

MASTERARBEIT



SYSTEMATISCHE VERFAHRENSWAHL – ANWENDUNG EINER ENTSCHEIDUNGSMATRIX BEI DER AUSWAHL DER SCHALUNG FÜR HORIZONTALE BAUTEILE IM HOCHBAU

Nikas Georg, BSc

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer
Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler

Mitbetreuender Assistent
Dipl.-Ing. Wolfgang Lang

Graz am 15.März 2010

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 15.03.2010

(Georg Nikas)

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, 15.03.2010

(Georg Nikas)

Danksagung

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Doz. Dr.techn. Dipl.-Ing. Christian Hofstadler, Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Lang und Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck. Ich bedanke mich bei meinen Betreuern für die vielen interessanten und hilfreichen Gespräche und für die große Unterstützung. Auch Herrn Florian Scheikl möchte ich für die tatkräftige Unterstützung hinsichtlich seiner EDV-Kenntnisse dankend erwähnen. Ich bedanke mich aber auch bei Herrn Dipl.-Ing. Paul Eicher für die kompetente Zusammenarbeit im Zuge meines Projektes bei der Baufirma. Herzlichen Dank auch an Thomas Spiss, der bei der Auswertung der Expertenbefragung großes geleistet hat.

Der größte Dank gilt meinen Eltern Johanna und Robert, welche mich während meiner gesamten Ausbildungszeit unterstützt und positiv motiviert haben und die in jeder Phase meines Lebens mit breiter Brust hinter mir gestanden sind. Weiters bedanke ich mich bei meinem Onkel Horst und meiner Tante Ingrid, welche mir immer wieder Mut und Kraft zugesprochen und einen wesentlichen Beitrag zu meiner universitären Ausbildung geleistet haben. Vielen Dank auch an Tante Ingrid und Gert, sowie Tante Marianne, welche immer Vertrauen in mich gesetzt haben.

Ein sehr großes Dankeschön möchte ich auch meinen Studienkollegen und Freunden Michi, Patrick und Thomas aussprechen, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen und zu jeder Zeit ein offenes Ohr für mich hatten.

Vielen Dank auch an die Mitglieder im Stahlbauzeichensaal und die Akzeptanz die Sie mir entgegengebracht haben.

Danke an meine engsten Freunde Michael, Sabine, Knolle, Elena, Karin, Stefan, Thomsen und Christian für die unvergessliche gemeinsame Zeit.

Ganz besonderer Dank gebührt meinen treuen Bergkameraden Jörg, Kristin und Theresa für die unendlich schönen Stunden die ich mit Euch auf den heimischen Bergen genießen durfte, für die enge Freundschaft und das entgegengebrachte Vertrauen in meine Person, sowie für die aufbauenden positiven Einflüsse die Ihr mir gegeben habt. Frei nach dem Motto: „Ihr seid das Beste was mir je passiert ist“.

Frohnleiten, am 15.03.2010

(Georg Nikas)

Kurzfassung

Um einen zeitlich und wirtschaftlich optimalen Ablauf der Bauausführung ermöglichen zu können, ist die Auswahl von Bauverfahren von zentraler Bedeutung. Gerade in wirtschaftlich schwierigen Zeiten ist es für das Baugewerbe und die Bauindustrie unumgänglich, unterschiedliche Bauverfahren zu vergleichen um dadurch zu einer technisch anwendbaren und wirtschaftlich optimalen Lösung zu gelangen.

Einleitend wird auf die Bedeutung von Verfahrensvergleichen eingegangen sowie ein kurzer Überblick der einzelnen Methoden der Verfahrenswahl gegeben. Im Zuge der Arbeit werden die Voraussetzungen und Grundlagen sowie verschiedene Vergleichsmethoden dargestellt. Dabei wird insbesondere auf die Entscheidungsfindung anhand der Entscheidungsmatrix OPTIMAT eingegangen.

Diese spezielle Auswahlmethode wird an einem aktuellen Projekt in der Praxis angewendet. Dabei wird die OPTIMAT bei der Auswahl der Schalung für horizontale Bauteile im Hochbau eingesetzt.

Wesentlich für eine erfolgreiche Verfahrensauswahl ist die richtige Vorgehensweise unter Berücksichtigung aller entscheidenden Einflussfaktoren, damit die zur Verfügung stehenden Verfahren/Systeme hinsichtlich ihrer technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte vergleichend untersucht werden können. Dabei gilt es festzustellen für welche Methoden/Bauverfahren es überhaupt sinnvoll ist einen Vergleich anzustellen, und welche Kriterien in die Entscheidungsfindung mit einbezogen werden sollen. Zielführend ist auch der Gedanke, wie sich eine Kriterienänderung auf die einzelnen zu vergleichenden Verfahren auswirken könnte. Anhand von Planungs-, Ausschreibungs- und sonstigen Unterlagen werden alle für den Vergleich wichtigen Kriterien ermittelt und bewertet. Wie dieser Vorgang theoretisch und praktisch abläuft, wird im Rahmen dieser Arbeit gezeigt und beschrieben.

Abschließend werden noch ausgewählte Ergebnisse eines im Zuge dieser Masterarbeit entwickelten Fragebogens zum Thema „Systematische Verfahrenswahl“ dargestellt.

Abstract

In order to determine the most efficient and most economic way of construction work the selection of building methods is of utmost importance. Even more attention should be paid to this kind of selections during economic crises to find appropriate and technically feasible solutions.

Introductory this thesis presents an overview and the purpose of different process comparison methods. Furthermore prerequisites and basics are explained in detail and in particular decision making by using the decision matrix OPTIMAT is illustrated.

This special selection method is practically used within a current project for selection of the formwork for horizontal construction units.

The correct process sequence in consideration of all crucial factors of influence is basis for successful procedure selection hence available methods/systems can be comparatively examined with regard to technical, organizational and economic points of view.

First of all it is necessary to decide, which methods are worth being considered for decision making. Next to that possible requirement change requests and their impact on the individual procedures need to be taken into account. Based on planning-, advertisement- and technical papers all important criteria are determined and evaluated for the comparison. This thesis shows in detail how this procedure works theoretically and practically.

Finally the results of the questionnaire for "systematic process selection" which was worked out during this thesis, are presented.

Inhaltsverzeichnis

1	Glossar	1
2	Einleitung, Ziel und Abgrenzung	6
2.1	Einleitung und Übersicht	6
2.2	Ziel und Abgrenzung	10
3	Methoden von Verfahrensvergleichen	12
3.1	Betriebswirtschaftliche Verfahrensvergleiche	12
3.1.1	Investition	12
3.2	Investitionsrechenmethoden	16
3.2.1	Art der Problemstellung	21
3.3	Die statischen Methoden der Investitionsrechnung	22
3.3.1	Die Kostenvergleichsrechnung	23
3.3.2	Die Gewinnvergleichsrechnung	32
3.3.3	Die Rentabilitätsrechnung	33
3.3.4	Statische Amortisationsrechnung	33
3.4	Die dynamischen Methoden der Investitionsrechnung	35
3.4.1	Allgemein gilt für die dynamischen Methoden:	35
3.4.2	Barwertmethoden	36
3.4.3	Endwertmethoden	37
3.4.4	Die dynamische Amortisationsrechnung	38
3.5	Operations Research (OR)	41
3.6	Kritische Leistungsmenge	45
3.7	Break-Even-Analyse	50
3.8	Potential- und Stärken-/Schwächen-Analyse	53
3.9	Nutzwertanalyse in der Betriebswirtschaft	57
3.9.1	Lösungsansätze zur Behebung der Schwachstellen der Nutzwertanalyse	60
3.10	Kosten-Nutzen-Analyse	62
3.11	Kosten-Wirksamkeits-Analyse	64
4	Bauprojektphasen in Bezug auf Verfahrensvergleiche	68
4.1	Planung und Ausschreibung	68
4.2	Angebotsbearbeitung und Zuschlag	70
4.2.1	Angebotskalkulation	70
4.2.2	Auftragskalkulation	72
4.3	Arbeitsvorbereitung	74
4.3.1	Ziele, Sinn und Zweck der Arbeitsvorbereitung	75
4.3.2	Einordnung der Arbeitsvorbereitung – Grobstruktur	77
4.3.3	Grobstruktur der Arbeitsvorbereitung	81
4.3.4	Aufgaben der Arbeitsvorbereitung	87
4.3.5	Dilemma der Arbeitsvorbereitung	90
4.4	Bauausführung	93
4.4.1	Arbeitskalkulation	93
4.4.2	Nachkalkulation	94
4.4.3	Nachtragskalkulation	95
4.4.4	Abschluss dieses Kapitels	95
5	Bauverfahren – Auswahl	96
5.1	Verfahrenswahl – Grundlagen	101
5.1.1	Verfahrensplanung	102

5.1.2	Planung der Bauverfahren	103
6	Voraussetzungen der Verfahrenswahl	106
7	Verfahrensvergleich – Ziele	107
8	Einflussfaktoren bei der Verfahrenswahl	112
8.1	Verfahrensvergleich - Einflussgrößen.....	112
8.1.1	Einflussgrößen nach Teschke	113
8.2	Methodische Richtigkeit des Verfahrensvergleichs.....	114
8.2.1	Vergleichserschwerende Einflüsse	114
8.2.2	Unrichtige Schlussfolgerungen bei Verfahrensvergleichen.....	115
9	Kalkulatorischer Verfahrensvergleich	117
9.1	Methodik des kalkulatorischen Verfahrensvergleichs	118
9.2	Differenzkostenvergleich.....	119
9.3	Wirtschaftlichkeitsgrenze	125
9.4	Kalkulatorischer Verfahrensvergleich nach Hofstadler	130
9.4.1	Allgemeiner kalkulatorischer Schalungsvergleich	130
9.4.2	Vertiefter kalkulatorischer Schalungsvergleich	131
10	Differenzierter Verfahrensvergleich	134
10.1	Nutzwertanalyse im Zusammenhang mit der Bauwirtschaft	138
10.1.1	Der Problemrahmen der Nutzwertanalyse	139
10.1.2	Die Methodik der Nutzwertanalyse	142
10.1.3	Anwendungsvoraussetzungen dieser Methode	145
10.2	Verfahrensvergleich nach Schmidt	147
10.2.1	Quantifizierung der Kriterien	150
10.2.2	Gewichtung der Ziele und Kriterien.....	154
10.2.3	Methodik des differenzierten Verfahrensvergleiches	155
10.3	Differenzierter Verfahrensvergleich OPTIMAT	158
10.3.1	Entscheidungsmatrix als Instrument des differenzierten Verfahrensvergleiches	160
10.3.2	Ausscheidungskriterien und baubetriebliche bzw. bauwirtschaftliche Kriterien	162
10.3.3	Auswertung und Ergebnis	164
10.3.4	Einsatz der Entscheidungsmatrix.....	165
10.4	Verfahrensvergleich mittels „Morphologischen Kasten“	166
10.4.1	Vorgehensweise dieser Methode.....	166
10.5	Verfahrensvergleich nach Gerster/Kohl	170
10.6	Intuitiver Verfahrensvergleich.....	173
10.7	Differenzierte Verfahrensvergleiche unter Berücksichtigung der Stochastik.....	175
10.7.1	Grundmodell der Entscheidungstheorie.....	175
11	Projektabwicklungsformen im Hochbau und Infrastrukturbereich	178
11.1	Konzept von risikobasierten Entscheidungshilfen zur Wahl der Projektabwicklungs- und Wettbewerbsform	183
11.1.1	Entscheidungsfindung – Ablauf.....	185
11.2	Nutzwertanalyse am Beispiel eines Bauprojektes	192
12	Stahlbetonbau im Hochbau – Bauweisen	200
12.1	Ortbetonbauweise	200
12.2	Fertigteilbauweise	202

12.2.1	Potentiale des Betonmontagebaus	204
12.3	Mischbauweise bzw. Kombination aus Ortbeton- und Fertigteilbauweise	206
13	Schalungen für horizontale Bauteile	207
13.1	Deckenschalungen – Einteilung	207
13.2	Unterschiedliche Arten von Deckenschalsystemen	209
13.2.1	Konventionelle Schalung	209
13.2.2	Trägerschalung	212
13.2.3	Rahmenschalung für Decken	230
13.2.4	Trägerrostschalung	235
13.2.5	Deckentische	237
13.2.6	Sonderform der Deckenschalung – Schubladenschalung	241
13.2.7	Raumschalung	242
13.2.8	Fertigteile – Decken	242
14	Einsatz des differenzierten Verfahrensvergleichs in der Praxis	244
14.1	Projektbeschreibung	244
14.1.1	Projekt Justizanstalt Korneuburg	244
14.2	Zu vergleichende Verfahren	248
14.3	Vorgehensweise und Ergebnis des Vergleichs	249
15	Expertenbefragung	258
15.1	Vorgehensweise	258
15.2	Auswertung	259
16	Zusammenfassung und Ausblick	268
17	Literaturverzeichnis	271
18	Formelverzeichnis	275
19	Abkürzungsverzeichnis	A

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1	Regelkreis der Arbeitsvorbereitung	8
Bild 2.2	Übersicht der übergeordneten Gruppen von Verfahrensvergleichen und deren intern zugeordneten Methoden.....	9
Bild 3.1	Darstellung der drei Investitionsarten	15
Bild 3.2	Gliederung der Investitionsrechnungsverfahren	18
Bild 3.3	Die Methoden der Investitionsrechnung	20
Bild 3.4	Berechnung der kalkulatorischen Abschreibung	28
Bild 3.5	Berechnung der kalkulatorischen Zinsen.....	30
Bild 3.6	Kalkulatorische Abschreibung bei Liquidationserlösen.....	32
Bild 3.7	Endwert einer Zahlung	38
Bild 3.8	Die dynamische Amortisationsdauer	39
Bild 3.9	Unterschiede zwischen statischen und dynamischen Verfahren.....	40
Bild 3.10	Vorgehensmodell in Operations Research	42
Bild 3.11	Graphische Darstellung des „Kritischen Punkts“	46
Bild 3.12	Einteilung der Fertigungsverfahren je nach Ausbringungsmenge	47
Bild 3.13	Ermittlung der kritischen Menge m'	48
Bild 3.14	Break-Even-Diagramm	51
Bild 3.15	Beispiel für ein Stärken-Schwächen-Profil.....	54
Bild 3.16	Arbeitsschritte der Nutzwertanalyse	58
Bild 3.17	6 Phasen der Grobstruktur der Kosten-Nutzen-Analyse in Anlehnung an Seicht	63
Bild 3.18	Diagramm einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse	65
Bild 3.19	8 Schritte zur Durchführung einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse	66
Bild 4.1	Vorgaben für die Arbeitsvorbereitung	74
Bild 4.2	Arbeitsvorbereitung in allen Phasen der Projektentwicklung	77
Bild 4.3	Arbeitsvorbereitung in den einzelnen (Bau)-Projektphasen.....	81
Bild 4.4	Abhängigkeit Fertigungstechnik und Fertigungsorganisation	83
Bild 4.5	Zeitlicher Kapazitätsverlust einer Baustelle	85
Bild 4.6	Kostenminimum eines Projektes in Abhängigkeit von der Anzahl der Fertigungsabschnitte	86
Bild 4.7	Günstiger Bereich im Zusammenhang mit Bauzeit und Kosten	87
Bild 4.8	Unterscheidung in globale- und lokale Arbeitsvorbereitung.....	88
Bild 4.9	Ablaufschema der Arbeitsvorbereitung laut Brecheler	90
Bild 4.10	Dilemma der Arbeitsvorbereitung	91
Bild 5.1	Auswahl eines optimalen Bauverfahrens (Grobablauf)	97
Bild 5.2	Abstimmung der Leistung zwischen Bagger und LKW	98
Bild 5.3	Verlauf ob die gewünschte Leistung erreicht wird	99
Bild 5.4	Methode des Problemlösungszykluses	100
Bild 5.5	Kostenvergleichsbereiche bei der Betrachtung von zwei Bauverfahren.....	101

Bild 5.6	Verfahrenseignung in Abhängigkeit der Einflussgrößen.....	104
Bild 8.1	Generelle Einflussfaktoren auf den Verfahrensvergleich.....	112
Bild 9.1	Ermittlung der Wirtschaftlichkeitsgrenze.....	121
Bild 9.2	Berücksichtigung der Kalkulationsunsicherheiten bei der Berechnung des Kostenunterschiedes zweier Verfahren	123
Bild 9.3	Kostenfunktion der fixen Kosten	126
Bild 9.4	Degressive Kostenkurve.....	127
Bild 9.5	Kostenfunktion der variablen Kosten	128
Bild 9.6	Kostenfunktion für fixe und variable Kosten	129
Bild 10.1	Planungsprozess als Rückkopplungsprozess	141
Bild 10.2	Problematik einer bewussten Entscheidungsfindung beim Vergleich von Alternativen unter vielfältigen Gesichtspunkten	143
Bild 10.3	Allgemeine Logik der Nutzwertanalyse	145
Bild 10.4	Kriterien der Verfahrenswahl	147
Bild 10.5	Beurteilungsmaßstab für technische Kriterien	152
Bild 10.6	Vorauswahl zur Verfahrenseignung nach technischen Kriterien	153
Bild 10.7	Flussdiagramm des Arbeitsablaufes beim differenzierten Verfahrensvergleich	157
Bild 10.8	Vorgangsschema für den differenzierten Verfahrensvergleich nach Hofstadler	158
Bild 10.9	Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Verfahrens oder Systems - Urversion	161
Bild 10.10	Beispiele für harte Kriterien bei Schalungsvergleichen	163
Bild 10.11	Morphologische Struktur eines Hauses	167
Bild 10.12	6-Stufen-Methode der Systemgestaltung	169
Bild 11.1	Formen der Projektabwicklung	181
Bild 11.2	Prozess-Wertesystem-Matrix (PWM) – Integrierende Wertesysteme der Leistungsträger im Bauwerkserstellungsprozess	182
Bild 11.3	Projektabwicklungsformen und Vertragsarten	182
Bild 11.4	Ablaufschema einer Risiko- und Nutzwertanalyse zur Bestimmung der optimalen Projektabwicklungs- und Wettbewerbsform	186
Bild 11.5	Mathematisches Vorgehen zur Ermittlung des Nutzwertes	196
Bild 12.1	Grobstruktur der Bauweisen im Stahlbetonhochbau	200
Bild 12.2	Ortbetonbauweise – Feingliederung	201
Bild 12.3	Randbedingung der Optimierung	205
Bild 13.1	Systematische Einteilung von Deckenschalungen	207
Bild 13.2	Prinzip einer konventionellen Deckenschalung	209
Bild 13.3	Seitenansicht einer konventionellen Deckenschalung.....	210
Bild 13.4	Flexible Deckenschalung (Trägerschalung)	213
Bild 13.5	Trägerschalungsarten.....	213
Bild 13.6	Einschalvorgang - Trägerschalung.....	215
Bild 13.7	Ausschalvorgang – Trägerschalung	216
Bild 13.8	Trägerschalung ohne Fallkopf – Dokaflex 1-2-4	217

Bild 13.9	Trägerschalung mit Traggerüst	218
Bild 13.10	Traggerüste in der Praxis	219
Bild 13.11	Doka Xtra-Kopf.....	220
Bild 13.12	Ausgangssituation	221
Bild 13.13	Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 1	221
Bild 13.14	Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 2.....	222
Bild 13.15	Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 3.....	222
Bild 13.16	Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 4.....	223
Bild 13.17	Anwendung des Systems Doka Xtra in der Praxis nach der Phase des Frühausschalens	224
Bild 13.18	Schematische Darstellung einer vertikalen Randabschalung.....	225
Bild 13.19	Schematische Darstellung einer Randabschalung im Bereich von freien Deckenenden	226
Bild 13.20	Schalung für Randunterzüge.....	227
Bild 13.21	Randunterzüge ohne Gerüst.....	228
Bild 13.22	Schalung für Feldunterzüge	229
Bild 13.23	Rahmenschalung für Decken	231
Bild 13.24	Rahmenschalung mit Fallkopf	232
Bild 13.25	Deckenflächenbereich einer einzigen Stütze.....	233
Bild 13.26	Bühne – Sicherheit am Deckenrand.....	233
Bild 13.27	Aufbau einer Trägerrostschalung	235
Bild 13.28	Horizontales Umsetzen eines Deckentisches.....	237
Bild 13.29	Deckentisch mit Längsträgern aus Stahlprofilen	240
Bild 13.30	Klappbarer Tischkopf.....	241
Bild 14.1	Erdgeschoss Grundriss – Justizanstalt.....	245
Bild 14.2	Schnitt Justizanstalt – Teil 1	246
Bild 14.3	Schnitt Justizanstalt – Teil 2	246
Bild 14.4	Ausschnitt der Entscheidungsmatrix OPTIMAT - Darstellung einzelner Teilkriterien und deren Auswahlbegründung.....	250
Bild 14.5	Ausschnitt der Entscheidungsmatrix OPTIMAT – Gewichtung der Kriterien	251
Bild 14.6	Ausschnitt der Entscheidungsmatrix OPTIMAT – Vergabe der Punkte	252
Bild 14.7	Ausschnitt der Entscheidungsmatrix Optimat - Risikofaktor	252
Bild 14.8	Punkteanzahl der Ausscheidungskriterien – Teil 1 der Matrix nach Hofstadler	254
Bild 14.9	Endpunkteanzahl der Baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien sowie Endergebnis und Rangfolge – Teil 2 der Matrix nach Hofstadler	255
Bild 14.10	Sensitivitätsanalyse - Teil 1 der Matrix nach Hofstadler	256
Bild 14.11	Sensitivitätsanalyse Teil 2 - der Matrix nach Hofstadler	257
Bild 15.1	Auswertung und Ergebnis von Frage 1	259
Bild 15.2	Darstellung der Auswertung von Frage 1.1	260

Bild 15.3	Darstellung der Verteilung der Zeit der AV auf die einzelnen Planungsphasen.....	261
Bild 15.4	Auswertungsergebnisse der Aufgaben der AV nach deren Wichtigkeit.....	262
Bild 15.5	Ergebnisse einer optimalen Arbeitsvorbereitung auf die einzelnen Bereiche.....	263
Bild 15.6	Auswertungsergebnisse hinsichtlich der Auswahlgründe des tatsächlich eingesetzten Systems.....	264
Bild 15.7	Auswertungsergebnisse hinsichtlich des Einsatzes differenzierter Verfahrensvergleiche in der Praxis.....	265
Bild 15.8	Auswertung der Ergebnisse von Frage 7.....	266
Bild 15.9	Ergebnis der Auswertung zur Frage ob der differenzierte Vergleich zu aufwendig ist.....	266

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1	Beispiel einer Kostenvergleichsrechnung.....	25
Tabelle 3.2	Beispiel aus der Praxis für die Anwendung einer Nutzwertanalyse....	59
Tabelle 4.1	Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen	78
Tabelle 4.2	Schrittfolge der Arbeitsvorbereitung nach Vertragsabschluss	82
Tabelle 4.3	Anforderungen an die Ergebnisse der Arbeitsvorbereitung	84
Tabelle 6.1	Administrative- und technische Gesichtspunkte	106
Tabelle 7.1	Ziele der Frage „Was zum Gegenstand eines Verfahrensvergleichs gemacht wird?“	111
Tabelle 10.1	Ergebnismatrix	176
Tabelle 11.1	Bewertungsmatrix der risikoorientierten Nutzwertanalyse	199
Tabelle 12.1	Ranking der Bauweisen.....	205
Tabelle 13.1	Vorteile des in Bild 13.24 dargestellten Deckenschalsystems mit Fallkopf.....	234
Tabelle 13.2	Vorteile der in Bild 13.27 dargestellten Trägerrostschalung	236

1 Glossar

In diesem Kapitel werden die für diese Masterarbeit in Zusammenhang stehenden wichtigen Begriffe und Definitionen angeführt und erklärt, um etwaige Verwechslungen in den oft sehr verwandten Wortbedeutungen auszuschließen.

Durch die unterschiedlichen Ausgangssituationen zwischen der stationären Industrie und der Bauindustrie, ist eine differenzierte Betrachtung des Prozesses der Fertigung von Nöten. Da nur der Bereich der Fertigteilindustrie direkt mit jenem der stationären Industrie vergleichbar ist, wurden für den Prozess der Fertigung auf der Baustelle spezifische, aber auf Grundlagen von Begriffen der Betriebswirtschaft aufbauende Definitionen geschaffen.¹

Aggregation:

Allgemein versteht man unter Aggregation eine Zusammenfassung von mindestens zwei Elementen zu einer Gesamtgröße.²

Akkordlohn:

Der Akkordlohn wird nach REFA definiert als ein Entlohnungsgrundsatz, bei dem der Lohn in der Regel anforderungs- und leistungsabhängig differenziert wird. Als Leistungskennzahl wird die vom Menschen beeinflussbare Mengenleistung beziehungsweise der daraus abgeleitete Zeitgrad benutzt. Der Zeitgrad ist auf eine bestimmte Bezugsleistung bezogen.³

Arbeitsgegenstand (AG):

Der Arbeitsgegenstand stellt im Bauprozess das Verarbeitungsgut (Material, Stoff) dar.⁴

Arbeitskraft (AK):

Die Arbeitskraft ist der Mensch bei der Durchführung des Arbeitsprozesses.⁵

Arbeitsmittel (AM):

Das Arbeitsmittel ist eine Maschine, Anlage oder Gefäß, das den Arbeitsvorgang bestimmt.⁶

¹ vgl. [Lang]; 6.

² [www.betriebswirtschaft.suite101.de]; am 25.08.2009 um 14²⁰Uhr.

³ [REFA]; 32.

⁴ [Stadler]; 33.

⁵ [Stadler]; 33.

⁶ [Stadler]; 33.

Bauablauf:

Darunter versteht man die Aufeinanderfolge von Bauvorgängen unter Beachtung der technologischen und kapazitiven Abhängigkeiten.⁷

Bauprozess:

Ist der auf bauliche Anlagen orientierte (ergebnisbezogene) Produktionsprozess.⁸

Gewinn:

Im Allgemeinen versteht man unter Gewinn, Erlös minus Kosten. Achtgeben muss man z.B. bei der Gewinnvergleichsrechnung, da hier der Begriff Gewinn einmal vor Steuerabzug und einmal nach Steuerabzug auftritt.⁹

Korrektiv:

Bedeutet etwas, was dazu dienen kann, Fehlhaltungen, Mängel oder Ähnliches auszugleichen.¹⁰

Kostendeckung:

Als Kostendeckung wird das Verhältnis von Einnahmen (bzw. Erlösen) zu Kosten bezeichnet.¹¹

Liquidität:

Der Begriff Liquidität (von lateinisch liquidus, „flüssig“) bezeichnet in seiner allgemeinen Bedeutung die Fähigkeit, im Markt ein Wirtschaftsgut schnell gegen ein anderes zu tauschen. Mit Ausnahme des Tauschmarktes ist mindestens eines der beiden Wirtschaftsgüter ein geldwertes Zahlungsmittel. Liquidität bezeichnet deshalb auch die Verfügbarkeit über genügend Zahlungsmittel.¹²

Mittelverwendung / Mittelherkunft:

Die Begriffe Mittelverwendung (Investierung) oder Mittelherkunft (Finanzierung) sind typische Begriffe zur Beschreibung der dynamischen Geldflüsse für Bewegungsbilanzen innerhalb der Kapitalflussrechnung. Die Aktiva-Seite zeigt die Mittelverwendung auf. Die Passiv-Seite stellt die Mittelherkunft eines Unternehmens dar. Sie gibt Auskunft darüber, in welchem Verhältnis das Vermögen eines Unternehmens durch Eigenkapital und Fremdkapital finanziert ist.¹³

⁷ [Obern.]; 28.

⁸ [Stadler]; 33.

⁹ vgl. [Bauer]; 7-25.

¹⁰ [<http://www.duden.de/definition/korrektiv>]; am 25.08.2009 um 14⁰⁰ Uhr.

¹¹ [www.wikipedia.org]; am 25.08.2009 um 13⁵⁸Uhr.

¹² [www.wikipedia.org]; am 27.08.2009 um 15¹²Uhr.

¹³ [www.wikipedia.org]; am 25.08.2009 um 14⁰⁸Uhr.

monetär:

Das Adjektiv monetär bezieht sich auf das Geld im Allgemeinen; das Geld betreffend.¹⁴

Opportunitätskosten:

In der Regel verwendet man einen wertmäßigen Kostenansatz. Dabei werden Inputfaktoren mit ihren Wiederbeschaffungspreisen bewertet. Handelt es sich um knappe Ressourcen, so erfolgt häufig eine Bewertung anhand von Opportunitätskosten. Sie messen den entgangenen Nutzen der dadurch entsteht, dass die eingesetzten Produktionsfaktoren einer alternativen Verwendung entzogen werden. Es kann sich dabei z.B. um kalkulatorische Zinsen und kalkulatorischen Unternehmerlohn handeln.¹⁵

Pagatorische Kosten:

Man spricht von pagatorischen Kosten, wenn der Faktorverbrauch mit historischen Anschaffungspreisen bewertet ist, ansonsten von wertmäßigen Kosten.¹⁶

Preisgleitklausel:

Eine Preisgleitklausel ist eine Klausel in einem Liefervertrag, bei der sich der Verkäufer das Recht vorbehält, bei Erhöhung seiner Herstellkosten den Preis für die Ware anzupassen. Eine solche wird häufig dann vereinbart, wenn die Vertragsdauer sich über einen längeren Zeitraum erstreckt und es zu erwarten ist, dass die Kosten zur Herstellung des Produktes stark schwanken können.¹⁷

Produktionsprozess:

Darunter versteht man die Gesamtheit aller Vorgänge, mit denen Menschen materielle Güter (Produktionsmittel) erzeugen.¹⁸

qualitativ:

Darunter versteht man die Qualität betreffend bzw. dem Wert nach.¹⁹

quantitativ:

Darunter versteht man die mengenmäßige Betrachtung eines Begriffes; der Quantität nach.²⁰

¹⁴ [Gr. WÖ-Buch]; 526.

¹⁵ [Domschke]; 100.

¹⁶ [Domschke]; 302.

¹⁷ [<http://de.wikipedia.org/wiki/Preisgleitklausel>]; am 26.11.2009 um 10⁴⁷ Uhr.

¹⁸ [Stadler]; 33.

¹⁹ [Gr. WÖ-Buch]; 615.

²⁰ vgl. [Gr. WÖ-Buch]; 615.

Raumbuch:

Ein Raumbuch dokumentiert Planungsergebnisse für die Ausschreibung von Bauleistungen und Ergebnisse der Bauausführung für den späteren Gebäudebetrieb.²¹

REFA:

Der REFA-Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V. (1924 gegründet als Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung) gilt als Deutschlands älteste und bedeutendste Organisation für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung sowie betriebliche Weiterbildung.²²

Rendite:

Die Rendite gibt das Verhältnis der Auszahlungen zu den Einzahlungen einer Geld- bzw. Kapitalanlage an und wird meist in Prozent und jährlich angegeben.²³

Rentabilität:

Unter der Rentabilität von Investitionen versteht man den Erfolg durch das eingesetzte Kapital in %. Diese Definition ist finanzierungsneutral.²⁴

Restriktion:

Restriktion (vom lat. 'restrictio' wortwörtlich 'Zurückbindung' oder 'Unterbindung') bedeutet grundsätzlich Einschränkung oder Begrenzung von Freiheiten.²⁵

Systemtheorie:

Die Systemtheorie ist ein Denkansatz, der dazu dienen soll Komplexitäten zu reduzieren. Dabei wird ein System als eine Menge von Elementen definiert, welche miteinander in Beziehung stehen.²⁶

Transformation:

Eine Transformation (lateinisch die Umformung) bezeichnet allgemein die Veränderung der Gestalt beziehungsweise Form beziehungsweise Struktur.²⁷

²¹ [http://de.wikipedia.org/wiki/Raumprogramm#Raumbuch]; am 13.10.2009 um 11⁰⁰ Uhr.

²² [http://de.wikipedia.org/wiki/REFA]; am 17.11.2009 um 09⁵⁰ Uhr.

²³ [http://de.wikipedia.org/wiki/Rendite]; am 13.10.2009 um 10⁵¹ Uhr.

²⁴ vgl. [Bauer]; 7-28.

²⁵ www.wikipedia.org; am 05.10.2009 um 13³⁴ Uhr.

²⁶ [Stadler]; 33.

²⁷ [www.wikipedia.org]; am 25.08.2009 um 13⁵¹ Uhr.

Verfahren:

Aus systemtheoretischer Sicht stellt ein Verfahren ein System dar, dass der Veränderung eines Gegenstandes im Sinne einer gestellten Aufgabe dient und auf einem bestimmten Wirkprinzip beruht.²⁸

Wirkpaarung:

Bei der Wirkpaarung der beteiligten produktionstechnischen Faktoren Arbeitsmittel (AM), Arbeitsgegenstand(AG) und Arbeitskraft(AK), vollzieht sich am Arbeitsgegenstand, dem Bearbeitungsgut, eine Veränderung.²⁹

Wirkprinzipien:

Die naturgesetzlichen Wirkungen, welche gezielt bei der Wirkpaarung eingesetzt werden bezeichnet man als Wirkprinzipien. (z.B. Verringerung der Reibung innerhalb des Korngefüges durch die Schwingungen der Rüttelflasche).³⁰

²⁸ [Stadler]; 33.

²⁹ [Stadler]; 29.

³⁰ [Stadler]; 34.

2 Einleitung, Ziel und Abgrenzung

2.1 Einleitung und Übersicht

Schon 1970 hat Heinrich Theodor Schmidt in seinen Untersuchungen zum Thema „Grundsätze baubetrieblicher Verfahrenswahl“³¹ erkannt, dass die Industrialisierung der Bauproduktion ein gut organisiertes und systematisches Rechnungswesen voraussetzt und es deshalb notwendig ist, den gesamten Bauprozess einer ständigen rechnerischen Prüfung zu unterziehen, damit alle Möglichkeiten der Rationalisierung ausgeschöpft werden können. Am Beginn jeder Bauablaufplanung steht die exakte Untersuchung der möglichen Bauverfahren im Vordergrund, welche später bei der Auswahl einerseits, für den zeitlich und andererseits für den wirtschaftlich optimalen Ablauf des Bauprozesses, von zentraler Bedeutung ist.

An bereits abgeschlossenen und teilweise in der Literatur veröffentlichten Berichten und Studien zum Thema Verfahrensvergleiche von Bauverfahren im Baubetrieb lässt sich erkennen, dass die dabei auftretende hohe Anzahl an verschiedenen Einflussfaktoren, sowie deren Daten, zu einem äußerst komplexen Problem in der Bauwirtschaft führen.

Diese Komplexität als auch die relativ rasch wachsende Bauindustrie und deren Entwicklung immer neuerer Verfahrenstechniken, sind der Grund dafür, dass der kalkulatorische Verfahrensvergleich allein, heute nicht mehr ausreichend ist.³²

Vielmehr werden die Baubetriebe dazu gezwungen, einen differenzierten Verfahrensvergleich der in Frage kommenden Bauverfahren vorzunehmen. Gerade in der heutigen Zeit ist es unabdingbar ein optimales und somit wirtschaftliches Bauverfahren durch Vergleiche herauszuarbeiten. Dies wird aber nur gelingen wenn die Ziele und Kriterien einer effizienten Verfahrensauswahl systematisch Schritt für Schritt erarbeitet und erforscht werden. Eine ständige Weiterentwicklung der einzelnen Kriterien wird durch die Entwicklung neuer Bauverfahren in Zukunft von großer Bedeutung sein. Leider sieht aber die Realität in der Praxis anders aus und so werden heute noch kaum (differenzierte) Vergleiche zwischen Bauverfahren gemacht.³³

³¹ vgl. [Schmidt]; III.

³² vgl. [Schmidt]; III.

³³ vgl. [Lang]; 4.

Gründe, warum Verfahrensvergleichen wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird sind:³⁴

- bestimmte Verfahren haben sich in den jeweiligen Baufirmen „etabliert“;
- dadurch werden andere oder neue Verfahren nicht berücksichtigt („Angst etwas neues auszuprobieren“);
- häufig eine zu kurze Arbeitsvorbereitung;
- das fehlende Wissen verschiedener Vergleichsmethoden.

Die Produktion in der Bauwirtschaft ist dadurch charakterisiert, dass das herzustellende „Werk“, im Allgemeinen besser bekannt als Bauwerk, mit verschiedenen durchaus sehr unterschiedlichen Methoden hergestellt werden kann.³⁵

So ist es zum Beispiel möglich, einen Tunnel mittels einer Tunnelbohrmaschine (TBM) aufzufahren, als auch unter Anwendung der Neuen österreichischen Tunnelbau Methode (NATM) das Ziel zu erreichen. Das Ergebnis, nämlich die Herstellung des Tunnels unter Anwendung der beiden Bauverfahren, ist dabei immer dasselbe. Welches Verfahren dabei als das wirtschaftlichere hervorgehen wird, lässt sich mit Hilfe von Wirtschaftlichkeitsvergleichen herausfinden.

Jedoch sollte man sich auch an dieser Stelle die Frage stellen, wie sich bestimmte Einflüsse (Verfügbarkeit der Geräte, Wartung, Bauzeit, Witterung usw.) auf ein Verfahren auswirken, welches im Verfahrensvergleich bereits als „günstigste“ hervorgegangen ist. Auffallend ist, dass der Fehler bei der Ermittlung des optimalen Bauverfahrens unter zur Hilfenahme einer Vergleichsmethode, in der Phase der Arbeitsvorbereitung auftritt. In vielen Fällen lässt sich dabei erkennen, dass die Optimierungsmöglichkeiten der Arbeitsvorbereitung häufig ungenutzt bleiben. Obwohl Unternehmen sehr oft über eigene interne Abteilungen mit dem dafür entsprechenden Wissen verfügen, werden die eigenen Ressourcen dafür nicht oder nur wenig genutzt. Dieser Umstand hängt einerseits mit der oft zu kurzen Phase einer intensiven Arbeitsvorbereitung zusammen, als auch mit der mangelnden Erkenntnis, der wirtschaftlichen Vorteile einer gut funktionierenden Vorbereitungsphase bei den Führungskräften eines Unternehmens.³⁶

³⁴ vgl. [Bautech.]; 11/2008: 25.

³⁵ vgl. [Lang]; 4.

³⁶ vgl. [Lang]; 4.

Eine große Bedeutung haben Bauverfahrensvergleiche somit in der Arbeitsvorbereitungsphase, werden aber dort nicht immer mit der gewünschten Intensität bearbeitet, wie dies erforderlich wäre. Vielleicht lässt die derzeitige schwierige Situation der Wirtschaft ein Umdenken in diesem Bereich zu.

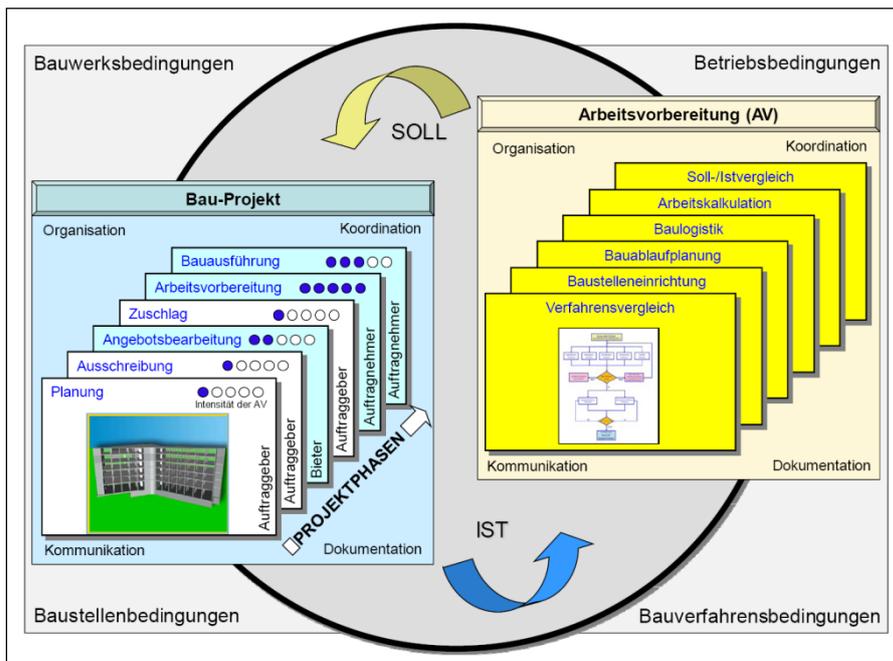


Bild 2.1 Regelkreis der Arbeitsvorbereitung³⁷

Um verschiedene Verfahren miteinander vergleichen zu können gibt es mehrere Möglichkeiten. Dabei ist zu erkennen, dass die Grundzüge von Vergleichen ihren Ursprung in der Betriebswirtschaft haben und diese für den Bereich des Bauwesens übernommen werden. Wie bereits erwähnt wurde, liegt das Problem bei der Wahl von Bauverfahren in der einseitigen Betrachtung anhand des kalkulatorischen Verfahrensvergleichs bei dem nur reine Kostenvergleiche zu Anschaffungs-, Miet-, Lagerkosten usw. angestellt werden. Dem differenzierten Vergleich, bei dem eine große Anzahl von verschiedenen Faktoren und Kriterien die Wahl der Bauverfahren sowohl positiv als auch negativ beeinflussen und somit für die optimale Entscheidung verantwortlich sind, wird sehr oft aus Zeitgründen keine Aufmerksamkeit geschenkt.³⁸

³⁷ [Hofst.]; 11.

³⁸ vgl. [Lang] 4.

Um einen besseren Überblick über die im Baubetrieb eingesetzten bzw. verwendeten Verfahrensvergleiche zu erhalten, werden diese im Wesentlichen in drei übergeordnete Gruppen eingeteilt.

Dabei wird unterschieden zwischen:

- betriebswirtschaftlichen- und Kalkulatorischen Verfahrensvergleichen;
- differenzierten Verfahrensvergleichen.

Diese Unterscheidung ergab sich aus der Literaturrecherche zum Thema „Systematische Verfahrenswahl“ aus der Diplomarbeit von Lang³⁹ aus dem Jahr 2008. Innerhalb dieser übergeordneten Gruppen von Verfahrensvergleichen werden verschiedene Methoden welche zur Auswahl eines Verfahrens führen, verwendet. Welche Rechenmethoden bzw. Verfahren dabei innerhalb dieser drei übergeordneten Gruppen zur Anwendung kommen, ist dem nachstehenden Bild 2.2 zu entnehmen:

VERFAHRENSVERGLEICHE	
EINTEILUNG:	DAZUGEHÖRIGE METHODEN:
BETRIEBSWIRTSCHAFLICHE	<ul style="list-style-type: none"> • Statische Investitionsrechenverfahren • Dynamische Investitionsrechenverfahren • Kritische Leistungsmenge • Potentialanalyse und Stärken/Schwächen-Analyse • Nutzwertanalyse • Kosten-Nutzen Analyse • Kostenwirksamkeitsanalyse
<p>WEITERENTWICKLUNG</p> 	
KALKULATORISCHE	<ul style="list-style-type: none"> • Differenzkostenvergleich • Wirtschaftlichkeitsgrenze • Kalkulatorischen Verfahrensvergleich nach Hofstadler
DIFFERENZIERTE	<ul style="list-style-type: none"> • Verfahrensvergleich nach Schmidt • Differenzierter Verfahrensvergleich nach Hofstadler • Verfahrensvergleich mittels Morphologischem Kasten • Verfahrensvergleich nach Gerster Kohl • Intuitiver Verfahrensvergleich • Vergleiche unter Berücksichtigung der Stochastik

Bild 2.2 Übersicht der übergeordneten Gruppen von Verfahrensvergleichen und deren intern zugeordneten Methoden

³⁹ vgl. [Lang]; 34ff.

Von den in Bild 2.2 beschränkt dargestellten Verfahrensvergleichen, werden im Allgemeinen nur der Kalkulatorische und der Differenzierte für entsprechende Bauverfahrensvergleiche angewandt. Da diese beiden Arten sich aber ursprünglich aus betriebswirtschaftlichen Vergleichen entwickelt haben, sind auch diese dargestellt.

2.2 Ziel und Abgrenzung

In dieser Masterarbeit wird auf die Bedeutung von Verfahrensvergleichen in der Bauwirtschaft eingegangen, um festzustellen warum es in Zukunft notwendig sein wird diese auch vermehrt aktiv zu praktizieren. Im Zuge dessen werden auch Gründe genannt, warum solche Verfahrensvergleiche in der Praxis einen bis zum heutigen Zeitpunkt eher niedrigen Stellenwert haben. Zweck ist es dabei auch, die aus der Fachliteratur bekannten Theorien und Vorgehensweisen zum Thema Verfahrensvergleiche zu erörtern. Dabei werden verschiedene Möglichkeiten, welche später für die Auswahl des optimalen Bauverfahrens einen entscheidenden Einfluss haben, in einer Übersicht dargestellt. Im Zuge dessen werden auch jene Methoden abgebildet, welche innerhalb der drei übergeordneten Arten von Verfahrensvergleichen, nämlich dem betriebswirtschaftlichen, dem kalkulatorischen und dem differenzierten Vergleich, zur Anwendung kommen. Auch die im direkten Zusammenhang mit dieser Masterarbeit stehenden Begriffe werden herausgefiltert, und deren Definitionen erläutert.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass sich diese Masterarbeit zwar mit den allgemeinen Grundsätzen von Verfahrensvergleichen auseinandersetzt, der vertiefende Teil sich jedoch hauptsächlich mit der differenzierten bzw. systematischen Verfahrenswahl beschäftigt. Hauptaugenmerk wird somit auf die aus dem systematischen Verfahrensvergleich nach Hofstadler entwickelte Entscheidungsmatrix gelegt. Dabei wird neben den Grundlagen und der Entstehung dieser speziellen Methode der Verfahrenswahl, auch deren Anwendung anhand eines Beispiels bei einem praxisbezogenen Projekt gezeigt. Die Matrix wird an einem zur Zeit in der Anfangsphase befindlichen Projekt, dessen Unterlagen von einer bekannten Bauunternehmung zur Verfügung gestellt wurden angewandt, um zu erfahren ob das Ergebnis mit jenem firmeninternen Bauverfahrensvergleich übereinstimmt oder eine andere wirtschaftlichere Lösung gefunden werden konnte. Es soll darauf hingewiesen werden, dass der differenzierte Verfahrensvergleich und die hier im speziellen verwendete Entscheidungsmatrix für die Auswahl aller zu Verfügung stehenden Bauverfahren verwendet werden kann. Jedoch wird sich das in dieser Arbeit vorgestellte Beispiel, ausschließlich auf die Entscheidung von Deckenschalungssystemen beziehen.

Um weitere Informationen zu erhalten, wird ein Fragebogen zum Thema „Systematische Verfahrenswahl“ zusammen mit der TU Graz entwickelt

und eine Expertenbefragung durchgeführt. Dabei werden Bereichsleiter, Bauleiter, Techniker usw. bauausführender Unternehmen in Bezug auf die Wichtigkeit einzelner Bereiche befragt.

Es ist nicht Gegenstand dieser Arbeit auf einzelne Bauverfahren näher einzugehen und alle Möglichkeiten des Verfahrensvergleichs bis in das letzte Detail zu beschreiben. Vielmehr soll gezeigt werden, dass der differenzierte Verfahrensvergleich, obwohl er entsprechend aufwendiger und zeitintensiver ist als die anderen, zur wirtschaftlich optimalsten Lösung bei der Entscheidungsfindung eines Bauverfahrens führt.

3 Methoden von Verfahrensvergleichen

In Anlehnung an Kapitel 2 und des darin dargestellten Bild 2.2 (Übersicht der übergeordneten Gruppen von Verfahrensvergleichen und deren intern zugeordneten Methoden), werden auf den folgenden Seiten diese Verfahrensvergleiche und deren Methoden vorgestellt und erläutert.

3.1 Betriebswirtschaftliche Verfahrensvergleiche

Bevor näher auf die einzelnen Arten der Investitionsrechenmethoden eingegangen wird, werden an dieser Stelle noch der Investitionsbegriff erläutert und anschließend ein paar allgemeine Dinge zum Thema Investition angeführt.

3.1.1 Investition

- Begriff

Man spricht von einer Investition, wenn die finanziellen Mitteln, also das Kapital, betrieblich verwendet werden.⁴⁰

Eine Investition meint man in der Regel aber nur, bei der Anschaffung von Anlagegütern. Eine Investition führt zu einer Umschichtung in der Bilanz, d.h. es ändert sich einerseits die Passivseite der Bilanz (Kapitalbereich), andererseits auch die Aktivseite (Vermögensbereich).⁴¹

Weiters unterscheidet man neben den Investitionen, die im Zusammenhang mit der Errichtung des Betriebes erforderlich sind (sog. Gründungsinvestitionen), auch jene die im Verlaufe der Betriebstätigkeit durchzuführen sind. Dabei unterscheidet man zwischen:⁴²

- ♦ der Erweiterungsinvestition;
- ♦ der Ersatzinvestition;
- ♦ der Rationalisierungsinvestition;
- ♦ der Umstellungsinvestition.

⁴⁰ vgl. [Lechner]; 25.

⁴¹ vgl. [Lechner]; 25.

⁴² vgl. [Lechner]; 26.

Die Erläuterungen zu diesen vier Begriffen, sind der Literatur von Benesch⁴³ und Lechner⁴⁴ zu entnehmen und werden an dieser Stelle nicht extra angeführt.

Investitionen werden aber daneben auch aus finanzwirtschaftlichen Gründen getätigt, um z.B. Liquiditätsreserven zu schaffen, Steuervorteile zu erlangen oder um die Marktstellung des Unternehmens zu verbessern.⁴⁵

Bauer⁴⁶ hingegen beschreibt in seiner ersten Darstellung den Investitionsbegriff im Wesentlichen gleich wie die bereits zuvor erwähnte Definition nach Lechner, weist allerdings darauf hin, dass bei der betriebswirtschaftlichen Analyse folgende Aspekte mit einzubeziehen sind:⁴⁷

- ◆ Vermögensbestimmter Investitionsbegriff (bilanzorientiert)
- ◆ Zahlungsbestimmter Investitionsbegriff
- ◆ Prozessbestimmter Investitionsbegriff
- ◆ Dispositionsbestimmter Investitionsbegriff

Die Definitionen und die jeweilige Beschreibung zu diesen vier verschiedenen Investitionsbegriffen werden nicht angeführt und sind der Literatur von Bauer⁴⁸ zu entnehmen. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass die ersten drei Investitionsbegriffe einen „Vorgang“ darstellen, während der vierte Begriff einen „Zustand“ charakterisiert.⁴⁹

Durch die Miteinbeziehung der zuvor genannten Aspekte bei der betriebswirtschaftlichen Analyse kann nun der Investitionsbegriff noch weiter und enger ausgelegt werden. Bei der engsten Auslegung könnte der Begriff auf die langfristige Beschaffung von Anlagen mit produktionswirtschaftlicher Nutzleistung beschränkt sein (Beschaffung des betriebsnotwendigen Anlagevermögens). Da jedoch die wirtschaftliche Betriebsführung auf das Finden eines gesamtbetrieblichen Optimums ausgerichtet ist, scheint es am sinnvollsten zu sein ab einer gewissen Größenordnung jede Art der betrieblichen Kapitalver-

⁴³ [Benesch]; 127.

⁴⁴ [Lechner]; 26.

⁴⁵ vgl. [Lechner]; 26.

⁴⁶ vgl. [Bauer]; 7-3ff.

⁴⁷ [Bauer]; 7-4ff.

⁴⁸ [Bauer]; 7-4ff.

⁴⁹ vgl. [Bauer]; 7-5.

wendung als Investition aufzufassen, diese einer Wirtschaftlichkeitsanalyse zuzuführen und in die Investitionsplanung einzubeziehen. Ab welcher Größenordnung, jede Art der betrieblichen Kapitalverwendung als Investition aufzufassen ist, hängt von der Beurteilung und dem Finden des gesamtbetrieblichen Optimums ab.⁵⁰

- Allgemeines

Im Alltag einer Unternehmung, spielt die Investition eine zentrale Rolle. Dabei treten vor allem Fragen auf wie: „Was ist Investition?“; „Worin soll investiert werden?“ oder „Was bringt den größten wirtschaftlichen Vorteil?“. Um diese Fragen beantworten zu können, gilt es als ersten Schritt eine Einheit festzulegen, an der ein Erfolg von Investitionen messbar wird. Diese Einheit ist Geld, beziehungsweise der Wert, den es repräsentiert.⁵¹

Zwei sehr wichtige Begriffe, auf welche man bei der Recherche zum Thema Investition immer wieder trifft, sind die Wortbedeutungen Mittelherkunft und Mittelverwendung. Beide finden ihren Ursprung bereits in der Finanzierung und werden in der Bilanz dargestellt. Das Vermögen zeigt an, in welchen konkreten Formen das Kapital in der Unternehmung verwendet wird. Unter Kapital hingegen, versteht man die Geldwerte des Gesamtvermögens einer Unternehmung und somit den wertmäßigen Ausdruck für die gesamten Sach- und Finanzmittel, die der Unternehmung zu einem bestimmten Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, dass in der Bilanz auf der Aktivseite (das Vermögen) die Mittelverwendung dargestellt wird, hingegen auf der Passivseite (das Kapital) die Mittelherkunft aufgezeigt wird.⁵²

Benesch/Schuch⁵³ gehen von drei verschiedenen Arten von Investitionen aus, welche im Bild 3.1 dargestellt sind.

⁵⁰ vgl. [Bauer]; 7-6.

⁵¹ vgl. [Benesch]; 127.

⁵² vgl. [Benesch]; 13.

⁵³ vgl. [Benesch]; 127.

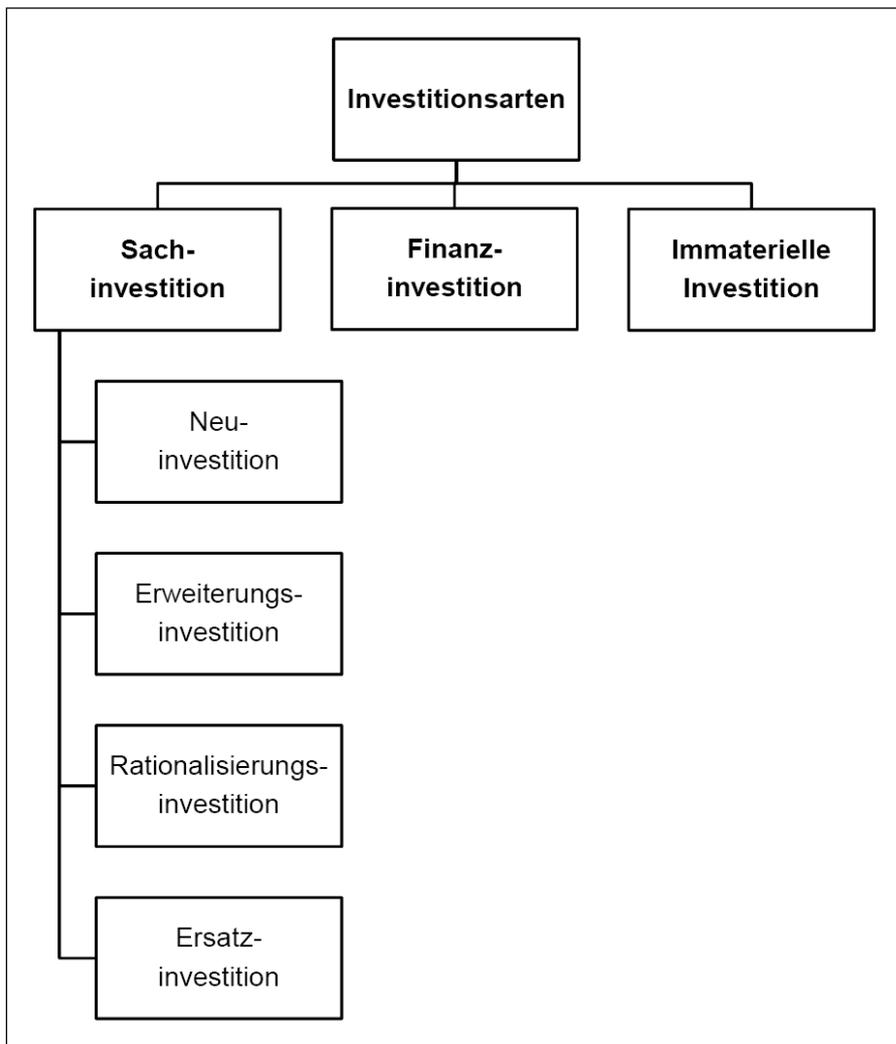


Bild 3.1 Darstellung der drei Investitionsarten⁵⁴

- **Sachinvestition:** Darunter versteht man zum Beispiel den Kauf von Maschinen, Anlagen und sonstigen zur Produktion benötigten Geräte.
- **Finanzinvestition:** Darunter versteht man den Kauf von Anteilsrechten an einer Sache oder Gläubigerrechte.
- **Immaterielle Investition:** Darunter wird die Investition in Forschung und Entwicklung, für Werbung, Ausbildung der Mitarbeiter usw. verstanden.

⁵⁴ [Benesch]; 127.

Welche Investitionsart nun tatsächlich realisiert werden soll ist von folgenden wichtigen Fragen abhängig, welche im Vorhinein abgeklärt werden müssen.⁵⁵

- Ist eine Investition **wirtschaftlich** sinnvoll?
- Wie lange soll die **Nutzungsdauer** des Objektes sein?
- Welche **Rentabilität** wird mindestens vorausgesetzt?
- Wie schnell soll sich das Objekt **amortisiert** haben?

Um zur Beantwortung dieser Fragen zu gelangen, werden statische und die dynamische Methoden angewendet. Diese beiden Investitionsrechenmethoden, werden im darauffolgenden beschrieben.⁵⁶

3.2 Investitionsrechenmethoden

Wie schon in Kapitel 3.1.1 erwähnt wurde ist es notwendig, bevor man überhaupt eine Entscheidung trifft welche Investition realisiert werden soll, einige wichtige Fragen vorab zu klären. Um diese Fragen beantworten zu können, stehen einerseits statische als auch dynamische Methoden zur Verfügung.⁵⁷

Benesch/Schuch⁵⁸ beschreiben Investitionsrechnungen als Methoden, mit deren Hilfe die Vorteilhaftigkeit von Investitionsmaßnahmen geprüft und rechnerisch ein Investitionsprogramm bestimmt werden soll, das im Hinblick auf die Zielsetzungen einer Unternehmung am zweckmäßigsten ist.

Investitionsrechnungen sind demnach Rechnungen die ermittelt werden, wenn die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit alternativer Investitionsvorhaben an Liquiditäts- oder Erfolgskriterien gemessen werden. Es sind optimierende Rechnungen, wenn die optimale Kombination einzelner Investitionsmaßnahmen (Investitionsprogramm) bestimmt werden soll.⁵⁹

Ein wichtiger Punkt welcher in der Investitionsrechnung beachtet werden muss ist jener, dass die Entscheidungsfaktoren, die nicht quantifiziert werden können unberücksichtigt bleiben. Zu diesen Entscheidungsfakto-

⁵⁵ vgl. [Benesch]; 128.

⁵⁶ vgl. [Benesch]; 128.

⁵⁷ vgl. [Benesch]; 128.

⁵⁸ vgl. [Benesch]; 128.

⁵⁹ vgl. [Benesch]; 128.

ren zählen unter anderem die „einfache Bedienung“, ein „gefälliges Design“ als auch die „Unabhängigkeit“. Gerade deshalb ist es wichtig zu verstehen, dass Investitionsrechnungen nur einen Teilaspekt des Entscheidungsproblems abdecken.⁶⁰

Für die Durchführung der Investitionsrechnung bzw. für den Wirtschaftlichkeitsnachweis steht eine Reihe von Methoden der Investitionsrechnung zur Verfügung. Dennoch stellen sie ein wichtiges und unentbehrliches Verfahren bei der Entscheidungsfindung dar.⁶¹

Bauer⁶² definiert als die Aufgabe der Investitionsrechnungen, die vielen Merkmale, in denen sich Investitionsalternativen unterscheiden, jeweils zu einem einzigen Merkmal (zu einer vergleichbaren Kennzahl) zusammenzufügen (reduzieren), wobei diese Kennzahl geeignet sein soll, eine sinnvolle Aussage über den Zielerreichungsbeitrag der diversen Investitionsobjekte zu liefern. Das Ergebnis sind unterschiedliche Entscheidungskriterien mit unterschiedlichen Interpretationsinhalten.

Wichtig ist auch zu wissen, dass mit dem Investitionsproblem stets ein Finanzierungsproblem zu lösen ist, d.h. der Kapitalverwendung durch Investition ist die Art der Mittelbereitstellung gegenüberzustellen.⁶³

- **Investitionsrechnungen sind erforderlich:**⁶⁴
 - ◆ bei der Gründung einer Unternehmung;
 - ◆ bei Ersatz-, Rationalisierungs-, und Erweiterungsüberlegungen;
 - ◆ bei Umstellungsüberlegungen.
- **Dabei führen Investitionsrechnungen:**⁶⁵
 - ◆ zu Verfahrensvergleichen alternativ in Frage kommender Investitionsmaßnahmen;
 - ◆ zur Ermittlung des Kapitalbedarfs für die einzelnen Projekte.

Im Folgenden werden nun jene Beurteilungskriterien welche für Investitionsvorhaben in Frage kommen, angeführt.⁶⁶

⁶⁰ vgl. [Benesch]; 128.

⁶¹ vgl. [Bauer]; 7-17.

⁶² vgl. [Bauer]; 7-17.

⁶³ vgl. [Benesch]; 128.

⁶⁴ vgl. [Benesch]; 128.

⁶⁵ vgl. [Benesch]; 128.

⁶⁶ vgl. [Benesch]; 128.

- Kriterien, welche erfolgswirksam im Sinne von Kostenersparnis und Ertragssicherung sind;
- das Kriterium der Zahlungswirkung;
- das Kriterium der Rentabilität;
- die Amortisationsdauer.

Für eine detaillierte Beschreibung der zuvor genannten Beurteilungskriterien, wird auf die Literatur von Benesch/Schuch⁶⁷ verwiesen.

Eine einfache Gliederung der Investitionsrechenverfahren, zeigt Bild 3.2:

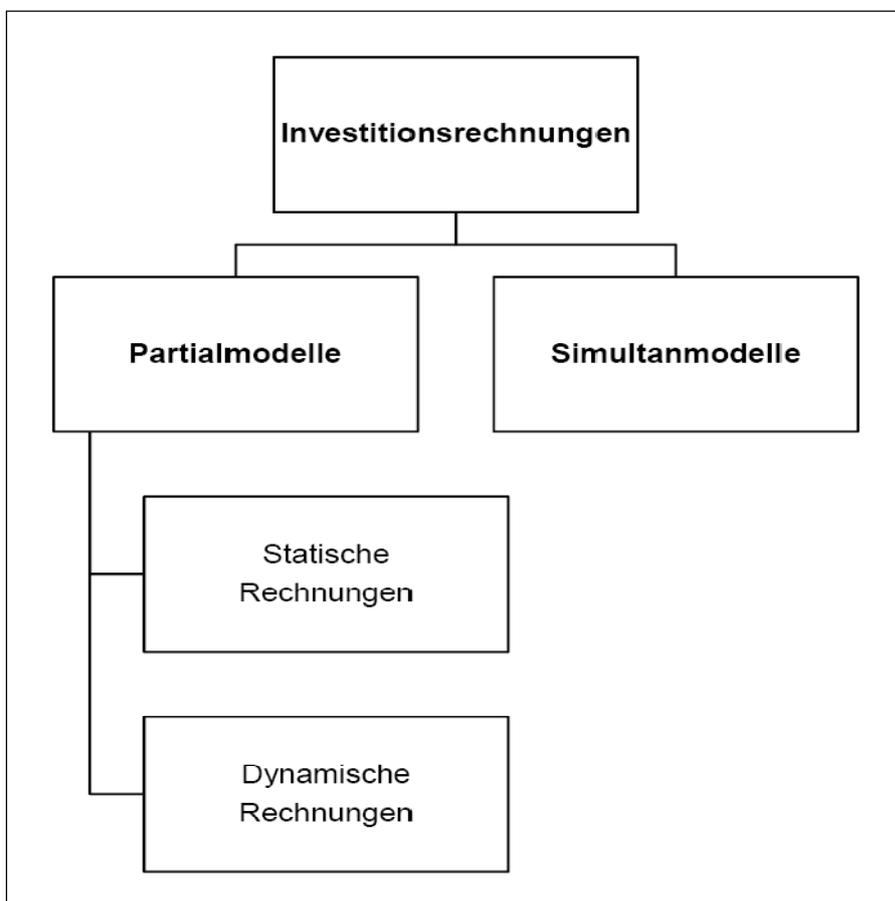


Bild 3.2 Gliederung der Investitionsrechnungsverfahren⁶⁸

⁶⁷ [Benesch]; 128.

⁶⁸ vgl. [Benesch]; 129.

Partialmodelle werden als die „klassischen“ Ermittlungsmodelle bezeichnet, d.h. mit Hilfe der statischen und dynamischen Rechnung ergibt sich die Vorteilhaftigkeit von Investitionen aufgrund finanz- und erfolgswirtschaftlichen Kriterien. Reicht das finanzielle Potential jedoch nicht aus, um alle für sich allein als lohnend bewertete Investitionsmöglichkeiten zu realisieren, müssen Rangordnungsentscheidungen gefällt werden. Dazu werden dann sogenannte Simultanmodelle herangezogen.

Eine wesentlich genauere Zusammenstellung verschiedener betriebswirtschaftlicher Methoden der Investitionsrechnung mit den entsprechenden Entscheidungskriterien oder Rechnungsarten zeigt das Bild 3.3.⁶⁹

Aus Bild 3.3 ist ersichtlich, dass die Methoden bei sicherer Erwartung den Schwerpunkt der Investitionsrechnung bilden. Bauer⁷⁰ unterstellt dabei, dass die der Rechnung zugrundegelegten Daten tatsächlich (sicher) eintreffen werden. Die statischen Methoden ermitteln vor allem für ein Investitionsprojekt die wirtschaftlichen Größen, wie

- Kosten
- Gewinn
- Rentabilität

Es sind dies Größen, welche größtenteils aus den allgemeinen Bereichen des Rechnungswesens bekannt sind und auf ein Nutzungsjahr bezogen werden. Die gedanklichen Grundlagen kommen daher aus der Kosten- und Erfolgsrechnung.⁷¹

⁶⁹ vgl. [Bauer]; 7-17.

⁷⁰ vgl. [Bauer]; 7-18.

⁷¹ vgl. [Bauer]; 7-18.

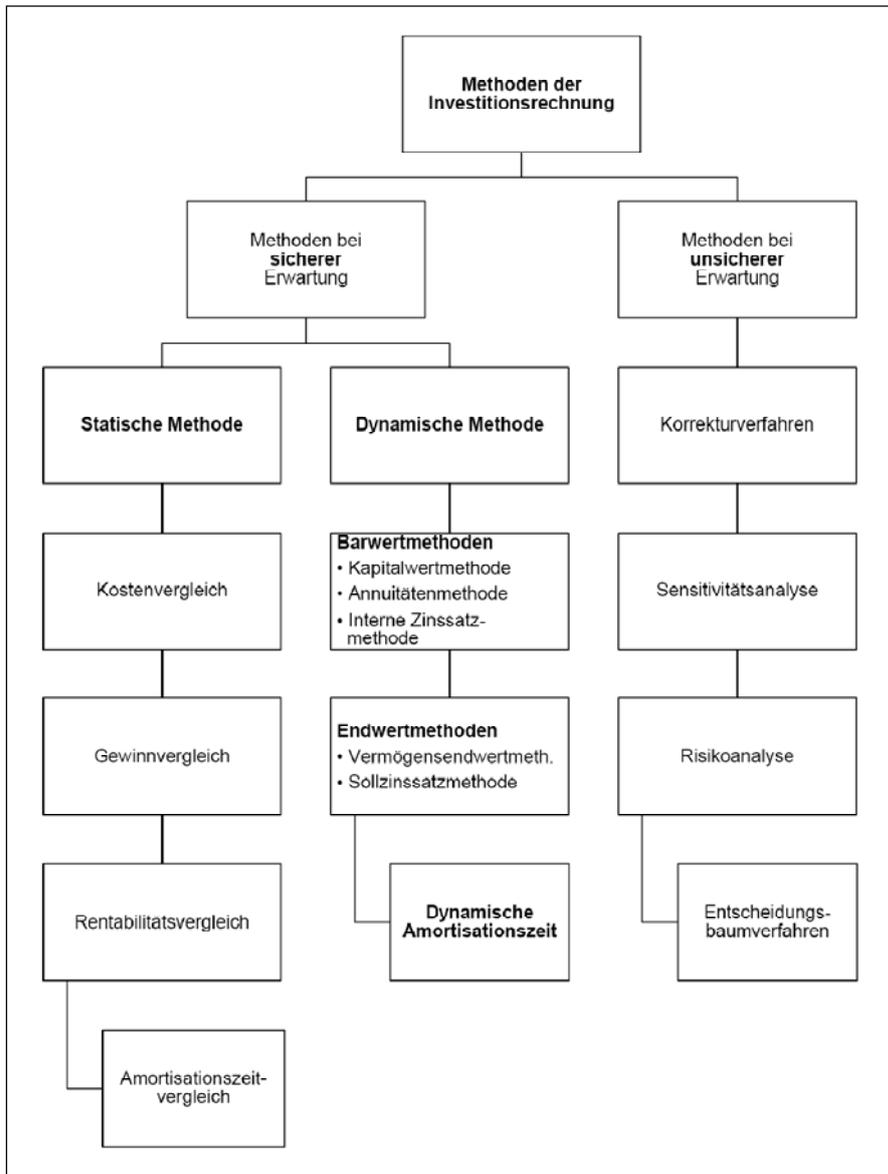


Bild 3.3 Die Methoden der Investitionsrechnung⁷²

Im Gegensatz zu den statischen Methoden der Investitionsrechnung, gehen die dynamischen Methoden im Besonderen von der Zahlungsstromdarstellung aus und berücksichtigen die Verzinsung des Kapitaleinsatzes durch eine finanzmathematische Rechnungsweise.⁷³

⁷² [Bauer]; 7-17.

⁷³ vgl. [Bauer]; 7-18.

Die Methoden bei unsicherer Erwartung berücksichtigen die Ungewissheit der zugrundegelegten Daten.⁷⁴

3.2.1 Art der Problemstellung

Bauer⁷⁵ beschreibt auch, welche allgemeinen Aussagen für folgende Problemstellungen, von der Investitionsrechnung erwartet werden dürfen. Es sind dies:

- das Auswahlproblem;
- das Ersatzproblem.

Um zu erfahren, was genau unter diesen beiden Problemstellungen zu verstehen ist, wird auf die Literatur von Bauer⁷⁶ verwiesen.

Die Aussage kann dabei den Nachweis einer „absoluten Wirtschaftlichkeit“ (Kostendeckung, Gewinn) oder den Nachweis einer „relativen Wirtschaftlichkeit“ (Rentabilität) beinhalten.⁷⁷

⁷⁴ vgl. [Bauer]; 7-18.

⁷⁵ vgl. [Bauer]; 7-18.

⁷⁶ [Bauer]; 7-18.

⁷⁷ vgl. [Bauer]; 7-18.

3.3 Die statischen Methoden der Investitionsrechnung

Grundlage der statischen Methoden sind durchschnittliche Kosten und Leistungen. Da, mit Durchschnittswerten gerechnet wird, d.h. die Daten für jedes Jahr gleich hoch sind, braucht nur eine einzelne Periode (ein Rechnungsjahr) betrachtet werden.⁷⁸

- **Allgemein gilt für die statischen Methoden:**⁷⁹
 - ♦ es wird nur eine einzelne Periode (1 Jahr) betrachtet;
 - ♦ die Berechnung mit Zahlungsströmen ist deshalb nicht möglich;
 - ♦ die Rechengrößen bilden Kosten und Leistung;
 - ♦ die unterschiedliche Wertigkeit von Zahlungen zu verschiedenen Zahlungszeitpunkten bleibt unberücksichtigt.

Die statische Investitionsrechnung geht von den Überlegungen der Kosten- und Erfolgsrechnung aus. Deshalb werden ihre Methoden auch als die „klassischen Verfahren der Investitionsrechnung“ bezeichnet.⁸⁰

Der Grundgedanke der hinter der statischen Investitionsrechnung steht ist jener, dass die wirtschaftlichen Kriterien welche für die gesamte Nutzungsdauer gelten, auf ein Nutzungsjahr bezogen werden (z.B. kalkulatorische Abschreibung und Zinsen), um daraus

- ♦ die Kosten;
 - ♦ den Gewinn;
 - ♦ die Rentabilität;
 - ♦ die Amortisationsdauer eines Projektes zu berechnen.⁸¹
- Statische Investitionsrechnungen können durchgeführt werden als:⁸²
 - ♦ Kostenvergleichsrechnungen
 - ♦ Gewinnvergleichsrechnungen
 - ♦ Rentabilitätsrechnungen

⁷⁸ vgl. [Hoffm.]; 33.

⁷⁹ [Hoffm.]; 34.

⁸⁰ vgl. [Bauer]; 7-19.

⁸¹ vgl. [Bauer]; 7-19.

⁸² vgl. [Seichtl]; 31.

- ♦ Amortisationsrechnungen

Für alle statischen Verfahren der Investitionsrechnung gilt jedoch, dass sie den Zeitfaktor nicht (oder nicht ausreichend) berücksichtigen, womit z.B. zwei Investitionsobjekte, die durch die gleiche Investitionssumme, gleiche Nutzungsdauer und gleichen nominellen Totalerfolg, jedoch durch einen gegenläufigen Trend in der Entwicklung der Periodenerfolge charakterisiert sind als gleichwertig erscheinen, obwohl es keine Frage sein kann, dass Gewinne (Einnahmenüberschüsse), die bald nach Vornahme der Investition erzielt werden, ökonomisch gesehen ungleich schwerer wiegen als solche, die man erst gegen Ende der Nutzungsdauer des Investitionsobjektes erwirtschaften kann.⁸³

Die statische Investitionsrechnung dient laut Benesch/Schuch⁸⁴ der schnellen und einfachen, daher weniger exakten Berechnung und dem Vergleich von ein, zwei und mehreren Investitionsobjekten. Sie wird oftmals dann angewendet wenn es sich um kleinere Investitionen handelt, oder wenn ein starker Zeitdruck besteht.

Bei der statischen Investitionsrechnung wird nicht darauf geachtet, ob Rückflüsse regelmäßig oder unregelmäßig erfolgen oder ob Erträge zu Beginn oder am Ende der Laufzeit erfolgen. Die Berücksichtigung von Zinsen auf das durchschnittlich im Investitionsobjekt gebundene Kapital lässt für Mischfinanzierungen und steuerliche Überlegungen wenig bis gar keinen Freiraum. Werden Zinsen berechnet, so erfolgt das mit einfacher Verzinsung auf das gebundene Kapital.⁸⁵

3.3.1 Die Kostenvergleichsrechnung

Die Kostenvergleichsrechnung ist eine Methode welche es ermöglicht, die Kosten von zwei oder mehreren Investitionsalternativen gegenüber zu stellen, um so das günstigste Verfahren zu ermitteln. Diese Vergleichsrechnung wird in der Bauwirtschaft sehr häufig als kalkulatorischer Verfahrensvergleich angewandt.⁸⁶

⁸³ vgl. [Bauer]; 7-19.

⁸⁴ vgl. [Benesch]; 131.

⁸⁵ vgl. [Benesch]; 131.

⁸⁶ vgl. [Lang]; 38.

Folgende Kostenarten sind bei der Kostenvergleichsrechnung von Bedeutung:⁸⁷

- die kalkulatorische Abschreibung;
- die kalkulatorischen Zinsen;
- die Löhne und die Lohnnebenkosten;
- die Materialkosten;
- die Instandhaltungskosten;
- die Energiekosten;
- die Raumkosten;
- die Werkzeugkosten.

Der wesentlichste Punkt im Rechnungsablauf der Kostenvergleichsrechnung, ist das Erstellen einer differenzierten Kostenartenrechnung. Dabei richtet sich die Differenzierung in erster Linie auf die vom wirtschaftlichen Einflussbereich abhängigen Kriterien:⁸⁸

- den Periodenkosten;
- den Leistungskosten;
- der Ausgabewirksamkeit;
- der Kostenplanung.

Für eine Gegenüberstellung der wirtschaftlichen Kriterien, der Gliederung der Kostenarten und einer intensiveren Beschreibung dieser Methode, wird an dieser Stelle auf die Literatur von Bauer⁸⁹ hingewiesen.

Wichtig ist es zu wissen, dass die Richtigkeit des Ergebnisses von vielen Umständen abhängt, welche jedoch in der Rechnung nicht berücksichtigt wurden. Ein Beispiel dafür wäre, dass die berechneten Kosten für die Periode nicht unbedingt für die nächste Periode repräsentativ sind.⁹⁰

⁸⁷ vgl. [Bauer]; 7-19ff.

⁸⁸ vgl. [Bauer]; 7-19.

⁸⁹ [Bauer]; 7-19ff.

⁹⁰ vgl. [Bauer]; 7-20.

Zum besseren Verständnis, wird folgendes Beispiel angeführt:⁹¹

Beispiel:

Eine in Gebrauch stehende und noch nutzungsfähige Anlage A soll eventuell durch eine neue Anlage B ersetzt werden. Für die alte Anlage A und für die eventuell anzuschaffende alternative Anlage B werden für eine Planungsperiode die nachfolgend angeführten Kosten berechnet bzw. prognostiziert.

Tabelle 3.1 Beispiel einer Kostenvergleichsrechnung⁹²

Kostenarten	Anlage A (alt)	Anlage B (neu)
1. Kosten der Anlagennutzung		
Löhne	60.000.-	40.000.-
Hilfsstoffe	10.000.-	8.000.-
Energie	15.000.-	12.000.-
Reparaturen	14.000.-	6.000.-
2. Steuern und Versicherungen	4.800.-	10.000.-
3. Abschreibungen		
Anlage A: 25% von 80.000.-	20.000.-	x
Anlage B: 10% von 300.000.-	x	30.000.-
4. Zinsen:		
Anlage A: 8% von 40.000.-	3.200.-	x
Anlage B: 8% von 150.000.-		12.000.-
Kosten insgesamt:	127.000.-	118.000.-

Aus der durchgeführten Kostenvergleichsrechnung scheint sich eine Vorteilhaftigkeit des Ersatzes der alten Anlage A durch die neu anzuschaffende Anlage B wegen der in Höhe von 9000.- € pro Periode errechneten Kostenersparnis zu ergeben.⁹³

Wie schon in der Einleitung zu den statischen Investitionsrechenmethoden erwähnt wurde, hängt die Richtigkeit dieses Ergebnisses jedoch von einer ganzen Reihe von Umständen ab, welche in der durchgeführten Rechnung keine Berücksichtigung gefunden haben. So ist es durchaus möglich, dass die für die kommende Periode berechneten bzw. prognostizierten Periodenkosten der beiden Anlagen keineswegs auch für spätere Periodenkosten repräsentativ sind (z.B. steigende Reparaturkosten).

⁹¹ [Seicht]; 31ff.

⁹² [Seicht]; 31.

⁹³ [Seicht]; 32.

Somit müssten die Kosten der *gesamten* (optimalen) Nutzungsdauer der neuen Anlage in entsprechender Weise in die Rechnung einbezogen werden.⁹⁴

Weiters besteht die Gefahr, dass in derartigen Entscheidungsrechnungen der Kostenbegriff in sehr orthodoxer Weise gehandhabt wird und für die alten Anlagen die kalkulatorischen Abschreibungen und die kalkulatorischen Zinsen von „kalkulatorischen Restwerten“ berechnet werden, obwohl diese den möglichen Einzelveräußerungserlös der alten Anlagen eventuell weit übersteigen. Der Ansatz von Abschreibungen auf eine alte Anlage ist in derartigen Kostenvergleichsrechnungen jedoch nur in dem Ausmaß sinnvoll, als sich durch ein weiteres Nutzungsjahr der Einzelveräußerungserlös der alten Anlage mindert (Kapitalverzehr). Ähnliche Überlegungen gelten für die Höhe der für die alte Anlage verrechneten Zinsen. Nur von jenem Kapital, das durch Veräußerung der alten Anlage noch freigesetzt werden könnte, kann hierbei ausgegangen werden.⁹⁵

Werden diese Überlegungen nicht beachtet, so kann man sich sehr leicht eine Vorteilhaftigkeit der neuen Anlage im Vergleich zur alten Anlage „errechnen“, die in Wirklichkeit nicht besteht. Wäre also im zuvor genannten Beispiel die alte Anlage A trotz ihres „kalkulatorischen Restwertes“ von 80.000.- € nur mehr zum Schrottpreis veräußerbar, so dürfte für die alte Anlage A keine Abschreibung mehr in Ansatz gebracht werden, womit die Beibehaltung der alten Anlage A, abgesehen von den verrechneten zu hohen Zinsen-, schon um 11.000.- € günstiger als die Vornahme der Ersatzinvestition (Anlage B) wäre.⁹⁶

Schließlich unterstellt jede Kostenvergleichsrechnung, dass sich durch Vornahme einer Ersatzinvestition,- die ja meist gleichzeitig auch eine Rationalisierungs- und oder Erweiterungsinvestition darstellt-, die Ertragsseite nicht verändert. Diese unausgesprochene Annahme der Kostenvergleichsrechnung wird jedoch in der Regel nicht haltbar sein, da mit neuen Maschinen meist qualitativ bessere Produkte und diese meist auch in größeren Mengen erzeugt werden können.⁹⁷

Als weiterer entscheidender Mangel der Kostenvergleichsrechnung muss noch genannt werden, dass nur die Höhe der periodischen Kostenersparnis (Rationalisierungsinvestition) bzw. die Höhe der Periodenkosten (Erweiterungsinvestition) berechnet wird, die jedoch für sich ohne Be-

⁹⁴ [Seicht]; 32.

⁹⁵ [Seicht]; 32.

⁹⁶ [Seicht]; 32.

⁹⁷ [Seicht]; 32.

rücksichtigung ihrer Relation zur Höhe des jeweils notwendigen Kapitaleinsatzes fast keinen Aussagewert besitzt.⁹⁸

Drei weitere Begriffe, welche im Zusammenhang mit der Kostenvergleichsrechnung stehen und im zuvor gezeigten Beispiel kurz erwähnt wurden, sind die kalkulatorische Abschreibung, die kalkulatorischen Zinsen und die Betriebskosten.

Die *kalkulatorische Abschreibung* wird laut Bauer⁹⁹ bei jedem Investitionsprojekt in Form einer technischen oder wirtschaftlichen Abnutzung (Entwertung) unterworfen. Demnach ist für ein Investitionsprojekt zu unterscheiden in:

- abnutzbare Wertanteile (Anlagen, Maschinen);
- nicht abnutzbare Wertanteile (Grundstücke, Umlaufvermögen).

Als Ausgangsbasen der Abschreibungsberechnung kommen in Frage:

- die Anschaffungspreise;
- die aktuellen Wiederbeschaffungspreise;
- die zukünftigen Wiederbeschaffungspreise.

Je nachdem, welchem Zweck die durchzuführende Rechnung dienen soll.¹⁰⁰

Folgende Auflistung soll zeigen, wann und von welchem Wert bzw. Preis abgeschrieben wird:¹⁰¹

- Anschaffungswert
Von ihm wird man bei einer amortisationsrechnerischen Orientierung der Rechnung abschreiben.
- Aktueller Wiederbeschaffungswert
Von ihm wird dann abgeschrieben, wenn man im Falle einer Preisbildungsrechnung, die angemessenen „substanzerhaltenden“ Preise zu ermitteln beabsichtigt.

⁹⁸ [Seicht]; 32.

⁹⁹ vgl. [Bauer]; 7-21.

¹⁰⁰ vgl. [Bauer]; 7-21.

¹⁰¹ vgl. [Bauer]; 7-21.

- Zukünftiger Wiederbeschaffungspreis
Bei ihm wird man auszugehen haben, wenn man gewünschte Finanzierungsquoten für teure Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen in die Kosten (Preise) hineinzurechnen wünscht.

Da man im Bereich der Investitionsrechnung meist eine amortisationsrechnerische Orientierung hat, wird man im Gegensatz zur Kostenrechnung hier von den Anfangsinvestitionsausgaben (Anschaffungswerten) ausgehen.¹⁰²

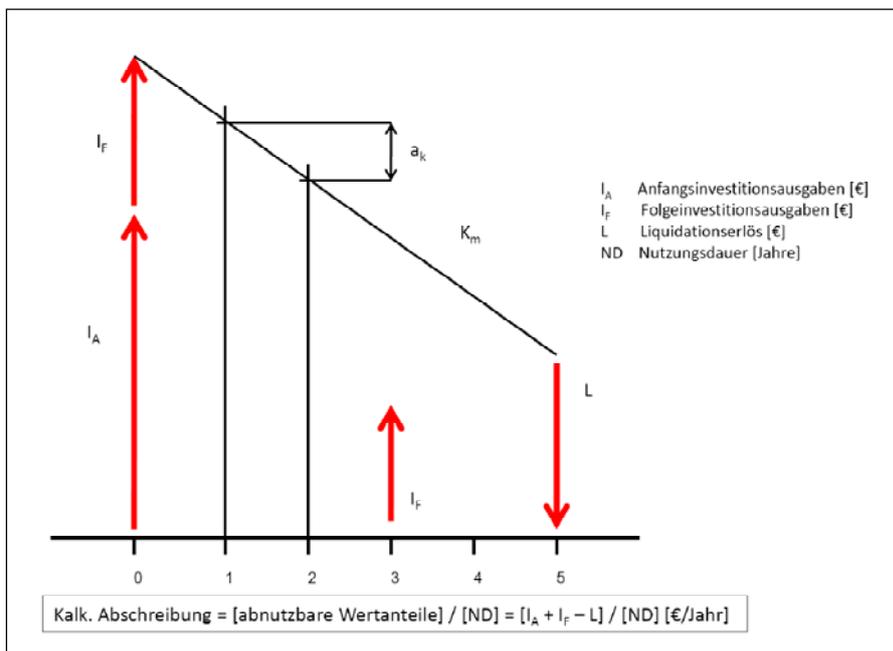


Bild 3.4 Berechnung der kalkulatorischen Abschreibung¹⁰³

Die Anfangsinvestitionsausgaben (Kaufpreis: Beschaffung, Montage, Inbetriebnahme) und die Folgeinvestitionsausgaben (programmierte Großreparaturen) sind in diesem Zusammenhang nicht nach dem Ausgabecharakter zu interpretieren, sondern als Investitionskosten im Sinne von Anschaffungskosten (Werteinsatz zur Projektrealisierung) zu betrachten. Die Folgeinvestitionsausgabe wird hier (soweit zum Zeitpunkt der Investitionsrechnung schon bekannt) zur Anfangsinvestitionsausgabe

¹⁰² vgl. [Bauer]; 7-21.

