

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

VIENNA
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

Termin- und Kostenoptimierung beim Bau einer Produktionsstätte

The optimizing of time management and costs when building a production site

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs unter
der Leitung von

Univ.Prof. DI Dr.techn. Andreas Kropik

und als verantwortlich mitwirkenden Assistenten

Univ. Ass. DI Livia Prestros

am

Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Sonja Elisabeth Janak

9325128

Hauptstraße 35
A – 7222 Rohrbach

Wien, im Mai 2008

.....
(Sonja Elisabeth Janak)

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt meiner Familie, meinen Freunden und meinen Kollegen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt und meine schlechten Launen ertragen haben.

Insbesondere möchte ich mich bei meinen Eltern und meinem Lebensgefährten bedanken, die immer an mich geglaubt haben.

Die Arbeit ist meinen lieben Großeltern gewidmet, die leider schon verstorben sind.

KURZFASSUNG

Termin- und Kostenoptimierung beim Bau einer Produktionsstätte – Sonja Elisabeth Janak

Um Kosten und Termine optimieren zu können, müssen viele Faktoren bedacht werden. Bei Produktionsstätten sind fertigungstechnische, betriebswirtschaftliche, arbeitswissenschaftliche und bauliche Rahmenbedingungen maßgebend.

In dieser Arbeit wird auf die Optimierung von Tragwerken bei Produktionsstätten eingegangen und welche Baumaterialien wie Ortbeton, Fertigteile aus Stahlbeton, Holz und Stahl von Vorteil bzw. von Nachteil sind. Zunächst wird die Entstehung eines Bauprojektes beschrieben. Anschließend wird auf die Anforderungen an den Industriebau eingegangen und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Materialien herausgearbeitet.

Um Kosten und Termine besser vergleichen zu können wurden zwei Tragwerke für Industriebauten gewählt. Nach Ermittlung der statischen Dimensionen wurden Kostenschätzungen und Bauzeitpläne für die jeweiligen Tragsysteme erstellt. Der Vergleich der Kosten der gewählten Materialien hat gezeigt, dass Tragwerke aus Holz und aus Stahlbetonfertigteilen besonders günstig sind. Die Auswertung der Termine hat ergeben, dass die Bauzeiten von Fertigteilen aus Stahlbeton, Holz und Stahl ähnlich sind. Die Ausführung in Ortbeton weist die längste Baudauer auf.

Allerdings können nicht nur die Kriterien der Kosten und der Termine bei der Planung berücksichtigt werden, da es noch unzählige Faktoren gibt, die bei der Wahl des Tragwerks mitspielen. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit sowohl ein tabellarischer Vergleich der Materialien als auch eine Auswahlmatrix erstellt, um einige Faktoren samt deren gegenseitiger Beeinflussung aufzuzeigen.

Nachdem jedes Projekt in seiner Form und in seinen Anforderungen einzigartig ist, sind die jeweiligen Planer gezwungen jedes Bauwerk neu auszuarbeiten. Wichtig dabei ist die Koordination der diversen Fachleute. Vor allem im Anfangsstadium eines Projektes können Kosten und Termine noch erheblich beeinflusst werden.

Die Wahl eines Tragwerkmaterials hängt nicht nur von objektiven Tatsachen ab. Oft sind subjektive Erfahrungswerte für die Auswahl maßgebend.

ABSTRACT

The optimizing of costs and time management when building a production site – Sonja Elisabeth Janak

To be able to optimise costs and time management, many aspects have to be taken into account. In the case of production facilities manufacturing technical, economic, ergonomical and constructional conditions are decisive.

In this thesis the optimisation of the bearing structure of an industrial building will be looked at, and at the advantages and disadvantages of construction materials like site-mixed concrete, precast concrete parts, wood and steel. Firstly the development of a construction project will be described. Next the specific requirements of industrial construction will be discussed in more detail, and the advantages and disadvantages of the different material will be elaborated.

To make costs and deadlines more comparable, two bearer structures for industrial buildings have been chosen. After the static dimensions were determined, the estimation of costs and the construction time planning of the respective load bearing systems were generated. The comparison of costs of the selected materials has shown that bearer structures made from wood and precast concrete parts are very low priced. The analysis of time plans has shown that construction time with precast concrete parts, wooden parts and steel parts are comparable. The building with site-mixed concrete has the longest construction time.

However in planning not only aspects of costs and deadlines can be regarded, because there are innumerable other aspects that play a role for the choice of a specific bearer structure. For that reason a comparison in table form and a selection matrix have been made within the framework of this thesis, so that several factors with their interaction became visible.

Because every building project is unique in its form and demands, the respective planners are forced to re-elaborate every building in detail. At the same time it is important to coordinate the different professionals. Especially in the initial stage of a project, costs and timetables can be influenced considerably.

The choice of the material for the bearer construction is not only dependent from impartial facts. Often for the final selection subjective empirical values are decisive.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	4
2	ENTSTEHUNG EINES BAUPROJEKTES	6
2.1	Grundlagenermittlungsphase	10
2.1.1	Raum- und Funktionsprogramm	10
2.1.2	Projektstruktur, Kostenrahmen	11
2.2	Vorentwurfsphase	11
2.2.1	Auswahl und Beauftragung der Planer	11
2.2.2	Vorentwürfe, Grobkostenschätzung, Konstruktionsentwürfe	11
2.3	Entwurfsphase	12
2.3.1	Einreichplanung, Baubewilligung	13
2.3.2	Ausführungsplanung	13
2.3.3	Kalkulation	13
2.3.3.1	Baupreiskalkulation	14
2.3.3.2	Ausschreibung	14
2.3.3.3	Aufgaben der Kalkulation	15
2.3.3.4	Grundlagen der Kalkulation	16
2.3.3.5	Phasen der Kalkulation	16
2.3.4	ÖNORM B 2061	19
2.4	Ausführungsphase	20
2.4.1	Arbeitsvorbereitung	20
3	VARIANTEN IM INDUSTRIEBAU	22
3.1	Einleitung	22
3.2	Anforderungen an den Industriebau	23
3.2.1	Fertigungstechnische und betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen	23
3.2.2	Arbeitswissenschaftliche Rahmenbedingungen	25
3.2.3	Architektonisch-bauliche Rahmenbedingungen	25
3.3	Industriebautypen	27
3.3.1	Bauformen eingeteilt nach der Anzahl der Stockwerke	27
3.4	Bauformen nach der Wahl der Konstruktionsmaterialien	29

3.4.1	Tragwerke aus Stahlbeton in Ortbetonbauweise	29
3.4.1.1	Vorteile bei der Wahl einer Ortbetontragkonstruktion	31
3.4.1.2	Nachteile bei der Wahl einer Ortbetontragkonstruktion	31
3.4.2	Tragwerke aus Stahlbeton in Fertigteilbauweise	32
3.4.2.1	Vorteile bei der Wahl einer Betonfertigteiltragkonstruktion	33
3.4.2.2	Nachteile bei der Wahl einer Betonfertigteiltragkonstruktion	34
3.4.3	Tragwerke aus Holz	35
3.4.3.1	Vorteile bei der Wahl einer Holztragkonstruktion	37
3.4.3.2	Nachteile bei der Wahl einer Holztragkonstruktion	38
3.4.4	Tragwerke aus Stahl	39
3.4.4.1	Vorteile bei der Wahl einer Stahltragkonstruktion	41
3.4.4.2	Nachteile bei der Wahl einer Stahltragkonstruktion	42
3.5	Kostenschätzung für einen Flachbau und eine Halle	44
3.5.1	Beispiel Halle	45
3.5.1.1	Skizze des Hallentragwerks	45
3.5.1.2	Kostenschätzung für Hallenbauten	45
3.5.2	Beispiel Flachbau	49
3.5.2.1	Kostenschätzung für Flachbauten	50
3.5.2.2	Vergleich mit dem BKI	52
3.5.3	Bauzeitplan einer Halle und eines Flachbaus	53
3.5.3.1	Halle	55
3.5.3.2	Flachbau	56
3.6	Vergleich der Konstruktionsmaterialien	57
3.7	Kosten und Terminoptimierung	60
3.7.1	Kosten und Termine der gewählten Beispiele Halle und Flachbau	65
3.8	Interviews mit Ziviltechnikern / Generalplanern	66
3.9	Auswahl des Konstruktionsmaterials mittels Strukturbaumes	68
3.10	Beispiele für Industriebauten	70
3.10.1	Produktionsgebäude der Baxter Vaccine AG aus einer Mischbauweise in Ortbeton und Stahlbetonfertigteilen	70
3.10.2	Holzflachbau für Weinlagerung für das Weingut Beck	73
3.10.3	Stahlhalle für die Erzeugung von Edelstahlrohren der Fa. Schoeller Bleckmann	74
3.11	Conclusio der Variantenuntersuchung	76
4	QUELLENVERZEICHNIS	77

5	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	80
6	ANHANG	81
6.1	Lastannahmen für die statische Berechnung	81
6.2	Kalkulation	84
6.2.1	Halle aus Ortbeton	84
6.2.2	Halle aus Stahlbetonfertigteilen	94
6.2.3	Halle aus Holz	97
6.2.4	Halle aus Stahl	100
6.2.5	Flachbau aus Ortbeton	103
6.2.6	Flachbau aus Stahlbetonfertigteilen	113
6.2.7	Flachbau aus Holz	116
6.2.8	Flachbau aus Stahl	119

1 Einleitung

„Architektur ist Ordnung des Raumes für den Menschen, Struktur ist Ordnung der Materie im Raum.“ Beides zusammen ergibt eine neue Disziplin, die „Architektonik“. Die Veränderungen in der Geschichte der Architektonik haben in den Bauweisen und den Produktionsverfahren ihre materielle Ursache. Waren früher schwere Konstruktion in der Größe von 500 kg / m² überdeckter Fläche notwendig so sank dieser Wert heute auf ca. 50 – 100 kg/m²¹.

