,00%
Bewehren	3				3		3			4	2			3					13	12	-7,69%
Betonieren	3				2		2			3	2			2					11	11	0,00%
																			37	36	-2,70%
Stützen																					
Schalen	2				2		2			4				2					10	10	0,00%
Bewehren	1				1		1			2	2			1					6	7	16,67%
Betonieren	2				1		1			3	1			1					7	5	-28,57%
																			23	22	-4,35%
Sonstige Bauteile																					
Schalen	3				3		3			2				3					10	9	-10,00%
Bewehren	2				2		2			2	2			2					8	8	0,00%
Betonieren	2				2		2			2	2			1					9	8	-11,11%
																			27	25	-7,41%
											Gesamt:		224	226	0,89%						