¹⁰³ [Bauer]; 7-22.

be hinzugezählt und abgeschrieben, was bedeutet, dass beide den Abnutzbaren Wertanteilen hinzugerechnet werden.¹⁰⁴

Die *kalkulatorischen Zinsen* besagen, dass sich das in einem Investitionsprojektgebundene Kapital verzinsen soll. Die Verzinsung wird dabei durch die Kostenart kalkulatorische Zinsen berücksichtigt, wobei diese im Sinne der Durchschnittsbildung vom mittleren gebundenen Kapital K_m berechnet werden. Als Zinssatz wird der kalkulatorische Zinssatz i_k angesetzt. Durch das Ansetzen des mittleren gebundenen Kapitals K_m und des kalkulatorischen Zinssatzes i_k , ist die tatsächliche Projektfinanzierung ausgeklammert. Die kalkulatorischen Zinsen sind somit finanzierungsneutral. Berechnet man den kalkulatorischen Zinssatz als Mischzinssatz aus dem Eigenkapitalzinssatz und dem Fremdkapitalzinssatz, so wird die Finanzierung indirekt über die Eigenkapital- und Fremdkapitalanteile sowie den Eigenkapitals- und Fremdkapitalzinssatz berücksichtigt und demnach finanzierungsrelevant.¹⁰⁵

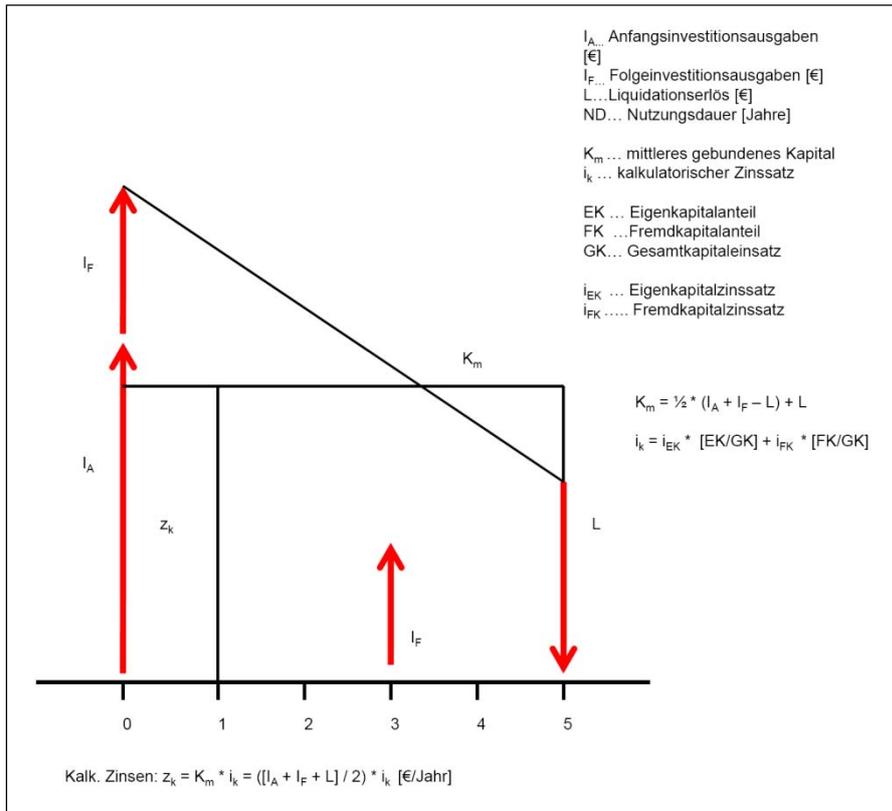
In Bild 3.4 werden die Folgeinvestitionsausgaben, soweit diese vorher bekannt sind, gleich behandelt wie die Anfangsinvestitionsausgaben. Dies ist eine vereinfachte Annahme, da die Folgeinvestitionsausgaben nur an die restliche Nutzungsdauer gebunden sind. Dadurch werden die kalkulatorischen Zinsen etwas höher berechnet als diese tatsächlich verursacht werden, der dabei entstehende Fehler ist jedoch meist vernachlässigbar.¹⁰⁶

Das folgende Bild 3.5 stellt die Berechnung der kalkulatorischen Zinsen dar:

¹⁰⁴ vgl. [Bauer]; 7-22.

¹⁰⁵ vgl. [Bauer]; 7-23.

¹⁰⁶ vgl. [Bauer]; 7-23.

Bild 3.5 Berechnung der kalkulatorischen Zinsen¹⁰⁷

Unter zu Hilfenahme des Instrumentariums der Kostenvergleichsrechnung ist es also möglich, die Investitionsentscheidung auf drei Entscheidungsstufen zu fällen. Diese sind:¹⁰⁸

- der Gesamtkostenvergleich;
- der Leistungskostenvergleich;
- der Kostenfunktionsvergleich.

Wie diese drei Entscheidungsstufen der Kostenvergleichsrechnung im Detail funktionieren, ist der Literatur von Bauer¹⁰⁹ zu entnehmen.

Als Grundgleichung für die Kostenvergleichsrechnung nach Bauer ergibt sich:¹¹⁰

¹⁰⁷ [Bauer]; 7-23.

¹⁰⁸ vgl. [Bauer]; 7-24.

¹⁰⁹ [Bauer]; 7-24.

¹¹⁰ [Bauer2]; 620.

$$B_1 + \frac{A_1}{t_1} + \frac{A_1 \cdot i}{2} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} B_2 + \frac{A_2}{t_2} + \frac{A_2 \cdot i}{2} \quad (1)$$

mit:

$B_{1,2}$ Betriebskosten, sie umfassen Löhne und Lohnnebenkosten, Materialkosten, Instandhaltungskosten, Energie-, Raum- und Werkzeugkosten

$A_{1,2}$ jährliche kalkulatorische Abschreibung der Maschinen und Einrichtungen

$t_{1,2}$ wirtschaftliche Nutzungsdauer

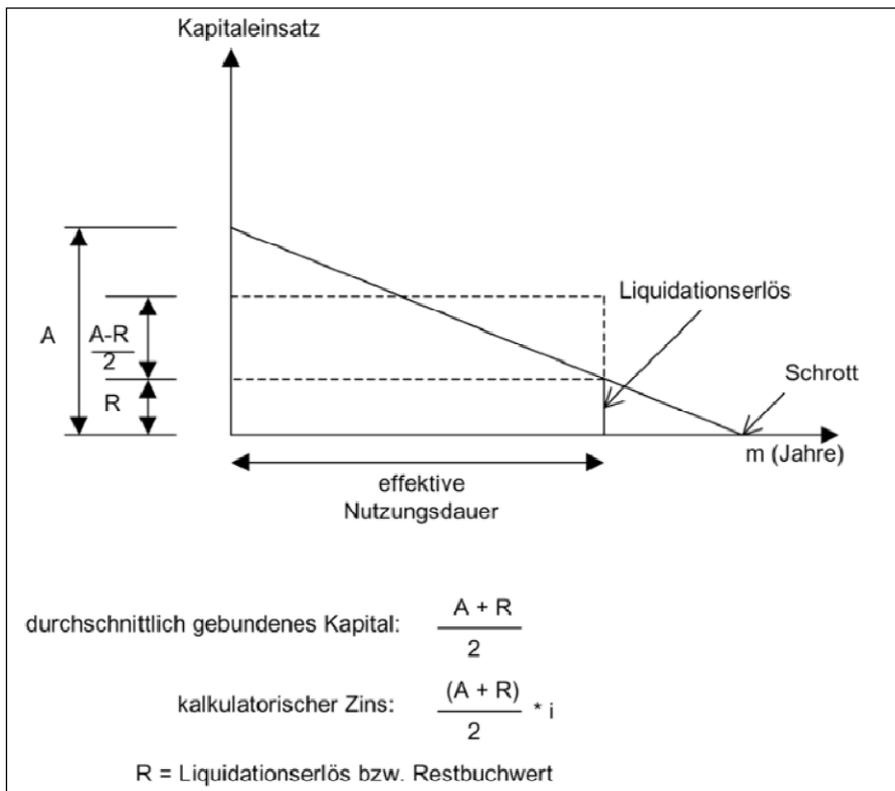
i kalkulatorische Zinsen

Um das Problem des Restbuchwertes bzw. des Liquidationserlöses zu ermitteln, muss die Grundgleichung der Kostenvergleichsrechnung folgendermaßen erweitert werden:¹¹¹

$$B_1 + \frac{A_1 - R_1}{t_1} + \frac{(A_1 + R_1) \cdot i}{2} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} B_2 + \frac{A_2 - R_2}{t_2} + \frac{(A_2 + R_2) \cdot i}{2} \quad (2)$$

Zum besseren Verständnis dient Bild 3.6 welches den Zusammenhang der kalkulatorischen Abschreibung bei Liquidationserlösen verdeutlichen soll.

¹¹¹ [Bauer2]; 623.

Bild 3.6 Kalkulatorische Abschreibung bei Liquidationserlösen¹¹²

3.3.2 Die Gewinnvergleichsrechnung

Bei dieser Methode der statischen Investitionsrechnung, wird die durch eine Investition erwartete Gewinnänderung als Entscheidungskriterium herangezogen. Der Vorteil der Gewinnvergleichsrechnung in der direkten Gegenüberstellung zur Kostenvergleichsrechnung liegt darin, dass neben den Kostenänderungen auch die durch Vornahme einer Investition eventuell eintretenden Ertragsänderungen berücksichtigt werden.¹¹³

Da jedoch die Gewinnvergleichsrechnung wie die Kostenvergleichsrechnung nur eine grobe Durchschnittsrechnung darstellt, mit der die absolute Vorteilhaftigkeit, also der Gewinn ermittelt wird, jedoch eine direkte

¹¹² [Bauer2]; 623.

¹¹³ vgl. [Seicht]; 33.

Zurechenbarkeit der Erlöse auf ein isoliertes Investitionsobjekt oft nicht möglich ist, wird auf diese Methode nicht näher eingegangen.

3.3.3 Die Rentabilitätsrechnung

Im Allgemeinen ist die Rentabilität eine wichtige und häufig verwendete wirtschaftliche Kenngröße, welche das Verhältnis vom Erfolg einer Rechnungsperiode zum eingesetzten Kapital darstellt.¹¹⁴

Bauer¹¹⁵ beschreibt, dass eine Investition dann vorteilhaft ist, wenn die Rentabilität der einen Anlage größer ist als die der anderen, wobei er als Rentabilität das Verhältnis von Gewinn zu Kapitaleinsatz definiert. Da auch hier der Gewinn nur selten der einzelnen Investition zugerechnet werden kann, wird diese Methode nicht näher betrachtet.

3.3.4 Statische Amortisationsrechnung

Die Amortisationsrechnung (pay off-Methode, pay back-Methode, pay out-Methode) ist ein in der Praxis sehr häufig anzutreffendes Verfahren der „Investitionsrechnung“, obwohl sie völlig ungeeignet ist, über die erfolgsmäßige Zweckmäßigkeit bzw. Vorteilhaftigkeit eines Investitionsobjektes eine verlässliche Aussage zu machen.¹¹⁶

Das entscheidende Kriterium nach einer Amortisationsrechnung hinsichtlich der erfolgsmäßigen Vorteilhaftigkeit eines Investitionsobjektes im Vergleich zu anderen Investitionsobjekten besteht in der Kürze der Rückflussdauer für das zu investierende Kapital. Diese Rückflussdauer nennt man Wiedergewinnungszeit (pay off-Period, Amortisationszeit) und zeigt an, innerhalb welchen Zeitraumes sich eine Investition bezahlt macht.¹¹⁷

Die *Wiedergewinnungszeit (WGZ)* berechnet man im Falle konstanter Jahreswiedergewinnungsbeiträge durch Division des Kapitaleinsatzes durch den (konstanten) *Jahreswiedergewinnungsbetrag (JWB)*, wobei der Jahreswiedergewinnungsbetrag in einer durch die Investition verursachten Jahresgewinnzunahme oder in einer durch die Investition verursachten Jahreskostensparnis bestehen kann.¹¹⁸

¹¹⁴ vgl. [Bauer]; 7-28.

¹¹⁵ vgl. [Bauer2]; 618ff.

¹¹⁶ [Seicht]; 37.

¹¹⁷ vgl. [Seicht]; 37.

¹¹⁸ [Seicht]; 37.

$$\text{WGZ} = \frac{\text{Kapitaleinsatz}}{\text{JWB}} \quad (3)$$

$$\text{WGZ} = \frac{\text{Kapitaleinsatz}}{\text{Jahresgewinnzunahme}} \quad (4)$$

$$\text{WGZ} = \frac{\text{Kapitaleinsatz}}{\text{Jahreskosteneinsparnis}} \quad (5)$$

Eine etwas andere Schreibweise der Frage ab welchem Zeitraum (m) sich der Kapitaleinsatz durch Gewinne oder Kosteneinsparungen amortisiert, beschreibt Lang:¹¹⁹

$$m = \frac{\text{Kapitaleinsatz}}{\text{durchschnittlicher Rückfluss}} \quad (6)$$

[durchschnittlicher Rückfluss = Einnahmen – Ausgaben]

Prinzipiell gilt, je länger die Amortisationsdauer, desto größer ist das Risiko, dass die Einnahmenüberschüsse geringer werden und die Investitionsausgaben nicht mehr abgedeckt werden können (Risikomaßstab). Die Amortisationsdauer kann als Hilfsmittel in der Finanzplanung, zum Festlegen der Tilgungsraten bei Fremdfinanzierungen und für Liquiditätsüberlegungen zum Finanzieren von Nachfolgeinvestitionen eingesetzt werden.¹²⁰

Aufgrund der Unverlässlichkeit in der Aussage, wird auf diese Methode in Zusammenhang mit dem systematischen Verfahrensvergleich nicht näher eingegangen.

¹¹⁹ vgl. [Lang]; 38.

¹²⁰ vgl. [Bauer]; 7-30.

3.4 Die dynamischen Methoden der Investitionsrechnung

Grundlage der dynamischen Methoden ist der ausgabenbezogene Investitionsbegriff. Dies bedeutet, eine Investition beginnt mit der Auszahlung für (Sach-) Anlagevermögen, die weitere Zahlungen zu späteren Zeitpunkten verursacht. Zum Verständnis der dynamischen Methoden, geht man von folgender Überlegung aus:¹²¹

Es ist sicherlich ein Unterschied, ob eine Zahlung gleicher Höhe heute, in zwei oder fünf Jahren fällig wird.

3.4.1 Allgemein gilt für die dynamischen Methoden:¹²²

- die Zahlungshöhe und Zahlungszeitpunkt bilden eine Einheit;
- der Wert einer Zahlung hängt vom Zahlungszeitpunkt ab;
- Zahlungen zu verschiedenen Zeitpunkten werden dadurch vergleichbar gemacht, indem man alle auf einen bestimmten Zeitpunkt auf- bzw. abzinst;
- Rechengrößen sind Zahlungen.

Wie bereits erwähnt wurde, liegt der entscheidende Mangel aller statischen Investitionsrechnungsverfahren darin, dass der Zeitfaktor keine (ausreichende) Berücksichtigung findet. Ob ein bestimmter Betrag an Kosten bzw. Ausgaben oder Erträgen bzw. Einnahmen im ersten, in einem späteren oder gar erst im letzten Nutzungsjahr anfällt, hat hiermit auf das Ergebnis der Rechnung keinen Einfluss, da im Investitionszeitpunkt nicht mit den zinseszinsenmäßig berechneten Barwerten zukünftiger Erfolge (Einnahmenüberschüsse), sondern mit deren nominellen Beträgen gerechnet wird. Dieser Mangel macht sich insbesondere bei der Berechnung der Vorteilhaftigkeit längerfristiger Investitionsobjekte bemerkbar, was bei kapitalintensiven („größeren“) Investitionsobjekten dazu führen sollte, auf die Anwendung statischer Kalküle zu verzichten.¹²³

Hingegen werden bei den dynamischen Investitionsrechnungsverfahren die zeitlichen Unterschiede im Anfall aller Ausgaben und Einnahmen eines Investitionsobjektes in der Weise berücksichtigt, dass für die Einnahmen und Ausgaben eines Investitionsobjektes entweder:

¹²¹ vgl. [Hoffm.]; 34.

¹²² [Hoffm.]; 34.

¹²³ [Seicht]; 41.

- eine zinseszinsenmäßige Abzinsung auf einen Bezugszeitpunkt;
- oder eine zinseszinsenmäßige Aufzinsung auf einen Bezugszeitpunkt erfolgt, somit die Periodenüberschüsse „gleichnamig“ gemacht werden, so dass eine Addierbarkeit derselben und eine Vergleichbarkeit deren Summe mit dem Kapitaleinsatz in ökonomisch sinnvoller Weise besteht.¹²⁴

Die **dynamischen Investitionsrechenverfahren** setzen sich aus folgenden Methoden zusammen:

- Barwertmethoden
- Endwertmethoden
- dynamische Amortisationsrechenmethode
- **Zu den Barwertmethoden zählen:**
 - ◆ Kapitalwertmethode
 - ◆ Annuitätenmethode
 - ◆ Interne Zinssatz-Methode
- **Zu den Endwertmethoden zählen:**
 - ◆ Vermögensendwertmethode
 - ◆ Sollzinssatzmethode

3.4.2 Barwertmethoden

Da das Thema „Systematische Verfahrenswahl“ dieser Masterarbeit enger im Zusammenhang mit dem differenzierten Verfahrensvergleich steht, und die zuvor angeführten Barwertmethoden mit dem betriebswirtschaftlichen Vergleich in Verbindung gebracht werden, wird auf diese Methoden nicht näher eingegangen. Um trotzdem zu einer einschlägigen Beschreibung der Barwertmethoden zu gelangen, wird auf die Literatur von Benesch¹²⁵ verwiesen.

¹²⁴ vgl.[Seicht]; 41.

¹²⁵ [Benesch]; 157ff.

- **Fazit der vorgestellten Barwertmethoden im Zusammenhang mit dem Thema „Systematische Verfahrenswahl“**

Aus der Literaturrecherche wurde erkannt, dass bestimmte Bedingungen angenommen wurden, um ein möglichst einfaches Modell zu schaffen. Einige der Prämissen treffen in der Praxis nicht unbedingt zu, wie zum Beispiel der vollkommene und unbeschränkte Kapitalmarkt. Zu der Grundannahme, dass zu jedem Zeitpunkt beliebig viel Geld ausgeliehen und angelegt werden kann, ist folgendes zu erwähnen: Während die Anlage von Geld ein geringes Problem darstellt, ist das Ausleihen von Geld schwieriger. Aufgrund des Risikos werden nur begrenzte Kapitalaufnahmemöglichkeiten zur Verfügung stehen. Auch die zu erwartenden Zahlungen lassen sich zum Zeitpunkt der Planung nicht genau abschätzen. Wenn Kapital zum Beispiel in die Entwicklung eines neuen Produktes investiert wird, so ist nicht sicher, wann das Produkt tatsächlich einsatzbereit ist. Bei der Investition von Maschinen oder anderen technischen Gerätschaften ist die tatsächliche Nutzungsdauer nicht eindeutig bestimmbar.¹²⁶

3.4.3 Endwertmethoden

Für eine genaue Beschreibung der beiden zuvor erwähnten Endwertverfahren, wird auf die Literatur von Bauer¹²⁷ verwiesen.

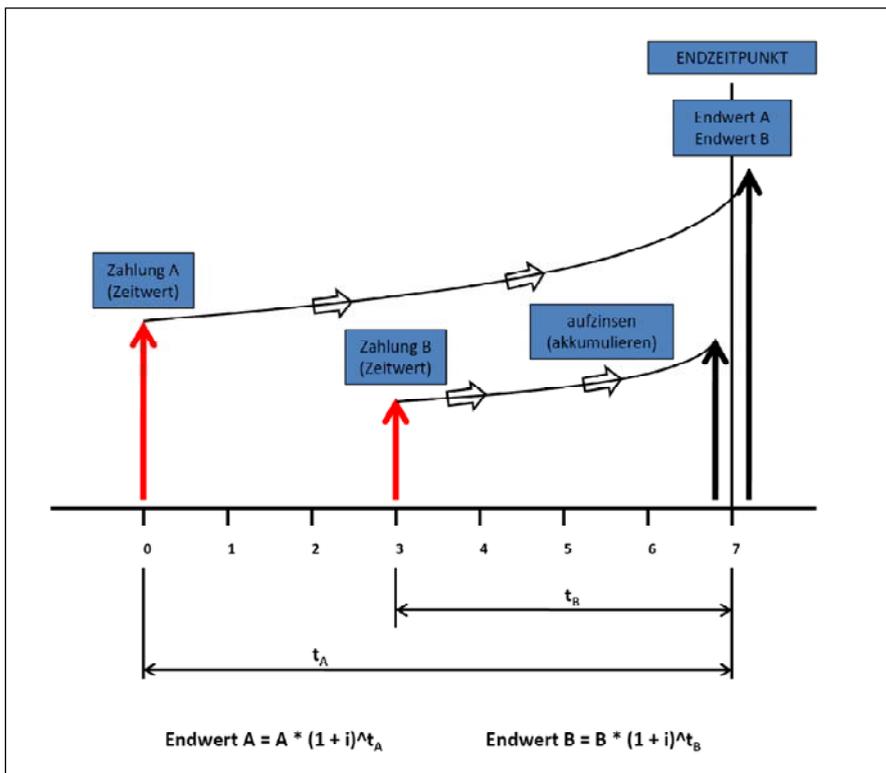
Die Kritikpunkte der Barwertverfahren führten jedoch zur Entwicklung neuerer dynamischer Investitionsrechenmethoden, die nicht auf einer Barwertermittlung beruhen, sondern von einer Aufzinsung der Zahlungsströme auf das Ende des Planungshorizontes ausgehen (Endwertermittlung).¹²⁸

Zur besseren Veranschaulichung, dient Bild 3.7:

¹²⁶ vgl. [Benesch]; 163.

¹²⁷ [Bauer]; 7-56.

¹²⁸ [Bauer]; 7-55.

Bild 3.7 Endwert einer Zahlung¹²⁹

▪ **Fazit der vorgestellten Endwertmethoden im Zusammenhang mit dem Thema „Systematische Verfahrenswahl“**

Auch die Endwertmethoden weisen eine rein theoretisch-mathematische Prägung auf. Deshalb sind diese in der Praxis nicht immer leicht anzuwenden.

3.4.4 Die dynamische Amortisationsrechnung

Diese Methode der dynamischen Investitionsrechnungen unterscheidet sich von der statischen Amortisationsrechnung nur dadurch, dass anstatt dem Zeitwert der Einnahmenüberschüsse die Barwerte der Einnahmenüberschüsse in die Rechnung eingesetzt werden.¹³⁰

Zum besseren Verständnis dient das nachfolgende Bild 3.8, das den Unterschied zwischen dynamischer- und statischer Amortisationsrechnung darstellt:

¹²⁹ [Bauer]; 7-55.

¹³⁰ [Bauer]; 7-57.

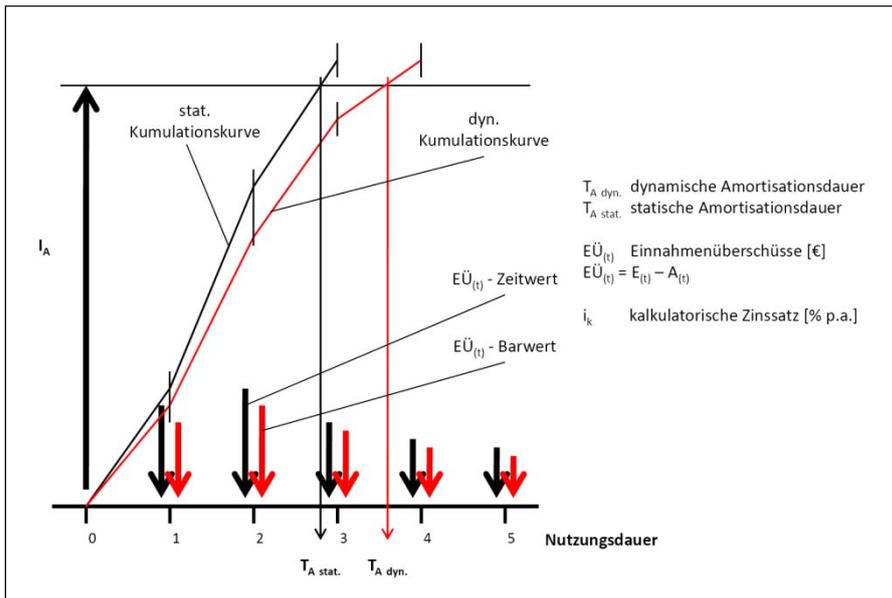


Bild 3.8 Die dynamische Amortisationsdauer¹³¹

$$T_{\text{Adyn}}[\text{Jahre}]_{\text{aus}}: \sum_{t=0}^{T_A} E\ddot{U}(t) \cdot (1+i)^{-t} = I_A \quad (7)$$

Wie aus Bild 3.8 ersichtlich ist, ist die dynamische Amortisationsdauer immer länger als die statische Amortisationsdauer. Der Grund dafür ist, dass die dynamische Amortisationsdauer jenem Zeitraum entspricht, in dem über die Einnahmenüberschüsse das eingesetzte Kapital getilgt und zum kalkulatorischen Zinssatz verzinst wird. Da der kalkulatorische Zinssatz einen erheblichen Einfluss hat, wirkt sich dies nachteilig auf die Aussagekraft der dynamischen Amortisationsdauer als risikomaßstab aus. Außerdem weist Sie Berührungspunkte mit der Kapitalwertrechnung auf, d.h. man zinst nicht alle zukünftigen Rückflüsse ab, um den Kapitalwert zu erhalten, sondern nur solange, bis der Kapitalwert als Funktion der Amortisationszeit gleich Null wird.¹³²

¹³¹ [Bauer]; 7-57.

¹³² [Bauer]; 7-57.

Bild 3.9 verdeutlicht nochmals die wesentlichsten Unterschiede zwischen statischen und dynamischen Verfahren:¹³³

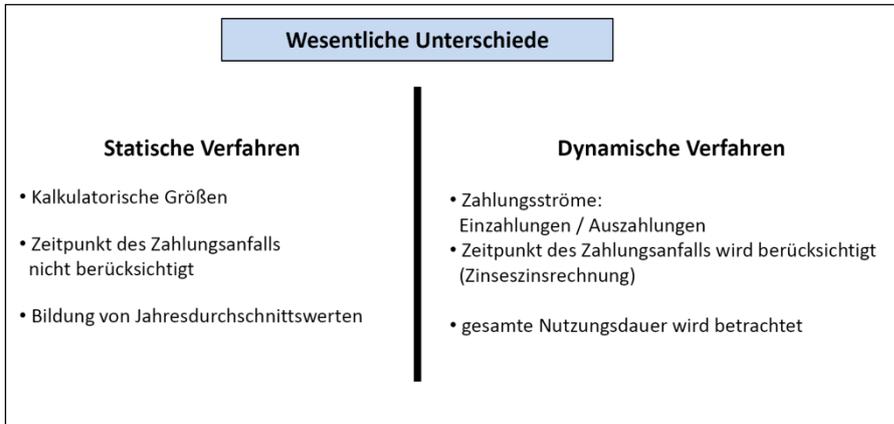


Bild 3.9 Unterschiede zwischen statischen und dynamischen Verfahren

¹³³ vgl.[Bauer]; 7-32.

3.5 Operations Research (OR)

Neuere Methoden, welche im Zusammenhang mit den dynamischen Investitionsentscheidungen stehen, sind die Verfahren des Operations Research.¹³⁴

Methoden, welche auf den Verfahren der Operations Research basieren und als Entscheidungsunterstützung in der Bauwirtschaft dienen sind:

- die Kritische Leistungsmenge;
- die Break-Even Analyse;
- die Potential- und Stärken-/Schwächen-Analyse;
- die Nutzwertanalyse;
- die Kosten-Nutzen- Analyse;
- Kostenwirksamkeitsanalyse.

Bevor jedoch diese Methoden in den nachfolgenden Kapiteln näher vorgestellt werden, soll noch der Begriff Operations Research und der Ablauf eines Projektes in Operations Research präsentiert werden.

Unter dem Begriff Operations Research (OR) verstehen wir die Entwicklung und den Einsatz quantitativer Modelle und Methoden zur Entscheidungsunterstützung in Unternehmen und Organisationen.¹³⁵

Die Anwendungsgebiete von Operations Research sind in allen betriebswirtschaftlichen Bereichen zu finden. Insbesondere in:¹³⁶

- der Produktionsplanung;
- Supply Chain Management (Lieferkettenmanagement);
- der Distribution;
- der Standortplanung;
- der Lagerhaltung;
- der Personal- und Einsatzplanung;
- der Finanzplanung.

Eine wichtige Rolle in diesem Zusammenhang spielen dabei auch Entscheidungsunterstützungssysteme. Da Entscheidungen in der Praxis sehr oft in einem komplexen Umfeld getroffen werden, in dem oft nicht

¹³⁴ vgl. [Lang]; 43.

¹³⁵ [www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de] Seite 1, am 11.08.2009 um 11²⁵ Uhr.

¹³⁶ [www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de] Seite 1, am 11.08.2009 um 11²⁵ Uhr.

alle relevanten Aspekte formalisiert werden können, müssen Entscheidungsträger die Möglichkeit haben, einen vom Computer generierten Entscheidungsvorschlag zu bearbeiten und zu ändern. Die Methoden des OR werden daher in Decision Support (DS) Systems (Entscheidungsunterstützungssysteme) eingebettet, die diese Möglichkeit mit Hilfe der modernen Informations- und Kommunikationstechnologie anbieten.¹³⁷

Das folgende Bild 3.10 zeigt den typischen Verlauf eines Projektes in Operations Research:

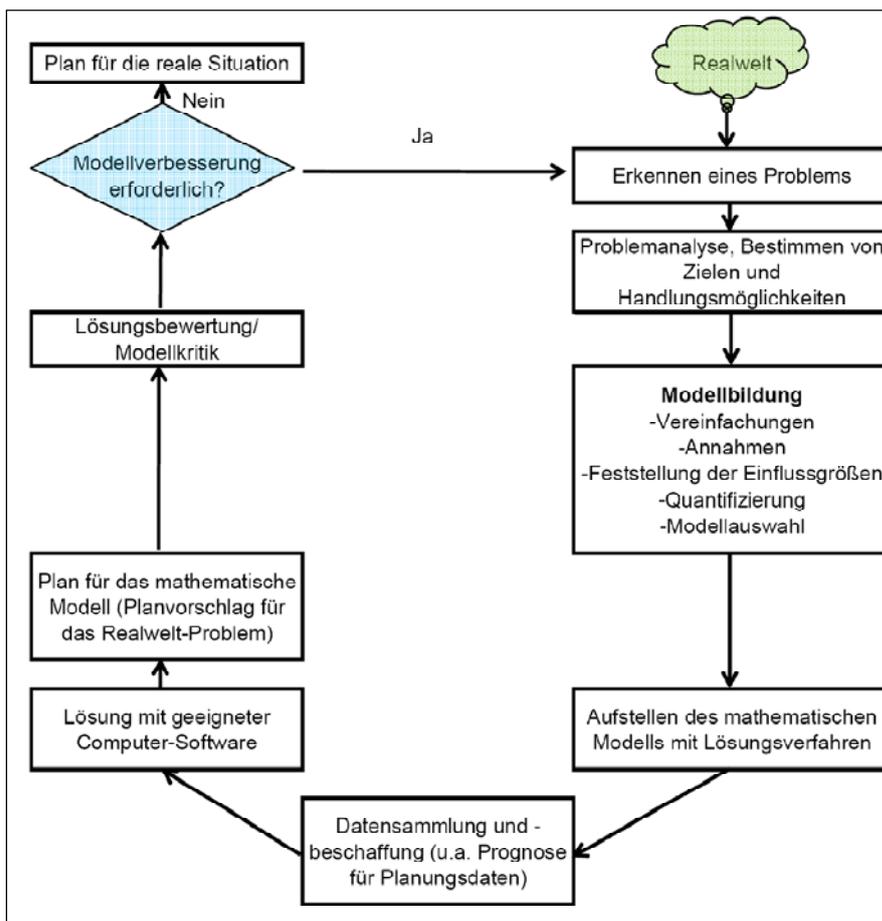


Bild 3.10 Vorgehensmodell in Operations Research¹³⁸

¹³⁷ vgl. [www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de] Seite 1, am 11.08.2009 um 11²⁵ Uhr.

¹³⁸ vgl. [www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de] Seite 1, am 11.08.2009 um 11²⁵ Uhr.

Daraus ist ersichtlich, dass die reale Entscheidungssituation in einem formalen bzw. mathematischen Modell abgebildet wird, das mit Hilfe geeigneter Computer-Software gelöst wird. Die berechnete Lösung ergibt einen Entscheidungsvorschlag, der von entsprechenden Entscheidungsträgern auf seine „Praxistauglichkeit“ überprüft, akzeptiert, verbessert und in manchen Fällen auch abgelehnt wird. Das Feedback des Entscheidungsträgers hilft oft bei der Verbesserung des Modells im Hinblick auf die genaue Abbildung des Realitätsausschnitts des Problems.¹³⁹

Die Methoden des Operations Research können verständlicherweise nicht direkt auf die Realität, sondern auf Modelle der Realität angewandt werden. Dabei ist es oft nicht einfach zu sehen, wie das eigentliche Entscheidungsproblem strukturiert ist und welche Aspekte der Realität modelliert werden sollten. Bei einem OR-Projekt muss zunächst geklärt werden, was der Entscheidungsträger wirklich will (Zielfunktion), welche Freiheitsgrade (Entscheidungsvariablen) man hat und welche Nebenbedingungen (Restriktionen) berücksichtigt werden sollen. Zu einem Entscheidungsmodell kann es immer mehrere Modelle geben, da ein Modell eine Abstraktion der Realität darstellt. Ein zwar korrektes aber ungünstig gewähltes Modell eines Problems kann dazu führen, dass OR-Methoden nur schwer oder gar nicht angewandt werden können. Modellbildner sollten deshalb sowohl ausreichende Kenntnisse über das praktische Problem im betrieblichen Umfeld als auch Kenntnisse über Fähigkeiten und Grenzen der vorhandenen OR-Methoden besitzen. OR-Projekte sind daher grundsätzlich interdisziplinär ausgerichtet, dies bedeutet, dass der Entscheidungsträger die Ansätze der Nutzung und die Denkweisen dieser Methode versteht.¹⁴⁰

Ist ein Modell aufgestellt und liegen die „richtigen“, d.h. korrekt erfassten, bereinigten und in ausreichendem Maße vorhandene Daten vor, kann man durch Analyse des Modells Hinweise und Vorgaben (Lösungen des Modells) für gute Entscheidungen generieren, die dann aufgrund der Isomorphie des Modells mit der Realität in echte Entscheidungssituationen übertragbar sind. Wenn die Zielfunktion, Entscheidungsvariablen und Restriktionen formal explizit ausgedrückt werden können, kommt oft ein Optimierungsmodell in Frage. Eine Optimierungsmethode kann dann eine optimale Lösung unter Berücksichtigung der Zielfunktion und aller Nebenbedingungen generieren. Gibt es jedoch keine klar formulierte Zielsetzung, kann man mit Hilfe eines Simulationsmodells mit einem der

¹³⁹ vgl. [www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de] Seite 1, am 11.08.2009 um 11²⁵ Uhr.

¹⁴⁰ vgl. [www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de] Seite 2, am 11.08.2009 um 11²⁵ Uhr.

Realität nachgebauten „Simulator“ verschiedene Entscheidungsvarianten durchspielen und somit wertvolle Informationen gewinnen.

Die letzte Phase ist die Implementierung der endgültigen Lösung in der Realität. Hier kommt der Nutzen der erarbeiteten Studie zum Tragen. Die Einführung der Lösung sollte vom Unternehmen und dem Modellbildner gemeinsam durchgeführt werden, um bei der Umsetzung in ein operatives Verfahren bis dahin noch unentdeckte Fehler korrigieren zu können. Weiters ist anzumerken, dass das Modell in periodischen Abständen überprüft werden muss, da interne oder externe Einflüsse es beeinträchtigen oder sogar unwirksam machen können.¹⁴¹

¹⁴¹ vgl. [www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de] Seite 2, am 11.08.2009 um 11²⁵ Uhr.

3.6 Kritische Leistungsmenge

Mit Hilfe der Gleichungen der Kostenvergleichsrechnungen, können die Kostenunterschiede zweier oder mehrerer Verfahren ausgedrückt werden. Die kritische Leistungsmenge wird deshalb berechnet, damit man feststellen kann, ab welcher Produktionsmenge oder Bauzeit ein Verfahren kostengünstiger ist als ein anderes.¹⁴²

Der Begriff der kritischen Menge wird in der Literatur oft unterschiedlich definiert. So definiert das Wirtschaftslexikon¹⁴³ eine kritische Menge ganz allgemein als die Menge, bei der zwei verschiedene Produktionsverfahren mit gleichen Kosten arbeiten. Wird dabei die kritische Menge überschritten, ist auf das kostengünstigere Verfahren mit vergleichsweise höheren Fixkosten, aber geringeren variablen Kosten überzugehen. Neben dieser allgemeinen Definition, gibt es Hinweise auf andere Bereiche. So wird bei der Break-Even Analyse auch jene Menge als kritische Menge bezeichnet, bei der Umsatz und Kosten gleich sind. Im Bereich der Investitionsrechnung bezeichnet man jene Menge als kritische Menge, bei der eine Investition gerade eben vorteilhaft ist (kritische Werte-Rechnung).

Weiters ist nachzulesen, dass die kritische Menge jene Ausbringungsmenge ist, von der ab ein bestimmtes Verfahren der Fertigung kostengünstiger ist als ein anderes Verfahren. Liegt die zu produzierende Menge eines Produkts über der kritischen Menge, so wird zweckmäßigerweise auf das kostengünstigere Verfahren übergegangen.¹⁴⁴

Gutenberg¹⁴⁵ beschreibt desweiteren, dass die kritische Menge erstens als jene Menge definiert wird, bei der ein Verfahren beginnt, vorteilhafter zu sein als ein anderes und zweitens als jene Menge, bei der das Verfahren aufhört, vorteilhafter zu sein als ein anderes. Dabei ist ein Verfahren so lange vorteilhafter als andere Verfahren, so lange seine Kostenkurve unter den Kurven der anderen Verfahren liegt. Es wird teurer, wenn seine Kostenkurve über jenen der anderen Verfahren liegt. Schneidet sich die Kurve dieses Verfahrens mit der Kurve eines anderen Verfahrens, ergibt dies einen Schnittpunkt, der als kritischer Punkt (kritische Menge) bezeichnet wird.

Zum besseren Verständnis dient Bild 3.11 in dem der kritische Punkt graphisch dargestellt wird.

¹⁴² vgl. [Bauer2]; 622.

¹⁴³ vgl. [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 12.08.2009 um 10¹⁰ Uhr.

¹⁴⁴ vgl. [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 12.08.2009 um 10¹⁰ Uhr.

¹⁴⁵ vgl. [Gutenb.]; 111.

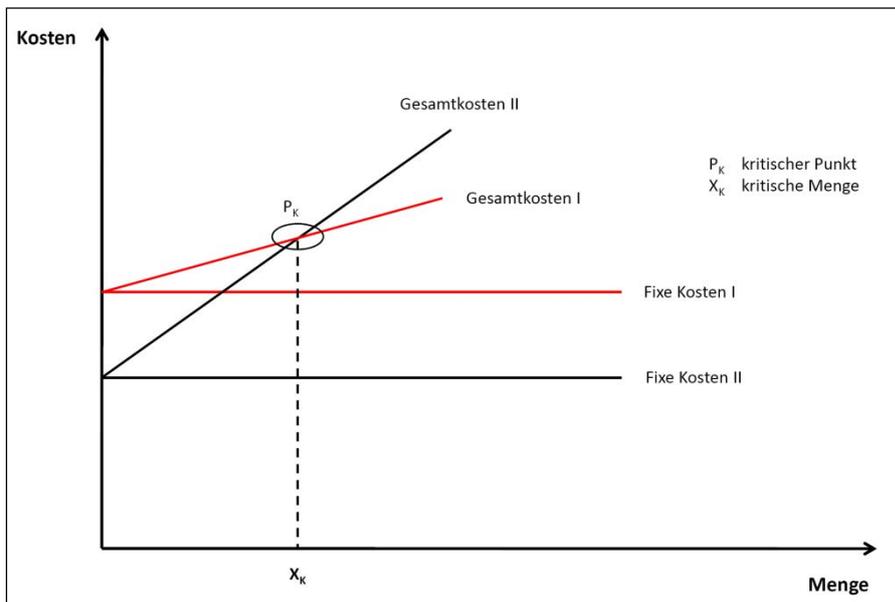


Bild 3.11 Graphische Darstellung des „Kritischen Punkts“¹⁴⁶

Der kritische Punkt lässt sich dann feststellen, wenn die beiden Kostengruppen variable und fixe Kosten beider Verfahren, ihrer Höhe nach bekannt sind. Im kritischen Punkt sind beide Verfahren gleichwertig, wenn alle zusätzlichen investitionsentscheidenden Faktoren unberücksichtigt bleiben. Wird zum Beispiel angenommen, dass die fixen Kosten des Verfahrens I höher sind als die fixen Kosten des Verfahrens II, dass aber die variablen Kosten des Verfahrens I einen mäßigeren Verlauf nehmen als die variablen Kosten des Verfahrens II, dann liegt dort, wo sich die Gesamtkostenkurven schneiden, der kritische Punkt.¹⁴⁷

Die Ermittlung der kritischen Leistungsmenge, welche für jedes Verfahren in der stationären Industrie ermittelt werden kann, wird im Folgenden nach Joschke¹⁴⁸ beschrieben. Dies bedeutet, dass in der stationären Industrie die Fertigungsverfahren oft nach der Ausbringungsmenge unterschieden werden. Aufgrund dieser wird weiter zwischen Massen-, Sorten-, Serien- und Einzelfertigung unterschieden.

¹⁴⁶ vgl. [Benesch]; 133.

¹⁴⁷ vgl. [Benesch]; 134.

¹⁴⁸ vgl. [Joschke]; 283ff.

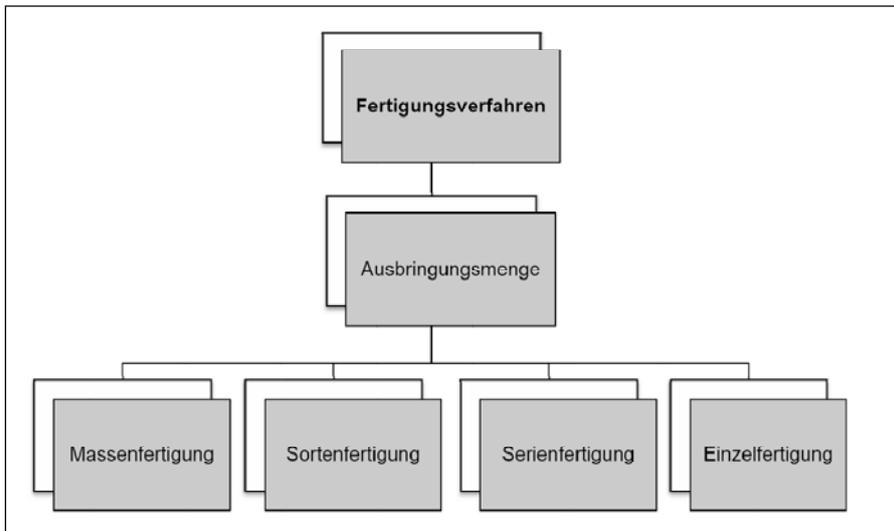
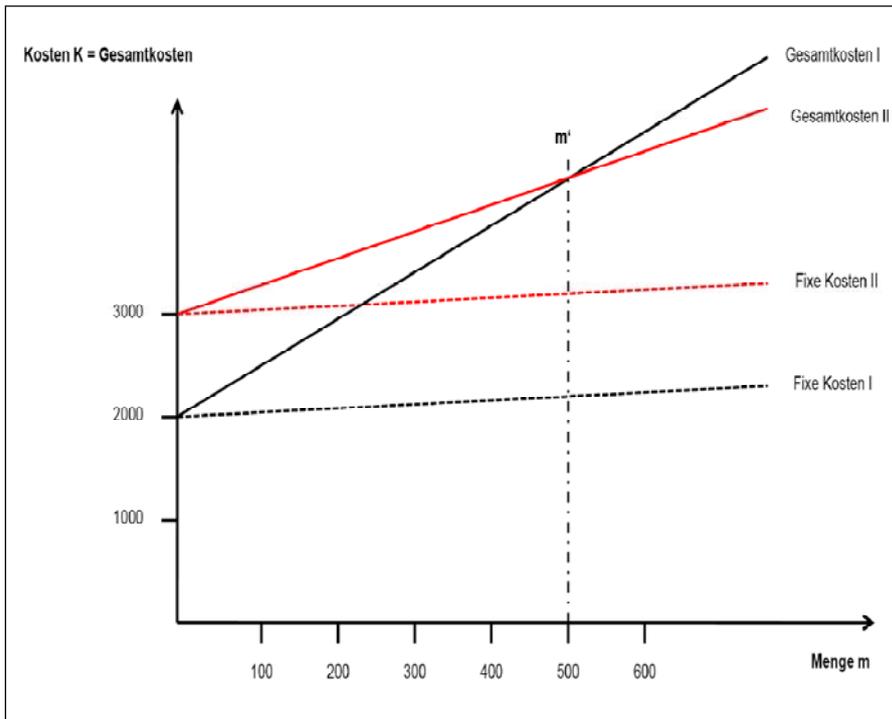


Bild 3.12 Einteilung der Fertigungsverfahren je nach Ausbringungsmenge¹⁴⁹

In Bild 3.12 ist die Einteilung der Fertigungsverfahren nach deren Ausbringungsmenge graphisch dargestellt. Dabei handelt es sich nicht um verschiedene Verfahren, sondern um unterschiedliche Bedingungen der Fertigungsverfahren, denn mit jedem Verfahren können größere und kleinere Mengen von Gütern produziert werden.

Für die Auswahl eines Verfahrens ist es im Einzelfall nicht wesentlich, ob es sich um eine Massen-, Sorten-, Serien- oder Einzelfertigung handelt, sondern inwiefern es möglich ist die kritische Menge zu erreichen. Die kritische Menge ist jener Punkt, von dem an ein leistungsfähigeres Verfahren wirtschaftlicher arbeitet als ein weniger leistungsfähiges. Dieser Punkt (Schnittpunkt) ergibt sich aus der Tatsache, dass bei jedem Fertigungsverfahren fixe und variable Kosten entstehen. Gleichzeitig müssen die Fixkosten eines leistungsfähigeren Verfahrens größer und die variablen Kosten niedriger sein als die Kosten des einfachen Verfahrens. Durch die technischen Veränderungen der Fertigungsverfahren entstehen neue Kostenrelationen, die für eine höhere Ausbringung niedrigere Stückkosten zu Folge haben.

¹⁴⁹ vgl. [Joschke]; 283ff.

Bild 3.13 Ermittlung der kritischen Menge m' ¹⁵⁰

Die in Bild 3.13 graphisch dargestellte kritische Menge m' , bei der ein leistungsfähigeres Verfahren wirtschaftlicher arbeitet als ein weniger leistungsfähiges, wird folgendermaßen errechnet:¹⁵¹

$$\begin{array}{l}
 \underline{\text{aus:}} \\
 K_I = f_I + v_I \cdot m' \\
 \\
 K_{II} = f_{II} + v_{II} \cdot m'
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 \underline{\text{und:}} \\
 \text{bei } m': K_I = K_{II}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}} \right\}
 \underline{\text{folgt:}} \\
 m' = \frac{f_{II} - f_I}{v_I - v_{II}}$$

mit:

- K_I Gesamtkosten Verfahren I
- K_{II} Gesamtkosten Verfahren II
- f_I Fixe Kosten Verfahren I
- f_{II} Fixe Kosten Verfahren II

¹⁵⁰ [Joschke]; 284.

¹⁵¹ vgl. [Joschke]; 284.

- v_I Variable Kosten Verfahren I
- v_{II} Variable Kosten Verfahren II
- m^c Schnittpunkt der kritischen Menge

Nur bei einer bestimmten Standardisierung der Produkte, können Vorteile der Massenproduktion wahrgenommen werden. Größere Serien können nur bei Verminderung der Erzeugnisarten produziert werden. Das führt zur Auswahl besserer Fertigungsverfahren und damit zu Kostensenkungen. Vom Markt wird jedoch eine gewisse Sortimentsbreite gefordert, wodurch einer Optimierung oft Grenzen gesetzt werden.

Grundsätzlich gilt jedoch, dass teure Maschinen während ihrer Laufzeit geringere Kosten und günstige Maschinen während ihrer Laufzeit hingegen hohe Kosten verursachen. Das ist der Grund dafür den „kritischen Punkt“ zu berechnen, an dem beide Maschinen dieselben Erhaltungskosten tragen.¹⁵²

Das Ermitteln der kritischen Leistungsmenge dient als Vorlage für den kalkulatorischen Verfahrensvergleich.

¹⁵² vgl. [Benesch]; 133.

3.7 Break-Even-Analyse

Die Break-Even-Analyse, welche auch als Gewinnschwellenanalyse bekannt ist gilt als eines der wichtigsten Analyse- und Kontrollinstrumente auf quantitativer Basis.¹⁵³

Bauer¹⁵⁴ beschreibt zu diesem Thema, dass Gesamtkosten und Erlöse in einen Zusammenhang gebracht werden sollen, wobei unterstellt wird, dass der Gesamterlös mit steigender Ausbringung proportional zunimmt. Der Stückerlös ist somit konstant. Anhand der Break-Even-Analyse werden die bestehenden Beziehungen zwischen Preis (Erlös), Kosten und Gewinn aufgezeigt.

Unter dem Punkt der Gewinnschwelle (Break-Even-Punkt) ist jener Punkt zu verstehen, bei welchem die Erlöse die gesamten (vollen) Kosten decken.¹⁵⁵

Eine weitere Definition des Break-Even-Punktes, jedoch in enger Beziehung zur Formulierung der Gewinnschwelle nach Bauer stehende Auslegung des Begriffes, liefert das Wirtschaftslexikon. Demnach gibt die Gewinnschwelle (Break-Even-Point):¹⁵⁶

„die Umsatzmenge an, bei der die Erlöse gerade die fixen und variablen Kosten decken, d.h. eine Firma weder mit Gewinn noch Verlust arbeitet“.

Desweiteren markiert dieser Punkt die Produktionsmenge, bei der der zu erwartende Umsatz und die Herstellungskosten übereinstimmen. Ab diesem Punkt wird Gewinn erzielt (Gewinnschwelle). Der Break-Even-Punkt ist derjenige Punkt, bei dem sich die Kurve der Gesamtkosten und Gesamterlöse gerade schneiden er ist also der Punkt, an dem gerade der Verlust aufhört und der Gewinn beginnt. Er wurde darum von Johann Friedrich Schär (1910) als "toter Punkt" bezeichnet.¹⁵⁷

Die Break-Even-Analyse ist ein Verfahren, mit dessen Hilfe die Absatzmenge bestimmt werden kann, bei deren Realisierung der Gesamtumsatz die Gesamtkosten gerade deckt. Die Unterschreitung (Überschreitung) dieser Absatzmenge (kritische Menge) hat eine Verlustrealisierung (Gewinnerzielung) zur Folge.¹⁵⁸

¹⁵³ vgl. [Lang]; 46.

¹⁵⁴ vgl. [Bauer]; 3-109.

¹⁵⁵ vgl. [Bauer]; 3-109.

¹⁵⁶ vgl. [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 13.08.2009 um 11⁵⁶ Uhr.

¹⁵⁷ vgl. [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 13.08.2009 um 12⁰⁶ Uhr.

¹⁵⁸ vgl. [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 13.08.2009 um 12²⁰ Uhr.

Wie die Gewinnschwelle (Break-Even-Point) errechnet wird und in welchem Zusammenhang dabei Gewinn und Verlust stehen, ist in Bild 3.14 dargestellt.

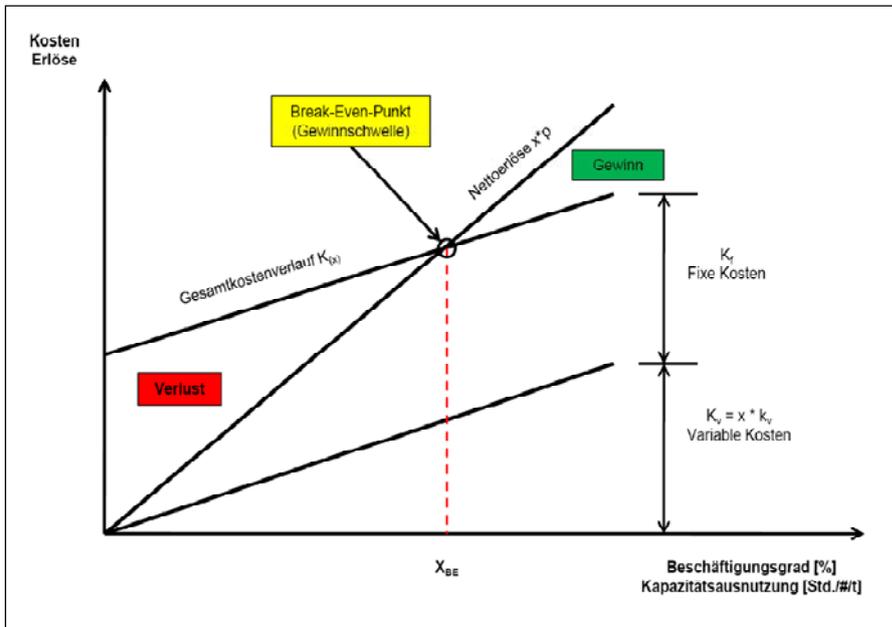


Bild 3.14 Break-Even-Diagramm¹⁵⁹

Der Break-Even-Punkt ergibt sich aus:¹⁶⁰

$$x_{BE} = \frac{K_f}{p - k_v} \quad (8)$$

mit:

p Stückpreis

k_v variable Stückkosten

K_f Fixkosten

x_{BE} Stückzahl bzw. Beschäftigungsgrad im Break-Even-Punkt

Das dargestellte Diagramm veranschaulicht, dass sich der Schnittpunkt aus dem Gesamtkostenverlauf $K(x)$ und den Nettoerlösen $x \cdot p$ ergibt. Diese Stelle nennt man Nutzschwelle, Gewinnschwelle oder auch Break-Even-Punkt, an der volle Kostendeckung herrscht. Steigt die Beschäfti-

¹⁵⁹ vgl. [Bauer]; 3-109.

¹⁶⁰ [Bauer]; 3-109.

gung weiter, entsteht Gewinn in der Höhe der Differenz von Verkaufspreis und variablen Kosten, da bereits alle fixen Kosten verdient sind.¹⁶¹

Es ist zu beachten, dass sich Bild 3.14 auf die Bestimmung des Break-Even-Punktes bei einem Serienfertiger bezieht. Daraus geht hervor, dass sich diese Analyse vor allem für den Vergleich von industriellen Produktionsverfahren eignet.¹⁶²

Würde man hingegen die Darstellung des Break-Even-Punktes bei einem Auftragsfertiger mit sehr heterogener Produktion vornehmen, wäre dies nicht unproblematisch. Da gerade bei dieser Art der Fertigung vor allem der Umsatz leichter planbar ist als die Kapazitätsausnutzung, empfiehlt es sich, auf der Abszisse nicht die Kapazitätsausnutzung, sondern den Gesamtumsatz der Periode aufzutragen.¹⁶³

▪ **Fazit der Break-Even-Analyse**

Als Verfahrensvergleich in der Bauwirtschaft, ist diese Analyse nur bedingt geeignet, da sich aus einem Bauverfahren zwar direkt die Kosten ermitteln lassen, aber Nettoerlöse nur schwer einem Bauverfahren direkt zuordenbar sind.¹⁶⁴

Ein weiteres Problem ist, dass die Break-Even-Analyse als Teil der Vollkostenrechnung von einer Proportionalisierung der Fixkosten ausgeht und diese wie variable Kosten behandelt.

Die Break-Even-Analyse dient als Vorlage für den kalkulatorischen Verfahrensvergleich, bei dem Bauverfahren wirtschaftlich miteinander verglichen werden und welcher später beschrieben wird.¹⁶⁵

¹⁶¹ vgl. [Bauer]; 3-109.

¹⁶² vgl. [Bauer]; 3-110.

¹⁶³ vgl. [Bauer]; 3-110.

¹⁶⁴ vgl. [Lang]; 47.

¹⁶⁵ vgl.[Lang]; 47.

3.8 Potential- und Stärken-/Schwächen-Analyse

Eine Potentialanalyse soll die Gesamtheit der betrieblichen Faktoren erfassen, die für die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens kennzeichnend sind. Als Objektbereiche der Potentialanalyse sind zu unterscheiden:¹⁶⁶

- der Produktbereich (z.B. Qualität Lebenszyklus);
- der Produktionsbereich (z.B. Stand der Technologie, Flexibilität);
- der Forschungs- und Entwicklungsbereich;
- der Absatzbereich (z.B. Vertriebsorganisation, Service);
- der Personalbereich (z.B. Qualifikation, Motivation, Altersstruktur);
- der Finanzbereich (z.B. Reserven, Kapitalmarktfähigkeit, Eigenkapitalquote).

Das allgemeine Ziel einer Potentialanalyse ist es, leistungsbestimmende Faktoren zu untersuchen und zu bewerten. Vorhandene Potentiale stellen Stärken, nicht vorhandene oder wenig stark ausgeprägte Potentiale stellen Schwächen des zu untersuchenden Objektes (Produktbereich, Produktionsbereich, Forschungsbereich etc.) dar.¹⁶⁷

Der Vergleich der Kosten- mit den Nutzenanteilen der Geschäftssystemstufen enthält schon einen Ansatz für die Bewertung der strategischen Potenziale. Die Bewertung der ermittelten strategischen Potenziale im Allgemeinen soll ein Urteil darüber erlauben, ob es sich bei diesen Potenzialen um Stärken oder Schwächen des Unternehmens handelt.¹⁶⁸

Wie eine Visualisierung der strategischen Potenziale mit Hilfe eines Stärken-Schwächen-Profiles aussehen könnte, sei im nachfolgenden kurz beschrieben und abgebildet.¹⁶⁹

Um die ermittelten Stärken und Schwächen des Unternehmens aus den vorhandenen Ressourcen oder Potenzialen zu visualisieren, ist im dritten Schritt der Unternehmensanalyse die Erstellung eines Stärken-Schwächen-Profiles vorzunehmen. Zunächst müssen Kriterien festgelegt werden, welche die wesentlichen Ressourcen oder Potenziale des Unternehmens widerspiegeln. Im Anschluss sind diese Kriterien entsprechend den ihnen zugrunde liegenden Stärken und Schwächen zu bewerten. Diese Bewertung kann durch die Anwendung des Scoring-Modells

¹⁶⁶ [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 14.08.2009 um 10¹⁸ Uhr.

¹⁶⁷ vgl. [Bramse.]; 202.

¹⁶⁸ vgl. [Baum]; 71.

¹⁶⁹ vgl. [Baum]; 72f.

erfolgen, mit dem die einzelnen Kriterien anhand einer ordinalen Punkteskala (z.B. 0 bis 10 oder -10 bis 10) bewertet werden.¹⁷⁰

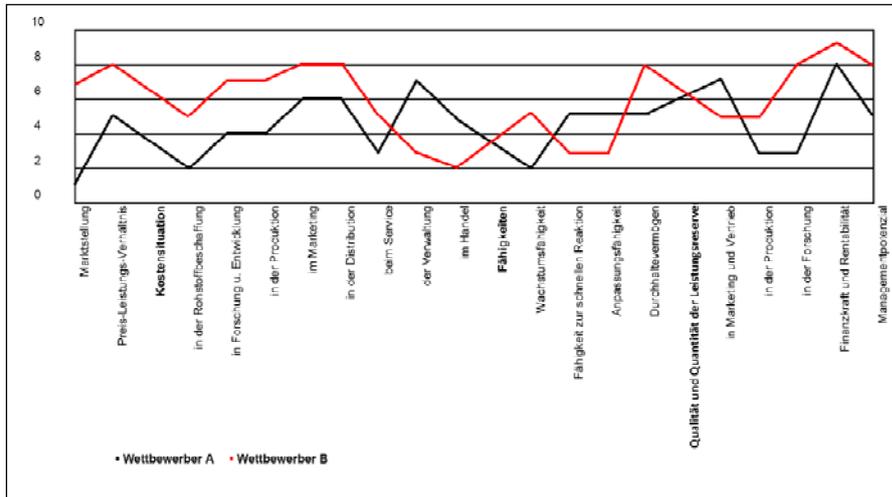


Bild 3.15 Beispiel für ein Stärken-Schwächen-Profil¹⁷¹

Bild 3.15 illustriert das Vorgehen für den Vergleich des Unternehmens mit einem Wettbewerber. Diese Möglichkeit besteht in der gesonderten Bewertung der Kriterien des Unternehmens und der Kriterien für den gewählten Bewertungsmaßstab (z.B. ein Wettbewerber) mit der Ordinalskala. Durch den Vergleich des Stärken-Schwächen-Profiles des Unternehmens und des Stärken-Schwächen-Profiles des gewählten Bewertungsmaßstabs kann dann auf eine relative Stärke oder Schwäche des Unternehmens geschlossen werden.¹⁷²

Welche anderen Möglichkeiten für die Bewertung der strategischen Potenziale noch existieren, wird im Folgenden erwähnt. Es sind dies:¹⁷³

- der Zeitvergleich;
- der Vergleich mit dem Produktlebenszyklus;
- der Vergleich mit Wettbewerbern;
- der Vergleich mit kritischen Erfolgsfaktoren.

¹⁷⁰ vgl. [Baum]; 72f.

¹⁷¹ [Baum]; 73.

¹⁷² vgl. [Baum]; 73.

¹⁷³ vgl. [Baum]; 71f.

Auf die genaue Beschreibung dieser vier weiteren Möglichkeiten, wird in dieser Masterarbeit nicht näher eingegangen und auf die Literatur von Heinz-Georg Baum¹⁷⁴, „Strategisches Controlling“ verwiesen.

Die vorhandenen Potentiale können als absolute Werte erfasst werden. Sinnvoller aber ist der Vergleich der Potentiale mit Konkurrenzunternehmen, um relative Stärken und Schwächen aufzuzeigen. Die Darstellung erfolgt meist in Form eines Potentialprofils analog zur -, SOFT-Analyse.¹⁷⁵

Unter einer SOFT-Analyse versteht man eine analytische Methode der strategischen Planung, welches Folgendes untersucht:¹⁷⁶

- Stärken (strenghts);
- Chancen (opportunities);
- Schwächen (failures);
- Gefahren (threats).

Die Stärken-/Schwächen-Analyse dient der Erkennung des aktuellen Zustandes der Unternehmung. Sie zeigt Stärken und Schwächen der Unternehmensführung, der Unternehmensstrategien, des Leistungspotentials und der Ergebnisse, meist in Form von Profilen, auf und vergleicht sie mit den Profilen der Konkurrenz. Die Chancen-Gefahren-Analyse versucht zu klären, welche künftigen Chancen und Gefahren sich das Unternehmen aufgrund der vermuteten Umweltentwicklung ausgesetzt sieht, wenn es seine bisherigen Strategien beibehält.¹⁷⁷

Neben dem Begriff der SOFT-Analyse, trifft man in der Literatur auch oft auf den Begriff der SWOT-Analyse. Beide Begriffe zielen im Endeffekt auf das gleiche ab, nämlich die möglichen Konstellationen von Stärken / Schwächen und Chancen / Risiken und die daraus resultierenden Strategien zusammenzufassen (SOFT- bzw. SWOT-Analyse). Im Begriff SOFT werden die Schwächen als sogenannte „failures“ bezeichnet, hingegen im Begriff SWOT als „Weaknesses“. Für eine genauere Beschreibung dieser Methode wird auf die Literatur von Baum¹⁷⁸ verwiesen.

¹⁷⁴ [Baum]; 71ff.

¹⁷⁵ [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 14.08.2009 um 10¹⁸ Uhr.

¹⁷⁶ [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 14.08.2009 um 10²⁵ Uhr.

¹⁷⁷ [www.wirtschaftslexikon24.net]; am 14.08.2009 um 10³⁰ Uhr.

¹⁷⁸ [Baum]; 74.

Bramse¹⁷⁹ beschreibt desweiteren, dass sich die Ausprägung der Merkmale als Stärke oder Schwäche, durch eine Gegenüberstellung objektiver Vergleichsmaßstäbe ergibt. Weitere Ansätze neben dem bereits erwähnten Vergleich mit der Konkurrenz sind:

- der Vergleich von Fertigungsdaten;
 - der Zeitvergleich;
 - der Vergleich mit Neuentwicklungen;
 - der Vergleich von festgestellten Stärken und Schwächen mit Kennziffern;
 - der Vergleich mit kritischen Erfolgsfaktoren.
- **Fazit der Potential- und Stärken-/Schwächen-Analyse**
- Der besondere Vorteil dieser Methode liegt in der Übersichtlichkeit und Einfachheit. Zusätzlich bietet sie durch die gute Möglichkeit der optischen Ausgestaltung eine zusätzliche visuelle Entscheidungshilfe. Das Bewertungsproblem, also die Quantifizierung qualitativer Sachverhalte ist hingegen unbefriedigend gelöst. Dabei bestünde die Möglichkeit, ein sachgerechtes Bewertungsteam zusammenzusetzen und eine Bewertung in Stufen, d.h. zunächst verdeckte Beurteilung der Kriterien durch jedes einzelne Teammitglied und danach Gesamtbewertung und Diskussion im Plenum, durchzuführen. Dies würde ein Höchstmaß an Objektivierbarkeit garantieren.¹⁸⁰

¹⁷⁹vgl. [Bramse.]; 202ff.

¹⁸⁰ vgl. [Bramse.]; 202ff.

3.9 Nutzwertanalyse in der Betriebswirtschaft

Die Nutzwertanalyse ist ein wichtiges Werkzeug zur Bewertung von Alternativen, das im Gegensatz zur Break-Even-Analyse nicht nur auf quantitativer-, sondern auch auf qualitativer Basis arbeitet.

Diese Methode wird nach Benesch/Schuch¹⁸¹ beschrieben. Bei der Nutzwertanalyse handelt es sich um ein mehrdimensionales Verfahren, welches zur Bewertung von Handlungsalternativen (Investitions-, Projektalternativen) verwendet wird. Dadurch werden qualitative und quantitative Vor- und Nachteile einer beabsichtigten Investition bewertbar, womit das gesamte Ausmaß der Nutzen von Alternativen erfasst werden kann. Dabei werden die Zielwerte gewichtet und zu Teilnutzwerten aggregiert, also zusammengefasst bzw. kumuliert. Je Alternative wird aus den Teilnutzwerten ein Gesamtnutzwert errechnet. Diese Gesamtnutzwerte, welche auch als Nutzwerte bezeichnet werden sind dimensionslose Größen und werden zur Reihung der Alternativen herangezogen.

Die Nutzwertanalyse konzentriert sich auf die Auswirkungen der Handlungsalternativen, ohne dabei die Kostenseite zu berücksichtigen. Allerdings besteht die Möglichkeit zur Integration von negativen Teilnutzwerten, um diesen Umstand entgegenzuwirken. Der Einsatz der Nutzwertanalyse findet insbesondere:

- bei Ausschreibungen für öffentliche Projekte;
- generell zur Beantwortung betriebswirtschaftlicher Fragestellungen statt.

Das Bild 3.16 stellt den grundsätzlichen Ablauf der Nutzwertanalyse vor. Daraus lässt sich erkennen, dass dieses Verfahren aus einer anfänglichen Problemdefinition über mehrere Stufen und Prozesse, bis hin zu einer Sensitivitätsanalyse fortschreitet.

¹⁸¹[Benesch]; 165f.

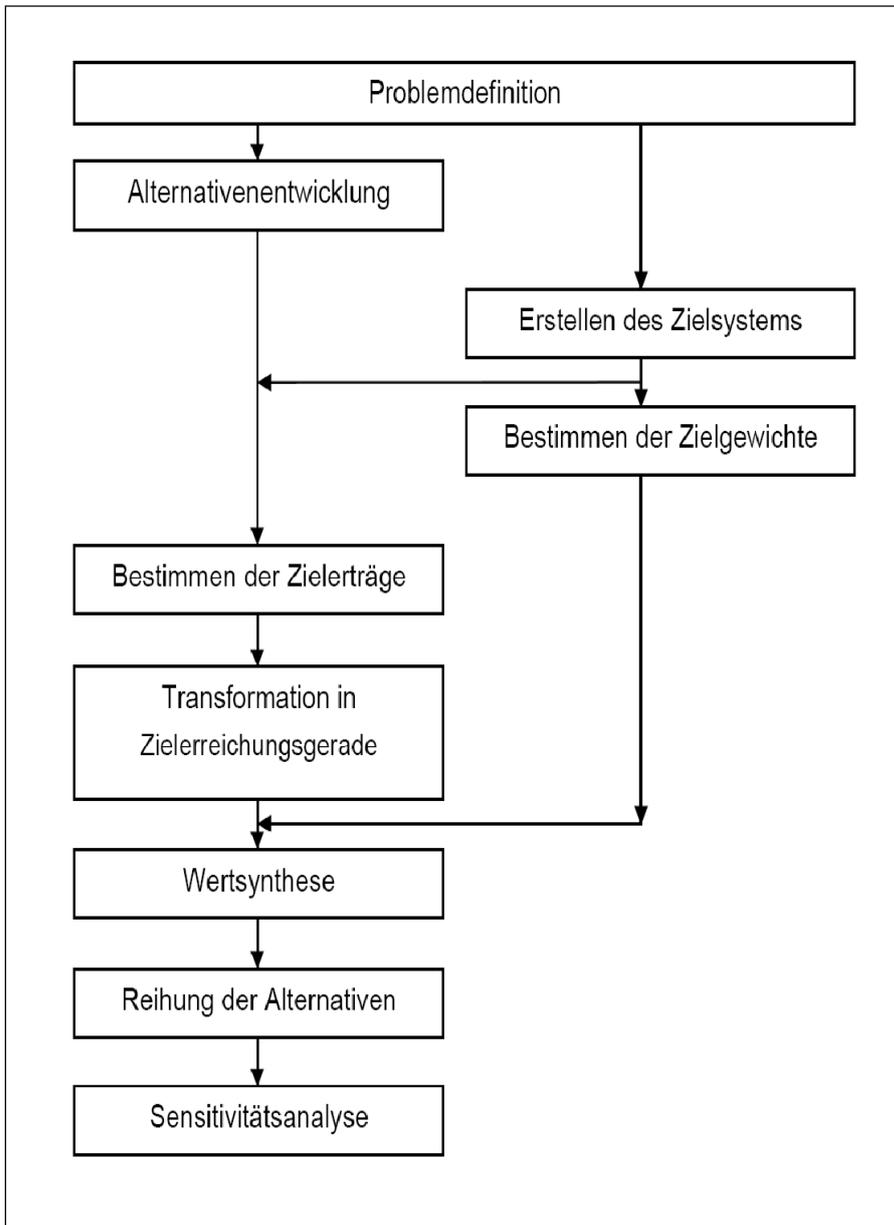


Bild 3.16 Arbeitsschritte der Nutzwertanalyse¹⁸²

¹⁸² [Benesch]; 165.

Wie ein Formular zur Anwendung der Nutzwertanalyse aussehen könnte und wie die einzelnen Arbeitsschritte zur Anwendung der Nutzwertanalyse in der Praxis aufgebaut bzw. gegliedert sind, ist der Literatur von Benesch¹⁸³ zu entnehmen.

Zum besseren Verständnis dieser Methode, wird in der nachstehenden Tabelle 3.2 eine Nutzwertanalyse für den Kauf einer Abfüllanlage in der Praxis dargestellt.

Tabelle 3.2 Beispiel aus der Praxis für die Anwendung einer Nutzwertanalyse¹⁸⁴

1 Ziel der Entscheidung		Kauf einer Abfüllanlage							
2 Unbedingte Anforderungen		1. Preis nicht über € 70.000 2. hohe Portionier- und Abdrchgeschwindigkeit 3. Portioniergenauigkeit							
		5 Alternativen							
		Automat 1		Automat 2		Automat 3			
3 Auswahlkriterien	4 G	6 W		6 G x W		6 W		6 G x W	
Preis, Rabatt	25	6	150	10	250	8	200		
Maschinenleistung									
- hohe nutzbare automatische Portionier- und Abdrehschwindigkeit	10	8	80	7	70	8	80		
• Portioniergenauigkeit	5	8	40	8	40	10	50		
• Füll-Leistung / Std.	5	6	30	6	30	8	40		
• Beschaffenheit des Portionier- und Fördersystems	5	7	35	4	20	7	35		
• Füllgutbehandlung durch die Maschine	5	10	50	6	30	8	40		
• schonendes fördern auch empfindlicher Massen	6	10	60	5	30	10	60		
• universelle Einsetzbarkeit für verschiedene Füllprodukte	10	6	60	4	40	10	100		
• Baukastenmäßige Ausbaufähigkeit der Maschine mit Zusatzgeräten	450	5	20	5	20	10	40		
Ergonomieberücksichtigung für das Bedienpersonal									
Bedienbarkeit der Maschine	3	8	24	8	24	8	24		
Reinigungsfreundlichkeit	3	8	24	6	18	10	30		
Design	4	10	40	6	24	10	40		
Kundendienst	2	10	20	5	10	8	16		
Firmenimage	6	8	48	8	48	6	36		
Wiederverkaufswert	3	10	30	5	15	10	30		
Wiederverkaufswert	4	8	32	10	40	10	40		
ERGEBNISSE	100		743		709		661		
7 Entscheidung									√

¹⁸³ [Benesch]; 165ff.

¹⁸⁴ [Benesch]; 171.

3.9.1 Lösungsansätze zur Behebung der Schwachstellen der Nutzwertanalyse

Um zu Lösungen zur Behebung der Schwachstellen der Nutzwertanalyse zu gelangen, gibt es folgende Möglichkeiten:¹⁸⁵

- das Einbeziehen der Kosten;
- die Kombination mit anderen Methoden;
- der Ansatz von Bechmann.

Eine detaillierte Beschreibung dieser drei Möglichkeiten, ist der Literatur von Benesch¹⁸⁶ zu entnehmen.

▪ **Fazit der Nutzwertanalyse**

Die Nutzwertanalyse hat ein breites Arbeitsspektrum. Immer, wenn mehrere Alternativen zur Auswahl stehen, kann sie eingesetzt werden. Wie jede Methode, hat auch diese Art der Analyse Vor- und Nachteile.

▪ **Vorteile**¹⁸⁷

- ◆ es können mehrere Zielsetzungen verfolgt werden;
- ◆ die Differenzierung der einzelnen Kriterien;
- ◆ die Entscheidungsfindung wird transparent gemacht;
- ◆ die Entscheidung wird objektiv;
- ◆ eine differenzierte Formalisierung stellt die Nachvollziehbarkeit sicher;
- ◆ die zahlreichen Bewertungsregeln lassen eine gewisse Flexibilität in der Anwendung zu.

▪ **Nachteile**¹⁸⁸

- ◆ die monetären Kriterien werden zumeist nicht entsprechend berücksichtigt;
- ◆ die Gewichtung der Kriterien sollte bei wichtigen Entscheidungen von mehreren Entscheidungsträgern vorgenommen werden;

¹⁸⁵ [Benesch]; 172f.

¹⁸⁶ [Benesch]; 172f.

¹⁸⁷ [Benesch]; 172.

¹⁸⁸ [Benesch]; 172.

- ♦ die Erhebung des Datenmaterials kann aufwendig sein;
- ♦ die Bewertung der Alternativen ist meist grob;
- ♦ die Auswahlkriterien und deren Gewichtung erfolgen subjektiv.

Die Nutzwertanalyse stellt ein Bewertungsverfahren von Alternativen dar, wobei Vor- und Nachteile eines Investitionsvorhabens durch Qualitäts- und Quantitätsmerkmale gewichtet und bewertet werden. Dadurch entstehen Teilnutzwerte, die sich in Gesamtnutzwerte zusammenfassen lassen. Die anschließende Reihung nach den Werten erlaubt der Unternehmung eine objektive Entscheidungsfindung für das Investitionsprojekt mit dem höchsten Nutzen.

Die Beschreibung dieser Methode soll die Basis dafür liefern, die Grundlagen der Nutzwertanalyse zu erkennen.

3.10 Kosten-Nutzen-Analyse

Nach Seicht¹⁸⁹ wurden Kosten-Nutzen-Rechnungen ursprünglich im öffentlichen Bereich, für Investitionen der öffentlichen Hände entwickelt und eingesetzt. Heute bedient man sich ihrer auch im privatwirtschaftlichen Sektor, wie es auch üblicher geworden ist, im öffentlichen Sektor finanzwirtschaftliche Investitionrechnungskalküle dort einzusetzen, wo dies möglich und zweckmäßig ist.

Ziel der wirtschaftlichen Tätigkeit der öffentlichen Hände sollte die Maximierung der Wohlfahrt sein. Im Gegensatz dazu ist das Ziel privater erwerbswirtschaftlicher Tätigkeit, die Gewinnmaximierung.¹⁹⁰

Das Problem, dass die Kosten-Nutzen-Analyse lösen soll, ist die Einbeziehung jenes Nutzen in die Investitionsentscheidungsrechnung, der sich nicht einfach als Erlös aus dem Verkauf von Marktleistungen niederschlägt. Nutzen, der sich aber nicht am Markt quantifiziert, ist schwer zu fassen. Nutzen ist zudem stets etwas Subjektives, weil ein Gut, eine Dienstleistung bei verschiedenen Personen durchaus unterschiedlich geeignet ist, letztlich menschliche Bedürfnisse zu befriedigen.¹⁹¹

Der Unterschied von Kosten-Nutzen-Analysen zu üblichen Investitionsrechnungen besteht laut Seicht¹⁹² darin, dass man bei Kosten-Nutzen-Analysen nicht nur die in monetären Einheiten quantifizierbaren Vorteile und Nachteile eines Objektes in Ansatz bringt, sondern auch und vor allem seine nicht in monetären Einheiten quantifizierbaren Qualitäten (Vorteile, Nachteile) einer Bewertung (Punktesystem) zugänglich zu machen versucht, um so umfassender als konventionelle Investitionsrechnungen vermögen, die absolute und/oder relative Vorzüglichkeit eines Objektes zu ermitteln.

Das folgende Bild 3.17 stellt die Grobstruktur der Kosten-Nutzen-Analyse dar:

¹⁸⁹ vgl. [Seicht]; 176.

¹⁹⁰ vgl. [Seicht]; 176.

¹⁹¹ [Seicht]; 176.

¹⁹² vgl. [Seicht]; 177.

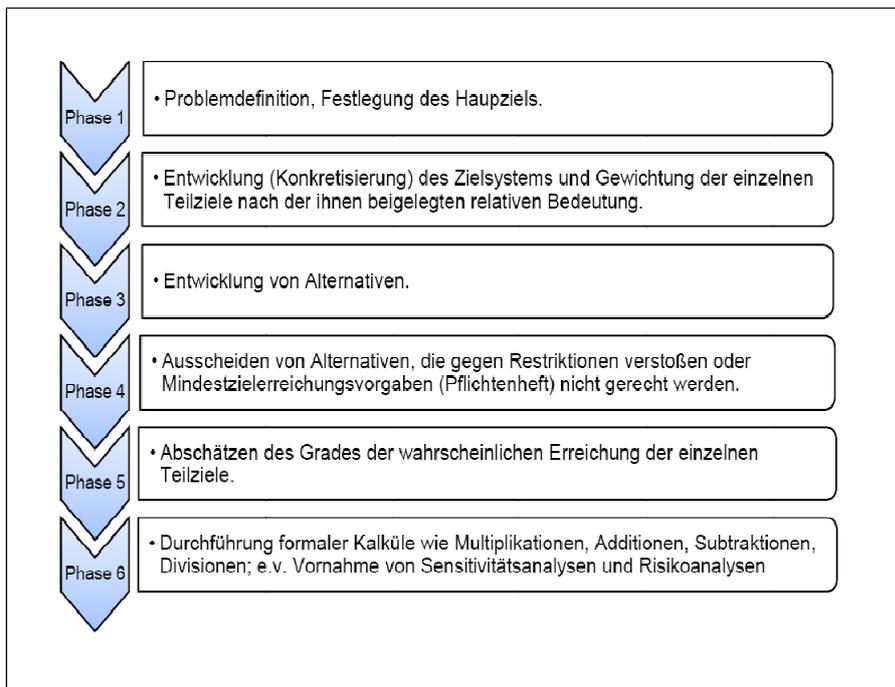


Bild 3.17 6 Phasen der Grobstruktur der Kosten-Nutzen-Analyse in Anlehnung an Seicht¹⁹³

Kosten-Nutzen-Analysen sind dynamische Analysen bzw. Kalküle und in der klassischen Form werden die in monetären Einheiten quantifizierbaren Vorteile (Nutzen) und Nachteile (Kosten) ermittelt und „unter dem Strich“ dieser in Geldeinheiten vorgenommenen Rechnung durch verbale Darlegungen über die nicht in monetären Einheiten quantifizierbaren Vorteile und Nachteile des Objektes (qualitative Beschreibungen) oder durch eine Punktbewertung ergänzt.¹⁹⁴

Kosten-Nutzen-Rechnungen (Cost-Benefit-Analysis) sind Kalküle, die der Vorbereitung oder der Kontrolle von Investitionsentscheidungen dienen. Sie werden dann eingesetzt, wenn man Investitionsentscheidungen möglichst rational, begründet treffen will, aber die konventionellen Investitionsrechnungsverfahren versagen, weil es für den aus dem Investitionsobjekt erwarteten Nutzen oder für einen Teil davon keinen marktwirtschaftlichen Maßstab (keine Erlöse) gibt.¹⁹⁵

¹⁹³ vgl. [Seicht]; 177.

¹⁹⁴ vgl. [Seicht]; 178.

¹⁹⁵ [Seicht]; 179.

3.11 Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse (Cost-Effectiveness-Analysis) ist ein Instrument zur Bewertung von Wirtschaftlichkeit von Projekten, deren Kosten zwar über Marktpreise ermittelt werden können, deren Nutzen jedoch nicht monetär gemessen werden kann (z.B. Menschenleben) oder deren monetäre Messung in der Gesellschaft umstritten ist.¹⁹⁶

Zur Verwendung und Abgrenzung dieser Methode ist zu sagen, dass sich diese von der Kosten-Nutzen-Analyse, die vor allem für die Bewertung von Projekten der öffentlichen Hand eingesetzt wird, unterscheiden lässt. Während bei dieser Art nur die Kostenkriterien monetär bewertet werden, werden bei der Kosten-Nutzen-Analyse auch die übrigen Kriterien in monetären Größen ausgedrückt. Auf der Inputseite (Kostenseite) entspricht das Verfahren der Kosten-Nutzen-Analyse mit dem Ansatz von Opportunitätskosten. Der Nutzen (Wirkung) geht dagegen anders als bei der Kosten-Nutzen-Analyse in nicht-monetären Einheiten in die Analyse ein. Vielmehr wird der Nutzen in physischen Größen dargestellt, die die Erreichung operationalisierbarer Subziele anzeigen. Die Wirkungen werden wie in einer Nutzwertanalyse nach einem gewichteten Punktesystem bewertet. Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse eignet sich besonders für jene Bewertungs- und Entscheidungssituationen, bei denen die Kosten eine wichtige Rolle spielen und deshalb getrennt ausgewiesen werden sollen.¹⁹⁷

Wie das Verfahren einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse aussieht, wird an dieser Stelle beschrieben.¹⁹⁸

Dieses Verfahren betrachtet als erstes die Kostenkriterien getrennt von den übrigen Kriterien, auch die Gewichtung entfällt hierbei. Die Zielerträge der übrigen Kriterien werden jedoch, bewertet und zur Wirksamkeit zusammengefasst. Auch werden die Wirksamkeits- und Kostenzahlen nicht addiert, sondern zueinander ins Verhältnis gesetzt. Als Ergebnis erhält man eine Kosten-Wirksamkeits-Kennziffer, die ausdrückt, mit welchen Kosten ein Punkt auf der Wirksamkeitsskala verbunden ist. Die Kennziffern ermöglichen eine eindeutige Rangfolge der Problemlösungen. Als Entscheidungsregel gilt, dass jene Lösungsalternative zu bevorzugen ist, welche den kleinsten Kosten-Wirksamkeits-Quotienten aufweist. Die Ergebnisse können dann graphisch dargestellt werden. Eine

¹⁹⁶ [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17²⁰Uhr.

¹⁹⁷ [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17²⁰Uhr.

¹⁹⁸ vgl. [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17³⁰Uhr.

hohe Wirksamkeit bei geringen Kosten fällt dabei in den positiven Bereich und umgekehrt.

Das folgende Bild 3.18 zeigt ein typisches Diagramm einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse.