Beim Entwurf sind die Gesichtspunkte der industriellen Vorfabrikation, weniger verschiedenen Elemente, geringes Konstruktionsgewicht, schneller Montage und der Möglichkeit der Wiederverwendung ausschlaggebend.

Baurationalisierung muss immer die Kosten-Wert-Relation im Auge behalten. Es hätte keinen Sinn, billiger, aber schlechter, oder besser, aber teurer zu bauen. Die Rationalisierung kann an drei Punkten ansetzen: bei den Baustoffen, den Bauarten und dem Bauverfahren.

Die herkömmlichen Baustoffe übernehmen im Allgemeinen mehrere Funktionen – sie können zunächst verbessert werden. Darüber hinaus können neue, höherwertige, aber einfunktionelle Baustoffe eingeführt werden was im Industriebau zwangsläufig sparsame Bauten bringt. Die Bauart der Skelettbauweise bei Einsatz von Fertigteilen zeigt sich durchaus als konkurrenzfähige Bauweise für den Industriebau.

Es scheint dass die Flexibilität und Variabilität auch durch sinnvollere und wirtschaftlichere Maßnahmen erreicht werden können. Die Trennung in stationäre und „dynamische“ Baugruppen (veränderbar und ergänzungsfähig) gäbe bereits erste Ansätze, vor allem wenn man durch gezielten Einsatz der entsprechenden Technologie (Beton, schlaff bewehrt oder vorgespannt, Stahl, Holz, vor allem Brettschichtholz oder aber im Verbund der verschiedensten Materialien) eine Materialzuordnung nach Effizienzkriterien trifft.

Im Zuge der Diplomarbeit wurden die verschiedenen Materialien bei einem Tragwerk für eine Produktionsstätte verglichen und die Vor- und Nachteile herausgearbeitet um Entscheidungskriterien für die Planung und Wahl des Baustoffes zu bekommen. Mit gleichem Aufwand soll bei gleich bleibender Qualität eines Projektes ein höheres Ergebnis erzielt werden bzw. soll das gleiche Ergebnis wie bisher mit einem geringeren Kostenaufwand erreicht werden.

¹ Angaben Interview Dr. Woschitz

Natürlich ist die Rationalisierung im Baugewerbe nicht so einfach wie in der stationären Industrie, da jedes Bauwerk von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängt, wie der Lage, der Art, dem Umfang, etc. und somit einzigartig ist.

Die Diplomarbeit wurde auf Basis der Literaturrecherche, Interviews mit Fachleuten und aus eigenen Erfahrungen im Rahmen meiner zwölfjährigen Tätigkeit als Kalkulant, Bauleiter und Projektleiter erarbeitet.

2 Entstehung eines Bauprojektes

Es ist zielführend die Entstehung eines Bauprojektes in verschiedene zeitlich aufeinander abfolgende Abschnitte zu unterteilen. Ansätze dafür werden dazu in der Literatur gefunden. Im deutschen Raum steht hier an erster Stelle die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), welche noch Bezug auf die alte DIN 276 aus dem Jahre 1981 nimmt. Hier wird ein Projekt in neun Phasen unterteilt:²

1. Grundlagenermittlung
2. Vorplanung
3. Entwurfsplanung
4. Genehmigungsplanung
5. Ausführungsplanung
6. Vorbereiten der Vergabe
7. Mitwirkung bei der Vergabe
8. Objektüberwachung
9. Objektbetreuung und Dokumentation

In der „Honorarermittlung 2007+“ der Kammer für Architekten und Ingenieurkonsulenten in Österreich sind die Phasen wie folgt eingeteilt:³

- A. Projektvorbereitung
- B. Planungsphase
- C. Ausführungsphase
- D. Projektabschluss

² Vgl. HOAI, 2002. §15.

³ Vgl. Honorarermittlung 2007+, 2008.

Diese Abschnitte sind wiederum unterteilt: Die Projektvorbereitung in etwa die Projektleitung, die Projektsteuerung, die Tragwerksplanung und die Technische Gebäudeausrüstung, die Planungsphase in etwa die Projektsteuerung und die Planung, die Ausführungsphase in etwa die örtliche Bauaufsicht und die Termin- und Qualitätskontrolle.

Oberndorfer teilt die Projektabwicklung in Anlehnung an die HOAI in vier Abschnitte, wobei diese gleichzeitig die Anforderungen an die verschiedenen Projektbeteiligten aufzeigen:

1. Grundlagenermittlung
2. Planungsphasen (Vorentwurf, Entwurf und Ausführungsplanung)
3. Technisch-wirtschaftlich-rechtliche Dienstleistungsphasen (Ausschreibung und Vergabevorbereitung, Örtliche Bauaufsicht)
4. Ausführungsphase⁴

In Österreich sind die verschiedenen Phasen der Objekterrichtung in der ÖN B1801-1 definiert:

1. Grundlagenermittlungsphase
2. Vorentwurfsphase
3. Entwurfsphase
4. Ausführungsphase
5. Inbetriebnahmephase
6. Nutzungsphase⁵

Ein Vergleich der oben angeführten Phaseneinteilungen zeigt, dass diese prinzipiell ähnlich sind. Bei der HOAI ist der Projektablauf lediglich in neun Phasen statt in sechs wie bei der ÖN B1801-1 unterteilt. *Oberndorfer* fasst die Phasen in vier Abschnitte zusammen. Hier ist die Besonderheit, dass leicht erkannt werden kann, welche Kompetenzen in der jeweiligen Phase gefordert sind.

⁴ Vgl. Oberndorfer, Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten, 2007, S. 52.

⁵ Vgl. ÖN B1801-1, 1995, S. 6.

Die oben genannten Bedarfsplanungsphasen aus der ÖN B1801-1 werden bis auf die Inbetriebnahmephase und die Nutzungsphase im Folgenden weiter erläutert.

Bedarfsplanungsphase	Grundlagen-ermittlungsphase	Vor-entwurfsphase	Entwurfsphase	Ausführungsphase	Inbetriebnahmephase	Nutzungsphase
Objektentwicklung		Objekt-errichtung			Objekt-nutzung	
Qualitätsziele	Raum-/Funktionsprogramm	Vor-entwurfsplanung	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Bestandsplanung	Inventarverzeichnis
Qualitätsziele	Qualitätsrahmen	Anlagebeschreibung	Objektbeschreibung	Leistungsbeschreibung	Ausstattungsbeschreibung+Raumbuch	Inventarbeschreibung
Terminziele	Terminrahmen	Grobterminplan	Genereller Ablaufplan	Ausführungsterminplan	Bezugsterminplan	Nutzungsterminplan
Kostenziele	Kostenrahmen	Kosten-schätzung	Kostenbe-rechnung	Kosten-anschlag	Kosten-feststellung	Nutzungs-kosten

Abbildung 1 Beziehung Projektphasen-Projektziele-Kostenermittlung⁶

⁶ Vgl. Oberndorfer, Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten, 2007, S. 258.

In der nachstehenden Abbildung wird der Ablauf eines Bauprojektes nochmals graphisch dargestellt um eine übersichtlichere Darstellung zu erhalten.