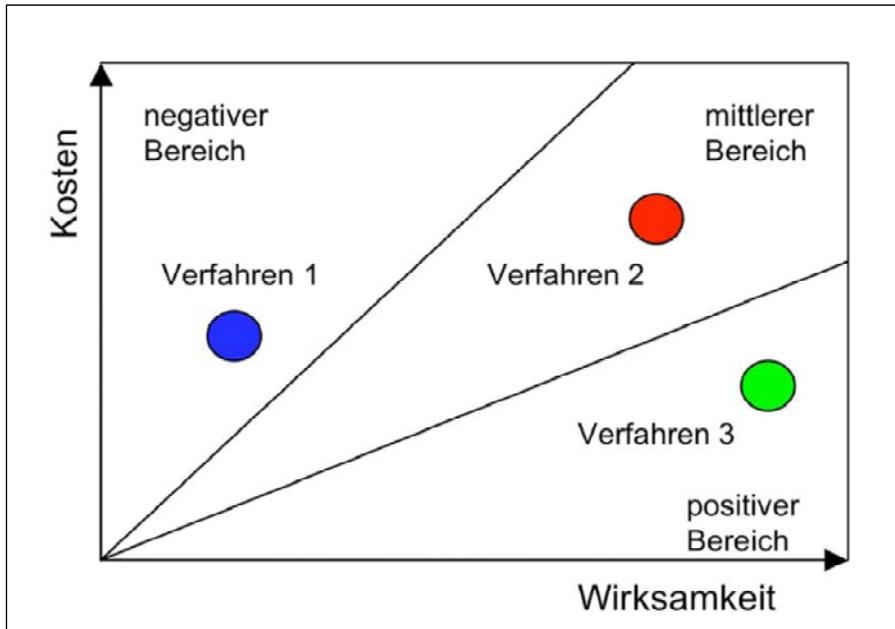


Bild 3.18 Diagramm einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse¹⁹⁹

Die Aufgabe dieser Analyse besteht darin, eine Maßnahme auswählen zu helfen. Dazu müssen zunächst Ziele und deren Maßeinheiten formuliert werden. Die Alternativen sind Mittel, mit deren Hilfe Ziele erreicht werden können. Die Kosten werden in Form von Opportunitätskosten ermittelt, da durch die Wahl einer speziellen Alternative bestimmte Ressourcen nicht mehr für andere Zwecke zur Verfügung stehen. Im Mittelpunkt der Kosten-Wirksamkeits-Analyse steht das Modell. Die Mittel der Darstellung können von mathematischen Gleichungen bis zu einer verbalen Beschreibung der Lage reichen. Die Aufgabe des Modells besteht darin, sowohl die Kosten, die jede Alternative verursacht, als auch den Umfang, bis zu dem jede Alternative zur Erreichung der Ziele beiträgt, vorauszusagen. Mit Hilfe eines Kriteriums werden Alternativen eingestuft, um die wünschenswerteste Wahl treffen zu können. Es liefert den Maßstab, mit dessen Hilfe die Kosten gegen ihre Wirksamkeit abgewogen werden können. Für die genaue Beschreibung der Durchführung

¹⁹⁹ [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17⁴⁰Uhr.

einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse in acht Schritten, wird auf den Internetdienst Wikipedia²⁰⁰ verwiesen. Um jedoch trotzdem einen Überblick über die einzelnen Punkte zu erhalten, sind diese in Bild 3.19 dargestellt.

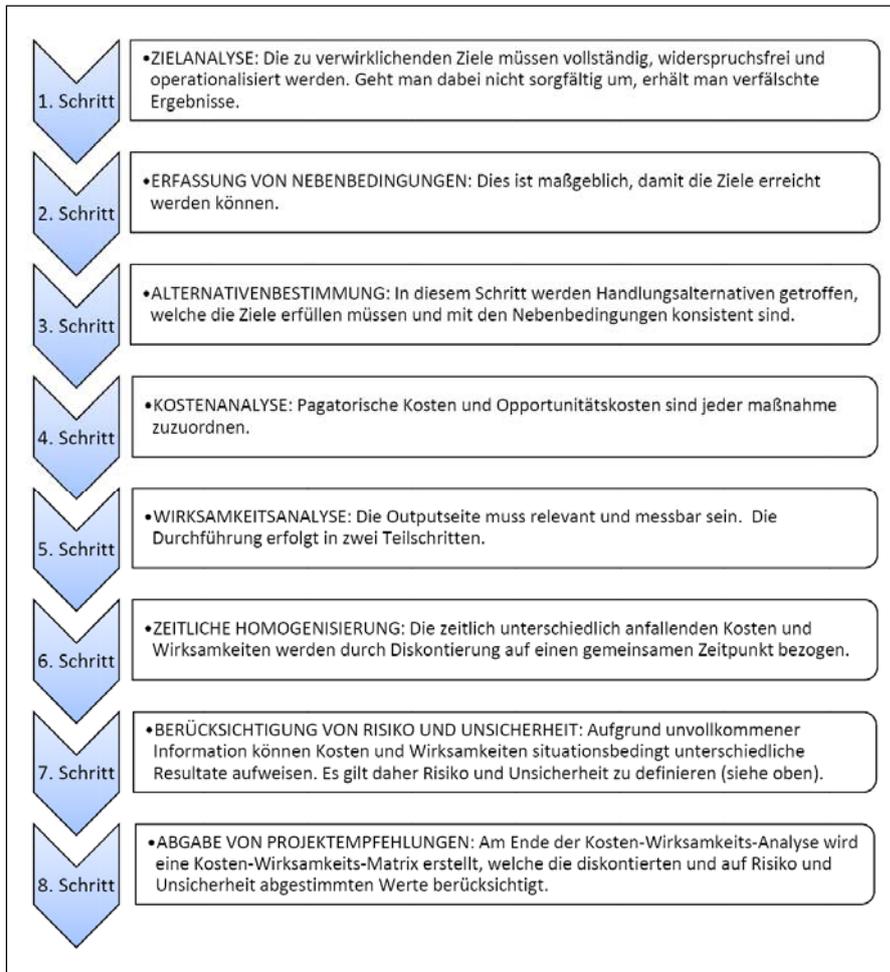


Bild 3.19 8 Schritte zur Durchführung einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse²⁰¹

²⁰⁰ vgl. [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17⁵⁰Uhr.

²⁰¹ vgl. [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17⁵⁰Uhr.

▪ **Fazit der Kosten-Wirksamkeits-Analyse**

Vorteile:²⁰²

- ♦ den Zwang und die Ziele klar zu definieren;
- ♦ eine hohe Transparenz und Nachvollziehbarkeit;
- ♦ eine Entscheidungshilfe für monetär schwer bewertbare Probleme.

Nachteile:²⁰³

- ♦ nur selten vollständiger Kriterienkatalog;
- ♦ das Ergebnis ist mitunter abhängig vom Personenkreis;
- ♦ manipulierbares Ergebnis durch Variation der Zielkriterien und Bewertung;
- ♦ der Entscheidungsträger muss intuitive Annahmen oder Werturteile vornehmen.

Für eine vertiefende Beschreibung dieser Methode wird auf Fachliteratur wie z.B. Schulte-Zurhausen verwiesen.

²⁰² [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17⁴⁰Uhr.

²⁰³ [www.wikipedia.org]; am 21.08.2009 um 17⁴⁰Uhr.

4 Bauprojektphasen in Bezug auf Verfahrensvergleiche

Bevor im nachstehenden näher auf die einzelnen Projektphasen eines Bauprojektes eingegangen wird, wird auf den in Bild 2.1 dargestellten Regelkreis der Arbeitsvorbereitung hingewiesen. Daraus ist ersichtlich, welche Projektphasen innerhalb eines Bauprojektes überhaupt auftreten. Diese einzelnen Projektphasen von der Planung bis zur Bauausführung werden auf den nächsten Seiten erklärt und beschrieben.

4.1 Planung und Ausschreibung

Lechner²⁰⁴ definiert den Begriff Planung als systematischen rationalen Entwurf, der ein erwünschtes Ziel und dessen Verwirklichung gedanklich vorwegnimmt, statt sein Eintreffen dem Zufall oder seine Herbeiführung der Intuition zu überlassen. Im Zuge der Planung werden Handlungsalternativen und zweckorientierte Entscheidungen genauso vorbereitet, wie inhaltliche Details der ausgewählten Projektziele skizziert und so festgelegt, dass sie mit optimalen Methoden und Verfahrensabläufen verwirklicht werden können.

In der Planungsphase von Bauprojekten, sollten nach Lang²⁰⁵ die verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten vom Planer bzw. der Planerin und dem Architekten bzw. der Architektin, bereits in Betracht gezogen werden. Dabei können der bzw. die Planer einen Kostenrahmen erstellen, welcher sich nicht nur auf den Werten der eingebauten Massen bezieht, sondern auch auf den Einsatz der möglichen Bauverfahren. Durch diese Auseinandersetzung in Bezug auf die Herstellung des Bauwerks und somit den einzelnen Bauverfahren, können durch den bzw. die Planer Verfahren ausgeschlossen oder empfohlen werden und in der Ausschreibung berücksichtigt werden. Dadurch könnten die Bieter eine exaktere und schnellere Kalkulation erarbeiten. Allerdings könnte sich eine Vorgabe des Verfahrens negativ im Hinblick auf Wettbewerbsverzerrung auswirken. D.h. einzelne Bieter könnten durch die Wahl eines speziellen Verfahrens, welches nur ihnen zugänglich ist, oder von Ihnen entwickelt wurde, bevorzugt werden. Damit wäre es theoretisch möglich, dass der bzw. die Planer gezielt auf einen bestimmten Bieter hindeuten bzw. diesen auch auswählen.

²⁰⁴ [Lechner]; 102.

²⁰⁵ vgl. [Lang]; 68.

Weiters ist die Wahl des Bauverfahrens primär von der Leistungsbeschreibung des Auftraggebers abhängig und das ausführende Unternehmen bzw. der Bieter hat somit nur begrenzte Einflussmöglichkeiten im Rahmen der Angebotsbearbeitung. Dies bedeutet, dass wenn die Leistung im Leistungsverzeichnis detailliert beschrieben ist, dem Bauunternehmen enge Grenzen für die Wahl des Verfahrens gesetzt sind. Je kleiner die Anzahl der Beschreibungsparameter, desto größer der Spielraum der Bieter für die Festlegung des Bauverfahrens. Gegebenenfalls ist es aber auch möglich, dass die verfahrenstechnische Ausführung einzelner Teilleistungen bei einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis völlig frei wählbar ist.²⁰⁶

Abwägen wird der bzw. die UnternehmerIn bei seiner bzw. ihrer Verfahrenswahl allerdings, welches Bauverfahren der Teilleistung(en) im Zusammenhang mit der übrigen geforderten Leistung zum preisgünstigsten Angebot führt. Durch den eigens geplanten Gestaltungsspielraum, steigt vor allem die Möglichkeit des Bieters, besonderes technisches Wissen in das Angebot einfließen zu lassen oder eine optimale Auslastung der Kapazitäten zu erreichen. Als Folge wird zwar eine stark unterschiedliche Kosten- und Preisstruktur in den jeweiligen Angeboten zu verzeichnen sein, jedoch kommen die Kostenvorteile aus Verfahrensoptimierungen über entsprechend günstige Angebotspreise dem Auftraggeber zugute. Eine funktionale Leistungsbeschreibung zielt aber auf diesen Effekt in ihrer Systematik ab. Bei Ausschreibungen mit Leistungsverzeichnis wird den Bietern aber auch oft daneben die Möglichkeit geboten, Änderungsvorschläge oder Nebenangebote einzureichen. Dies ist insbesondere bei Spezialbauarbeiten der Fall. Der Bieter wird aber bei Änderungsvorschlägen und Nebenangeboten gezwungen, gegenüber der ausgeschriebenen Leistung zusätzliche Planungsleistungen sowie eventuell Vollständigkeits- und Mengenrisiken für den von ihm modifizierten Teil zu übernehmen. Es könnte sich dadurch auch eine Änderung der Vertragsart ergeben. Daher sind die Angebotsbedingungen des Sondervorschlages vom Bieter sorgfältig zu formulieren und vom Auftraggeber gründlichst zu prüfen.²⁰⁷

²⁰⁶ vgl. [Gralla]; 143f.

²⁰⁷ vgl. [Gralla]; 143f.

4.2 Angebotsbearbeitung und Zuschlag

4.2.1 Angebotskalkulation

Leimböck²⁰⁸ beschreibt, dass die Kostenermittlung zur Preisfindung von Bauleistungen für die Erstellung eines Angebots, Gegenstand der Arbeitskalkulation ist. Die Angebotskalkulation wird im Sprachgebrauch auch Vorkalkulation genannt. Es hat sich aber auch der Terminus „Bauauftragsrechnung vor Auftragserteilung“ eingebürgert.

Grundlage für die Erstellung der Angebotskalkulation ist die Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, in dem die einzelnen Teilleistungen (z.B. Fundamentaushub, Mauerwerk, Stahlbetondecken) eines Bauprojektes nach Positionen geordnet beschrieben sind.

Verwendet man für die Leistungsbeschreibung ein sogenanntes funktionales Leistungsprogramm, in dem im Wesentlichen die Nutzungs- und Qualitätsanforderungen an das Bauprojekt vorgegeben sind, so muss der Bieter in aller Regel zur Erstellung der Angebotskalkulation ein individuelles Leistungsverzeichnis aufstellen.

Als Grundlage der Angebotskalkulation müssen alle erforderlichen Planungsunterlagen vorhanden sein. Aus diesen Planungsunterlagen wird im Zusammenhang mit dem Leistungsverzeichnis zunächst das sogenannte Mengengerüst der Bauleistung errechnet, d.h. es werden die genauen Massen ermittelt, wie z.B. m³ Beton der verschiedenen Güteklassen, m² Schalung, t Bewehrungsstahl, m³ Erdaushub. Die eigentliche Problematik der Kalkulation besteht darin, die Aufwandswerte für die einzelnen zu erstellenden Teilleistungen zu kennen.²⁰⁹

Hochmaier²¹⁰ berichtet zum Thema Angebotskalkulation, dass wesentliche Kostenparameter beim Erbringen von Bauleistungen entsprechenden Zufallsgrößen oder zufallsbedingten Einflüssen unterworfen sind. So sind die personelle Zusammensetzung und die Leistung der Arbeitspartien zum Zeitpunkt der Kalkulation oft unbekannt. Auch Einflüsse wie z.B. die Beschaffenheit des Bodens und das Wetter, sowie Parameter in Bezug auf die Konstruktion oder der Leistungsgrad der Geräte, lassen sich oft nur schätzen. Je genauer es gelingt zu kalkulieren, desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass die Ist-Kosten einer Baustelle den kalkulierten

²⁰⁸ vgl. [Leimb.]; 2.

²⁰⁹ [Leimb.]; 11.

²¹⁰ vgl. [Hochm.]; 85ff.

Kosten entsprechen. Damit wird das Risiko gesenkt und das Bauwerk kann letztendlich billiger angeboten werden. Daher werden immer Unsicherheitsfaktoren berücksichtigt, welche der Ausschreibende verursacht und die auch nur dieser vermeiden kann. D.h. es kann sich z.B. die Frage stellen, ob das gewählte Bauverfahren auch wirklich das Richtige ist, oder ob man wegen bestimmter Umstände doch einem teureren Bauverfahren den Vorzug gibt. Man kann aber davon ausgehen, dass die Genauigkeit der Kalkulation durch folgendes erreicht werden kann:

- bessere Arbeitsvorbereitung;
- Auswahl geeigneter Bauverfahren;
- Koordination der Arbeitsabläufe;
- bessere Nachkalkulation.

Laut Leimböck²¹¹ wird Arbeitsvorbereitung immer betrieben, schon in der Phase der Angebotsbearbeitung, erst recht bei der Vorbereitung der eigentlichen Baudurchführung und schließlich beim nachträglichen Durchdenken und Aufarbeiten eines abgeschlossenen Bauvorhabens. Immer öfter verlegt man die technische Gedankenarbeit für die Ausführung eines Bauvorhabens ins Büro, wo der eigentliche Bauprozess ingenieurmäßig durchexerziert wird, um das Improvisieren auf der Baustelle weitgehend zu reduzieren (dafür bleibt dann immer noch genügend Spielraum, weil vieles anders läuft, als es eigentlich geplant war!). Die Steuerung des Bauprozesses muss aus der Hektik des Baustellenbetriebes herausgenommen und in die „Denkfabrik“ der Niederlassung verlegt werden. Es gibt durchaus Baustellen, bei denen die Arbeitsvorbereitung mehr Zeit in Anspruch nimmt als nachher die Ausführung – ein Beweis dafür wie gründlich die Arbeit vorbereitet wird. Folgende Teilplanungen sind von der Arbeitsvorbereitung durchzuführen:

- die Verfahrensplanung;
- die Personal- und Geräteeinsatzplanung;
- die Terminplanung;
- die Materialeinsatzplanung;
- die Baustelleneinrichtungsplanung.

Eine genaue Beschreibung dieser Teilplanungen ist der Literatur von Leimböck²¹² zu entnehmen.

²¹¹ vgl. [Leimb.]; 12.

²¹² [Leimb.]; 12f.

Sehr oft erledigt der Kalkulant bzw. die Kalkulantin die Arbeitsvorbereitung (im Sinne von Ablauf-, Kapazitätsüberlegungen, usw.) für die Kalkulation, was aber meistens aufgrund der kurzen Ausschreibungsfristen zu einem zusätzlichen Zeitdruck führt. Durch die Anwendung gewisser Bauverfahren, wie z.B. bei komplizierten Einsätzen von modernem Schalgerät, ist dieses Vorgehen fast nicht mehr möglich. Es ist daher vorteilhaft, diese Arbeitsvorbereitung zeitlich parallel von entsprechenden Spezialisten durchführen zu lassen und die gewonnenen Werte dann der Kalkulation zur Verfügung zu stellen. Dies verbessert auch die Kalkulationsgenauigkeit. Hauptzweck der Arbeitsvorbereitung ist jedoch die Erarbeitung von Rationalisierungsmöglichkeiten, welche es erlauben billiger anzubieten.

In diesem Sinne ist jedoch die Auswahl geeigneter Bauverfahren und Arbeitsvorgänge nicht immer möglich und eine Steigerung der Kalkulationsgenauigkeit ist dann zu erzielen, wenn präzisere Leistungsannahmen oder die Verringerung des Ausführungsrisikos erwartet werden kann.²¹³

4.2.2 Auftragskalkulation

In der Literatur wird der Begriff Auftragskalkulation, häufig auch als Vertragskalkulation bezeichnet. Verhandlungen vor Auftragserteilung können, zwischen dem Auftraggeber und den potentiellen Auftragnehmern stattfinden. Verhandlungsgegenstände dabei können sein:²¹⁴

- zusätzliche oder wegfallende Teilleistungen;
- Fragen zur Preisgleitklausel;
- Festlegung von Wahlpositionen;
- Gewähren von Nachlässen.

Die Ergebnisse dieser Verhandlungen werden in die Vertrags- bzw. Auftragskalkulation eingearbeitet.

Grundlage der Vertragskalkulation, ist also die Veränderungen aus den Vertragsverhandlungen in die Angebotskalkulation einzuarbeiten. Ziele dabei sind:²¹⁵

- festgeschriebene Planwerte als oberste Vergabegrenze;

²¹³ vgl. [Hochm.]; 85ff.

²¹⁴ [Leimb.]; 2.

²¹⁵ vgl. [Leimb.]; 116.

- Festlegen der Plan-Herstellkosten;
- Festlegen des Plan-Deckungsbeitrages;
- Festlegen des Plan-Ergebnisses.

Lang²¹⁶ beschreibt in diesem Zusammenhang auch, dass aktuelle Erkenntnisse aus der Arbeitsvorbereitung, sich im Vergleich zur Auftragskalkulation erheblich auf die Soll-Vorgaben der Bauausführung auswirken können. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse beziehen sich auf die tatsächlich ausgewählten Bauverfahren, einen objektiv beurteilten Bauablauf, die Vergabe der Nachunternehmer, usw.

²¹⁶ vgl. [Lang]; 71.

4.3 Arbeitsvorbereitung

Schmidt²¹⁷ beschreibt, dass unter dem Begriff Arbeitsvorbereitung alle planerischen Maßnahmen verstanden werden, die in der bauausführenden Unternehmung zur Vorbereitung und Kontrolle der Fertigung auftragsabhängig vorgenommen werden müssen. Aufgabe der Arbeitsvorbereitung ist das Ingangsetzen der Arbeitsaufträge und ihre Überwachung. Arbeit vorbereiten bedeutet in der Bauunternehmung, dafür zu sorgen, dass geeignete:

- Arbeitskräfte;
- Betriebsmittel;
- und Baustoffe in ausreichender Menge, zum richtigen Zeitpunkt am rechten Ort zur Verfügung stehen.

Ist dies der Fall, kann eine optimale Wirtschaftlichkeit, welches Ziel aller betriebswirtschaftlichen Planungen ist, erreicht werden. Zum besseren Überblick dieser Vorgaben, dient Bild 4.1.

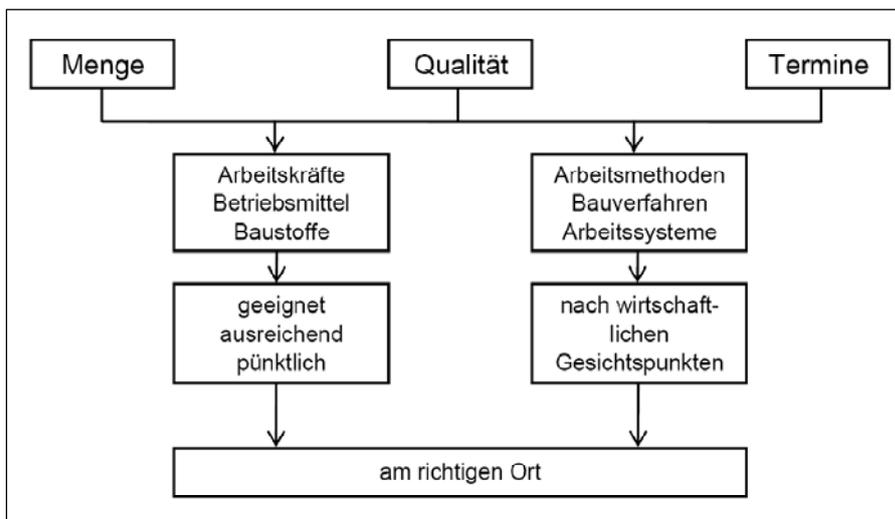


Bild 4.1 Vorgaben für die Arbeitsvorbereitung²¹⁸

Nagel²¹⁹ beschreibt, dass die Arbeitsvorbereitung in der Bauwirtschaft ein eher stiefmütterlich behandelter Teil des Managements ist, obwohl Bedeutung und zu erreichende Effekte unbestritten sind. Deshalb ist es

²¹⁷ vgl. [Schmidt1]; 38.

²¹⁸ [Brech.]; 100.

²¹⁹ vgl. [Nagel]; 106.

umso unverständlicher, dass selbst einfache Denk- und Handlungsmuster, die jeder im täglichen Leben anwendet, so wenig genutzt werden. Die Annahme, dass die Arbeitsvorbereitung aufgrund vielfältiger Störungen während des Bauablaufes überflüssig ist, ist falsch. Vielmehr ist die Arbeitsvorbereitung notwendig, um überhaupt auf Störungen sinnvoll reagieren zu können.

Schmidt²²⁰ weist ausdrücklich darauf hin, dass kein Zweifel darin bestehen kann, dass nur Planung und auf Sie aufbauende Organisation bei komplizierten Vorgängen eine Minimierung von Störungen, Terminsicherheit und Wirtschaftlichkeit gewährleisten können. Weiters gehört neben der Vorausplanung des Bauablaufes auch die Steuerung und Kontrolle der Bauproduktion zu den wesentlichen Bestandteilen der Arbeitsvorbereitung. Nur damit kann sichergestellt werden, dass Abweichungen vom geplanten Ablauf rechtzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen ergriffen werden können.

4.3.1 Ziele, Sinn und Zweck der Arbeitsvorbereitung

Das eingangs erwähnte Ziel, geeignete Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Baustoffe, in ausreichender Menge, zum richtigen Zeitpunkt und am rechten Ort anzutreffen, stellt das Hauptziel der Arbeitsvorbereitung dar. Teure Improvisationen und unproduktive Warte- und Stillstandszeiten sowie gegenseitige Behinderungen sollen weitgehend vermieden werden. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn umfangreiche, sinnvoll strukturierte Vorarbeiten geleistet werden. Eine weitere Unterteilung der Ziele, trifft Nagel²²¹ nach:

▪ Interne Ziele

Als interne Ziele der Bauunternehmung werden verfolgt:

- ♦ die Beweissicherung zum Zustand nachbarlicher Bebauung, um spätere ungerechtfertigte Ansprüche abwenden zu können;
- ♦ das Bereitstellen der Planunterlagen und sonstigen, für die Ausführung wichtigen Informationen und zwar zu einem Zeitpunkt, dass die Materialbestellung, die Vorfertigung von Bauelementen und die zügige Baudurchführung ohne wesentliche Rückfragen möglich sind;

²²⁰ vgl. [Schmidt1]; 38.

²²¹ vgl. [Nagel]; 107ff.

- ◆ die genaue Klärung, welche Leistungen für den vereinbarten Preis zu erbringen sind (Bauinhalt);
 - ◆ die sichere vertragliche Bindung und Führung der Nachunternehmer;
 - ◆ die Optimierung der Bauverfahren und Abläufe bei sicherer Qualitätserfüllung;
 - ◆ die Abschätzung der Einflüsse (Baumstände) von Verkehr, Witterung, Arbeitsraumgröße, Lager- und Zufahrtsflächen;
 - ◆ die Erfüllung der behördlichen Auflagen, gesetzlichen Bestimmungen und Unfallverhütungsvorschriften;
 - ◆ das Vordenken des Bauablaufes durch Bauleiter und Poliere ermöglicht es bei Störungen geeignete Handlungsvarianten schnell zu finden;
 - ◆ die Motivation und Produktivität werden unmittelbar entwickelt und gesteigert, durch überschaubare klar gegliederte Aufgaben, Vermeidung von Störungen und Wartezeiten, ständig steigende Qualität (ohne Zerstörung bereits geleisteter Arbeiten) Vermeiden von Improvisationen;
 - ◆ der notwendige Mitarbeiter- und Maschineneinsatz muss im Zusammenhang mit den anderen Projekten so gestaltet werden, dass Leistungsspitzen und Phasen zu geringer Auslastung frühzeitig erkannt und rechtzeitig ausgeglichen werden können.
- **Ziele in der Außenwirkung**
Ein nicht zu unterschätzender Wettbewerbsfaktor ist eine perfekte Organisation, die sich ausdrückt in:
- ◆ geordneten Ablaufen;
 - ◆ kompetenter Bauführung;
 - ◆ rationeller Arbeitsweise.

Dieser muss auch deshalb immer weiter entwickelt werden, da im Vergleich der Bauunternehmen der Preis nicht das alleinige Unterscheidungsmerkmal bleibt.

Brecheler²²² definiert die Ziele wesentlich kompakter, welche durch die Arbeitsvorbereitung erreicht werden können:

²²² [Brech.]; 102.

- ◆ Kostensenkung;
- ◆ Einhaltung aller Termine;
- ◆ Optimierung der Organisation.

4.3.2 Einordnung der Arbeitsvorbereitung – Grobstruktur

Für die Erstellung der Pläne ist die Arbeitsvorbereitung genauso wichtig, wie für die Bauausführung. Eine gut organisierte Arbeitsvorbereitung begleitet die gesamte Bauabwicklung, wobei Unterschiede je nach Phase in den Zielen, Methoden und sinnvollen Genauigkeiten bestehen. Wie die Arbeitsvorbereitung in den Phasen der Projektabwicklung aussieht, ist in Bild 4.2 dargestellt.

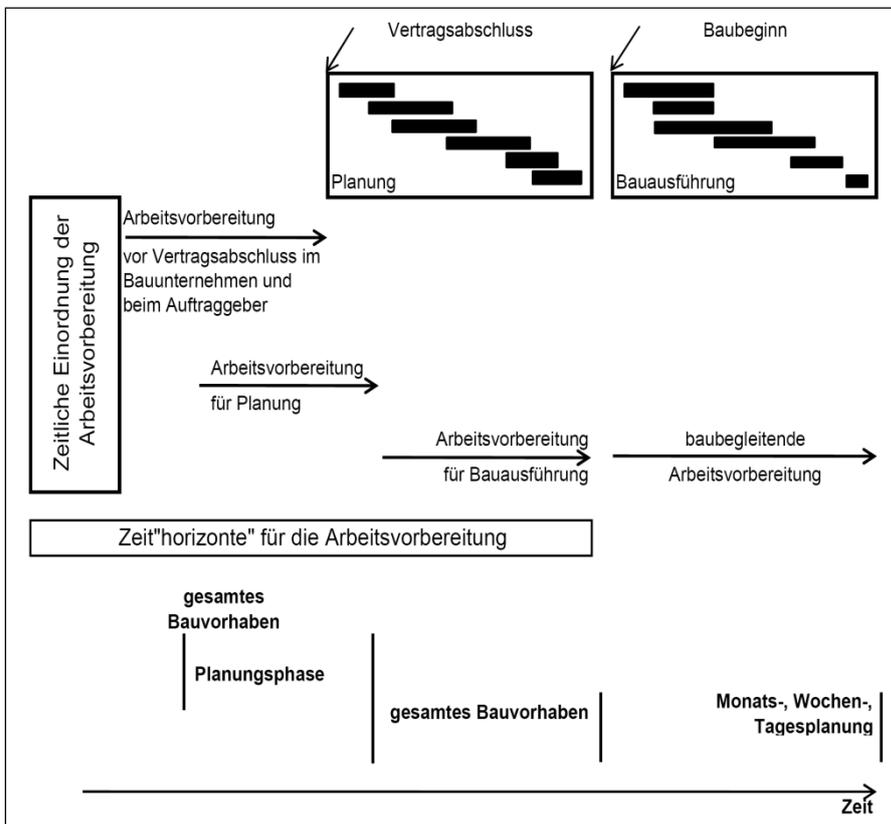


Bild 4.2 Arbeitsvorbereitung in allen Phasen der Projektentwicklung²²³

²²³ [Nagel]; 109.

Bereits vor Vertragsabschluss wird bewusst oder unbewusst eine Arbeitsvorbereitung durchgeführt, indem Leistungsumfang und Baumstände so erfasst werden, dass:²²⁴

- ein wettbewerbsfähiger Preis gebildet werden kann;
- bei Zuschlag sich keine unangenehmen Überraschungen ergeben.

Deshalb werden vor und nach Vertragsabschluss einzelne Schritte ähnlich zu vollziehen sein, jedoch mit unterschiedlicher Genauigkeit. In Tabelle 4.1 ist die Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen dargestellt.

Tabelle 4.1 Arbeitsvorbereitung im Bauunternehmen²²⁵

Arbeitselemente	Arbeitsvorbereitung vor Vertragsabschluss für Preisbildung und Vertragsverhandlung	Arbeitsvorbereitung nach Vertragsabschluss vor Baubeginn
Sichtung der Unterlagen - vollständig? - richtig? - plausibel? - Unklarheiten - Widersprüche	Ausschreibungsunterlagen	Auftragsunterlagen
Analyse der Baustellenbedingungen	besondere Situationen	Beweissicherung
Fertigungsverfahren	Grobkonzept einschl. grobe Abschätzung der Verfahrensparameter	Optimierung
Fertigungsorganisation	Plausibilitätsprüfung der Abläufe	optimalen Ablauf ermitteln
Kalkulation	- Mengenermittlung - Angebotspreis bilden	- Mengenermittlung - Ausführungskalkulation - Vorgabe für die Baustelle

In Anlehnung an Bild 4.2 und Tabelle 4.1 wird an dieser Stelle kurz auf die Arbeitsvorbereitung in den jeweiligen Projektphasen eingegangen.

²²⁴ [Nage]; 109.

²²⁵ [Nage]; 110.

Die Vorgänge welche in den einzelnen Phasen auftreten, werden nachstehend in Anlehnung an die Literatur von Nagel²²⁶ beschrieben und erklärt.

▪ **Arbeitsvorbereitung vor den Bauarbeiten**

In dieser Phase muss selbstverständlich die Arbeitsvorbereitung für den Planungsprozess liegen. Dazu gehören z.B. die:

- ◆ Ausführungsplanung mit zeichnerischen Darstellungen, Koordinierung der Fachingenieure und Fortschreiben der Planunterlagen;
- ◆ Vorbereitung der Vergabe mit Mengenermittlung, Erstellen der Leistungsbeschreibungen und Koordinierung der fachlich Beteiligten;
- ◆ Mitwirkung bei der Vergabe (bzw. die eigene Vergabe je nach Vertragstyp) mit Einholen von Angeboten, Prüfen und Werten der Angebote und Verhandlungen mit den Bietern.

Die Erfahrung zeigt, dass auch die geistig schöpferischen Arbeiten in bestimmten vorgegebenen Zeiten erbracht werden können und müssen, wenn die Wirtschaftlichkeit der Planungsbüros nicht infrage gestellt sein soll. Architekten, Fachplaner und Bauunternehmer (insbesondere im Schlüsselfertigen Bauen) sollten die Leistungen der anderen am Bau Beteiligten grob abschätzen (Arbeitszeitaufwand, Zeitraum im Kalender) und in ihren Planungen berücksichtigen.

▪ **Arbeitsvorbereitung während der Vertragsverhandlungen**

In dieser Phase muss durch eine einfache Plausibilitätsprüfung ermittelt werden, ob die vorgesehenen Ziele überhaupt erfüllt werden können. Dies betrifft insbesondere die vorgesehene Bauzeit.

▪ **Arbeitsvorbereitung nach Vertragsabschluss**

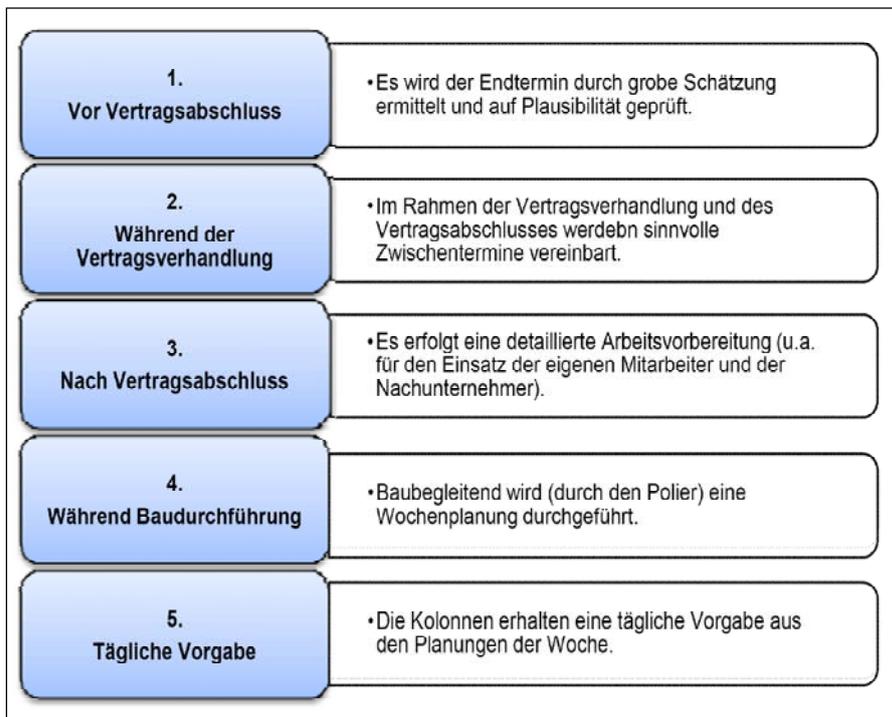
Ab diesem Zeitpunkt wird eine sehr viel genauere Arbeitsvorbereitung notwendig. Dafür sind folgende Gründe ausschlaggebend:

- ◆ die zu erbringende Leistung ist jetzt klarer beschrieben;
- ◆ der nun zu betreibende Aufwand für die Arbeitsvorbereitung macht sich auf alle Fälle bezahlt (in der Angebotsphase bestand noch das Risiko, den Auftrag gar nicht zu erhalten);

²²⁶ vgl. [Nagel]; 109ff.

- ♦ in der Vertragsverhandlung sind häufig Veränderungen vorgenommen worden, die sich nicht formal zuordnen lassen (z.B. pauschale Nachlässe auf den Gesamtpreis);
 - ♦ der Bauunternehmer hat einen Handlungsspielraum, welchen er nicht nur ausnutzen kann (eigene Leistung / Vergabe an Nachunternehmer), sondern er wird in diesem Rahmen auch Optimierungen vornehmen und Kostenbestandteile gegeneinander verschieben (z.B. höherwertiges Material oder Fertigteile, um Arbeitslohn auf der Baustelle einzusparen).
- **Arbeitsvorbereitung während der Baudurchführung**
- Hier ist eine ständige Arbeitsvorbereitung notwendig. Ursachen dafür sind:
- ♦ Kommt es zu Veränderungen oder Störungen, erfordert dies mitunter Veränderungen in der Fertigungstechnik oder der Fertigungsorganisation, um das ursprünglich gesteckte Ziel zu erreichen. Für diese Fein-Steuerung ist die detaillierte Arbeitsvorbereitung erst baubegleitend möglich.
 - ♦ Der Zeithorizont, welchen erfahrene Bauingenieure sicher und detailliert vorausschauen können, beträgt 2 bis 4 Wochen. Größere Zeiträume sind nur sehr schwer möglich, entziehen sich aber der Vorstellung im Detail.
Der Zeithorizont unterscheidet sich aber je nach Berufsgruppe. So ist z.B. für Poliere auf der Baustelle die Woche der geeignete Zeithorizont, für einzelne gewerbliche Mitarbeiter der Tag. Eine auf diese Zeiträume detailliert bezogene Arbeitsvorbereitung ist nicht vorab für das ganze Bauvorhaben sinnvoll. deshalb wird die Monats-, Wochen- und Tagesplanung als Detailplanung baubegleitend durchgeführt.

Somit ergibt sich aus den bisher beschriebenen Phasen der Arbeitsvorbereitung folgendes Bild 4.3.

Bild 4.3 Arbeitsvorbereitung in den einzelnen (Bau)-Projektphasen²²⁷

4.3.3 Grobstruktur der Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitung enthält Komponenten (Verfahrensauswahl, Ablauforganisation), die in mehreren Schritten mit zunehmender Genauigkeit immer wieder bearbeitet werden müssen. Wie sich die einzelnen Schritte nach Vertragsabschluss zusammensetzen ist aus Tabelle 4.2 ersichtlich.²²⁸

²²⁷ vgl. [Nagel]; 111.

²²⁸ [Nagel]; 112.

Tabelle 4.2 Schrittfolge der Arbeitsvorbereitung nach Vertragsabschluss

Schritte	Beispiele für Verfahrensauswahl und Ablaufplan
Grobplanung	<ul style="list-style-type: none"> • grundsätzliche Verfahrensfestlegung - monolithische Fertigung oder Montage - offene Baugrube oder Tunnel (z.B. U-Bahn) • Organisationsgrundsätze - Linienfertigung - Taktfertigung
Verfahrens- und Ablaufoptimierung	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinenauswahl • Baustellenrichtungsplan • Ermittlung der bauzeitbestimmenden Arbeiten (kritischer Weg)
kurzfristige Planung	<ul style="list-style-type: none"> • Wochen- und Tagesplanung • Maschinendisposition • Einteilung der Mitarbeiter

Selbstverständlich wird es abhängig von der konkreten Bauaufgabe sein, nicht starr bei diesen Schritten zu bleiben, aber die beiden Elemente Fertigungstechnik und Fertigungsorganisation (räumlich und zeitlich) werden immer zu bearbeiten sein. Dazu gehören Arbeiten wie:²²⁹

- Optimierung hinsichtlich:
 - ♦ Verfahren/Fertigungstechnik;
 - ♦ Organisation/Fertigungsorganisation;
 - ♦ Baustelleneinrichtung/räumliche Ordnung.

Ziele dabei sind die Anforderungen des Bauherrn zu erfüllen, die Kosten zu minimieren, Probleme im Ablauf zu verhindern, Unfallverhütungsvorschriften einzuhalten und Umweltbelastungen zu minimieren.

- Beschaffung, Aufbereitung und Weitergabe von Informationen hinsichtlich:
 - ♦ Kosten-, Termin- und Qualitätszielen;
 - ♦ Situationen auf der Baustelle (Verkehr, Nachbarn etc.);
 - ♦ Planung, vertragliche Vereinbarung und Abruf von Mitarbeitern, Maschinen und Material.

²²⁹ vgl. [Nagel]; 112.

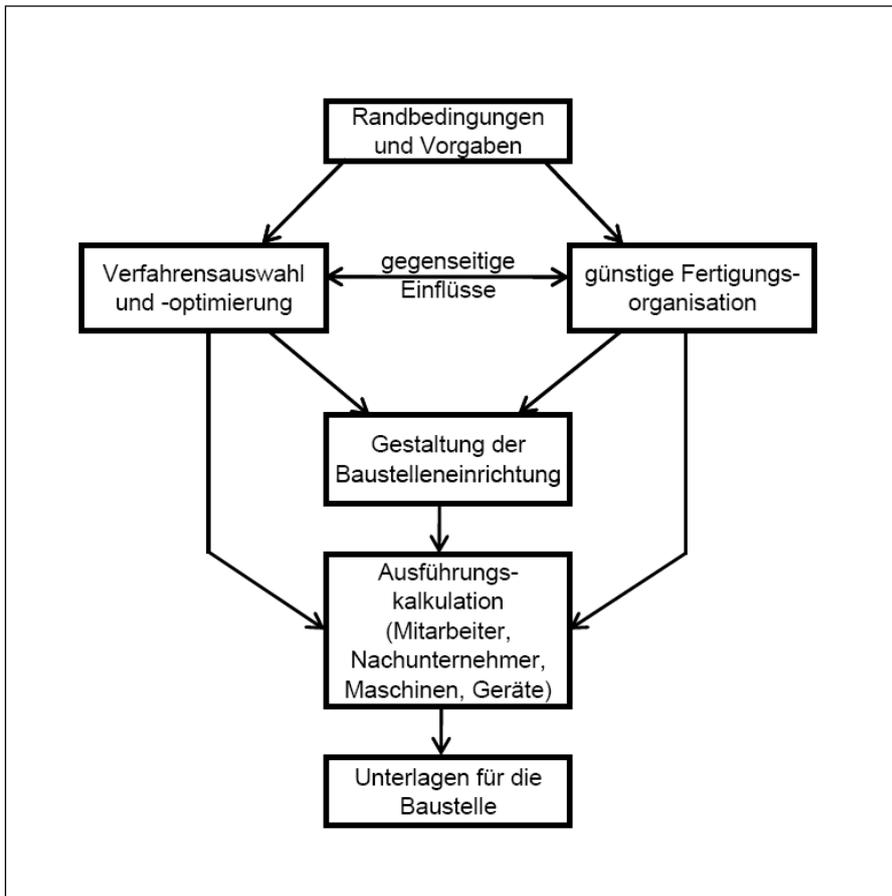


Bild 4.4 Abhängigkeit Fertigungstechnik und Fertigungsorganisation²³⁰

Bild 4.4 zeigt, dass die Optimierungsaufgabe (Fertigungstechnik und Fertigungsorganisation) in mehreren Stufen gelöst und eine einseitige Betrachtung vermieden werden muss.

Legt man sich zu früh für ein Fertigungsverfahren fest, so schränkt das die Optimierungsmöglichkeiten ein bzw. bringt bei späteren Veränderungen nur noch geringe Erfolge.

Bei der Optimierung müssen jene Kosten unterschieden werden, welche

- **fallen:** (z.B. Stillstandszeiten aus gegenseitiger Behinderung zu vieler Mitarbeiter);
- **steigen:** (z.B. Vorhalten des Kranes);

²³⁰ [Nage]; 113.

- **konstant bleiben:** (z.B. Auf- und Abbauen des Kranes).

Die Ergebnisse der Arbeitsvorbereitung müssen die in Tabelle 4.3 genannten Anforderungen erfüllen:

Tabelle 4.3 Anforderungen an die Ergebnisse der Arbeitsvorbereitung²³¹

	Kosten	Termineinhaltung	Qualität
Verfahren	kostengünstigstes Verfahren	Prüfung, ob Verfahrensleistung ausreicht	Prüfung, ob alle Qualitätsanforderungen durch das Verfahren erfüllbar sind.
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> • Ablauforganisation so, dass Verluste vermieden werden? • Kostengünstigste Bauzeit? 	Ablauforganisation mit Reserven oder Puffern?	Wird durch den Ablauf eine kumulierte Qualitätsentwicklung gesichert?

Weiters ist es auch unbedingt notwendig den Bauvorgang zu optimieren, damit eingesetzte Kapazitäten gleichmäßig ausgenützt und Stehzeiten vermieden werden können. Man spricht in diesem Fall auch von einer Kapazitätenoptimierung. Überlegungen hinsichtlich des Bauverfahrens, Anzahl der Arbeitskräfte, Anzahl der Fertigungsabschnitte, Taktfertigung oder Fließfertigung, etc. sind Schritte, welche zu einer Optimierung führen können.²³²

Toussaint²³³ beschreibt auch, dass der zeitliche Kapazitätsverlauf einer Baustelle eine wichtige Rolle spielt. Anders als bei der industriellen Fertigung, ist im Bauwesen ein absolut optimaler Einsatz, also volle Kapazität von Baubeginn bis Bauende nie möglich. Eine Baustelle entwickelt sich am Anfang, was bedeutet, dass Arbeit aufgewendet werden muss, um mehr Arbeitsplätze bzw. Einsatzmöglichkeiten bereitzustellen. Danach stellt sich eine mehr oder weniger lange Hauptbauzeit mit vollem Einsatz einer angenommenen Kapazität ein und gegen Bauende wird ein Bauteil nach dem anderen fertig und es schwinden dadurch die Einsatzmöglichkeiten. Dieser Ablauf ist in Bild 4.5 dargestellt:

²³¹ [Nagel]; 113.

²³² vgl. [Nagel]; 113.

²³³ vgl. [Touss.]; 5.

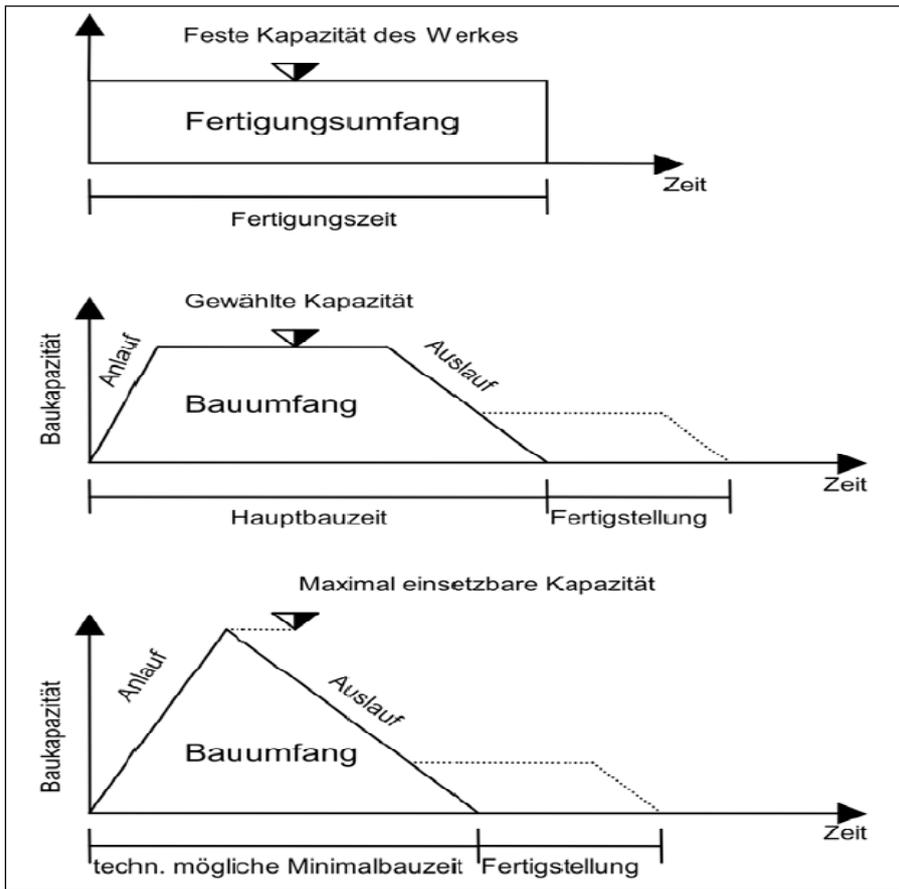


Bild 4.5 Zeitlicher Kapazitätsverlust einer Baustelle²³⁴

Hofstadler²³⁵ beschreibt in Bezug auf die Bauablaufplanung und Logistik in Zusammenhang mit den Kapazitäten, dass die Bauunternehmung aufgrund der vorhandenen Informationen auf der Ebene der Unternehmensleitung die einzelnen Baustellen so koordinieren kann, dass diese gleichmäßig ausgenutzt sind, und so mit Minimalkosten produziert werden kann. Schwankungen im Auftragseingang sowie im Auftragsvolumen sind nicht zu vermeiden und stören oft die optimale Verteilung und Auslastung der Ressourcen.

²³⁴ [Touss.]; 6.

²³⁵ vgl. [Hofst. 1]; 34ff.

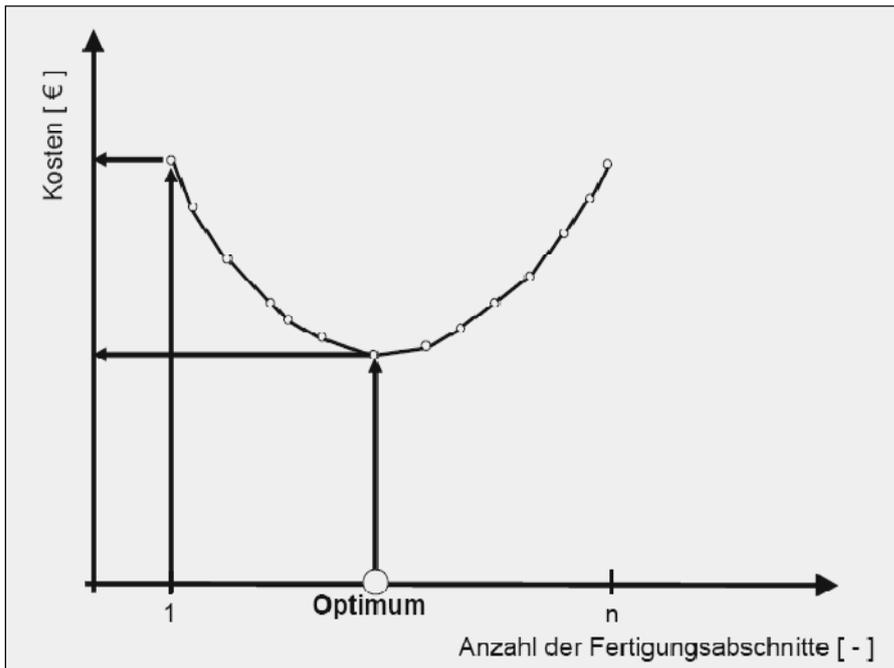


Bild 4.6 Kostenminimum eines Projektes in Abhängigkeit von der Anzahl der Fertigungsabschnitte²³⁶

In Bild 4.6 ist das Ziel, welches mit der Ablaufplanung und der damit einhergehenden Optimierung erreicht werden soll, schematisch dargestellt. Es ist zu erkennen, dass auf der Abszisse die Anzahl der Fertigungsabschnitte und auf der Ordinate die Kosten aufgetragen sind. Jeder Punkt in der Grafik ist dabei das Ergebnis eines umfassenden Berechnungsdurchgangs der Kosten. Im Zuge der Optimierung, z.B. der Stahlbetonarbeiten für ein Bauwerk, werden für jede Berechnung die Lohn-, Geräte- und Baustoffkosten für die Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten für eine bestimmte Anzahl an Fertigungsabschnitten berechnet. Die Baustellengemeinkosten, die wesentlich von der zur Verfügung stehenden Bauzeit beeinflusst werden, sind ebenfalls zu berücksichtigen. Die einzelnen Punkte werden zu einer Kurve verbunden. Wesentlich dabei ist die Teilbarkeit des Bauwerks bzw. Bauteils in Fertigungsabschnitte. Mit steigender Anzahl an Fertigungsabschnitten verringert sich z.B. bei Scharbeiten die Vorhaltemenge für die Deckenschalung. Die Kosten

²³⁶ [Hofst. 1]; 34.

für die erforderlichen Arbeitsfugen zwischen den Fertigungsabschnitten steigen mit der Anzahl der Abschnitte.²³⁷

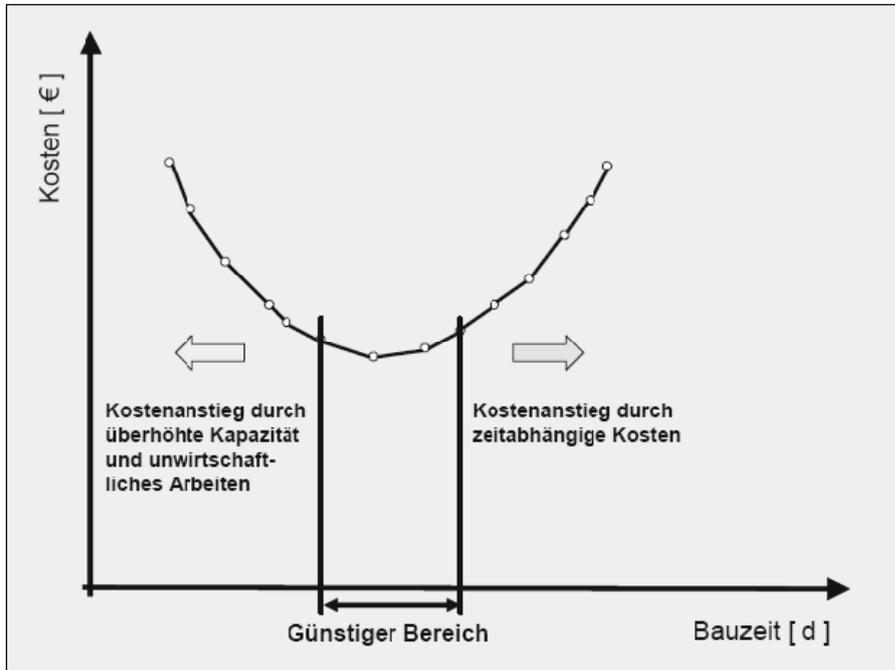


Bild 4.7 Günstiger Bereich im Zusammenhang mit Bauzeit und Kosten²³⁸

Durch Optimierungen, also dem verändern der Eingabeparameter, soll jene Anzahl an Fertigungsabschnitten gefunden werden, bei der das Kostenminimum für die Bauausführung erzielt wird. Links und rechts des Kostenminimums, steigt die Kurve mit steigender bzw. fallender Anzahl an Fertigungsabschnitten wieder an (vgl. Bild 4.7). Als günstigster Bereich, gilt jener neben dem Ort des Kostenminimums.²³⁹

4.3.4 Aufgaben der Arbeitsvorbereitung

Die Aufgaben der Arbeitsvorbereitung sind in einer Bauunternehmung umfangreicher als in stationären Fertigungsbetrieben. Ist in der stationären Industrie die Betriebsmittelausstattung gegeben und damit die anwendbaren Fertigungsverfahren weitgehend festgelegt sind, müssen die Produktionsanlagen der Bauunternehmung für jeden Auftrag neu ge-

²³⁷ [Hofst.1]; 35.

²³⁸ [Drees]; 154.

²³⁹ [Hofst.1]; 36.

schaffen werden.²⁴⁰ Auf die Unterschiede der Bauindustrie zur stationären Industrie wird in dieser Masterarbeit auf die Literatur von Großmann²⁴¹ verwiesen.

Hofstadler²⁴² beschreibt, dass die zuvor erwähnten Vorgaben (siehe Bild 4.1) durch folgende Planungsmaßnahmen verwirklicht werden können:

- die Auswahl des wirtschaftlichsten Bauverfahrens (Verfahrensvergleich);
- die Planung des Bauablaufs (Bauablaufplanung);
- die Planung des Ressourceneinsatzes von Arbeitskräften, Maschinen und Baustoffen (Logistik);
- die Planung der Baustelleneinrichtung.

Im Zuge der Bauablaufplanung unterscheidet Hofstadler²⁴³ zwischen der globalen- und der lokalen Arbeitsvorbereitung (vgl. Bild 4.8).

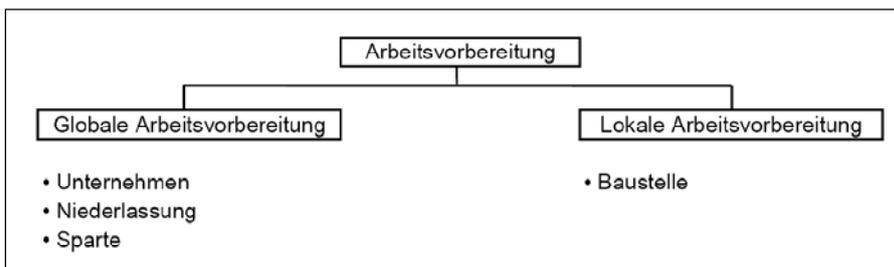


Bild 4.8 Unterscheidung in globale- und lokale Arbeitsvorbereitung²⁴⁴

Bei der globalen Arbeitsvorbereitung werden die Baustellen eines Unternehmens, einer Niederlassung oder einer Sparte betrachtet. Ziel der globalen Betrachtung ist die optimale Verteilung und Auslastung der Arbeitskräfte und Baugeräte. Bei der Zuordnung der Arbeitskräfte zu den einzelnen Baustellen soll darauf geachtet werden, dass die höher qualifizierten Arbeitskräfte den technisch anspruchsvolleren Baustellen zugeteilt werden.

Unter der lokalen Arbeitsvorbereitung sind hier die Maßnahmen speziell für eine Baustelle gemeint. Hier wird die Bauablaufplanung für eine Bau-

²⁴⁰ [Schmidt1]; 38.

²⁴¹ vgl. [Großm.]; 18ff.

²⁴² [Hofst. 1]; 33.

²⁴³ [Hofst. 1]; 33.

²⁴⁴ [Hofst. 1]; 33.

stelle oder ein Baulos durchgeführt. Die Ziele der globalen Arbeitsvorbereitung sollen dabei weitgehend berücksichtigt werden (sofern die Bestimmungen des Bauvertrags eingehalten werden).

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte der Aufgaben der Arbeitsvorbereitung anhand der Literatur von Brüssel²⁴⁵ beschrieben.

▪ **Schritt 1**

Zu den Aufgaben der Arbeitsvorbereitung zählt zunächst die Vorausplanung der Baudurchführung. Es werden alle Auftragsunterlagen auf ihre Vollständigkeit und die Einhaltung relevanter Vorschriften überprüft und gegebenenfalls ergänzt.

▪ **Schritt 2**

Es sind die Allgemeinen, Zusätzlichen und Besonderen Vertragsbedingungen und deren Auswirkungen hinsichtlich Termin-, Mengen- und Entwurfsänderungen, Haftungs-, Zahlungs- und Abnahmebedingungen, Sonderrisiken etc. festzustellen, als auch die örtlichen Verhältnisse (Zufahrten, Telefon-, Wasser- und Stromanschlussmöglichkeiten etc.) und der verfügbare Platz für die Baustelleneinrichtung zu erkunden. Mit den aus dieser Überprüfung (1. und 2. Schritt) gewonnenen Erkenntnissen, folgt der dritte Schritt.

▪ **Schritt 3**

Nun wird versucht das optimale Bauverfahren auszuwählen, da für jede Bauaufgabe gewöhnlich mehrere unterschiedliche Bauverfahren zur Verfügung stehen. Dafür gibt es mehrere Methoden, welche in den Kapiteln des kalkulatorischen- und differenzierten Verfahrensvergleichs näher beschrieben sind.

Wie der Grob Ablauf der Auswahl des optimalen Bauverfahrens aussieht, ist in der Literatur von Nagel²⁴⁶ schematisch dargestellt.

▪ **Schritt 4**

Ist das anzuwendende Bauverfahren gefunden, muss nun die Baustelleneinrichtung geplant werden. Hierbei sind besonders die optimalen Einrichtungsteile sowie deren räumliche Zuordnung zu beachten. Einflussparameter für die Baustelleneinrichtung sind z.B. die örtlichen Gegebenheiten, Art des Bauvorhabens, gewähltes Bauverfahren usw.

▪ **Schritt 5:**

Weiters sind dann die Termin- und die Einsatzmittelkapazitätsplanung durchzuführen, welche sich gegenseitig stark beeinflussen. Zu über-

²⁴⁵ vgl. [Brüssel]; 38f.

²⁴⁶ [Nagel]; 120.

prüfen ist dabei, welche Kapazitäten die vertraglich festgelegten Termine erfordern und welche Bauzeit sich aus den gewählten Bauverfahren benötigten Kapazitäten ergibt.

Wie die Ablauforganisation der Arbeitsvorbereitung von der Auftragserteilung bis zum Baubeginn aussieht, ist in Bild 4.9 schematisch dargestellt.

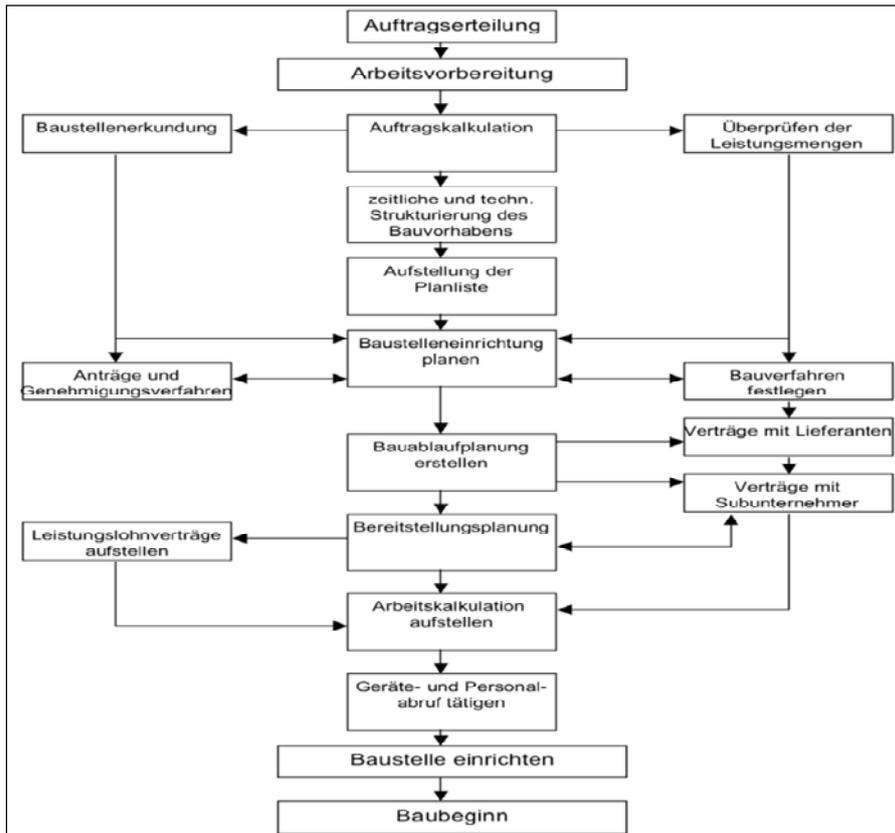


Bild 4.9 Ablaufschema der Arbeitsvorbereitung laut Brecheler²⁴⁷

4.3.5 Dilemma der Arbeitsvorbereitung

In der Regel steht für die Arbeitsvorbereitung, im Verhältnis zur Planung und Bauausführung, sehr wenig Zeit zur Verfügung.

Hofstadler²⁴⁸ berichtet, dass obwohl von Entscheidungsträgern im Bauwesen, in Fachartikeln und Büchern bekundet wird, wie wichtig die Ar-

²⁴⁷ [Brech.]; 140.

²⁴⁸ vgl. [Hofst. 1]; 37f.

beitsvorbereitung für die Bauausführung ist, die Realität zeigt, dass dafür immer weniger Personal zur Verfügung steht. Weniger Personal und weniger Zeit bedeuten, dass weniger Stunden aufgewendet werden und verschiedene Möglichkeiten des Fertigungsablaufs, der Ressourcenverteilung, Baustelleneinrichtung, Bauwerkseinteilung und Unterteilung in Fertigungsabschnitte etc. untersucht werden. Die Folge daraus ist eine unzureichende und unvollständige Arbeitsvorbereitung zum Projektstart. Bereits während der Bauausführung wird die Rechnung dieses Dilemmas präsentiert und negative Abweichungen in Qualität, Zeit und Kosten sind die Folge. Diese Abweichungen können sich einerseits auf den Erfolg eines Unternehmens und andererseits bei längeren Diskrepanzen auf den Fortbestand einer Baufirma auswirken. Die Betrachtung der Stahlbetonarbeiten zielt etwa auf die technische Arbeitsvorbereitung wie z.B. die richtige Wahl des Schalungssystems und der Schalhaut ab. Ist Sichtbeton ausgeschrieben gilt es, besonderes Augenmerk auf die beschriebenen und/oder durch Pläne bzw. Musterflächen dargestellten Oberflächenmerkmale zu legen.

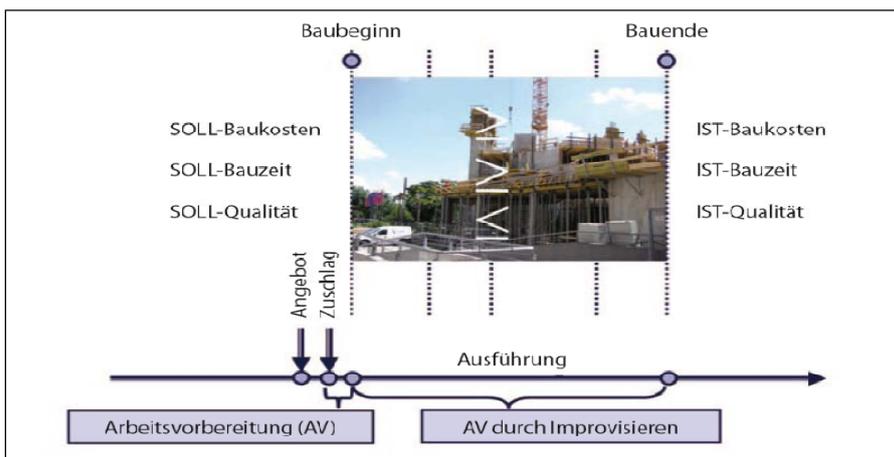


Bild 4.10 Dilemma der Arbeitsvorbereitung²⁴⁹

In Bild 4.10 ist das Dilemma der Arbeitsvorbereitung schematisch dargestellt. Daraus lässt sich sehr gut erkennen, dass nur sehr wenig Zeit für die Arbeitsvorbereitung im Gegensatz zu anderen Projektphasen bleibt.

Um diese Schwierigkeit in den Griff zu bekommen, stehen laut Hofstadler²⁵⁰ nachstehende Lösungsansätze zur Auswahl:

²⁴⁹ [Hofst. 1]; 37.

²⁵⁰ [Hofst. 1]; 38.

- die Ausdehnung der Zeit und der Ressourcen zur Durchführung der Arbeitsvorbereitung;
- bei gleich bleibenden Zeit- und Ressourcenverhältnissen oder gar Einschränkungen: Schaffung von Instrumenten zur Effektivitätssteigerung in der Arbeitsvorbereitung.

Erstere der beiden Lösungen wird wohl eher ein Wunschdenken bleiben, denn sobald der Zuschlag bzw. Vertragsabschluss erteilt wurde, soll bereits mit dem Bau begonnen werden. Lösung Nummer 2 erscheint hingegen realistischer, nämlich mittels Instrumenten die Effektivität in der Arbeitsvorbereitung zu steigern. Die Instrumente haben dabei die Funktion mit gleichem Personaleinsatz mehr Ausführungsmöglichkeiten für ein Bauwerk zu untersuchen.

Computerprogramme mit denen einzelne Vorgänge miteinander vernetzt werden könnten, würden sich hier besonders eignen (z.B. Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten). Dadurch würden sich eine ganzheitliche Betrachtung und eine Vielzahl von Untersuchungen ergeben. Mit Bauzeitplanungsprogrammen könnten die einzelnen Vorgänge vernetzt werden, was aber nicht bedeutet, dass die Software das Wissen jener Menschen ersetzt, welche die Arbeitsvorbereitung und Bauausführung durchführen. Sie könnte dabei vor allem als Hilfestellung für die Entscheidungsfindung dienen. Weiters ist es wichtig, die für die Bauausführung verantwortlichen Personen in die Arbeitsvorbereitung einzubinden, da sie jene Menschen sind, welche die in der Arbeitsvorbereitung getroffenen Maßnahmen auf der Baustelle umsetzen.²⁵¹

Schmidt²⁵² beschreibt auch, dass die Wahl der einzusetzenden Bauverfahren in der Praxis oft als selbstverständliche Aufgabe der Arbeitsvorbereitung angesehen wird und diese gar nicht als eigener Planungsvorgang in das Bewusstsein der Planenden tritt.

²⁵¹ vgl. [Hofst. 1]; 38f.

²⁵² vgl. [Schmidt]; 8.

4.4 Bauausführung

Für die wirtschaftliche Bauausführung ist die Wahl der optimalen Bauverfahren von zentraler Bedeutung. Sie sind geprägt durch die Kombination der Produktionsfaktoren Mensch, Maschine und Stoffe sowie der Organisation ihres Zusammenwirkens.²⁵³

Bauer²⁵⁴ beschreibt, dass die Bauausführung nach Abschluss der Planung, Konstruktion und Genehmigung, die letzte jedoch kostenintensivste Phase bei der Realisierung eines Projektes ist.

Lang²⁵⁵ berichtet, das zu Beginn der Bauarbeiten feststehen sollte, welche Bauverfahren angewendet werden und welche nicht. Für die Wahl des optimalen Bauverfahrens, ist es selten der Fall, dass alle Einflussparameter berücksichtigt werden. Dadurch kann sich in der Ausführungsphase herausstellen, dass das in der Arbeitsvorbereitung gewählte Bauverfahren sich schlechter eignet als bisher angenommen wurde. Auch der schlimmste einzutreffende Fall nämlich, dass das Verfahren völlig ungeeignet ist, kann eintreten. Tritt dieses Szenario ein, muss der/die BauleiterIn eine neue Entscheidung über ein verändertes bzw. anderes Verfahren treffen. Dabei hat der/die BauleiterIn die Möglichkeit auf die Unterlagen der Arbeitsvorbereitung zurückzugreifen, um die neuen Einflussparameter zu ergänzen und neue Vergleiche anzustellen.

4.4.1 Arbeitskalkulation

Diese wird in der Literatur von Leimböck²⁵⁶ auch als Ausführungskalkulation bezeichnet. Die endgültige Planung des Bauablaufs mittels der Arbeitsvorbereitung beginnt nach der Auftragserteilung. Ihr Ziel ist die Erstellung des Bauwerks mit optimaler Wirtschaftlichkeit. Gegenüber der Angebotskalkulation entstehen aufgrund veränderter Ausführungsmethoden oftmals andere Situationen und damit andere Kostenstrukturen. Diese sind in der Arbeitskalkulation zu berücksichtigen.

Die Arbeitskalkulation stellt also eine Weiterentwicklung der Angebots- und der Auftragskalkulation dar. Ihr obliegt die Fixierung der Soll-Kosten und Soll-Zeiten zur Baukostenüberwachung. Außerdem gibt sie Richtwerte für die Vergabe von Teilleistungen an eigene Akkordkolonnen oder

²⁵³ [Berner]; 3.

²⁵⁴ vgl. [Bauer2]; 45.

²⁵⁵ vgl. [Lang]; 80.

²⁵⁶ vgl. [Leimb.]; 2f.

Nachunternehmer vor. Die jeweils aktuellste Arbeitskalkulation ist auch Voraussetzung für die Installation eines sinnvollen Baustellen- bzw. Projektcontrolling.

Abschließen tut dieses Dokument mit den voraussichtlichen Herstellkosten, dem voraussichtlichen Rohergebnis und dem zu erwartenden Erlös.²⁵⁷

4.4.2 Nachkalkulation

Das Ziel der Nachkalkulation ist, am Ende der Bauzeit eines Bauprojektes die Soll-Rechnung der Vorkalkulation der Ist-Rechnung des tatsächlichen Bauablaufs gegenüberzustellen. Dabei sollen neue Kalkulationsrichtwerte für künftige Angebotskalkulationen ähnlicher Bauprojekte oder Teilleistungen gewonnen werden. Voraussetzungen für die Erstellung der Nachkalkulation sind:²⁵⁸

- die Umarbeitung der Angebotskalkulation in die Auftragskalkulation;
- die Aufstellung einer Arbeitskalkulation;
- eine exakte Kostenartenbestimmung zwischen der Arbeitskalkulation und der baustellenbezogenen Baubetriebsrechnung in der Baudurchführung.

Brecheler²⁵⁹ beschreibt, dass die Nachkalkulation in zwei Arten unterschieden wird, nämlich:

- in die technische Nachkalkulation;
- in die kaufmännische Nachkalkulation.

Erstere liefert Erkenntnisse über die effektiven Aufwands- und Leistungswerte und letztere erfasst die tatsächlich angefallenen Kosten. Diese Vergleiche dienen einerseits als Kontrollinstrument für die Ablaufsteuerung laufender Bauvorhaben, andererseits zur Ermittlung von Aufwandswerten und Kosten für zukünftige ähnliche Bauabläufe. Allgemein wird die Nachkalkulation in periodischen Abständen vorgenommen, wobei es in der Anlaufphase einer Baustelle notwendig sein kann, kürzere Abstände zu wählen.

²⁵⁷ vgl. [Lang]; 80.

²⁵⁸ [Leimb.]; 3.

²⁵⁹ vgl.[Lang]; 80f.

4.4.3 Nachtragskalkulation

Leimböck²⁶⁰ beschreibt, dass wenn Bauleistungen zu erbringen sind, welche im Hauptvertrag nicht vorgesehen sind, dann müssen für diese Bauleistungen im Rahmen der Nachtragskalkulation Preise ermittelt werden. Unter bestimmten Voraussetzungen werden auch Nachtragskalkulationen notwendig, wenn sich die Grundlage des Preises oder der Preisermittlung verändert haben.

4.4.4 Abschluss dieses Kapitels

An dieser Stelle wird nochmals auf den Regelkreis der Arbeitsvorbereitung in Kapitel 2 verwiesen (vgl. Bild 2.1). Daraus ist zu erkennen, dass die einzelnen Teile der Arbeitsvorbereitung auch in den anderen Bauprojektphasen immer wieder vorkommen. Dabei ist die Intensität der Arbeitsvorbereitung in den einzelnen Phasen eines Bauprojektes unterschiedlich verteilt. Ihr Ausmaß ist durch die Punkte schematisch dargestellt.

²⁶⁰ vgl. [Leimb.];3.

5 Bauverfahren – Auswahl

In diesem Kapitel wird die Auswahl des optimalen Bauverfahrens beschrieben und der Grob Ablauf der Auswahl schematisch dargestellt. Weiters wird auch auf die Grundlagen der Verfahrenswahl eingegangen.

Nach Brüssel²⁶¹ ist ein Bauverfahren die Technologie, die zur Erstellung einzelner Teile eines Bauwerks oder des Gesamtbauwerks angewendet wird. Beispiele für verschiedene Bauverfahren sind bei den Schalverfahren das Einschalen mit Großflächenschalung, Raum-, Kletter- oder Gleit-schalung und bei den Betonierverfahren das Betonieren mit Kran und Kübel oder Betonpumpe etc.

Es wird an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die Auswahl der Bauverfahren zum Bereich der Arbeitsvorbereitung zählt.

Nagel²⁶² beschreibt, dass bei der Auswahl eines optimalen Bauverfahrens und der Gestaltung der Ablauforganisation, der Bauunternehmer einen sehr weiten Spielraum hat, welcher aber nur sehr selten genutzt wird. Ursachen dafür sind:

- es werden vorhandenen Maschinen und Geräte auch dann eingesetzt, wenn sie unwirtschaftlich arbeiten;
- mangelnde Intensität der Arbeitsvorbereitung (d.h. man begnügt sich mit einer möglichen Lösung);
- unzureichend aufbereitete betriebsinterne Stammdaten zu den Kostenelementen.

Die Auswahl und optimale Gestaltung des einzusetzenden Bauverfahrens ist im einfachsten Fall die Bestimmung der günstigsten Variante aus mehreren technischen Möglichkeiten. Dieser Grob Ablauf ist in Bild 5.1 schematisch dargestellt.

²⁶¹ [Brüssel]; 87.

²⁶² vgl. [Nagel]; 120.

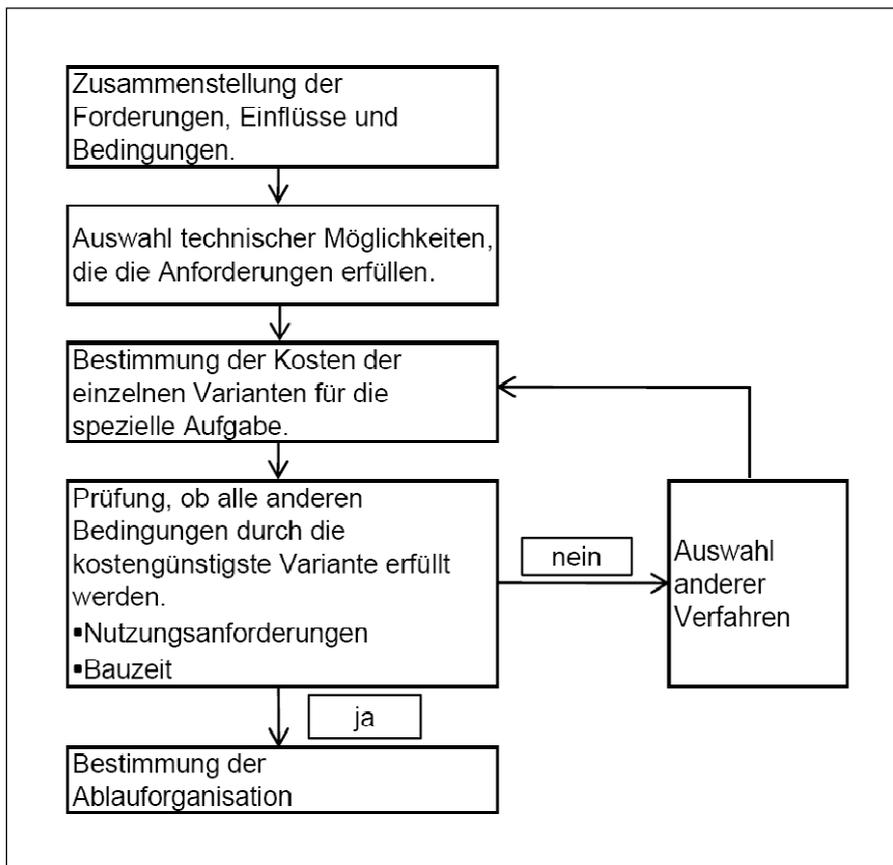


Bild 5.1 Auswahl eines optimalen Bauverfahrens (Grobablauf)²⁶³

Auch wenn keine eigenen Kennzahlen vorliegen, sind Übersichten aus der Literatur hilfreich, da sie die Maschinenkosten und die Nebenkosten nach einheitlichen Grundsätzen ausweisen. Dadurch erhält man zwar keine brauchbaren absoluten Zahlen, aber für die Bestimmung von Nutzwerten, sind diese Informationen ausreichend.

Um sich eine Abstimmung von Geräten besser vorstellen zu können, wird im Folgenden ein Beispiel in Anlehnung an die Literatur von Nagel²⁶⁴ angeführt.

Beispiel:

Ist die Baggerleistung (rechnerisch) mit 400 m³/h bestimmt worden und die Transportleistung eines LKW mit 100 m³/h, ergäbe sich der in Bild

²⁶³ [Nagel]; 120.

²⁶⁴ [Nagel]; 121f.

5.2 dargestellte Zusammenhang. Daraus ist ersichtlich, dass 4 LKW einzusetzen wären.

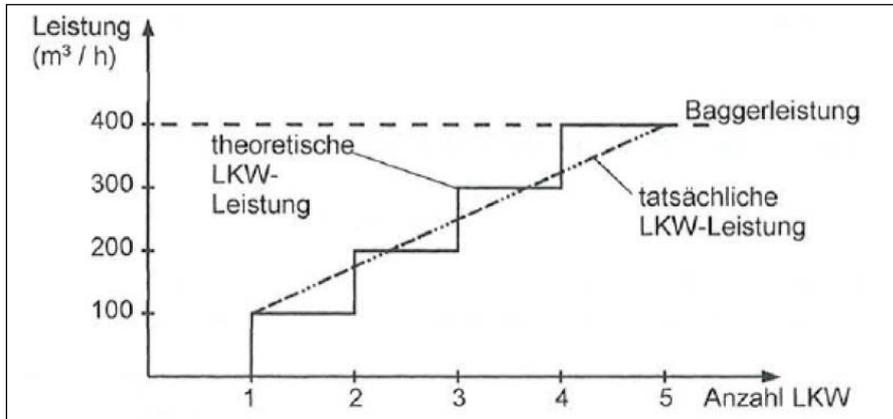


Bild 5.2 Abstimmung der Leistung zwischen Bagger und LKW²⁶⁵

In der Praxis zeigt sich aber oft ein etwas anderer Verlauf der geplanten Leistung. Selbst mit noch so ausgefeilten Rechenverfahren ist es nicht zu verhindern, dass der Bagger wartet da z.B. im Umlauf der LKW Störungen auftreten oder ein LKW wartet, da die vorgesehene Baggerleistung nicht erreicht wird. Sinnvoll ist eine grobe Planung des Maschineneinsatzes. In diesem Beispiel wären das 1 Bagger und 5 LKW (4 LKW deshalb nicht weil der ideale Umlauf nicht zu erwarten ist) und dann eine ständige Beobachtung durch die unmittelbar Beteiligten Mitarbeiter.

Durch ständiges Messen des Baufortschrittes kann frühzeitig erkannt werden, ob die Leistung erreicht wird. Bild 5.3 zeigt den geplanten- bzw. tatsächlichen Verlauf beim Austausch einer Abwasserleitung (abschnittsweise freilegen, austauschen und verfüllen) im Innenstadtbereich.

²⁶⁵ [Nage]l; 121.

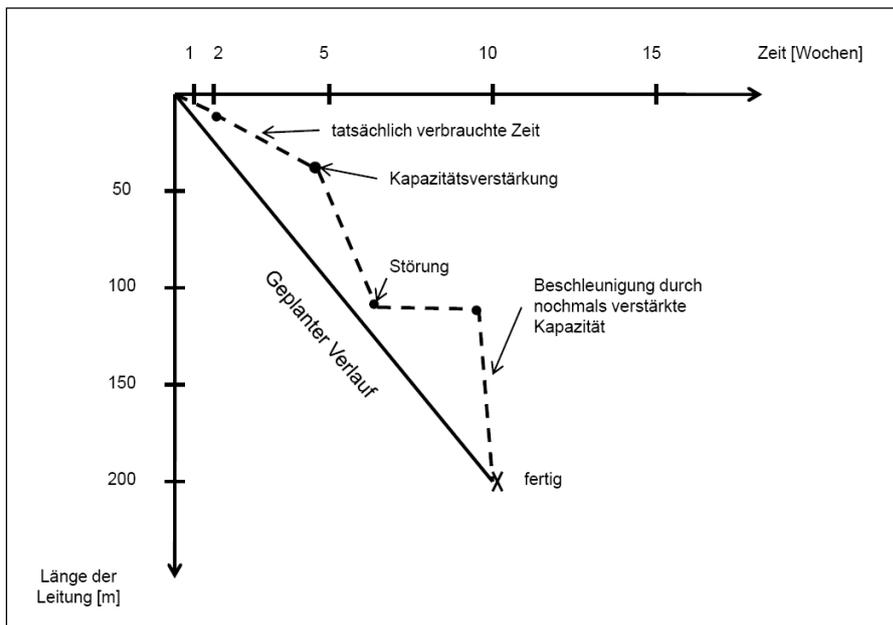


Bild 5.3 Verlauf ob die gewünschte Leistung erreicht wird²⁶⁶

Für die Steuerung des Maschineneinsatzes werden die gleichen Prinzipien wie für die Steuerung des Arbeitsaufwandes der Mitarbeiter angewendet (vgl. Bild 5.3). Die ständige Beobachtung, welche Maschine der Engpass ist, wird den unmittelbar betroffenen Mitarbeitern übertragen. Dieses nachträgliche Steuern und die zu erreichende Verbesserung müssen sich auf Details der Prozessoptimierung beschränken. Die grundsätzliche Optimierungsaufgabe (die Bestimmung des günstigsten Verfahrens) muss vor Baubeginn gelöst sein.

Berner²⁶⁷ beschreibt, dass bei Hochbauten die Auswahl von Bauverfahren zum Zeitpunkt der Grobterminplanung eine untergeordnete Rolle spielt. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass der konstruktive Entwurf kaum von den Bauverfahren abhängig ist. Zu beachten ist jedoch, ob ein Bauwerk konventionell oder als Fertigteilbau erstellt werden soll. Insbesondere Hallen, Einkaufszentren etc. bieten sich zur Errichtung in Fertigteilen an. Wohnungsbauten und innerstädtisch zu errichtende Verkaufs- und Bürobauten werden jedoch aus wirtschaftlichen Gründen und wegen den speziellen räumlichen Gegebenheiten meistens als reine Ortbetonbauwerke oder unter Verwendung von Halbfertigteilen

²⁶⁶ [Nage]; 122.

²⁶⁷ [Berner]; 54f.

erstellt. Großen Einfluss auf den Bauablauf und die gesamte Bauzeit haben jedoch die möglichen Bauverfahren bei Baumaßnahmen des Ingenieurbaus. So spielt z.B. beim Brückenbau das gewählte Bauverfahren eine maßgebende Rolle. Man denke nur an die generellen Möglichkeiten der Errichtung einer Brücke als Stahlbrücke, Stahlverbundbrücke, Ortbetonbrücke oder Fertigteilebrücke. Dabei spielen Spannweiten, Verkehrslasten, mögliche Stützenstellungen und betriebliche Vorgaben des Bauherrn eine maßgebliche Rolle.

Stadler²⁶⁸ gibt an, dass die Beschreibung der ausgewählten Bauverfahren anhand der Methode eines Problemlösungszykluses erfolgt und dieser stufenförmig vom Ziel bis zur Entscheidung aufbaut (Bild 5.4). In gewisser Weise ist die Wahl der Bauverfahren auch ein Denken in Möglichkeiten.