Ablaufreihenfolge der Planungsphase

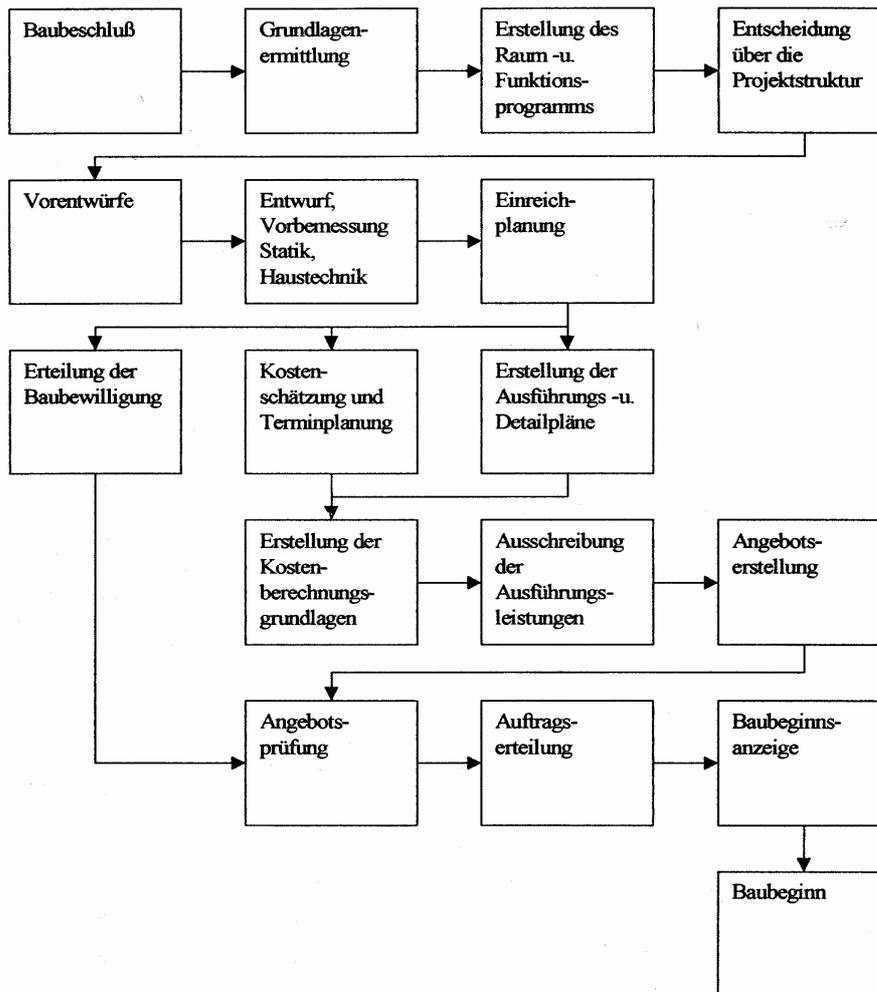


Abbildung 2 Ablauf der Planungsphase bis Baubeginn⁷

⁷ Vgl. Gerdenitsch, Freizeitzentrum mit Tennishalle, 2003, S. 7.

2.1 Grundlagenermittlungsphase

Zunächst muss hier die Aufgabenstellung genau abgeklärt werden, um bestimmen zu können, welche Fachplaner bereits von Beginn an in das Projekt involviert werden müssen, da hier die Zusammenarbeit verschiedener Konsulenten erforderlich ist.⁸

Beteiligte in der Grundlagenermittlungsphase

- Grundeigentümer
- Bauherr (Auftraggeber, Bauwerber) – privater Auftraggeber oder öffentlicher Auftraggeber
- Berater (Konsulenten, Sachverständige, Gutachter und Sonderfachleute) des Bauherrn
- Benutzer des Bauwerkes
- Planverfasser
- Behörden
- Anrainer und Anlieger

Fasst ein Bauherr den Beschluss ein größeres Bauprojekt wie etwa eine Produktionsstätte eines Unternehmens in Angriff zu nehmen, so braucht er als Entscheidungsvorbereitung Analysen über den Bedarf, den Nutzen, den möglichen Standort mit dazugehöriger Infrastruktur und über Finanzierungsmöglichkeiten. Ein Baubeschluss wird gefasst, wenn er sich Klarheit über diese Dinge verschaffen hat und einen Standort gefunden hat.

Für die Planung eines Gebäudes, welche durch einen Architekten oder Zivilingenieur erstellt wird, ist ein Raum- und Funktionsprogramm wichtig.

2.1.1 Raum- und Funktionsprogramm

Das Raumprogramm enthält Anzahl, Widmung und Raumbedarf der im Bauwerk erforderlichen Räume. Das Funktionsprogramm stellt die Beziehungen der Räume zueinander und zur Umwelt dar. Bei einfachen Bauwerken kann der Bauherr das Programm selbst erstellen. Bei komplexen Projekten werden in dieser Phase bereits diverse Berater herangezogen. In dieser Phase sollte auch ein gewisser Qualitätsrahmen und Terminrahmen vom Bauherrn oder seinen Beratern festgelegt werden. Als Hilfestellung können Vorgaben von Referenzprojekten verwendet werden.

⁸ Vgl. Oberndorfer, Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten, 2007, S. 52.

2.1.2 Projektstruktur, Kostenrahmen

Nachdem das Raumprogramm erstellt worden ist, beschäftigt man sich mit der Projektstruktur. Aus dieser kann man im Endeffekt herauslesen, welche Funktionen und Aufgaben die am Projekt beteiligten Fachleute haben und in welcher Beziehung sie zueinander stehen.

Durch das Raumprogramm kann jetzt auch ein Kostenrahmen in der Grundlagenermittlungsphase ermittelt werden. Dieser Kostenrahmen dient als Kostenvorgabe für die Kostenschätzung und auch als Kostenkontrolle. Grundlagen für den Kostenrahmen sind neben dem Raumprogramm der Qualitätsrahmen, welcher nach Kostenbereichen gegliedert ist, wie auch der vorgegebene Terminrahmen.⁹

2.2 Vorentwurfsphase

Der nächste Schritt ist die Auswahl der Beauftragung der Planer durch etwa den Bauherrn.

2.2.1 Auswahl und Beauftragung der Planer

Durch den Projektstrukturplan steht nun fest, welche Planungen in welchem Umfang beauftragt werden müssen.

Für ein durchschnittliches Hochbauvorhaben wird ein Planer für den Vorentwurf, den Entwurf, die Einreichplanung, die Kostenberechnungsgrundlage, die Ausführungs- und Detailzeichnungen benötigt. Das kann ein Architekt, ein Zivilingenieur für Bauwesen aber auch ein Baumeister sein.

Für die konstruktive und statische Bearbeitung wird ein Zivilingenieur für Bauwesen benötigt, für vermessungstechnische Angelegenheiten ein Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen. Bei speziellen haustechnischen Planungen wie etwa für Heizung, Klima, Sanitär und Elektrotechnik sollte noch ein erfahrenes technisches Büro beauftragt werden.

2.2.2 Vorentwürfe, Grobkostenschätzung, Konstruktionsentwürfe

Der Hauptplaner, etwa ein Architekt, analysiert die Grundlagen und klärt die Rahmenbedingungen ab. Aufgrund der vom Auftraggeber bekannt gegebenen Planungsgrundlagen, wie dem Lageplan, den örtlichen Gegebenheiten, den Bebauungsbestimmungen und dem Raum- und Funktionsprogramm werden verschiedene Lösungsmöglichkeiten in Skizzen entworfen.

⁹ Vgl. ON B 1801-1, 1995, S. 8 und Kropik, Kosten- und Terminplanung, 2008, S. 16ff.

Der Statiker sollte in dieser Phase einbezogen werden, um zu klären, welche Entwürfe technisch und statisch möglich sind. Bei komplexeren Gebäuden ist dies von großer Wichtigkeit, da oft große Raumhöhen, große Spannweiten und hohe Lasten das System der Bauausführung bestimmen. Schon hier wird zu einem großen Teil entschieden, welche Variante zur Ausführung kommt bzw. welche die einzig mögliche ist. Auch der vorhandene Zeitrahmen entscheidet über die Bauweise.

Weiters hat der Hauptplaner die Aufgabe die Anlage zu beschreiben, und er legt auch die vom Bauherrn gewünschten Qualitätskriterien fest.

Die Erstellung eines Grobterminplanes liegt auch in seinem Aufgabenbereich. Dies kann mittels eines Meilensteinplanes erfolgen, in welchem die wichtigsten Ereignisse des Projektablaufes etwa in einer Tabelle dargestellt werden.¹⁰

Die Grobkostenschätzung trägt einen wesentlichen Teil zur Entscheidungsfindung in der Vorentwurfsphase bei. Sie dient als Kostenvorgabe für die Kostenberechnung und als Kostenkontrolle. Der Hauptplaner erstellt diese mit den oben beschriebenen Grundlagen, wie dem Vorentwurf, der Anlagenbeschreibung und dem Grobterminplan.¹¹

Am Ende der Vorentwurfsphase wird ein Lösungsvorschlag vom Bauherrn in Zusammenarbeit mit dem Planer und dem Statiker genehmigt, der als Grundlage für die Entwurfsphase herangezogen wird. In dieser Phase wird von den Fachplanern eine Materialvariante entschieden.

2.3 Entwurfsphase

Aufgrund des genehmigten Vorentwurfes wird die Lösung der Bauaufgabe so erarbeitet, dass sie ohne grundsätzliche Änderung als Grundlage für die weitere Planung dienen kann. In der Regel werden Grundrisse, Schnitte und Ansichten im Maßstab 1:100 unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen erstellt. Dazu gehören auch Besprechungen mit den Behörden und die Einarbeitung verschiedener Konzepte z.B. Haustechnik. Der Statiker erstellt in diesem Zuge eine Vorstatik.

Weiters erfolgt eine Objektbeschreibung, welche nach Elementen oder nach Leistungsgruppen gegliedert ist. Solche Elemente können z.B. sein: 4A Allgemeine Maßnahmen, 4B Innenverkleidung oder 4C Außenverkleidung. Leistungsgruppen sind z.B. 2.H01 Baustellengemeinkosten, 2.H02 Abbrucharbeiten, usw.¹²

¹⁰ Vgl. Kropik, Kosten- und Terminplanung, 2008, S. 17.

¹¹ Vgl. Kropik, Kosten- und Terminplanung, 2008, S. 11.