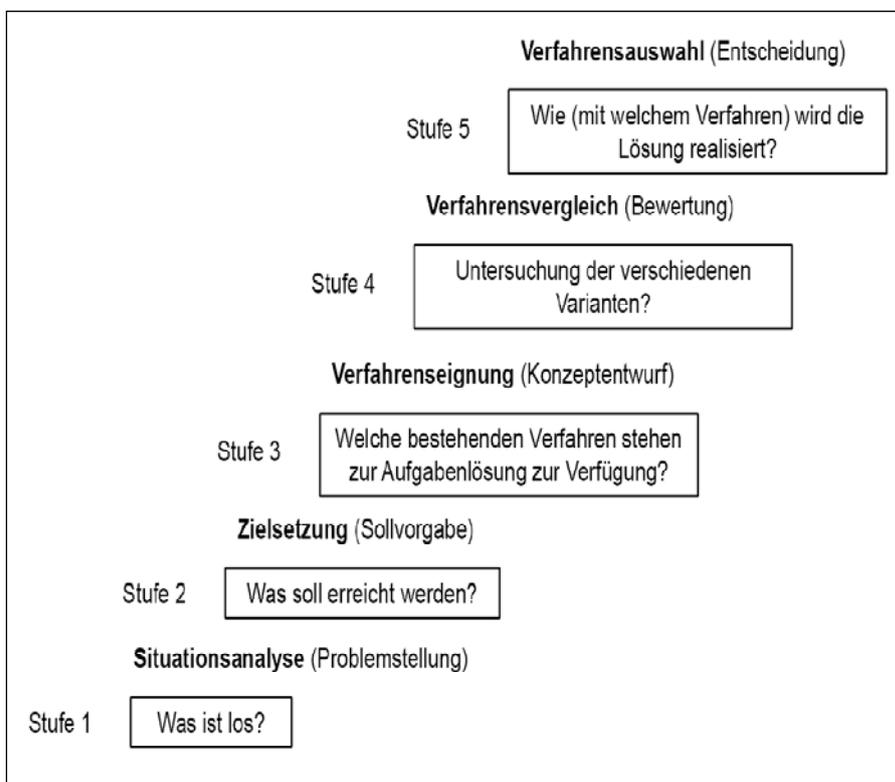


Bild 5.4 Methode des Problemlösungszykluses²⁶⁹

²⁶⁸ [Stadler]; 42.

²⁶⁹ [Stadler]; 42.

5.1 Verfahrenswahl – Grundlagen

Laut Hoffmann²⁷⁰ ist die Grundlage der Verfahrensauswahl der methodische Vergleich, welcher

- alle maßgebenden Einflussfaktoren berücksichtigt;
- möglichst alle Varianten hinsichtlich ihrer technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Eignung für den vorgesehenen Anwendungszweck vergleichend untersucht.

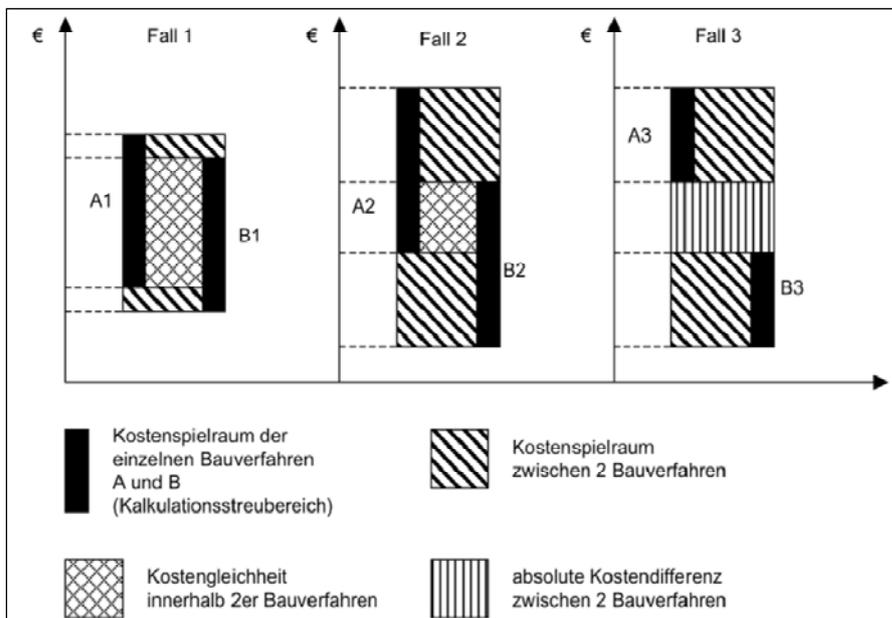


Bild 5.5 Kostenvergleichsbereiche bei der Betrachtung von zwei Bauverfahren²⁷¹

- **Fall 1**
In diesem Fall ist die Kostengleichheit beider Verfahren bis auf wenig Spielraum gegeben. Das gewählte Verfahren muss nach anderen Kriterien ausgesucht werden, da kein Vergleich möglich ist.
- **Fall 2**
Es ist eine deutliche Überlappung beider Verfahren zu erkennen, jedoch ein eindeutiger Verfahrensunterschied ist nicht gegeben. Weitere Kriterien zur Verfahrenswahl müssen gesucht werden.

²⁷⁰ [Hoffm.]; 480.

²⁷¹ [Hoffm.]; 480.

- **Fall 3**

Keinerlei Überlappung der kalkulatorischen Streubereiche beider Verfahren. Eine eindeutige Aussage zur Verfahrenswahl ist vorhanden.

Weiters gibt Hoffmann²⁷² an, dass bei vergleichenden Kalkulationen folgendes zu beachten ist:

- Grundsätzliche Unterschiede der Bauverfahren;
- verschiedene Wahl der Baustoffe oder Bauteile, einschließlich deren Herstellung und Anordnung;
- örtliche Baustellengegebenheiten, wie Witterungsbedingungen, Hochwasser, Regenzeiten, Geländekennzeichen, Wegenetze bzw. –verhältnisse, Versorgungsmöglichkeiten;
- Einsatzbedingungen des Unternehmens durch Menschen, Material, Maschinen, vorhandene Reservekapazitäten sowie Kapital- und Finanzierungsgrundlagen;
- besondere Forderungen des Bauherrn hinsichtlich Bauzeit, Abnahmebedingungen sowie konstruktive Gegebenheiten;
- spezielle Möglichkeiten durch zusätzliche Angebote des Unternehmens hinsichtlich Konstruktion, Materialverwendung oder zeitlichen Ablauf des Bauvorhabens.

Je nach Grad der quantifizierten Erfassung der unterschiedlichen Einflussfaktoren, unterscheidet man zwei grundsätzliche Methoden zur Verfahrensauswahl:

- den kalkulatorischen Verfahrensvergleich;
- den differenzierten Verfahrensvergleich.

Auf diese beiden Methoden wird in den Kapiteln 09 und 10 näher eingegangen.

5.1.1 Verfahrensplanung

Berner²⁷³ beschreibt in diesem Zusammenhang, dass man unter einem Bauverfahren eine bestimmte Kombination aus Arbeitskräften, Maschinen und Baustoffen versteht, welche nach einer bestimmten vorgegebenen Arbeitsanweisung ein Bauwerk erstellt. Arbeitsanweisungen können

²⁷² [Hoffm.]; 481.

²⁷³ vgl. [Berner]; 44.

in Form von Plänen, mündlichen oder schriftlichen Anordnungen erfolgen. Die Bauausführung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Bauwerk im Allgemeinen mit verschiedenartigen Bauverfahren hergestellt werden kann (z.B. Decke aus Ortbeton kann mit konventioneller-, Träger- und Stützenschalung etc. errichtet werden). Fakt ist jedoch, dass unter den jeweiligen Umständen, die weniger von den innerbetrieblichen Gegebenheiten, sondern von den Umständen der Baustelle und den vorliegenden Randbedingungen abhängen, nur einige Alternativen sinnvoll realisierbar sein werden, wobei das letzte Entscheidungskriterium gewöhnlich die Wirtschaftlichkeit darstellt.

▪ **Andere Kriterien können sein:**

- ♦ Umweltschutzbestimmungen (z.B. Verbot der Grundwasserabsenkung);
- ♦ Vertragliche Bedingungen (z.B. Wahl eines besonders setzungsarmen Verbaus);
- ♦ besondere Qualitätsanforderungen;
- ♦ die zur Verfügung stehende Bauzeit;
- ♦ Vorgaben durch Normen, Richtlinien und Unfallverhütungsvorschriften;
- ♦ Konstruktion, Geometrie und Besonderheiten des Bauvorhabens.

Um Minimalkosten zu erhalten, kann es auch notwendig sein, außer dem Bauverfahren auch die Baukonstruktion zu ändern, da beide eng zusammenhängen. In einem solchen Fall sind nur vorgegebene technische Forderungen an das Bauwerk einzuhalten z.B. Stützweite, Tragkraft, Schall- und Wärmedämmung. Die infolge eines optimalen Bauverfahrens besonders wirtschaftlichen Konstruktionen werden bei Ausschreibungen oft als Sondervorschläge oder Nebenangebote angeboten. Welches Bauverfahren schließlich anzuwenden ist, hängt auch maßgeblich von dem Ergebnis des kalkulatorischen- oder differenzierten Verfahrensvergleichs ab.²⁷⁴

5.1.2 Planung der Bauverfahren

Die Bauverfahrensplanung muss, bevor der Koordinationsterminplan aufgestellt werden kann, abgeschlossen sein. Diese wird sich primär an

²⁷⁴ [Berner]; 44.

Kostengesichtspunkten orientieren und wird daher mittels kalkulatorischen Verfahrensvergleichs durchgeführt. Bei terminkritischen Bauabläufen kann jedoch die Bauzeit die dominierende Rolle spielen, so dass trotz höherer Kosten ein Bauverfahren gewählt wird, das schneller ist. Daneben spielen qualitative und technische Kriterien eine maßgebende Rolle. So kommt gewöhnlich bei höchsten Ansprüchen an die Betonqualität ausschließlich eine Kletterschalung zur Anwendung, obwohl eine Gleitschalung hinsichtlich Kosten und Bauzeit vorteilhafter sein kann. Nicht zu vernachlässigen sind Fragen zur Sicherheit, Gesundheitsschutz und des Umweltschutzes. Auch diese Kriterien können in bestimmten Situationen dominierend sein.²⁷⁵

Schmidt²⁷⁶ erläutert, dass bestimmte Verfahren nur unter bestimmten Bedingungen das jeweilige Eignungsoptimum besitzen. Bei der Planung der Verfahren, werden diese aber oft nur unzureichend berücksichtigt. In Bild 5.6 wird die Verfahrenseignung in Abhängigkeit von unterschiedlicher Wirksamkeit der Einflussgrößen schematisch dargestellt.

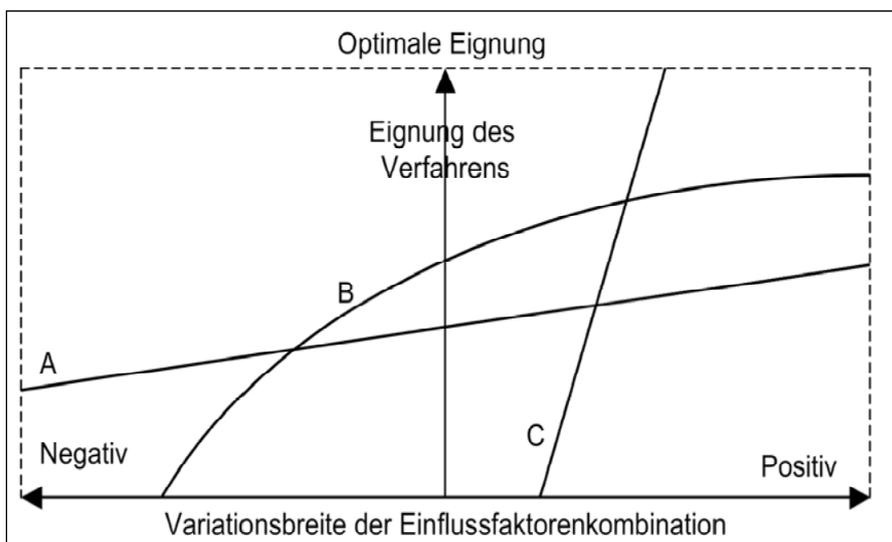


Bild 5.6 Verfahrenseignung in Abhängigkeit der Einflussgrößen²⁷⁷

▪ Verfahren A

Ist unter allen Umständen anwendbar, besitzt aber nie die optimale Eignung.

²⁷⁵ [Berner]; 62.

²⁷⁶ vgl. [Schmidt]; 31.

²⁷⁷ [Schmidt]; 32.

- **Verfahren B**

Kann bei relativ weit schwankenden Bedingungen, aber nicht bei den ungünstigsten eingesetzt werden, erreicht aber eine gute Eignung bei bereits einigermaßen guten Bedingungen.

- **Verfahren C**

Ist bei besonders günstigen aber eng begrenzten Bedingungen anwendbar.

Anzumerken ist, dass eine fundierte Entscheidung in jedem Falle nur dann möglich ist, wenn alle effektiv wirksamen Einflussfaktoren und Kriterien berücksichtigt werden.

6 Voraussetzungen der Verfahrenswahl

Nach Kunz²⁷⁸ muss der gesamte Vorgang der Baurealisierung, sowohl von der administrativen- als auch von der technischen Seite her betrachtet werden. Nach den zu Verfügung stehenden Betriebsmitteln und Kapazitäten und auch den Gegebenheiten des Objektes, wird sich die zweckmäßigste Lösung des Bauverfahrens ergeben.

Tabelle 6.1 Administrative- und technische Gesichtspunkte²⁷⁹

Administrative Gesichtspunkte	Technische Gesichtspunkte
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenerhebung: Hier werden die prinzipiellen Durchführungsmöglichkeiten aufgrund einer umfassenden Marktanalyse ermittelt. Dazu gehört auch das Sammeln von praktischen Erfahrungen aus ähnlichen Bauvorhaben und aus der Dokumentation. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Art des Bauobjekts: Erster Schritt in der technischen Abklärung des Bauverfahrens, bildet die Gliederung der gesamten Bauaufgabe in Teilprozesse, welche für sich ihren eigenen Ablauf aufweisen. Bei den konventionellen Bauarten ergibt sich meistens die bekannte Aufteilung in die Phasen Rohbau / Installationen / Ausbau. Diese Aufteilung ist aber durch die heutigen Systeme der Vorfabrikation, oft nicht mehr möglich. Die einzelnen Elemente des Bauwerks umfassen in diesen Fällen sowohl die Tragkonstruktion, die Leitungsinstallation und den Fertigausbau.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorplanung: Darunter versteht man die Durchführung eines geeigneten Auswahlverfahrens anhand der wichtigen Entscheidungskriterien. Es werden konkrete Projektierungsgrundlagen entsprechend der in Frage kommenden Verfahren erarbeitet. Die Wahl der Organisationsform der Baudurchführung wird durchgeführt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ort der Herstellung: Dieser spielt für die Abwicklung der Bauarbeiten eine wesentliche Rolle (weniger der Standort des Bauobjektes). Für den Ort der Ausführung, gibt es folgende Möglichkeiten: am Bauwerk, auf dem Bauplatz, im Werk oder als Kombination.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disposition: Dazu gehört das Bestimmen der Hauptereignisse des Bauprozesses, das Festlegen des dazwischen liegenden Arbeitseinsatzes und das Erstellen eines Ablaufmodells bzw. Einsatzplan. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Größe der Bauaufgabe: Gesamtbauvolumen als auch Grad der sich wiederholenden Elemente und Arbeitsprozesse, sind Voraussetzung für die sinnvolle Beurteilung der Anwendbarkeit eines bestimmten Bauverfahrens. Jede industrielle Baumethode setzt eine minimale Objektzahl voraus, damit sie wirtschaftlich betrieben werden kann.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leitung: Sie hat die Aufgabe, die Arbeiten entsprechend des Einsatzplanes anzuordnen und die Ausführenden anzuleiten und zu koordinieren. Weitere Aufgaben wie Überwachung des Bauverlaufs etc. fallen auch in ihren Tätigkeitsbereich. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dauer des Einsatzes: Bei der Wahl des zweckmäßigsten Bauverfahrens, spielt sehr oft der Zeitfaktor eine wichtige Rolle. Entweder das Bauobjekt richtet sich von Anfan an nach vorhandenen Normalartikeln und Standardgrößen oder es ist so einmalig, dass sich die Entwicklung neuer Systeme und Typen aufdrängt.

²⁷⁸ vgl. [Kunz]; 216ff.

²⁷⁹ vgl. [Kunz]; 216ff.

7 Verfahrensvergleich – Ziele

Jedes Unternehmen und jede Baustelle verfolgt unterschiedliche Ziele im Hinblick auf einen Verfahrensvergleich, jedoch sind bei allen angewandten Bauverfahren bestimmte Ziele immer zu erfüllen, welche unbedingt notwendig sind, um eine Bauaufgabe erfolgreich abwickeln zu können.

Hofstadler²⁸⁰ beschreibt, dass unabhängig vom eingesetzten Verfahrensvergleich (kalkulatorischer- bzw. differenzierter Verfahrensvergleich) in der Verfahrensauswahl folgende Ziele verfolgt werden sollen:

- die Erfüllung der technischen und ästhetischen Ansprüche;
- die Erzielung der minimalen Herstellkosten;
- Belastungen des Vertragsverhältnisses mit dem Bauherrn sind zu vermeiden;
- die innerbetriebliche organisatorische Schwierigkeiten sind zu minimieren;
- der Ausschluss bzw. Reduktion von Unfallgefahren.

Bevor auf die Ziele der optimalen Verfahrenswahl eingegangen wird, müssen in diesem Zusammenhang die Kriterien der Verfahrenseignung angeführt werden. Dabei unterscheidet man zwischen:²⁸¹

- den betriebsexternen Bedingungen;
- den betriebsinternen Bedingungen.

Erstere der beiden zuvor genannten Bedingungen werden weiters unterteilt in:

- **objektive Bedingungen**
 - ♦ Objektabmessung;
 - ♦ Objektgrundriss;
 - ♦ Konstruktiv erforderliche Festigkeitsansprüche an die Baustoffe;
 - ♦ Örtliche Geländeverhältnisse;
 - ♦ Gründungsverhältnisse;
 - ♦ zur Verfügung stehender Raum für die Baustelleneinrichtung.

²⁸⁰ [Hofst. 1]; 74.

²⁸¹ vgl. [Stadler]; 43.

- **subjektive Bedingungen**

- ♦ Fertigstellungstermine;
- ♦ Konventionalstrafe (Pönale) bei Überschreitung vertraglich vereinbarter Termine;
- ♦ Beschleunigungsprämie bei Unterschreitung vertraglich vereinbarter Termine;
- ♦ Sicherheitsmaßnahmen;
- ♦ Ästhetische Vereinbarungen.

Diese Bedingungen ergeben sich aus den Zielsetzungen des Auftraggebers.

- **betriebsinterne Bedingungen:**

Diese stehen im alleinigen Entscheidungsbereich der ausführenden Unternehmung. Neben der Grundvoraussetzung, nämlich der Eignung des Verfahrens für die Durchführung der Bauaufgabe, muss es auch zu geringstmöglichen Kosten führen.

Innerbetriebliche Gesichtspunkte und betriebsexterne Bedingungen beeinflussen stark, ob das betrachtete Verfahren für die Durchführung des Prozesses geeignet ist.

Kriterien welche nach Jodl²⁸² bei der Verfahrensauswahl und Verfahrenseignung, erfüllt bzw. berücksichtigt werden müssen, um einen optimalen Endzustand zu erreichen, sind:

- die niedrigsten Gesamtkosten: Zielsetzung bei allen Angeboten oder Baudurchführungen, innerhalb vorgegebener Termine;
- die niedrigsten Investitionen: Liquiditätsengpässe verursachen Überalterung der Geräte und reduzieren die Wirtschaftlichkeit und Rentabilität;
- der geringste Fremdwährungsanteil: Devisenmangel, nicht frei konvertierbare Währungen;
- der niedrigste Personalstand, Facharbeiterbedarf;
- die kürzeste Bauzeit: Sperrzeiten, kritischer Weg;
- technische Gesichtspunkte: Qualität, Toleranzen, Setzungen;

²⁸² vgl. [Jodl].

- Einflüsse von Außen: Behörden, Umwelt, Deponien, Nachbarschaftsrecht.

Stadler²⁸³ beschreibt, dass die Ziele der optimalen Verfahrenswahl mit den zuvor beschriebenen Kriterien der Verfahrenseignung (betriebsexterne- bzw. betriebsinterne Bedingungen) insofern in Zusammenhang stehen, dass diese bestimmte Zielsetzungen voraussetzen. Dabei kommt es darauf an herauszufinden, welche der Ziele vordergründig und damit für den einzelnen Bauauftrag interessant sind. Folgende Ziele für die Verfahrenswahl lassen sich dabei ableiten:

- das Verfahren soll die geforderte Qualität der zu erbringenden Leistung ermöglichen;
- es soll die gestellten Leistungsanforderungen, insbesondere hinsichtlich der Bautermine erfüllen. Es ist jedoch zu erkennen, dass die gestellten Leistungsanforderungen an das Verfahren, von der in Punkt eins geforderten Qualität abhängig sind;
- es sollen Unfallgefahren minimiert werden;
- es soll zu minimalen Kosten führen;
- es soll ein störungsfreier Ablauf der Fertigungsvorgänge auf der Baustelle erreicht werden. Dieser kann auch unter dem Aspekt der Zufriedenheit des Bauherrn gesehen werden. Er hat wesentlichen Einfluss auf die Verfahrenskosten, denn nur ein störungsfreier Bauablauf kann zu minimalen Kosten führen. Er wirkt sich auch auf innerbetriebliche, organisatorische Probleme aus. D.h. es können z.B. Maschinenausfälle usw. innerbetriebliche Reibungspunkte verursachen. Daraus lässt sich eine weitere Zielsetzung ableiten, und zwar die Vermeidung innerbetrieblicher, organisatorischer Schwierigkeiten;
- das Risiko der Abweichung der Ist-Kosten von den Soll-Kosten sollte so gering wie möglich sein. Eine Reduktion der Abweichung von den kalkulierten Soll-Kosten kann dem Ziel der Kostenminimierung zugeordnet werden. Es besagt nur, dass jede Kostenberechnung bei den Baustellenvorgängen mit Unsicherheitsfaktoren verbunden ist;
- die Auswirkungen auf die Umwelt sollten so gering wie möglich sein. Die Auswirkung der Umweltziele auf den Verfahrensentcheid kann sich durch die zusätzliche technische Anforderung an das Bauverfahren, die im Allgemeinen zur Erhöhung der Kosten führen, auswirken. Die dabei vorzunehmenden Dispositionen werden zu Verzögerungen

²⁸³ [Stadler]; 44f.

im Bauablauf führen. Somit kann dieses Ziel der Minimierung der Kosten und Zufriedenheit des Bauherrn zugeordnet werden.

Dadurch, dass sich in den zuvor beschriebenen Punkten, bei genauerer Betrachtung der angeführten Ziele gegenseitige Abhängigkeiten ergeben, bleiben von den sieben Zielen noch vier Ziele übrig, die bei der Beurteilung im Verfahrensentscheid zu beachten sind.²⁸⁴

- die Minimierung der Kosten;
- die Zufriedenheit des Bauherrn;
- die Vermeidung innerbetrieblicher, organisatorischer Schwierigkeiten;
- die Einschränkung der Unfallgefahr.

Die nach Ausscheidung der Verfahren wegen fehlender technischer Realisierbarkeit und Sicherheit übriggebliebenen Verfahren sind nun daraufhin zu prüfen, ob sie den oben genannten Zielstellungen entsprechen. Zur Erfüllung dieser Ziele sind die Verfahren mit ihren Eigenschaften auf ihre Wirksamkeit hin zu untersuchen. Dabei ist jenes Maß festzustellen, mit welchem das Verfahren den Zielstellungen entspricht. Dies wird mit Hilfe der Quantifizierung der Kriterien, die für die Verfahrensbeurteilung ausschlaggebend sind, durchgeführt.²⁸⁵

Eine weitere Betrachtung bezogen auf die Ziele des Verfahrensvergleichs erteilt Hütte²⁸⁶, der beschreibt, dass das was zum Gegenstand eines Verfahrensvergleichs gemacht wird, allein vom gewünschten Ziel abhängt. In der nachstehenden Tabelle 7.1, sind solche Ziele angeführt und kurz beschrieben. Für eine genauere Beschreibung dieser Ziele, wird auf die Literatur von Hütte²⁸⁷ verwiesen.

²⁸⁴ [Stadler]; 45.

²⁸⁵ [Stadler]; 45.

²⁸⁶ vgl. [Hütte]; 182ff.

²⁸⁷ [Hütte]; 182ff.

Tabelle 7.1 Ziele der Frage „Was zum Gegenstand eines Verfahrensvergleichs gemacht wird?“²⁸⁸

Ziele der Frage "Was zum Gegenstand eines Verfahrensvergleichs gemacht wird?"	
Ziele	Beschreibung
Güte des Bauwerks oder eines Bauwerkteiles	Verfahren werden hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Güte des hergestellten Produktes untersucht. So können z.B. bestimmte Baustoffe oder Baumaschinen, als optimal erkannt werden.
Baustoffmengen	Es wird jenes Verfahren gewählt, welches die geringsten Baustoffmengen erfordert. Diese Ersparnisse, sind aber sehr oft mit einem höherem Lohnaufwand verbunden.
Investitionskapital	Wenn dem ausführenden Unternehmen nur beschränkte Mittel zur Verfügung stehen, dann sind die möglichen Bauverfahren auf den notwendigen Kapitalbedarf für Investitionen zu untersuchen. Hier empfiehlt es sich, ein weniger mechanisiertes, dafür aber geringere finanzielle Mittel erforderndes Verfahren auszuwählen, insbesondere dann, wenn die weitere Verwendbarkeit der Maschinen nach Fertigstellung des Bauwerks nicht gewährleistet ist.
Arbeitskräfte	Ist die Arbeitskräftebeschaffung mit großen Kosten oder gar nicht zu verwirklichen, sind die bauverfahren auf ihre Arbeitsintensität zu untersuchen. Achtung auf die Konstruktion.
Körperliche Beanspruchung, Unfallgefahr	Auswirkung bestimmter Arbeitsverfahren auf den menschlichen Organismus infolge unerwünschter Nebenerscheinungen (Lärm etc.) kann ein sehr wichtiger Punkt eines Verfahrensvergleichs sein. Hier sind weniger die Kosten, sondern die Einhaltung bestimmter Vorschriften maßgebend.
Zeit	Durch kurze Bauzeiten entstehen höhere Kosten. Besonders bei gewerblichen Bauten und Verkehrsbauten ist dies der Fall. Optimal ist das Bauverfahren, bei dem die Kosten bei Einhaltung der Bauzeit unter Berücksichtigung des Mehrnutzens ein Minimum erreichen.
Kosten	Sie stellen das wichtigste Kriterium eines Verfahrensvergleichs dar, da die Kostenminimierung eines der grundlegenden Ziele eines Wirtschaftsunternehmens ist. Die Ermittlung der Minimalkosten setzt für jedes zu untersuchende Bauverfahren eine Kostenermittlung (Kalkulation) voraus. Hierbei werden die Kosten auf diejenigen Produktionseinheiten bezogen, die zur Beurteilung des Verfahrens geeignet sind.

²⁸⁸ [Hütte]; 182ff.

8 Einflussfaktoren bei der Verfahrenswahl

Wie schon in Kapitel 7 erwähnt wurde, wird je nachdem wie viele verschiedene Einflussfaktoren bei der Verfahrenswahl für den Vergleich herangezogen werden, in verschiedene Methoden (kalkulatorischer bzw. differenzierter Verfahrensvergleich) unterschieden. In diesem Kapitel, werden jene Einflussfaktoren bzw. Einflussgrößen dargestellt, welche generell auf den Verfahrensvergleich einwirken. Bild 8.1 zeigt jene Einflussfaktoren, welche generell auf die Bauverfahrenswahl wirken.

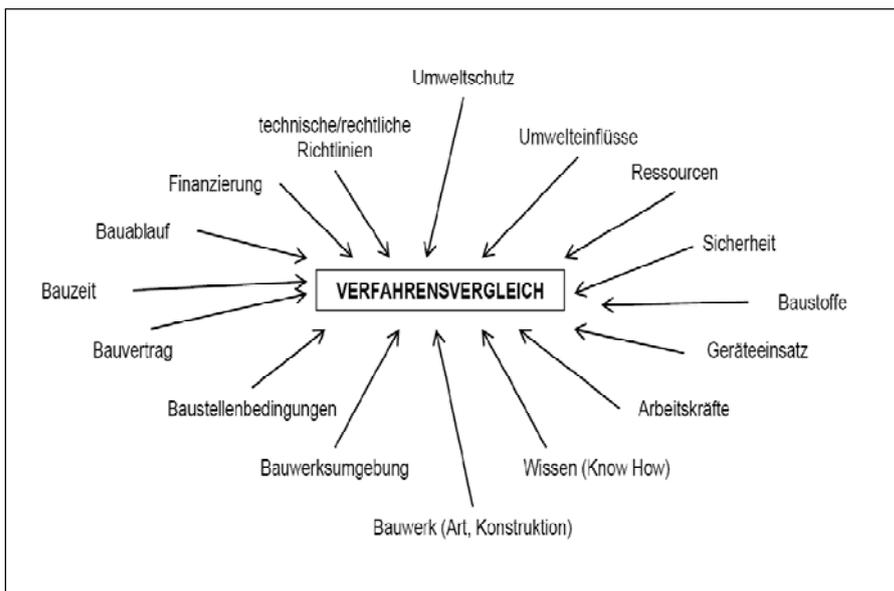


Bild 8.1 Generelle Einflussfaktoren auf den Verfahrensvergleich²⁸⁹

8.1 Verfahrensvergleich - Einflussgrößen

Die baubetriebliche Abwicklung eines Bauvorhabens unterliegt laut Brecheler²⁹⁰ im Wesentlichen zwei Einflussgrößen:

- den Bedingungen des Bauvertrages des Auftraggebers;
- den betrieblichen Gegebenheiten des Auftragnehmers (Produktionsfaktoren).

²⁸⁹ [Brech.]; 112.

²⁹⁰ [Brech.]; 99f.

In Anlehnung an die Vorgaben für die Arbeitsvorbereitung (vgl. Kapitel 4.3) soll darauf hingewiesen werden, dass:

- die Menge;
- die Qualität;
- die Zeit;

bauvertragliche Vorgaben sind und

- Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Baustoffe;
- Arbeitsmethoden, Bauverfahren und Arbeitssysteme;

betriebliche Vorgaben sind.

8.1.1 Einflussgrößen nach Teschke

Teschke²⁹¹ unterscheidet bei den Einflussgrößen des Verfahrensvergleichs weiters zwischen:

- den endogenen Einflussgrößen;
- den exogenen Einflussgrößen.

▪ Endogene Einflussgrößen

Diese bauen in der Regel auf Erfahrungen auf, welche man aus bereits abgeschlossenen Projekten mitnehmen konnte. Dabei handelt es sich insbesondere um Kriterien für Kosten und Nutzen. Diese Art der Einflussgrößen, wird jedoch nach Teschke noch in drei Untergruppen aufgeteilt:

- ♦ Objektbedingte Einflussgrößen
Dazu zählen Größen wie z.B. Objektabmessungen, Objektgrundriss, Bauleistung, Bauweise, Baugelände etc.
- ♦ Betriebsbedingte Einflussgrößen
Dazu gehören Einflussgrößen wie z.B. Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung, Grad der Beherrschung der Bauverfahren, Grad der Erfüllung der betrieblichen Zielsetzung etc.
- ♦ Auftraggeberbedingte Einflussgrößen
Darunter versteht man Größen wie z.B. Vereinbarte Termine, Zeitpunkt und Höhe der zu leistenden Zahlungen, Pönalstrafen etc.

²⁹¹ vgl. [Teschke]; 7ff.

▪ Exogene Einflussgrößen

Im Gegensatz zu den endogenen Einflüssen, bauen diese in der Regel auf Prognosen auf d.h. sie lassen sich nur schwer bzw. gar nicht beeinflussen. Diese Größen werden daher als unsichere Größen in die Planung miteinbezogen, da Zeitpunkt und Intensität nicht vorhergesehen werden können. Die wichtigsten exogenen Einflussgrößen im Hinblick auf ein Bauverfahren sind:

- ♦ die Witterung;
- ♦ betriebliche Störungen wie z.B. Verkehrsbehinderungen;
- ♦ Naturgewalten.

8.2 Methodische Richtigkeit des Verfahrensvergleichs

Hütte²⁹² beschreibt im Zusammenhang mit der methodischen Richtigkeit des Verfahrensvergleichs dass, bei einer Vergleichsrechnung alle Größen auszuschalten sind, die diese beeinträchtigen können. Die häufigsten Fehler sind bedingt durch die Nichtberücksichtigung der vergleichserschwerenden Einflüsse und der verschiedenartigen betrieblichen Herkunft der Unterlagen sowie durch die grundsätzlichen Unrichtigkeiten bei der Ermittlung der Vergleichsgrößen.

8.2.1 Vergleichserschwerende Einflüsse

Die in der Vergleichskalkulation anzusetzenden Werte können im Baubetrieb nicht unverändert von anderen Baustellen bzw. Bauprojekten oder aus fremden Betrieben übertragen werden. Grund dafür sind die außer- und innerbetrieblichen Einflüsse, welche zu unterschiedlichen Werten mit großer Streubreite führen. Um die abgewandelten Verhältnisse zu berücksichtigen, ist deshalb eine Bereinigung der Werte erforderlich. So ist z.B. im Erdbau bei völlig gleichen Bodenbedingungen der Einfluss der Witterung von großer Bedeutung, so dass Aufwandswerte, die unter guten und schlechten Witterungsverhältnissen gemessen wurden, nicht vergleichbar sind. Aber auch andere Einflüsse wie z.B. die Eingewöhntheit einer Fertigungsgruppe (Arbeitskolonne), können Ergebnisse vollständig verfälschen.²⁹³

²⁹² vgl. [Hütte]; 184.

²⁹³ vgl. [Hütte]; 184.

Dasselbe trifft auch für unterschiedliche Kapazitätsauslastung von Maschinen zu, so dass sich z.B. bei gleicher Größe und Art des Bauobjekts unterschiedliche Vorhaltezeiten ergeben können. Bei der Übernahme von Werten für Maschinenkosten ist also der Einfluss der zeitproportionalen Abschreibung und Verzinsung besonders zu berücksichtigen.²⁹⁴

Im Baubetrieb gelingt es meist nicht, alle Einflüsse bei einem Vergleich auszuschalten, welche aus unterschiedlichen inner- und außerbetrieblichen Einflüssen vergangener Perioden resultieren, so dass die Vergleichsergebnisse meist mit einem gewissen Ausführungsrisiko behaftet sind. Im Allgemeinen stellt sich erst bei der Bauausführung heraus, ob die getroffene Entscheidung richtig war und sich die inner- und außerbetrieblichen Einflüsse auswirken.²⁹⁵

8.2.2 Unrichtige Schlussfolgerungen bei Verfahrensvergleichen

Verfahrensvergleiche führen oft deshalb zu unrichtigen Schlussfolgerungen, weil die gegenüberzustellenden Größen nicht methodisch richtig festgelegt werden. Hierbei ist insbesondere auf die Richtigkeit der vorgegebenen Abhängigkeiten zu achten. Ein sehr häufiger Fehler besteht darin, bei der Bewertung der Arbeitsstunden den vollen Kalkulationszuschlag auf den Lohn anzusetzen, der bekanntlich aus einer Verteilung der allgemeinen Geschäftskosten, der Baustellengemeinkosten, des Gewinns und des Wagnisses resultiert, obwohl bei den meisten Bauverfahren keinerlei Abhängigkeit zwischen den auf der Baustelle anfallenden Lohnkosten und diesem Zuschlag besteht. Es wäre aber auch nicht richtig, nur den Arbeiterlohn ohne die Soziallasten und Lohnnebenkosten anzusetzen, da hier ein klarer Zusammenhang besteht.²⁹⁶

Identische Überlegungen gelten hinsichtlich Baustoffe und Subunternehmerleistungen. Letztere sind sehr oft falschen Vergleichen ausgesetzt, wenn entschieden werden soll, ob die Eigenleistungen durch Subunternehmerleistungen ersetzt werden sollen. Es dürfen nur wirkliche Einsparungen und keine Zuschläge berücksichtigt werden, welche im Einheitspreis zwar enthalten sind, in Wirklichkeit aber zur Deckung von Gemeinkosten dienen. Auch die Genauigkeit der zum Verfahrensvergleich herangezogenen Unterlagen ist genau zu prüfen. Fehler entstehen durch Fehlbuchungen, bei denen ein falsches Konto belastet wird. Auch auf die richti-

²⁹⁴ [Hütte]; 184.

²⁹⁵ vgl. [Hütte]; 184.

²⁹⁶ vgl. [Hütte]; 184.

ge zeitliche Abgrenzung und richtig angewendete Verschlüsselung der weiterverrechneten Kosten ist zu achten. Gerade bei der Verschlüsselung (z.B. für Lager- und Werkstattkosten, für Beleuchtung und Heizung etc.) werden oft Fehler gemacht, die das Ergebnis eines Verfahrensvergleichs stark verfälschen können.²⁹⁷

²⁹⁷ vgl. [Hütte]; 184f.

9 Kalkulatorischer Verfahrensvergleich

Kennzeichnend für die Bauausführung ist, dass ein Bauwerk im Allgemeinen mit unterschiedlichen Bauverfahren hergestellt werden kann. So ist es durchaus möglich, dass z.B. Beton mittels Kran, Betonpumpe, Druckluft, Förderband, Dumper, Lastkraftwagen oder Transportmischer zur Einbaustelle befördert wird. Durch Umstände, die sowohl von den innerbetrieblichen Gegebenheiten als auch von den äußeren Randbedingungen der Baustelle und den vorgeschriebenen Ausführungsbedingungen abhängen, wird sich nur ein Verfahren herauskristallisieren, welches besonders wirtschaftlich d.h. mit minimalen Kosten durchführbar sein wird.²⁹⁸

Ausführungsbedingungen können sein:²⁹⁹

- vorhandene Baumaschinen;
- örtliche Randbedingungen;
- geforderte Qualität;
- einzuhaltende Bauzeit;
- technische Normen und Richtlinien;
- Vorschriften, die Sicherheit und Gesundheitsschutz betreffen.

Um eine Einsparung der Kosten bzw. eine Kostenminimierung zu erreichen, ist es regelmäßig erforderlich außer dem Bauverfahren auch die Konstruktion zu ändern, da diese eng zusammenhängen. (Um dies besser verstehen zu können, dient folgendes Beispiel: Eine Ortbetondecke wird ersetzt durch eine Gitterträgerplatte. In diesem Fall ist es notwendig auch die Bewehrung zu ersetzen.) Es muss auch sichergestellt werden, dass die vorgegebenen Nutzungsforderungen erfüllt werden, z. B. Traglast, Durchbiegung, Brandschutz, Betonkernaktivierung oder Schall- und Wärmedämmung. Diese, infolge eines optimalen Bauverfahrens besonders wirtschaftliche Konstruktionen werden häufig als Nebenangebote bzw. als Sondervorschläge bezeichnet, welche im Rahmen der Ausschreibungen angeboten werden. Was für ein bzw. welches Bauverfahren anzuwenden ist, hängt von dem Ergebnis einer methodisch durchgeführten Kostenvergleichsrechnung, dem kalkulatorischen Verfahrensvergleich, ab.³⁰⁰

²⁹⁸ vgl. [Berner]; 127.

²⁹⁹ vgl. [Berner]; 127.

³⁰⁰ vgl. [Berner]; 127.

Man bezeichnet also eine methodisch durchgeführte Kostenvergleichsrechnung auch als kalkulatorischen Verfahrensvergleich. Grundsätzlich baut jeder Verfahrensvergleich, auf Annahmen auf dies bedeutet, dass dieser nur eine Entscheidungshilfe darstellt, mit der man zwar das Entscheidungsrisiko mindern, nicht aber ausschalten kann.³⁰¹

Beim kalkulatorischen Verfahrensvergleich werden für jedes der untersuchten Bauverfahren vergleichende Kostenermittlungen durchgeführt.³⁰²

9.1 Methodik des kalkulatorischen Verfahrensvergleichs

Bei diesem Verfahren, welches auch oft als Wirtschaftlichkeitsvergleich oder Wirtschaftlichkeitsrechnung bezeichnet wird, sind bei den zu vergleichenden Bauverfahren die Kosten zu ermitteln, die von jedem zu vergleichenden Verfahren verursacht werden.³⁰³

Die Kostenermittlung, welche zum Zwecke des Vergleiches durchgeführt wird, wird deshalb auch als Vergleichskalkulation bezeichnet. Damit der Verfahrensvergleich zu belastbaren Ergebnissen führt, ist es von großer Bedeutung, dass dieser methodisch richtig durchgeführt wird.³⁰⁴

Zu beachten ist, dass die durch den Auftraggeber und die betriebsinternen Verhältnisse sowie Gegebenheiten der Baustelle geschaffenen Zwangspunkte berücksichtigt werden. Solche Zwangspunkte werden verursacht:³⁰⁵

- vom Auftraggeber durch Qualitätsvorgaben, Bauzeit, Arbeitszeit und Vorgaben zur Baukonstruktion;
- vom Auftragnehmer durch Betriebsmittel, Baugeräte, Arbeitskräfte, Baustoffe und das zur Verfügung stehende Kapital;
- auf der Baustelle durch Witterungsverhältnisse, topographische Gegebenheiten, Zufahrtswege und Versorgungsleitungen.

Berner³⁰⁶ beschreibt eine Methode, welche für die Durchführung des Verfahrensvergleichs angewendet werden kann. Diese Methode wird nachstehenden beschrieben.

³⁰¹ vgl. [Berner]; 127.

³⁰² [Hoffm.]; 481.

³⁰³ vgl. [Berner]; 128.

³⁰⁴ vgl. [Berner]; 128.

³⁰⁵ vgl. [Berner]; 128.

³⁰⁶ vgl. [Berner]; 128ff.

9.2 Differenzkostenvergleich

Um das wirtschaftlichste Bauverfahren zu ermitteln, wird die Kostendifferenz zwischen den zur Auswahl anstehenden Bauverfahren errechnet. Die Rechnung wird in der Weise durchgeführt, dass nur diejenigen Größen berücksichtigt werden, die sich durch die zu vergleichenden Bauverfahren ändern. Gleichbleibende Größen werden nicht betrachtet. Es gibt zwei unterschiedliche Möglichkeiten, diese Berechnung durchzuführen.³⁰⁷

- als Stückkostenberechnung (d);
(Dabei werden die Kosten pro Mengeneinheit verglichen)
- als Gesamtkostenberechnung (D);
(Dabei werden die Gesamtkosten verglichen)

Je nach Art ihrer Abhängigkeit zeigen die erfassten Stückkosten bzw. Gesamtkosten einen unterschiedlichen Verlauf.

Die absolute Differenz (d) zwischen den *Stückkosten*, z. B. €/m³, ergibt sich aus:

$$d = k_1 - k_2 \quad (9)$$

mit:

k_i Gesamtstückkosten des Bauverfahrens i.

Die absolute Differenz (D) zwischen den *Gesamtkosten* zweier Bauverfahren ergibt sich aus:

$$D = K_1 - K_2 \quad (10)$$

mit:

K_i Gesamtkosten des Bauverfahrens i ($K_i = k_i \cdot x$).

Es ist darauf zu achten, dass die Dimensionen der Größen K_1 und K_2 gleich sind, z.B.: €/m² oder €/m³.

³⁰⁷ vgl. [Berner]; 128.

Bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeitsgrenze wird untersucht, von welcher Grenze an, z. B. eingebauter Menge in m^3 , Vorhaltezeit usw., sich ein Verfahren wirtschaftlicher als ein anderes darstellt. Das heißt, es wird der Grenzwert x_0 gesucht, für den die Kostendifferenz zweier Verfahren $D = K_1 - K_2 = 0$ wird.

Berechnet man die Wirtschaftlichkeitsgrenze, wird die zu berechnende Größe als Variable eingeführt. Dabei wird zunächst eine Trennung der anfallenden Kosten nach:

- **variablen** (zeit- oder mengenabhängigen) **Kosten** des Verfahrens i $k_{var, i}$ [€/Einh.];
- **fixen Kosten** des Verfahrens i $K_{fix, i}$ [€] vollzogen.

Ein einfacher Kostenverlauf eines Bauverfahrens in Abhängigkeit der Variablen x lautet:

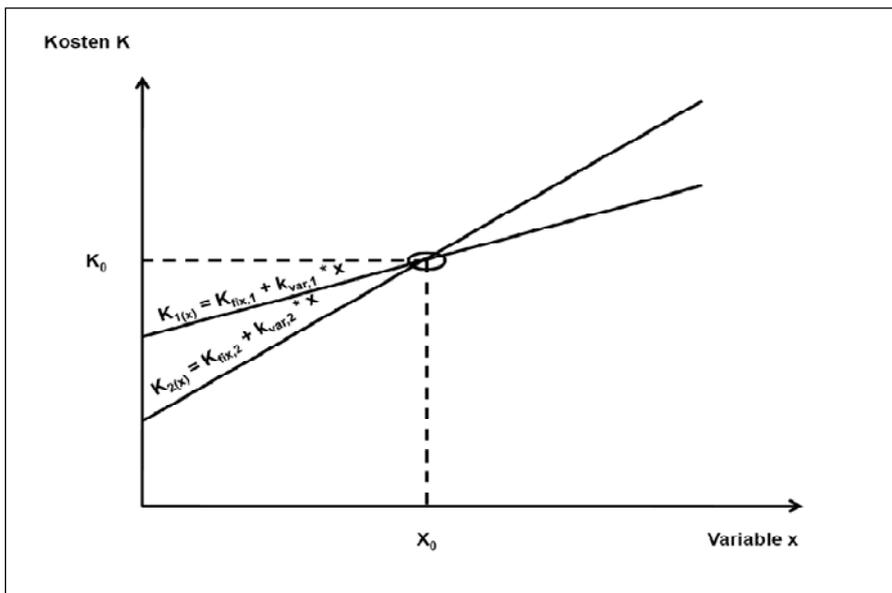
$$K_i(x) = K_{fix, i} + k_{var, i} \cdot x \quad (11)$$

mit:

$K_{fix, i}$ fixe Kosten des Verfahrens i

$k_{var, i}$ variable Kosten des Verfahrens i

Das Bild 9.1 zeigt einen einfachen Gesamtkostenverlauf zweier zu vergleichender Verfahren 1 und 2, wobei der Schnittpunkt der beiden Funktionen an der Stelle x_0 die Wirtschaftlichkeitsgrenze ergibt.

Bild 9.1 Ermittlung der Wirtschaftlichkeitsgrenze³⁰⁸

Für die in Bild 9.1 dargestellte „Ermittlung der Wirtschaftlichkeitsgrenze“ gilt:³⁰⁹

- **Verfahren 1:** $K_1(x) = K_{\text{fix},1} + k_{\text{var},1} \cdot x$
- **Verfahren 2:** $K_2(x) = K_{\text{fix},2} + k_{\text{var},2} \cdot x$
- **Schnittpunkt der Kostenfunktionen:**

$$K_1(x) = K_2(x) \rightarrow x = \frac{K_{\text{fix},2} - K_{\text{fix},1}}{k_{\text{var},1} - k_{\text{var},2}} \quad (12)$$

Wie ein kalkulatorischer Verfahrensvergleich bei einem praxisnahen Beispiel zwischen Baustellen- und Transportbeton aussehen könnte, ist in der Literatur von Berner³¹⁰ angeführt und beschrieben.

Lang³¹¹ beschreibt, dass es sich beim kalkulatorischen Verfahrensvergleich, um eine rein wirtschaftliche Methode handelt bei der nur die Kosten eines Verfahrens herangezogen werden, um eine Entscheidung zu

³⁰⁸ [Berner]; 129.

³⁰⁹ [Berner]; 129.

³¹⁰ [Berner]; 130ff.

³¹¹ vgl. [Lang]; 110.

treffen. Dabei ist darauf zu achten, dass alle unterschiedlichen Kostenanteile der untersuchten Verfahren, wie z.B. die verschiedene Wahl der Baustoffe, Einsatzbedingungen des Unternehmens, Kapital- und Finanzierungsgrundlagen oder Bauzeitanforderungen, zutreffend gewichtet werden. Dies bedeutet, wenn bei der Verfahrenswahl zusätzliche Einflussgrößen wie z.B. ansteigende Elementgrößen oder eine wachsende Baugrubentiefe zu beachten sind, genügt die Ermittlung der Summe aller Kosten nicht mehr. Demnach müssten die Grenzkosten, also der Kostenzuwachs, der durch die Produktion der jeweils letzten Einheit entsteht, durch einen kalkulatorischen Vergleich über die Gesamtkosten oder über die Einheitskosten ermittelt werden. Werden bei der methodischen Verfahrensauswahl mehrere Parameter mit unterschiedlichen Dimensionen wie Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit, Unfallsicherheit und Umweltfreundlichkeit berücksichtigt, kann dafür die Nutzwertanalyse angewendet werden.

Außerdem gilt es anzumerken, dass kalkulatorische Verfahrensvergleiche nur dann korrekt sein können, wenn diese alle relevanten Kosten und deren Parameter berücksichtigen. Vergleicht man z.B. bei Baustellen- und Transportbeton die Herstellkosten je m³ eingebautem Beton, bedeutet dies, dass die Kosten für den Transport an der Baustelle und den Einbau unter Berücksichtigung der verwendeten Betonsorten und Betonarten (die reduzierte Einbaugeschwindigkeit, z.B. von Säulenbeton, erhöht auch die Kosten für seine Herstellung) ebenso wie deren Mengenteile bereits mit einbezogen sind.³¹²

Große Bedeutung im Zusammenhang mit dem kalkulatorischen Verfahrensvergleich, hat auch die Auswahl der richtigen Bezugsgröße, die je nach Art der Fragestellung, Zeitabschnitte (Monate) oder Erzeugniseinheiten (m³ Beton, m² geschalte Fläche usw.) definiert sein wird. Ebenso ist eine passende Kostenaufschlüsselung in fixe und (zeit- oder mengenabhängige) variable Kosten, wie es auch im zuvor erwähnten Beispiel gezeigt wurde, wichtig. Unterstreichen könnte man diese Aufschlüsselung noch durch graphische Darstellungen, um diese noch übersichtlicher erscheinen zu lassen. Gleichzeitig muss aber auch erwähnt werden, dass kalkulatorische Verfahrensvergleiche nicht in der Lage sind, unternehmensspezifische Kriterien mit zu berücksichtigen. D.h. werden etwa Neuinvestitionen in die Überlegung mit einbezogen werden müssen, erfordert dies zusätzliche Amortisations- bzw. Rentabilitätsrechnungen.³¹³

³¹² vgl. [Hochm.1]; 39f.

³¹³ vgl. [Lang]; 110ff.

Es ist vom Ergebnis einer methodisch durchgeführten Kostenvergleichsrechnung, also einem kalkulatorischen Verfahrensvergleich abhängig, welches Bauverfahren ausgewählt bzw. verwendet wird. Jedoch, liegt die größte Unsicherheit bei Verfahrensvergleichen im Falle von Eigenleistungen, bei der Einschätzung der Höhe des jeweiligen Lohnaufwandes. Dies bedeutet, dass die Werte aus der Vergleichskalkulation nicht unverändert von einer Baustelle auf die nächste oder aus fremden Betrieben übertragen werden können, da die außer- und innerbetrieblichen Einflüsse zu unterschiedlichen Werten mit großem Streubereich führen. Aus diesem Grund ist deshalb eine Bereinigung der Werte erforderlich, damit die abgewandelten Verhältnisse berücksichtigt werden.³¹⁴

Bild 9.2 zeigt die Berücksichtigung der Kalkulationsunsicherheiten und soll als Hilfe des zuvor erwähnten dienen.

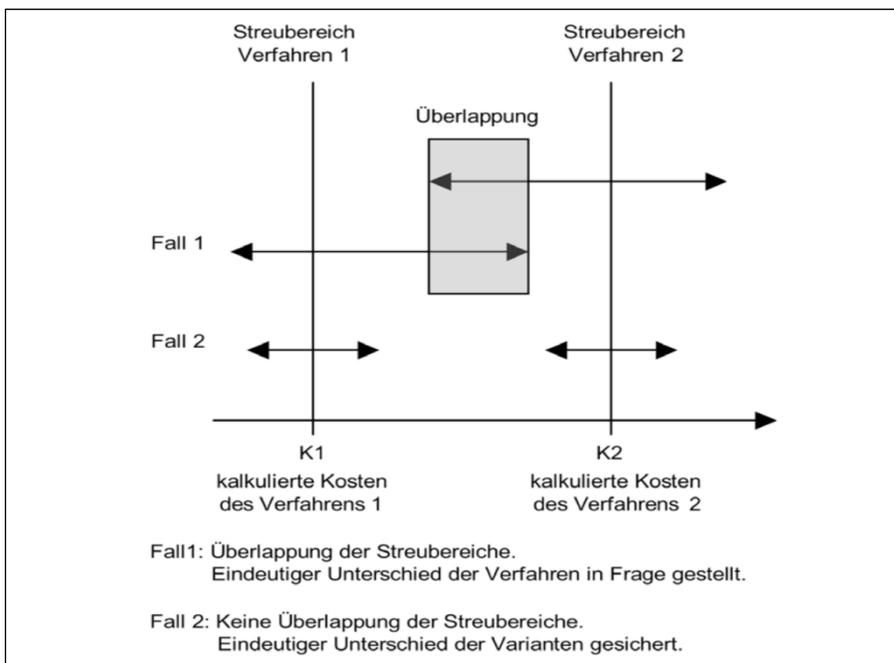


Bild 9.2 Berücksichtigung der Kalkulationsunsicherheiten bei der Berechnung des Kostenunterschiedes zweier Verfahren³¹⁵

Bei der Einschätzung des jeweiligen Lohnaufwandes, könnte die Berücksichtigung eines Leistungsfaktors eine entscheidende Rolle spielen, welcher die innerbetrieblichen Einflüsse und die jeweiligen Baustellen-

³¹⁴ vgl. [Spranz]; 17ff.

³¹⁵ [Spranz]; 19.

gegebenheiten mit einbezieht. Schalungshersteller könnten ihre Software zur Ermittlung des Schalungseinsatzes um diese Arbeitszeit-Richtwerte erweitern, so dass beim Vergleich verschiedener Schalsysteme nicht nur eine sichere Aussage über die Vorhaltemengen und die daraus resultierenden Materialkosten gemacht werden kann, sondern auch über den zu erwartenden Lohnaufwand. Im Baubetrieb gelingt es meist nicht, alle Einflüsse bei einem Vergleich auszuschalten, welche aus unterschiedlichen inner- und außerbetrieblichen Einflüssen vergangener Perioden resultieren. Somit ist es oft der Fall, dass die Vergleichsergebnisse mit einem gewissen Ausführungsrisiko behaftet sind. Ob eine Entscheidung richtig war, stellt sich im Allgemeinen erst bei der Bauausführung heraus, nämlich genau dann, wenn inner- und außerbetriebliche Faktoren zusammenspielen bzw. sich auswirken. Demnach ist der kalkulatorische Verfahrensvergleich, wie schon in der Einleitung dieses Kapitels kurz erwähnt wurde, eine Entscheidungshilfe mit der sich die Risiken der Ausführung zwar minimieren, jedoch nicht ausschalten lassen.³¹⁶

Ein weiterer wichtiger und nicht zu vernachlässigender Punkt ist auch, dass aufgrund einer detaillierten Leistungsbeschreibung bei Bauverfahren, nur mehr ein kleiner Spielraum für die Gerätewahl innerhalb eines Verfahrens bleibt.³¹⁷

▪ **Fazit des Differenzkostenvergleichs**

Abschließend und in Anlehnung an dieses Beispiel kann gesagt werden, dass der Differenzkostenvergleich genau dann angewendet wird, wenn der absolute Unterschied zweier Größen ermittelt werden soll. Voraussetzung dafür ist, dass sämtliche Einflussgrößen bekannt sein müssen. Wie eingangs schon erwähnt wurde, kann die Rechnung vereinfacht werden, wenn nur jene Größen berücksichtigt werden, welche in den zu vergleichenden Bauverfahren veränderlich sind. Nichtveränderliche Größen werden demnach von vornherein ausgeschieden. Mit dieser Methode oder besser ausgedrückt mit diesem Verfahren wird überprüft, welche Einsparungen sich bei Verwendung eines Verfahrens gegenüber einem anderen ergeben. Es ist aber darauf zu achten, dass hier nur quantitative Größen berücksichtigt werden und somit keine Aussagen beispielsweise über Bedienungs-freundlichkeit, Raumbedarf, Herstellungsqualität, usw. in den Vergleich miteinbezogen werden.³¹⁸

³¹⁶ vgl. [Spranz]; 18.

³¹⁷ vgl. [Brech.]; 115.

³¹⁸ vgl. [Hütte]; 185.

Im Wesentlichen gibt es im Zusammenhang mit dem kalkulatorischen Verfahrensvergleich, zwei Arten welche man unterscheidet.

Diese sind:

- der Differenzkostenvergleich;
- die Wirtschaftlichkeitsgrenze.

Im Nachfolgenden wird nur mehr auf die Methode der Wirtschaftlichkeitsgrenze näher eingegangen, da der Differenzkostenvergleich bereits in Kapitel 9.2 ausführlich erläutert wurde.

9.3 Wirtschaftlichkeitsgrenze

Diese Methode ist genau dann anzuwenden, wenn der Wirtschaftlichkeitsbereich zweier Verfahren festgelegt werden soll. Unter der Wirtschaftlichkeitsgrenze wird der Punkt verstanden, bei dem sich die Kostenkurven zweier zu vergleichender Verfahren schneiden (Schnittpunkt der Kostenkurven). Der Schnittpunkt gibt jene Stelle an, bei der die Kosten der vergleichenden Verfahren genau gleich sind. Die Ermittlung der Kostenkurven ist allerdings mit einem höheren Aufwand und größeren Unsicherheiten verbunden. Damit lassen sich Fragen, wie z.B. ab welcher Stückzahl, Einsatzzahl, Einsatzzeit, Vorhaltezeit usw. ein Verfahren einem anderen wirtschaftlich überlegen ist, oder wann sich Investitionen in ein anderes Verfahren auszahlen.³¹⁹

Wichtig bei diesem Verfahren ist auch die Unterscheidung in fixe- und variable Kosten, vor allem dann, wenn die Kosten in Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad und durch den Ausführungszeitpunkt begrenzt betrachtet werden. Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeitsgrenze werden die gesamten Produktionskosten der zu vergleichenden Verfahren in diese Kosten gegliedert.³²⁰

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie die Struktur der Kosten aussieht. Diese Struktur wird im nachfolgenden beschrieben und erklärt.

Zwischen den Gesamtkosten, welche in einer Unternehmung jährlich entstehen und der Ausnutzung der betrieblichen Kapazitäten, besteht ein enger Zusammenhang. Es gibt Kosten, die sich bei Veränderung der Beschäftigung ebenfalls ändern und diese werden variable Kosten ge-

³¹⁹ vgl. [Hütte]; 186f.

³²⁰ vgl. [Lang]; 117.

nannt. Demgegenüber stehen die fixen Kosten, die von der Beschäftigung unabhängig sind. Diese werden auch als Kosten der Betriebsbereitschaft bezeichnet. In diesem Zusammenhang unterscheidet man zwischen Gebrauchs- und Verbrauchsgütern. Verbrauchsgüter (Repetierfaktoren) sind Faktoren, welche in den Leistungserstellungsprozess eingehen und dort auch verbraucht werden wie z.B. Werkstoffe.³²¹

Gebrauchsgüter (Potentialfaktoren) verfügen über eine Nutzleistung, werden nicht verbraucht, unterliegen aber einem Verschleiß. Aus den Repetierfaktoren ergeben sich die variablen Kosten, wie z.B. Materialkosten, Betriebsstoffkosten, Lohnkosten für nicht Stammpersonal usw. Aus der nicht beliebigen Teilbarkeit der Potentialfaktoren ergeben sich die fixen Kosten, welche von der Beschäftigung unabhängig sind. Als Beispiel seien Lohn- und Gehaltskosten für Stammpersonal, Abschreibungen für Anlagegüter, Kosten für Miete und Pacht usw. angeführt. Fixe Kosten können jedoch auch an eine veränderte Beschäftigungslage angepasst werden, dies aber nur langfristig. Innerhalb eines Beschäftigungsintervalls bleiben Sie unverändert.³²²

Wie die Kostenfunktion für fixe Kosten aussieht, zeigt Bild 9.3.

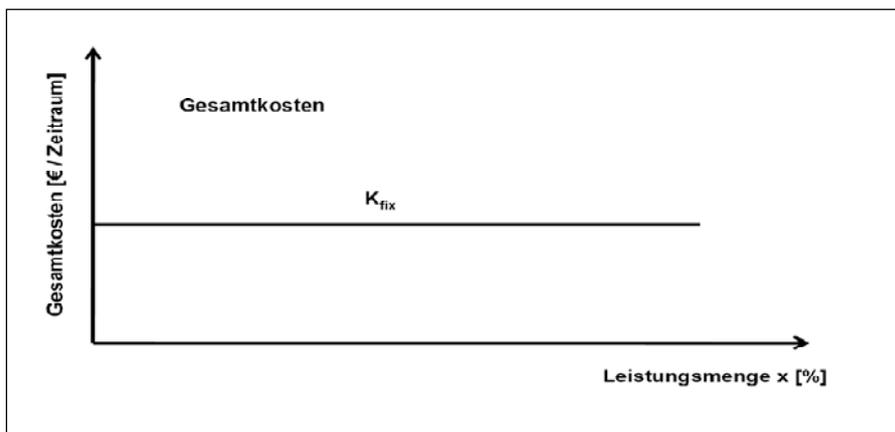


Bild 9.3 Kostenfunktion der fixen Kosten³²³

Wie sich aus Bild 9.3 erkennen lässt, zählen zu den fixen Kosten die Gesamtkosten K innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes, welche sich in der Höhe nicht ändern, wenn sich der Beschäftigungsgrad bzw. die durch den Beschäftigungsgrad gemessene Leistungsmenge in diesem

³²¹ vgl. [Lechner]; 33.

³²² vgl. [Lechner]; 33.

³²³ [Keil]; 24.

Zeitraum ändert. Auch die im gezeigten Beispiel vorhandenen zeitabhängigen Kosten sind innerhalb eines bestimmten Bezugszeitraumes als fixe Kosten zu behandeln. So ist z.B. die Gerätemiete für eine Betonmischanlage bei vorgegebener Bauzeit unabhängig von der produzierten Betonmenge.³²⁴

Weiters sind auch die zeitabhängigen Kosten innerhalb eines bestimmten Bezugszeitraumes als fixe Kosten zu behandeln. So ist z.B. die Gerätemiete für eine Betonmischanlage bei vorgegebener Bauzeit unabhängig von der produzierten Betonmenge.³²⁵

Werden die fixen Kosten in Bezug auf eine Leistungseinheit betrachtet, so werden die Einheitskosten k (Kosten je Einheit) umso geringer, je mehr Leistungseinheiten im Betrachtungszeitraum erstellt werden, das bedeutet je höher der Beschäftigungsgrad ist. Der Verlauf der Kostenkurve ist demnach degressiv. Bild 9.4 zeigt den Verlauf dieser degressiven Kostenkurve:

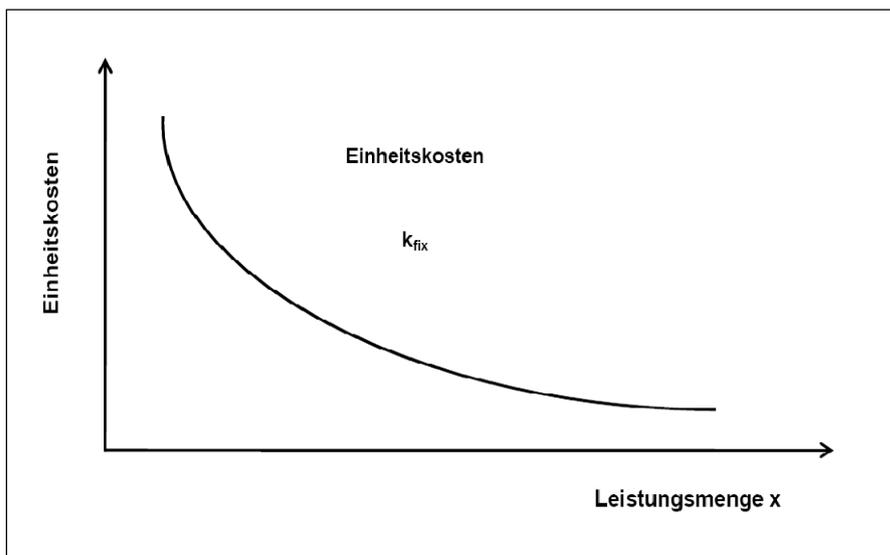


Bild 9.4 Degressive Kostenkurve³²⁶

Im Gegensatz zu den fixen Kosten sind variable Kosten leistungsabhängig. Sie ändern sich in Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad. Aus Bild 9.5 lässt sich erkennen, dass bei proportionalen variablen Kosten die Gesamtkosten K in einem Zeitraum linear mit wachsendem Beschäfti-

³²⁴ [Keil]; 24.

³²⁵ vgl. [Keil]; 24.

³²⁶ vgl. [Keil]; 24.

ungsgrad ansteigen. In der Bauproduktion gilt dies z.B. für Baustoffkosten, Akkordlöhne und Fremdleistungen.³²⁷

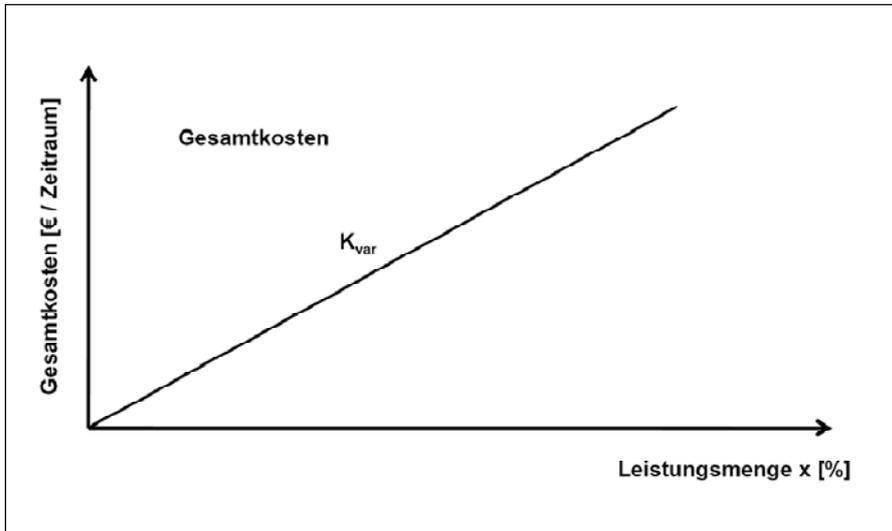


Bild 9.5 Kostenfunktion der variablen Kosten³²⁸

Variable Kosten weisen bei progressiven (steigenden) Einheitskosten (z.B. Überstundenzuschläge) einen überproportionalen Verlauf und bei schwachdegressiven (fallenden) Einheitskosten (z.B. Mengenrabatte), einen unterproportionalen Verlauf auf.³²⁹

Fixe und variable Kosten zusammen ergeben die Gesamtkosten K eines Produkts. Der Kostenverlauf ergibt sich also aus der Addition dieser beiden Kostenarten. Wie die Kostenfunktion der fixen und variablen Kosten aussieht, ist in Bild 9.6 graphisch dargestellt.

³²⁷ [Keil]; 25.

³²⁸ [Keil]; 25.

³²⁹ [Keil]; 25.

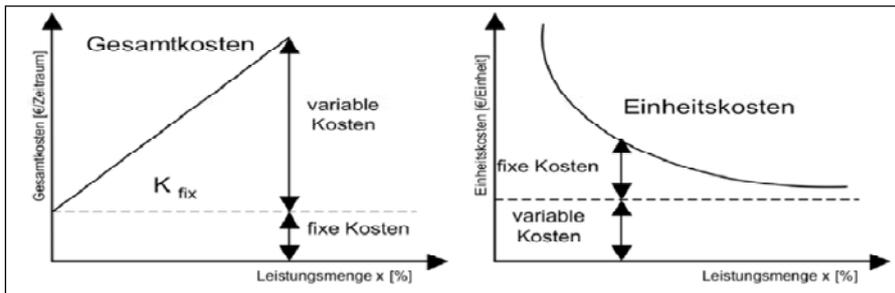


Bild 9.6 Kostenfunktion für fixe und variable Kosten³³⁰

▪ **Fazit des kalkulatorischen Verfahrenvergleichs**

Abschließend kann gesagt werden, dass der kalkulatorische Verfahrenvergleich eine relativ einfache und übersichtliche Lösung der Entscheidungsfindung darstellt, welche jedoch mit einem gewissen Ausführungsrisiko behaftet ist. Dabei werden zwei unterschiedliche Berechnungsmethoden bzw. Verfahren unterschieden. Es sind dies einerseits der Differenzkostenvergleich und andererseits die Wirtschaftlichkeitsgrenze (Wirtschaftlichkeitsvergleich).

³³⁰ [Keil]; 25.

9.4 Kalkulatorischer Verfahrensvergleich nach Hofstadler

Für die Ausführung der verschiedenen Tätigkeiten zur Errichtung eines Bauwerks stehen in der Regel verschiedene Bauverfahren bzw. Schalungssysteme zur Auswahl, mit denen man das gleiche Bausoll (z.B. Qualität) erzielbar ist. Die Verfahren und Systeme unterscheiden sich beispielsweise in technologischer, wirtschaftlicher und baubetrieblicher Hinsicht. Je nachdem wie viele verschiedene Einflussfaktoren bei der Verfahrenswahl für den Vergleich herangezogen werden, unterscheidet Hofstadler³³¹ in nachstehende zwei Methoden:

- den kalkulatorischen Verfahrensvergleich;
- den differenzierten Verfahrensvergleich.

Die Methode des differenzierten Verfahrensvergleichs OPTIMAT wird ausführlich in Kapitel 10.3 beschrieben und erklärt. Unabhängig vom eingesetzten Verfahrensvergleich sollen im Zuge der Verfahrensauswahl jedoch folgende Ziele verfolgt werden:³³²

- die Erfüllung der technischen, sicherheitstechnischen, umweltrelevanten, umfeldrelevanten, ästhetischen, bauwerksspezifischen, baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Ansprüche;
- Belastungen des Vertrags- und Vertrauensverhältnisses mit dem Bauherrn und Nachunternehmern sind zu vermeiden;
- die innerbetriebliche organisatorischen Schwierigkeiten sind zu minimieren;
- der Ausschluss bzw. die Reduktion von Unfallgefahren.

Im Zuge dieses Kapitels wird auf die wesentlichsten Punkte des allgemeinen kalkulatorischen Schalungsvergleichs und den vertieften kalkulatorischen Schalungsvergleich eingegangen.

9.4.1 Allgemeiner kalkulatorischer Schalungsvergleich

Bei diesem Vergleich werden gleiche Kostenarten miteinander verglichen. Für die Gegenüberstellung zweier Schalungssysteme werden beispielsweise die Gerätekosten herangezogen. Vergleicht man nur die Gerätekosten zweier Schalverfahren/-systeme miteinander, so wird man sich für das System A entscheiden (jedoch ohne Berücksichtigung sons-

³³¹ [Hofst.]; 339.

³³² [Hofst.]; 339f.

tiger Randbedingungen wie z.B. technische, baubetriebliche und sicherheitstechnische Randbedingungen), wenn dessen Kosten geringer ausfallen.³³³

$$K_{S,G,A} < K_{S,G,B} \quad (13)$$

mit:

$K_{S,G,A}$ Gerätekosten für das Schalungssystem A

$K_{S,G,B}$ Gerätekosten für das Schalungssystem B

Die beschränkte Betrachtung von nur einer Kostenart ist jedoch nicht zielführend, da beispielsweise eine nicht im Vergleich berücksichtigte Kostenart zu einem anderen Ergebnis geführt hätte.

9.4.2 Vertiefter kalkulatorischer Schalungsvergleich

Diese Methode wird nach Hofstadler³³⁴ beschrieben. Er berichtet, dass für die zu vergleichenden Schalverfahren/-systeme die Kostenverläufe in Abhängigkeit von veränderlichen Einflussgrößen darzustellen sind (z.B. Anzahl der Fertigungsabschnitte, Ressourceneinsatz, Dauer). Anders wie beim allgemeinen kalkulatorischen Schalungsvergleich, werden bei diesem Vergleich auch verschiedene Kostenarten einbezogen. Aus der Darstellung folgen die Unterschiede zwischen den in Betracht gezogenen Verfahren.

Beim Vergleich mit Schalverfahren/-systemen mit und ohne Grund- und Demontage ist zu klären, ab welcher Schalfäche bzw. Anzahl an Einsätzen welches Verfahren/System die geringsten Kosten verursacht. Für ein Schalungssystem ohne Grund- und Demontage folgen die Einzelkosten aus nachstehend angeführter Gleichung. In der Klammer werden die Kosten je Einheit für Lohn, Gerät und Material ermittelt und addiert und mit der entsprechenden Schalfäche multipliziert.

$$K_{S, EK,A} = S_F \cdot (AW_{S,A} \cdot ML_{S,MW} + K_{S,G,A} + K_{S,M,A}) \quad (14)$$

³³³ [Hofst.]; 340.

³³⁴ vgl. [Hofst.]; 340ff.

mit:

- $K_{S, EK, A}$ Einzelkosten der Schalarbeiten für das System A [€]
- S_F Schalfläche [m²]
- $AW_{S, A}$ Aufwandswert der Schalarbeiten für das System A [Std/m²]
- $ML_{S, MW}$ Mittellohnenkosten für die Schalarbeiten-Mittelwert [€/Std]
- $k_{S, G, A}$ Gerätekosten für das Schalungssystem A [€/m²]
- $k_{S, M, A}$ Materialkosten für das Schalungssystem A [€/m²]

Die Kosten für ein Schalungssystem B mit Grund- und Demontage werden nach folgender Gleichung berechnet. Im ersten Term in der runden Klammer wird der Aufwandswert für die Grund- und Demontage mit der spezifischen Schalfläche multipliziert - bezogen auf die Fläche für welche die Grund- und Demontage durchgeführt wird - und das Produkt mit der gesamten Schalfläche dividiert.

$$K_{S, EK, B} = S_F \cdot \left[\left(\frac{AW_{S, GD} \cdot S_{F, GD}}{S_F} + AW_{S, B} \right) \cdot ML_{S, MW} + k_{S, G, B} + k_{S, M, B} \right] \quad (15)$$

mit:

- $K_{S, EK, B}$ Einzelkosten der Schalarbeiten für das System B [€]
- S_F Schalfläche [m²]
- $AW_{S, GD}$ Aufwandswert der Schalarbeiten für Grund- und Demontage [Std/m²]
- $S_{F, GD}$ Schalfläche für die Grund- und Demontage [m²]
- $AW_{S, B}$ Aufwandswert der Schalarbeiten für das System B [Std/m²]
- $ML_{S, MW}$ Mittellohnenkosten für die Schalarbeiten-Mittelwert [€/Std]
- $k_{S, G, B}$ Gerätekosten für das Schalungssystem B [€/m²]
- $k_{S, M, B}$ Materialkosten für das Schalungssystem B [€/m²]

Vergleicht man zwei Schalverfahren/-systeme, gilt es jene Schalfläche zu berechnen ab derer sich für ein Verfahren/System die geringeren Einzelkosten ergeben. Die Grenzschalfläche wird nach nachstehender Gleichung berechnet (durch Gleichsetzen beiden angegebenen Gleichungen 14 und 15).

$$S_{F, Grenz} = \frac{AW_{S, GD} \cdot S_{F, GD}}{\left(\frac{AW_{S, A} \cdot ML_{S, MW} + k_{S, G, A} + k_{S, M, A} - k_{S, G, B} - k_{S, M, B}}{ML_{S, MW}} \right) - AW_{S, B}} \quad (16)$$

mit:

- $S_{F, Grenz}$ Grenzschalfläche [m²]
- $AW_{S, GD}$ Aufwandswert der Schalarbeiten für Grund- und Demontage [Std/m²]
- $S_{F, GD}$ Schalfläche für die Grund- und Demontage [m²]
- $AW_{S, A}$ Aufwandswert der Schalarbeiten für das System A [Std/m²]
- $AW_{S, B}$ Aufwandswert der Schalarbeiten für das System B [Std/m²]

$ML_{S,MW}$	Mittellohnenkosten für die Schalarbeiten-Mittelwert [€/Std]
$k_{S,G,A}$	Gerätekosten für das Schalungssystem A [€/m ²]
$k_{S,M,A}$	Materialkosten für das Schalungssystem A [€/m ²]
$k_{S,G,B}$	Gerätekosten für das Schalungssystem B [€/m ²]
$k_{S,M,B}$	Materialkosten für das Schalungssystem B [€/m ²]

Wenn die gesamte Schalfläche des betrachteten Bauwerks größer ist als jene, die nach der zuletzt gezeigten Gleichung ermittelt wurde, dann werden mit dem Schalverfahren/Schalungssystem B geringere Einzelkosten erzielt. Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten in den Ansätzen für z.B. Aufwandswerte und Mengen kann für die Entscheidung ein Grenzflächenzuschlag berücksichtigt werden. Die Entscheidung für ein Verfahren/System B wird dann getroffen, wenn die Bedingung nach folgender Gleichung erfüllt wird.

$$S_{F,ENT} \geq S_{F,Grenz} \cdot \left(1 + \frac{S_{F,Grenz,ZU}}{100} \right) \quad (17)$$

mit:

$S_{F,ENT}$

$S_{F,Grenz}$

$S_{F,Grenz,ZU}$

Für einen zielführenden Vergleich werden die Kran-, Transport- und sonstigen Kosten in den Einzelkosten berücksichtigt. Beispielsweise werden die Kranbelegungszeiten der zu untersuchenden Systeme/Verfahren ermittelt und auf die zu schalende Fläche umgelegt und in die Gerätekosten einbezogen. Die Kostenberechnungen aus dem kalkulatorischen Vergleich werden in weiterer Folge beim differenzierten Verfahrensvergleich bei den bauwirtschaftlichen Kriterien berücksichtigt.

Zur Veranschaulichung eines praxisnahen Beispiels im Zusammenhang mit dem vertieften kalkulatorischen Verfahrensvergleich, wird auf die Literatur von Hofstadler³³⁵ verwiesen.

³³⁵ [Hofst.]; 342ff.

10 Differenzierter Verfahrensvergleich

Im Zusammenhang mit dem differenzierten Verfahrensvergleich gibt es verschiedene Methoden der Anwendung. Wie schon in Bild 2.2 dargestellt wurde, handelt es sich dabei um folgende Arten des differenzierten Verfahrensvergleichs:

- die Nutzwertanalyse;
- der Verfahrensvergleich nach Schmidt;
- der Verfahrensvergleich nach Hofstadler;
- der Verfahrensvergleich mittels morphologischen Kasten;
- der Verfahrensvergleich nach Gerster/Kohl;
- der intuitive Verfahrensvergleich;
- der stochastische differenzierte Verfahrensvergleich.

Bevor nun im Einzelnen auf die oben erwähnten Methoden eingegangen wird, soll an dieser Stelle noch der Begriff Verfahrensvergleich, der wesentliche Unterschied zwischen dem differenzierten und kalkulatorischen Vergleich und ein paar grundsätzliche Dinge, welche im Zusammenhang mit dem differenzierten Verfahrensvergleich auftreten, beschrieben werden.

- **Begriff - Verfahrensvergleich**

Das Wirtschaftslexikon Gabler³³⁶ versteht unter einem Verfahrensvergleich im Allgemeinen eine Auswertungsrechnung der Kostenrechnung, in der für zur Auswahl stehende Verfahren der Leistungserstellung (neben Produktions- auch Beschaffungs- und Vertriebsverfahren) die relevanten, d.h. von den einzelnen Verfahrensalternativen jeweils zusätzlich ausgelösten Kosten (relevante Kosten), ermittelt und einander gegenübergestellt werden.

Bacher³³⁷ hingegen beschreibt in Anlehnung an die Grundsätze baubetrieblicher Verfahrenswahl, dass der Begriff Verfahrensvergleich als Erleichterung bei der Entscheidungsfindung dient und dieser, Bestandteil der Planung ist, wobei der Schwerpunkt wirtschaftlichen Geschehens in der Planungsphase liegt.

³³⁶ [<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/verfahrensvergleich.html>]; am 29.09.2009 um 14⁴⁵ Uhr.

³³⁷ vgl. [Bacher]; 88.

- **Wesentlicher Unterschied zwischen kalkulatorischen- und differenzierten Verfahrensvergleichen**

Tatsache ist, dass die Auswahl von Bauverfahren auf der alleinigen Grundlage des kalkulatorischen Verfahrensvergleichs manchmal zu unrichtigen Ergebnissen führt. Dies ist genau dann der Fall, wenn die außer- und innerbetrieblichen Bedingungen nicht ausreichend berücksichtigt werden.³³⁸

Wie schon in Kapitel 9 erwähnt wurde, ist der kalkulatorische Verfahrensvergleich eine rein wirtschaftliche Methode, um Verfahren miteinander zu vergleichen. Es werden dabei nur die Kosten eines Verfahrens herangezogen, um eine Entscheidung zu treffen. Im Gegensatz dazu werden bei differenzierten Verfahrensvergleichen, neben den rein wirtschaftlichen Kriterien auch andere Ziele und Kriterien formuliert, auf welche später noch eingegangen werden wird. Es sei an dieser Stelle jedoch angemerkt, dass eine Gegenüberstellung zwischen kalkulatorischen- und differenzierten Verfahrensvergleichen, nicht nur auf diesen einen zuvor genannten Unterschied reduziert werden kann, sondern auch noch andere zum Vorschein bringt.

- **Grundsätzliches im Zusammenhang mit differenzierten Verfahrensvergleichen**

Die Notwendigkeit des Verfahrensvergleiches wird vor allem durch den enormen Konkurrenzdruck hervorgerufen, durch den Bauunternehmen gezwungen werden, möglichst günstig zu produzieren um auch weiterhin im Wettbewerb bestehen zu können. Ein wesentlicher Beitrag dazu ist eine differenzierte Betrachtungsweise der infrage kommenden Bauverfahren. In der Bauwirtschaft werden laufend neue Bauverfahren entwickelt, um auf die Explosionen der Kosten und die gestiegenen Marktanforderungen reagieren zu können. Baubetriebe werden daher gezwungen, eventuelle Verlustquellen im Betrieb aufzufinden und Leistungsreserven freizusetzen. Damit dies erreicht werden kann, sind die Kenntnis vermeidbarer Kosten und das Erarbeiten von Vorschlägen zur Kostenreduzierung erforderlich. Genau deshalb ist es notwendig, die einzelnen Bauverfahren hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und auch auf die Auswirkung ihrer Umwelt gegenüber zu untersuchen.³³⁹

³³⁸ vgl. [Lang]; 127.

³³⁹ vgl. [Bacher]; 88.

Der Baubetrieb ist durch die Kombination der elementaren und dispositiven Produktionsfaktoren gekennzeichnet. Zu den elementaren Faktoren zählen:

- ♦ Materialien, Bauverfahren und Arbeitskräfte und zu den dispositiven Faktoren gehören
- ♦ Planen, Organisieren, Kontrollieren und Steuern.³⁴⁰

Unter Beachtung der vertraglichen Vereinbarungen werden Materialien, Bauverfahren und Arbeitskräfte ausgewählt und miteinander kombiniert. Das Kombinieren erfolgt durch Planen, Organisieren, Kontrollieren und Steuern. In Abhängigkeit von der Bauweise und den eingesetzten Materialien stehen in der Regel verschiedene Bauverfahren zur Auswahl, mit denen die Projektziele erreicht werden können. Die Auswahl der Bauverfahren ist von zentraler Bedeutung für den zeitlich und wirtschaftlich optimalen Ablauf der Bauausführung. Charakteristisch für die Produktion im Bauwesen ist, dass ein Bauwerk im Allgemeinen mit unterschiedlichen Verfahren bzw. Systemen hergestellt werden kann. Aus der Vielzahl der existierenden manuellen, mechanisierten oder automatisierten Verfahren sind jene Bauverfahren oder jene Bauverfahrenskombination auszuwählen, die technisch anwendbar und wirtschaftlich günstig sind.³⁴¹

Kühn³⁴² beschreibt, dass beim differenzierten Verfahrensvergleich neben den rein wirtschaftlichen Kriterien auch die technischen und organisatorischen Kriterien formuliert werden und zwecks der Auswahl der Bauverfahren quantifiziert und in die Beurteilung miteinbezogen werden. Ziel dieser Formulierung ist es dabei, den Verfahrensvergleich weitestgehend zu objektivieren. Es handelt sich dabei um eine Entscheidungsvorbereitung im Sinne des Operations Research.

Der differenzierte Verfahrensvergleich dient der Entscheidungsvorbereitung vor allem bei großen Bauvorhaben, welche mit einer Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse und Interessen behaftet sind.³⁴³

Für die Auswahl des Verfahrens sind nach Kühn³⁴⁴ folgende Schritte erforderlich:

³⁴⁰ vgl. [Bautech.]; 25; Teil 1; November 2008.

³⁴¹ vgl. [Bautech.]; 25; Teil 1; November 2008.

³⁴² vgl. [Kühn]; 52.

³⁴³ vgl. [Kühn]; 52.

³⁴⁴ [Kühn]; 52.

- ◆ die Erfassung der für die Verfahrensauswahl erforderlichen Daten;
- ◆ die Festlegung und Gewichtung der angegebenen Ziele;
- ◆ die Entwicklung von quantifizierbaren Kriterien für die Beurteilung der Verfahren im Hinblick auf die angestrebten Ziele;
- ◆ die Entwicklung einer praktisch anwendbaren Technik für die Verfahrensauswahl.

Schmidt³⁴⁵ beschreibt die Ziele der Verfahrenswahl in Anlehnung an seine veröffentlichte Literatur mit dem Titel „Grundsätze baubetrieblicher Verfahrenswahl- dargestellt an Transportverfahren auf Großbaustellen“, folgendermaßen:

- ◆ die Kosten der Bauausführung sollen minimiert werden;
- ◆ das Vertragsverhältnis mit dem Bauherrn soll keinen Belastungen ausgesetzt werden;
- ◆ innerbetriebliche organisatorische Schwierigkeiten sollen vermieden werden;
- ◆ die Unfallgefahren auf der Baustelle sollen so gering wie möglich sein.

Um mit Hilfe des differenzierten Verfahrensvergleiches die Auswahl eines Verfahrens (Bauverfahren) zu optimieren, stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, wobei die meisten davon auf eine Nutzwertanalyse aufbauen bzw. diese in ihr System integrieren.³⁴⁶

Im Nachfolgenden wird nun auf diese Methoden eingegangen, wobei im Voraus bereits erwähnt wird, dass sich die vertiefende Recherche auf die Methoden der Nutzwertanalyse und der Entscheidungsmatrix OPTIMAT bezieht.

³⁴⁵ vgl. [Schmidt]; 86.

³⁴⁶ vgl. [Lang]; 127.

10.1 Nutzwertanalyse im Zusammenhang mit der Bauwirtschaft

Wie zuvor schon kurz erwähnt wurde bauen die meisten Methoden des differenzierten Verfahrensvergleiches auf der Methode der Nutzwertanalyse auf. Die Nutzwertanalyse gehört zu den heuristischen Methoden der Entscheidungsfindung was bedeutet, dass man mit begrenztem Wissen und wenig Zeit zu guten Lösungen kommt. Ist ein Problem zu unübersichtlich und sehr komplex, so dass es sich entweder einer mathematischen Behandlung entzieht oder der Einsatz eines Optimierungsverfahrens wirtschaftlich nicht vertretbar wäre, können heuristische Methoden der Entscheidungsfindung herangezogen werden. Sie versuchen, den Weg zu einer sinnvollen Lösung aufzuzeigen, ohne speziell die Frage nach der optimalen Lösung zu stellen.

Lang³⁴⁷ beschreibt in Anlehnung der Nutzwertanalyse in der Bauwirtschaft, dass eine alleinige Betrachtung der Kosten für ein Bauprojekt häufig nicht ausreichen ist. Sollen also bei der Verfahrensauswahl weitere Parameter mit nicht direkt vergleichbaren Dimensionen wie z.B. Unfallsicherheit, Leistungsfähigkeit und Umweltfreundlichkeit berücksichtigt werden, muss eine Nutzwertanalyse durchgeführt werden. Über die Nutzwertanalyse lässt sich der Nachteil, der zumeist nicht entsprechend berücksichtigten monetären Kriterien mit subjektiven, oft nicht messbaren Einflüssen verbinden und so richtige Entscheidungen treffen.

Wie schon erwähnt wurde ist die Nutzwertanalyse eine heuristische Methode zur systematischen Entscheidungsfindung. Sie darf nicht als Ersatz, sondern zunächst nur als eine wichtige Ergänzung der anderen Methoden betrachtet werden, die dem Abbau der Entscheidungsproblematik bei der Bewertung und Auswahl komplexer Projektalternativen dienen können. Die Nutzwertanalysemethodik ist allerdings häufig das einzig anwendbare Hilfsmittel zur Analyse einer Entscheidungssituation, wenn eine Zielvielfalt zu beachten ist und/oder ein monetärer Projektwert nicht bestimmt werden kann. Der Nutzwertanalyse liegt das Prinzip der befriedigenden Lösung zugrunde. Im Gegensatz zum strengen Optimierungsprinzip der klassischen Entscheidungstheorie, die oft von unrealen Anforderungen an die Informations- und Urteilskapazität des Entscheidungsträgers ausgeht, trägt dieses Prinzip stärker den realen Möglichkeiten konkreter Entscheidungssituationen Rechnung. Durch das Prinzip der befriedigenden Lösung strebt man an, dass auch in den nicht exakt lösbaren Problemsituationen- und diese sind ja in der Unternehmenspra-

³⁴⁷ vgl. [Lang]; 128.

xis eher die Regel als die Ausnahme- von nicht transparenten Globalentscheidungen wegzukommen. Dazu versucht man, eine der Psycho-Logik des Menschen adäquate Logik der Entscheidungsfindung zu entwickeln und diese soweit zu programmieren, dass der Entscheidungsträger auf der einen Seite zwar hinsichtlich seiner beschränkten Informationsverarbeitungskapazität weitgehend entlastet wird, auf der anderen Seite aber für ihn noch die Möglichkeit besteht, seine individuellen Erfahrungen direkt in den Lösungsprozess einfließen zu lassen. Bei der Nutzwertanalyse kommt dieses Bestreben speziell darin zum Ausdruck, dass der bewertende Vergleich von Projektalternativen nicht allein auf Grund sachlicher Objektinformationen über die Konsequenzen von Alternativen erfolgt, sondern gleichermaßen subjektive Informationen in die Analyse einbezogen werden können. Diese bestehen in explizit zu formulierenden Zielen und Präferenzaussagen des Entscheidungsträgers bzw. der durch ihn beauftragten sachverständigen Experten über die relative Bedeutung der Ziele und der zu erwartenden Zielerträge der jeweils zu betrachtenden Projektalternativen. aktuelle Perspektiven für die Anwendung der Nutzwertanalyse ergeben sich heute angesichts der zunehmenden Entwicklung entscheidungsorientierter Management-Informationssysteme. Denn auf der Grundlage der Nutzwertanalysemethodik können auch die nicht allgemeingültigen programmierbaren Managemententscheidungen wirksam durch EDV-Einsatz unterstützt werden. Auf dem Wege einer schrittweisen Mensch-Maschine Kommunikation hat der Entscheidungsträger hier die Möglichkeit, entsprechend seine individuellen Erfahrung und Urteilskraft gezielt auf den Lösungsprozess Einfluss zu nehmen.³⁴⁸

10.1.1 Der Problemrahmen der Nutzwertanalyse

Bevor auf die Nutzwertanalysemethodik näher eingegangen wird, ist es zunächst zweckmäßig den Problemrahmen für ihren Einsatz abzugrenzen. Generell spielt die Methodik dort eine Rolle, wo die Schwierigkeiten der Entscheidungsfindung darin liegen, dass ein monetärer Projektwert nicht bestimmt werden kann oder allein zur Entscheidungsbegründung nicht ausreicht. Dieser Sachverhalt trifft beispielsweise häufig für Gebiete zu, wo sich das Spektrum möglicher Projektrealisierungen infolge technologischer Entwicklungen schnell ausweitet und die Auswirkungen von Fehlentscheidungen auf Grund langfristiger und kapitalintensiver Projekte gar nicht oder nur unter großen Verlusten wieder rückgängig gemacht

³⁴⁸ [Tumm]; 264ff.

werden können. In welchen Bereichen solche Situationen beispielsweise typisch sind, ist der nachstehenden Auflistung zu entnehmen:³⁴⁹

- im gemeinnützigen Bereich bei Planungsentscheidungen auf nationaler und kommunaler Ebene;
- im industriellen Bereich bei Entscheidungen unter Wettbewerbsbedingungen, wie zum Beispiel auf den Gebieten des Produktmarketing und der Forschungs- und Entwicklungsplanung;
- im innerbetrieblichen Bereich, wie z.B. bei Entscheidungen im Zusammenhang mit der Konzipierung bzw. Auswahl zweckmäßiger EDV-technischer Anlagekonfigurationen und Informationssysteme.

Die Entscheidungssituationen in diesen Bereichen sind gewöhnlich dadurch gekennzeichnet, dass:³⁵⁰

- mehrere Alternativen zu vergleichen sind;
- eine Vielfalt von entscheidungsrelevanten Größen zu beachten ist, zwischen denen Funktionalbeziehungen oft nicht angegeben werden können;
- die persönliche, subjektive Einschätzung dieser Größen in ihrer relativen Wichtigkeit durch den Entscheidungsträger eine erhebliche Rolle spielt.

Im folgenden Bild 10.1 ist der Planungsablauf als Rückkopplungsprozess graphisch dargestellt.

³⁴⁹ [Tumm]; 265.

³⁵⁰ [Tumm]; 265.

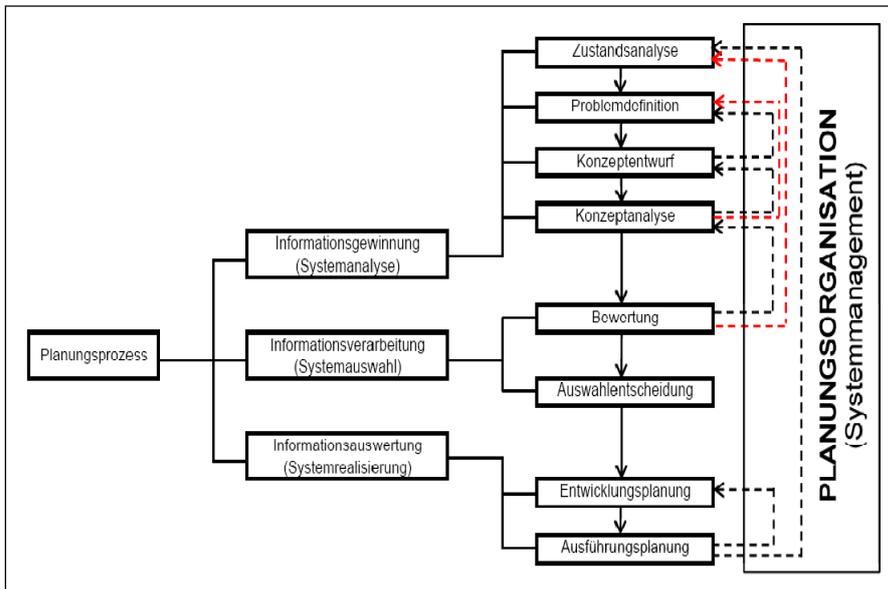


Bild 10.1 Planungsprozess als Rückkopplungsprozess³⁵¹

Aus Bild 10.1 ist ersichtlich, die Entscheidungsproblematik im Rahmen eines systemorientierten Planungsprozesses, im Anschluss an die Planungsphase >Informationsgewinnung< auf der ersten Stufe der Phase der >Informationsverarbeitung< einstellt. Diese Stufe- hier allgemein Bewertung von Alternativen genannt- ist möglicherweise wiederholt zu durchlaufen, wenn noch zu wenig Informationen für die ausreichende Begründung einer Auswahlentscheidung vorliegt. Eine Entscheidungsbegründung ist dann ausreichend, wenn alle situationsrelevanten Größen systematisch ermittelt und die diesbezüglichen Projektkonsequenzen logisch befriedigend zu einer Gesamtaussage über den Projektwert zusammengefasst worden sind. Eine in diesem Sinne rationale Entscheidungsfindung bei der Auswahl komplexer Projektalternativen verlangt offenbar die Lösung folgender Aufgaben:³⁵²

- Das Gesamtziel des Projektes ist zu definieren und systemgerecht, d.h. entsprechend der für das Zusammenwirken der Projektkomponenten maßgebenden Beziehungsstruktur in Form von Teilzielen zu detaillieren.

³⁵¹ vgl. [Tumm]; 266.

³⁵² [Tumm]; 267.

- Die Alternativen sind auf Grund ihrer zielrelevanten Konsequenzen (Zielerträge) entsprechend den entscheidungsträgerbedingten Zielpräferenzen nach ihrer Vorzugswürdigkeit zu ordnen.

Während sich also die erste Aufgabe mit der Frage nach dem situationsrelevanten Zielsystem beschäftigt, behandelt die zweite Aufgabe die entscheidungslogische Informationsverarbeitung im Entscheidungsprozess. Ihre Lösung ist der eigentliche Gegenstand der Nutzwertanalysemethodik.³⁵³

10.1.2 Die Methodik der Nutzwertanalyse

Es stellt sich nun die Frage, wie eine praktikable Entscheidungslogik auf der Grundlage des Nutzenkonzepts aussehen muss, damit die Projektalternativen ziel- und präferenzgerecht geordnet werden können. Aufgrund der zuvor genannten Definition, sind prinzipiell drei Aufgabenkomplexe zur Durchführung einer Nutzwertanalyse zu lösen.³⁵⁴

- die Bestimmung der situationsrelevanten Ziele bzw. Zielkriterien k_j (mit dem Index $j = 1$ bis m);
- die Beschreibung der Zielerträge k_{ij} der alternativen A_i (mit dem Index $i = 1$ bis n) bezüglich der Zielkriterien k_j ;
- die Bewertung, d.h. präferenzgerechte Ordnung der Alternativen aufgrund ihrer Zielerträge durch Angabe ihrer Nutzwerte N_i ;

Das Aufbauprinzip eines Nutzwertmodells besteht darin, ein Objektsystem >Projektalternativen< im Wertsystem >Präferenzstruktur und Zielsystem< zunächst in Zieldimensionen als empirisches Ordnungsmuster $[k_{ij}]$ darzustellen. Dieses muss dann durch einen Bewertungsvorgang in eine Präferenzordnung $[N_i]$ der Alternativen abgebildet werden. Erfahrungsgemäß ist es nicht möglich, die Bewertung durch einen einzelnen Urteilsakt zu vollziehen, denn die bewusste, d.h. gedanklich kontrollierte Auflösung eines $n * m$ dimensional empirischen Ordnungsmusters und die Verknüpfung solcher Objektinformationen mit subjektiven Präferenzen kann gedanklich nicht befriedigend durch eine globale Bewertung bewältigt werden. Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass die rein gedankliche Abwägung der zielrelevanten Vor- und Nachteile von Projekten schon bei wenigen Zielen und Alternativen zu willkürlichen Bewertungsergebnissen (Präferenzordnungen der alternativen) führt.

³⁵³ vgl. [Tumm]; 267.

³⁵⁴ [Tumm]; 269.

Dieser experimentell bestätigte Sachverhalt ist in Bild 10.2 schematisch dargestellt.

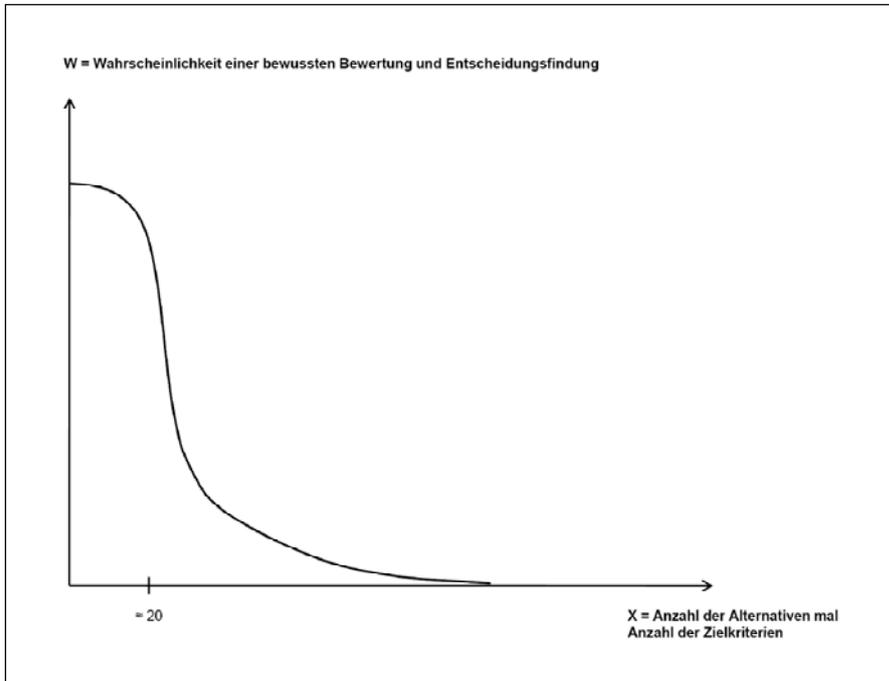


Bild 10.2 Problematik einer bewussten Entscheidungsfindung beim Vergleich von Alternativen unter vielfältigen Gesichtspunkten³⁵⁵

Offenbar werden durch die Urteilskraft und die gedankliche Übersicht einer Urteilstperson mit zunehmender Dimensionalität der Bewertungsaufgabe insbesondere überfordert in Hinblick auf:³⁵⁶

- die simultane gedankliche Erfassung und wertende Gegenüberstellung vieler zielrelevanter Konsequenzen von Alternativen;
- die gedankliche Fixierung der Ergebnisse von Teilvergleichen zwischen mehreren Alternativen und deren systematische, präferenzgerechte Kombination zu einer Gesamtaussage über den jeweiligen Projektwert.

In der Praxis sichert man sich gegen diesen Mangel menschlicher Urteilskapazität gewöhnlich bewusst oder unbewusst so ab, dass in die wertende Beurteilung lediglich zwei oder drei der wichtigsten Zielkriterien

³⁵⁵ [Tumm]; 270.

³⁵⁶ [Tumm]; 270.

einbezogen und alle übrigen Zielkriterien nur dahingehend überprüft werden, ob die diesbezüglichen Konsequenzen einer Alternative in einem zulässigen Bereich liegen oder nicht. Diese Vorgehensweise ist zweifelsfrei nicht optimal und kann daher nur bei Entscheidungen unter hohem Zeitdruck und/oder geringer Tragweite als rationale Vorgehensweise akzeptiert werden, nicht jedoch im Zusammenhang mit der Auswahl langfristiger und kapitalintensiver Projekte. Angesichts der schwerwiegenden Konsequenzen, die hier gewöhnlich mit Fehlentscheidungen verbunden sind und der heutigen Erkenntnis über das menschliche Urteilsverhalten ist der bisherige Glaube an die Intuition und die persönliche Erfahrung als adäquates, alleiniges Mittel zur Beurteilung multidimensionaler Sachverhalte nicht mehr gerechtfertigt. Damit man ein rational begründetes Bewertungsergebnis erhält, bedarf es vielmehr einer Methodik, die es erlaubt, sämtliche Problemaspekte der multidimensionalen Bewertung systematisch bei der Urteilsbildung und Urteilsformulierung zu berücksichtigen. Bei umfangreichen Problemstellungen, wird die Lösung dieser Aufgabe jedoch nur gelingen, wenn dazu folgende Möglichkeiten nutzbar gemacht werden:³⁵⁷

- die Fortschritte der Psychologie bei der Erfassung subjektiver Größen (Psychometrie);
- die Erkenntnisse der Entscheidungsforschung im Hinblick auf eine rationale Bewertungslogik;
- die vergleichsweise unbegrenzten Speicher- und Operationsmöglichkeiten elektronischer Rechenanlagen (Computertechnik).

Bild 10.3 zeigt die Logik eines entsprechenden Ansatzes zur Lösung des Bewertungsproblems zusammen mit den vorangehenden Schritten der Nutzwertanalyse.

³⁵⁷ [Tumm]; 271.

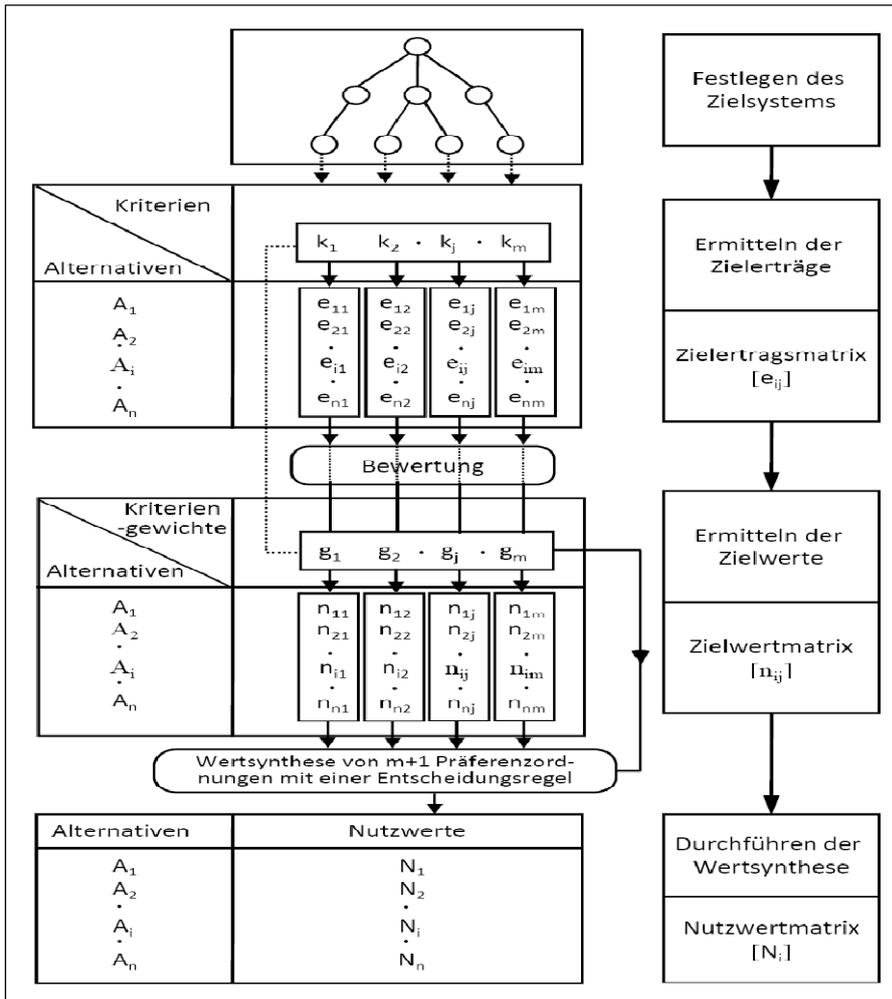


Bild 10.3 Allgemeine Logik der Nutzwertanalyse³⁵⁸

Nach dem Bild 10.3 würde man prinzipiell nach 4 Schritten vorgehen, welche in der Literatur von Tumm³⁵⁹ beschrieben sind und an dieser Stelle nicht näher behandelt werden.

10.1.3 Anwendungsvoraussetzungen dieser Methode

Bei der praktischen Befolgung der nach Tumm³⁶⁰ beschriebenen Nutzwertanalyselogik muss beachtet werden, dass die multidimensionale

³⁵⁸ [Tumm]; 274.

³⁵⁹ vgl. [Tumm]; 271ff.

³⁶⁰ vgl. [Tumm]; 264ff.

Bewertung von Alternativen durch eindimensionale Teilurteile logisch nur zulässig ist, wenn die Zuordnung eines Zielwertes n_{ij} aufgrund eines Zielertrages k_{ij} unabhängig von den übrigen Zielerträgen der Alternative A_i vorgenommen werden. In diesem Fall spricht man von einer sogenannten Nutzenunabhängigkeitsannahme. Es müsste also gewährleistet sein, dass ein Zielertrag k_{ij} für sich allein und nicht erst in Verbindung mit anderen Zielerträgen einen Beitrag zum Nutzwert der Alternative liefert. In konkreten Auswahl-situationen dürfte die Annahme einer solchen vollkommenen Nutzenunabhängigkeit der Zielkriterien allerdings kaum zutreffen. In der Regel wird ein Projekt nur dann eine zulässige alternative darstellen und einen Gesamtnutzen ergeben, wenn diese eine wohlproportionierende Mischung aller Zielerträge aufweist. Dementsprechend werden Zielerträge meistens nur innerhalb bestimmter Sollgrenzen unabhängig voneinander bewertbar sein. Diese Sollgrenzen können durch mindestens erforderliche und/oder maximal erlaubte Zielerträge eines Projektes bestimmt werden. Insofern darf im konkreten Fall nur eine bedingte Nutzenunabhängigkeit vorausgesetzt werden, was bei der praktischen Bewertung durch Festsetzung von Sollgrenzen und einer entsprechenden Überprüfung der Alternativen zu berücksichtigen ist.

Eine weitere Modellannahme besteht häufig darin, dass der Gesamtnutzenzuwachs je Teilnutzeneinheit n_{ij} konstant und gleich der Höhe des entsprechenden Kriteriengewichtes g_i gesetzt wird. In der Praxis wird auch diese Annahme nur für kleine Zielertragsbereiche erfüllt sein, was nicht übersehen werden darf.³⁶¹

Außer diesen entscheidungslogischen Voraussetzungen, die zu beachten sind, müssen natürlich auch praktische Erfordernisse erfüllt werden, damit Nutzwertanalysen operational durchgeführt werden können. Ein wichtiges Hilfsmittel dazu stellen zunächst die Verfahren zur Aufstellung von Zielen und Ableitung von bewertungsrelevanten Zielkriterien dar. Für eine genaue Beschreibung dieser Verfahren, wird auf die Literatur von Tumm³⁶²; Kapitel 1 verwiesen.

Darüber hinaus sind Verfahren zur Abbildung eindimensionaler Präferenzordnungen (Skalierungsmethoden) und der Zusammenfassung von Präferenzordnungen (Entscheidungsregeln zur Wertsynthese) erforderlich. Entsprechende Verfahrensweisen sind ausführlich in der Literatur von Tumm; Kapitel 9 beschrieben. Je nach Kombination der für die einzelnen Schritte der Nutzwertanalyse in Betracht kommenden Verfahren,

³⁶¹ vgl. [Tumm]; 275.

³⁶² vgl. [Tumm]; 275.

können im Einzelfall den Situationserfordernissen entsprechend unterschiedliche Nutzwertmodelle zusammengestellt werden.³⁶³

10.2 Verfahrensvergleich nach Schmidt

Schmidt³⁶⁴ hat ein System der Verfahrensauswahl entwickelt, welches darauf beruht Ziele und Kriterien festzulegen, denen entsprechende Gewichtungen und Bewertungen zugewiesen werden. Der Begriff des differenzierten Verfahrensvergleichs ist dadurch geprägt worden, da dieses Verfahren ein differenziertes Vorgehen erlaubt. Die Verfahrensauswahl wird auf Grund von Entscheidungsgleichungen getroffen, die für jedes verfahren gesondert aufgestellt werden. Neben der differenzierten Gewichtung der Ziele und Kriterien, beruht dieser Vergleich auf einer zusätzlichen Punktebewertung der Kriterien. Die Kriterien der Verfahrensauswahl sind dabei die wirtschaftlichen, technischen, organisatorischen und umweltbedingten Kriterien.

Damit sich das optimale Bauverfahren herauskristallisieren kann, müssen die Bestandteile und Kriterien des Verfahrensvergleichs quantifiziert werden. Die Kriterien der Verfahrensauswahl sind aus Bild 10.4 ersichtlich.

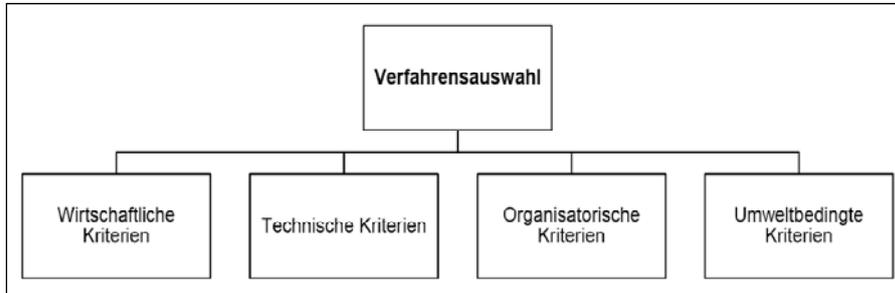


Bild 10.4 Kriterien der Verfahrensauswahl³⁶⁵

Als erstes muss also das Problem der Schaffung einer einheitlichen Vergleichsbasis gelöst werden. Eine einheitliche Quantifizierung unter vollkommen objektiven Gesichtspunkten ist laut Stadler³⁶⁶ nicht möglich, da subjektive Größen eine nicht unerhebliche Rolle spielen. Die Quantifizie-

³⁶³ vgl. [Tumm]; 275.

³⁶⁴ vgl. [Schmidt]; 5ff.

³⁶⁵ vgl. [Lang]; 106.

³⁶⁶ vgl. [Stadler]; 46.

nung kann bei qualitativen Kriterien durch eine Kombination von Bewertung und Gewichtung erfolgen. Ausgangspunkt für die Durchführung der Bewertung und Gewichtung der einzelnen Kriterien ist der Grad der Realisierung der vorgegebenen Ziele durch Kriterien. Um sich ein Bild von den vorgestellten Kriterien machen zu können, werden diese nach Stadler³⁶⁷ beschrieben.

- **Wirtschaftliche Kriterien**

Die wirtschaftlichen Ziele bei der Durchführung eines Bauvorhabens sind minimale Herstellzeiten bei minimalen Herstellungskosten. Für die Auswahl der Bauverfahren ist es laut Stadler ausreichend die fünf einflussreichsten Kostenarten (Löhne, Gehälter, Material, Gerät, Transport) zu untersuchen.

- **Technische Kriterien**

Nach der Eignungsprüfung stehen in der Regel mehrere Verfahren zur Ausführung der Leistung zur Verfügung. Es sollte jedoch geprüft werden, bevor man einem Verfahren aufgrund der geringeren Kosten den Vorzug gibt, ob nicht auch unterschiedliche technische Bedingungen bei der Bauausführung hinsichtlich der Zufriedenheit des Bauherrn, der Vermeidung von Störungen und der Reduzierung des Unfallrisikos, maßgebend sind. Da jedoch ein Maßstab fehlt, lässt sich die Wirksamkeit der einzelnen Kriterien im Hinblick auf die Zielsetzungen nicht so einfach wie bei den kostenmäßigen Beurteilungsgesichtspunkten quantifizieren. Aufgrund des nicht Vorhandenseins eines einheitlichen Maßstabs, bietet sich eine Punktebewertung an.

- **Organisatorische Kriterien**

Diese besagen, dass nur Verfahren welche innerbetrieblich termingerecht verfügbar sind, in den Verfahrensvergleich einbezogen werden können. Dazu zählen die einzusetzenden Maschinen mit den zugehörigen Vorrichtungen, das Personal mit entsprechender Qualifikation und die Einsatzvoraussetzungen, die sich durch Neukauf, Miete oder Personaleinstellung termingerecht schaffen lassen. Auch hier ist mangels einer Messbarkeit in technischen Einheiten oder Geldgrößen nur eine Punktebewertung möglich.

³⁶⁷ vgl. [Stadler]; 46ff.

- **Umweltbedingte Kriterien**

Je nach betroffenem Umweltfaktor und der Belastungsart äußert sich die Umweltbeeinträchtigung in unterschiedlichen Reaktionen, deren Entstehung wegen der komplexen Wirkungszusammenhänge nur prinzipiell beschrieben werden kann. Die Beurteilung einer Umweltbelastung ist nur durch den Vergleich mit einem bekannten Richtwert oder mit einem gleichartigen von anderen Quellen erzeugten Belastungswert möglich. Ähnlich der technischen und organisatorischen Quantifizierung wird auch hier für die allgemeine Beurteilung eine Punktbewertung als Maßstab für alle Belastungsarten gewählt.

Im Zusammenhang mit diesen Kriterien, welche wie schon erwähnt wurde nach Stadler beschrieben sind, sei an dieser Stelle angemerkt, das Schmidt diese noch ausführlicher beschreibt. Für die genaue Beschreibung wird auf die Literatur von Schmidt³⁶⁸ verwiesen.

Wichtig hingegen sind die Fragen, welche Bedingungen der Verfahrenseignung sind. Schmidt definiert hierfür vier Fragen, welche im Zuge der Verfahrenseignung immer gestellt werden müssen. Diese Fragen lauten:

- Erfüllt das Verfahren die Leistungserfordernisse?
- Steht genügend Raum zur Verfügung?
- Behindert das Verfahren eventuell andere Baustellenvorgänge?
- Entsprechen die Bodenverhältnisse den Ansprüchen des Verfahrens?

Wird eine dieser Fragen mit Nein beantwortet, ist das Verfahren für den Anwendungsfall auszuschließen.

Zur Ermittlung des optimalen Bauverfahrens sind laut Schmidt³⁶⁹ vier Schritte erforderlich:

- **Schritt 1:** Erfassen aller für die Verfahrenswahl relevanten Einflussfaktoren und bestimmen ihrer Abhängigkeiten;
- **Schritt 2:** Fixierung der innerbetrieblichen angestrebten Ziele und ihre Gewichtung;
- **Schritt 3:** Entwicklung von möglichst quantifizierbaren Kriterien für die Beurteilung der Verfahren im Hinblick auf ihre Eignung, die vorliegenden Zielsetzungen zu erfüllen;
- **Schritt 4:** Entwicklung einer Technik methodischer Verfahrenswahl zur Entscheidungsvorbereitung bei der baubetrieblichen Verfahrenswahl

³⁶⁸ vgl. [Schmidt]; 70ff.

³⁶⁹ vgl. [Schmidt]; 34.

planung unter Berücksichtigung ihrer praktischen Anwendung in Bauunternehmungen.

Im Folgenden wird der Ablauf des differenzierten Verfahrensvergleichs nach Schmidt kurz beschrieben und grafisch dargestellt.

10.2.1 Quantifizierung der Kriterien

Der erste Schritt welcher im Zusammenhang mit diesem Verfahren zur Anwendung kommt, ist eine objektive Quantifizierung von Kriterien. Da jedoch sehr oft subjektive Einflüsse eine entscheidende Rolle spielen, ist dies häufig sehr schwer möglich. Die Möglichkeit qualitative Kriterien zu quantifizieren, liegt in der Kombination von Gewichtungen und Bewertungen.³⁷⁰

▪ Quantifizierung der Wirtschaftlichen Kriterien³⁷¹

Bei ein und demselben Verfahren sind die Gesamtkosten abhängig von:

- ◆ der Anzahl der eingesetzten Betriebsmittel und Arbeitskräfte (= quantitative Kapazität in Abhängigkeit von der Zahl der Produktionsfaktoren);
- ◆ der Leistungsfähigkeit der eingesetzten Maschinen (= quantitative Kapazität in Abhängigkeit vom Leistungsquerschnitt der Maschinen);
- ◆ vom Umfang der erforderlichen Vorrichtungen.

Das Problem des bisherigen wirtschaftlichen Verfahrensvergleichs (kalkulatorischer Verfahrensvergleich) ist, dass dieser Unsicherheiten vernachlässigt und stillschweigend die uneingeschränkte Gültigkeit der jeweils gewählten Ansätze unterstellt. Somit werden Unsicherheiten bezüglich der tatsächlichen Kostenhöhe vernachlässigt, welche sich durch unterschiedliche Beurteilungen der möglichen Ansätze für Maschinenkosten, Aufwandswerte etc. ergeben. Das Risiko dabei ist umso kleiner, je exakter sich die Arbeitsbedingungen auf der Baustelle voraussehen lassen und je höher die Erfahrungen mit einem Verfahren sind.

³⁷⁰ vgl. [Lang]; 130.

³⁷¹ vgl. [Schmidt]; 94ff.

Dies ist auch der Grund dafür, dass Schmidt bei jedem Kostenansatz eine Risikospanne (RS) einführt. Je nach Genauigkeit der zu erwartenden Kosten, welche aus dem innerbetrieblichen Rechnungswesen bekannt sind, werden Ansätze unterschiedlich bewertet. So besagt eine Angabe der Risikospanne von 0,5 bis 2,0, dass der eingesetzte Erfahrungswert sehr ungewiss ist und es der Fall sein kann, dass er entweder um die Hälfte (0,5) unterschritten wird oder anderenfalls auf das doppelte (2,0) ansteigt. Bei den Ansätzen für Vorhaltezeiten und Mengen und der Anzahl der Nutzungsvorgänge ist analog vorzugehen.³⁷²

Somit besteht nach Schmidt³⁷³ die Möglichkeit, die zu vergleichenden Verfahren nach folgenden drei Gesichtspunkten zu bewerten:

- nach der Kostenhöhe, die sich unter Verwendung der kalkulationsüblichen Ansätze für Kosten, Bauzeit, Betriebsstunden usw. ergibt;
- nach der unter günstigsten Umständen erzielbaren Kostenunterschreitung, ausgedrückt durch die Relation des möglicherweise einzusparenden Betrages (Untergrenze der Risikospanne) zu dem kalkulationsüblichen Ansatz der Kosten (positives Beurteilungskriterium);
- nach der unter ungünstigsten Umständen zu befürchteten Kostenüberschreitung, ausgedrückt durch die Relation der möglichen Mehrkosten (Obergrenze der Risikospanne) zu dem kalkulationsüblichen Ansatz der Kosten (negatives Beurteilungskriterium).

Gleichzeitig auftretende positive und negative Einflüsse (Kriterien) können sich gegenseitig aufheben, so dass es unwahrscheinlich ist, dass die mit der Risikospanne ermittelten Extremwerte praktisch eintreten. Ihre Höhe ist jedoch der Ausdruck für das Kostenrisiko des Verfahrens und damit die einzig quantifizierbare Größe für die Beurteilung dieses wichtigen Kriteriums der Verfahrenseignung.

▪ **Quantifizierung der Technischen Kriterien**

Die Wirksamkeit der einzelnen Kriterien im Hinblick auf die vorhandenen Zielsetzungen lässt sich wegen des Fehlens eines naheliegenden Maßstabes nicht so einfach wie bei den kostenmäßigen Beurteilungsgesichtspunkten quantifizieren. Da eine Bewertung auch der technischen Kriterien bei jedem Verfahrensvergleich aber –wenn auch vielfach unbewusst- effektiv vorgenommen wird, gibt es keinen logischen und methodischen Grund, diese Bewertung nicht auch zahlenmäßig

³⁷² vgl. [Schmidt]; 96.

³⁷³ vgl. [Schmidt]; 97.

auszudrücken. Da, wie schon erwähnt wurde ein einheitlicher Maßstab fehlt, bietet sich auch hier eine Punktebewertung an, wie sie auch in anderen Wissensbereichen (z.B. arbeitswissenschaftliche Eignungsbeurteilung) angewendet wird. Die Zahl der Punkte, die je Kriterium zur Beurteilung herangezogen wird, kann beliebig gewählt werden. Je größer die zahlenmäßige Spanne von der besten bis zur schlechtesten Bewertung, desto stärker sind die Differenzierungsmöglichkeiten.³⁷⁴

Wie so ein Beurteilungsmaßstab für technische Kriterien aussehen könnte, ist Bild 10.5 zu entnehmen.

Punkte	Beurteilung des Verfahrens im Hinblick auf das angestrebte Ziel
10	uneingeschränkt positiv
8	mit einigen Einschränkungen positiv
6	bedingt positiv
4	bedingt negativ
2	in hohem Maße negativ
0	uneingeschränkt negativ

Bild 10.5 Beurteilungsmaßstab für technische Kriterien³⁷⁵

Schmidt³⁷⁶ beschreibt in Anlehnung an die Quantifizierung der technischen Kriterien, dass niemals alle zur Verfügung stehenden Verfahren in Betracht gezogen werden, da sich die technischen Bedingungen, wie etwa Raumbedarf oder Transportweiten, von Bauwerk zu Bauwerk verändern. Demnach soll eine Vorauswahl dabei helfen, die rein technisch ungeeigneten Verfahren auszuschneiden. Damit eine objektive Vorauswahl ermöglicht wird, müssen alle Verfahren miteinbezogen werden, welche die Grundkriterien der Verfahrenswahl wie z.B. den zur Verfügung stehenden Raum oder die erforderliche Leistung erfüllen. Es ist kaum möglich, dass sich nur ein Verfahren als technisch anwendbar erweist. Ist dies jedoch der Fall, so kann das ein Zeichen dafür sein, dass subjektive Gesichtspunkte miteinbezogen wurden. Die Vorauswahl wird mit Hilfe einer Matrix durchgeführt, in der die technischen Beurteilungskriterien den zur Auswahl stehenden Verfahren zugeordnet und einer einfachen Wertung unterzogen werden.

³⁷⁴ vgl. [Schmidt]; 106ff.

³⁷⁵ vgl. [Schmidt]; 103.

³⁷⁶ vgl. [Schmidt]; 106ff.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Raumbedarf	Ansprüche an die Bodenbeschaffenheit	Lärmerzeugung	Eignung für Material	Auswirkungen auf Material	räumliche Elastizität	Unfallrisiko	Behinderung der Nutzung des Baufeldes
Turmdrehkran Gleis	0	-	+	+	+	+	+	0
Turmdrehkran stationär	+	+	+	+	+	+	+	+
Portalkran	+	-	+	+	+	+	+	0
Autokran	-	-	-	+	+	+	+	+
Kabelkran	+	+	+	+	+	0	+	+
Aufzug	+	+	+	-	+	-	+	+
Förderband	0	+	+	-	-	-	+	0
Betonpumpe	+	+	+	-	0	0	+	0
Verfahren geeignet:		+						
Verfahren bedingt geeignet:		0						
Verfahren nicht geeignet:		-						

Bild 10.6 Vorauswahl zur Verfahrenseignung nach technischen Kriterien³⁷⁷

Bild 10.6 zeigt die Matrix der Vorauswahl zur Verfahrenseignung nach technischen Kriterien. Alle Kriterien müssen dem Grundziel entsprechen, während die Wirksamkeit der wirtschaftlichen Kriterien nur hinsichtlich dem Ziel 1 -Minimierung der Kosten- beachtet wird, müssen die technischen, organisatorischen und umweltbedingten Kriterien hinsichtlich den Zielen 2-4 untersucht werden. Die Quantifizierung der technischen Kriterien ist schwieriger als die der wirtschaftlichen Kriterien, da wie eingangs bereits erwähnt wurde, ein Maßstab fehlt.

▪ Quantifizierung der organisatorischen Kriterien

Auch bei den organisatorischen Kriterien ist mangels einer Messbarkeit in technischen Einheiten oder Geldgrößen nur eine Punktebewertung möglich. Der Beurteilungsmaßstab der technischen Kriterien (vgl. Bild 10.5) ist auch hier anwendbar.³⁷⁸

Anzumerken sei an dieser Stelle, dass nur diejenigen Verfahren, welche innerbetrieblich termingerecht verfügbar sind, wie z.B. die einzusetzenden Maschinen und das zur Verfügung stehende qualifizierte Personal sowie die Einsatzvoraussetzungen, die sich durch Neukauf,

³⁷⁷ [Schmidt]; 103.

³⁷⁸ vgl. [Schmidt]; 111ff.

Miete oder Personaleinstellungen termingerecht schaffen lassen, miteinbezogen werden.

▪ **Quantifizierung der umweltbedingten Kriterien**

Die Verursachung von umweltbelastenden Wirkungen der Bauausführung ist im Sinne der Untersuchung dort zu sehen, wo mögliche Abhilfemaßnahmen ansetzen müssten. Demnach kommen folgende Elemente des Bauprozesses als Verursacher von Umweltbeeinträchtigungen in Betracht:³⁷⁹

- ♦ die eingesetzten Betriebsmittel;
- ♦ die angewandten Bauverfahren;
- ♦ die entsprechend dem Bauwerk und seiner Bauweise abzuwickelnden Teilprozesse.

Für die Untersuchung der Umweltbelange bei der Durchführung von Baumaßnahmen ist es daher sinnvoll, den Bauprozess unter Berücksichtigung von verfahrenstechnischen Einflüsse zu analysieren und die Teilprozesse herauszustellen, von denen erfahrungsgemäß Umweltbelastungen ausgehen. Die Belastungen sind für jeden Teilprozess getrennt nach Art, Stärke und Wirkungsdauer zu erfassen.

Die Beurteilung einer Umweltbelastung ist nur durch den Vergleich mit einem bekannten Richtwert oder mit einem gleichartigen von anderen Quellen erzeugten Belastungswert möglich. Wie schon bei den technischen- und organisatorischen Kriterien, wird auch hier das Punktesystem zur Bewertung empfohlen. Wichtig bei der Punktebewertung ist jedoch, dass diese nicht allgemein gesehen werden darf sondern durch einen relativen Vergleich des gesamten Belastungsspektrums mit dem Baubereich erfolgen muss.

Wie solch ein Punktesystem und Bewertungsschema aussehen könnte, ist der Literatur von Olshausen³⁸⁰ zu entnehmen.

10.2.2 Gewichtung der Ziele und Kriterien

Die 4 Ziele der Verfahrenswahl können stichwortartig folgendermaßen zusammengefasst werden:³⁸¹

³⁷⁹ [Bacher]; 117.

³⁸⁰ vgl. [Olshau.]; 190ff.

³⁸¹ vgl. [Schmidt]; 111ff.

- geringe Kosten;
- Zufriedenheit des Bauherrn;
- keine innerbetrieblichen Schwierigkeiten;
- minimales Unfallrisiko.

Für verschieden Bauaufgaben und ebenso für verschiedene Urteilende können die vier Zielsetzungen eine wechselnde Bedeutung haben. So ist es durchaus möglich, dass bei einem sehr knapp kalkulierten Bauauftrag die erste Zielsetzung unbedingt an der Spitze steht und bei einem anderen, der etwa für die ausführende Unternehmung erstmals Zusammenarbeit mit einem potenten Auftraggeber bringt, die zweite Zielsetzung oberste Priorität hat. Die Wertung der Zielsetzungen ist daher schon sehr stark von subjektiven Entscheidungen geprägt, weshalb diese einer kontrollierenden Überprüfung unterzogen werden sollte.

Für die Gewichtung der Kriterien verwendet Schmidt³⁸² ein unterteiltes Rangordnungsverfahren, welches für eine große Anzahl von Kriterien von Vorteil ist. Wie dieses Verfahren aufgebaut ist und wie die Gewichtung der einzelnen Kriterien (wirtschaftliche, technische usw.) erfolgt, ist der Literatur von Schmidt³⁸³ ausführlich beschrieben und wird hier nicht näher erklärt.

10.2.3 Methodik des differenzierten Verfahrensvergleiches

Aus den Überlegungen welche von Schmidt in seiner Literatur dargelegt wurden, ergeben sich für die Praxis differenzierter Verfahrensplanung sieben Schritte welche aus Bild 10.7 herausgelesen werden können. Für die genaue Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte wird auf das Kapitel 5 in der Literatur von Schmidt³⁸⁴ verwiesen. Damit wird jedoch die unvermeidliche subjektive Beurteilung der einzelnen Verfahren von der bisher vorherrschenden intuitiven Bewertung gelöst und im Rahmen des möglichen objektiviert. Ein nach diesen Schritten vorgenommener Verfahrensvergleich bietet eine ungleich verlässlichere Entscheidungsgrundlage als die bisher allein angewendete Vergleichskalkulation. Durch die Komplexität des Problems und der Vielzahl der einzubeziehenden Gesichtspunkte kann jedoch eine einfache mit wenigen Arbeitsschritten erarbeitete Lösung nicht erwartet werden. Wesentlich hingegen ist das

³⁸² vgl. [Schmidt]; 113ff.

³⁸³ vgl. [Schmidt]; 113ff.

³⁸⁴ [Schmidt]; 126ff.

vollständige, systematische Erfassen und gedankliche Bewerten der technischen und organisatorischen Gesichtspunkte sowie des Kostenrisikos, die bisher bei Verfahrensvergleichen nur am Rande und unsystematisch betrachtet wurden. Beispiele zu diesem Verfahrensvergleich sind sehr ausführlich im Schriftgut von Schmidt³⁸⁵ und Bacher³⁸⁶ beschrieben und dargestellt.

³⁸⁵ [Schmidt]; 131ff.

³⁸⁶ [Bacher]; 130ff.

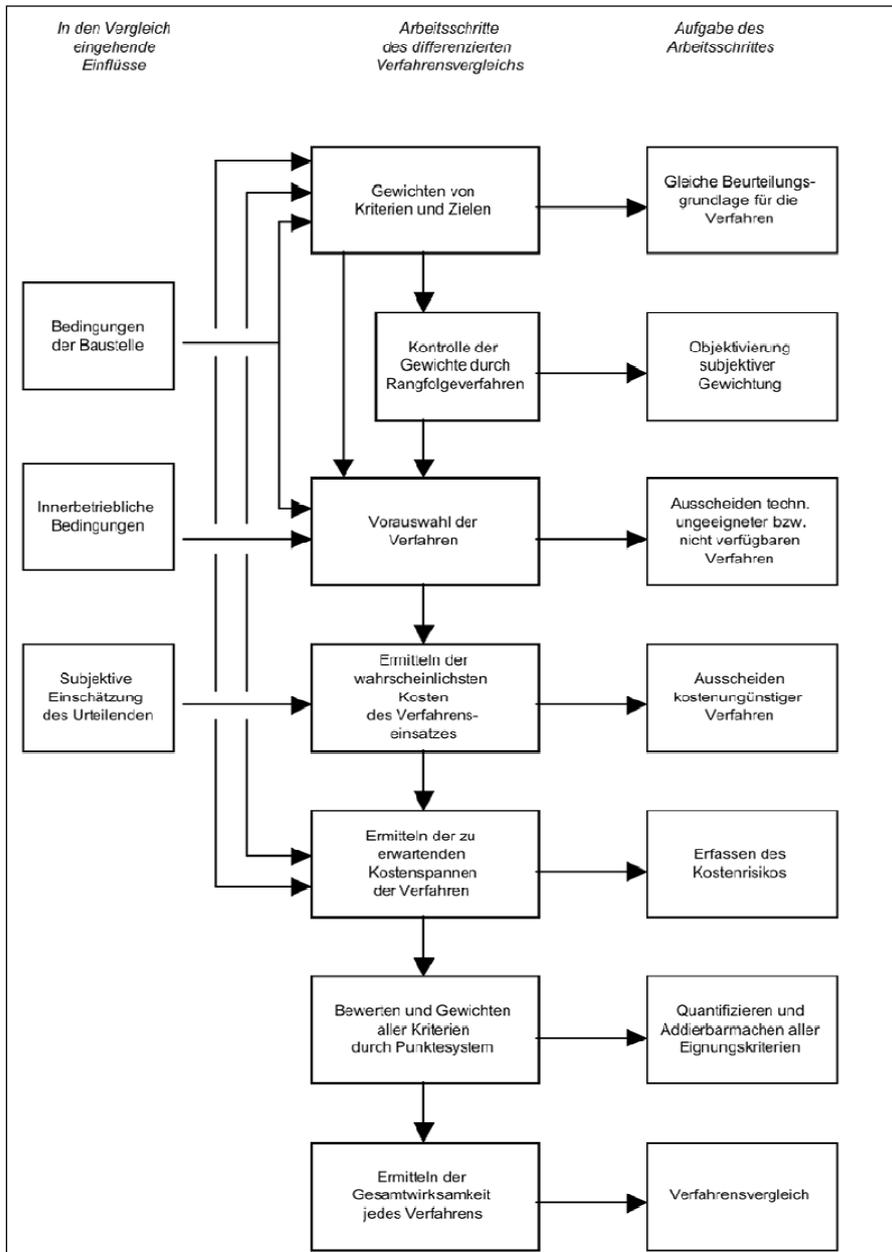


Bild 10.7 Flussdiagramm des Arbeitsablaufes beim differenzierten Verfahrensvergleich³⁸⁷

³⁸⁷ [Schmidt]; 129.

10.3 Differenzierter Verfahrrensvergleich OPTIMAT

Für den differenzierten Schalungsvergleich (Verfahrrensvergleich) OPTIMAT³⁸⁸ werden neben den wirtschaftlichen Kriterien auch andere in den Vergleich mit einbezogen. Es ist zu erkennen, dass der differenzierte Verfahrrensvergleich umfassender ist als der kalkulatorische, erfordert deshalb eine größere Datenmenge und ist zeitaufwendiger. Der Vorteil liegt in der ganzheitlichen Betrachtung, die wesentlich zur Risikoreduzierung in der Kalkulation und Bauausführung beiträgt.

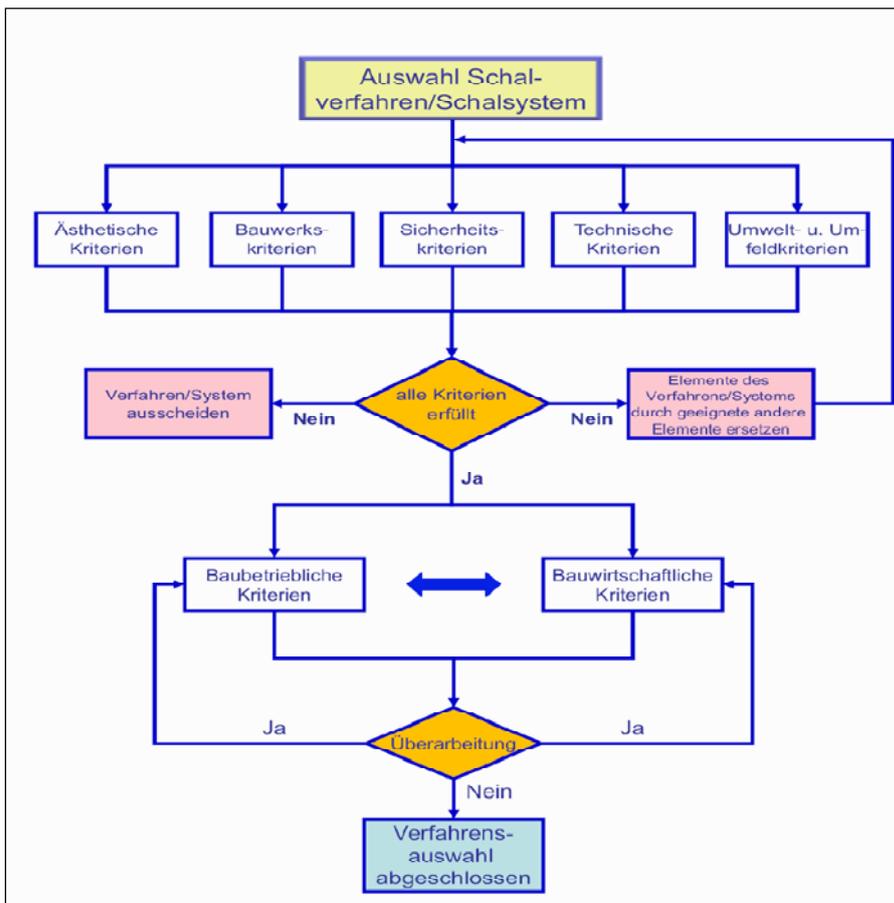


Bild 10.8 Vorgangsschema für den differenzierten Verfahrrensvergleich nach Hofstadler³⁸⁹

Wie der Arbeitsablauf dieses Verfahrens in Bezug auf einen Vergleich von Schalungen aussieht, lässt sich aus Bild 10.8 erkennen.

³⁸⁸ [Hofst.]; 345ff.

³⁸⁹ [Hofst.]; 346.

Obwohl das dargestellte Vorgangsschema hier auf einen Vergleich von Schalungen bezogen ist, kann dieses Prinzip aber auch auf alle anderen Bauverfahrensvergleiche angewandt werden. Um den Arbeitsablauf besser verstehen zu können, werden die einzelnen Schritte nachfolgend beschrieben:

- **Schritt 1:** Formulierung der Unterkriterien für die folgenden Ausscheidungskriterien unter Berücksichtigung der Ausschreibungsunterlagen und in weiterer Folge des Bauvertrags (je nachdem, ob man als Bieter auftritt oder den Auftrag bereits erhalten hat):
 - ♦ Ästhetische Kriterien;
 - ♦ Bauwerkskriterien;
 - ♦ Sicherheitskriterien;
 - ♦ Technische Kriterien;
 - ♦ Umwelt- und Umfeldkriterien.

- **Schritt 2:** Durchführung einer Nutzwertanalyse mit Punktesystem (Teil 1).
- **Schritt 3:** Die Erfüllung der Kriterien wird genau überprüft. Sind Teilkriterien nicht erfüllt, wird versucht Elemente des Verfahrens oder Systems zu substituieren.
- **Schritt 4:** Ausscheiden aller Verfahren und Systeme, die nach der Substitution nicht alle Kriterien erfüllen.
- **Schritt 5:** Formulierung der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien.
- **Schritt 6:** Ermitteln der Bandbreite für die Kosten und Bauzeit unter besonderer Berücksichtigung des Ressourceneinsatzes und der Logistik.
- **Schritt 7:** Abschätzung des Risikos der verschiedenen Verfahren/Systeme hinsichtlich der formulierten Kriterien.
- **Schritt 8:** Durchführung einer Nutzwertanalyse mit Punktesystem (Teil 2).
- **Schritt 9:** Diskussion, Überprüfung und Überarbeitung der Ergebnisse.
- **Schritt 10:** Abschließende Risikobeurteilung der Verfahren oder Systeme.
- **Schritt 11:** Entscheidung für ein Verfahren oder System.

10.3.1 Entscheidungsmatrix als Instrument des differenzierten Verfahrensvergleiches

Die Entscheidungsmatrix leistet einen Beitrag um das geeignetste Verfahren oder System auszuwählen. Anhand der Matrix werden die vorher formulierten Kriterien bewertet.

Hinsichtlich der Kriterien unterscheidet Hofstadler³⁹⁰ diese in zwei verschiedene Gruppen, nämlich in:

- Ausscheidungskriterien (KO-Kriterien);
- baubetriebliche und bauwirtschaftliche Kriterien.

In der ersten Gruppe muss jedes Teilkriterium einen Wert größer als Null annehmen, sonst ist das Verfahren oder System auszuschneiden, wenn eine Substitution eines oder mehrerer Elemente eines Systems oder Verfahrens nicht gelingt. Im folgenden Bild 10.9 ist die Entscheidungsmatrix in allgemeiner Form dargestellt. Diese wird an dieser Stelle beispielhaft mit Zahlen belegt ohne aber Angaben zu den Detailkriterien zu erhalten.

³⁹⁰ vgl. [Hofst.]; 346.

Entscheidungsmatrix											Ziele	
Kriterien			Gewichtung		Verfahren/System							
1	2	3	4	5	Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C			
Projekt:			Gesamt	Einzel	Punkte		Punkte		Punkte			
Bearbeiter: Georg Nikas Version: v1.0			[%]	[%]	Gesamt		Gesamt		Gesamt			
Ausscheidungskriterien	Ästhetische Kriterien		10	50	3	0,15	2	0,1	1	0,05	1,1	
				20	5	0,1	1	0,08	1	0,08	1,2	
				10	3	0,03	5	0,05	2	0,02	0,02	1,3
				10	2	0,02	5	0,05	3	0,03	0,03	1,4
				10	3	0,03	4	0,04	2	0,02	0,02	1,6
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,33		0,32		0,2	1,10	
	Bauwerkspezifische Kriterien			20	20	4	0,16	3	0,12	3	0,12	2,1
			30		3	0,18	4	0,24	4	0,24	2,2	
			30		2	0,12	3	0,18	4	0,24	2,3	
			10		4	0,08	4	0,08	4	0,08	2,4	
			10			0		0		0	2,5	
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,54		0,62		0,68	2,10	
	Schematische Kriterien			25	30	3	0,225	3	0,225	4	0,3	3,1
			40		5	0,3	3	0,3	4	0,4	3,2	
			15		4	0,15	3	0,1125	4	0,15	3,3	
		15	3		0,1125	3	0,1125	4	0,15	3,4		
Punkteanzahl - Teilkriterium			100			0,7675		0,75		1	3,10	
Technische Kriterien			35	30	3	0,315	4	0,42	4	0,42	4,1	
		15		2	0,105	4	0,21	3	0,1575	4,2		
		10		3	0,105	3	0,105	3	0,105	4,3		
		15		4	0,21	3	0,1575	4	0,21	4,4		
		10		3	0,105	4	0,14	4	0,14	4,5		
	10	5	0,175	5	0,175	5	0,175	4,6				
	10	5	0,175	5	0,175	5	0,175	4,7				
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		1,19		1,3825		1,3825	4,10		
Umwelt- u. Umweltspezifische Kriterien			10	40	4	0,16	3	0,12	4	0,16	5,1	
		30		3	0,09	4	0,12	4	0,12	5,2		
		30		4	0,12	3	0,09	4	0,12	5,3		
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,57		0,33		0,4	5,10		
			100		3,22		3,40		3,66			
Ausscheidungsfaktor (multiplikativ: 1 alle Kriterien erfüllt, 0 zumindest ein Kriterium nicht erfüllt):					0		0		0			
Individueller Faktor (multiplikativ: Zwischen 0 und 1):					1		1		1			
Punkteanzahl der Ausscheidungskriterien:					0,00		0,00		0,00			
Baubetriebliche u. bauwirtschaftliche Kriterien	Baubetriebliche Kriterien		45	15	3	0,2025	4	0,27	4	0,27	14,1	
				20	3	0,27	4	0,36	4	0,36	14,2	
				15	4	0,27	3	0,2025	4	0,27	14,3	
				20	4	0,36	4	0,36	4	0,36	14,4	
				20	3	0,27	5	0,45	4	0,36	14,5	
		10	2	0,09	4	0,18	4	0,18	14,6			
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		1,4625		1,8225		1,8	14,10	
	Bauwirtschaftliche Kriterien			55	10	3	0,165	4	0,22	4	0,22	15,1
			10		4	0,22	3	0,165	4	0,22	15,2	
			20		6	0,66	3	0,33	4	0,44	15,3	
			20		5	0,55	5	0,55	3	0,33	15,4	
			15		3	0,2475	4	0,33	4	0,33	15,5	
		5	5	0,1375	5	0,1375	3	0,0825	15,6			
		10	3	0,165	4	0,22	3	0,165	15,7			
		10	4	0,22	2	0,11	3	0,165	15,8			
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		2,255		2,0625		1,9525	15,10		
			100		3,72		3,89		3,76			
Gesamtpunkte Anzahl der Verfahren/Systeme:					3,72		3,89		3,75			
Risikofaktor (multiplikativ: 1 kein erhöhtes Risiko, 0 unüberwindbares Risiko):					1		1		1			
Endpunkteanzahl:					3,718		3,885		3,763			
Entscheidung (Reihenfolge):					3		1		2			

Bild 10.9 Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Verfahrens oder Systems - Urversion

Im Folgenden werden nun die einzelnen Spalten in Bezug auf die in Bild 10.9 dargestellte Entscheidungsmatrix und deren Vorgänge hinsichtlich der Ausscheidungskriterien und der baubetrieblichen bzw. bauwirtschaftlichen Kriterien erklärt.

10.3.2 Ausscheidungskriterien und baubetriebliche bzw. bauwirtschaftliche Kriterien

▪ Spalte 1

Hier sind die beiden Hauptgruppen der Kriterien angeführt. Die Auswahlkriterien haben in der Matrix eine wesentliche Funktion, da sie miteinander in Wechselbeziehung stehen. Ihre Bedeutung hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Hinsichtlich der beiden Gruppen der Auswahlkriterien wird noch eine weitere Unterteilung in harte und weiche Kriterien unternommen.

Hofstadler³⁹¹ beschreibt, dass die harten Auswahlkriterien in zwei Gruppen eingeteilt werden, nämlich in Ausscheidungskriterien (dies sind jene die unbedingt zu erfüllen sind) und in baubetriebliche und bauwirtschaftliche Kriterien. Es ist durchaus möglich, dass aus rein bauwirtschaftlichen Gründen ein Verfahren auszuschneiden wäre, aber z.B. aus technischen oder ästhetischen Gründen kein anderes Verfahren eingesetzt werden kann.

Die weichen Kriterien sind z.B. die persönlichen Präferenzen für Verfahren bzw. Systeme der mit der Ausführung der Arbeiten betrauten Arbeitskräfte. Wenn Arbeitspartien in Schalungssystemen eingeübt sind wechseln sie nur sehr ungern auf ein anderes System (z.B. bei Akkordlohnvereinbarung). Dieser Widerstand kann sich negativ auf die Schalungsleistung und damit auf die Zeit und Kosten auswirken. Weiters ist der ständige Wechsel zwischen verschiedenen Schalungssystemen für verschiedene Bauteilgruppen problematisch. Auch z.B. Form, Farbgebung oder Ergonomie der Schalungssysteme können bei sonst annähernder Gleichheit zweier verschiedener Schalungssysteme den Ausschlag geben.

Im nachstehend dargestellten Bild 10.10 sind einige Beispiele für harte Kriterien angeführt. Es wird aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich dabei nur um eine kleine Auswahl handelt. Für weitere Beispiele wird auf das Buch „Schararbeiten“ von Hofstadler³⁹² verwiesen. Die darin angeführten harten Kriterien decken dabei einen großen Bereich im Zusammenhang mit Schararbeiten ab, dürfen aber jederzeit erweitert werden.

³⁹¹ vgl. [Hofst.]; 349.

³⁹² [Hofst.]; 350ff.

HARTE KRITERIEN	
Ausscheidungskriterien	Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Kriterien
Ästhetische Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsfugen - Ebenheit - Elementfügen - Farbgleichheit - Schalungshautfugen - Kantenausbildung 	Baubetriebliche Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> - Abstand zwischen Fertigungsschwerpunkt(en) und Lagerungsschwerpunkten - Anforderungen an die Logistik - Anzahl der Arbeitskräfte für eine Arbeitsgruppe - Aufwandsverhältnis: z.B. Einschalen zu Ausschalen - Flexibilität - Zusammenwirken verschiedener Vorgänge (z.B. mit Bewehren und Betonieren)
Bauwerkspezifische Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> - Aufriss des Bauwerks - Bewehrungsgrad - Gesamthöhe des Bauwerks - Grundriss des Bauwerks - Lagerungsmöglichkeiten (außerhalb) - Umbau während des Einsatzes 	Bauwirtschaftliche Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der möglichen Einsätze der Schalungshaut - Aufwandswert - dispositiver Arbeitsaufwand (z.B. Planung, Steuerung, Kontrolle, Koordination) - Kranintensität - Produktivität - Vorhaltemenge
Sicherheitstechnische Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> - länderspezifische Anforderungen - Qualität und Beständigkeit der Elemente - Sicheres arbeiten in allen Arbeitsphasen - Sonderteile für die Sicherheitsvorrichtungen - subjektives Sicherheitsgefühl für die AK systemintegrore Sicherheitskonzepte 	
Technische Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> - Ableitung der horizontalen/vertikalen Kräfte - Anbindung an Passflächen - Ebenheit - feste Aufstandsfläche - Tragfähigkeit des untergrundes für die Lastableitung - Verdichtungsart 	
Umwelt- und Umweltspezifische Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> - Anraumer - Bebauungsdichte - geologische Verhältnisse - topografische Bedingungen - Verunreinigungen in der Luft - Windbedingungen 	

Bild 10.10 Beispiele für harte Kriterien bei Schalungsvergleichen³⁹³

- **Spalte 2**
In Spalte 2 wird für die erste Gruppe (Ausscheidungskriterien) in 5 Untergruppen und die zweite Hauptgruppe (Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Kriterien) in 2 Untergruppen differenziert.
- **Spalte 3**
Hier sind die einzelnen Kriterien anzuführen, welche für das zu betrachtende Projekt relevant und für die Entscheidungsfindung bedeutsam sind. Eine kleine Auswahl dieser Kriterien ist in Bild 10.10 ersichtlich.
- **Spalte 4**
In Spalte 4 wird die Bedeutung der jeweiligen Untergruppen bewertet bzw. gewichtet. Die Summe der zu addierenden Prozentsätze der Untergruppen muss sich bei den Ausscheidungskriterien als auch in der

³⁹³ vgl. [Hofst.]; 350ff.

Gruppe der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien, jeweils zu 100 % ergeben.

- **Spalte 5**
Für jedes Einzelkriterium einer jeden Untergruppe wird ebenfalls eine Gewichtung vorgenommen und die Teilsumme der Kriterien jeder Untergruppe muss wieder 100 % ergeben.
- **Spalten 6, 8 und 10:**
In diesen Spalten sind die Punkte für die Verfahren der jeweiligen Kriterien zu vergeben. Mit 5 wird die höchste Anzahl und mit 0 die geringste Anzahl an Punkten vergeben (0 Punkte = Kriterium nicht erfüllt, 5 Punkte = Kriterium voll erfüllt).
- **Spalten 7, 9 und 11:**
In den Spalten 7, 9 und 11 werden die gewichteten Punkte errechnet und in weiterer Folge addiert.

10.3.3 Auswertung und Ergebnis

Nachdem die einzelnen Spalten der Ausscheidungskriterien nach dem zuvor beschriebenen Vorgang (siehe Spalten 1 bis 11) ausgefüllt worden sind, wird die jeweilige Summe gebildet und mit dem Ausscheidungsfaktor multipliziert. Durch diesen Faktor werden alle Verfahren/Systeme ausgeschieden die auch nur bei einem Teilkriterium 0 Punkte bekommen haben. Jene Verfahren/Systeme, welche jedoch die Ausscheidungskriterien erfüllen, werden weiter behandelt.

Sind dann auch noch die einzelnen Spalten der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien wie zuvor beschrieben ausgefüllt worden, wird die Summe der Ausscheidungskriterien und der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien gebildet und mit dem Risikofaktor multipliziert. Durch den Risikofaktor (= Funktion der Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung) kann eine abschließende Risikobewertung vorgenommen werden. Der Faktor 1 bedeutet kein erhöhtes Risiko und durch den Faktor 0 wird ein unüberwindliches Risiko berücksichtigt. Die dazwischen liegenden Werte stehen für eine subjektive Größenordnung der Risikoeinschätzung. Solche Werte können z.B. auch aus Risikomanagementprogrammen abgeleitet werden.

Anhand der Endpunktezahl steht die Reihenfolge der Verfahren/Systeme fest und es kann darauf aufbauend eine Entscheidung getroffen werden.

Die Wahl der Kriterien wurde seit der Urversion der Entscheidungsmatrix überarbeitet, was aber nicht bedeutet, dass diese für zukünftige Vergleiche nicht weiter angepasst werden kann. Gleiches gilt auch für die Bewertung der Vergleiche. Auch die neueste Version der Entscheidungsmatrix wurde umfangreich aktualisiert und so ist es z.B. möglich, dass die zu vergleichenden Verfahren spezifiziert werden können, die Einzel-

kriterien der jeweiligen Kriterienblöcke automatisch aus einer Liste gewählt und der Matrix zugeführt werden können und Kommentare zu den einzelnen Bewertungen der ausgewählten Kriterien, vor und nach Bauablauf (Soll-Ist Vergleich) hinzugefügt werden können. Diese Aktualisierung führt zu einer Verkürzung der Bearbeitungszeit hinsichtlich der Bewertung verschiedener Bauverfahren.

10.3.4 Einsatz der Entscheidungsmatrix

Die erwähnten Auswahlkriterien haben für die verschiedenen Bauaufgaben unterschiedliche Bedeutung. So hängt zum Beispiel das Kriterium der Windanfälligkeit von der Bauwerksform – Flachbau oder Hochhaus – und von der Lage des Bauwerks – z.B. Gebirgslage oder Tallage – ab. Die Gewichtung der einzelnen Kriterien ist an das Lohnniveau und die bauwerks- und baustellenspezifischen Gegebenheiten anzupassen. Diese Matrix stellt eine Entscheidungshilfe dar. Die Zusammensetzung der Matrix ist an die gewonnenen Erkenntnisse und spezifischen Betriebsbedingungen anzupassen. Beispielsweise hat bei Einfamilienhäusern die Anzahl der Einsätze einen bedeutend geringeren Stellenwert als bei Großbaustellen.³⁹⁴

³⁹⁴ [Hofst.]; 354.

10.4 Verfahrensvergleich mittels „Morphologischen Kasten“

Eine weitere Möglichkeit des differenzierten Verfahrensvergleichs ist jene mittels Morphologischen Kasten.

Die Morphologie dient der Diagnose von Problemen und der Suche von Lösungen. Sie ist geeignet, komplexe Probleme durch logische und systematische Verknüpfung von Problemelementen zu lösen. Dabei ist eine eindeutige Definition der Fragestellung Voraussetzung.³⁹⁵

10.4.1 Vorgehensweise dieser Methode

Die Vorgehensweise dieser Methode wird nach der Literatur von Bronner³⁹⁶ beschrieben und erklärt. Das Problem wird in seine Bestandteile (Dimensionen) aufgespalten. Diese Merkmale oder Faktoren werden untereinander aufgeführt. Aus jeder Problemdimension werden zeilenweise möglichst viele Lösungselemente (Ausprägungen) abgeleitet. Aus der Kombination der Elementar-Vorschläge lassen sich Totallösungen generieren. Schwierig und zeitaufwendig ist die Auswahl des besten Lösungsansatzes.

Bei der Festlegung der Problemdimensionen muss man beachten, dass diese relevant, unabhängig und operationalisierbar sind. Dieser Vorgang wird als die erste analytische Phase angesehen. Als zweite analytische Phase schließt sich die Differenzierung der Dimensionen nach einzelnen Ausprägungen an. Die Verknüpfung der Elemente zu Lösungsalternativen kennzeichnet die synthetische Phase. Ist ein Problem vieldimensional, so empfiehlt sich ein Problemsplitting. Man nennt dies auch Mehrphasen-Morphologie.

Obwohl die Morphologie durchaus gut geeignet ist von nur einer Person angewandt zu werden, empfiehlt sich die Erarbeitung einer Problemlösung in der Gruppe. Gerade in der Teamarbeit entfaltet dieses Verfahren seine hohe Eignung als Kreativitätstechnik.

Der Hauptvorteil der morphologischen Methode die in ihrer Anwendung keineswegs auf Kreativitätsförderung beschränkt ist, ist die Analyse komplexer Probleme. Ist es erforderlich, möglichst alle Aspekte und diese in ihrer unterschiedlichsten Ausprägung zu erfassen, bewährt sich die morphologische Methode wie kaum eine andere Technik.

³⁹⁵ [Bronner]; 61.

³⁹⁶ vgl. [Bronner]; 61.

Die Bezeichnung „Morphologischer Kasten“ bringt zum Ausdruck, wie man sich die Verknüpfungs-Struktur der Dimensionen vorzustellen hat: Als prinzipiell mehrdimensionaler Raum von potentiellen Lösungen, der aber ausschließlich der Anschaulichkeit wegen oft nur auf 3 Dimensionen begrenzt dargestellt wird.

Dimension	Ausprägungen
Dachdeckung	Ziegel, Reet, Glas, Beton, Blech, Eternit...
Dach-Neigung	0°, 30°, 45°, 10°, 20°, 35° ...
Fläche (m ²)	98, 120, 180 ...
Etagen	1, 1.5, 2 ..
Verwendung	Wohnen, Musizieren, Verwalten ...
...	...

1. analytische Phase 2. analytische Phase

synthetische Phase

Bild 10.11 Morphologische Struktur eines Hauses³⁹⁷

Bild 10.11 zeigt ein einfaches Beispiel, nämlich die morphologische Struktur eines Hauses. Es soll dazu dienen um die Vorgehensweise dieser Methode zu verstehen.

Beispiel: Arbeitsverfahren für die Herstellung von horizontalen Bauteilen

In der Literatur von Künstner³⁹⁸ werden in einem Beispiel Arbeitsverfahren zur Herstellung von horizontalen Bauteilen (Decken, Unterzüge, Brüstungen) betrachtet. Der Autor geht hier nach der 6-Stufen-Methode der Arbeitsgestaltung vor, um die optimale Lösung für die Herstellung von horizontalen Bauteilen für ein bestimmtes Bauwerk zu finden. Der Morphologische Kasten wird dabei als zentrales Werkzeug zur Entscheidungsfindung verwendet. Zum besseren Verständnis wird hier die 6-Stufen-Methode der Arbeitsgestaltung kurz erläutert.³⁹⁹

Um Probleme aller Art zu lösen, wurde eine Vorgehensweise entwickelt, welche von REFA übernommen, verbessert und als 6-Stufen-Methode erstmals 1971 vorgestellt wurde. Um die Lösung eines Problems finden

³⁹⁷ [Bronner]; 61.

³⁹⁸ [Künst.]; 94, 96ff.

³⁹⁹ vgl. [Künst.]; 94ff.

zu können, wird wie der Name dieser Methode schon verrät, in 6 Stufen gesucht. Diese sind:

- **Stufe 1:** Ziele setzen
- **Stufe 2:** Aufgabe abgrenzen
- **Stufe 3:** Ideale und denkbare Lösungen suchen
- **Stufe 4:** Daten sammeln und praktikable Lösungen entwickeln
- **Stufe 5:** Optimale Lösung auswählen
- **Stufe 6:** Lösung einführen und Zielerfüllung kontrollieren.

Die Besonderheit dieses Verfahrens ist, dass zwischen der Stufe 2, bei der man sich bereits Überlegungen machen muss, inwieweit man die Aufgabe abgrenzt und der Stufe 4, bei der realitätsnahe Untersuchungen angestellt werden, eine Stufe der Kreativität gelegt hat. Bei dieser Zwischenstufe ist es erlaubt, gedanklich weit über die realen und machbaren Möglichkeiten hinauszugehen. Man sucht also in Stufe 3 nach einer idealen, möglicherweise utopischen, zu diesem Zeitpunkt noch nicht machbaren Lösung. Wird die Lösung stückweise verschlechtert, indem man die Randbedingungen der Stufe 2 nacheinander berücksichtigt, bleiben schließlich ein oder mehrere reale Lösungen übrig. Der Weg verläuft also vom Idealen zum Realen, also von oben nach unten. Es hat sich gezeigt, dass die auf diese Weise gefundenen Lösungsansätze eine höhere Qualitätsstufe haben als jene, bei denen man von vornherein nur realistische Ansätze im Auge hat.

Diese Methode kann dabei auf Neuentwicklungen genauso gut angewandt werden wie auf Weiterentwicklung oder Verbesserung von Ist-Zuständen. Der Sinn dabei ist, dass man von Aussagen wie „Diese Verfahren haben wir schon immer angewandt“ Abstand nimmt. Nur weil man ein Verfahren schon immer angewandt hat, heißt das noch lange nicht dass es auch gleichzeitig das Beste ist. In Bild 10.12 ist das Ablaufschema der 6-Stufen-Methode der Systemgestaltung dargestellt.

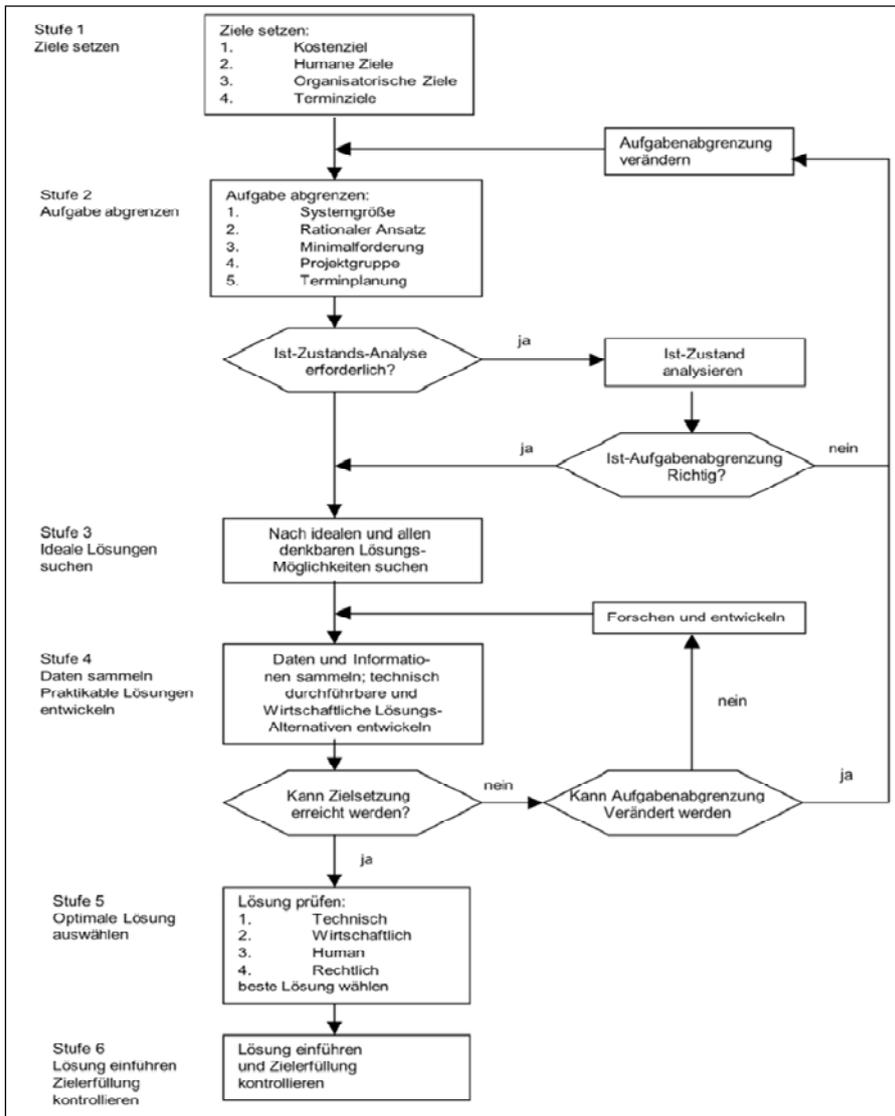


Bild 10.12 6-Stufen-Methode der Systemgestaltung⁴⁰⁰

Das zuvor erwähnte Beispiel von Künstner, welches verschiedene Arbeitsverfahren für die Herstellung von horizontalen Bauteilen betrachtet, wird nach dem in Bild 10.12 gezeigten Schema abgewickelt. Der Ablauf und die Lösung dieses Beispiels sind der Literatur von Künstner⁴⁰¹ zu entnehmen.

⁴⁰⁰ [Künst.]; 95.

⁴⁰¹ [Künst.]; 96ff.

10.5 Verfahrensvergleich nach Gerster/Kohl

Im Zusammenhang mit dem differenzierten Verfahrensvergleich, gibt es eine weitere Anwendung, nämlich jene nach Gerster/Kohl⁴⁰² welche im Folgenden nach deren Literatur beschrieben wird. Der Unterschied dieses Verfahrens im Gegensatz zu den bisher vorgestellten anderen Vergleichsmethoden ist, dass:

- verschiedene Beteiligungsformen für ein Bauprojekt berücksichtigt werden;
- nicht die Kosten von Verfahren gegenübergestellt werden, sondern deren Nutzen in Abhängigkeit von der Art der Beteiligung;
- Sicherheit, Risiko und Wahrscheinlichkeiten in die Entscheidungsfindung einfließen;

Das in der Literatur von Gerster⁴⁰³ und Kohl dargestellte Beispiel zu dieser Methode weist ausdrücklich darauf hin, dass der Nutzen der einzelnen Bauverfahren für die Art der Beteiligung bereits ermittelt und somit vorausgesetzt wurde. Dies könnte z.B. anhand einer Kosten-Nutzen Analyse erfolgt sein.

Das Ziel eines Entscheidungsträgers ist, eine Entscheidung immer so zu treffen, dass er den größtmöglichen Nutzen daraus ziehen kann. Somit lassen sich in Abhängigkeit vom Informationsgrad folgende Entscheidungsregeln angeben:

- **Entscheidung bei Sicherheit**
Die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Zustandes, im Falle der Entscheidung bei Sicherheit, liegt entweder bei 1 oder 0. Treten mit Sicherheit bestimmte Umweltbedingungen auf so kann jene Alternative gewählt werden, deren Nutzen am höchsten ist.
- **Entscheidung bei unvollkommener Information**
 - ◆ Entscheidung bei Risiko
Man spricht von einer Entscheidung unter Risiko wenn für das eintreten bestimmter Umweltbedingungen Wahrscheinlichkeiten angegeben werden können. Nach dem Erwartungsprinzip wird jene Handlungsmöglichkeit gewählt, welche den größten Erwartungswert aufweist.

⁴⁰² [Gerst.]; 27ff.

⁴⁰³ [Gerst.]; 27ff.

$$\text{Erwartungswert} = \sum \text{Nutzen} \times \text{Wahrscheinlichkeit} \quad (18)$$

- ◆ **Entscheidung bei Unsicherheit**

Die Entscheidung bei Unsicherheit ist dadurch gekennzeichnet, dass der Entscheidungsträger dem Eintritt der verschiedenen Umweltbedingungen keine Entscheidung zuordnen kann.

Auch Bronner⁴⁰⁴ geht unter dem Kapitel „Entscheidungen als Informationsproblem“ auf die Entscheidung bei Sicherheit, Risiko und Unsicherheit ein und definiert diese folgendermaßen:

- **Entscheidung bei Sicherheit**

Diese liegt dann vor, wenn dem Entscheidungssubjekt für jede seiner Aktionen bekannt ist, in welchem Umfang sie jeweils zur Realisierung des verfolgten Ziels beitragen. Es wird der Zustand vollkommener Information unterstellt.

- **Entscheidung bei Risiko**

Diese liegt dann vor, wenn das Entscheidungssubjekt zwar nicht weiß, welcher von mehreren möglichen Umweltzuständen auf seine Aktionen hin eintreten wird, ihm jedoch (objektive oder auch subjektive) Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der verschiedenen Zustände bekannt ist.

- **Entscheidung bei Unsicherheit**

Kann das Entscheidungssubjekt für das Eintreten verschiedener möglicher Umweltzustände keine Wahrscheinlichkeiten mehr angeben, so gehen die Entscheidungen bei Risiko in Entscheidungen bei Unsicherheiten über.

Desweiteren definieren Gerster und Kohl⁴⁰⁵ folgende Regeln welche im Zusammenhang mit der Auswahl von Verfahren bei Unsicherheit eine wichtige Rolle spielen:

- **Minimax-Regel**

Zweckmäßigste Handlungsalternative ist das Maximum der Zeilenminima. Diese Regel sichert bei ungünstigen Umweltbedingungen noch den höchsten Nutzen und stellt somit ein pessimistisches Kriterium dar.

⁴⁰⁴ vgl. [Bronner]; 9ff.

⁴⁰⁵ vgl. [Gerst.]; 27ff.

- **Maximax-Regel**

Sinnvollste Handlungsalternative ist das Maximum der Zeilenmaxima. Diese Regel führt zu der Handlungsmöglichkeit die bei günstigen Umweltbedingungen den höchsten Nutzen ergibt. Diese Regel stellt somit ein optimistisches Kriterium dar.

Zum besseren Verständnis dieser Methode wird an dieser Stelle auf ein Beispiel in der Literatur von Gerster und Kohl⁴⁰⁶ verwiesen. In der angeführten Darstellung prüft ein Bauunternehmer verschiedene Möglichkeiten sich an einem Projekt zu beteiligen. Es wird gezeigt, wie die zweckmäßigsten Handlungsalternativen zuerst nach der Minimax- und dann nach der Maximax-Regel ermittelt werden. Unter Einbeziehung der jeweiligen Wahrscheinlichkeiten wird die optimale Alternative errechnet.

⁴⁰⁶ [Gerst.]; 29ff.

10.6 Intuitiver Verfahrensvergleich

Diese Art der Verfahrensvergleiche geht bewusst unsystematisch vor, um völlig neue noch nicht da gewesene Lösungen zu finden. Der wohl bekannteste Vertreter in diesem Zusammenhang ist das Brainstorming. Es wird in der Literatur auch als die wohl bekannteste Kreativitätstechnik bezeichnet und bedeutet grob übersetzt: *Gedanken-Gewitter* oder *Denk-Sturm*. Im Prinzip ist dies eine Variante der sogenannten freien Assoziation. Eine erste Richtung der Assoziation ergibt sich zwischen einem kreativ aufzubereitenden Problem und dem einzelner Mitglieder einer Brainstorming-Gruppe (6-12 Personen). D.h. jeder Teilnehmer einer Kreativ-Sitzung (max. 1 Stunde) artikuliert möglichst spontan und unreflektiert seine Gedanken zum anstehenden Problem. Eine zweite Assoziations-Richtung ergibt sich zwischen dem Gedanken eines Anderen und den eigenen Einfällen. Hier können und sollen bewusst Verfremdungen, Ergänzungen oder andere Modifikationen angeregt, verstärkt und argumentativ freigesetzt werden.⁴⁰⁷

Dass diese Äußerungen ungehindert erfolgen, wird durch die Einhaltung der folgenden Spielregeln des Brainstormings gesichert:⁴⁰⁸

- keine Kritik an den Äußerungen des Anderen;
- kein Gedanke ist zu schlecht, zu dumm, zu unreal als dass er nicht aufgegriffen bzw. ausgesprochen werden sollte;
- je mehr Gedanken, Ansätze und Ideen umso besser.