¹² Vgl. ON B 1801-1, 1995, S. 11.

Ein genereller Ablaufplan wird erstellt. Dies erfolgt über einen Übersichtsplan, der alle Projektphasen darstellt und dem Bauherrn die Entstehungszeiten des Projektes näher bringt.

In dieser Phase erfolgt etwa vom Architekten eine Kostenberechnung. Diese dient wiederum als Kostenvorgabe für den Kostenanschlag und als Kostenkontrolle der Kostenschätzung. Die Kostenberechnung wird als Grundlage für die Entscheidung über die Entwurfsplanung herangezogen.

Erstellt wird die Kostenberechnung aus der oben beschriebenen Entwurfsplanung, der Objektbeschreibung und dem generellen Ablaufplan.

2.3.1 Einreichplanung, Baubewilligung

Danach wird die Einreichplanung vom Hauptplaner aufgrund des Entwurfes gezeichnet und bei der Baubehörde eingereicht. Diese prüft die Einreichunterlagen auf Vollständigkeit, Übereinstimmung mit den Baubestimmungen und Übereinstimmung mit den Baugesetzen. Nach mehreren formalen Schritten – auf diese wird in der Diplomarbeit nicht eingegangen – erteilt die Baubehörde die Baubewilligung.

2.3.2 Ausführungsplanung

Anschließend kann mit der Ausführungsplanung begonnen werden. Der Planer verfasst die so genannten Polierpläne im Maßstab 1:50. In diesen Plänen sind alle Angaben der an der Planung beteiligten Fachleute und die Auflagen der Behörden eingearbeitet. Es werden auch die nötigen Detailpläne erstellt.

Für die Einholung von vergleichbaren Angeboten werden nun Massen berechnet und Leistungsverzeichnisse erstellt. Diese Leistungsverzeichnisse werden positionsweise nach Gewerken aufgestellt, gegebenenfalls unter Verwendung von standardisierten Leistungsbeschreibungen. Hier wird nun genau beschrieben, was vom Bauherrn gefordert wird.

Weiters wird ein Ausführungsterminplan erstellt. Dieser stellt die Tätigkeiten, welche die Auftragnehmer leisten müssen, zeitlich detailliert dar. Die Darstellung erfolgt meist in Form eines Balkendiagramms, in welchem die Bauvorgänge untereinander aufgelistet werden. Neben den Bauvorgängen wird mittels Balken die Vorgangsdauer dargestellt.

2.3.3 Kalkulation

Im folgenden Abschnitt wird erörtert, welches Kalkulationsverfahren als sinnvoll für die Vergleiche der verschiedenen Varianten zu erachten ist.

Die Auswahl des Verfahrens hängt hauptsächlich vom Fertigungsprogramm des jeweiligen Betriebes ab. Es wird unterschieden zwischen Massenfertigung, Seriefertigung, Einzelfertigung und Kuppelproduktion.

Von Massenfertigung wird gesprochen, wenn nur ein Produkt in großen Mengen über einen längeren Zeitraum produziert wird. Hier wird die Divisionskalkulation angewandt, wo die gesamten Periodenkosten eines Betriebes durch die produzierte Menge dividiert werden.

Bei einer Serienproduktion werden meist komplexere Produkte in größerer Menge hergestellt. Auch hier bedient man sich der Divisionskalkulation. Unter einer Kuppelproduktion versteht man das zwangsläufige Anfallen von mehreren Produkten bei einem Produktionsprozess. Hier wird versucht durch die Kuppelproduktkalkulation die gemeinsamen Kosten für die verschiedenen entstehenden Produkte den gesamten Kosten gegenüberzustellen.

Einzelfertigung liegt vor, wenn ein häufig wechselndes Produktionsprogramm gefertigt wird, wie es in diesem Fall bei dem Bau einer Produktionsstätte vorliegt. Es wird jeweils nur ein einziges Stück einer Produktart hergestellt. Bei der Einzelfertigung wird die Zuschlagskalkulation angewendet, die auf der Gliederung des Betriebes in Kostenstellen aufbaut. *„Die Bezeichnung „Zuschlagskalkulation“ leitet sich davon ab, dass man in früheren Zeiten üblicherweise die Lohnkosten und die Materialkosten in den einzelnen Kostenstellen als Einzelkosten kostenträgerweise erfasst hat, die in den diversen Kostenstellen anfallenden Gemeinkostensumme zu den in der jeweiligen Stelle als Einzelkosten erfassten Kosten in Beziehung setzte und daraus einen wertmäßigen (Prozent-)Zuschlag für die Gemeinkosten auf die Einzelkosten errechnete und in der Kostenträgerrechnung die kostenträgerweise erfassten Einzelkosten durch Hinzurechnung der Gemeinkostenzuschläge ergänzte.“*¹³

2.3.3.1 Baupreiskalkulation

*„Kalkulation: Unter Kalkulation (lat. Calculus = Steinchen, Rechnung) von Baupreisen wird die rechnerische Ermittlung von Kosten und Preisen für Bauleistungen vor Leistungserstellung, im Rahmen eines Angebotes, verstanden.“*¹⁴

2.3.3.2 Ausschreibung

Bei der Ausschreibung muss zunächst unterschieden werden, ob es sich um einen öffentlichen oder einen privaten Auftraggeber handelt. Öffentliche Auftraggeber müssen sich an das Bundesvergabegesetz halten.

¹³ Vgl. Seicht, Moderne Kosten und Leistungsrechnung, 2001, S. 34.

¹⁴ Vgl. Oberndorfer, Kosten- und Terminplanung, 2003, S. 3.

Für Bauprojekte werden in der Regel ein offenes Verfahren, ein nicht offenes Verfahren oder ein Verhandlungsverfahren angewandt und so Firmen zu einem Kostenanschlag aufgefordert.

Beim offenen Verfahren werden alle befugten Unternehmen per Inserat zur Anbotslegung aufgefordert. Die Anbotseröffnung ist zu einem fixen Termin, an welchen die Unternehmen anwesend sein dürfen. Anschließend werden die Angebote nach bestimmten Kriterien geprüft und der Zuschlag wird schriftlich erteilt.

Bei einem nicht offenen Verfahren oder auch beschränkte Ausschreibung werden nur bestimmte Unternehmen angeschrieben. Dieses Verfahren ist dann zulässig, wenn die Leistung nur von bestimmten Unternehmen ausgeführt werden kann, wenn Geheimhaltung geboten ist oder auch eine öffentliche Ausschreibung ohne Erfolg geblieben ist. Die Anbote werden auch zu einem festgelegten Zeitpunkt geöffnet, an welchem die Unternehmen anwesend sein dürfen. Anschließend werden die Anbote in einer bestimmten Zeit und nach bestimmten Kriterien geprüft und der Zuschlag wird schriftlich erteilt.

Bei einem Verhandlungsverfahren werden ein oder mehrere Unternehmen zur Anbotslegung aufgefordert. Die Vergabe erfolgt ohne förmliches Verfahren, meist nach eigenem Ermessen. Diese Ausschreibung ist nur dann zulässig, wenn geeignete Ausschreibungsunterlagen fehlen, eine Leistung gleicher Art nachbestellt wird oder der Wert der Leistung so gering ist, dass der Aufwand einer öffentlichen oder beschränkten Ausschreibung nicht vertretbar wäre.

Der Kostenanschlag dient als Kostenvorgabe für die Auftragsvergabe und als Kostenkontrolle.¹⁵

2.3.3.3 Aufgaben der Kalkulation

Die Kalkulation ist für ein Unternehmen sehr wichtig, da dieses dadurch ihre Aufträge erlangt und so seinen Umsatz sicherstellt. Der in einer Kalkulation zu erzielende Preis soll nicht nur die Kosten abdecken, sondern auch eine ausreichende Verzinsung des eingesetzten Kapitals, des Wagnisses und Gewinns beinhaltet, erreichen. Die Kunst der Kalkulation liegt darin, den Anbotspreis so anzusetzen, dass er den Vorstellungen des Auftraggebers entspricht, dass das eigene Unternehmen Billigstbieter ist und dass das Anbot möglichst knapp vor dem nächsten Bieter liegt, um den maximal möglichen Gewinn auszuschöpfen.

Oft gibt ein Unternehmen ein Anbot auch ab, wenn es nicht in die Auftragslage des Betriebes passt, um an weiteren Ausschreibungen teilnehmen zu können, da dem Auftraggeber bei Absage einer Ausschreibung das Gefühl von Nichtinteresse an Folgeaufträgen vermittelt werden könnte.

¹⁵ Vgl. Kropik, Kosten- und Terminplanung, 2008, S. 17.

2.3.3.4 Grundlagen der Kalkulation

Eine Grundlage der Kalkulation kann ein Leistungsverzeichnis sein, in dem alle Leistungen, die für die Erstellung eines Bauwerks vom Auftraggeber gefordert werden, qualitativ und quantitativ erfasst sind.

Bei privaten Auftraggebern ist es oft nur eine Leistungsbeschreibung in Zusammenhang mit Einreichplänen, aus der die Kalkulationsabteilung des Unternehmens ein Leistungsverzeichnis erstellt, welches auch als Vertragsgrundlage dienen kann. Das ist nicht nur für die Preisermittlung von Vorteil, da dadurch genauer festgelegt wird, was kalkuliert wurde, sondern auch für die Nachkalkulation eines Unternehmens.