Bronner⁴⁰⁹ beschreibt auch, dass dieses Verfahren wie auch manch andere Kreativitäts-Techniken in der Hoffnung der großen Zahl operiert: Dies bedeutet je größer die Mengen potentieller Anregungen, umso wahrscheinlicher ist es, dass sich dabei zumindest eine brauchbare Überlegung findet. Erfahrungen mit dieser Technik zeigen eine weitaus höhere Ergiebigkeit. Nach einigem Training und bei präzise bestimmter Aufgabenstellung erweist sich etwa die Hälfte der Äußerungen als einzeln oder in Verbindung miteinander überdenkenswert.

In Anlehnung an den intuitiven Verfahrensvergleich beschreibt Lang⁴¹⁰, dass Lösungen welche durch diese Methode gefunden werden, einen hochgradigen schöpferischen Prozess in Gang setzen. Diese Methoden

⁴⁰⁷ vgl. [Bronner]; 57.

⁴⁰⁸ [Bronner]; 57.

⁴⁰⁹ vgl. [Bronner]; 57.

⁴¹⁰ vgl. [Lang]; 152.

kämen vor allem dann in Frage, wenn man beabsichtigen würde, Innovationen, z.B. auf dem Schalungssektor herauszubringen. Das ursprüngliche Brainstorming-Verfahren gliedert sich in zwei Phasen:

- **Phase 1:** Ideen finden;
- **Phase 2:** Ergebnisse sortieren und bewerten.

Was genau in diesen zwei Phasen vorgeht ist der Arbeit von Lang⁴¹¹ zu entnehmen.

▪ **Vor- und Nachteile des Brainstormings:**⁴¹²

Vorteile:

- ♦ es ermöglicht das Finden von innovativen Ideen und ausgefallenen Problemlösungen;
- ♦ es kommt zum Einsatz, wenn normale Techniken keine weiteren Lösungsansätze bieten;
- ♦ es ist einfach zu handhaben;
- ♦ es verursacht geringe Kosten;
- ♦ die Ausnutzung von Synergieeffekten infolge der Gruppenbildung.

Nachteile:

- ♦ es ist sehr abhängig von TeilnehmerInnen;
- ♦ es sind oft viele Lösungsansätze unbrauchbar;
- ♦ es besteht die Gefahr der Abschweifung;
- ♦ es erfordert eine aufwendige Selektion geeigneter Ideen;
- ♦ es besteht die Gefahr von gruppenspezifischen Konflikten.

⁴¹¹ [Lang]; 153ff.

⁴¹² [Lang]; 154.

10.7 Differenzierte Verfahrensvergleiche unter Berücksichtigung der Stochastik

Sehr oft gehen Verfahrensvergleiche von der Annahme aus, dass alle Einflussgrößen welche mit dem Vergleich direkt in Zusammenhang stehen, fest und unveränderlich vorgegeben sind. Da es jedoch Einflussgrößen gibt deren Ergebnis nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden kann, müssen bestimmte Größen eingeführt werden. Diese Größen bezeichnet man entweder als Zufallsvariablen oder stochastische Größen. Um Beispiele dafür zu nennen werden an dieser Stelle Witterungseinflüsse wie Temperatur und Niederschläge, welche sich hinsichtlich ihres Zeitpunktes des Auftretens und der Intensität nicht vorhersagen lassen genannt. Qualitative Faktoren die auf Grundlage subjektiver Erfahrung des Entscheidenden einer Quantifizierung unterworfen wurden, kann man ebenfalls zu den Zufallsvariablen zählen.⁴¹³

Domschke⁴¹⁴ erklärt im Zusammenhang mit Optimierungsmodellen, dass wenn nicht davon ausgegangen werden kann, dass die dem Modell zugrunde liegenden Daten vollständig bekannt und sicher sind, sich ein stochastisches Optimierungsmodell ergibt. An die Stelle eines einzigen deterministischen Wertes treten bei unsicheren Modellparametern mehrwertige Informationen. Allgemein kann man davon ausgehen, dass mehrere zukünftige Umweltlagen (Szenarien) mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten für möglich gehalten werden, d.h. dem stochastischen Optimierungsmodell liegen mehrere mögliche Modellinstanzen zugrunde. Ebenso wie bei Zielkonflikten in multikriteriellen Modellen lässt sich nicht ohne weiteres ein lösbares Optimierungsmodell aufstellen, da aufgrund der unvollkommenen Information weder die Optimalität noch die Zulässigkeit einer Lösung eindeutig feststellbar sind. Im Folgenden wird nun ein einfaches stochastisches Optimierungsmodell nach Domschke⁴¹⁵ beschrieben.

10.7.1 Grundmodell der Entscheidungstheorie

Dieses Modell geht davon aus, dass aus einer vorgegebenen Menge von Handlungsalternativen eine optimale auszuwählen ist. Im Einzelnen besteht es aus folgenden Elementen:

⁴¹³ vgl. [Teschke]; 12ff.

⁴¹⁴ vgl. [Domschke]; 39ff.

⁴¹⁵ vgl. [Domschke]; 48ff.

- **(Handlungs-) Alternativen:** (= Aktionen = Strategien) $a_1, \dots, a_i, \dots, a_m$, zwischen denen der Entscheidungsträger wählen kann. Die m Alternativen sind bekannt.
- **Situationen:** (= Szenarien = Umweltlagen) $s_1, \dots, s_j, \dots, s_n$, von denen angenommen wird, dass sie der Entscheidungsträger nicht beeinflussen kann (z.B. konjunkturelle Entwicklung). Eventuell sind Wahrscheinlichkeiten p_1, \dots, p_n für das Eintreten von s_1, \dots, s_n gegeben. Sind die denkbaren Situationen vollständig erfasst, so gilt $\sum_{j=1}^n p_j = 1$.
- **Ziele:** $z_1, \dots, z_h, \dots, z_k$ (z.B. Umsatz-, Gewinn- oder Nutzenmaximierung, Kostenminimierung), die der Betrieb oder der Entscheidungsträger verfolgt.
- **Ergebnisse:** e_{ij}^h bezüglich Ziel z_h bei Entscheidung a_i und Situation s_j (für alle h, i, j).
- **Ergebnismatrix:** Besitzt das Modell nur ein Ziel (gilt also $k = 1$), so wollen wir diese Matrix mit $E = (e_{ij})$ bezeichnen und in der in Tabelle 10.1 angegebenen Form darstellen.

Tabelle 10.1 Ergebnismatrix⁴¹⁶

	p_1		p_j		p_n
	s_1	...	s_j	...	s_n
a_1	e_{11}		e_{1j}		e_{1n}
...					
a_i	e_{i1}		e_{ij}		e_{in}
...					
a_m	e_{m1}		e_{mj}		e_{mn}

Eventuell wird die Ergebnismatrix in eine Nutzenmatrix transformiert, indem man die e_{ij} mittels einer Nutzenfunktion bewertet. Für eine genauere Erklärung dieses Vorgangs wird auf die Literatur von Domschke⁴¹⁷ verwiesen. Um die transformierte Matrix von der Ergebnismatrix zu unterscheiden wird diese auch als Entscheidungsmatrix bezeichnet.

In Abhängigkeit vom Informationsstand des Entscheidungsträgers sind drei Entscheidungssituationen möglich. Es handelt sich dabei um:

⁴¹⁶ [Domschke]; 59.

⁴¹⁷ [Domschke]; 59ff.

- die Entscheidung unter Sicherheit;
- die Entscheidung unter Risiko;
- die Entscheidung unter Ungewissheit (Unsicherheit).

Teschke⁴¹⁸ zeigt zu diesem Thema eine weitere Möglichkeit des differenzierten Vergleichs. Dieser Verfahrensvergleich beschränkt sich nicht nur auf deterministischen Werten sondern basiert auch auf stochastischen. Um ein deterministisches Entscheidungsmodell handelt es sich, wenn die eintretende Situation bekannt ist. Beispiel dafür wäre die Entscheidung unter Sicherheit. Wie schon erwähnt wurde ist der differenzierte Verfahrensvergleich nach Teschke auch auf stochastischen Werten aufgebaut und es wird ein Entscheidungsmodell auf Grundlage der Nutzwertanalyse erstellt. Wie die Quantifizierung dieses Modells aussieht und eine einheitliche Vergleichsbasis erreicht wird, ist in der Literatur von Teschke⁴¹⁹ beschrieben und wird hier nicht näher erklärt.

⁴¹⁸ [Teschke]; 11ff.

⁴¹⁹ [Teschke]; 11f.

11 Projektentwicklungsformen im Hochbau und Infrastrukturbereich

Girmscheid⁴²⁰ beschreibt den Begriff Nutzwert in Zusammenhang mit dem in seinem Buch „Projektentwicklung in der Bauwirtschaft“ beschriebenen Kapitel „Projektentwicklungsformen im Hochbau und Infrastrukturbereich“. Demnach sind die Investitionsvorhaben des Bauherrn mit Risiken verbunden und daher sucht dieser die auf seine Bedürfnisse am beste abgestimmte Projektentwicklungsform. Dadurch werden seine Risiken optimal abgegrenzt und vermindert. Bevor jedoch näher auf das Konzept einer risikobasierten Entscheidungsfindung zur Wahl der Projektentwicklungsform eingegangen wird, sollen an dieser Stelle noch die Grundzüge der Risikoverteilung zwischen Bauherr und Leistungsträger angeführt werden.

Welche Risiken sich in diesem Zusammenhang für den Bauherrn ergeben, ist aus der nachstehenden Aufzählung ersichtlich:⁴²¹

- das Investitionsrisiko;
- das Kostenrisiko;
- das Qualitätsrisiko;
- das Betriebs und Nutzungsrisiko.

Das Investitionsrisiko beinhaltet die Werterhaltung und Rendite der baulichen Anlage über die Nutzungsphase und bleibt meist beim Bauherrn. Im Investitionsrisiko enthalten ist somit implizit das allgemeine Marktrisiko bezüglich der Nachfrage nach der baulichen Anlage. Dieses Risiko ist ein elementares Investitionsrisiko. Da ihm auch gleichzeitig Renditechancen gegenüberstehen, sollte es beim Investor bleiben. Die Rendite wird durch:⁴²²

- den erzielbaren Marktpreis;
- die laufenden Kosten des Betriebs der baulichen Anlage geprägt.

Die Kosten der Erstellung und des Betriebs des Bauwerks werden jedoch im Wesentlichen durch das Konzept der baulichen Lösungen beeinflusst. Das Know-how für die Gestaltung dieser Lösungen liegt bei den Architekten, Ingenieuren und Unternehmen der Bauwirtschaft. Der

⁴²⁰ vgl. [Girm.]; 75ff.

⁴²¹ [Girm.]; 75.

⁴²² [Girm.]; 75.

Bauherr hat je nach Projektentwicklungsform und Vertragsgestaltung, die Möglichkeit:

- Termin-,
- Kosten- und
- Qualitätsrisiko

auf andere Projektpartner zu übertragen oder zumindest zu vermindern, denn Life-Cycle-Kosten lassen sich durch entsprechende Anreizsysteme in den unterschiedlichen Projektentwicklungsformen auf diejenigen übertragen, die die bauliche Anlage entworfen und gebaut haben und die Kosten während der Nutzung beeinflussen können. Dieser Ansatz ermöglicht auch eine neue Dynamik bei der Innovation von gewerkeübergreifenden baulichen Systemen, da man die Kosten der Investition und des Betriebs unter Wettbewerb stellt. Der Bauherr muss – abgestimmt auf die Art des Projektes, die Komplexität, die beabsichtigte Risikoteilung, die zur Verfügung stehenden Mittel und aufgrund der eigenen Organisation – die für ihn geeignete Projektorganisationsform wählen. Die Aufgaben und die Organisation des Projektmanagements verteilen sich im Wesentlichen auf den Bauherrn und die Leistungsträger, unter denen man Planer, bauausführende Unternehmen und Betreiber versteht. Wie groß der jeweilige Anteil der Projektbeteiligten an dieser Aufgabe ist, hängt von der Projektentwicklungs- und Organisationsform des Projektes ab. Dabei unterscheidet Girmscheid⁴²³ wie folgt:

- **Leistungsträgerorganisationen**

- ◆ Einzelleistungsträger;
- ◆ Smart – Werkgruppenvergabe;
- ◆ Generalplaner;
- ◆ Generalunternehmer;
(Schlüsselfertigbau auf der Basis fertiger Ausführungspläne)
- ◆ Totalunternehmer mit mehreren Varianten;
 - (Schlüsselfertigbau auf der Basis von Genehmigungspläne und Raumbuch)
 - (Schlüsselfertigbau auf der Basis eines Vorentwurfs mit Raum- und Funktionsprogramm)

⁴²³ [Girm.]; 76.

- ◆ Systemanbieter.
 - (Schlüsselfertigbau auf der Basis eines Vorentwurfs mit Raum und Funktionsprogramm mittels optimierten Systemkonzepten oder individualisierten Systemfertigteilmbauten und möglicherweise Betriebs-Contracting in der Nutzungsphase)
- **Leistungsvermittlerorganisationen**
 - ◆ Generalübernehmer;
 - ◆ Totalübernehmer.

Die Leistungsträgerorganisationen wie Einzelleistungsträger, Generalplaner und -unternehmer sowie Totalunternehmer erstellen Sach- und Dienstleistungen und übernehmen Garantien.

Als weitere Varianten sind noch die General- bzw. Totalübernehmer zu nennen, die als reine Managementorganisationen nur Dienstleistungen und Garantien anbieten.

Im Unterschied zum Unternehmer tritt der Übernehmer zwar dem Bauherrn gegenüber als Auftragnehmer auf, vergibt aber sämtliche Bau- bzw. Planungsleistungen an Nachunternehmer. Das von SBV (Schweizerischer Baumeisterverband) und SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) vorgeschlagene Smart-Konzept ist zwischen Einzelleistungsträger und Generalunternehmer angesiedelt. Die Planung wird im Auftrag des Bauherrn unter Einbezug von Unternehmern erstellt. Die Ausschreibung der zusammengehörenden Einzelleistungen erfolgt in Werkgruppen auf der Basis der ausführungsfähigen Planung.⁴²⁴

Bild 11.1 stellt die zuvor beschriebenen Organisationsformen in Zusammenhang mit den Projektentwicklungsformen grafisch dar.

⁴²⁴ [Girm.]; 76ff.

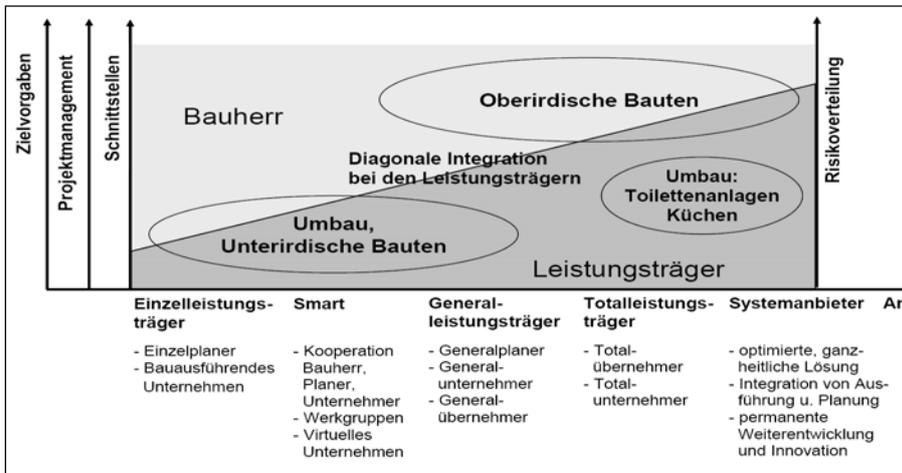


Bild 11.1 Formen der Projektentwicklung⁴²⁵

In Bild 11.2 sind die einzelnen Projektentwicklungsformen dem Bauwerkserstellungsprozess oder wie man aus betriebswirtschaftlicher Sicht sagt, dem Projektwertschöpfungsprozess zugeordnet. Aufgrund der interagierenden Wertesysteme der projektbeteiligten Leistungsträger sowie der Wertesysteme des Bauherrn und der späteren Nutzer wird deutlich, wie komplex der Bauwerkserstellungsprozess ist.

⁴²⁵ [Girm.]; 77.

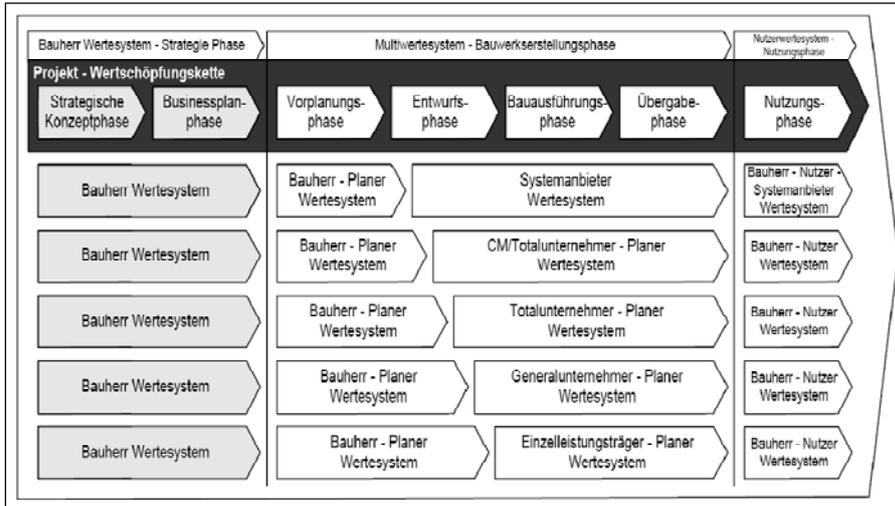


Bild 11.2 Prozess-Wertesystem-Matrix (PWM) – Integrierende Wertesysteme der Leistungsträger im Bauwerkserstellungsprozess⁴²⁶

Für jedes Projekt stellt sich die Frage, welche Projektentwicklungsform geeignet ist. Der Bauherr hat dabei die Wahl zwischen verschiedenen Projektentwicklungsformen und den dazugehörigen Werkvertragsformen (vgl. Bild 11.3). Dabei wird deutlich, welche prinzipiellen Risikoarten vom Leistungsanbieter übernommen werden, die immanent in diesen Projektentwicklungsformen stecken. Zudem werden oft bei den Pauschalverträgen Kosten- und Termingarantien vereinbart.⁴²⁷

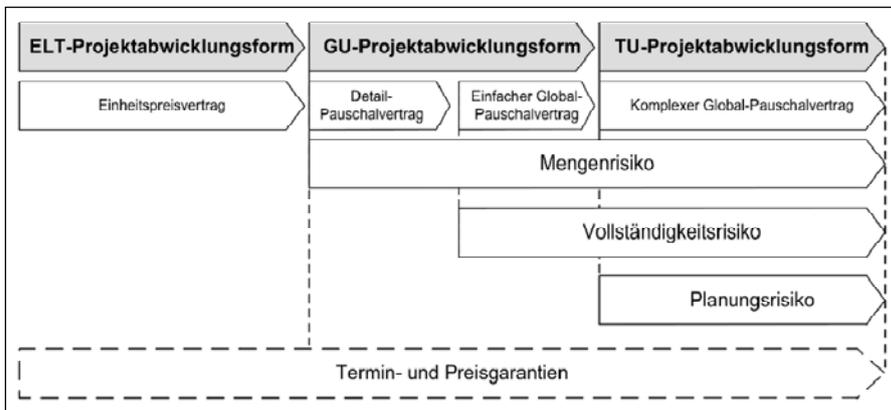


Bild 11.3 Projektentwicklungsformen und Vertragsarten

⁴²⁶ [Girm.]; 77.

⁴²⁷ [Girm.]; 78.

Ein zentraler Aspekt ist dabei die Optimierung des Projektmanagements. Falsch wäre die Annahme, dass der Aufwand im Projektmanagement bei den dargestellten Projektentwicklungsformen im Wesentlichen gleich ist und nur zu unterschiedlichen Anteilen auf die Projektbeteiligten aufgeteilt wird. Es muss projektspezifisch untersucht werden welche Projektentwicklungsform für den Bauherrn die bestgeeignete Lösung darstellt. Dies kann nach folgenden Kriterien erfolgen:⁴²⁸

- Bauherrenorganisation;
- Gestaltungsmöglichkeit, Individualität und Änderungsmöglichkeiten;
- optimierte Lösung durch Konkurrenz der Ideen;
- Preiswettbewerb oder Preis- / Lösungswettbewerb;
- Risikoverteilung;
- Kosten- und Terminalsicherheit;
- rasche Realisation.

Das Ergebnis dieser Untersuchung gibt einen wesentlichen Hinweis auf die Wahl der richtigen Projektentwicklungsform. Daraus lässt sich erkennen, dass eine einfache Antwort wie „billig, gut und schnell“ nicht gegeben werden kann. Im nachfolgenden werden eine Entscheidungsmethode sowie Kriterien und Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Projektentwicklungsformen unter Berücksichtigung der Prozessinteraktionen der verschiedenen Beteiligten zusammengestellt, mit besonderer Beachtung der raschen Abwicklungsmöglichkeit und der Risikoverteilung.⁴²⁹

11.1 Konzept von risikobasierten Entscheidungshilfen zur Wahl der Projektentwicklungs- und Wettbewerbsform

Zu Beginn jedes Bauprojektes stellt sich für den Bauherrn als Auftraggeber die Frage, welche der verschiedenen Möglichkeiten einer Projektentwicklung für ihn die am besten geeignete Lösung darstellt. Die drei, dabei am häufigsten angewendeten Projektentwicklungsformen sind:⁴³⁰

- die Projektentwicklung mit Einzelleistungsträgern (ELT);
- die Projektentwicklung mit einem Generalunternehmer (GU);
- die Projektentwicklung mit einem Totalunternehmer (TU).

⁴²⁸ [Girm.]; 78ff.

⁴²⁹ vgl. [Girm.]; 79.

⁴³⁰ [Girm.]; 79.

Damit die Wahl der Projektentwicklungs- und Wettbewerbsform nicht nur subjektiven Kriterien unterworfen wird („Haben wir immer schon so gemacht“ oder „Wir haben keine ausreichende Entscheidungsbasis“), soll an dieser Stelle ein Konzept diskutiert werden, wie die Auswahl der optimalen Projektentwicklungs- und Wettbewerbsform mittels einer risikobasierten Nutzwertanalyse erfolgen kann. Chancen und Gefahren werden durch einen systematischen Vergleich der zur Verfügung stehenden Alternativen hinsichtlich der Erreichung der Ziele des Bauherrn, der Risikoverteilung sowie der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Projektentwicklungsformen unter besonderer Berücksichtigung der raschen Projektdurchführung berücksichtigt.⁴³¹

▪ **Risiko des Bauherrn**

Dieses besteht in der Gefahr, dass die priorisierten Zielgrößen wie

- ♦ Werterhaltung und
 - ♦ Rendite,
- sowie deren untergeordnete Größen
- ♦ Qualität,
 - ♦ Funktionalität,
 - ♦ Variabilität der Nutzung,
 - ♦ Kosten und
 - ♦ Termine bezogen auf die Bau- und Nutzungsphase nicht erreicht werden.

▪ **Wie werden die Projektentwicklungs- und Wettbewerbsformen hinsichtlich der besten Zielerreichung bewertet?**

Hierzu ist es zunächst erforderlich, das Zielsystem in bewertbare Haupt- und Unterziele zu untergliedern. Zur Bewertung der monetären bzw. nichtmonetären Risiken denen die Erstellung eines Bauprojektes unterliegt und die einen unterschiedlichen Einfluss auf die Zielerreichung innerhalb der betrachteten Projektentwicklungsformen haben, stehen verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung. Die Delphi-Methode zur Abschätzung des qualitativen und quantitativen Einflusses der Risiken auf die einzelnen Zielkriterien sowie die Praktikermethode bzw. die Monte-Carlo-Simulation zur Berücksichtigung der Unsicherheit in der Berechnung der Nutzwerte bilden den methodischen

⁴³¹ [Girm.]; 79ff.

Hintergrund der risikoorientierten Nutzwertanalyse. Mit Hilfe dieser Nutzwertanalyse kann der Zielerreichungsgrad der betrachteten Projektentwicklungsformen beurteilt werden.⁴³²

11.1.1 Entscheidungsfindung – Ablauf

Jede Methode welche zur Vorhersage zukünftiger Entwicklungen sowie deren Risiken (Chancen und Gefahren) dient, ist dadurch begrenzt, dass sie nur die bereits bekannten Chancen und Gefahren einbezieht. Die systematische Entscheidungsfindung vermag allerdings das erkennbare und prognostizierbare Risikopotenzial unter Nutzung aller Erfahrungen und Erkenntnisse systematisch zu analysieren und zu bewerten. Wie eine solche Analyse zur Entscheidungsfindung nach Girmscheid⁴³³ durchgeführt werden kann, welche die am besten geeignete Projektentwicklungs- und Wettbewerbsform herausfiltert, ist in Bild 11.4 dargestellt.

⁴³² [Girm.]; 80.

⁴³³ [Girm.]; 80ff.

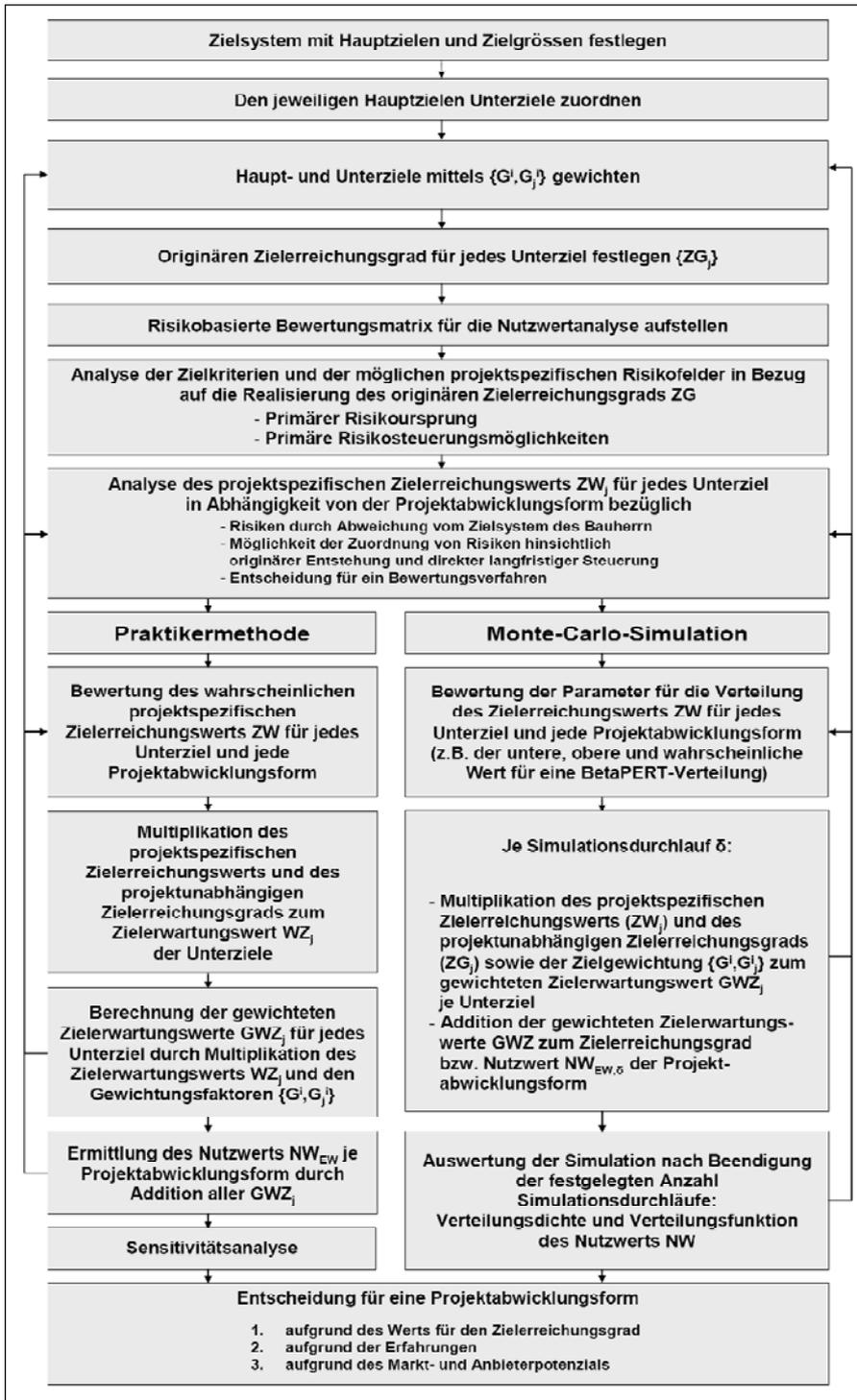


Bild 11.4 Ablaufschema einer Risiko- und Nutzwertanalyse zur Bestimmung der optimalen Projektentwicklungs- und Wettbewerbsform

▪ **Zielsystem**

Allgemein gültige Ziele und Entscheidungskriterien der Bauherren hinsichtlich der optimalen Wahl der Projektentwicklungs- und Wettbe-

werbsform gibt es nicht. Wichtige individuelle Ziele des Bauherrn können sein:⁴³⁴

- ◆ die Werterhaltung;
- ◆ die Rendite;
- ◆ die Qualität;
- ◆ die Funktionalität;
- ◆ die Kosten;
- ◆ die Termine.

Bei der Erstellung des Zielsystems ist darauf zu achten, dass die wichtigen projektrelevanten Zielkriterien vollständig erfasst werden und untereinander präferenzunabhängig sind. Um die praktische Durchführbarkeit sicherzustellen, sollten nicht mehr als 20 bis 40 Zielkriterien berücksichtigt werden – nach Möglichkeit eher weniger. Die Ziele sind in einer Zielhierarchie zu gliedern. Jedes Hauptziel innerhalb der Zielhierarchie sollte in Unterziele aufgeteilt werden. Girmscheid⁴³⁵ betrachtet einige wichtige Ziele von Bauherren welche durch die Projektentwicklungsformen qualitativ bzw. quantitativ beeinflusst werden:

Ein nahezu bei allen Auftraggebern wichtiges Ziel sind die Kosten des Baus und Betriebs einer baulichen Anlage. Insbesondere spielt dabei die Kostensicherheit bei der Bauabwicklung und in Zukunft auch beim Betrieb der Anlage in der Nutzungsphase eine entscheidende Rolle. Die Fixkosten der Bauwerkserstellung und die variablen Betriebs- und Unterhaltskosten beeinflussen direkt die Rendite. Die Rendite ergibt sich aus der Differenz zwischen der Höhe der erzielbaren Einnahmen und dem Kostenblock aus Betriebs- und Kapitalkosten. Lässt sich die Rendite langfristig attraktiv hoch gestalten wird das positiv auf die Werterhaltung der baulichen Anlage wirken. Werterhaltung und Rendite sind aber außer von den Kosten, noch abhängig von:

- ◆ dem Standort;
- ◆ der architektonischen Qualität;
- ◆ der Nutzungsflexibilität.

⁴³⁴ [Girm.]; 82.

⁴³⁵ vgl. [Girm.]; 82ff.

Ein für alle neuen baulichen Anlagen heute und in Zukunft von immer größerer Bedeutung werdendes Ziel, ist der Begriff Time to Market. Ist eine gute Idee vorhanden, muss sie umgesetzt werden bevor Nachahmer mit der Imitierung beginnen. Das Ziel „Termine“ umfasst jedoch mehr als nur eine kurze Bauzeit. Auch die behinderungs- und nachtragsfreie Koordinierung der Fertigstellung der baulichen Anlage hat dabei in der Tiefenstruktur der terminlichen Abwicklung eine sehr wichtige, nicht zu unterschätzende Bedeutung. Die Auswirkungen der damit verbundenen Risiken werden entscheidend durch die Art der Projektentwicklungs- und Wettbewerbsform geprägt. Terminrisiken führen zu Kostenrisiken; daher erfolgt ihre Bewertung aufgrund der Kosten die sie direkt und indirekt verursachen.

Auch das Ziel betreffend die Qualität lässt sich nicht so einfach wie Termine und Kosten durch diskrete Zahlenwerte ausdrücken. Die Qualität einer baulichen Anlage setzt sich aus objektiv und subjektiv wahrnehmbaren Elementen zusammen. Häufig kann der Bauherr die Qualität einer baulichen Anlage nur durch den Vergleich seiner Erwartungen mit ihrer Beschaffenheit ableiten. Die objektiven Qualitätsziele lassen sich durch die projektspezifisch, vertraglich definierten Anforderungen bewerten hinsichtlich:

- ◆ der Funktionalität;
- ◆ der Größe;
- ◆ der Art der Baustoffe;
- ◆ der Tragfähigkeit;
- ◆ der Dauerhaftigkeit;
- ◆ der Variabilität in der Nutzung etc.

Viel schwieriger ist die Bewertung der subjektiven oder sogar latenten Qualitätsanforderungen des Bauherrn. Zu ihnen gehört die architektonische Gestaltung, zum Teil auch die Funktionalität etc. Ziel einer Nutzwertanalyse muss es sein, diese subjektiven und latenten Anforderungen soweit wie möglich zu externalisieren und einem Bewertungsschema zugänglich zu machen. Die vorgestellte Aufzählung ist nicht vollständig und muss projektspezifisch erstellt werden.

▪ **Projektziele und originäre Zuordnung der Risiken**

Den Projektzielen lassen sich für jede Projektentwicklungsform Risikofelder hinsichtlich des Risikoursprungs und der jeweiligen Beeinflussbarkeit durch die Prozessverantwortlichen zuordnen. Sie müssen bezüglich der Zielerreichung projektspezifisch analysiert werden. Girmscheid⁴³⁶ beschreibt, dass man die Risikobetrachtung auf die Bau- und Nutzungsphase gemäß dem Forschungsansatz SysBau© ausdehnen soll. Wenn man diese Life-Cycle-Betrachtung anstellt, bleiben z.B. die Vermarktungsrisiken in der Nutzungsphase beim Investor und Bauherrn. Auch muss man die Genehmigungs-, Planungs- und Ausführungsrisiken noch weiter unterteilen. Hier erkennt man sehr schnell, dass z.B. das prinzipielle Genehmigungsrisiko ein originäres Bauherrenrisiko ist.

Der Bauherr wählt den Standort und formuliert:

- ◆ die Art;
- ◆ die Funktionalität;
- ◆ weitgehend die gestalterischen Rahmenbedingungen des Bauwerks, die dann die Genehmigungsfähigkeit grundsätzlich beeinflussen.

Somit muss er bereits beim Kauf des Grundstücks die Genehmigungsfähigkeit des geplanten Bauvorhabens feststellen lassen. Das Gleiche gilt auch hinsichtlich der Eignung des Baugrunds. Die originären Risiken der technischen Planung und Ausführung zur Sicherstellung der definierten Art und Funktionalität der baulichen Anlage liegen je nach Projektentwicklungsform beim Bauherrn, den Planern und / oder den Unternehmen. Auch die originären Bau- und Betriebsrisiken einer baulichen Anlage sind je nach Projektentwicklungsform dem Bauherrn, den Planern und / oder Unternehmen zugeordnet.

In einer kundenorientierten Bauwirtschaft sollten diese Risiken allerdings von Planern und ausführenden Unternehmen übernommen werden, da sie die projektspezifischen Anforderungen mit ihrem Fach-Know-how umsetzen und die eigentlichen Prozessverantwortlichen sind. Die verschiedenen Projektentwicklungsformen eignen sich jedoch in sehr unterschiedlichem qualitativem oder quantitativem Maß zur Übertragung dieser Risiken. Der Soll-Zielerreichungsgrad des

⁴³⁶ vgl. [Girm.]; 83.

Bauherrn hängt davon ab, inwieweit es gelingt, die originären beeinflussbaren Risiken auf diejenigen Projektbeteiligten zu übertragen, die die technische und finanzielle Kompetenz der Risikosteuerung zu den geringsten Kosten aufweisen. Dieses Potenzial zur Determinierung des Zielerreichungsgrads wird im Wesentlichen systematisch durch die Projektabwicklungsformen beeinflusst, da sich durch sie die Schnittstellen und Verantwortlichkeiten und somit die Risikoträger ergeben.⁴³⁷

Neben dieser bisher beschriebenen systematischen, situativen und projektspezifischen Beurteilung der optimalen Projektabwicklungsform ist des Weiteren das Markt- und Anbieterpotenzial zu beurteilen. Es muss z.B. qualitativ abgeschätzt werden, ob für das spezifische Projekt und die potenziellen Projektabwicklungsformen geeignete Anbieter vorhanden sind. Werden neben originären Planungs- und Ausführungsrisiken in Zukunft vermehrt Unterhalts- und Betriebskostenrisiken auf Planer und Unternehmer als Prozessverantwortliche übertragen, dann muss sichergestellt sein, dass ihre Garantieverprechen auch in der Nutzungsphase finanziell durchsetzbar sind. Die Planer weisen im Regelfall keine ausreichende finanzielle Potenz auf um dem Bauherrn ein solches umfassenderes Garantieverprechen zu geben und abzusichern, auch wenn es vielleicht gesetzlich möglich wäre. Das bedeutet, dass nur Unternehmen mit entsprechender Bankabsicherung dem Bauherrn umfassendere Garantien geben können. Diese Überlegungen müssen bereits frühzeitig in den Entscheidungsprozess einfließen.⁴³⁸

- **Ablauf zur Durchführung der risikobasierten Nutzwertanalyse des Zielerreichungsgrads**

Wie der Ablauf einer risikobasierten Nutzwertanalyse des Zielerreichungsgrads nach Girmscheid⁴³⁹ aussieht, wird im Folgenden beschrieben.

Die risikobasierte Nutzwertanalyse des Zielerreichungsgrads einer Projektabwicklungsform basiert auf standardisierten Methoden. Dazu gehört eine Bewertungsmatrix, die die verschiedenen Gewichtungsfaktoren der Haupt- und Unterziele sowie den projektunabhängigen, originären Zielerreichungsgrad (ZG) der verschiedenen Projektabwicklungsformen für die Zielkriterien enthält. Die Grundlage dafür bil-

⁴³⁷ [Girm.]; 84.

⁴³⁸ vgl. [Girm.]; 84.

⁴³⁹ vgl. [Girm.]; 84ff.

det die Zusammenstellung der Haupt- und Unterziele sowie der sie beeinflussenden Risiken, z.B. mittels Checklisten.

Im Anschluss daran müssen die Ursachen die die projektspezifische Zielerreichung beeinflussen, identifiziert und darauf aufbauend die Höhe des projektspezifischen Zielerreichungswerts (ZW) der Projektentwicklungsform bestimmt werden. Dieser kann maximal den Wert 1 annehmen. Umso kleiner dieser Wert ist, desto stärker weicht die projektspezifische Zielerreichung des untersuchten Zielkriteriums vom originären, projektunabhängigen Zielerreichungsgrad (ZG) ab. Da aber im Regelfall für den projektspezifischen Zielerreichungswert keine statistischen Werte vorliegen, ist eine Abschätzung durch Experten z.B. mittels Delphi-Methode notwendig. Der Umfang der benötigten Eingangsdaten hängt vom verwendeten Verfahren zur Berücksichtigung der Unsicherheit bei der Berechnung des Nutzwertes ab. Hierfür unterscheidet Girmscheid⁴⁴⁰ zwei Methoden bzw. Verfahren. Diese sind:

- ♦ die Praktikermethode;
- ♦ die Monte-Carlo-Simulation.

Wie diese beiden Methoden funktionieren, ist der Literatur nach Girmscheid⁴⁴¹ zu entnehmen.

▪ **Wahl der Projektentwicklungsform**

Entscheidungsunterstützende Informationen zur projektangepassten Wahl der Projektentwicklungsform erhält man basieren auf dem analytischen Verfahren. Jedoch sollte man diese Methode nur als weitgehend objektive Entscheidungsunterstützung betrachten. Die Grenzen des Einsatzes sind einerseits durch die beschränkte, aber systematische Betrachtungsweise und andererseits durch die oft subjektiv getroffene Abschätzung der projektunabhängigen Zielerreichungsgrade (ZG) und der projektspezifischen Zielerreichungswerte (ZW) gegeben. Dies bedeutet also, dass die Entscheidung nicht ausschließlich auf dieser Grundlage aber mit ihrer Hilfe erfolgen soll, da sie zu einem systematischen Vorgehen bei der Auswahl unter allen in Betracht gezogenen Projektentwicklungsformen bei größeren Projekten führt.⁴⁴²

⁴⁴⁰ vgl. [Girm.]; 85f.

⁴⁴¹ [Girm.]; 85f.

⁴⁴² [Girm.]; 86.

11.2 Nutzwertanalyse am Beispiel eines Bauprojektes

Beispiel:

Bei der Durchführung eines Bauprojektes stehen dem Bauherrn die folgenden drei verschiedenen Projektentwicklungsformen zur Verfügung:⁴⁴³

- die Projektentwicklung mittels Einzelleistungsträgern (ELT);
 - die Projektentwicklung mit einem Generalunternehmer (GU);
 - die Projektentwicklung mit einem Totalunternehmer (TU).
- **Schritt 1: Ziele festlegen**
Die erste Aufgabe des Bauherrn besteht darin ein individuelles, projektspezifisches Zielsystem, bestehend aus Hauptzielen und dazugehörigen Unterzielen festzulegen, um diese verschiedenen Varianten bewerten zu können. Als Hauptziele eignen sich beispielsweise:⁴⁴⁴
 - ♦ **Erstes Hauptziel:**
 - geringe Gesamtkosten und kurze Bauzeit (HZ¹)
 - ♦ **Zweites Hauptziel:**
 - Kosten und Terminalsicherheit (HZ²)
 - ♦ **Drittes Hauptziel:**
 - Erfüllung der Qualitätsanforderungen (HZ³)

Eine Durchführung einer risikoorientierten Nutzwertanalyse erfordert vom Bauherrn zusätzlich eine projektspezifische Gewichtung dieser Hauptziele welche sich von Projekt zu Projekt unterscheiden kann. Es ist aber auch denkbar andere Hauptziele zu verfolgen, die jedoch ohne großen Aufwand in die risikoorientierte Nutzwertanalyse integriert werden können. Im Folgenden sieht man wie eine projektspezifische Gewichtung der zuvor genannten Hauptziele aussehen könnte:⁴⁴⁵

- ♦ **Erstes Hauptziel – Gewichtung:** $G^1 = 40 \%$;
- ♦ **Zweites Hauptziel – Gewichtung:** $G^2 = 30 \%$;
- ♦ **Drittes Hauptziel – Gewichtung:** $G^3 = 30 \%$.

Anzumerken dabei ist, dass die Summe dieser absoluten Gewichtungsfaktoren 100 % ergeben muss ($\sum_i G^i = 100 \%$). Für jedes Haupt-

⁴⁴³ [Girm.]; 86.

⁴⁴⁴ [Girm.]; 86f.

⁴⁴⁵ [Girm.]; 87.

ziel i lassen sich nun verschiedene Unterziele j angeben. Das Hauptziel HZ^1 „geringe Gesamtkosten und kurze Bauzeit“ ist beispielsweise durch folgende Unterziele ($1 \leq j \leq n^1$) geprägt:⁴⁴⁶

- ◆ die Planungszeit (UZ_1^1);
- ◆ die Minimierung der Planungsmängel (UZ_2^1);
- ◆ die Bauzeit (UZ_3^1);
- ◆ durch niedrige Kosten der Einzelgewerke / Gesamtvergabekosten (UZ_4^1);
- ◆ die Minimierung der Ausführungsmängel (UZ_5^1);
- ◆ die Minimierung der Nachträge (UZ_6^1).

Im Hinblick auf ihre Bedeutung für das Erreichen des Hauptziels sind diese wiederum zu gewichten. Wichtig ist dabei, dass die Summe aller relativen, projektspezifischen Gewichtungsfaktoren der Unterzielkriterien (G_j^i) eines Hauptzieles wiederum 100 % ergibt ($\sum_i G_j^i = 100 \%$). Die absolute Gewichtung eines Zielkriteriums g_j^i lässt sich aus dem Produkt von absoluter Gewichtung des Hauptziels G^i und relativer Gewichtung des Unterzielkriteriums G_j^i errechnen.

$$g_j^i = G^i \times G_j^i \quad [-] \quad (19)$$

mit:

- i : Index für das Hauptziel
- j : Index für das Unterziel
- g_j^i : absolute Gewichtung des Unterziels j des Hauptziels i
- G^i : absolute Gewichtung des Hauptziels i
- G_j^i : relative Gewichtung des Unterziels j des Hauptziels i

Die Gewichtung ist nun abgeschlossen und für das vorgestellte Beispiel in Tabelle 11.1 dargestellt.

▪ **Schritt 2: Bewertung**

Der nächste Arbeitsschritt beinhaltet die eigentliche risikoorientierte Bewertung der mit den einzelnen Projektentwicklungsformen möglichen

⁴⁴⁶ [Girm]; 87.

chen Erreichung der Zielkriterien. Für die Bewertung sind je Zielkriterium zwei Schätzwerte notwendig.⁴⁴⁷

- ◆ Projektunabhängiger Zielerreichungsgrad ($ZG_{j,k}^i$)
- ◆ Projektspezifischer Zielerreichungswert ($ZW_{j,k}^i$)

Der Zielerreichungsgrad ($ZG_{j,k}^i$) beschreibt projektunabhängig in welcher Höhe das genannte Zielkriterium bei der entsprechenden Projektentwicklungsform k erreicht werden kann. Für die Bestimmung des Zielerreichungsgrades ($ZG_{j,k}^i$) stehen die Skalenwerte von 0 bis 5 mit folgenden Interpretationen zur Verfügung:

- ◆ 0: keine Zielerreichung möglich;
- ◆ 1: sehr geringer Zielerreichungsgrad;
- ◆ 2: geringer Zielerreichungsgrad;
- ◆ 3: mittlerer Zielerreichungsgrad;
- ◆ 4: hoher Zielerreichungsgrad;
- ◆ 5: sehr hoher Zielerreichungsgrad.

Der projektspezifische Zielerreichungswert ($ZW_{j,k}^i$) wird situativ abgeschätzt, z.B. mittels Delphi-Methode oder durch eine Einzelexpertschätzung, und dient der Anpassung der projektunabhängig für die betrachteten Projektentwicklungsformen vorgegebenen Zielerreichungsgrade an die spezifischen Projektgegebenheiten. Er kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und gibt damit für das jeweilige Projekt / die jeweilige Projektentwicklungsform k an, ob der Zielerreichungsgrad für das Unterziel j des Hauptziels i ganz erreicht ($ZW_{j,k}^i = 1$), nicht erreicht ($ZW_{j,k}^i = 0$), oder nur teilweise erreicht wird.

Aus dem Produkt von projektunabhängigem Zielerreichungsgrad ($ZG_{j,k}^i$) und projektspezifischem Zielerreichungswert ($ZW_{j,k}^i$) ergibt sich der Zielerwartungswert ($WZ_{j,k}^i$) für das betrachtete Unterziel. Gewichtet man diesen mit der absoluten Gewichtung des Unterziels g_j^i , indem man das Produkt aus beiden Werten bildet, so erhält man den gewichteten Zielerwartungswert ($GWZ_{j,k}^i$) des Unterziels.

⁴⁴⁷ [Girm.]: 88.

Die Summe aller gewichteten Zielerwartungswerte einer Projektentwicklungsform ergibt den projektspezifisch gewichteten Zielerreichungsgrad (Nutzwert) der jeweiligen Variante.⁴⁴⁸

Vergleicht man die Nutzwerte verschiedener Projektentwicklungsformen, so ist diejenige mit dem höchsten Wert die optimale Projektentwicklungsform für den Bauherrn. Der Nutzwert dient somit dem relativen Vergleich verschiedener Alternativen. Das prinzipielle mathematische Vorgehen zur Ermittlung des Nutzwerts gestaltet sich wie in Bild 11.5 dargestellt.⁴⁴⁹

Zunächst ist für jedes Unterziel j jeder betrachteten Projektentwicklungsform k das Produkt aus projektunabhängigem Zielerreichungsgrad ($ZG_{j,k}^i$) und projektspezifischem Zielerreichungswert ($ZW_{j,k}^i$) zu bilden.

$$WZ_{j,k}^i = ZG_{j,k}^i \times ZW_{j,k}^i \quad (20)$$

$$k = \{k | k = \text{ELT} \vee k = \text{GU} \vee k = \text{TU} \vee k = \dots\}$$

mit:

- k: Index für die Projektentwicklungsform (z.B. ELT / GU / TU)
- i: Index für das Hauptziel
- j: Index für das Unterziel
- ($WZ_{j,k}^i$): projektspezifischer Zielerwartungswert
- ($ZG_{j,k}^i$): projektunabhängiger Zielerreichungsgrad der Projektentwicklungsform
- ($ZW_{j,k}^i$): projektspezifischer Zielerreichungswert

⁴⁴⁸ [Girm.]; 89.

⁴⁴⁹ [Girm.]; 89ff.

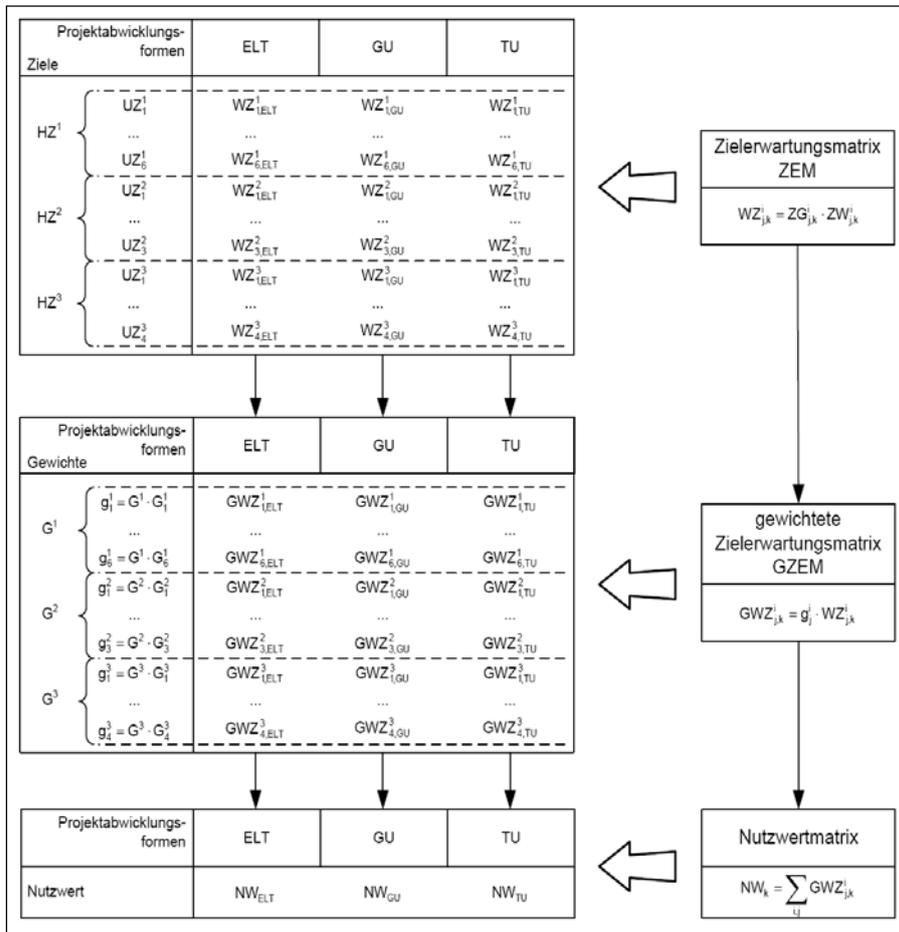


Bild 11.5 Mathematisches Vorgehen zur Ermittlung des Nutzwertes⁴⁵⁰

Zeichenerklärung zu Bild 11.5:

- i: Index für das Hauptziel
- j: Index für das Unterziel
- k: Index für die Projektentwicklungsform
- HZⁱ: Hauptziel
- UZⁱ: Unterziel
- WZ_{j,k}^i: projektspezifischer Zielerwartungswert}
- ZG_{j,k}^i: projektunabhängiger Zielerreichungsgrad der Projektentwicklungsform}
- ZW_{j,k}^i: projektspezifischer Zielerreichungswert}

⁴⁵⁰ [Girm.] 91.

- G^i : (absolute) Gewichtung Hauptziel
- G_j^i : (relative) Gewichtung Unterziel
- g_j^i : (absolute) Gewichtung Unterziel
- $GWZ_{j,k}^i$: projektspezifischer, gewichteter Erwartungswert
- NW_k : Nutzwert

Die sich ergebenden Zielerwartungswerte $WZ_{j,k}^i$ können anschließend in Form der Zielerwartungsmatrix ZEM dargestellt werden, welche in der Literatur von Girmscheid⁴⁵¹ dargestellt und beschrieben ist.

Daraus lässt sich erkennen, dass sich aus der Zielerwartungsmatrix, durch zeilenweise Skalarmultiplikation, eine gewichtete Zielerwartungsmatrix ergibt. Wie dieser Vorgang genau abläuft, ist der Literatur nach Girmscheid⁴⁵² zu entnehmen.

▪ **Berechnung des Nutzwertes NW_k**

Der Nutzwert NW_k für die einzelnen Projektentwicklungsformen k berechnet sich schließlich durch spaltenweises Aufsummieren der gewichteten Zielerwartungswerte $GWZ_{j,k}^i$.⁴⁵³

$$NW_k = \sum_{i,j} GWZ_{j,k}^i = \sum_i \sum_j GWZ_{j,k}^i \quad (21)$$

Tabelle 11.1 zeigt, wie sich die praktische Durchführung einer risikoorientierten Nutzwertanalyse gestaltet, wobei hier sowohl die Zielerwartungswerte $WZ_{j,k}^i$ wie auch die gewichteten Zielerwartungswerte $GWZ_{j,k}^i$ in einer so genannten Bewertungsmatrix zusammengefasst sind.

Für die Ermittlung der Nutzwerte kommen die folgenden zwei Methoden in Frage:⁴⁵⁴

- ♦ die Praktikermethode;
- ♦ die Monte-Carlo-Simulation.

⁴⁵¹ [Girm.]; 91.

⁴⁵² [Girm.]; 91f.

⁴⁵³ [Girm.]; 91f.

⁴⁵⁴ [Girm.]; 92.

Die Praktikermethode geht vom arithmetischen Mittelwert der projektspezifischen Zielerreichungswerte aus. In dem vorgestellten Beispiel (vgl. Tabelle 11.1) ergeben sich dann folgende risikoorientierte Nutzwerte für die zielerreichungsgrade der verschiedenen Projektentwicklungsformen:⁴⁵⁵

- ♦ Einzelleistungsträger (ELT): $NW_{EW, ELT} = \sum_{i,j} GWZ_{j, ELT}^i = 2,05$
- ♦ Gesamtleistungsträger (GU): $NW_{EW, GU} = \sum_{i,j} GWZ_{j, GU}^i = 2,74$
- ♦ Totalleistungsträger (TU): $NW_{EW, TU} = \sum_{i,j} GWZ_{j, TU}^i = 3,67$

Unter den vom Bauherrn projektspezifisch definierten Hauptzielen und Zielkriterien sowie den zugehörigen Gewichtungsfaktoren erzielt die Variante mit einem Totalunternehmer den höchsten Nutzwert.

Der Nutzwert – hier treffender als „summarisch gewichteter Zielerwartungswert“ bezeichnet – hängt ab:

- ♦ vom projektunabhängigen Zielerreichungsgrad;
- ♦ dem projektspezifischen Zielerreichungswert der Unterziele einer Projektentwicklungsform;
- ♦ von der Gewichtung der Unterziele.

Aus dem Beispiel ist deutlich zu erkennen, dass die TU-Projektentwicklungsform in dieser projektspezifischen Untersuchung einen hohen Nutzwert aufweist und die ELT-Projektentwicklungsform nur einen mittleren Nutzwert. Die GU-Projektentwicklungsform liegt hier im Übergangsbereich zwischen einem mittleren und hohen Nutzwert. Es muss in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass dieses Ergebnis keinen allgemeinen Trend und auch keine generelle Favorisierung einer Projektentwicklungsform implizieren soll. Vielmehr basiert das Resultat auf individuellen und projektspezifischen Überlegungen, die bei anderen Bauprojekten zu ganz unterschiedlichen Resultaten führen können. Es geht vielmehr darum, eine Demonstration des methodischen Vorgehens, um mit Hilfe einer risikoorientierten Nutzwertanalyse eine Entscheidungsgrundlage zur Auswahl der für den Bauherrn am besten geeigneten Projektentwicklungsform zu liefern. Die so durchgeführte Nutzwertanalyse berücksichtigt für jede Projektentwicklungsform lediglich ein mögliches Szenario für die Ermittlung des Zielerwartungswerts und vernachlässigt damit die Streubreite der Nutzwerte um den Zielerwar-

⁴⁵⁵ [Girm.];92.

tungswert. Mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation kann nun die Bandbreite der möglichen Nutzwerte über die Simulation der projektspezifischen Zielerreichungswerte einer Projektentwicklungsform dargestellt werden.⁴⁵⁶

Wie dieser Vorgang anhand der Monte-Carlo-Simulation aussieht, ist der Fachliteratur nach Girmscheid⁴⁵⁷ zu entnehmen.

Tabelle 11.1 Bewertungsmatrix der risikoorientierten Nutzwertanalyse⁴⁵⁸

Hauptziel	Gewichtung (absolut)	Zielkriterium	Gewichtung		ELT				GU				TU			
			(relativ)	(absolut)	ZG	ZW	WZ	GWZ	ZG	ZW	WZ	GWZ	ZG	ZW	WZ	GWZ
Geringe Gesamtkosten und kurze Bauzeit	40.00 %	Planungszeit	5.00 %	2.00 %	2.0	0.60	1.20	0.02	2.0	0.60	1.20	0.02	5.0	1.00	5.00	0.10
		Minimierung der Planungsmängel	20.00 %	8.00 %	2.0	0.60	1.20	0.10	3.0	0.60	1.80	0.14	5.0	0.80	4.00	0.32
		Bauzeit	15.00 %	6.00 %	2.0	0.40	0.80	0.05	4.0	0.40	1.60	0.10	5.0	0.90	4.50	0.27
		Niedrige Kosten der Einzelgewerke / GesamtvergabeKosten	10.00 %	4.00 %	5.0	0.90	4.50	0.18	4.0	0.80	3.20	0.13	4.0	0.60	2.40	0.10
		Minimierung der Ausführungsmängel	30.00 %	12.00 %	3.0	0.40	1.20	0.14	4.0	0.60	2.40	0.29	4.0	0.80	3.20	0.38
		Minimierung der Nachträge	20.00 %	8.00 %	2.0	0.40	0.80	0.06	4.0	0.60	2.40	0.19	5.0	0.80	4.00	0.32
Σ = 100 %																
Kosten- und Terminalsicherheit	30.00 %	Baugrund	35.00 %	10.50 %	2.0	0.60	1.20	0.13	3.0	0.60	1.80	0.19	4.0	0.80	3.20	0.34
		Koordination	45.00 %	13.50 %	2.5	0.40	1.00	0.14	4.0	0.80	3.20	0.43	5.0	1.00	5.00	0.68
		Höhere Gewalt / Witterung	20.00 %	6.00 %	3.0	0.40	1.20	0.07	4.0	0.80	3.20	0.19	4.0	0.80	3.20	0.19
Σ = 100 %																
Qualitätsanforderungen	30.00 %	Qualität der Gestaltung	30.00 %	9.00 %	5.0	0.90	4.50	0.41	5.0	0.80	4.00	0.36	4.0	0.70	2.80	0.25
		Qualität der Gewerkeausführung	25.00 %	7.50 %	4.0	0.80	3.20	0.24	4.0	0.80	3.20	0.24	4.0	0.80	3.20	0.24
		Funktionalität	35.00 %	10.50 %	4.0	0.90	3.60	0.38	4.0	0.90	3.60	0.38	5.0	0.80	4.00	0.42
		Flexibilität	10.00 %	3.00 %	5.0	0.90	4.50	0.14	3.0	0.80	2.40	0.07	3.0	0.70	2.10	0.06
Σ = 100 %			Σ = 100 %					2.05				2.74			3.67	

ZG = projektunabhängiger Zielerreichungsgrad der Projektentwicklungsform
 ZW = projektspezifischer Zielerreichungswert
 WZ = projektspezifischer Zielerwartungswert
 GWZ = projektspezifischer, gewichteter Zielerwartungswert der einzelnen Unterziele

Je höher die Summe aller GWZ für eine Projektentwicklungsform ist, desto besser erfüllt sie die Anforderungen (Zielkriterien) des Bauherrn.

ELT = Projektentwicklung mit Einzelleistungsträgern
 GU = Projektentwicklung mit Generalunternehmer
 TU = Projektentwicklung mit Totalunternehmer

⁴⁵⁶ [Girm.]; 94.

⁴⁵⁷ vgl. [Girm.]; 94ff.

⁴⁵⁸ [Girm.]; 93.

12 Stahlbetonbau im Hochbau – Bauweisen

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Bauweisen bei Bauwerken aus Stahlbeton im Hochbau, in Abhängigkeit der Ausgangsmaterialien vorgestellt und beschrieben. Die Beschreibung erfolgt nach der Literatur von Hofstadler⁴⁵⁹ und soll einen Überblick über die verschiedenen Methoden und deren Anwendungsgebiete liefern.

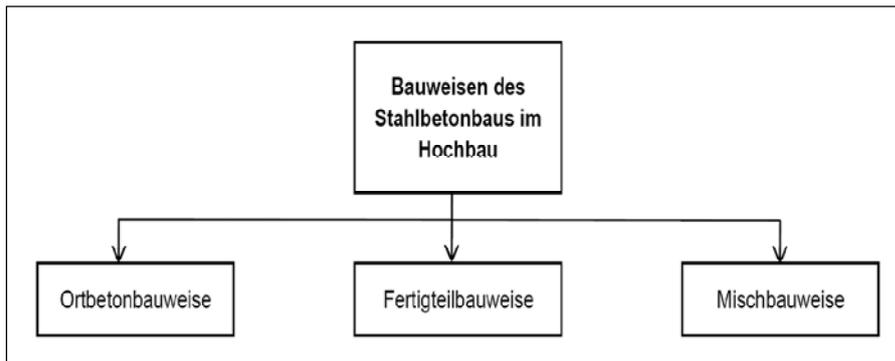


Bild 12.1 Grobstruktur der Bauweisen im Stahlbetonhochbau⁴⁶⁰

In Bild 12.1 sind die unterschiedlichen Bauweisen im Stahlbetonhochbau grob dargestellt und werden in weiterer Folge beschrieben. Welche Bauweise zur Anwendung kommt, hängt von der Funktion und Art des Bauwerks und den Präferenzen des Bauherren bzw. ihrer Planer ab. In welchen Baubereichen, welche Bauweise zur Anwendung kommt, ist in den nachstehenden Punkten der verschiedenen Methoden beschrieben.

12.1 Ortbetonbauweise

Man spricht dann von Ortbeton, sobald der Frischbeton in seiner endgültigen Lage eingebaut ist und in der Schalung erhärtet. Im Prinzip kann man jedes ausgeschriebene Bauwerk in Ortbeton herstellen. Statische, konstruktive und gestalterische Grenzen sind bei Ortbetonprojekten bekannt. Bei wasserundurchlässigen Bauwerken wird sinnvollerweise Ortbeton eingesetzt, jedoch sind folgende Randbedingungen in die Entscheidungsfindung ob auch der Einsatz von Fertigteilen möglich ist, mit einzubeziehen:

⁴⁵⁹ vgl. [Hofst.]; 7ff.

⁴⁶⁰ vgl. [Hofst.]; 7.

- Arbeitsfugen;
- Ausführung in WU-Beton;
- Bauzeit;
- Frischbetondruck;
- geforderte Oberflächenqualität;
- Kosten;
- Krankkapazität;
- Personaleinsatz;
- Schalungsaufwand;
- Schalungsvorhaltemenge; Wettereinflüsse;
- Zugänglichkeit bei Ein- und Ausschalen etc.

Im Rahmen eines differenzierten Verfahrensvergleichs ist zu prüfen, mit welcher Bauweise die geforderten Aufgaben am wirtschaftlichsten erreicht werden können. Randbedingungen aus dem Bauvertrag müssen dabei auf jeden Fall erfüllt werden. Aus Bild 12.2 ist ersichtlich, dass sich die dargestellte Ortbetonbauweise aus Bild 12.1 noch weiter unterteilen lässt.

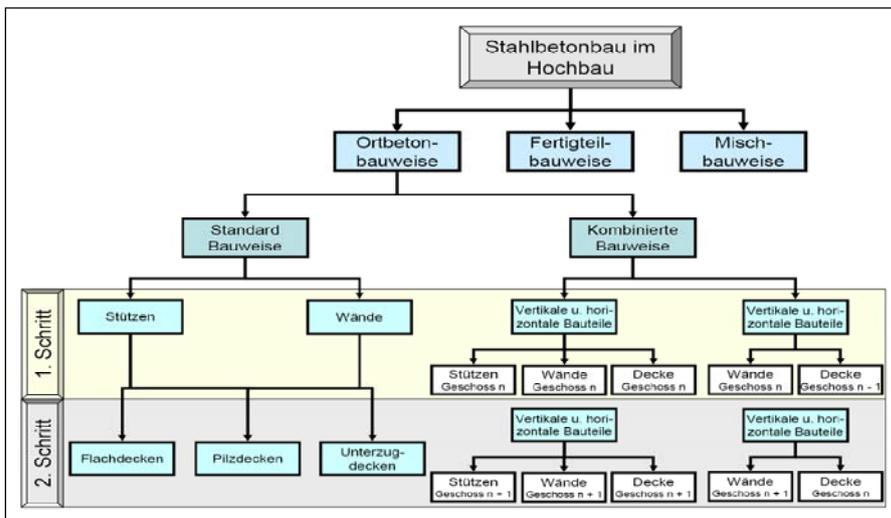


Bild 12.2 Ortbetonbauweise – Feingliederung⁴⁶¹

⁴⁶¹ [Hofst.]; 7.

- **Standardbauweise**

Bei dieser Bauweise werden im ersten Schritt die vertikalen Bauteile (Wände, Stützen) hergestellt und im zweiten Schritt werden die horizontalen Bauteile (z.B. Decken, Unterzüge) betoniert. Um mit den Schalarbeiten für die horizontalen Tragglieder beginnen zu können, müssen die vertikalen Tragglieder bereits ausgeschalt sein. Bei der Standardbauweise ist die Herstellung der vertikalen und horizontalen Bauteile klar getrennt.

- **Kombinierte Bauweise**

Hier werden entweder die Stützen, Wände und die Decke eines Geschosses oder die Stützen und Wände eines Geschosses und die darunterliegende Decke in einem Betoniervorgang hergestellt.

12.2 Fertigteilbauweise

Bei Bauwerken, welche wasserundurchlässig sein müssen, ist die Fertigteilbauweise aufgrund des sehr hohen Aufwandes für die Abdichtung und dem Risiko für die Gewährleistung einer dauerhaften Dichtheit nicht sinnvoll. Im Hallenbau werden industriell vorgefertigte Stützen (z.B. für 2 Geschosse) und vorgespannte Hallenbinder oder Deckenelemente eingesetzt. Diese vorgefertigten Bauteile werden dann auf den Baustellen zusammengesetzt. Fertigteile können aber auch vor Ort zusammengesetzt werden, allerdings sind dort die Serien deutlich kleiner und die Bedingungen mit einem Fertigteilwerk nicht vergleichbar.

- **Konstruktives Prinzip**

Der Fertigteilbau versucht nicht mehr den monolithischen Ortbetonbau nachzuahmen, sondern vielmehr statisch bestimmte Konstruktionen mit zahlreichen biegeweichen (gelenkigen) Knoten anzuwenden. So sind die Elementverbindungen leichter realisierbar, sowohl hinsichtlich des Entwurfs und der Gestaltung, als auch der statischen Durchbildung von Gebäuden gelten andere Anforderungen als beim Ortbetonbau. Eingehende Kenntnisse, hinsichtlich der produktionsbedingten Möglichkeiten bzw. der angebotenen Systeme, sowie eine enge Zusammenarbeit zwischen Planern und Ingenieuren sind erforderlich.

- **Einsatzmöglichkeiten von Fertigteilen**

- ◆ Betonwaren (Rohre, Betonringe, Schächte, Platten etc.);
- ◆ Fertigteildecken und –treppen im Hochbau;
- ◆ Fassadenelemente, Rahmenkonstruktionen, Säulen;
- ◆ Deckenplatten für Parkdecks;
- ◆ industrialisiertes Bauen (Herstellung von Gesamtbauwerken);
- ◆ Randbalken im Brückenbau;

- ◆ Tübbing im Tunnelbau oder Kanalbau etc.
- **Vorteile:**
 - ◆ eine Verkürzung der Bauzeit durch Vorproduktion unabhängig vom Baufortschritt (Produktion am nicht kritischen Weg);
 - ◆ höhere Einsatzzahlen der Schalung und Wegfall der Rüstung im fertigteilwerk;
 - ◆ höherer Mechanisierungsgrad;
 - ◆ leichtere Demontierbarkeit der fertigen Bauten;
 - ◆ steuerbare Werkstattbedingungen und Lernprozesse der Schalungsparte bei sich stetig wiederholenden Arbeitsprozessen;
 - ◆ witterungsunabhängige Produktion etc.

Müssen beispielsweise Schalungssysteme für Bauteile extra geplant und angefertigt werden, so kann die alternative Verwendung von Fertigteilen oder Halbfabrikaten (verlorene Schalung) von Vorteil sein.

Vorgespannte Stahlbetonbinder sind bei Hallenkonstruktionen äußerst wirtschaftlich einsetzbar, da sie kurze Bauzeiten bei gleichzeitig guter Oberflächenqualität erlauben und in der Produktion völlig und bei der Montage weitgehend witterungsunabhängig sind. In Bezug auf die Projektplanung sind jedoch das Gewicht, die Abmessungen und die Logistik zu berücksichtigen.

Obwohl die Produktionskosten der Fertigteile günstiger sind, wird dieser Vorteile in der Praxis durch den höheren logistischen Aufwand zunichte gemacht. Auch Umplanungen können nicht kurzfristig umgesetzt werden, sondern erfordern eine längere Vorlaufzeit (wegen der Produktionsplanung).

- **Eignung der Fertigteilbauweise bzw. Ortbetonbauweise**
Wenn sich für bestimmte Bauaufgaben beide Bauweisen eignen, sind durch differenzierte Vergleiche die optimalen Bauweisen und Systeme für das Bauwerk bzw. seine Bauteile herauszufinden.

12.2.1 Potentiale des Betonmontagebaus

Im Jahr 2004 wurde an der ETH Zürich-Hönggerberg ein Symposium zum Thema Potentiale des Betonmontagebaus veranstaltet. Dabei wurde ein Bericht⁴⁶² über die Optimierung in der Planungsphase durch die Verwendung von Betonfertigteilen, veröffentlicht.

In der Einführung dieses Berichtes wird darauf hingewiesen, dass den Ausschreibungsunterlagen eines Bauherrn neben dem gestalterischen Entwurf des Architekten, auch der Entwurf der Tragkonstruktion zugrunde liegt. Grundlage zum Entwurf der Tragkonstruktion sind hier die Anforderungen des Architekten sowie die statischen Belange des Ingenieurs. Wird – zumindest bei größeren Projekten – ein Generalunternehmer mit der Ausführung des Bauvorhabens betraut, so ist eine preisliche Pauschalierung des Gesamtprojektes die Regel. In dieser Situation hat der Generalunternehmer die Ausführungsplanung mit im Auftrag und versucht dabei die Tragkonstruktion zu optimieren. Optimierung bedeutet hierbei nicht nur die Querschnittsreserven zu mobilisieren, sondern eine wirtschaftliche Gesamtlösung zu finden unter Beachtung von:

- ◆ den Kosten;
- ◆ den Terminen;
- ◆ den Qualitätsanforderungen.

▪ Optimierungsvorgang

Die Abhängigkeiten von Kosten, Terminen und Qualität - „magisches Dreieck“ – sind den Ingenieuren des Baubetriebes wohl bekannt. Neben den baubetrieblichen Aspekten sind bei der optimalen Wahl der Tragkonstruktion selbstverständlich die technischen Anforderungen – Normen– zu berücksichtigen. Selbstverständlich besteht der Bauherr auf die Einhaltung der architektonischen Gesamtkonzeption, während im Detail, z.B. bei den Abmessungen, eine Abstimmung mit dem planenden Architekten erforderlich sein kann.

Die in Bild 12.3 dargestellten Randbedingungen erfahren je nach Bauwerk unterschiedliche Wertigkeiten. Beispielsweise sind bei geringen Anforderungen an Qualität und Termine die Kosten der entscheidende Faktor, während bei großem Termindruck die Kosten unter Umständen eine weniger wichtige Rolle spielen.

⁴⁶² [www.ibb.ethz.ch/de/.../Betonmontagebau.../01_VortragSwissBeton_Stussi.pdf]; am 22.12.2009 um 17⁵⁵ Uhr.

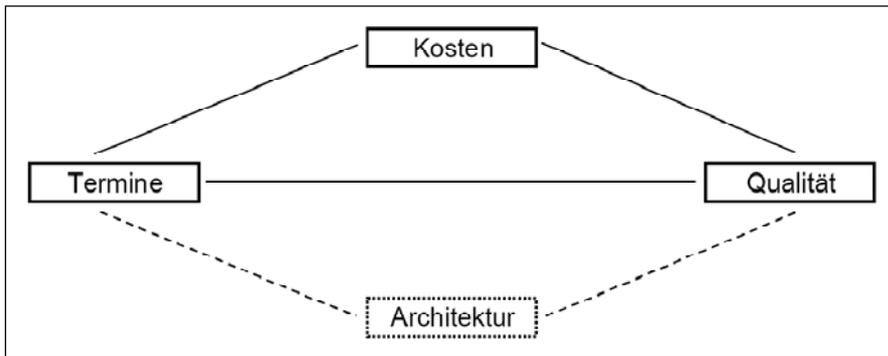


Bild 12.3 Randbedingung der Optimierung⁴⁶³

In Tabelle 12.1 wurde versucht eine Wertung der unterschiedlichen Bauweisen Ortbeton, Fertigteilbau, Stahlverbundbau und Stahlbau vorzunehmen. Die Angaben orientieren sich am allgemeinen Hochbau, wobei selbstverständlich die unterschiedlichen Aspekte jedes Bauvorhabens zu berücksichtigen sind. Beispielsweise wird eine Brücke mit geringer Spannweite in Ortbeton wesentlich günstiger sein als im Stahlbau, während sich das Verhältnis mit zunehmender Spannweite umdreht. Konzentriert man sich im Weiteren auf den allgemeinen Hochbau, so werden die Kosten für den Ortbetonbau niedriger sein als die eines Stahlbaus, während sich bei den Ausführungsterminen eine Umkehr einstellt. Hier sind der Fertigteilbau und der Stahlbau eindeutig im Vorteil gegenüber dem Stahlverbund und dem Ortbetonbau.

Tabelle 12.1 Ranking der Bauweisen⁴⁶⁴

	Kosten		Termine		Qualität
1	Ortbeton		Fertigteilbau		Stahlbau
2	Fertigteilbau		Stahlbau		Fertigteilbau
3	Stahlverbund		Stahlverbund		Stahlverbund
4	Stahlbau		Ortbeton		Ortbeton

Bei den Terminen ist jedoch zwischen Planungsterminen und Ausführungsterminen (-dauer) zu unterscheiden. Bei den kurzen Ausführungsdauern im Fertigteil- und Stahlbau müssen relativ lange Planungsphasen beachtet werden, während im Ortbetonbau notfalls eine Ausführungsparallele Planung erfolgen kann. Soll also eine Planung oder gar Umpla-

⁴⁶³ [www.ibb.ethz.ch/de/.../Betonmontagebau.../01_VortragSwissBeton_Stussi.pdf]; am 22.12.2009 um 17⁵⁵ Uhr.

⁴⁶⁴ [www.ibb.ethz.ch/de/.../Betonmontagebau.../01_VortragSwissBeton_Stussi.pdf]; am 22.12.2009 um 17⁵⁵ Uhr.

nung vom Ortbeton in die Fertigteilbauweise erfolgen, so ist unbedingt die notwendige Zeitdauer für Planung und Herstellung der Fertigteile zu beachten.

Ebenso müssen wir die Anforderungen der Qualität differenzieren. Einerseits geht es um die Qualität der Ausführung - einschließlich deren Überwachung - und andererseits um die Qualitäten im architektonischen Sinne wie z. B. Anforderungen an den Sichtbeton. Insgesamt lässt sich jedoch sagen, dass im Stahlbau und Fertigteilbau die Qualitäten besser und besser zu kontrollieren sind als im Ortbetonbau.

Die interessante Aufgabe der Optimierung einer Tragkonstruktion erfordert daher von den Ingenieuren umfangreiche Kenntnisse der Kostensituation, der Terminsituation sowie der Qualitätsanforderungen. Mit diesen Randbedingungen ist dann eine Tragstruktur zu konstruieren. Je besser der Ingenieur das Tragverhalten erfassen und beschreiben kann (Nachweise zur Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit), desto optimaler und kostengünstiger wird die Konstruktion ausfallen.

12.3 Mischbauweise bzw. Kombination aus Ortbeton- und Fertigteilbauweise

Solche Systeme kommen vor allem im Deckenbereich zum Einsatz. Fertigteilplatten (ca. 5 cm bewehrte Betonplatten mit Gitterträgern aus Bewehrungsseisen) fungieren hier als verlorene Schalung. Dieses System kommt genau dann zum Einsatz, wenn der zu schalende Bauteil für den Ein- und Ausschalvorgang schwer zugänglich ist, oder bei niedrigen Deckenhöhen (Kriechkellern) als auch bei besonders großen Unterstellungshöhen.

Aber auch bei Fertigteilkellern im Einfamilienhausbau werden Mischlösungen eingesetzt. Hier wird der Hohlraum zwischen zwei Fertigteilwandelementen mit Ortbeton verfüllt.

13 Schalungen für horizontale Bauteile

In diesem Kapitel werden die Deckenschalungen systematisch eingeteilt und nach der Literatur von Hofstadler⁴⁶⁵ beschrieben. Es werden die gebräuchlichsten Schalungssysteme der verschiedenen Schalungshersteller grundlegend dargestellt. Für eine intensive Betrachtung der einzelnen Systeme wird auf die jeweiligen Herstellerangaben verwiesen.

13.1 Deckenschalungen – Einteilung

Aus Bild 13.1 ist die systematische Einteilung für Deckenschalungen zu entnehmen. Daraus ist ersichtlich, dass die Einteilung der Deckenschalungen nach den unterschiedlichen Bauweisen (Ortbeton- und Fertigteilbauweise) erfolgt.

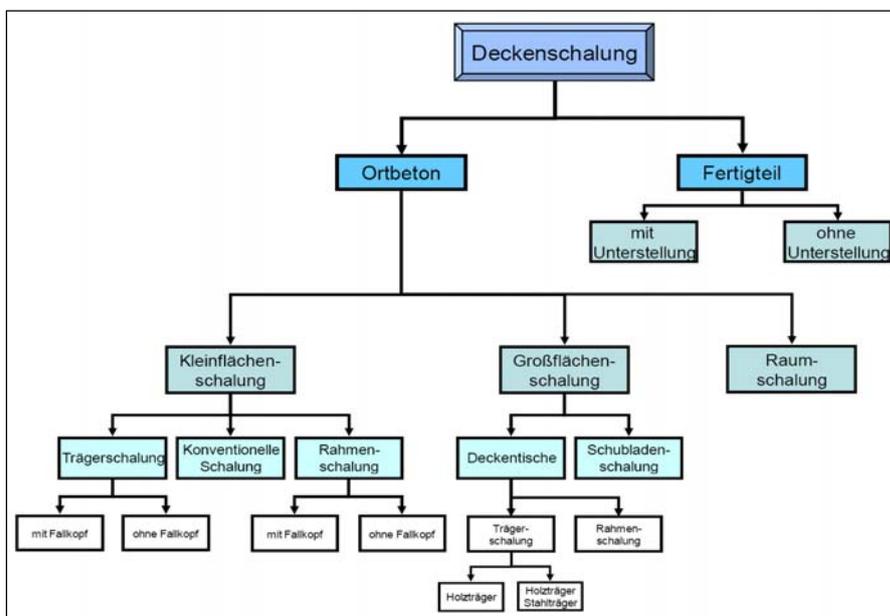


Bild 13.1 Systematische Einteilung von Deckenschalungen⁴⁶⁶

Ortbetondecken werden mit Schalungen hergestellt, die temporär eingesetzt werden, bis der Stahlbeton die entsprechende Festigkeit erreicht hat.

⁴⁶⁵ vgl. [Hofst.]; 129ff.

⁴⁶⁶ [Hofst.]; 130.

Werden Decken in Verbindung mit Fertigteilen hergestellt, dienen diese als Form und Lastableitung für den Ortbeton und die Aufnahme der Belastungen aus dem Baubetrieb. Fertigteile werden Bestandteile des späteren Bauteils. Fertigteilschalungen werden je nach Konstruktion und Spannweite, mit oder ohne bauseitige Unterstellungen ausgeführt wobei die Anzahl und Anordnung der Unterstellungen den entsprechenden Plänen zu entnehmen und bauseits zu überprüfen sind.

Weiters ist aus Bild 13.1 zu erkennen, dass bei reinen Ortbetonschalungen in Klein-, Großflächen- und Raumschalungen unterschieden wird, wobei Klein- und Großflächenschalungen die gängigsten Schalungen im Hochbau sind. Raumschalungen werden im Hochbau nur bei jenen Bauten eingesetzt, bei denen die Raumgrößen gleich bleiben (z.B. im sozialen Wohnbau).

Zu den Kleinflächenschalungen zählen:

- die Trägerschalung;
- die Konventionelle Schalung;
- die Rahmenschalung;
- die Trägerrostschalung.

Der Vorteil der Kleinflächenschalungen liegt darin, dass sie temporär an jede Bauaufgabe angepasst werden und auch als Großflächenschalung eingesetzt werden können. Dazu werden Deckentische aus Träger- oder Rahmenschalungen herangezogen.

Zu den Großflächenschalungen zählen:

- Deckentische;
- Schubladenschalungen.

Deckentische können auf der Baustelle aus Elementen der Kleinflächenschalung zusammengebaut werden, oder direkt bei den Schalungsherstellern angefordert werden. Die Tischgröße der Deckentische richtet sich dabei nach den Bauwerks- und Baustellenbedingungen, deren Wirtschaftlichkeit an logistische Randbedingungen, wie z.B. die Verfügbarkeit entsprechender vertikaler und horizontaler Transportmittel gebunden ist.

13.2 Unterschiedliche Arten von Deckenschalssystemen

13.2.1 Konventionelle Schalung

Die konventionelle Schalung wird aus Brettern, Kant- und Rundhölzern sowie Holzkeilen zusammengesetzt und ist die universellste Schalung. Sie ist an jede beliebige Form anpassbar.⁴⁶⁷

Zur Verbindung werden Nägel und zum Abspannen gegebenenfalls Spannketten benötigt. Vom Grundgedanken her ist die konventionelle Schalung einfach ideal, da sie keine Systemteile benötigt und das verwendete Material preiswert ist. Der Einsatz dieser Art von Schalung erfordert jedoch ein hohes Maß an Fachkenntnis und handwerklichem Geschick. Zimmerleute und Einschaler der alten Schule können sehr wohl noch mit dieser Schalungsart umgehen, jedoch sprechen die heutigen Lohnkosten in Mitteleuropa und die zu erbringenden Bauwerks- und Oberflächenqualitäten gegen die ausschließliche Verwendung dieser traditionellen Methode.⁴⁶⁸

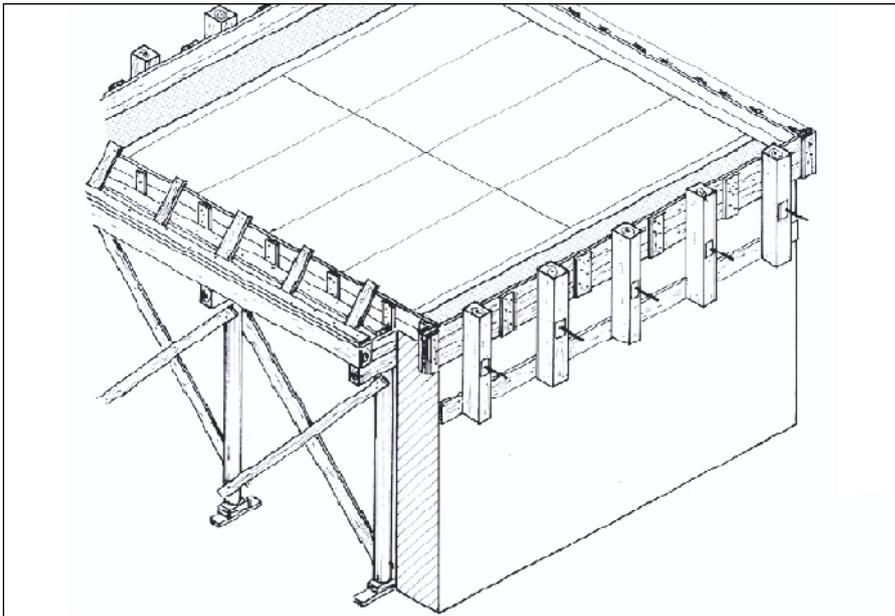


Bild 13.2 Prinzip einer konventionellen Deckenschalung⁴⁶⁹

⁴⁶⁷ vgl. [Hofst.]; 131.

⁴⁶⁸ [Schmitt]; 262f.

⁴⁶⁹ [Hofst.]; 131.

Bild 13.2 stellt das Prinzip einer konventionellen Deckenschalung grafisch dar. Über Schaltafeln wird die Belastung über die oberen in die unteren Kanthölzer und in weiterer Folge die Stützen eingeleitet. Mit den Kanthölzern und Stützen aus Holz wird ein Rost hergestellt, wobei bei der Ausrichtung des Rostes darauf zu achten ist, dass die Schalungshaut ausreichend unterstützt wird und es zu keinen schwebenden Stößen kommt. Die exakte vertikale und horizontale Ausrichtung des Kantholzes wird mittels Keilen ermöglicht. Je Stütze sind zwei Keile auf einem Unterlagsbrett angeordnet. Nach der Ausrichtung werden die Keile mit Nägeln gegen Verrutschen gesichert. Der Kantholzrost wird mit den Stützen verschwert und danach können die Schaltafeln verlegt werden. In den Passbereichen werden Bretter eingesetzt. Anstatt der Schaltafeln können auch Bretter verwendet werden, wodurch der Arbeitsaufwand jedoch beträchtlich ansteigt. Um sich dies besser vorstellen zu können, ist in Bild 13.3 die Seitenansicht einer konventionellen Deckenschalung grafisch dargestellt.