Erfahrungsgemäß werden manche Preise für Ausschreibungen auch über Quadratmeter und Kubaturen eines zu errichtenden Bauwerkes ermittelt. Dazu werden Kennzahlen aus bereits abgeschlossenen ähnlichen Bauprojekten herangezogen. Berücksichtigt werden bei einer Wohnhausanlage die entstandenen Gesamtkosten, die durch z.B. die Wohnnutzfläche und den Bruttonauminhalt dividiert werden. Bei dieser Preisermittlung kann es aber oft zu Unstimmigkeiten mit dem Bauherrn führen, da nicht genau definiert ist, was im Auftrag enthalten ist.

2.3.3.5 Phasen der Kalkulation

Es können folgende Phasen der Kalkulation des Auftragnehmers unterschieden werden:

- Für die Interessensfeststellung sind die Sparte, die Kapazitätserfordernis, der Ort und die Zeit maßgebend. Hier wird festgestellt, ob die Ausschreibung in das Konzept und in die Planung des Unternehmens passt.
- In der Phase der Vorkalkulation, die auch Nullkalkulation genannt wird, soll eine *„möglichst objektive und sachliche Ermittlung kostendeckender Preise unter Berücksichtigung der örtlichen und zeitlichen Umstände und Risiken“*¹⁶ durchgeführt werden.
- In der Angebotskalkulation wird die Vorkalkulation modifiziert, damit der Anbotspreis marktgerecht wird. Dazu zählen Preisumlagerungen, spekulative Überlegungen und Nachlässe.
- In der Auftragskalkulation wird die Angebotskalkulation an die beauftragte Leistung angepasst. Hier werden z.B. entfallene Leistungen, Alternativen und Preiskorrekturen eingearbeitet.¹⁷

¹⁶ Vgl. Kropik, Kosten- und Terminplanung, 2008, S. 1.

- Die Arbeitskalkulation ist die Anpassung an die Vorkalkulation nach Festlegung der Bauzeit (Anfang und Ende), des Bauablaufs und der Technologie, der Fertigungsabschnitte und Geräte, dem Abschluss der Leistungslohnvereinbarungen und der wesentlichen Material- und Fremdleistungskäufe. Die Arbeitskalkulation ist die Vorgabe für die Kosten der Bauleistung und somit auch die erste Prognose für das Baustellenergebnis.
- Die Nachkalkulation sollte kontinuierlich parallel zur Bauausführung bis zur Baufertigstellung erneuert werden, da diese ein wichtiges Steuerungselement darstellt. Sie liefert auch Kennzahlen für künftige Ausschreibungen, wie oben bereits beschrieben.¹⁸

Überlegungen zu Bauablauf, zur Verfahrensauswahl und zur Baustelleneinrichtung gehören neben der Auspreisung eines Leistungsverzeichnisses genauso zur Preisermittlung.

Für eine genaue Kalkulation ist es von Vorteil für den Kalkulanten sich eine allgemeine „Check-Liste“ anzulegen, in der beschrieben ist, welche Unterlagen bzw. Informationen für eine vollständige Kalkulation einzuholen sind und was beachtet werden muss.

So eine „Check-Liste“ kann folgende Punkte beinhalten:¹⁹

„1. Lage und Beschaffenheit der Baustelle und des Baugrundes:

- 1.1 Geländebeschaffenheit
- 1.2 Gründungsverhältnisse
- 1.3 Angrenzende Grundstücke
- 1.4 Zufahrt, Entlade- und Lagerungsmöglichkeiten
- 1.5 Besondere Witterungseinflüsse

2. Versorgungsleitungen:

- 2.1 Wasserleitungen
- 2.2 Brunnenbohrungen
- 2.3 Stromzuführungen
- 2.4 Druckluft
- 2.5 Fernsprechanchluss
- 2.6 Abwasserentsorgung
- 2.7 Möglichkeiten für Baustellenfunkanlage

3. Baustelleneinrichtung:

- 3.1 Bauleitungsbüro
- 3.2 Baubüro
- 3.3 Polierraum
- 3.4 Belegschaftsräume
- 3.5 Waschräume und Aborte
- 3.6 Kantine

¹⁷ Vgl. Kropik/Krammer, Mehrkostenforderung beim Bauvertrag, 1999, S. 216.

¹⁸ Vgl. Kropik, Kosten- und Terminplanung, 2008, S 1ff

¹⁹ Vgl. Kropik, Kalkulation und Kostenrechnung, 2007/2008, S 10 ff.

- 3.7 Werkstatt und Krafffahrunterstand
- 3.8 Materialhütten und Magazine
- 3.9 Vorrats- und Stapelplätze

4. Arbeitskräfte:

- 4.1 Angebot an örtlichen Arbeitskräften
- 4.2 Ergänzungskapazität an heimischen Arbeitskräften

5. Lieferanten und Dienstleistungen:

- 5.1 Baustoffhändler
- 5.2 Fuhrunternehmer
- 5.3 Elektroinstallateur
- 5.4 Sanitärinstallation
- 5.5 Schlosserei
- 5.6 Zimmerei und Bauschreinerei
- 5.7 Sand- und Kiesgrube
- 5.8 Steinbrüche
- 5.9 Benachbarte Baustellen
- 5.10 Behörden, Arzt, Polizei

6. Besondere Auflagen des Bauherrn (Auftraggebers)

- 6.1 Arbeitszeit, Lärm, Erschütterung
- 6.2 Sicherheitsmaßnahmen
- 6.3 Stell: Leute, Stoff, Räume
- 6.4 Baugenehmigung, Verkehrsverhandlung

7. Studium der Anbotsunterlagen

- 7.1 Sind die Planungsunterlagen vollständig?
- 7.2 Ist der Massenauszug echt?
- 7.3 Eindeutige Baubeschreibung?
- 7.4 Ist das Leistungsverzeichnis vollständig?
- 7.5 Existiert ein Bauzeitplan?
- 7.6 Finanzierung gesichert?"

Eine Bauleistung gliedert sich in Einzelleistungen, diese entsprechen den Leistungspositionen eines Leistungsverzeichnisses, in Baustellengemeinkosten, diese entsprechen der Gemeinkostenposition eines Leistungsverzeichnisses und beinhalten allgemeine Kosten, die der Einzelposition nicht direkt zuordenbar sind wie etwa Gerätevorhaltung, Versicherungen und Bauhilfsmaßnahmen, diese sind Einzelleistungen, die vorübergehend Bestand haben, wie z.B. das Betoniergerüst. Dafür können eigene Positionen vorgesehen werden, sie können in andere Leistungspositionen eingerechnet oder in die Baustellengemeinkosten aufgenommen werden.

2.3.4 ÖNORM B 2061²⁰

In dieser ÖNORM werden die Begriffsbestimmungen und die Richtlinien definiert, die die Ermittlung und Überprüfung von Baupreisen erleichtern und vereinheitlichen sollen. Diese Vereinheitlichung ermöglicht eine Erleichterung sowohl in der internen als auch in der externen Kommunikation und sie ist Basis für die Erstellung von EDV-Kalkulationsprogrammen, die wiederum eine Zeitersparnis für alle Beteiligten darstellen.

Nach der ÖN B 2061 – Preisermittlung von Bauleistungen wird die Kalkulation in folgende Kostenarten unterteilt:²¹

1. Personalkosten

Grundlage dafür sind Löhne und Gehälter, deren Höhe von kollektivvertraglichen und betrieblichen Vereinbarungen und auch gesetzlichen Bestimmungen vorgegeben ist.

2. Materialkosten

Diese sind abhängig vom Einkaufspreis und werden unterteilt in Baumaterial, Hilfsmaterial z.B. Bohrmaschinen und Betriebsstoffe z.B. Treibstoffe.

3. Gerätekosten

Diese Kosten ergeben sich aus dem Zeitaufwand der beigestellten Geräte für die Erbringung einer Leistung auf Grund der Kosten für Abschreibung und Verzinsung.

4. Kosten für Fremdleistungen

Kosten für Fremdleistungen lassen sich etwa aus Tarifen und entsprechenden Angeboten von Drittfirmen wie z.B. diversen Professionisten ermitteln.

5. Zinskosten

Da in der Baubranche Vorauszahlungen nicht üblich sind, muss der Auftragnehmer das Kapital für die Bauausführung bereitstellen. Die Zinsen dieser Vorfinanzierung ergeben sich aus den Kredit- und Haftungsbedingungen des jeweiligen Kreditunternehmens aber auch aus der Verzinsung des Anlagevermögens.

²⁰ Vgl. ON B 2061, 1999, S. 1ff.

²¹ Vgl. ON B 2061, 1999, S. 7.

6. Andere Kosten

Hierzu gehören z.B. die Kosten für Steuern, Gebühren und sonstigen Abgaben aber auch Kosten für Büromaterial, Mieten und Sachverständigenleistungen.²²

Aus den oben beschriebenen Kostenarten sind nachstehende Kosten zu ermitteln:²³

- Einzelkosten
- Baustellen-Gemeinkosten
- Sonstige Gemeinkosten
- Bauzinsen
- Wagnis
- Gewinn

2.4 Ausführungsphase

2.4.1 Arbeitsvorbereitung

In Betrieben der stationären Industrie ist das Thema Arbeitsvorbereitung schon lange von großer Bedeutung. Im Baubetrieb hat man erst später erkannt, dass ein Auftrag wirtschaftlicher ausgeführt werden kann, wenn dieser vorher durchdacht wurde.

In der Literatur wird der Begriff Arbeitsvorbereitung oft gebraucht, jedoch ist seine Definition und das Aufgabenspektrum nicht eindeutig geklärt. *Dietel* beschreibt die Arbeitsvorbereitung als „das Planen der für die Zielerfüllung notwendigen Maßnahmen und Verfahren.“ Damit sieht er die Arbeitsvorbereitung als reine Aufgabenplanung. „*Andere Autoren beschreiben die Aufgaben der Arbeitsvorbereitung als Bereitstellung von:*

<i>Mensch</i>		<i>zum richtigen Zeitpunkt</i>
<i>Material</i>	<i>bereitstellen</i>	<i>....am richtigen Ort</i>
<i>Maschinen</i>		<i>in ausreichender Menge</i>
		<i>in geeignetem Zustand.²⁴</i>

²² Vgl. ON B 2061, 1999, S. 9.

²³ Vgl. ON B 2061, 1999, S. 9.

²⁴ Vgl. Böttcher, Baustelleneinrichtung, 1997, S. 9.

Hier beschäftigt sich die Literatur ebenfalls nur mit der Aufgabenplanung, und eine Verknüpfung der verschiedenen Aufgaben wird nicht beschrieben. Ansätze für Lösungen der verschiedenen Aufgaben werden nur teilweise in der Literatur ausgearbeitet.

Drees erklärt die Arbeitsvorbereitung so: „Die Arbeitsvorbereitung sei die Gesamtheit aller Maßnahmen, eine Fertigung innerhalb einer vorgesehenen Zeit mit den geringstmöglichen Kosten zu realisieren.“²⁵ Er teilt die Arbeitsvorbereitung in die Ablaufplanung, diese erfasst die vorbereitenden Maßnahmen, die Ablaufsteuerung, welche auf die Aufgaben der Bauleitung eingeht und die Ablaufkontrolle, die wiederum das Aufgabengebiet des Controlling erfasst. Die Definition des Begriffes der Arbeitsvorbereitung nach *Drees* gilt für die „Planung, Ausführung und Kontrolle eines Bauvorhabens.“²⁶

REFA („Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung“ – heute übliche Kurzbezeichnung für den „Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.“) sieht den Begriff Arbeitsvorbereitung ähnlich, jedoch mit dem Ziel „der Schaffung eines wirtschaftlichen und humanen Betriebsgeschehens“. Die Begriffe Planung, Gestaltung und Steuerung werden nach REFA wie folgt definiert: Planung besteht im systematischen Suchen und Festlegen von Zielen sowie im Vorbereiten von Aufgaben, deren Bearbeitung zum Erreichen der Ziele erforderlich ist. Gestalten ist das schöpferische Formgeben und Ordnen der Elemente von Arbeitssystemen und ihren Beziehungen. Steuerung besteht im Veranlassen, Überwachen und Sichern der Aufgabendurchführung hinsichtlich Menge, Qualität, Terminen und Kosten.

Der Planungs-begriff nach REFA umfasst die Zielplanung mit wirtschaftlichen, humanen und organisatorischen Zielen und die Aufgabenplanung, die unterteilt wird in die Mittelplanung mit Personal-, Betriebsmittel-, Material- und Informationsplanung und in die Ablaufplanung mit der Planung des Zusammenwirkens der Mittel (Produktionsfaktoren Mensch, Betriebsmittel und Arbeitsgegenstand).²⁷

Somit kann die Arbeitsvorbereitung in fünf Arbeitssysteme gegliedert werden: das Erstellen der Arbeitskalkulation, Auswählen der Fertigungsverfahren, Terminplanung, Bedarfsermittlung und Planung der Baustelleneinrichtung.²⁸

²⁵ Vgl. Fleischmann, Bauorganisation, 1999, S. 10.

²⁶ Vgl. Fleischmann, Bauorganisation, 1999, S. 10.

²⁷ Vgl. Fleischmann, Bauorganisation, 1999, S. 10

²⁸ Vgl. Kropik, Termin- und Kostenplanung, 2008, S. 3.

3 Varianten im Industriebau

3.1 Einleitung

Im Wesentlichen geht es im Industriebau darum, möglichst große stützenfreie Grundrisse herzustellen, um eine gewisse Flexibilität zu wahren. Industriebauten müssen ständig sich ändernden Erfordernissen entsprechen, da auch der Produktionsablauf einer ständigen Wandlung unterliegt. Dies ist mit einigen Materialien einfacher zu verwirklichen, mit anderen komplizierter. Außerdem sollen Produktionsstätten in den Herstellkosten und Erhaltungskosten möglichst günstig sein.

Der Ursprung für Produktionsstätten liegt im 18. Jahrhundert, mit den Erfindungen wie der Dampfmaschine, der Spinnmaschine und weitere, welche die Voraussetzung für eine industrielle Produktion bildeten. Auch die Grundlagen für die industrielle Produktion von Eisen, welche in England gelegt wurde, hatten Ende des 18. Jahrhunderts einen großen Einfluss auf die Errichtung von Produktionsstätten. Durch Gusseisenskelettbauten konnte sowohl die Nutzfläche als auch die Anzahl der Stockwerke gegenüber den bisher üblichen Holzbauten erhöht werden. Brandschutztechnisch war damals das Eisen gegenüber dem Holz im Vorteil.²⁹

Wie im oberen Absatz bereits angeführt, wurden Betriebsgebäude zunächst aus Holz gebaut. Nach dem Auftreten von Eisen wurde das Tragsystem aus Gusseisenelementen eingemauert. Erst später wurde die Konstruktion auch sichtbar gemacht. Damals konnte man die diversen Konstruktionsteile aus Gusseisen und Schmiedeeisen bereits mit hoher Maßgenauigkeit und in größeren Stückzahlen vorfertigen. Das verkürzte die Baudauer enorm. Durch die Weiterentwicklung des Stahlbaues konnten immer größere Spannweiten erreicht werden. Dadurch stieg auch die Flexibilität der Hallen, da der Innenraum ohne großen Aufwand umgebaut werden konnte. Ähnlich war die Historie im Holzbau und im Betonbau durch die Entwicklung von Fertigteilen, welche vorgefertigt auf der Baustelle nur mehr montiert werden müssen.

Der Bau von Produktionsstätten ist eine große Herausforderung. Ein Zusammenspiel aller am Bau Beteiligten ist äußerst wichtig, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

Anschließend werden die verschiedenen Varianten des Hallenbaus beschrieben. Ortbeton, Betonfertigteile, Stahl und Holz sind hier die maßgeblichen Materialien, welche im Folgenden

²⁹ Vgl. Bauer, Möglichkeiten neuer Konstruktionen im Stahlbau, 1995, S. 9ff.

betrachtet werden. Auch Mischbauweisen kommen oft zur Ausführung. Stahlbeton ist bei jeder Konstruktion für die Fundierung notwendig.

3.2 Anforderungen an den Industriebau

Die Errichtung einer Produktionsstätte ist komplex und hängt von vielen Faktoren ab. Aus folgendem Diagramm sind die vielen verschiedenen Einflüsse und Anforderungen ersichtlich. Daher ist eine Koordination der Fachleute von großer Bedeutung, um einen optimalen Erfolg zu erzielen.