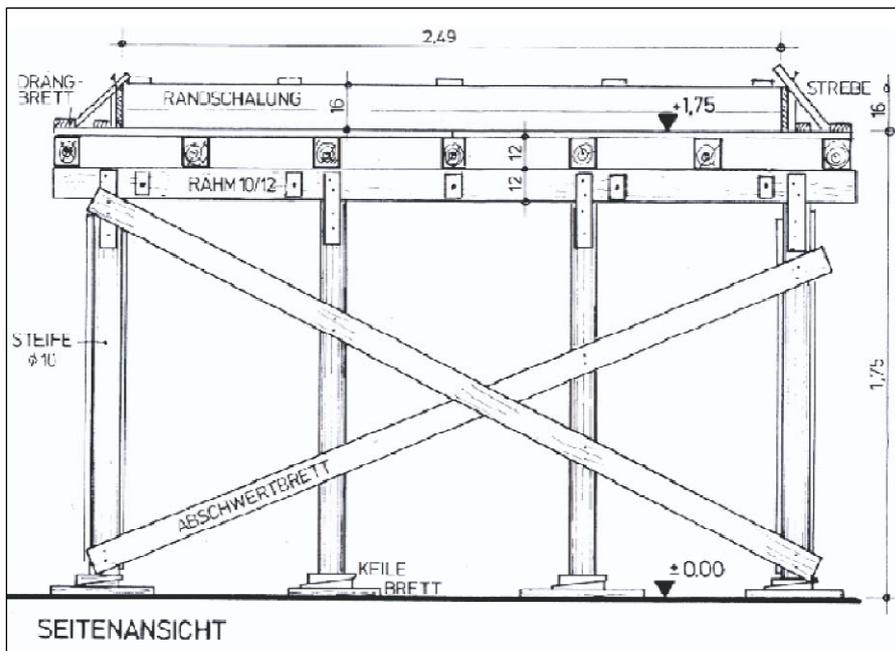


Bild 13.3 Seitenansicht einer konventionellen Deckenschalung⁴⁷⁰

⁴⁷⁰ [Hofst.]; 132.

Laut Schmitt⁴⁷¹ gibt es Bereiche, in denen die konventionelle Schalung auch heute noch ihre Bedeutung hat und durch kaum eine andere Variante sinnvoll ersetzt werden kann. Diese Bereiche sind:

- **verlorene Schalung**
Diese kann nach dem Betonieren nicht mehr ausgebaut werden.
- **Kriechkeller**
Bei diesem kann von der Höhe her keine andere Schalung eingesetzt werden.
- **Treppen und Rampen**
Bei denen ein hohes Maß an Anpassung erforderlich ist.
- **kleine Räume**
Welche den Einsatz einer Systemschalung nicht ermöglichen.
- **nur ein einziger Einsatz**
Der durch die Verwendung einer Systemschalung höhere Kosten verursachen würde.
- **günstiger Materialpreis**
Wo die Lohnkosten eine untergeordnete Rolle spielen (Niedriglohnländer).
- **Pass- und Beischalbereiche**
Wozu es keine Systemlösungen gibt.
- **Aussparungen**
Denen keine Bedeutung für systematisierte Lösungen beigemessen wird.

Auf zahlreichen Baustellen findet man nicht mehr die typenreine konventionelle Schalung, sondern meistens eine mit Einzelteilen der Systemschalung gemischte Lösung. Kanthölzer welche sich leicht verwinden, werden durch formstabile Holzschalungsträger ersetzt, und an Stelle der Rundholzstützen werden Stahlrohrstützen verwendet, die sich wesentlich einfacher auf Höhe bringen lassen. Wie eine typische konventionelle Deckenschalung aufgebaut ist, ist den Bildern 13.2 und 13.3 zu entnehmen.⁴⁷²

Wichtig ist auch zu wissen, so zimmermannsfreundlich das Einschalen einer konventionellen Schalung auch sein mag, so ungeordnet wird ausgeschalt. Die Unterstützungen werden vorsichtig ausgebaut und wenn nur noch eine oder zwei Stützen je Raum stehen, werden diese sehr

⁴⁷¹ [Schmitt]; 263.

⁴⁷² [Schmitt]; 263.

unfallträchtig mit einem langen Holz weggeschlagen oder mit einem Seil weggezogen – und die gesamte Konstruktion bricht in sich zusammen. Was übrig bleibt ist ein riesiger Schalungsberg, welcher entzerrt, entnagelt, gesäubert, sortiert und aufgestapelt werden muss, was nicht immer leicht und auch keine schöne Aufgabe ist. Nach jedem Ausschalvorgang bleibt ein mehr oder minder großer Berg an nicht mehr einsetzbaren Holz übrig. Dieser Punkt darf bei den heutigen Entsorgungskosten nicht vernachlässigt werden und in der Kalkulation nicht unberücksichtigt bleiben.⁴⁷³

13.2.2 Trägerschalung

Hofstadler⁴⁷⁴ beschreibt, dass Trägerschalungen die gebräuchlichsten Schalungen im Baubetrieb sind und in Mitteleuropa einen Marktanteil von ca. 50 % und damit einen sehr hohen baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Stellenwert haben. Sie sind für alle Hochbauaufgaben einsetzbar und Deckenstärken von mehr als ein Meter sind möglich. Sie werden aber auch z.B. im Tunnel-, Brücken- oder Kraftwerksbau eingesetzt.

In der Literatur von Berner⁴⁷⁵, wird der Begriff Trägerschalung auch als Flexible Deckenschalung bezeichnet und dieser wiederum der Bezeichnung Systemschalung untergeordnet. Die Trägerschalung setzt sich aus den Hauptelementen Deckenstütze, Joch- und Querträger und der Schalhaut, z.B. als Schalungstafel, zusammen (vgl. Bild 13.4). Bei den Deckenstützen werden in der Regel Stahlrohrstützen eingesetzt, bei größeren Höhen kommen Aluminiumstützen zum Einsatz. Bei der Planung der Trägerschalung lassen sich über Tabellenwerke der Hersteller Art und Anzahl der Stützen und Träger, sowie die verschiedenen Abstände bestimmen. Restflächen, die durch die systembedingten Größen nicht abgedeckt werden, sind durch Passteile auszugleichen. Diese Passteile sind in der Regel bei jedem neuen Schalungseinsatz neu herzustellen. Weiters gilt die Deckenschalung als Trägerschalung als die insgesamt zeitintensivste Variante, sie ist aber hinsichtlich der zu schalenden Grundrisse die flexibelste Lösung, da die Schalhaut durch einfaches Zuschneiden an jede Grundrissform angepasst werden kann. Wie das Gesamtsystem der flexiblen Deckenschalung und deren Hauptele-

⁴⁷³ vgl. [Schmitt]; 265.

⁴⁷⁴ vgl. [Hofst.]; 133ff.

⁴⁷⁵ vgl.[Berner]; 140f.

menten aussehen könnte, ist in Bild 13.4 schematisch dargestellt und soll zur besseren Übersicht des zuvor Beschriebenen dienen.

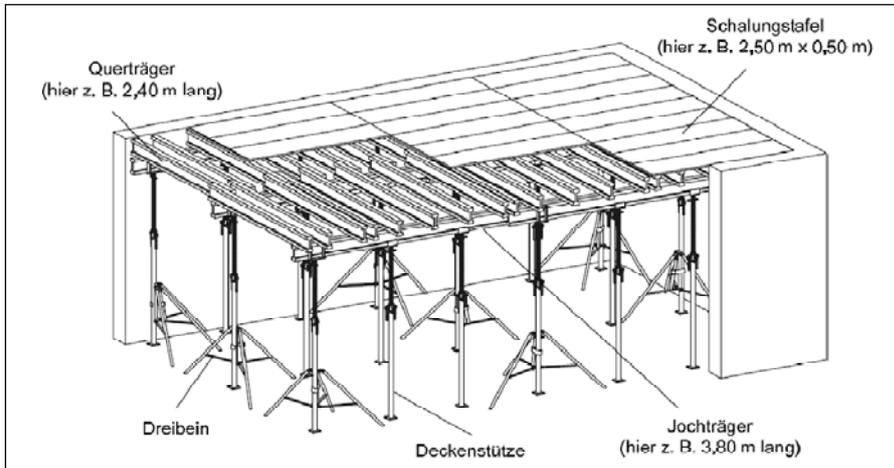


Bild 13.4 Flexible Deckenschalung (Trägerschalung)⁴⁷⁶

Bild 13.5 stellt die unterschiedlichen Trägerschalungsarten dar. Daraus ist zu erkennen, dass man einerseits die Trägerschalung ohne Fallkopf und andererseits die Trägerschalung mit Fallkopf unterscheidet.

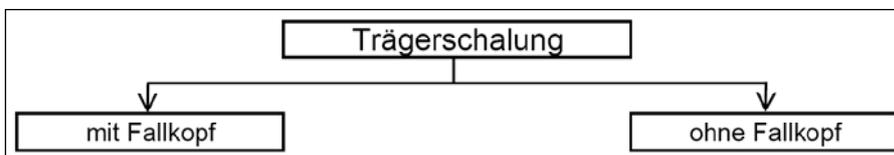


Bild 13.5 Trägerschalungsarten

Im Folgenden werden diese beiden Arten nach der Literatur von Hofstadler⁴⁷⁷ beschrieben und vorgestellt.

▪ Trägerschalung ohne Fallkopf

Gekennzeichnet sind Trägerschalungen ohne Fallkopf durch ihre einfache Handhabung. Sie bestehen aus den Elementen:

- ♦ Schaltafeln;
- ♦ Schalungsträger;

⁴⁷⁶ [Berner]; 141.

⁴⁷⁷ vgl.[Hofst.]; 133ff.

- ◆ Stützen.

Je nach Hersteller werden unterschiedliche Zubehörteile, wie z.B. verschiedene Stützenköpfe, Elemente für die Sicherheit und Lösungen für Unter- und Überzüge angeboten.

Bei üblichen Geschosshöhen im Wohnungsbau werden hauptsächlich Schalungsstützen eingesetzt, darüber werden die Stützen horizontal miteinander verbunden oder Traggerüste verwendet.

Beim System Trägerschalung ohne Fallkopf unterscheidet man im Wesentlichen folgende zwei Arten der Unterstützung:

- Schalung mit Stützen

Im Wohnungsbau werden für übliche Geschosshöhen Deckenstützen mit und ohne Dreibein eingesetzt. Dabei steht am Ende jedes Längsträgers jeweils eine Stütze mit Dreibein, dazwischen werden Stützen ohne Dreibein aufgestellt und durch spezielle Köpfe am Schalungsträger gesichert. Im Zuge einer Expertenbefragung unter Bauleitern wurde herausgefunden, dass ab einer Deckenhöhe von 4m Vorteile bei der Lastableitung durch Gerüste gesehen werden.

Die Bemessung und Austeilung der Systemteile kann anhand der Herstellerangaben oder anhand von Schalungsprogrammen erfolgen. Je nach Austeilung der Achsen der Hauptträger variiert der Passflächenanteil an der gesamten Schalfläche. Im Prinzip sollen die Hauptträger jedoch so angeordnet werden, dass sich für die Stückliste und die verbleibenden Passflächen die optimale Lösung ergibt.

- ◆ Einschalvorgang

In der Regel sind die Längsträger parallel zur längeren Seite der zu schalenden Decke anzuordnen. Die Ausrichtung der Längsträger mit der geringsten Stückliste, kann mittels Schalungsprogrammen der jeweiligen Hersteller relativ einfach gefunden werden. Von Vorteil ist es, die Längsträger parallel zur längeren Seite des Deckengrundrisses anzuordnen.

Als erstes werden zwei Schalungsstützen mit Dreibein aufgestellt und dazwischen ein Längsträger eingelegt. Auf diese Weise werden die Längsträgerfelder hergestellt. Im zweiten Schritt wird mit der Austeilung der Querträger begonnen auf welchen im dritten und letzten Schritt die Schal tafeln verlegt werden.

Dabei ist darauf zu achten, dass der Spalt zwischen Wand und Schal tafeln abgedichtet wird, damit kein Zementleim auf die Wandflächen gelangt (z.B. bei Sichtbetonbauteilen). Um sich diesen Vorgang besser vorstellen zu können, ist das Einschalen in Bild 13.6 grafisch dargestellt.

Können keine ganzen Schal tafeln mehr verlegt werden, wird die verbleibende Fläche (Passfläche) durch Zuschneiden von Schal tafeln

oder Brettern angepasst. Ist die zu errichtende Decke als Sichtbeton ausgeschrieben, ist darauf zu achten, dass sich die Passflächen optisch nicht von der Regelfläche abheben (Struktur, Farbe, Porigkeit). Um dies erreichen zu können, sind für die Passflächen die gleichen Tafeln (gleiche Einsatzzahl und Alterung) zu verwenden.

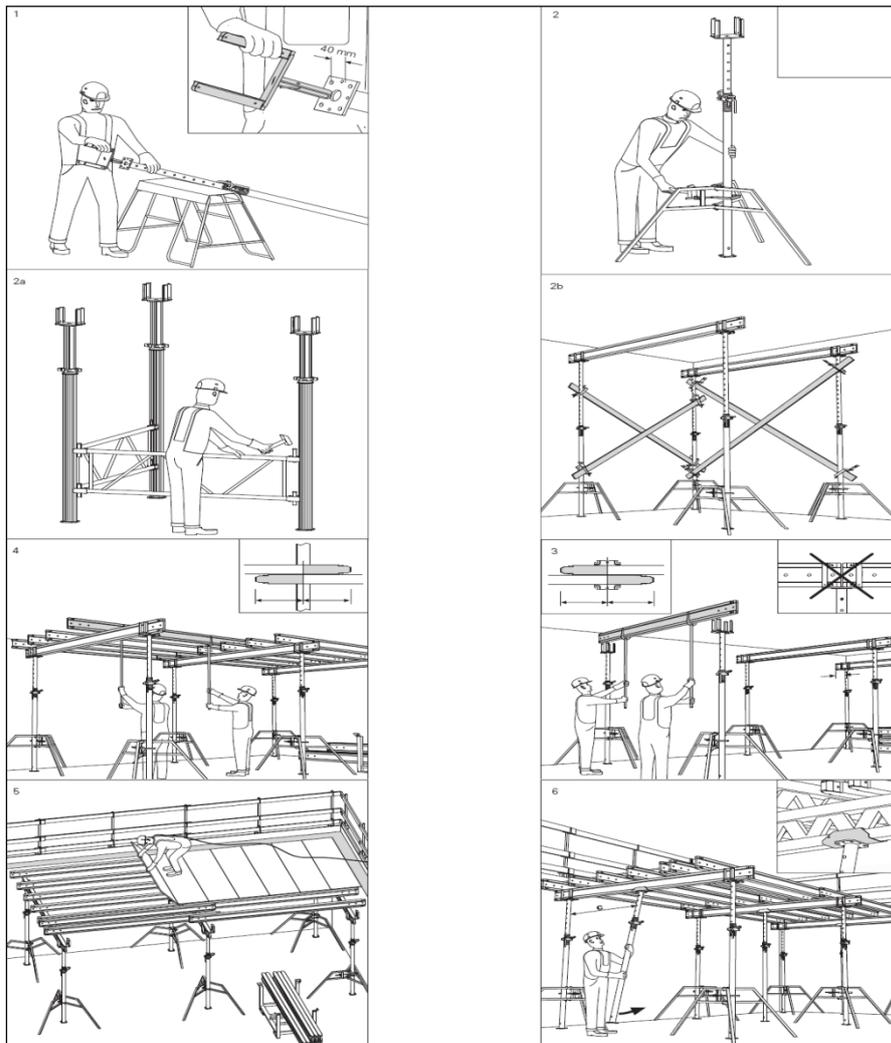


Bild 13.6 Einschalvorgang - Trägerschalung⁴⁷⁸

⁴⁷⁸ [Hofst.]; 135.

♦ Ausschalvorgang

Zuerst werden die Zwischenstützen entfernt und danach mit dem Ausschalen an den Rand- und Passflächenbereichen begonnen. Die Schalung wird mit der Stellschraube an den Stützen einige Millimeter von der Decke weggespindelt und dann der Absenkmechanismus betätigt. Dadurch werden Längs und Querträger und Schaltafeln über einige Zentimeter abgesenkt (je nach Hersteller unterschiedlich). Aus Bild 13.7 ist der Vorgang für das Ausschalen einer Trägerschalung ersichtlich.

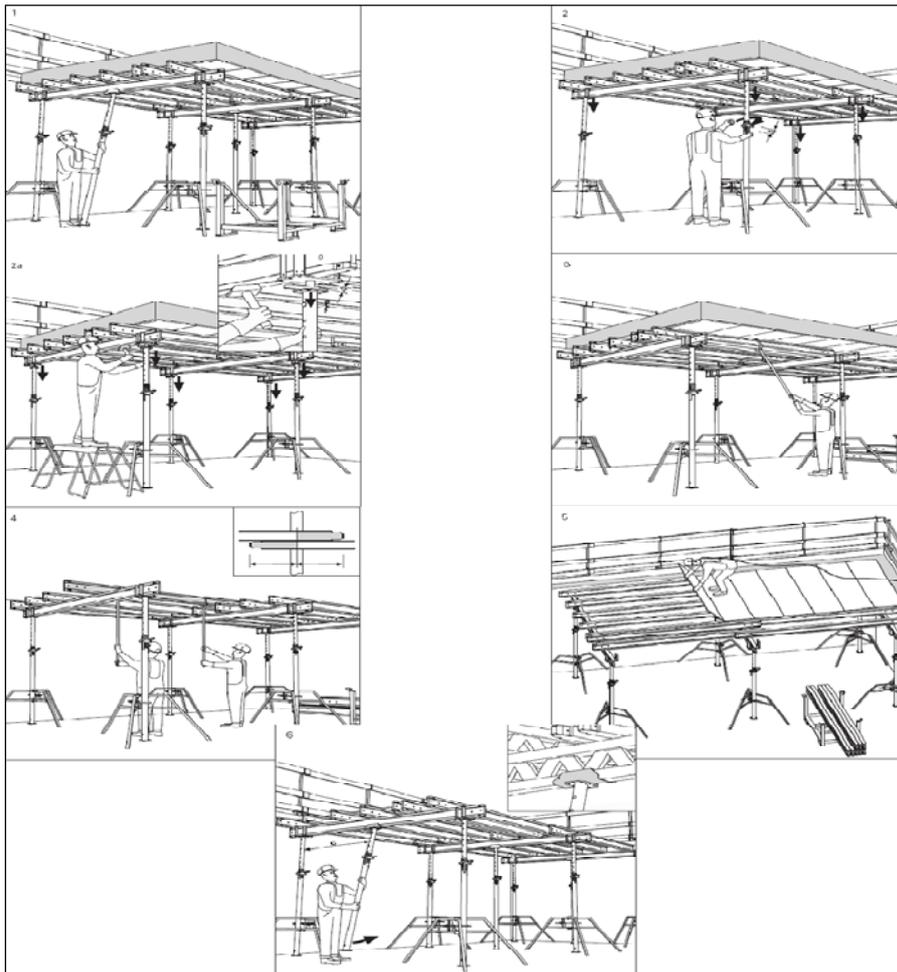


Bild 13.7 Ausschalvorgang – Trägerschalung⁴⁷⁹

⁴⁷⁹ [Hofst.]; 136.

Jede Herstellerfirma von Schalungssystemen versucht über eigene Ideen und Entwicklungen ihr Produkt gegenüber der Konkurrenz einfacher und bedienerfreundlicher zu machen. Beim Schalungssystem Dokaflex 1-2-4 sind z.B. auf den Schalungsträgern dreiecksförmige Markierungen angebracht, welche für Decken mit einer Deckenstärke bis zu 30 cm gelten. Die Abstände geben die Positionen von Stützen, Quer- und Längsträgern an. Dadurch soll das Einschalen rascher ermöglicht werden, da kein Messen der Positionen nötig ist. Die einzelnen Teile können sofort bei den entsprechenden Markierungen positioniert werden. Für die Lage der Längsträger sind maximal 4 Abstände, für den maximalen Stützenabstand 2 Abstände und für die Lage der Querträger maximal 1 Abstand einzuhalten. Ist die Deckenstärke größer als 30 cm gelten die Markierungen nicht mehr und es sind die Abstände aus der Bemessung anzuwenden. Aus Bild 13.8 lassen sich die maximalen Abstände von Stützen, Quer- und Längsträgern erkennen.



Bild 13.8 Trägerschalung ohne Fallkopf – Dokaflex 1-2-4⁴⁸⁰

- Schalung mit Gerüsten
Bei größeren Geschosshöhen (über übliche Geschosshöhen hinausgehend) werden sehr oft Traggerüste aus Aluminium oder Stahl eingesetzt (je nach erforderlicher Stiellast). Die Gerüste werden stehend oder für größere Gerüsthöhen auch liegend zusammengebaut. Aus

⁴⁸⁰ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/flex_124/pages/01739/index.php]; am 20.2.2010 um 08²⁰ Uhr.

Bild 13.9 lässt sich erkennen, wie eine Trägerschalung in Kombination mit einem Traggerüst aussieht. Dabei handelt es sich um das robuste und schnelle Traggerüst Staxo der Firma Doka. Dieses Traggerüst besteht aus einem Stahlrahmen und ist für große Unterstellungshöhen und hohe Lasten geeignet. Die integrierten Verbindungsmittel ermöglichen eine schnelle Montage. Dieses moderne Traggerüst kommt mit wenigen Einzelteilen aus und ist besonders vielseitig einsetzbar. Ein umfangreiches Sicherheitszubehör ergänzt dieses System. Schalung und Gerüst als Einheit können dabei sowohl horizontal als auch vertikal umgesetzt werden.

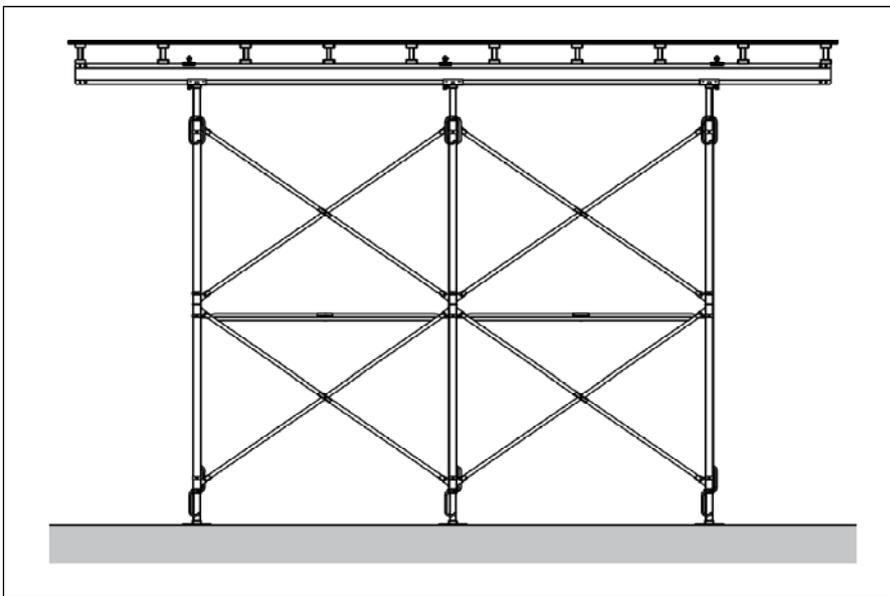


Bild 13.9 Trägerschalung mit Traggerüst⁴⁸¹

Bild 13.10 zeigt die Anwendung eines Traggerüsts in der Praxis am Beispiel des Skylink Airport Vienna.

⁴⁸¹ [Hofst.]; 138.



Bild 13.10 Traggerüste in der Praxis⁴⁸²

▪ Trägerschalung mit Fallkopf

Seit einigen Jahren ermöglichen neue Entwicklungen auch bei Trägerschalungen das Ausschalen ohne partielle Entspannung von – vorher als erforderlich ermittelte – Schalungsstützen. Die Anforderungserfordernis solcher Systeme ist jedenfalls sehr genau zu überprüfen. Der geringeren Vorhaltemenge steht ein höherer Geräte neuwert gegenüber. Aufbauend auf der zuvor dargestellten Trägerschalung Dokaflex 1-2-4 (Bild 13.8), wurde von Doka ein Deckensystem für frühzeitiges Ausschalen entwickelt und wird unter der Bezeichnung Doka Xtra angeboten.

Von der Grundrisskonzeption, dem Raster und den Schalungselementen entspricht es dem System Dokaflex 1-2-4. Nur der Absenkopf wurde durch einen Fallkopf (Xtra-Kopf) ersetzt. Wie dieser Xtra-Kopf aufgebaut ist, ist in Bild 13.11 schematisch dargestellt.

⁴⁸² [http://www.doka.com/doka/de_global/products/loadbearing/staxo/index.php]; am 20.02.2010 um 09⁰⁰ Uhr.

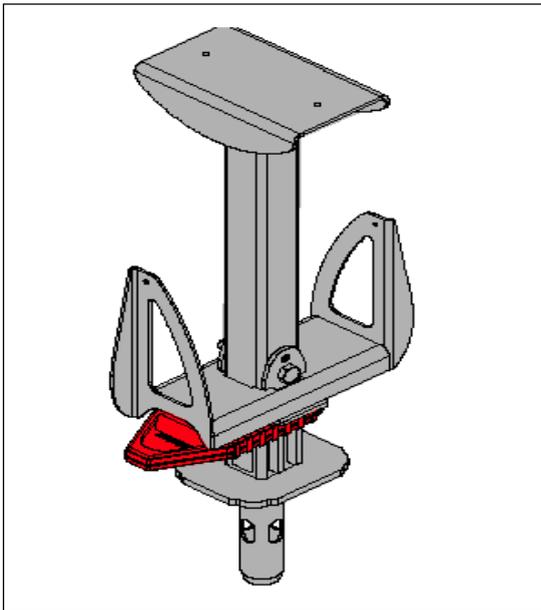


Bild 13.11 Doka Xtra-Kopf⁴⁸³

Der Xtra-Kopf hat dabei zwei Funktionen:

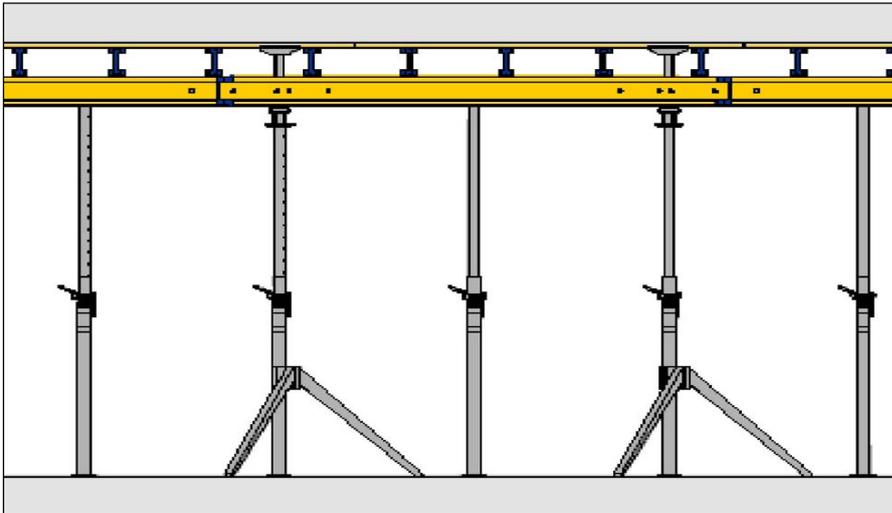
- ◆ er trägt wie der Vierwegkopf oder Absenkkopf die Längsträger;
- ◆ stützt zusätzlich eine Schalungsplatte, welche gleich orientiert sein muss wie der darunter verlaufende Jochträger.

Bei der Schalungsplanung ist bei der Austeilung der Längsträger und Schalungsplatten auf die richtige Anordnung zu achten.

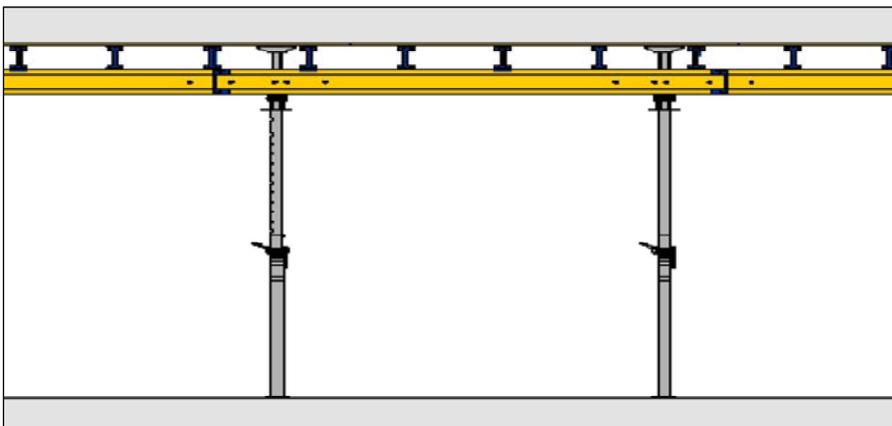
- ◆ Ausschalvorgang Doka Xtra

In Bild 13.12 ist die Ausgangssituation er mit dem System Doka Xtra eingeschalteten Decke grafisch dargestellt.

⁴⁸³ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/Xtra/pages/01736/index.php]; am 12.01.2010 um 13⁵⁰ Uhr.

Bild 13.12 Ausgangssituation⁴⁸⁴**Schritt 1:**

Entfernen der Dreibeinstützen und der Zwischenstützen. Nur die Fallkopfstützen bleiben stehen (vgl. Bild 13.13).

Bild 13.13 Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 1⁴⁸⁵**Schritt 2:**

Absenken der Deckenschalung mit dem Xtra-Kopf. Bei jeder Fallkopfstütze wird durch einen Hammerschlag der Sicherungskeil gelöst und die Längsträger werden um ca. 7 cm abgesenkt. Zwischen Scha-

⁴⁸⁴ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/Xtra/pages/01738/index.php]; am 12.01.2010 um 15²⁰ Uhr.

⁴⁸⁵ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/Xtra/pages/01738/index.php]; am 12.01.2010 um 15³⁰ Uhr.

lungshaut und Betonoberfläche entsteht ein Freiraum, außer in jenen Bereichen, wo Schalungsplatten direkt mit Fallkopfstützen unterstellt sind (vgl. Bild 13.14).

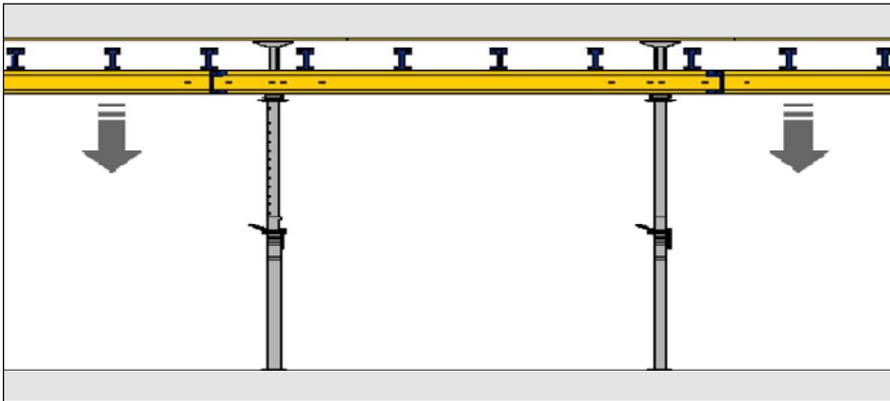


Bild 13.14 Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 2⁴⁸⁶

Schritt 3:

Im dritten Schritt werden die Querträger und der Großteil der Schalungshaut entnommen und gereinigt (vgl. Bild 13.15).

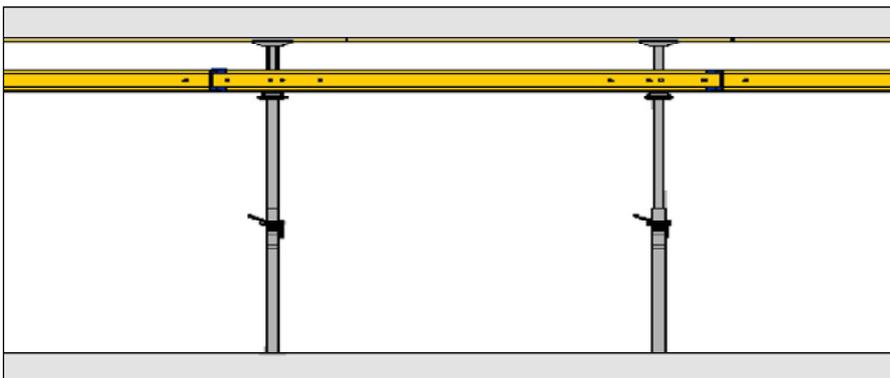


Bild 13.15 Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 3⁴⁸⁷

⁴⁸⁶ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/Xtra/pages/01738/index.php]; am 12.01.2010 um 16⁰⁰ Uhr.

⁴⁸⁷ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/Xtra/pages/01738/index.php]; am 12.01.2010 um 16⁰⁵ Uhr.

Schritt 4:

Im vierten Schritt werden die Jochträger entfernt. Die entnommenen Systemteile stehen zum Einschalen eines neuen Deckenabschnittes zur Verfügung. Die Hilfsunterstellung verbleibt bis zur ausreichenden Tragfähigkeit des Betons (vgl. Bild 13.16).

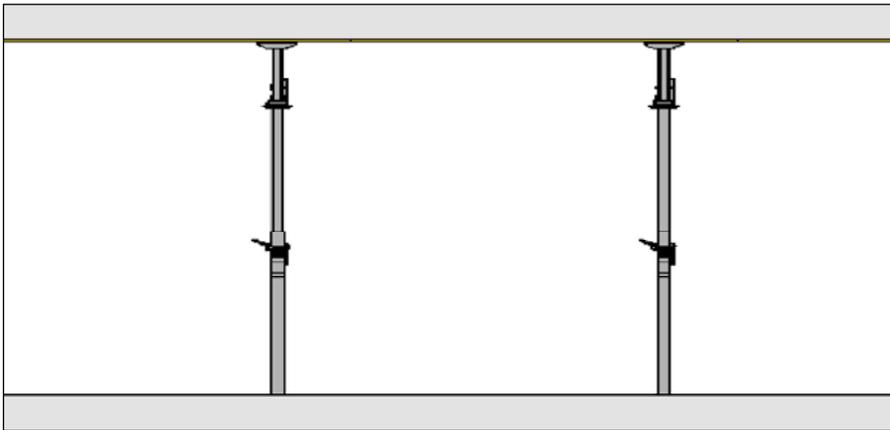


Bild 13.16 Ausschalvorgang Doka Xtra Schritt 4⁴⁸⁸

Systeme von Trägerschalungen mit Fallkopf anderer Hersteller (PERI, Meva etc.) funktionieren vom Prinzip gleich wie das zuvor vorgestellte System der Firma Doka, weisen jedoch Unterschiede z.B. bei den Absenkköpfen, Aufbau der Längsträger usw. auf. In Bild 13.17 ist die Anwendung einer Trägerschalung mit Fallkopf nach der Phase des Früh-ausschalens dargestellt.

⁴⁸⁸ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/Xtra/pages/01738/index.php]; am 12.01.2010 um 16¹⁰ Uhr.



Bild 13.17 Anwendung des Systems Doka Xtra in der Praxis nach der Phase des Frühausschalens⁴⁸⁹

▪ Randabschalung

- ◆ im Wandbereich:

Die Deckenschalung schließt in Bereichen wo Wände angeordnet sind, an der Innenseite der Wände ab. An diesen Stellen kann die Deckenschalung nicht für die Randabschalung genutzt werden. Die vertikale Randabschalung wird an der Außenseite der Wände angeordnet. Für diese Schalungsaufgabe werden meist bauseitige Lösungen verwendet, wobei Ankerstellen, welche für die Wandschalungen erforderlich waren, für die Kraftableitung der Randabschalung verwendet werden können. Durch die Anker werden Kanthölzer, Holzträger oder Stahlriegel gehalten und die Belastung in die Anker übertragen. Der Ankerabstand ergibt sich aus dem Wandschalungssystem.

Bild 13.18 zeigt vereinfacht ein Beispiel für eine vertikale Randabschalung. Es ist darauf zu achten, dass die Schalungskonstruktion so ausgelegt werden muss, dass auf Grund des auftretenden horizontalen Frischbetondrucks die Verformungen innerhalb der geforderten Toleranzen bleiben.⁴⁹⁰

⁴⁸⁹ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/Xtra/pages/01738/index.php] am 12.01.2010 um 15⁴⁰ Uhr.

⁴⁹⁰ vgl. [Hofst.]; 141.

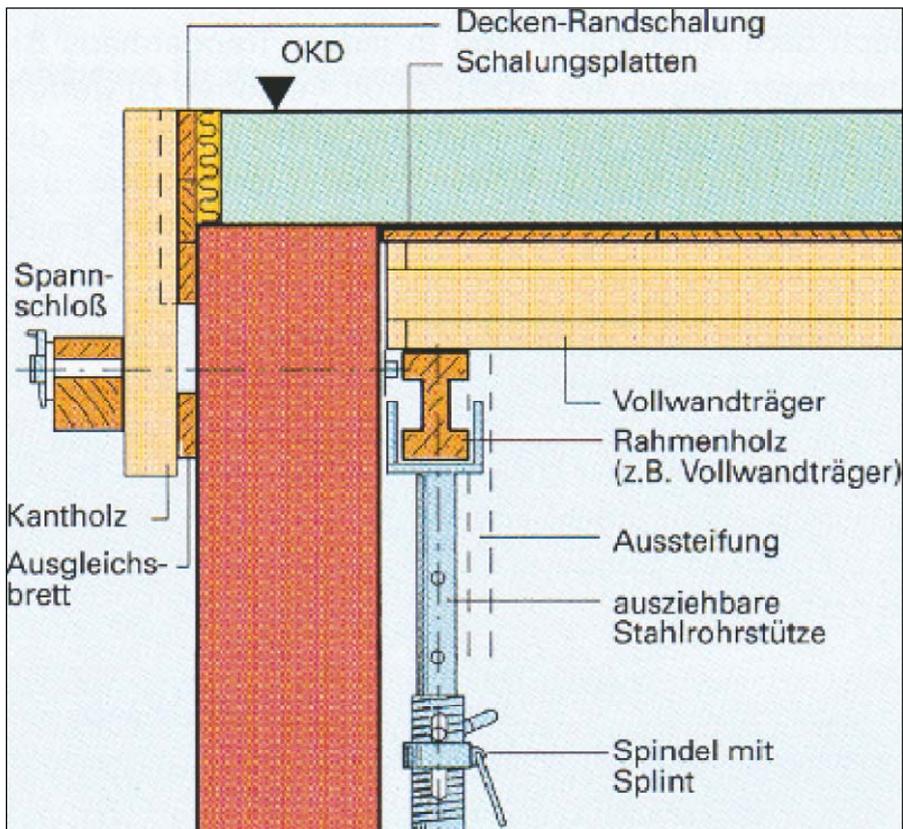


Bild 13.18 Schematische Darstellung einer vertikalen Randabschalung⁴⁹¹

- ♦ mit freiem Deckenende:
In solchen Bereichen kann die Randabschalung mit der Deckenschalung kombiniert werden. Je nach Schalungshersteller gibt es dafür unterschiedliche Systeme. In Randstützenbereichen kann die Abschalung bauseits horizontal überbrückt werden.

⁴⁹¹ [Hofst.]; 141.

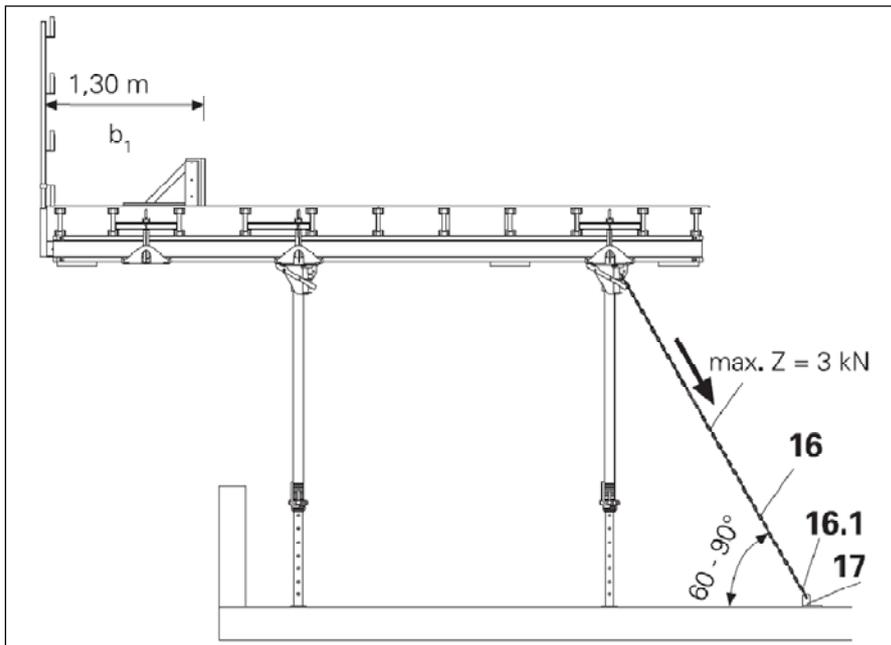


Bild 13.19 Schematische Darstellung einer Randabschalung im Bereich von freien Deckenenden⁴⁹²

Bild 13.19 zeigt eine Randabschalung im Bereich von freien Deckenenden. Dabei werden die Balkenzwingen auf den Querträger aufgesetzt und so befestigt, dass kein verrücken mehr möglich ist. Die auftretenden Horizontalkräfte werden dabei über die Querträger in die Längsträger eingeleitet und von dort aus über die Abstützung abgeleitet.⁴⁹³

▪ Unterzüge

Man unterscheidet zwischen:⁴⁹⁴

- ♦ Randunterzügen;
- ♦ Feldunterzügen.

Unterzüge können vorab oder gleichzeitig mit der Decke hergestellt werden, wobei die Schalungen bauseits oder mit Systemschalungen der verschiedenen Schalungshersteller geschalt werden. Dort wo es

⁴⁹² [Hofst.]; 142.

⁴⁹³ vgl. [Hofst.]; 142.

⁴⁹⁴ vgl. [Hofst.]; 142.

nicht möglich ist Systemschalungen einzusetzen, müssen effiziente bauseitige Lösungen gefunden werden.

- ◆ Randunterzüge

Diese sind am Deckenende angeordnet und leiten die Kräfte in Stützen oder Wände ein.

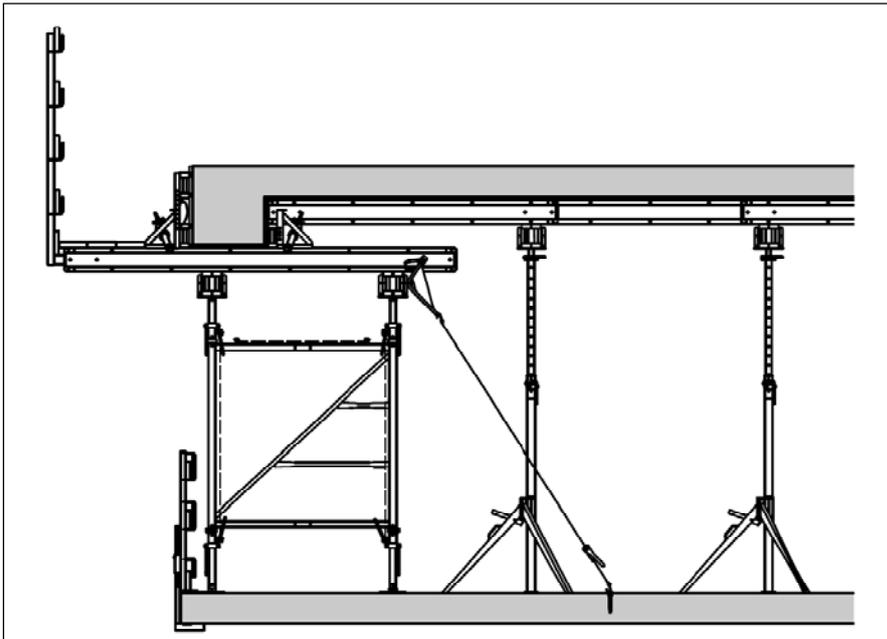


Bild 13.20 Schalung für Randunterzüge⁴⁹⁵

In Bild 13.20 ist das Prinzip einer Schalung für einen Randunterzug dargestellt. Die Balkenzwingen sind an der Innen- und Außenseite gegenüberliegend angeordnet und leiten den Frischbetondruck in die Unterkonstruktion ein. Die Unterkonstruktion besteht aus einem Traggerüst und darüber angeordneten Quer- und Längsträgern. Hinsichtlich der erforderlichen Abspannungen sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen.⁴⁹⁶

Eine weitere Möglichkeit Randunterzüge bzw. Randüberzüge herzustellen ist nachstehend dargestellt und beschrieben.

⁴⁹⁵ [Hofst.]; 143.

⁴⁹⁶ [Hofst.]; 143.

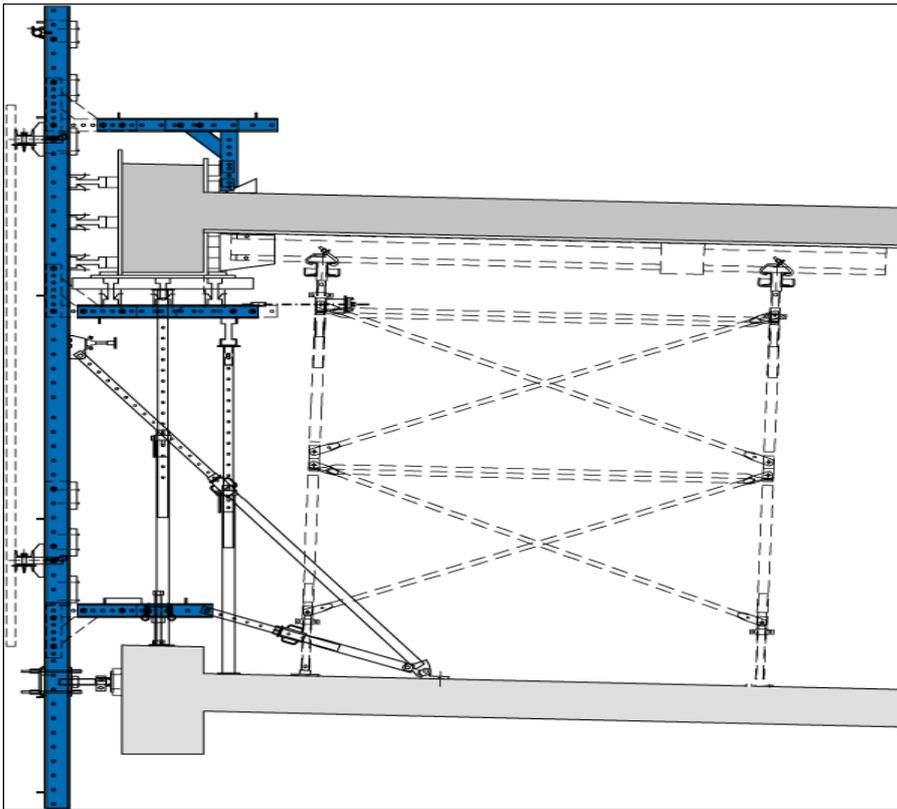


Bild 13.21 Randunterzüge ohne Gerüst⁴⁹⁷

Bild 13.21 zeigt die Fassadenschalung eines bekannten Schalungsherstellers. Diese wird mit dem Kran eingehängt und von innen aus eingestellt und montiert. Dies geschieht ohne zusätzliche Gerüstbaumaßnahmen. Die Schalung für den Unter- und den Überzug ist am Vertikalträger verbolzt, ebenso wie die Abstützung auf der schon fertigen Brüstung. Dabei ist alles bequem von innen zu erreichen und sicher zu bedienen.⁴⁹⁸

◆ Feldunterzüge

Diese werden wie der Name schon sagt im Inneren des Deckenfeldes angeordnet, wobei links und rechts vom Unterzug die Deckenscha-

⁴⁹⁷ vgl. [http://www.doka.com/doka/de_global/whatsnew/formworknews/2000/03/pages/00835/index.php]; am 26.01.2010 um 16⁰⁰ Uhr.

⁴⁹⁸ vgl. [http://www.doka.com/doka/de_global/whatsnew/formworknews/2000/03/pages/00835/index.php]; am 26.01.2010 um 16⁰⁰ Uhr.

lung anschließt. Die Unterzugsschalung wird dabei an die Deckenschalung angepasst oder umgekehrt.

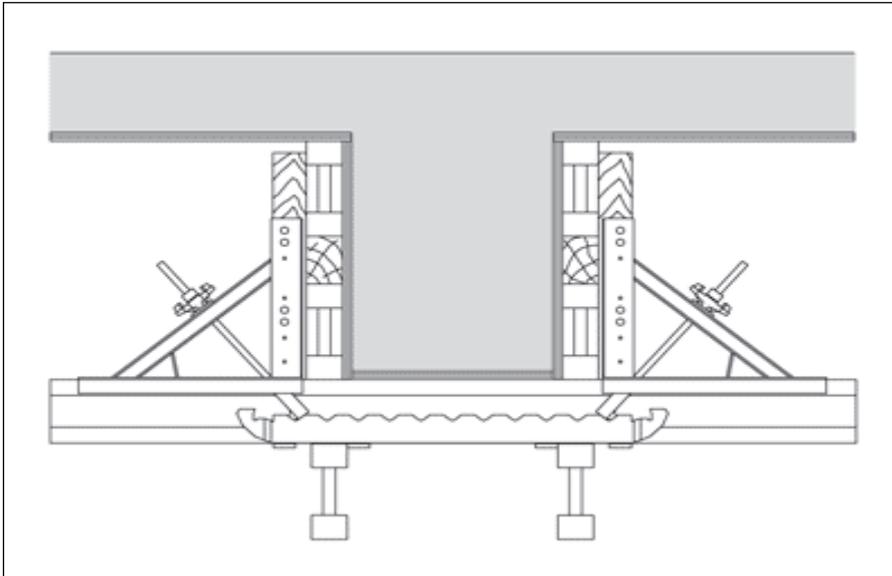


Bild 13.22 Schalung für Feldunterzüge⁴⁹⁹

Bild 13.22 zeigt ein Feldunterzugsystem mit einem sogenannten Unterzugbock. Damit können auch größere Unterzugsabmessungen bis 80 cm Höhe geschalt werden. Dabei werden keine Schalungsanker benötigt. Auch breitere Unterzüge können mit gekoppelten Lochschielen geschalt werden.⁵⁰⁰

Die Anordnung der Unterzugböcke und die Einsatzgrenzen sind den Herstellerangaben zu entnehmen. Je nach Schalungshersteller gibt es unterschiedliche Feldunterzugsysteme, welche in den Produktinformationen des jeweiligen Anbieters zu finden sind. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das in Bild 13.22 dargestellte Beispiel einer Schalung für Feldunterzüge nur als Prinzip dieses Systems dienen soll. Unterschiede im Aufbau des Systems sind je nach Schalungshersteller gegeben.

⁴⁹⁹[\[http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/227/app_id/4.cfm\]](http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/227/app_id/4.cfm); am 26.01.2010 um 17¹² Uhr.

⁵⁰⁰ vgl. [\[http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/227/app_id/4.cfm\]](http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/227/app_id/4.cfm); am 26.01.2010 um 17¹² Uhr.

13.2.3 Rahmenschalung für Decken

Diese funktionieren nach dem Baukastenprinzip, ähnlich wie bei Rahmenschalungen für vertikale Bauteile. Dabei werden Rahmen direkt auf Träger oder Stützen gelagert. Zum Unterschied zur Rahmenschalung für Wände wird die Belastung nicht über Anker sondern auf Stützen übertragen. Wie bei den Trägerschalungen wurden auch hier für das Frühausschalen von Schalungselementen, Schalungen mit Absenkmechanismus entwickelt.⁵⁰¹

▪ Rahmenschalung für Decken ohne Fallkopf

Das in Bild 13.23 dargestellte System einer Rahmenschalung für Decken zeigt, dass dieses nur aus Rahmenelementen und Stützen besteht. Die Schalelemente werden im jeweiligen Kreuzungspunkt direkt unterstützt. Bis zu einer Höhe von 3,5 m wird von unten aus- und eingeschalt. Treten größere Höhen (bis 5,70 m) auf können Fahrgerüste eingesetzt werden. Für Passflächenbereiche stehen verschieden Ausgleichselemente zur Auswahl (siehe Bild 13.23). Deckenstärken von bis zu 50 cm sind mit der Großtafel (1,80 m x 1,80 m) möglich. Der Einflussbereich für eine Deckenstütze beträgt $3,24 \text{ m}^2$.⁵⁰²

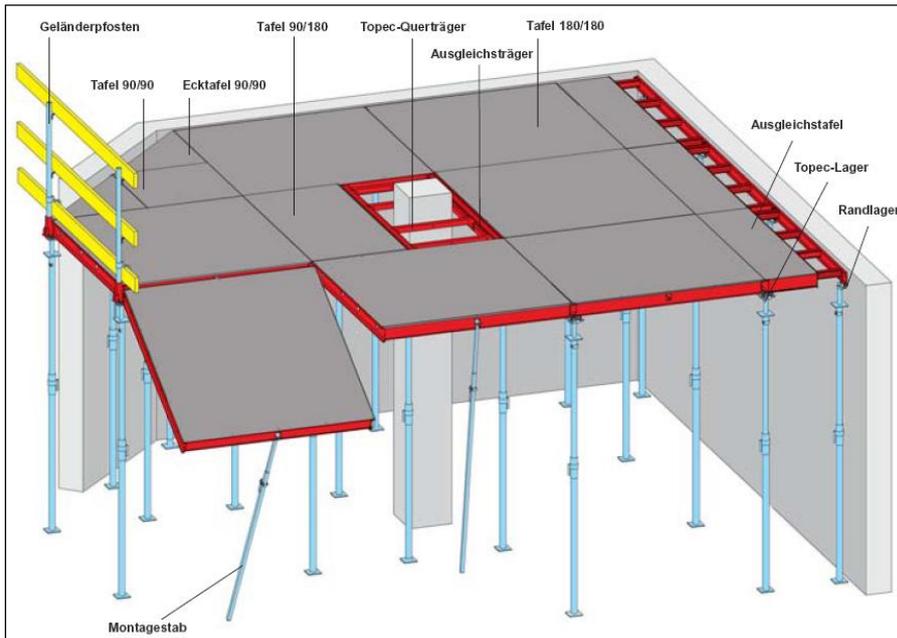
Die Montage einer Tafel erfolgt in nur drei Arbeitsschritten: einhängen, hochschwenken und abstützen. Das Ausschalen vollzieht sich in umgekehrter Reihenfolge. Zeitaufwendige Vorbereitungen sind in keinem Fall erforderlich. Schalzeiten von $0,2 \text{ Std./m}^2$ sind damit möglich.⁵⁰³

Anzumerken ist, dass es auch bei dieser Art von Deckenschalung je nach Schalungshersteller Unterschiede in der Funktion und dem Systemaufbau gibt und die in Bild 13.23 dargestellte Rahmenschalung ohne Fallkopf, nur eine von mehreren Methoden bezogen auf den Hersteller zeigt.

⁵⁰¹ vgl. [Hofst.]; 145.

⁵⁰² vgl. [Hofst.]; 145f.

⁵⁰³ [<http://www.harsco-i.at/Produkte/Schalungen/Deckenschalungen/TOPEC>] am 27.01.2010 um 15⁵⁰Uhr.

Bild 13.23 Rahmenschalung für Decken⁵⁰⁴

▪ Rahmenschalung für Decken mit Fallkopf

Durch die Entwicklung von Rahmenschalungen mit Fallkopf, wurde das Frühausschalen der Rahmenelemente und der Längsträger ermöglicht. Dadurch ergibt sich eine Reduzierung der Vorhaltemenge. Bild 13.24 zeigt eine Rahmenschalung für Decken mit Fallkopfsystem eines bekannten Schalungsherstellers. Das abgebildete System ist für Deckenstärken bis 95 cm geeignet und besteht aus Fallkopf, stützen-sparenden Längsträger und Paneel. Weiters wird noch Zubehör für Ausgleichsbereiche und Sicherheitstechnik angeboten. Die klar definierte Montagefolge macht das Baustellenteam schnell mit der Sache vertraut. Der Fallkopf erlaubt das Frühausschalen, Paneele und Träger werden dabei um 60 mm abgesenkt und können so bereits nach einem Tag ausgeschalt werden. Träger und Rahmenelemente können nach dem Ausschalen für weitere Einsätze verwendet werden. Nur die Abdeckleisten und die Fallköpfe bleiben stehen (Anzahl je nach statischer Erfordernis). Beim Ausschalvorgang ist es wichtig die Ausschalreihenfolge laut Herstellerangaben einzuhalten. Dadurch können Betoniertakte schnell ausgeführt und die Vorhaltemenge reduziert werden. Durch die geringen Einzelgewichte und die ergonomische Handhabung kann leicht und ermüdungsfrei geschalt werden.

⁵⁰⁴ [<http://www.harsco-i.at/Produkte/Schalungen/Deckenschalungen/TOPEC>]; am 27.01.2010 um 15¹⁷ Uhr.

Kein Teil dieses Systems wiegt dabei mehr als 15 kg. Durch den bereits erwähnten stützensparenden Längsträger, sind weniger Deckenstützen erforderlich. Dies bedeutet, dass nur 0,29 Deckenstützen/m² auftreten und somit eine Zeitersparnis, mehr Freiraum beim Schalen als auch für den Quertransport von Schalmaterial gegeben sind.



Bild 13.24 Rahmenschalung mit Fallkopf⁵⁰⁵

Bild 13.25 zeigt, dass mit dem Längsträger nur eine Stütze auf 3,45 m² Deckenfläche benötigt wird. Dies gilt bis zu einer Deckenstärke von 40 cm. Das ermöglicht den Quertransport von Schalmaterial oder das Lagern von Baustoffen.⁵⁰⁶

Mit der dazugehörigen Bühne werden bei diesem Schalsystem die systematische Montagefolge und die hohe Sicherheit des Standardfeldes auch am Deckenrand erreicht. Diese dient als Arbeits- und Schutzgerüst und spart die Montage einer zusätzlichen Fangbühne oder eines Auffangnetzes. Die Bühne wird einsatzfähig auf die Baustelle geliefert und die Bühnenbreite von 1,30 m bietet ausreichend

⁵⁰⁵ [http://www.peri.de/www/de/produkte.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/44/currentimage/1/productcategory_ID/11/app_id/4.cfm] am 28.01.2010 um 10⁰⁰ Uhr.

⁵⁰⁶ vgl. [Peri]; 240.

Platz. Eine Belastung von 150 kg/m^2 ist zulässig. Die Montage der Bühne erfolgt mit der Schalhilfe von einer gesicherten Position (Innenseite des Bauwerks) aus (vgl. Bild 13.26).⁵⁰⁷

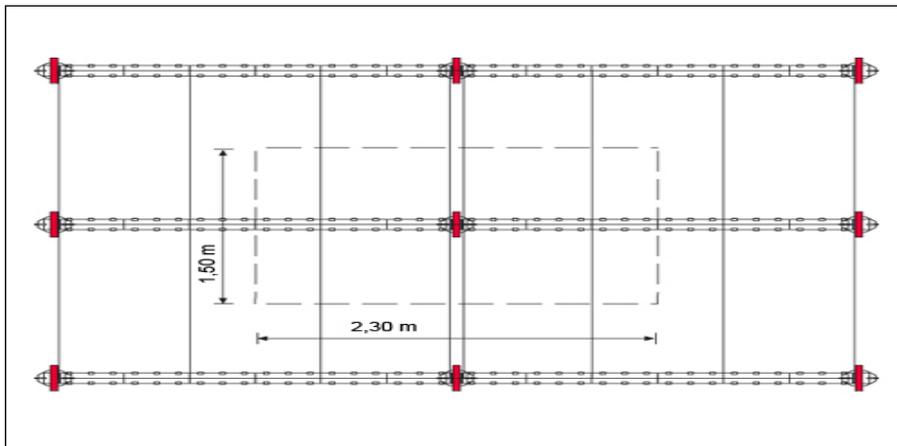


Bild 13.25 Deckenflächenbereich einer einzigen Stütze⁵⁰⁸



Bild 13.26 Bühne – Sicherheit am Deckenrand⁵⁰⁹

⁵⁰⁷ [Peri]; 242.

⁵⁰⁸ [http://www.peri.de/ww/de/aktuelles/skydeck_im_fokus/skydeck_info05.cfm] am 29.01.2010 um 10⁰⁰ Uhr.

⁵⁰⁹ [<http://www.peri.de/ww/de/fachwissen/sicherheit/skydeck.cfm>] am 29.01.2010 um 10²⁵ Uhr.

Aus Tabelle 13.1 lassen sich die Vorteile des in Bild 13.24 dargestellten Systems erkennen.

Tabelle 13.1 Vorteile des in Bild 13.24 dargestellten Deckenschalsystems mit Fallkopf⁵¹⁰

Vorteile - Überblick	
• Frühausschalen:	Durch den Fallkopf ist ein Frühausschalen bereits nach dem ersten Tag möglich (abhängig von der Deckenstärke und der Betonfestigkeit). Die Materialvorhaltung auf der Baustelle wird verringert, denn Längsträger und Paneele sind schnell wieder frei für den nächsten Takt. Die Arbeiten können entflechtet und z.B. Schlecht-Wetter-Zeiten zum Frühausschalen genutzt werden.
• Ermüdungsfreies Arbeiten:	Die einzelnen Bestandteile des Systems sind aus Aluminium. Kein Teil wiegt mehr als 15 kg. Durch diese geringen Einzelgewichte kann leicht und ermüdungsfrei geschalt werden.
• Leichte Reinigung:	Der Reinigungsaufwand wird minimiert, da der Längsträger mit Kunststoffzahnleiste geschützt unter den Paneelen liegt. Damit entfällt die Reinigung der Trägerseiten. Die Teile sind mit Tropfkanten versehen und pulverbeschichtet.
• Weniger Deckenstützen:	Dieses System verfügt über den stützenparenden Längsträger und es werden nur 0,29 Deckenstützen / m ² Deckenfläche benötigt. Weniger deckenstützen bedeuten zeitersparnis und mehr Freiraum beim Schalen sowie für den Quertransport von Schalungsmaterial.

Ein- und Ausschalvorgänge unterscheiden sich geringfügig je nach Hersteller und sind den jeweiligen Produktbeschreibungen zu entnehmen. Produktbeschreibungen zu den unterschiedlichsten Schalsystemen verschiedener Erzeuger können auf den Homepages der jeweiligen Firmen kostenlos angefordert werden. Eine Beschreibung des Ein- und Ausschalvorganges hinsichtlich der in Bild 13.24 dargestellten Rahmenscha-

⁵¹⁰ vgl. [http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/44/app_id/4.cfm] am 29.01.2010 um 12⁰⁰ Uhr.

lung mit Fallkopf, kann der Literatur nach Hofstadler⁵¹¹ entnommen werden.

13.2.4 Trägerrostschalung

Ein weiteres System zur Herstellung von Decken ist die Trägerrostschalung. Diese besteht im wesentlichen aus:⁵¹²

- den Stützen;
- den Trägerrostelementen;
- den Schalungsplatten;
- dem Zubehör.



Bild 13.27 Aufbau einer Trägerrostschalung⁵¹³

Bild 13.27 zeigt den Aufbau einer Trägerrostschalung eines bekannten Schalungsherstellers. Dabei werden auf Deckenstützen die speziellen Köpfe für die Trägerrostelemente montiert wobei ein Trägerrostelement von vier Stützen gehalten wird. Längen- und Breitenausgleiche werden

⁵¹¹ [Hofst.]; 148f.

⁵¹² vgl. [Hofst.]; 150.

⁵¹³ [http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/210/imgpath/peri_gridflex02.jpg/app_id/4.cfm]; am 01.02.2010 um 15⁰⁰ Uhr.

mit verschiedenartigen Systemelementen ausgeglichen. Übrige Passflächen werden bauseits geschalt.⁵¹⁴

Das in Bild 13.27 dargestellte System ist bis zu einer Deckenstärke von 26 cm einsetzbar. Mit zusätzlichen Feldstützen können Decken mit Stärken von bis zu 67 cm hergestellt werden. In Tabelle 13.2 sind die Vorteile dieses Systems aufgelistet und beschrieben.

Tabelle 13.2 Vorteile der in Bild 13.27 dargestellten Trägerrostschalung⁵¹⁵

Vorteile - Überblick	
• Sicherer Aufbau:	Bei der systematischen Montagefolge werden die Elemente von unten eingehängt und nach oben geschwenkt. Die Fixierung des Systems am Bauwerk über dem Wandhalter erlaubt von Anfang an ein sicheres Arbeiten. Durch den Elementrost entsteht eine begehbare Ebene, dadurch wird das Verlegen der Schalungsplatten einfach sicherer.
• Nur drei Hauptbauteile:	Das Standardfeld wird mit nur drei Systemteilen geschalt: Element, Schalungsplatte und Stütze. Die handlichen Teile und ein Elementgewicht von nur 10 kg/m ² vereinfachen den Schalvorgang.
• Flexibilität:	Für jede Bauwerksform lassen sich einfache und komfortable Passbereiche realisieren. Das Teleskopieren ermöglicht mit den Elementen eine flexible zweidimensionale Anpassung in Längs- und Querrichtung. Die dritte Dimension wird über die Stützen angepaßt. Damit wird dieses System zu einer 3D-Element-Deckenschalung für Deckenstärken bis 67 cm.
• Freie Wahl der Schalungsplatte:	Dieses System ermöglicht eine flexible Wahl der Schalungsplatten je nach Anforderung und Kundenwunsch.

⁵¹⁴ vgl. [Hofst.]; 150.

⁵¹⁵ [http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/210/app_id/4.cfm] am 01.02.2010 um 15¹⁵ Uhr.

13.2.5 Deckentische

Neben den bisher vorgestellten Deckenschalungen welche von Hand ein- und ausgeschalt werden können, gibt es für die Decken Großflächenschalungen. Dabei handelt es sich um die sogenannten Deckentische, mit denen eine größere Deckenfläche auf einmal eingeschalt, ausgeschalt und umgesetzt werden kann. Das Umsetzen der Deckentische erfolgt horizontal mit einem Umsetzwagen und vertikal mittels Kran oder einem Tischhubsystem. Bei Verwendung eines Tischhubsystems wird für das vertikale Umsetzen kein Kran benötigt.⁵¹⁶

▪ Allgemeines

Je nach Schalungshersteller gibt es beim System Deckentisch geringfügige Unterschiede (Tischgröße bzw. -fläche). Das Prinzip bleibt dabei jedoch immer dasselbe.



Bild 13.28 Horizontales Umsetzen eines Deckentisches⁵¹⁷

⁵¹⁶ vgl. [Hofst.]; 151.

⁵¹⁷ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/matic/pages/04666/index.php]; am 02.02.2010 um 11⁰⁰ Uhr.

Bild 13.28 zeigt das horizontale Umsetzen eines Deckentisches eines bekannten Schalungsherstellers. Es ist zu erkennen, dass der Deckentisch aus Elementen der Trägerschalung zusammengesetzt ist.

Das in Bild 13.28 abgebildete System sorgt durch seinen einfachen und praxisgerechten Aufbau und die hohe Geschwindigkeit beim Umsetzen und Anpassen, für eine wirtschaftliche Abwicklung großflächiger Deckenbaustellen.⁵¹⁸

Es gibt zwei Möglichkeiten wie Deckentische auf die Baustelle angeliefert werden:⁵¹⁹

- ◆ bereits fertig montiert;
- ◆ sie werden bauseits zusammengebaut.

Die fertigen Elemente haben den Vorteil, dass der ständige Auf- und Abbau der Schalung entfällt. Durch dieses System wird der Bauablauf beschleunigt und die Schalzeiten reduziert. Man muss jedoch darauf achten, dass die baubetrieblichen und bauwerksbedingten Randbedingungen für den Einsatz von Deckentischen erfüllt sind. Nur so kann von einem wirtschaftlichen Tischeinsatz ausgegangen werden. Welche Randbedingungen beim Einsatz von Deckentischen unbedingt beachtet werden müssen, sind in der nachstehenden Auflistung beschrieben.⁵²⁰

- ◆ **Ausfahrmöglichkeit für die Tische**
Ist diese seitens der Bauwerksgeometrie nicht gegeben, muss beispielsweise eine temporäre Aussparung in der Decke vorgesehen werden.
- ◆ **geringe Passflächenbereiche**
Der Anteil der Passflächen darf nicht zu groß sein, da sich sonst der Einsatz dieses Systems nicht bezahlt macht.
- ◆ **geeignete Umsetzgeräte**
Der Horizontaltransport erfolgt mit sogenannten Umsetzwagen und der Vertikaltransport entweder mittels Kran oder durch ein spezielles Tischhubsystem.
- ◆ **wenig wechselnde Geometrien und Belastungen**
Treten häufig wechselnde Geometrien auf, ist der Einsatz von Deckentischen unwirtschaftlich.

⁵¹⁸ vgl. [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/matic/index.php]; am 02.02.2010 um 11⁰⁰ Uhr.

⁵¹⁹ vgl. [Hofst.]; 151.

⁵²⁰ [Hofst.]; 151f.

- ◆ **wenig unterschiedliche Tischgrößen und Tischformen**
- ◆ **wirtschaftliche Montage vor Ort oder überschaubare Transportkosten**

Die Tische könne fertig montiert (inkl. Schalungshaut und Zubehörteilen) in den jeweiligen Standardabmessungen von Schalungsherstellern oder auf der Baustelle aus den Einzelteilen zusammengebaut werden. Es ist dabei zu prüfen welche der beiden Möglichkeiten wirtschaftlicher ist.

- ◆ **mögliche Anzahl an Einsätzen auf einer Ebene etc.**

Auch bei geringeren Einsatzzahlen können Deckentische wirtschaftlich sein, nämlich genau dann, wenn sie für größere Geschosshöhen oder größere Deckenstärken eingesetzt werden.⁵²¹

Die Unterkonstruktion besteht bei Deckentischen entweder aus Holzträgern, Stahlträgern oder aus einer Kombination der beiden. Die auftretenden Lasten werden dabei vom Trägerrost in die Stützen oder ein Gerüst eingeleitet.⁵²²

Je nach Schalungshersteller werden unterschiedliche Tischlängen und –breiten angeboten. Die entsprechenden Maße sind den jeweiligen Herstellerinformationen, welche bei den einzelnen Firmen angefordert werden können, zu entnehmen.

▪ **Deckentische – Aufbau aus Elementen der Trägerschalung**

Der Tischrost wird mit Vollwand- oder Gitterträgern (je nach Hersteller) hergestellt. Als Längsträger können auch Stahlprofile verwendet werden (vgl. Bild 13.29). Die Schalungshaut wird auf den Querträgern befestigt, wobei sich ihre Art nach den Anforderungen an die Betonoberfläche richtet. Werden keine besonderen Anforderungen an das Aussehen der Betonoberfläche gestellt, liegt die Auswahl dem Auftragnehmer zu Grunde. Die Schalungshautauswahl wird so gewählt, dass damit hohe Einsatzzahlen erzielbar sind und die m²-Kosten bis auf ein Minimum sinken. An den Trägerrost werden bauseits oder werkseitig die notwendigen Tischköpfe montiert, wobei die Stützen je nach Ausführung starr oder klappbar an die Köpfe angeschlossen werden.⁵²³

⁵²¹ vgl. [Hofst.]; 152.

⁵²² vgl. [Hofst.]; 152.

⁵²³ vgl. [Hofst.]; 152.



Bild 13.29 Deckentisch mit Längsträgern aus Stahlprofilen⁵²⁴

Ist der Tischkopf starr ausgebildet, so ist dieser über Stahlprofile und Schraubverbindungen an den Schalungsträgern befestigt und die Schalungsstütze wird von unten nach oben in den Kopf eingefädelt und mit einem Keil gesichert. Der Nachteil dabei ist, wenn beim vertikalen Umsetzen in das nächste Geschoss, Brüstungen oder Unterzüge auftreten welche die Tische mit angeschlossenen Stützen behindern, dann müssen die Stützen von den Tischen entfernt werden. Dieser Vorgang ist zwar nicht sehr aufwendig, kann jedoch wertvolle Zeit kosten. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, wurden von den Schalungsherstellern Tischköpfe mit Klappeinrichtungen entwickelt. Jeder Schalungshersteller setzt dabei auf sein eigenes entwickeltes System. Bild 13.30 zeigt einen klappbaren Tischkopf eines bekannten Schalungsherstellers.

⁵²⁴ [http://www.doka.com/doka/de_global/products/floor/matic/index.php] am 03.02.2010 um 14⁰⁰ Uhr.

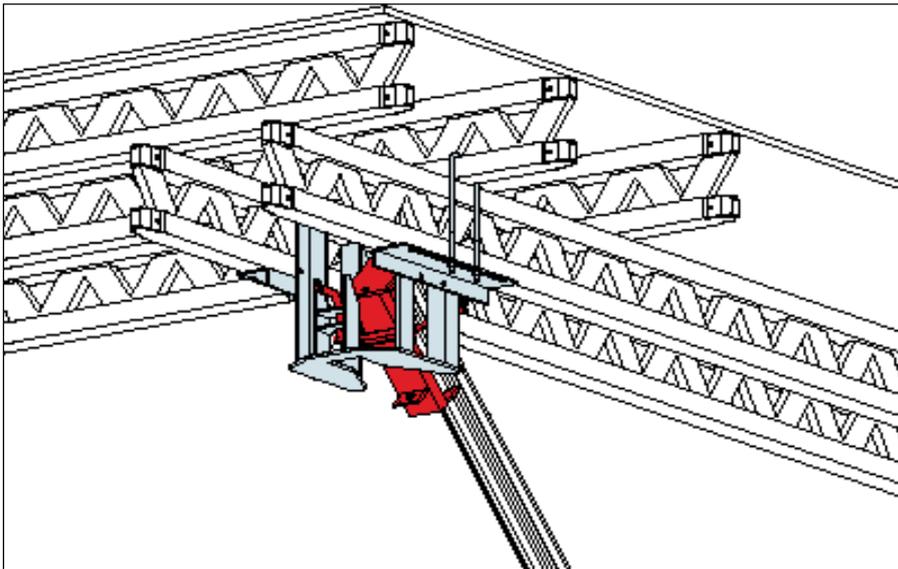


Bild 13.30 Klappbarer Tischkopf⁵²⁵

Hofstadler⁵²⁶ beschreibt, dass sobald die Tische vom Kran oder Umsetzwagen aufgenommen wurden, die Stützen eingeklappt und Hindernisse wie Brüstungen, Unterzüge etc. überwunden werden können. Sonderanfertigungen von Deckentischen sind ebenfalls möglich, jedoch ist darauf zu achten, dass die Abstände der Längs- und Quertträger je nach Herstellerangaben eingehalten werden, um eine einwandfreie Lastableitung zu gewährleisten.

13.2.6 Sonderform der Deckenschalung – Schubladenschalung

Nach Brecheler⁵²⁷ kommt für Hochbauten mit gleichem Raster der Innenwände oder bei sehr hohen Decken (z.B. Hochregallager) als Alternative zu Deckenschaltischen die Schubladenschalung in Frage. Dabei sind Schaltische und Unterkonstruktion getrennt. Der Schaltisch wird auf Rollen, die sich auf der Unterkonstruktion befinden in das jeweilige Deckenfeld eingeschoben. Folgende Varianten kommen dabei zum Einsatz:

⁵²⁵ [http://www.peri.de/ww/de/produkte.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/48/currentimage/4/productcategory_ID/11/app_id/4.cfm] am 03.02.2010 um 14³⁰ Uhr.

⁵²⁶ vgl. [Hofst.];

⁵²⁷ vgl. [Brech.]; 362f.

- Wandkonsolen mit spindelbaren Rollenträgern:
Dabei bleibt die darunterliegende Decke belastungsfrei und steht außerdem als Arbeitsraum für Folgearbeiten sofort zur Verfügung.
- Randstützen:
Diese werden an der Wand verankert und besitzen absenk- und abnehmbare Stützenköpfe mit Rollen.

Die Aufwandswerte (Ein- und Ausschalen) für Schubladenschalungen können mit 0,35 bis 0,60 Std/m² (ohne Erstmontage) angenommen werden. Schubladenschalungen sind kranabhängige Schalungen.

13.2.7 Raumschalung

Raum- oder Tunnelschalungen ermöglichen laut Brecheler⁵²⁸ die gleichzeitige Herstellung von Wänden und Decken mit einem Schalungssystem. Sie werden jedoch im Hochbau selten eingesetzt und finden ihre Anwendung eher in den Bereichen des Tiefbaus. Aufgrund des hohen Erstmontageaufwands kommt ihr Einsatz in der Regel nur bei großen Einsatzzahlen in Betracht. Beim Ausschalen wird die Raumschalung über ein Ausschalspiel in der Deckenschalung und durch das Abspindeln der Wände gelöst. Bei wechselnden Raumbreiten werden zwei Halbtunnel eingeschalt und die Deckenschalung in der Mitte ergänzt. Diese Passstücke eignen sich auch sehr gut für die Anbringung einer Hilfsunterstützung und damit zur Verkürzung der Ausschalfrist der Decke, die ansonsten bei weiter gespannten Bauteilen deutlich über der Ausschalfrist der gleichzeitig betonierten Wandteile liegen würde (ungünstige Vorhaltezeit der Wandschalungselemente).

13.2.8 Fertigteile – Decken

In der Literatur von Hofstadler⁵²⁹ ist beschrieben, dass Fertigteile für Decken entweder als verlorene Schalung oder als reine Fertigteile eingesetzt werden. Vorgespannte Fertigteile werden für Decken mit großen Spannweiten verwendet. Bei den Fertigteilen unterscheidet man:

- die schlaff bewehrten Elementdecken;
- die Spannbetonhohldielen;

⁵²⁸ vgl. [Brech.]; 366.

⁵²⁹ vgl. [Hofst.]; 155.

- die vorgespannten Elementdecken;
- die vorgespannte Rippendecken;
- die TT-Elemente;
- die Fertigdachelemente.

Je nach Art des Fertigteils, wird bauseits eine oder keine Unterstellung benötigt. Bei schlaff bewehrten Elementdecken wird bauseits eine Unterstellung angeordnet werden müssen, da sie ohne den bauseitigen Ortbeton noch keine ausreichende Tragfähigkeit für den Gebrauchszustand erreicht haben. Hingegen kann bei Fertigteilen wie z.B. vorgespannten Elementdecken auf eine Unterstellung verzichtet werden, da sie bereits eine ausreichende Tragfähigkeit bis zur vollständigen Montage besitzen.

Pech⁵³⁰ beschreibt im Kapitel „Massivdecken“ seiner Literatur, dass in diesem Zusammenhang folgende Klassifizierungsmöglichkeit einerseits hinsichtlich der konstruktiven Ausbildung, d.h. dem Tragverhalten (Platten, Träger etc.) und andererseits nach der Belastbarkeit der Konstruktion besteht:

- **Ortbetondecken**
Werden auf der Baustelle hergestellt, das Betonieren erfolgt auf Schalungen, welche durch Unterstellungen gestützt sind.
- **Teilmontagedecken**
Diese bestehen aus balken- oder plattenartigen Fertigteilen und werden erforderlichenfalls in Abständen unterstützt und mit Ortbeton ergänzt. Beispielsweise sind hier die im Ein- und Mehrfamilienhausbau angewendeten Fertigteil-Rippendecken oder die Großflächen-Plattendecken zu nennen.
- **Vollmontagedecken**
Das sind sofort nach dem Verlegen der Fertigteile belastbare Decken, deren Elementgröße von Produktions-, Transport- und Montagemöglichkeiten bestimmt wird. Häufigster Vertreter sind dabei die Hohldecken, welche üblicherweise vorgespannt hergestellt werden.

Spannbetonhohldecken werden bis zu 50 cm Dicke und einer Breite von 120 cm hergestellt. Die Decken bestehen jedoch nicht vollständig aus Beton sondern auch aus Hohlräumen, welche zu einer Gewichtsreduktion beitragen. Durch die Vorspannung sind Spannweiten von bis zu 22 m möglich.

⁵³⁰ vgl. [Pech]; 15.

14 Einsatz des differenzierten Verfahrensvergleichs in der Praxis

In Kapitel 10 wurden die einzelnen Methoden des differenzierten Verfahrensvergleichs vorgestellt und beschrieben. Dabei ist unter anderem auch auf den differenzierten Verfahrensvergleich OPTIMAT und seine in diesem Zusammenhang stehende Methode der Entscheidungsmatrix eingegangen worden. Nachstehend wird nun die Anwendung der Entscheidungsmatrix an einem ausgewählten Bauprojekt aus der Praxis vorgestellt. Dabei wurden verschiedene Deckenschalsysteme unterschiedlicher Anbieter miteinander verglichen. Alle dafür erforderlichen Daten wurden von den verantwortlichen Baufirmen zur Verfügung gestellt und anonymisiert.

14.1 Projektbeschreibung

In diesem Kapitel wird ein Bauprojekt beschrieben und vorgestellt, bei dem unterschiedliche Kriterien verschiedener Deckenschalsysteme mit Hilfe der Entscheidungsmatrix OPTIMAT bewertet wurden. Das Ergebnis ist eine Rangfolge der einzelnen in der Matrix vorkommenden Verfahren. Das Bauverfahren, welches dabei die höchste Endpunkteanzahl erreicht hat, ist jenes welches sich aus dem Vergleich als das optimalste herauskristallisiert hat. Anzumerken ist, dass die für die Matrix ausgewählten Kriterien, sich aus dem Bauvertrag bzw. den Ausschreibungsunterlagen ergeben haben und die Bewertung der einzelnen Teilkriterien vom Wissensstand des Bearbeiters abhängig ist. Dies bedeutet, dass es durchaus möglich ist, dass ein Projekt bei dem ein Verfahrensvergleich mit Hilfe der Entscheidungsmatrix, welcher von verschiedenen Personen (Experten) durchgeführt wird, zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann.

14.1.1 Projekt Justizanstalt Korneuburg

▪ Eckdaten

- ♦ Projekt: Justizanstalt
- ♦ Geschossanzahl: 7
- ♦ Geschosshöhe: variabel, von 3 m bis 8 m
- ♦ Gesamtdeckenfläche: rund 17.000 m² (gilt für die Justizanstalt)
- ♦ Herstellungsweise: Ortbeton
- ♦ Betonierabschnittsgröße: 400 m²

- ♦ Anzahl der Betonierabschnitte: Diese ist von Geschoss zu Geschoss unterschiedlich, da sich die Größe der Grundrisse verändert.
- **Pläne**
Bild 14.1 stellt den Erdgeschoss-Grundriss der Justizanstalt dar. Daraus ist ersichtlich, dass es sich um eine einfache Grundrissform hinsichtlich der zu vergleichenden Deckenschalverfahren handelt.

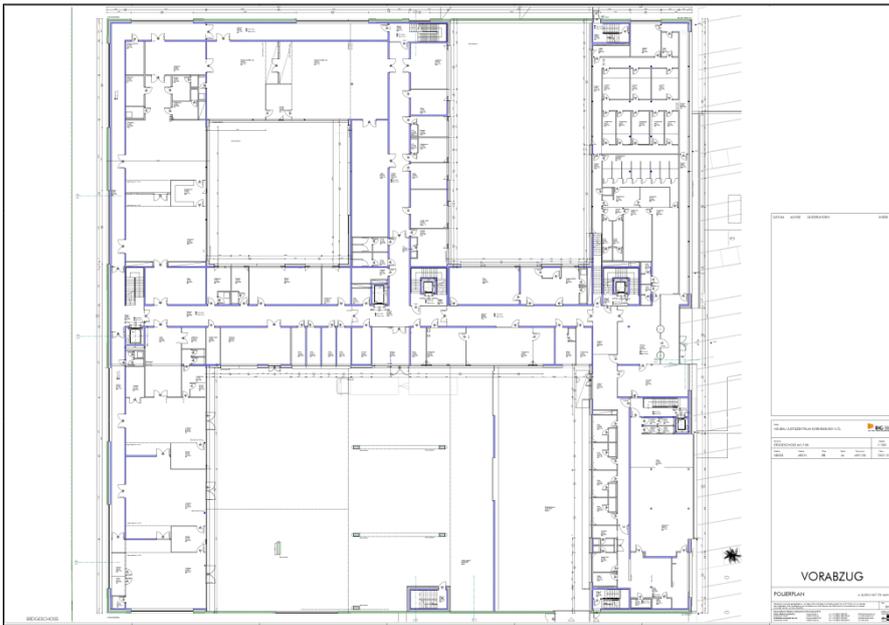


Bild 14.1 Erdgeschoss Grundriss – Justizanstalt⁵³¹

In den Bildern 14.2 und 14.3 sind die beiden Teile des Schnittes der Justizanstalt dargestellt. Es ist zu erkennen, dass in den einzelnen Geschossen verschiedene Raumhöhen auftreten.

⁵³¹ [Plan zur Verfügung gestellt von der Firma Kostmann].