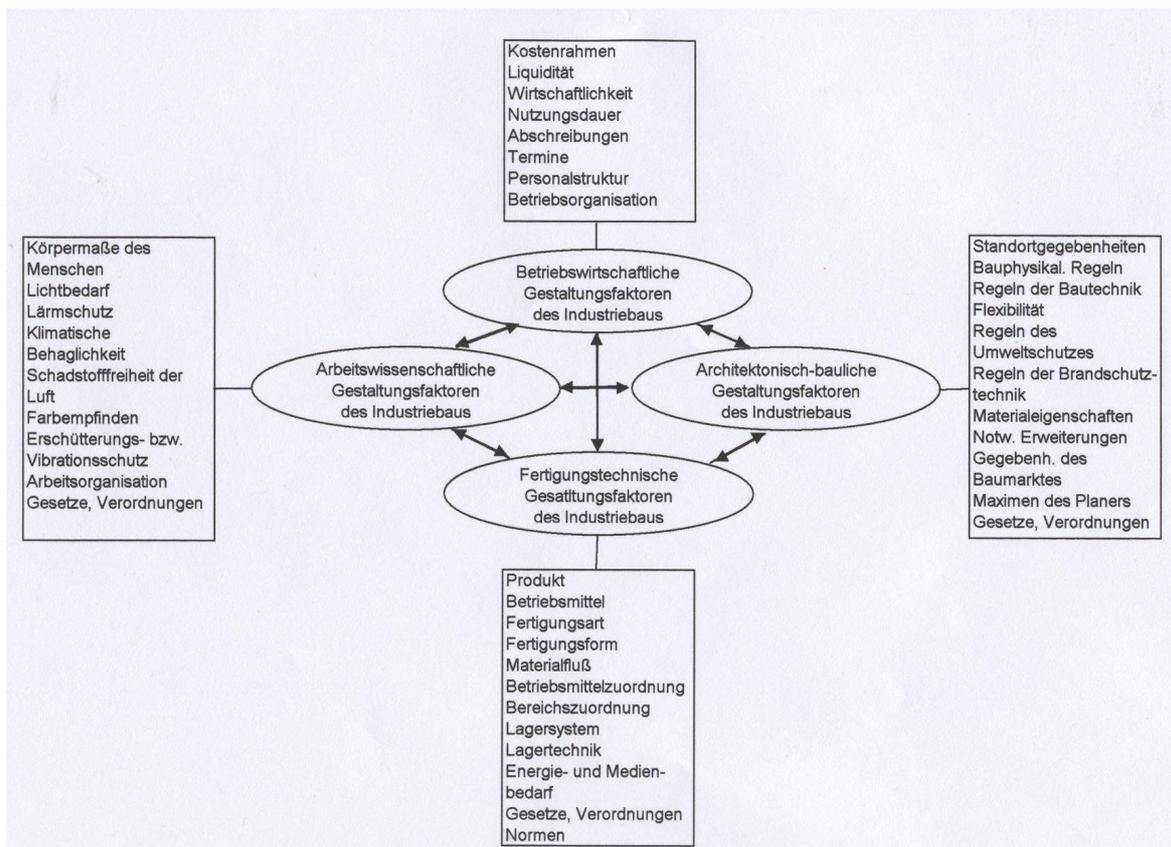


Abbildung 3 Gestaltungsfaktoren des Industriebaus³⁰

3.2.1 Fertigungstechnische und betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen

Da Industriebauten Gebäude für industrielle Prozesse sind, müssen diese den Anforderungen nach optimalen Produktionsabläufen und Produktionsbedingungen genügen. Auch ein hoher Grad an Flexibilität des Gebäudes muss gegeben sein, da sich die Produktion durch die Entwicklung

³⁰ Vgl. Sommer, Industriebau, 1987, S. 8.

und Erweiterung ständig verändert. Beim Bau einer Produktionsstätte spielt der optimale Kosten- und Nutzenfaktor eine wesentliche Rolle.³¹

Die fertigungstechnischen Anforderungen haben einen großen Einfluss auf die Struktur des Gebäudes, vor allem auf die Tragkonstruktion.

Für eine wirtschaftliche Konstruktionsüberlegung sind Angaben über Punkt-, Flächen- und Linienlasten notwendig, welche sich aus den notwendigen Betriebsmitteln der Produktion ergeben. So bestimmen Fördermittel oft das Rastermaß einer Produktionsstätte. Dachanhängelasten haben einen großen Einfluss auf die Statik.

Welche Lagersysteme und welcher Lagerbedarf erforderlich ist, muss in die Planung mit einfließen. Auf den Materialfluss muss bei der Erstellung der Gebäudestruktur Rücksicht genommen werden. Normen, Gesetze und Behördenaufgaben, welche aus der Produktion resultieren, sind zwingende Rahmenbedingungen für die Erstellung eines Projektes.

Eine optimale Planung der Haustechnik ist erforderlich, um den Platzbedarf für eventuell notwendige Lüftungen, Stromversorgung, Wärmeversorgung, Beleuchtung und Brandschutz festzulegen. Die Haustechnik soll an den Produktionsprozess angepasst werden.³²

Die Sicherheitstechnik, bedingt durch den Produktionsablauf, hat auch einen großen Einfluss auf die Gebäudestruktur. So bedingen verschiedene Brandabschnitte Abgrenzungen, wie Brandschutztore, etc.³³

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist die Baudauer von Bedeutung. Je schneller mit der Produktion begonnen werden kann, desto schneller kann die Investition wieder erwirtschaftet werden. Damit die Produktionsstätte wirtschaftlich bleibt, ist es wichtig, diese optimal zu dimensionieren. Diese darf weder zu groß noch zu klein sein.

Wichtig ist auch die Optimierung der Betriebskosten durch die Bauweise. Die Betriebskosten sollten möglichst niedrig gehalten werden.

Aus den oben angeführten Anforderungen ist ersichtlich, dass die Planung des Industriebaus von „innen nach außen“ erfolgt. Das heißt, dass zunächst ein Raumkonzept erstellt werden muss, welche zu einer Tragstruktur führt, an welche die Gebäudehülle angepasst wird.³⁴

³¹ Vgl. Sommer, Industriebau, 1987, S 9.

³² Vgl. Grundig, Fabrikplanung, 2000, S. 96.

³³ Vgl. Dröge, Hallenarten für Industrie und Gewerbe, 1990, S. 148ff.

³⁴ Vgl. Poppel, Wirtschaftlich optimale Dimensionierung von Produktionsfläche und Lagerung in der Industrieplanung, 1986, S. 112.

3.2.2 Arbeitswissenschaftliche Rahmenbedingungen

Hier stehen die humanitären Bedingungen und Anforderungen im Vordergrund. Dem Werktätigen soll eine schädigungsfreie Umgebung geboten werden, in welchem das Wohlbefinden gesteigert wird. Diese Voraussetzungen haben allerdings wenig Auswirkung auf die Tragstruktur eines Gebäudes, außer bei den Anforderungen an den Platzbedarf. Um optimale Umgebungsbedingungen für arbeitende Menschen schaffen zu können, müssen besonders auf die Lichtverhältnisse, den Lärmschutz, die klimatische Behaglichkeit, das Farbempfinden und auf entsprechende Gesetze geachtet werden.³⁵

3.2.3 Architektonisch-bauliche Rahmenbedingungen

Zunächst haben die Standortgegebenheiten Einfluss auf die Gebäudestruktur der Produktionsstätte.

Jedes Grundstück kann nach seiner Form, Größe und Lage beschrieben werden. Die Form des Grundstückes wird durch den Verlauf der Grundstücksgrenzen definiert. Dadurch entstehen verschiedene geometrische Figuren, von welchen der Grundriss des Gebäudes abhängt oder auch die Anordnung verschiedener Gebäude auf einem Grundstück.

Günstige Grundstücksformen für Industriebauten sind Rechtecke mit einem Seitenverhältnis von 1:1 oder 1:2.

Die Grundstücksgröße richtet sich zum Beispiel nach dem Risiko einer Produktionsstätte. Werden explosive oder leicht brennbare Materialien in einer Fabrik verarbeitet, sollten diese Gebäude möglichst weit von anderen Gebäuden entfernt errichtet werden bzw. durch etwa Erdschutzwälle abgeschirmt werden.

Der Platzbedarf für Verkehrswege, künftige Erweiterungen, Parkplätze, etc. sollte bedacht werden. In der Literatur wird eine Grundstücksgröße empfohlen, welche die fünffache Größe der zu errichtenden Gebäude hat.

Die geologische Beschaffenheit der Grundstücke spielt eine wesentliche Rolle für die Fundierung eines Gebäudes. Alle entstehenden Lasten, sowohl ständige als auch veränderliche, werden über die Tragkonstruktion und anschließend über die Fundierung in den Untergrund abgetragen. Daher muss der Boden als Baugrund für Produktionsstätten geeignet sein, da gerade im Industriebau hohe Lasten entstehen. Ein Boden gilt als guter Baugrund, wenn die tragfähige Schicht nicht tiefer als 3,0 m liegt und nur einfache Fundierungen notwendig sind. Schlechte Voraussetzungen

³⁵ Vgl. Sommer, Industriebau, 1987, S. 10.

für einen Baugrund sind des weiteren Grundwasser, Verunreinigungen oder eine schlechte Substanz des Bodens, da diese teurere Gründungsmaßnahmen erfordern würden.

Auch die Neigung des Geländes kann sich ungünstig auf die Formgebung des Gebäudes auswirken. Optimal wären ebene bzw. leicht abfallende Geländeformen mit einer Neigung von ein bis maximal vier Prozent. Manchmal können jedoch Höhendifferenzen für Transportwege genutzt werden.

Optimale Geländeneigungen vereinfachen die Erdarbeiten und bieten den Planern mehr Entfaltungsmöglichkeiten. Großflächige eingeschossige Industriebauten sind wirtschaftlich nur auf solch einem Grundstück zu errichten.³⁶

In der Praxis sind die Grundstücke allerdings bereits vorgegeben. Die Planer müssen sich mit den vorherrschenden Bedingungen auseinandersetzen und versuchen ein Optimum daraus zu erzielen.