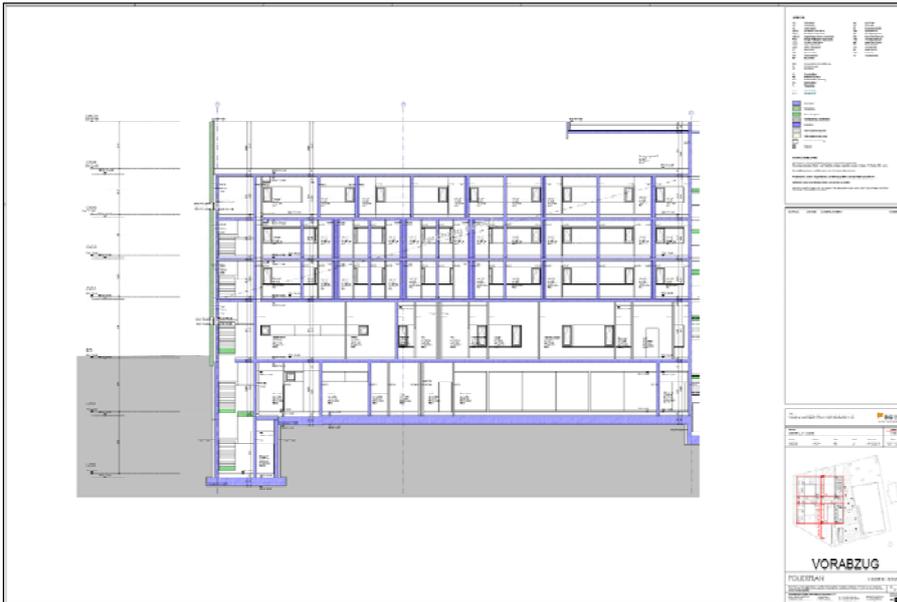


Bild 14.2 Schnitt Justizanstalt – Teil 1⁵³²

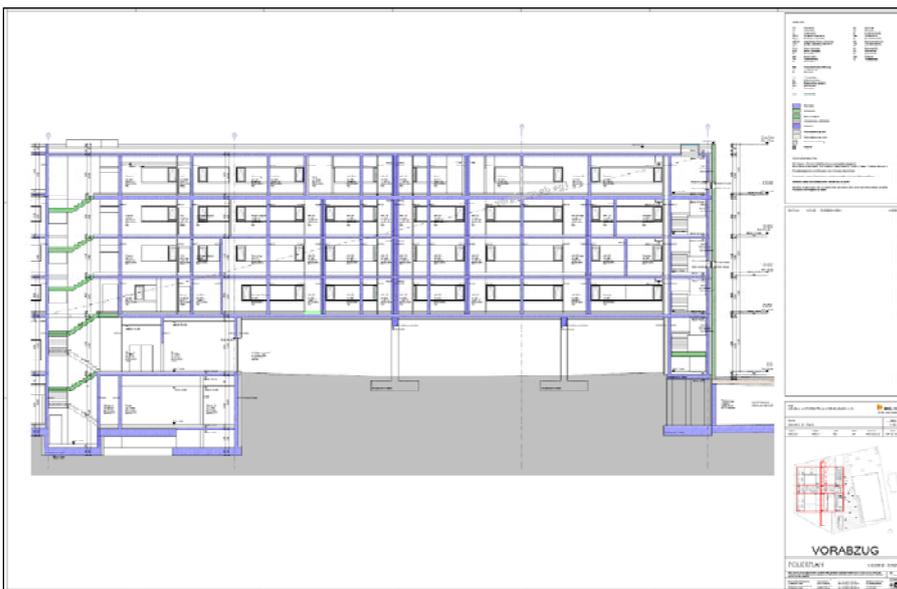


Bild 14.3 Schnitt Justizanstalt – Teil 2⁵³³

⁵³² [Plan zur Verfügung gestellt von der Firma Kostmann].

⁵³³ [Plan zur Verfügung gestellt von der Firma Kostmann].

▪ **Allgemeine Beschreibung der Justizanstalt**

Die Justizanstalt besteht aus 7 Geschossen, welche folgendermaßen bezeichnet werden:

- ♦ 2.UG (Zweites Untergeschoss);
- ♦ 1.UG (Erstes Untergeschoss);
- ♦ EG (Erdgeschoss);
- ♦ 1.OG (Erstes Obergeschoss);
- ♦ 2.OG (Zweites Obergeschoss);
- ♦ 3.OG (Drittes Obergeschoss);
- ♦ 4.OG (Viertes Obergeschoss).

In Summe bedeutet dies eine Gesamtdeckenfläche von rund 17.000 m² für die Justizanstalt. Alle Decken, Wände, Unterzüge und Pfeiler werden in Ortbetonbauweise hergestellt. Die Dicke der Decken ist laut technischen Unterlagen unterschiedlich und reicht von 20 cm bis 40 cm. Der Zeitraum für das Herstellen der Decken ist aufgrund der verschiedenen Grundrissgrößen der einzelnen Geschosse unterschiedlich. Aus dem Bauzeitplan ergibt sich folgender Zeitaufwand, für das Herstellen der Decken:

- ♦ 2.UG 5 Tage
- ♦ 1.UG 30 Tage
- ♦ EG 25 Tage
- ♦ 1.OG 25 Tage
- ♦ 2.OG 15 Tage
- ♦ 3.OG 15 Tage
- ♦ 4.OG 10 Tage

In Summe ergibt das einen Gesamtzeitaufwand von 125 Tagen für das Herstellen der Decken. Es sei angemerkt, dass sich das Herstellen der Decken auf die Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren bezieht.

Zu erwähnen ist, dass bevor mit der Bearbeitung dieses Projektes begonnen werden konnte, eine Besprechung mit dem technischen Leiter einer bekannten Bauunternehmung stattgefunden hat. Die für die Beurteilung der zu vergleichenden Deckenschalensysteme notwendigen Unterlagen (Pläne, Leistungsverzeichnis der Beton- und Stahlbetonarbeiten etc.), wurden dabei seitens der Baufirma zur Verfügung gestellt. Auch die Frage welche verschiedenen Systeme von Deckenschalungen dabei anhand der Entscheidungsmatrix OPTIMAT verglichen werden sollen, wurde diskutiert. Auf Wunsch des techni-

schen Leiters der bauausführenden Unternehmung dieses Bauvorhabens, hat man sich dabei auf drei verschiedene Deckenschalverfahren geeinigt, welche auch betriebsintern in die engere Auswahl gekommen sind. Ziel dabei ist es, zu sehen ob ein Vergleich der Schalverfahren für horizontale Bauteile anhand der Entscheidungsmatrix, dasselbe Ergebnis hervorbringt wie die firmeninterne Bestimmung des eingesetzten Deckenschalsystems. Welche Schalverfahren für den Vergleich des Projektes Justizanstalt Korneuburg ausgewählt wurden, ist im Folgenden beschrieben. Die jeweiligen Mietkosten der zu vergleichenden Deckenschalssysteme sowie das Leistungsverzeichnis der Beton- und Stahlbetonarbeiten, werden aus Datenschutzgründen nicht angegeben bzw. dargestellt.

14.2 Zu vergleichende Verfahren

▪ Verfahren A

Deckenschaltisch mit automatischen Tischumsatzgeräten für das horizontale Umsetzen. Für das vertikale Umsetzen werden die zur Verfügung stehenden Krane verwendet.

♦ Schalhaut

Dreischichtige Betonschalungsplatte aus Fichte deren Oberfläche aus Harnstoff-Melaminharzleim besteht. Die Verleimung ist koch- und wetterfest und die Kante ist mit einer Imprägnieremulsion versehen. Die Stärke der Platte beträgt 21 mm.

♦ Tischgrößen

Es werden Tische der Größe 2,0 x 4,0 m, 2,5 x 4,0 m, 2,0 x 5,0 m und 2,5 x 5,00 m verwendet.

▪ Verfahren B

Trägerschalung bei der das Umsetzen mittels den zur Verfügung stehenden Kranen erfolgt.

♦ Schalhaut

Dreischichtige Betonschalungsplatte aus Fichte deren Oberfläche aus Harnstoff-Melaminharzleim besteht. Die Verleimung ist koch- und wetterfest und die Kante ist mit einer Imprägnieremulsion versehen. Die Stärke der Platte beträgt 21 mm.

▪ Verfahren C

Modul- bzw. Elementschalung welche mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Krane umgesetzt werden kann.

♦ Schalhaut

3-Schichtplatte mit gelber Melaminharzbeschichtung, bei der die Kanten ringsum versiegelt sind. Aufgebaut mit 3 x 7 mm kreuzweise verleimten Fichtenlagen.

- ◆ Elementgrößen
Es werden Elemente der Größe 150 x 50 cm und 150 x 75 cm eingesetzt.

Anzumerken ist auch, dass bei Verfahren B aufgrund der Flexibilität, der Anteil der Passflächenbereiche im Gegensatz zu den beiden anderen Systemen kleiner ist. Dies ist jedoch wegen der höheren Anzahl der Einzelteile mit einem höheren Reparaturanteil verbunden. Bei Verfahren A hingegen, sind der An- und Abtransport sowie die Lagerung aufgrund der Größe des Systems aufwendiger. Um herauszufinden welches der drei Verfahren das optimalste für das Projekt Justizanstalt Korneuburg ist, wurde ein Verfahrensvergleich anhand der Entscheidungsmatrix OPTIMAT durchgeführt. Die Vorgehensweise und das Ergebnis dieses Schalungsvergleiches werden nachstehend angeführt.

14.3 Vorgehensweise und Ergebnis des Vergleichs

Wie der differenzierte Verfahrensvergleich nach Hofstadler und die darin enthaltene Vergleichsmethode der Entscheidungsmatrix OPTIMAT funktioniert, wurde bereits in Kapitel 10.3 vorgestellt. In diesem Kapitel wird kurz auf die Vorgehensweise eingegangen und das Ergebnis dargestellt. Die wichtigsten Eckdaten zum Projekt selbst, wurden in Kapitel 14.1.1 erläutert. Der grobe Ablauf zur Durchführung des Schalungsvergleiches setzt sich aus folgenden Schritten zusammen.

- **Schritt 1**
Im ersten Gespräch wurden dem technischen Leiter einer bekannten Bauunternehmung das Ziel und die Funktionsweise der Matrix vorgestellt. Dabei wurden Pläne und sonstige für den Vergleich wichtige Unterlagen von der Baufirma zur Verfügung gestellt.
- **Schritt 2**
Anhand der Dokumentationen (Leistungsverzeichnis, Pläne etc.) erfolgte die Einteilung der Kriterien in der Entscheidungsmatrix und wurden nach Hofstadler⁵³⁴ in zwei Kriterienhauptgruppen gesplittet, nämlich in:
 - ◆ Ausscheidungskriterien;
 - ◆ Baubetriebliche und Bauwirtschaftliche Kriterien.

⁵³⁴ [Hofst.]; 349ff.

Zu den Ausscheidungskriterien zählen weiters Ästhetische-, Bauwerksspezifische-, Sicherheitstechnische-, Technische- und Umwelt- bzw. Umfeldspezifische Kriterien.

▪ Schritt 3

Für diese zwei Hauptgruppen der Kriterien wurden anhand der technischen Unterlagen und den darin enthaltenen Anforderungen an das Bauprojekt, die jeweiligen Teilkriterien formuliert. Zudem wurde jedem ausgewähltem Teilkriterium eine Auswahlbegründung zugeordnet um eine gute Übersicht zu gewährleisten. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Auswahlgründe in der dargestellten Ergebnismatrix (vgl. Bild 14.8 und Bild 14.9) nicht sichtbar sind, da diese in einer im Hintergrund arbeitenden Eingabemaske des Programmes versteckt sind und nicht angezeigt werden.

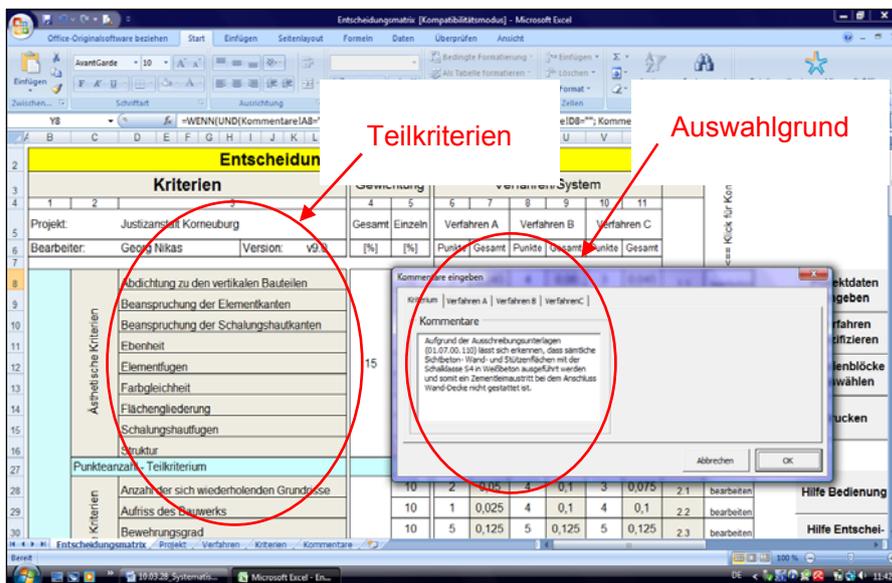


Bild 14.4 Ausschnitt der Entscheidungsmatrix OPTIMAT - Darstellung einzelner Teilkriterien und deren Auswahlbegründung

▪ Schritt 4

Danach erfolgten die Gewichtung der beiden Kriterienhauptgruppen und jene der dazugehörigen Teilkriterien (vgl. 14.5).

Gesamt- bzw. Einzelgewichtung der ausgewählten Kriterien

Entscheidungsmatrix OPTIMAT		Gewichtung		Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C		
		Gesamt	Einzel	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	einzel
		[%]	[%]							
Projekt: Justizanstalt Korneuburg										
Bearbeiter: Georg Nikas										
Version: v9.0										
Ästhetische Kriterien	Abdichtung zu den vertikalen Bauteilen	10	5	0,045	4	0,06	3	0,045	1,1	bearbeiten
	Beanspruchung der Elementkanten	10	2	0,03	2	0,03	4	0,06	1,2	bearbeiten
	Beanspruchung der Schalungshautkanten	10	3	0,045	2	0,03	4	0,06	1,3	bearbeiten
	Ebenheit	15	4	0,09	3	0,068	5	0,113	1,4	bearbeiten
	Elementfugen	15	5	0,068	4	0,09	5	0,113	1,5	bearbeiten
	Farbgleichheit	10	5	0,045	4	0,06	4	0,06	1,6	bearbeiten
	Flächengliederung	10	5	0,045	4	0,06	5	0,075	1,7	bearbeiten
	Schalungshautfugen	10	4	0,06	3	0,045	5	0,075	1,8	bearbeiten
	Struktur	10	4	0,06	2	0,03	4	0,06	1,9	bearbeiten
	Punkteanzahl - Teilkriterium	100	5	0,488	4	0,473	5	0,66	1,20	neu
Kriterien	Anzahl der sich wiederholenden Grundrisse	10	2	0,05	4	0,1	3	0,075	2,1	bearbeiten
	Auftritt des Bauwerks	10	1	0,025	4	0,1	4	0,1	2,2	bearbeiten
	Bewehrungsgrad	10	5	0,125	5	0,125	5	0,125	2,3	bearbeiten

Bild 14.5 Ausschnitt der Entscheidungsmatrix OPTIMAT – Gewichtung der Kriterien

▪ Schritt 5

Die Teilkriterien für die einzelnen Verfahren wurden darauf mit Punkten von wenigstens 0 bis höchstens 5 bewertet. Die Punktevergabe der jeweiligen Teilkriterien zu den einzelnen Verfahren wurde ebenfalls anhand der zur Verfügung stehenden Unterlagen dokumentiert und begründet (vgl. Bild 14.6). Auch diese sind aus der nachfolgend dargestellten Matrix (vgl. Bild 14.8 und Bild 14.9) nicht ersichtlich, da auch sie im Hintergrund des Programmes gehalten werden. Durch die Multiplikation der Gewichtungen mit den vergebenen Punkten ergibt sich für jedes Teilkriterium und Verfahren ein so genannter Nutzenbeitrag (vgl. Bild 14.6). Aufsummiert ergeben diese Nutzenbeiträge einen Gesamtnutzwert.

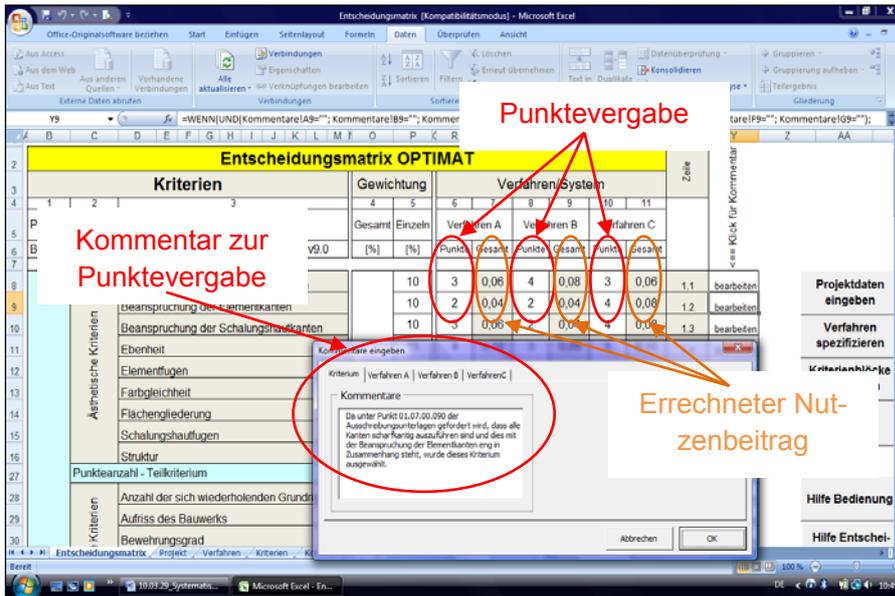


Bild 14.6 Ausschnitt der Entscheidungsmatrix OPTIMAT – Vergabe der Punkte

▪ **Schritt 6**

Nach der Ermittlung der Gesamtnutzwerte für die einzelnen zu vergleichenden Verfahren können die Ergebnisse noch zusätzlich mit einem Risikofaktor belegt werden (vgl. Bild 14.7). Dieser Faktor dient vor allem dazu, dass von einem Vorgesetzten z.B. die Gesamtpunkteanzahl eines im Betrieb noch nicht angewendeten Verfahrens verringert werden kann. Somit hat ein Vorgesetzter die Möglichkeit noch lenkend in die Entscheidung einzugreifen.

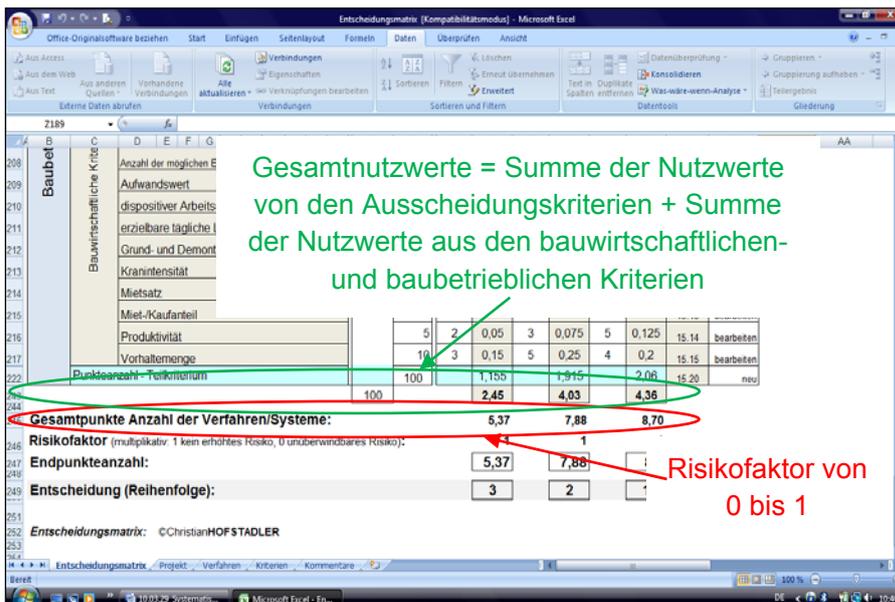


Bild 14.7 Ausschnitt der Entscheidungsmatrix Optimat - Risikofaktor

- **Schritt 7**

Der letzte Schritt dieses differenzierten Schalungsvergleiches bestand darin dem technischen Leiter der bauausführenden Firma des Projektes Justizanstalt Korneuburg, die Ergebnisse der Entscheidungsmatrix OPTIMAT vorzulegen. Dabei wurden die einzelnen Verfahren mit keiner Abminderung belegt. Dies bedeutet, dass der Risikofaktor für alle Verfahren auf 1 blieb. Weiters wurde jede einzelne Bewertung der Teilkriterien mit dem technischen Leiter des Projektes durchgenommen und diskutiert. Dabei wurden zwei kleine Änderungswünsche vorgenommen, was jedoch zu keiner Änderung in der Rangfolge führte (vgl. Bild 14.8 und Bild 14.9).

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es das oberste Ziel der Baufirma und des Diplomanden war mit diesem systematischen Verfahrensvergleich zu zeigen, ob das Ergebnis der Entscheidungsfindung mittels der Entscheidungsmatrix OPTIMAT mit jenem firmeninternen Ergebnis für die Auswahl der Deckenschalung übereinstimmt oder nicht. Das Ergebnis der Matrix wird im Folgenden grafisch dargestellt (vgl. Bild 14.8 und Bild 14.9).

Entscheidungsmatrix OPTIMAT											Zeile
Kriterien			Gewichtung		Verfahren/System						
1	2	3	4	5	Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C		
Projekt: Justizanstalt Korneuburg			Gesamt	Einzel	Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C		
Bearbeiter: Georg Nikas Version: v9.0			[%]	[%]	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	
Ausscheidungskriterien	Ästhetische Kriterien	Abdichtung zu den vertikalen Bauteilen	10	3	0,06	4	0,08	3	0,06	1,1	
		Beanspruchung der Elementkanten	10	2	0,04	2	0,04	4	0,08	1,2	
		Beanspruchung der Schalungshautkanten	10	3	0,06	2	0,04	4	0,08	1,3	
		Ebenheit	15	4	0,12	3	0,09	5	0,15	1,4	
		Elementfugen	15	3	0,09	4	0,12	5	0,15	1,5	
		Farbgleichheit	10	3	0,06	4	0,08	4	0,08	1,6	
		Flächengliederung	10	3	0,06	4	0,08	5	0,1	1,7	
		Schalungshautfugen	10	4	0,08	3	0,06	5	0,1	1,8	
		Struktur	10	4	0,08	2	0,04	4	0,08	1,9	
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100	0,65	0,63	0,88	1,20			
	Bauwerksspezifische Kriterien	Anzahl der sich wiederholenden Grundrisse	10	2	0,04	4	0,08	3	0,06	2,1	
		Aufriss des Bauwerks	10	1	0,02	4	0,08	4	0,08	2,2	
		Bewehrungsgrad	10	5	0,1	5	0,1	5	0,1	2,3	
		ebene/gekrümmte Flächen	10	5	0,1	5	0,1	5	0,1	2,4	
		Gesamthöhe des Bauwerks	10	2	0,04	4	0,08	4	0,08	2,5	
		gleichbleibender/wechselnder Grundriss	10	2	0,04	5	0,1	4	0,08	2,6	
		gleichbleibender/wechselnder Aufriss	10	1	0,02	4	0,08	4	0,08	2,7	
		Grundriss des Bauwerks	20	1	0,04	5	0,2	4	0,16	2,8	
		Umbau während des Einsatzes	10	1	0,02	3	0,06	5	0,1	2,9	
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100	0,42	0,88	0,84	2,20			
	Sicherheits-technische Kriterien	Qualität und Beständigkeit der Elemente	30	3	0,135	2	0,09	4	0,18	3,1	
		sicheres Arbeiten in allen Arbeitsphasen	15	2	0,045	3	0,068	4	0,09	3,2	
		subjektives Sicherheitsgefühl für die Arbeitskräfte	15	3	0,068	2	0,045	4	0,09	3,3	
		systemintegrierte Sicherheitselemente	20	3	0,09	3	0,09	5	0,15	3,4	
		Windanfälligkeit	20	3	0,09	5	0,15	5	0,15	3,5	
		Punkteanzahl - Teilkriterium			100	0,428	0,443	0,66	3,20		
	Technische Kriterien	Anbindung an Passflächen	10	2	0,06	5	0,15	3	0,09	4,1	
		Anbindung von Aussparungen und Einbauten	10	3	0,09	5	0,15	4	0,12	4,2	
		Anschluss der Randabschalung	10	3	0,09	3	0,09	3	0,09	4,3	
		Anschluss der Unterzugschalung	2	2	0,012	4	0,024	3	0,018	4,4	
		Arbeitsraum für das Ausschalen und Umsetzen	10	1	0,03	4	0,12	5	0,15	4,5	
		Aufstandsfläche für die Lastableitung (eben, geneigt)	3	5	0,045	5	0,045	5	0,045	4,6	
		Bewehrungsart, Bewehrungsgrad	10	5	0,15	5	0,15	5	0,15	4,7	
		Dichtheit der Elementfugen und Schalungshautfugen gegen Auslaufen von Zementleim	15	2	0,09	3	0,135	4	0,18	4,8	
		Ebenheit	10	3	0,09	4	0,12	4	0,12	4,9	
Einfluss der Witterung auf die Schalungshautoberfläche		8	2	0,048	4	0,096	4	0,096	4,10		
Einfluss der Anzahl der Einsätze auf die Schalungshautoberfläche		7	2	0,042	3	0,063	4	0,084	4,11		
Lagerfunktion für andere Materialien oder Geräte		3	3	0,027	1	0,009	4	0,036	4,12		
Tragfähigkeit des Untergrundes zur Lastableitung		2	5	0,03	5	0,03	5	0,03	4,13		
Punkteanzahl - Teilkriterium			100	0,804	1,182	1,209	4,20				
Umwelt- u. Umweltspezifische Kriterien	Anrainer	10	4	0,06	3	0,045	5	0,075	5,1		
	Bebauungsdichte	10	5	0,075	5	0,075	5	0,075	5,2		
	globale Verkehrsanbindung	50	4	0,3	5	0,375	5	0,375	5,3		
	Windbedingungen	30	4	0,18	5	0,225	5	0,225	5,4		
Punkteanzahl - Teilkriterium			100	0,615	0,72	0,75	5,20				
			100	2,92	3,85	4,34					
Ausscheidungsfaktor (multiplikativ: 1 alle Kriterien erfüllt, 0 zumindest ein Kriterium nicht erfüllt):			1	1	1	1					
Individueller Faktor (multiplikativ: Zwischen 0 und 1):			1	1	1	1					
Punkteanzahl der Ausscheidungskriterien:			2,92	3,85	4,34						

Bild 14.8 Punkteanzahl der Ausscheidungskriterien – Teil 1 der Matrix nach Hofstadler

Entscheidungsmatrix OPTIMAT											Zeile	
Kriterien			Gewichtung		Verfahren/System							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Projekt: Justizanstalt Korneuburg			Gesamt	Einzel	Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C			
Bearbeiter: Georg Nikas			Version: v9.0	[%]	[%]	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	
Baubetriebliche u. bauwirtschaftliche Kriterien	Baubetriebliche Kriterien	Abstand zwischen Fertigungsschwerpunkten und Lagerungsschwerpunkten	10		3	0,15	5	0,25	5	0,25	14,1	
		Anforderungen an die Qualifikation der Arbeitskräfte	5		3	0,075	4	0,1	4	0,1	14,2	
		Anforderungen an die Baustelleneinrichtung	5		2	0,05	5	0,125	5	0,125	14,3	
		Anforderungen an die Sichtbetonqualität	5		2	0,05	3	0,075	5	0,125	14,4	
		Anzahl der Arbeitskräfte für eine Arbeitsgruppe	5		3	0,075	4	0,1	5	0,125	14,5	
		Anzahl der einsetzbaren Arbeitskräfte je Fertigungsabschnitt	5		3	0,075	4	0,1	5	0,125	14,6	
		Anzahl der möglichen Einsätze auf der gleichen Ebene	10		1	0,05	5	0,25	4	0,2	14,7	
		Aufwandsverhältnis, z.B. Einschalen zu Ausschalen	5		4	0,1	4	0,1	5	0,125	14,8	
		erforderliche tägliche Schalungsleistung	10		4	0,2	3	0,15	5	0,25	14,9	
		erzielbare tägliche Schalungsleistung	10		5	0,25	5	0,25	5	0,25	14,10	
		Flexibilität	10		2	0,1	5	0,25	4	0,2	14,11	
		Kranverfügbarkeit und Kranintensität	10		1	0,05	4	0,2	5	0,25	14,12	
		Lagerungsbedarf bzw. Zwischenlagerungsbedarf	5		1	0,025	4	0,1	4	0,1	14,13	
		Verfügbarkeit der Schalung am Bauhof	2		0	0	0	0	0	0	14,14	
		weitgehende Witterungsunabhängigkeit	3		3	0,045	4	0,06	5	0,075	14,15	
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		1,295		2,11		2,3		14,20
	Bauwirtschaftliche Kriterien	Anbindung an die Passflächen	10		2	0,1	4	0,2	4	0,2	15,1	
		Anteil der Serienteile	3		1	0,015	4	0,06	3	0,045	15,2	
		Anzahl der Einzelteile	2		2	0,02	4	0,04	5	0,05	15,3	
		Anzahl der möglichen Einsätze der Schalungshaut	8		2	0,08	4	0,16	2	0,08	15,4	
		Anzahl der möglichen Einsätze der Unterstützung	3		3	0,045	4	0,06	5	0,075	15,5	
		Anzahl der möglichen Einsätze auf der gleichen Ebene	10		1	0,05	5	0,25	4	0,2	15,6	
		Aufwandswert	10		3	0,15	2	0,1	5	0,25	15,7	
		dispositiver Arbeitsaufwand	10		2	0,1	5	0,25	4	0,2	15,8	
		erzielbare tägliche Leistung	10		3	0,15	2	0,1	5	0,25	15,9	
		Grund- und Demontearbeiten	3		3	0,045	3	0,045	4	0,06	15,10	
		Kranintensität	10		2	0,1	4	0,2	5	0,25	15,11	
		Mietsatz	5		4	0,1	5	0,125	3	0,075	15,12	
		Miet-/Kaufanteil	1		0	0	0	0	0	0	15,13	
		Produktivität	5		2	0,05	3	0,075	5	0,125	15,14	
Vorhaltemenge		10		3	0,15	5	0,25	4	0,2	15,15		
Punkteanzahl - Teilkriterium			100		1,155		1,915		2,06		15,20	
			100		2,45		4,03		4,36			
Gesamtpunkte Anzahl der Verfahren/Systeme:						5,37	7,88	8,70				
Risikofaktor (multiplikativ: 1 kein erhöhtes Risiko, 0 unüberwindbares Risiko):						1	1	1				
Endpunkteanzahl:						5,367	7,88	8,699				
Entscheidung (Reihenfolge):						3	2	1				

Entscheidungsmatrix: ©ChristianHOFSTADLER

Bild 14.9 Endpunkteanzahl der Baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kriterien sowie Endergebnis und Rangfolge – Teil 2 der Matrix nach Hofstadler

Die Auswertung der Entscheidungsmatrix OPTIMAT für das Projekt Justizanstalt Korneuburg lieferte nachstehende Rangfolge für den Vergleich der Deckenschalssysteme:

- 1. Verfahren C
- 2. Verfahren B
- 3. Verfahren A

Es ist deutlich zu erkennen dass sich Verfahren C gegenüber den beiden anderen Verfahren durchsetzen konnte. Während über einen Einsatz der Trägerschalung (Verfahren B) noch diskutiert werden könnte, ist dies bei Verfahren A nicht mehr sinnvoll.

Zusätzlich hat durch eine Sensitivitätsanalyse eine Grenzbetrachtung der Ergebnisse stattgefunden. Dabei beinhaltet die durchgeführte Sensitivitätsanalyse (vgl. Bild 14.10 und Bild 14.11) die Modifikation der Gewichtung, um erkennen zu können, ob dies einen Unterschied in der Rangfolge ausmacht. Dabei wurde die Gesamtgewichtung der Kriterien willkürlich um 5 % nach oben oder unten verändert. Auch dabei konnte keine Veränderung in der Rangfolge dieses Projektes festgestellt werden.

Entscheidungsmatrix OPTIMAT											Zeile
Kriterien			Gewichtung		Verfahren/System						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Projekt: Justizanstalt Korneuburg			Gesamt	Einzel	Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C		
Bearbeiter: Georg Nikas Version: v9.0			[%]	[%]	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	
Ausscheidungskriterien	Ästhetische Kriterien	Abdichtung zu den vertikalen Bauteilen	10	10	3	0,045	4	0,06	3	0,045	1,1
		Beanspruchung der Elementkanten	10	2	0,03	2	0,03	4	0,06		1,2
		Beanspruchung der Schalungshautkanten	10	3	0,045	2	0,03	4	0,06		1,3
		Ebenheit	15	4	0,09	3	0,0675	5	0,1125		1,4
		Elementrugen	15	3	0,0675	4	0,09	5	0,1125		1,5
		Farbgleichheit	10	3	0,045	4	0,06	4	0,06		1,6
		Flächengliederung	10	3	0,045	4	0,06	5	0,075		1,7
		Schalungshautfugen	10	4	0,06	3	0,045	5	0,075		1,8
		Struktur	10	4	0,06	2	0,03	4	0,06		1,9
		Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,4875		0,4725		0,66
	Bauwerksspezifische Kriterien	Anzahl der sich wiederholenden Grundrisse	10	2	0,05	4	0,1	3	0,075		2,1
		Aufriss des Bauwerks	10	1	0,025	4	0,1	4	0,1		2,2
		Bewehrungsgrad	10	5	0,125	5	0,125	5	0,125		2,3
		ebene/gekrümmte Flächen	10	5	0,125	5	0,125	5	0,125		2,4
		Gesamthöhe des Bauwerks	10	2	0,05	4	0,1	4	0,1		2,5
		gleichbleibender/wechselnder Grundriss	10	2	0,05	5	0,125	4	0,1		2,6
		gleichbleibender/wechselnder Aufriss	10	1	0,025	4	0,1	4	0,1		2,7
		Grundriss des Bauwerks	20	1	0,05	5	0,25	4	0,2		2,8
		Umbau während des Einsatzes	10	1	0,025	3	0,075	5	0,125		2,9
		Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,525		1,1		1,05
	Sicherheits-technische Kriterien	Qualität und Beständigkeit der Elemente	30	3	0,18	2	0,12	4	0,24		3,1
		sicheres Arbeiten in allen Arbeitsphasen	15	2	0,06	3	0,09	4	0,12		3,2
		subjektives Sicherheitsgefühl für die Arbeitskräfte	15	3	0,09	2	0,06	4	0,12		3,3
		systemintegrierte Sicherheitselemente	20	3	0,12	3	0,12	5	0,2		3,4
		Windanfälligkeit	20	3	0,12	5	0,2	5	0,2		3,5
		Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,57		0,59		0,88
	Technische Kriterien	Anbindung an Passflächen	10	2	0,05	5	0,125	3	0,075		4,1
		Anbindung von Aussparungen und Einbauten	10	3	0,075	5	0,125	4	0,1		4,2
		Anschluss der Randabschalung	10	3	0,075	3	0,075	3	0,075		4,3
		Anschluss der Unterczugschalung	2	2	0,01	4	0,02	3	0,015		4,4
		Arbeitsraum für das Ausschalen und Umsetzen	10	1	0,025	4	0,1	5	0,125		4,5
		Aufstandsfläche für die Lastableitung (eben, geneigt)	3	5	0,0375	5	0,0375	5	0,0375		4,6
		Bewehrungsart, Bewehrungsgrad	10	5	0,125	5	0,125	5	0,125		4,7
		Dichtheit der Elementspalten und Schalungshautfugen gegen Austreten von Zementmilch	15	2	0,075	3	0,1125	4	0,15		4,8
		Ebenheit	10	3	0,075	4	0,1	4	0,1		4,9
		Einfluss der Witterung auf die Schalungshautoberfläche	8	2	0,04	4	0,08	4	0,08		4,10
		Einfluss der Anzahl der Einsätze auf die Schalungshautoberfläche	7	2	0,035	3	0,0525	4	0,07		4,11
		Lagerfunktion für andere Materialien oder Geräte	3	3	0,0225	1	0,0075	4	0,03		4,12
		Tragfähigkeit des Untergrundes zur Lastableitung	2	5	0,025	5	0,025	5	0,025		4,13
	Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,67		0,985		1,0075	4,20
	Umwelt- u. umweltspezifische Kriterien	Anrainer	10	4	0,06	3	0,045	5	0,075		5,1
		Bebauungsdichte	10	5	0,075	5	0,075	5	0,075		5,2
		globale Verkehrsanbindung	50	4	0,3	5	0,375	5	0,375		5,3
		Windbedingungen	30	4	0,10	5	0,225	5	0,225		5,4
		Punkteanzahl - Teilkriterium			100		0,615		0,72		0,75
			100		2,87		3,87		4,35		
Ausscheidungsfaktor (multiplikativ: 1 alle Kriterien erfüllt, 0 zumindest ein Kriterium nicht erfüllt):						1		1		1	
Individueller Faktor (multiplikativ: Zwischen 0 und 1):						1		1		1	
Punkteanzahl der Ausscheidungskriterien:						2,87		3,87		4,35	

Bild 14.10 Sensitivitätsanalyse - Teil 1 der Matrix nach Hofstadler

Entscheidungsmatrix OPTIMAT											Zeile
Kriterien			Gewichtung		Verfahren/System						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Projekt: Justizanstalt Korneuburg			Gesamt	Einzel	Verfahren A		Verfahren B		Verfahren C		
Bearbeiter: Georg Nikas Version: v9.0			[%]	[%]	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	Punkte	Gesamt	
Baubetriebliche u. bauwirtschaftliche Kriterien	Baubetriebliche Kriterien	Abstand zwischen Fertigungsschwerpunkten und Lagerungsschwerpunkten	10		3	0,135	5	0,225	5	0,225	14,1
		Anforderungen an die Qualifikation der Arbeitskräfte	5		3	0,0675	4	0,09	4	0,09	14,2
		Anforderungen an die Baustelleneinrichtung	5		2	0,045	5	0,1125	5	0,1125	14,3
		Anforderungen an die Sichtbetonqualität	5		2	0,045	3	0,0675	5	0,1125	14,4
		Anzahl der Arbeitskräfte für eine Arbeitsgruppe	5		3	0,0675	4	0,09	5	0,1125	14,5
		Anzahl der einsetzbaren Arbeitskräfte je Fertigungsabschnitt	5		3	0,0675	4	0,09	5	0,1125	14,6
		Anzahl der möglichen Einsätze auf der gleichen Ebene	10		1	0,045	5	0,225	4	0,18	14,7
		Aufwandsverhältnis: z.B. Einschalen zu Ausschalen	5		4	0,09	4	0,09	5	0,1125	14,8
		erforderliche tägliche Schalungsleistung	10		4	0,18	3	0,135	5	0,225	14,9
		erzielbare tägliche Schalungsleistung	10		5	0,225	5	0,225	5	0,225	14,10
		Flexibilität	10		2	0,09	5	0,225	4	0,18	14,11
		Kranverfügbarkeit und Kranintensität	10		1	0,045	4	0,18	5	0,225	14,12
		Lagerungsbedarf bzw. Zwischenlagerungsbedarf	5		1	0,0225	4	0,09	4	0,09	14,13
		Verfügbarkeit der Schalung am Bauhof	2		0	0	0	0	0	0	14,14
		weitgehende Witterungsunabhängigkeit	3		3	0,0405	4	0,054	5	0,0675	14,15
	Punktezahl - Teilkriterium			100		1,1655		1,899		2,07	14,20
	Bauwirtschaftliche Kriterien	Anbindung an die Passflächen	10		2	0,11	4	0,22	4	0,22	15,1
		Anteil der Serienteile	3		1	0,0165	4	0,066	3	0,0495	15,2
		Anzahl der Einzelteile	2		2	0,022	4	0,044	5	0,055	15,3
		Anzahl der möglichen Einsätze der Schalungshaut	8		2	0,088	4	0,176	2	0,088	15,4
		Anzahl der möglichen Einsätze der Unterstützung	3		3	0,0495	4	0,066	5	0,0825	15,5
		Anzahl der möglichen Einsätze auf der gleichen Ebene	10		1	0,055	5	0,275	4	0,22	15,6
		Aufwandswert	10		3	0,165	2	0,11	5	0,275	15,7
		dispositiver Arbeitsaufwand	10		2	0,11	5	0,275	4	0,22	15,8
		erzielbare tägliche Leistung	10		3	0,165	2	0,11	5	0,275	15,9
		Grund- und Demontagearbeiten	3		3	0,0495	3	0,0495	4	0,066	15,10
		Kranintensität	10		2	0,11	4	0,22	5	0,275	15,11
		Mietsatz	5		4	0,11	5	0,1375	3	0,0825	15,12
Miet-/Kaufanteil		1		0	0	0	0	0	0	15,13	
Produktivität	5		2	0,055	3	0,0825	5	0,1375	15,14		
Vorhaltemenge	10		3	0,165	5	0,275	4	0,22	15,15		
Punktezahl - Teilkriterium			100		1,2705		2,1065		2,266	15,20	
			100		2,44		4,01		4,34		
Gesamtpunkte Anzahl der Verfahren/Systeme:						5,30		7,87		8,68	
Risikofaktor (multiplikativ: 1 kein erhöhtes Risiko, 0 unüberwindbares Risiko):						1		1		1	
Endpunkteanzahl:						5,304		7,873		8,684	
Entscheidung (Reihenfolge):						3		2		1	
<i>Entscheidungsmatrix: ©ChristianHOFSTADLER</i>											

Bild 14.11 Sensitivitätsanalyse Teil 2 - der Matrix nach Hofstadler

15 Expertenbefragung

Um einen aktuellen Wissensstand der in der Praxis verbreitenden Meinungen zum Thema „Systematische Verfahrenswahl“ zu bekommen, wurde im Zuge dieser Masterarbeit eine Expertenbefragung durchgeführt. Dabei wurden 15 Experten von verschiedenen Unternehmungen befragt, welche als Techniker, Kalkulant, Bauleiter, Bereichsleiter und Geschäftsführer tätig sind. Die Befragten können zu 100 % der Baubranche zugeordnet werden.

15.1 Vorgehensweise

Die Experten wurden von den Betreuern und dem Diplomand ausgewählt und kontaktiert. Es wurde darauf geachtet, dass es sich bei den Befragten ausschließlich um Personen handelt, deren Tätigkeitsbereich in einer Bauunternehmung ist. Dabei wurden den Spezialisten die Vorgehensweise und der Hintergrund für diese Befragung erläutert, und bei Interesse Ort und Zeit für die Erhebung vereinbart. Es ist anzumerken, dass insgesamt 25 Experten kontaktiert wurden, wobei 60 % der Einladung zur Teilnahme an dieser Befragung folgten. Der Fragebogen wurde unter Verwendung des Programmes „2ask“ erstellt, welches es erlaubt die einzelnen Fragen online zu beantworten. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass keine der Befragungen online durchgeführt wurde und der Fragebogen im Pdf-Format ausgedruckt worden ist. Der Fragebogen wurde vorab den teilnehmenden Experten per Email zugesendet, damit sich diese entsprechend vorbereiten konnten.

Die Befragungen fanden größtenteils im Büro am Arbeitsplatz bzw. auf der Baustelle der Experten, an der TU Graz oder zu einem sehr geringen Teil über Telefon statt. Die einzelnen Fragen wurden dabei mit den Experten jeweils gemeinsam durchgesehen und die Antworten wurden vom Betreuer bzw. Diplomanden auf dem Fragebogen vermerkt. Der Vorteil dabei war, dass die Experten bei etwaigen Unklarheiten jederzeit Fragen stellen konnten.

Die Ausarbeitung der einzelnen Fragen sowie die Erstellung des Fragebogens für die Expertenbefragung wurden von den Betreuern und vom Diplomanden gemeinsam erstellt und in 5 unterschiedliche Bereiche aufgeteilt. Zu diesen Bereichen zählen neben Angaben zum Unternehmen auch Fragen zur Arbeitsvorbereitung, allgemeine Angaben zu Bauverfahrensvergleichen, Angaben zu Verfahrensvergleichen in Zusammenhang mit Schalungen für horizontale Bauteile und Fragen zur jeweiligen Person. In die Masterarbeit wurden die wichtigsten Fragen, welche im direkten Zusammenhang mit Bauverfahrensvergleichen stehen, aufgenommen und ausgewertet. Welche Fragestellungen in den einzelnen Bereichen genau gestellt wurden, wird in dieser Arbeit nicht näher erläutert.

Die Auswertung der Umfrage wurde von einem externen Spezialisten durchgeführt. Alle Daten wurden anonymisiert und streng vertraulich behandelt. Am Ende der Befragung hatten die Experten selbst die Möglichkeit zu entscheiden, ob Sie die Ergebnisse der Befragung zugesandt haben möchten oder nicht.

Es wird darauf hingewiesen, dass nur ausgewählte Fragen der durchgeführten Expertenbefragung in der Auswertung erläutert und dargestellt werden, da die Gesamtauswertung zu ausführlich für diese Masterarbeit ist. Dabei hat sich die Auswahl der Fragen auf das eigentliche Kernthema, nämlich den differenzierten Vergleich und die systematische Verfahrenswahl, beschränkt.

15.2 Auswertung

In diesem Kapitel werden die mittels Microsoft-Excel erhaltenen Ergebnisse der Untersuchung erläutert. Es werden die einzelnen Fragestellungen mit den dazugehörigen Antwortkategorien sowie deren Zweck nach der Reihe aufgelistet und beschrieben. Zur besseren Übersicht werden die Ergebnisse in Tabellen und Diagrammen dargestellt. Anschließend werden die Resultate interpretiert.

Frage 1: Haben Sie bei der Durchführung der Arbeitsvorbereitung genügend Zeit?

Mit dieser Fragestellung sollte ermittelt werden, ob die zur Verfügung stehende Zeit für die Arbeitsvorbereitung in den jeweiligen Baufirmen ausreichend vorhanden ist oder nicht, da auch die systematische Verfahrenswahl Teil der Arbeitsvorbereitung ist. Im Falle der Beantwortung dieser Frage mit „nein“, sollte auch herausgefunden werden welche Gründe dies hat.

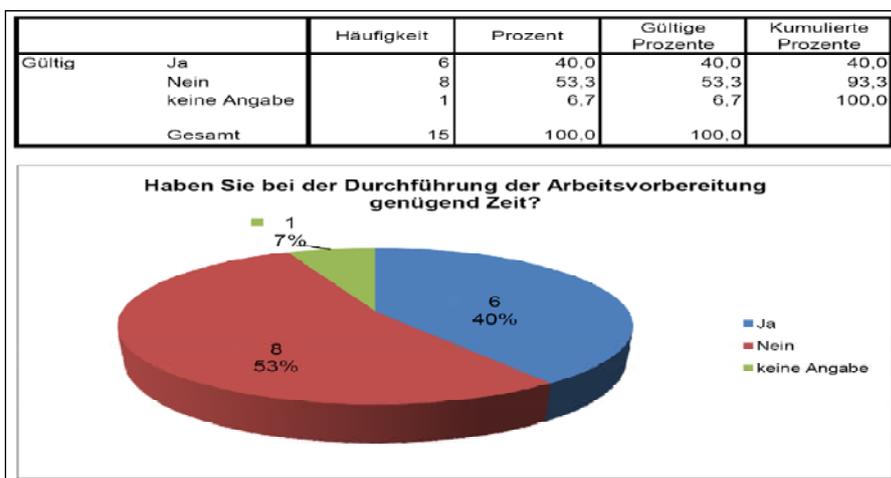


Bild 15.1 Auswertung und Ergebnis von Frage 1

Frage 1.1: Wenn „nein“, was sind die Gründe dafür?

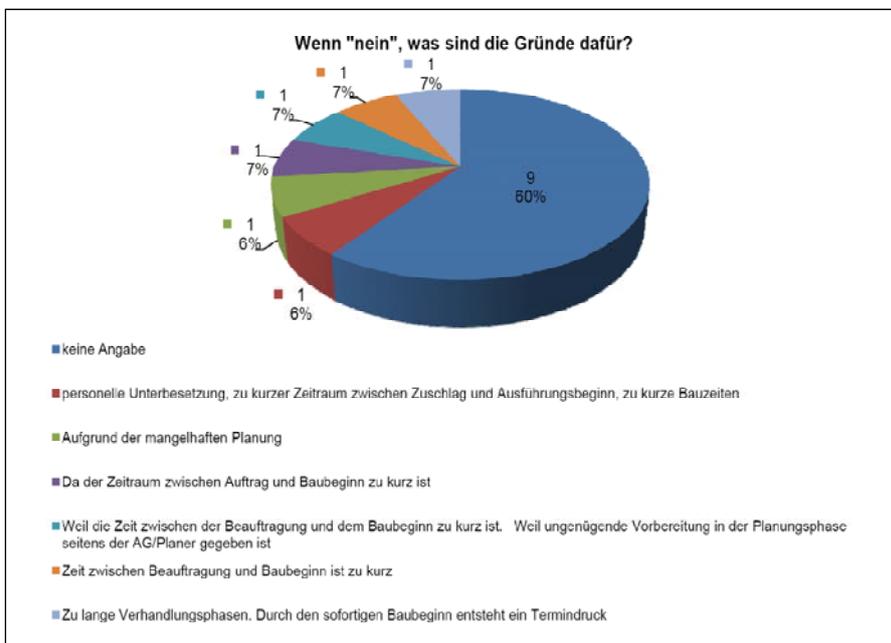


Bild 15.2 Darstellung der Auswertung von Frage 1.1

60 % der Experten wollten bei dieser Frage keine Angabe machen. Bei allen anderen vorgegebenen Antwortmöglichkeiten ergab die Auswertung keine wesentlichen Unterschiede.

Frage 2: Bitte verteilen Sie 100 % der Arbeitsvorbereitung auf die einzelnen Planungsphasen der Arbeitsvorbereitung!

Bei dieser Frage wurde die Arbeitsvorbereitung auf die einzelnen Planungsphasen Bauablauf, Logistik, Verfahrensauswahl, Baustelleneinrichtung, Planung des Soll-Ist Vergleiches und Arbeitskalkulation aufgeteilt. Die Experten verteilten 100 % der Zeit der Arbeitsvorbereitung auf die einzelnen Phasen. Dabei sollte erhoben werden, welche Phase am meisten Zeit beansprucht. In Bild 15.3 ist das Ergebnis der Auswertung dieser Frage dargestellt.

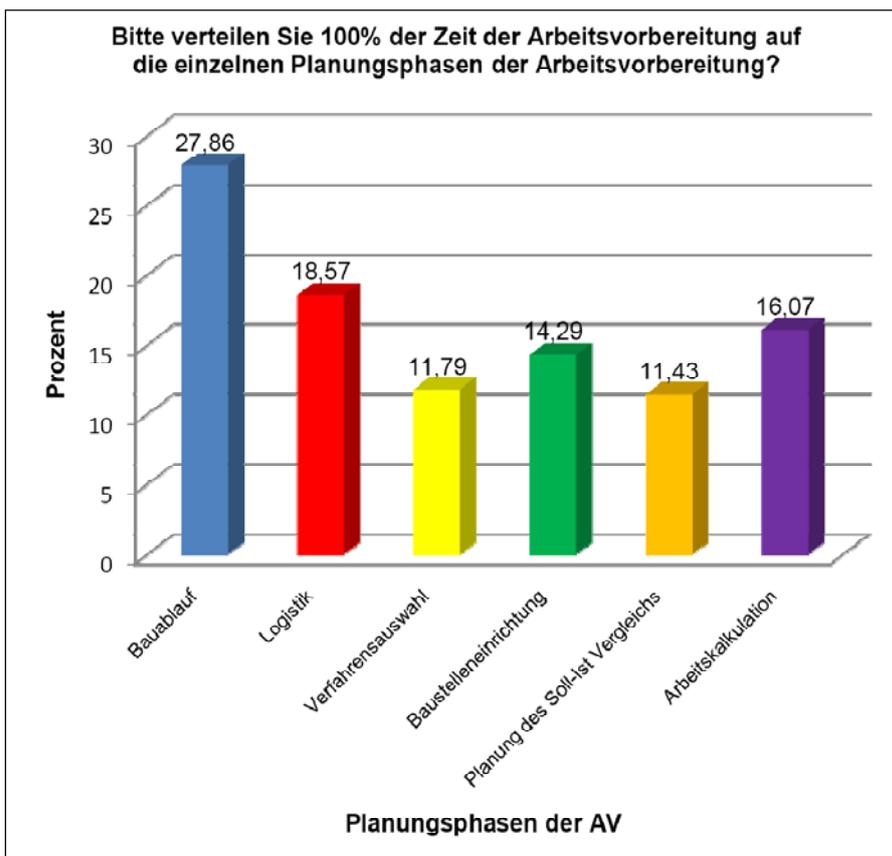


Bild 15.3 Darstellung der Verteilung der Zeit der AV auf die einzelnen Planungsphasen

Das Ergebnis zeigt, dass die Phase der Planung des Bauablaufes von den Experten als die zeitaufwendigste Phase angegeben wurde. An zweiter Stelle steht die Logistik, dicht gefolgt von der Arbeitskalkulation. Bei den übrigen Planungsphasen sind nur mehr geringe Unterschiede der prozentuellen Verteilung zu erkennen.

Frage 3: Bewerten Sie bitte die angegebenen Aufgaben der Arbeitsvorbereitung nach deren Wichtigkeit!

Um zu erfahren wie die Aufgaben der Arbeitsvorbereitung in der Praxis verteilt sind, wurden die Experten gebeten diese nach deren Wichtigkeit zu beurteilen. Dabei wurden Ihnen Wertungen von nicht wichtig, nicht besonders wichtig, weniger wichtig, bedeutend, wichtig und sehr wichtig vorgegeben. Die Aufgaben der Arbeitsvorbereitung gliedern sich in die Bereiche Systematischer Vergleich, Arbeitskalkulation, Bauablaufplanung, Baustelleneinrichtungsplanung, Ermittlung der Anzahl von Großprojekten, Logistikkonzept (Beschaffung, Transporte innerhalb der Baustelle und Entsorgung), Planung des Soll-Ist Vergleiches und Ressourcenplanung. Um die Frage auswerten zu können wurde hinsichtlich der Wichtigkeit folgende Wertung zu den einzelnen Bereichen angenommen:

- 1 nicht wichtig
- 2 nicht besonders wichtig
- 3 weniger wichtig
- 4 bedeutend
- 5 wichtig
- 6 sehr wichtig

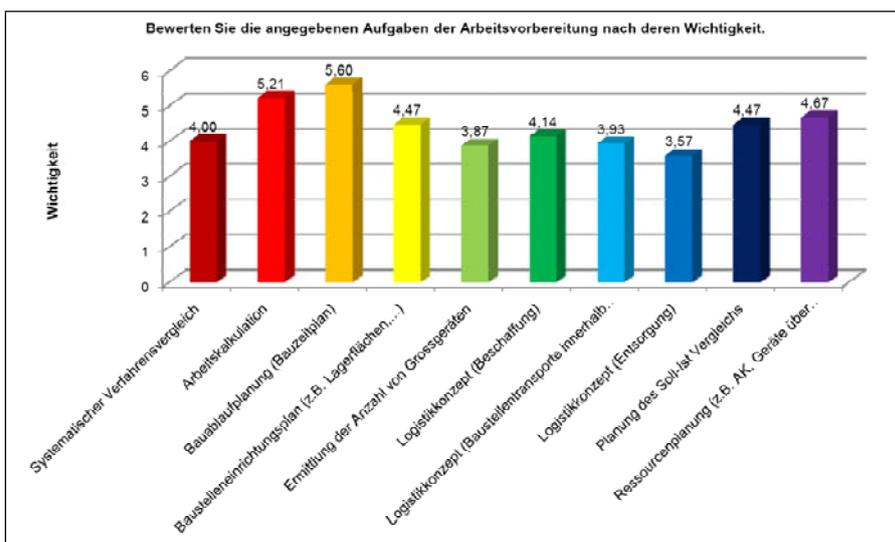


Bild 15.4 Auswertungsergebnisse der Aufgaben der AV nach deren Wichtigkeit

Aus Bild 15.4 ist ersichtlich, dass die Bauablaufplanung die wichtigste Aufgabe nach Aussagen der Experten ist. An zweiter Stelle liegt die Arbeitskalkulation. Zu erwähnen ist auch, dass der Systematische Verfahrenvergleich bereits an fünfter Stelle platziert ist, wobei sich dieser in Zukunft wahrscheinlich noch weiter vorne einreihen wird.

Frage 4: Wie hoch schätzen Sie den Nutzen einer optimalen Arbeitsvorbereitung auf folgende Bereiche ein?

Mit dieser Frage sollten die Experten den Nutzen einer optimalen Arbeitsvorbereitung auf die Bereiche Kosten, Zeit, Qualität, Logistik, optimierte Auslastung der Ressourcen und Minimierung der Baurisiken und Streitpotentiale abschätzen. Die befragten Personen verteilten 100 % einer optimalen Arbeitsvorbereitung auf die angeführten Bereiche.

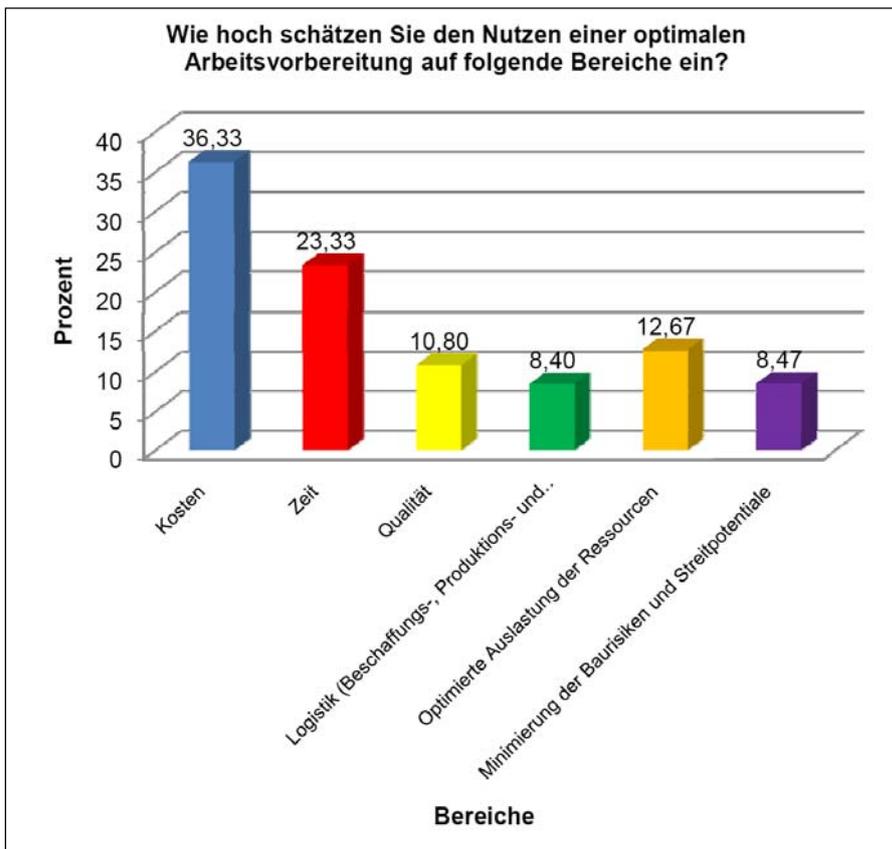


Bild 15.5 Ergebnisse einer optimalen Arbeitsvorbereitung auf die einzelnen Bereiche

Aus Bild 15.5 ist deutlich erkennbar, dass der größte Nutzen einer optimalen Arbeitsvorbereitung im Bereich der Kosten liegt. An zweiter Stelle und noch deutlich vor allen anderen Bereichen, liegt jener der Zeit.

Frage 5: Wie ermitteln Sie für eine Tätigkeit (z.B. das Schalen von Decken) am Projekt, die Auswahl des tatsächlich eingesetzten Systems?

Damit diese Frage beantwortet werden konnte wurden den Experten ausgewählte Antwortmöglichkeiten zur Verfügung gestellt, um zu erfahren welcher der am häufigsten genannte Grund im Zusammenhang mit der Auswahl des tatsächlich eingesetzten Systems ist.

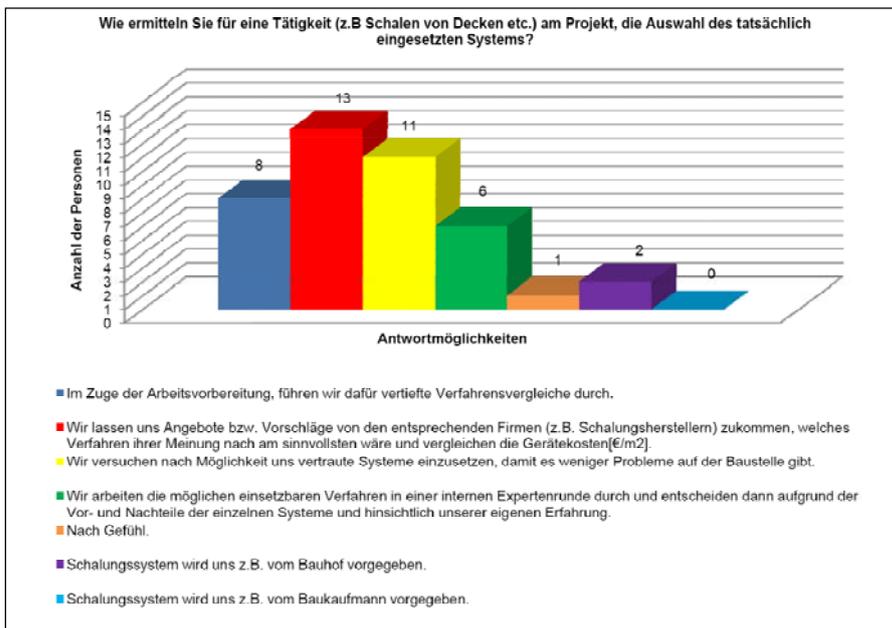


Bild 15.6 Auswertungsergebnisse hinsichtlich der Auswahlgründe des tatsächlich eingesetzten Systems

Aus Bild 15.6 lässt sich erkennen, dass die Experten der einzelnen Bauunternehmungen als Hauptgrund, Angebote bzw. Vorschläge von den entsprechenden Firmen einzuholen, angaben. Interessant ist auch, dass an zweiter Stelle der Auswertung bereits die Möglichkeit des Einsatzes von bereits vertrauten Systemen liegt. Zu beachten ist, dass bei dieser Fragestellung eine Mehrfachnennung hinsichtlich der Antwortmöglichkeiten gegeben war.

Frage 6: Welche der angegebenen „differenzierten Verfahrensvergleiche“ werden von Ihnen auch in der Praxis eingesetzt?

Mit dieser Fragestellung an die Experten sollte vor allem herausgefunden werden, welche Methoden des differenzierten Vergleiches von diesen auch in der Praxis eingesetzt werden, um zu erfahren ob auch neuere Methoden wie z.B. die Entscheidungsmatrix bereits verwendet werden.

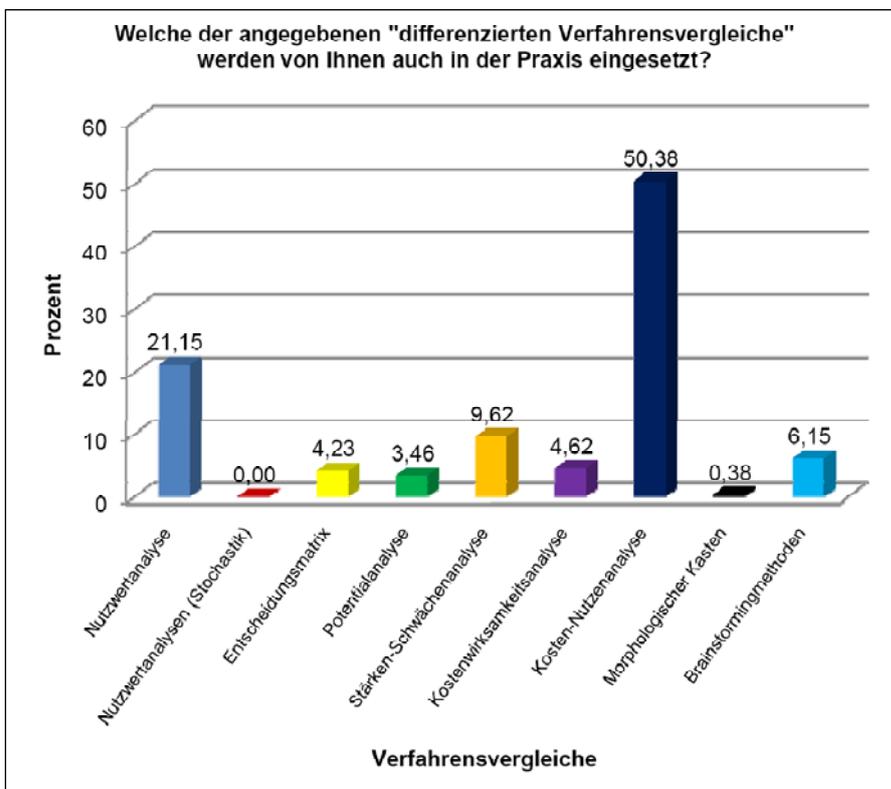


Bild 15.7 Auswertungsergebnisse hinsichtlich des Einsatzes differenzierter Verfahrensvergleiche in der Praxis

Aus Bild 15.7 ist zu erkennen, dass die Kosten-Nutzenanalyse mit Abstand die meist verwendete Methode hinsichtlich des differenzierten Verfahrensvergleiches ist. Dies hängt vor allem mit der Einfachheit und der relativ raschen Erzielung eines Ergebnisses zusammen. An zweiter Stelle und noch deutlich vor allen anderen Methoden hat sich die Nutzwertanalyse platziert.

Frage 7: Ist Ihnen in Ihrer Unternehmung die Anwendung neuer Methoden in Bezug auf Verfahrensvergleiche (insbesondere beim differenzierten Vergleich) zu aufwendig?

Bei dieser Frage sollte erhoben werden, ob den befragten Experten ein differenzierter Vergleich und dessen Methoden zu aufwendig ist, und in weiterer Folge warum dies so ist.

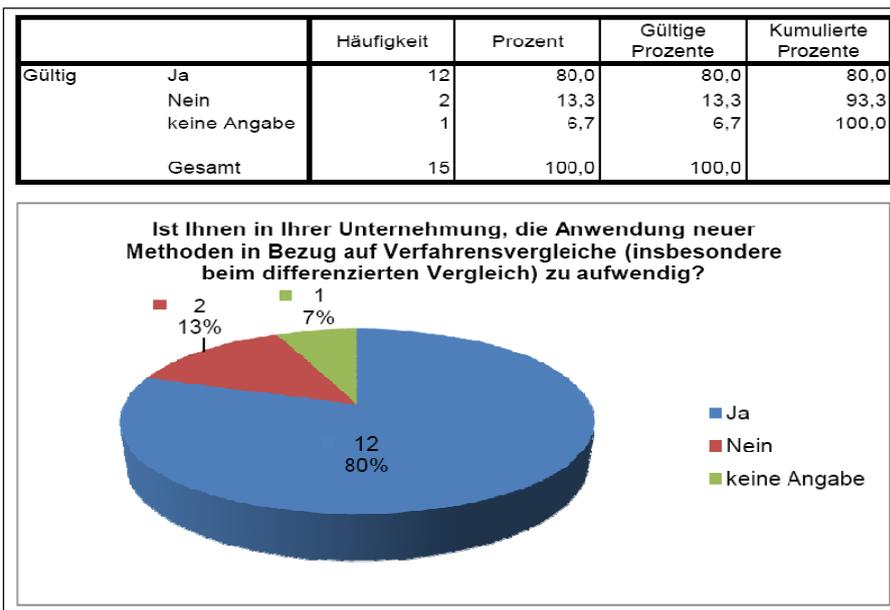


Bild 15.8 Auswertung der Ergebnisse von Frage 7

Das Ergebnis (vgl. Bild 15.8) zeigt ganz klar, dass 80 % die Methoden des differenzierten Verfahrensvergleiches in den jeweiligen Unternehmungen als zu aufwendig empfinden. Warum dies so ist, wurde anhand einer Verknüpfung zu dieser Frage eruiert und wird im Folgenden dargestellt.

Frage 7.1: Wenn „ja“ warum?

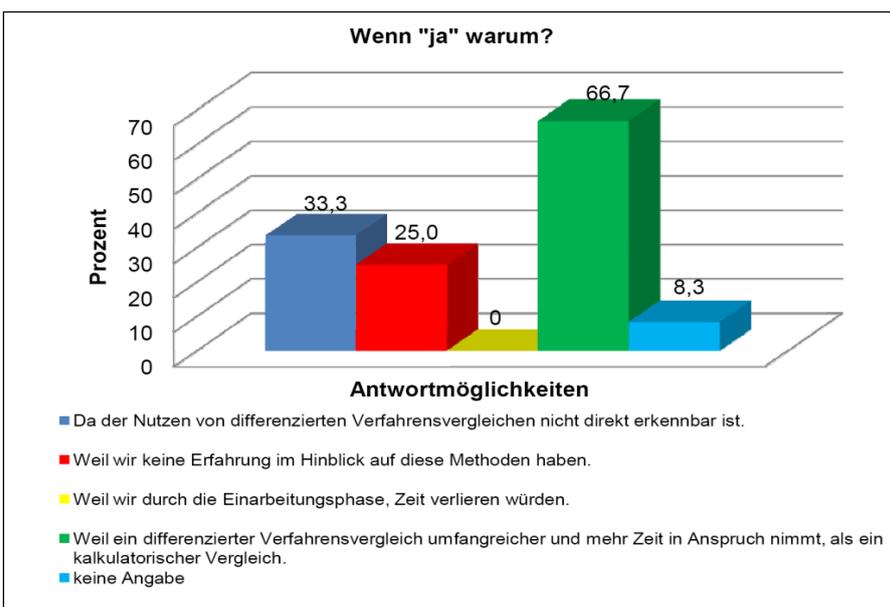


Bild 15.9 Ergebnis der Auswertung zur Frage ob der differenzierte Vergleich zu aufwendig ist

Das Ergebnis in Bild 15.9 zeigt eindeutig, dass die Mehrheit der Experten der Meinung ist, dass ein differenzierter Verfahrensvergleich umfangreicher und zeitaufwendiger ist als ein kalkulatorischer Vergleich aber im Gegensatz dazu auch glauben, dass der Nutzen von differenzierten Vergleichen nicht direkt erkennbar ist.

Als Kernaussage der durchgeführten Expertenbefragung kann zusammenfassend gesagt werden, dass die systematische Verfahrenswahl bzw. der differenzierte Verfahrensvergleich von den Experten durchaus akzeptiert wird, jedoch die Stellung in der Praxis eher bescheiden ist. Gründe dafür sind, dass die Zeit vom Erhalt eines Auftrages eines Bauprojektes bis zum Beginn der Bauausführung zu kurz ist und der Vorteil dieser Methode unterschätzt wird. Die systematische Verfahrenswahl diverser Bauverfahren gehört zur Phase der Arbeitsvorbereitung und sollte daher intensiver genutzt werden, da es mit dieser Methode möglich ist sich auf gewisse Szenarien im Bauablauf besser vorbereiten zu können.

16 Zusammenfassung und Ausblick

Wie bereits in der Diplomarbeit von Lang⁵³⁵ erwähnt wurde, ist die Grundlage für einen Verfahrensvergleich die systematische und methodisch richtige Vorgehensweise. Jedoch ist es im Baubetrieb schwierig, alle inner- und außerbetrieblichen Einflüsse für einen Vergleich richtig zu beurteilen, welche aus unterschiedlichen Einflüssen resultieren. Daher sind die Vergleichsergebnisse meist mit einem gewissen Ausführungsrisiko behaftet. Erst wenn inner- und außerbetriebliche Einflüsse aufeinander einwirken, lässt sich erkennen ob die getroffenen Entscheidungen richtig waren. Im Baubetrieb ist dies in der Phase der Bauausführung der Fall.

Allgemein unterscheidet man folgende drei Gruppen von Verfahrensvergleichen. Es sind dies:

- der betriebswirtschaftliche-;
- der kalkulatorische-;
- der differenzierte Verfahrensvergleich.

In der Bauwirtschaft werden jedoch nur kalkulatorische- und der differenzierte Bauverfahrensvergleiche eingesetzt, wobei die Grundlagen dafür aus betriebswirtschaftlichen Vergleichsrechnungen und Nutzwertanalysen stammen.

Der kalkulatorische Bauverfahrensvergleich ist auf die Bestimmung der verursachenden Kosten der zu vergleichenden Verfahren aufgebaut.

Beim differenzierten Verfahrensvergleich und dabei insbesondere bei der Entscheidungsmatrix OPTIMAT, werden neben den rein wirtschaftlichen Kriterien auch die technischen und organisatorischen Kriterien formuliert, quantifiziert und in die Entscheidung miteinbezogen. Dies hat den Vorteil, dass der Verfahrensvergleich größtmöglich objektiviert wird. Der differenzierte Verfahrensvergleich und insbesondere die darin enthaltene Methode der Entscheidungsmatrix OPTIMAT soll als Entscheidungshilfe für Bauvorhaben mit einer Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse dienen.

In dieser Masterarbeit wurden verschiedene Methoden der betriebswirtschaftlichen-, der kalkulatorischen- und differenzierten Verfahrensvergleiche beschrieben. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf den differenzierten Bauverfahrensvergleich und die darin enthaltene Methode der Entscheidungsmatrix OPTIMAT gehalten. Die Matrix wurde dabei an

⁵³⁵ [Lang]; 202.

einem aktuellen Projekt aus der Praxis in Zusammenarbeit mit einer bekannten Baufirma angewandt. Ziel war es herauszufinden, welches Schalungssystem für die Herstellung der Decken dafür am besten geeignet ist. Besonderer Dank gilt der Baufirma, für die sehr gute und kompetente Zusammenarbeit und die zur Verfügungstellung von diversen Unterlagen von dem derzeit im Bau befindlichen Projekt. Während der Ausarbeitung des Verfahrensvergleichs wurde der technische Leiter der bauausführenden Unternehmung immer über den aktuellsten Stand der Entscheidungsmatrix informiert. Wie bereits erwähnt wurde, war es das oberste Ziel der Baufirma und des Diplomanden mit diesem systematischen Verfahrensvergleich das Funktionieren der Entscheidungsmatrix OPTIMAT zu zeigen und das Ergebnis mit jenem firmeninternen Ergebnis für die Auswahl der Deckenschalung zu vergleichen. Nach Aussage des technischen Leiters der Baufirma, ist das Ergebnis des Verfahrensvergleichs anhand der Entscheidungsmatrix OPTIMAT, welches vom Diplomanden erzielt dasselbe, wie jenes welches firmenintern erzielt wurde. Baufirma und Diplomand zeigten sich mit dem Ausgang des Projektes sehr zufrieden, da die Sinnhaftigkeit des differenzierten Verfahrensvergleichs und der darin enthaltenen Methode der Entscheidungsmatrix OPTIMAT bewiesen werden konnte. Durch die einfache und rasche Anwendung dieser differenzierten Methode und die Transparenz in der Entscheidungsfindung, konnte der Entscheidungsträger (technischer Leiter der Baufirma) positiv beeindruckt werden. Durch eventuelle Ergänzungen oder auch Veränderungen in der Punktevergabe konnte dieser auch lenkend in die Entscheidung eingreifen. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Anwendung der Entscheidungsmatrix OPTIMAT und somit eine differenzierte Betrachtung von zu vergleichenden Bauverfahren sehr sinnvoll ist und der Zeitaufwand deutlich geringer ist als ursprünglich angenommen.

Aus der Expertenbefragung konnte festgestellt werden, dass jene Teilnehmer, welche die Frage ob Sie bei der Arbeitsvorbereitung genügend Zeit haben mit nein beantwortet haben, als Hauptgrund den Zeitmangel zwischen Beauftragung und Baubeginn angaben. Dies bedeutet, dass oft kaum Zeit bleibt um Überlegungen zu alternativen Verfahrensmöglichkeiten, wie dem differenzierten Bauverfahrensvergleich anzustellen. Eine in der Praxis oft anzutreffende Meinung ist auch, dass ein differenzierter Verfahrensvergleich wie es sich z.B. bei der Entscheidungsmatrix OPTIMAT handelt, sehr viel aufwendiger und komplizierter durchzuführen scheint. Jene Baufirma welche die Projektunterlagen der Justizanstalt zur Verfügung gestellt hat, konnte jedoch vom Gegenteil überzeugt werden. Hauptproblem dabei ist es, dass sehr oft die Kenntnis über das Angebot möglicher Methoden von differenzierten Verfahrensvergleichen fehlt. Deshalb werden diese Systeme von den Experten auch nicht akzeptiert. Ein weiterer Grund könnte darin bestehen, dass man bewährte Systeme nicht verändern möchte. Sicher geht auch die Entwicklung spezieller Software mit umfangreichen Datenbanken nur sehr langsam vor-

an, wodurch eine schnellere Durchführung von Bauverfahrensvergleichen ermöglicht werden könnte.

Vielleicht können diese Masterarbeit und insbesondere die darin vorgestellte und angewandte Methode der Entscheidungsmatrix OPTIMAT, Anstoß für ein Umdenken hinsichtlich differenzierter Verfahrensvergleiche sein.

17 Literaturverzeichnis

- [Bacher] Bacher, Stefan: Grundlagen der Bauverfahren; Diplomarbeit, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Graz, 1999.
- [Bauer] Bauer, Ulrich: Enzyklopädie BWL; Lehrveranstaltungs-skriptum, Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie, TU Graz, 2002/03.
- [Bauer2] Bauer, Herman: Baubetrieb 2 – Bauablauf, Kosten Störungen; Springer Verlag, 1992.
- [Baum] Baum, Heinz-Georg / Coenenberg, Adolf G. / Günther, Thomas: Strategisches Controlling; 4., überarbeitete Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 2007.
- [Bautech.] Bautechnik, Magazin: Artikel: Verfahrensvergleiche: Die Kombi macht´s; Seite 25; 11/2008.
- [Berner] Berner, Fritz / Kochendörfer, Bernd / Schach, Rainer: Grundlagen der Baubetriebslehre 2 – Baubetriebsplanung; 1. Auflage, B.G. Teubner Verlag, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.
- [Benesch] Benesch, Thomas / Schuch, Karin: Basiswissen zu Investition und Finanzierung; Fachbuch Wirtschaft, Linde Verlag Wien, 2005.
- [Bramse.] Bramsemann, Rainer: Handbuch Controlling – Methoden und Techniken; Carl Hanser Verlag, München Wien, 1987.
- [Brech.] Brecheler, Winfried / Friedrich, Jürgen / Hilmer, Alfons / Weiß, Richard: Baubetriebslehre, Kosten- und Leistungsrechnung – Bauverfahren; Verlag Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1998.
- [Bronner] Bronner, Rolf: Planung und Entscheidung; Grundlagen – Methoden – Entscheidung; 2., erweiterte Auflage, R. Oldenbourg Verlag GmbH. München, 1989.
- [Brüssel] Brüssel, Wolfgang: Baubetrieb von A bis Z: 4., neu bearbeitete Auflage, Werner Verlag, 2002.
- [Domschke] Domschke, Wolfgang / Scholl Armin: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht; 3., verbesserte Auflage, Springer Verlag, 2005.
- [Drees] Drees, Gerhard / Spranz, Dieter: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen; Verlag für Bauwesen GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1976.

- [Girm.] Girmscheid, Gerhard: Projektentwicklung in der Bauwirtschaft – Wege zur Win-Win Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer; 2., erweiterte und aktualisierte Auflage, Springer Verlag, 2007.
- [Gralla] Gralla, Mike / Würfele, Falk: Nachtragsmanagement; Verlag Werner/Neuwied, 1.Auflage, 2006.
- [Großm.] Großmann, Hans: Grundlagen der Technologie und Organisation im Bauwesen; 3. Auflage, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1973.
- [Gr.WÖ-Buch] Großes Wörterbuch; Serges Medien GmbH, Köln, 2000.
- [Gutenb.] Gutenberg, Erich: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – Erster Band, die Produktion; 16.Auflage, Springer Verlag, Berlin, 1969.
- [Hochm.] Hochmaier, Alois: „Richtig“ kalkulieren in Aktuelle Fragen des Baubetriebs – Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Walter Jurecka; Müller Verlag, Köln, 1980.
- [Hochm.1] Hochmaier, Alois: Die erfolgreiche Baustelle – Ein Leitfaden für Bauausführende; Österreichischer Wirtschaftsverlag, Wien.
- [Hoffm.] Hoffman, Manfred: Zahlentafeln für den Baubetrieb; 6. vollständig aktualisierte Auflage, B.G. Teubner Verlag Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, November 2002.
- [Hofst.] Hofstadler, Christian: Schularbeiten; Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation; Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2008.
- [Hofst.1] Hofstadler, Christian: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2007.
- [Hütte] Akademischer Verein Hütte: Taschenbücher der Technik – Bautechnik 1; 29. Auflage, Springer Verlag.
- [Joschke] Joschke, Heinz: Praktisches Lehrbuch der Betriebswirtschaft; Verlag Moderne Industrie, München, 1970.
- [Keil] Keil, Martinsen / Vahland, Fricke: Kostenrechnung für Bauingenieure; 10.Auflage, Werner Verlag, 2004.
- [Kunz] Kunz, Heinrich: Bauleitung – Baukosten; Verlag Stocker-Schmid AG, Dielikon-Zürich, 1972.
- [Kühn] Kühn, Günther: Handbuch Baubetrieb; Organisation – Betrieb – Maschinen; VDI Verlag, Düsseldorf, 1991.

- [Künst.] Künstler, Gerhard: Die Ablauforganisation von Baustellen – Am Beispiel eines Stahlbetonbaus; ZTV Verlag, Frankfurt/Main, 1989.
- [Lang] Lang, Wolfgang: Verfahrensvergleiche zur optimalen Auswahl von Bauverfahren - Grundlagen, Methodik und Anwendung; Diplomarbeit, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Graz, 2008.
- [Lechner] Lechner, Hans: Grundlagen der Bauwirtschaftslehre; Lehrveranstaltungsskriptum, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2003.
- [Leimb.] Leimböck, Egon / Klaus, Ulf Rüdiger / Hölckermann, Oliver: Baukalkulation und Projektcontrolling – unter Berücksichtigung der KLR Bau und der VOB; 11., überarbeitete Auflage, Vieweg Verlag, Wiesbaden, Juni 2007.
- [Nagel] Nagel, Ulrich: Baustellenmanagement; 1.Auflage, Verlag für Bauwesen GmbH, Berlin, 1998.
- [Obern.] Oberndorfer / Jodl: Handwörterbuch der Bauwirtschaft; 2.Auflage, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2001.
- [Olshau.] Olshausen, Gustav / Home, Jürgen: Berücksichtigung von Umwelteinflüssen bei der Auswahl von Bauverfahren; Schriftenreihe des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bau- und Wohnforschung, Hannover, 1983.
- [Pech] Pech, Anton / Kolbitsch, Andreas / Zach, Franz: Baukonstruktionen – Decken; Band 5, Springer Verlag, Wien, 2006.
- [Peri] Peri GmbH.: Handbuch 2008, Schalung Gerüst Engineering; Rudolf-Diesel-Straße, 89264 Weißenhorn
- [REFA] REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation: Entgeltdifferenzierung; 2. Aufl. München, Hanser 1989
- [Schmidt] Schmidt, Heinrich: Grundsätze baubetrieblicher Verfahrenswahl – dargestellt an Transportverfahren auf Großbaustellen; Bauverlag GmbH, Wiesbaden Berlin, 1970.
- [Schmidt1] Schmidt, Heinrich: Fertigungsplanung im Hochbau – Voraussetzungen ihrer optimalen Durchführung; Bauverlag GmbH, Wiesbaden Berlin, 1965.

- [Schmitt] Schmitt, Roland: Die Schalungstechnik; Systeme, Einsatz und Logistik; Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH., Berlin, 2001.
- [Schulte] Schulte, Gerd: Investition; 2., überarbeitete Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag 2007.
- [Seicht] Seicht, Gerhard: Investition und Finanzierung; 6., wesentlich erweiterte Auflage von >Investitionsentscheidungen richtig treffen< Theoretische Grundlagen und praktische moderner Investitionsrechnungsverfahren, Linde Verlag Wien, 1990.
- [Spranz] Spranz, Dieter: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau; Verlag Bauwerk, Berlin 2003.
- [Stadler] Stadler, Gert: Grundlagen der Bauverfahren; Lehrveranstaltungsskriptum, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2003.
- [Teschke] Teschke, Frank: Differenzierter Vergleich von Bauverfahren unter Berücksichtigung stochastischer Einflussgrößen – dargestellt am Vergleich von Winterbauverfahren; Dissertation, Braunschweig, 1977.
- [Touss.] Toussaint, Erwin: Leitfaden zur Bauvorgangsplanung; Bauingenieurpraxis Heft 107, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Linz, 1975.
- [Tumm] Tumm, Günter W.: Die neuen Methoden der Entscheidungsfindung, Düsseldorf 1972, Verlag Moderne Industrie, 1972.

18 Formelverzeichnis

- (1) Grundgleichung der Kostenvergleichsrechnung nach Bauer.
- (2) Erweiterung der Grundgleichung der Kostenvergleichsrechnung zur Ermittlung des Liquidationserlöses.
- (3) Formel der Wiedergewinnungszeit im Falle konstanter Jahreswiedergewinnungsbeiträge.
- (4) Formel der Wiedergewinnungszeit im Falle konstanter Jahreswiedergewinnungsbeiträge, wobei der Jahreswiedergewinnungsbetrag in einer durch die Investition verursachten Jahresgewinnzunahme entsteht.
- (5) Formel der Wiedergewinnungszeit im Falle konstanter Jahreswiedergewinnungsbeiträge, wobei der Jahreswiedergewinnungsbetrag in einer durch die Investition verursachten Jahreskosteneinsparnis entsteht.
- (6) Formel, ab welchem Zeitraum sich der Kapitaleinsatz durch Gewinne oder Kosteneinsparungen amortisiert.
- (7) Formel zur Berechnung der dynamischen Amortisationsdauer.
- (8) Formel zur Ermittlung des Break-Even-Punktes.
- (9) Formel zur Berechnung der absoluten Differenz zwischen Stückkosten.
- (10) Formel zur Berechnung der absoluten Differenz zwischen den Gesamtkosten zweier Bauverfahren.
- (11) Allgemeine Formel zur Ermittlung des Gesamtkostenverlaufs eines Bauverfahrens.
- (12) Gleichungsansatz zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeitsgrenze zweier Bauverfahren.
- (13) Gleichung zur Darstellung der Gerätekosten zweier Schalverfahren.
- (14) Formel zur Berechnung der Einzelkosten für ein Schalsystem ohne Grund- und Demontage.
- (15) Formel zur Berechnung der Kosten für ein Schalsystem B mit Grund- und Demontage.
- (16) Formel zur Berechnung der Grenzschalfläche.
- (17) Gleichung anhand der die Bedingung für die Entscheidung eines Verfahrens/System B getroffen wird.
- (18) Formel zur Berechnung des Erwartungswertes für die Entscheidung bei unvollkommener Information

- (19) Formel für die absolute Gewichtung eines Zielkriteriums
- (20) Formel für den projektspezifischen Zielerwartungswert
- (21) Formel zur Berechnung eines Nutzwertes einzelner Projektentwicklungsformen

19 Abkürzungsverzeichnis

AV	Arbeitsvorbereitung
d.h.	das heißt
NATM	New Austrian Tunneling Method
TU	Technische Universität
u.a.	und anderem
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
UG	Untergeschoss
EG	Erdgeschoss
OG	Obergeschoss