Die Planung muss noch einigen weiteren Rahmenbedingungen gerecht werden, welche nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Hier kommen wieder verschiedenste Gesetze und Normen ins Spiel, die Regeln der Bautechnik, die Regeln des Umweltschutzes, die Regeln der Brandschutztechnik und die Materialeigenschaften, auf welche noch später eingegangen wird.³⁷

Oft ist es in der Planungsphase so, dass zum Zeitpunkt der Erstellung des Gebäudes noch keine genaue Vorstellung über die späteren funktionalen Abläufen gibt. Auch wenn Raum- und Funktionsprogramme bereits erstellt wurden, muss bei der Planung auf Flexibilität hinsichtlich Umbau und Erweiterungen geachtet werden. Die technischen und konstruktiven Voraussetzungen für ein Industriebauwerk ist die Wahl eines Tragsystems, welches mit dem gewählten Produktionssystem abgestimmt ist. Dabei sollten die Raumhöhen, Stützabstände und Geschosslasten beachtet und die Haustechnik integriert werden.³⁸

Grundig gibt für die Planung einer Produktionsstätte Prozessmerkmale an. Diese beinhalten die statischen Elemente, wie das Grundstück in Verbindung mit dem Gebäude und der Ausrüstung und die dynamischen Elemente, wie den Personalfluss und den Informationsfluss, da diese hoch vernetzt sind. Weiters soll auf die Fertigung des Produktes geachtet werden und auf die Vernetzung dieses Produktionsflusses. Weiters gibt er als wichtiges Planungselement die Förder- und Lagerprozesse an.³⁹

³⁶ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 101ff.

³⁷ Vgl. Sommer, Industriebau, 1987, S. 8.

³⁸ Vgl. Kopp/Rott/Rozynski, Typisch Industriebau?, 2003, S. 933.

³⁹ Vgl. Grundig, 2000, Fabrikplanung, S. 13.

Zusammenfassend sind die wesentlichen Anforderungen an ein Industriebauwerk die Flexibilität gegenüber erforderlichen Veränderungen, eine funktionsangepasste Gebäudeplanung, günstige Betriebskosten und Instandhaltungskosten und eine kurze Bauzeit.⁴⁰

3.3 Industriebautypen

Eine Einteilung der Industriebauten wird in verschiedenen Literaturwerken gefunden. Diese können nach der Anzahl der Stockwerke, der Materialien und der Bauweise des Tragwerkes eingeteilt werden. In der Praxis findet man aber meist Mischformen dieser Einteilungen.⁴¹

3.3.1 Bauformen eingeteilt nach der Anzahl der Stockwerke

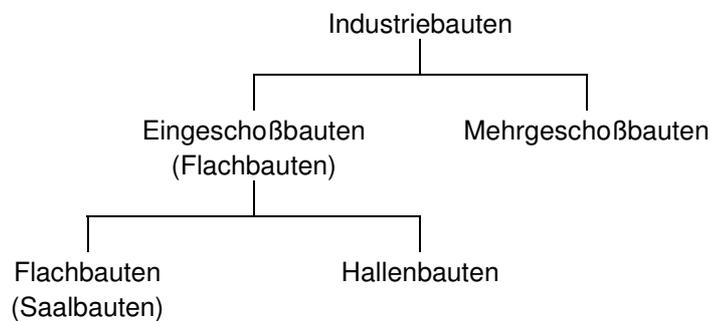


Abbildung 4 Einteilung von Industriebauten⁴²

Zunächst werden Industriebauten in Eingeschoßbauten und Mehrgeschoßbauten unterteilt. Bei Eingeschoßbauten wird wiederum in Flachbauten und Hallenbauten unterschieden.⁴³

Flachbauten kennzeichnen große zusammenhängende ebenerdige Grundflächen, die lichten Raumhöhen sind im Gegensatz zu Hallenbauten sehr niedrig. Meist sind diese nicht unterkellert oder nur in kleinen Teilbereichen für gewisse Nebenräume wie z.B. Technikräume.

Bei Flachbauten müssen die Planer den optimalen Stützenraster nach den Anforderungen des Bauprojektes finden. Es muss genügend Platz für die verwendeten Fördermittel, Maschinen, etc. zwischen den Tragstrukturen vorhanden sein, und der Materialfluss der Produktion darf nicht behindert werden. Als Baumaterialien werden bei Flachbauten meist Stahlbetonelemente oder

⁴⁰ Vgl. Grundig, Fabrikplanung, 2000, S. 237.

⁴¹ Vgl. Brittinger, 1992, S. 297ff. und Lorenz, Gewerbebau – Industriebau 2, 1993, S. 21ff.

⁴² Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 296.

⁴³ Vgl. Grundig, 2000, S. 238.

Stahlkonstruktionen verwendet. Durch den eingeschossigen Bau entfallen Lasten, welche aus den oberen Geschoßen resultieren. Dadurch kann das Tragwerk geringer dimensioniert werden und es können Baukosten eingespart werden. Vorteile dieser Bauweise liegen in den großen zusammenhängenden Flächen, welche gut überschaubar sind. Einfache Erweiterungsmöglichkeiten sind gegeben, falls das Grundstück die entsprechende Größe hat. Die Baukosten sind niedriger als bei Geschoßbauten. Durch die große Außenfläche der Gebäudehülle im Vergleich zur Grundfläche sind die Energie- und Unterhaltskosten allerdings höher als bei Geschoßbauten.

Hallenbauten sind wie Flachbauten eingeschossig, unterscheiden sich jedoch in ihren Abmessungen. Diese haben lichte Raumhöhen bis 15,0 m, in speziellen Fällen sogar mehr. Durch die Aneinanderreihung von Bindern ist die Ausweitung in Längsrichtung unbegrenzt. Die Tiefenabmessung beträgt durch höhere Spannweiten als bei Flachbauten bis zu 60 m. Dadurch ist der zusammenhängende Raum der Halle noch größer und wird auch nicht durch unterteilende Stützen gestört. Durch die Raumhöhen ist das Transportieren von großen Lasten über eingebaute Lastenkräne möglich. Die Stützenfreiheit bietet eine absolute Flexibilität für die Anpassung der Halle an neue Produktionen, da diese sich mit einfachen Mitteln und geringen Kosten leicht neu einteilen lässt. Erweiterungsmöglichkeiten sind in Längsrichtung, falls es die Grundstücksgröße zulässt, gegeben. Die Nachteile sind jenen der Flachbauten ähnlich. Die Investitionskosten sind bezogen auf die Grundfläche höher, da der Grundstückspreis nur auf ein Geschoß aufgeteilt wird. Die Energiekosten sind noch höher als bei Flachbauten. Hallenbauten werden aus Stahlbeton, Stahl und Holz hergestellt.⁴⁴

In Mehrgeschoßbauten ist die Produktion, Verwaltung, Lagerung, etc. auf mehreren Stockwerken aufgeteilt. Daher ist eine geringere Grundstücksfläche notwendig. Die verschiedenen Ebenen sind durch vertikale Transportwege, wie Stiegen, Aufzüge, etc. verbunden. Durch diese notwendigen vertikalen Transportwege verringert sich die Nutzfläche in den Geschoßen und die Baukosten erhöhen sich im Vergleich zu den eingeschossigen Bauten. Mehrkosten entstehen auch durch eine höhere notwendige Dimensionierung der Tragkonstruktion. Durch die größere Anzahl an Stockwerken und den damit verbundenen Lasten, wie z.B. Maschinen in den oberen Geschoßen, müssen mehr Kräfte abgetragen werden, wodurch eine höhere Dimensionierung der Tragstruktur erforderlich ist. Aus diesem Grund gehen von der Nutzfläche von Mehrgeschoßbauten im Gegensatz zu Eingeschoßbauten fünf bis neun Prozent verloren. Mehrgeschoßbauten werden bei Grundstücken mit hohem Preis und in zentralen, baulich engen Lagen bevorzugt. Günstig ist der

⁴⁴ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 310 und Lorenz, Gewerbebau – Industriebau 2, 1993, S. 22.

Mehrgeschoßbau gegenüber dem Eingeschoßbau bei unebenen Grundstücksflächen durch die geringere Gebäudefläche, da der Aufwand der Erdarbeiten nicht so groß ist.⁴⁵

Jede Produktionsstätte ist individuell an die jeweiligen Anforderungen des Betriebes angepasst. Verallgemeinerungen sind daher kaum möglich.

3.4 Bauformen nach der Wahl der Konstruktionsmaterialien

Da ein Gebäude kein homogenes Gebilde aus einem Baustoff ist, richtet sich die Einteilung nach dem Material, aus welchem die Tragstruktur geschaffen wird. In der Regel sind Tragwerk und Hülle voneinander getrennt. Die Tragstruktur ist das wesentliche Merkmal eines Gebäudes, denn diese übernimmt die Aufgabe, alle auftretenden Kräfte, wie etwa das Eigengewicht der Bauteile, Nutz- und Verkehrslasten, etc. aufzunehmen und über die Fundierung ins Erdreich abzutragen. Die Wahl des Materials ist abhängig von den Eigenschaften der Materialien, welche Lasten diese aufnehmen können, wie dauerhaft der Baustoff ist oder ob hohe Wartungskosten zu erwarten sind und welchen äußeren Einflüssen, wie Feuer, Feuchtigkeit, etc. diese Baustoffe standhalten können.

Für die Tragwerke von Produktionsstätten kommen praktisch nur folgende Materialien in Betracht: Stahlbeton als Ortbeton und als Fertigteil, Holz und Stahl.

3.4.1 Tragwerke aus Stahlbeton in Ortbetonbauweise

Beton ist ein Gemisch aus Zement, Zuschlag und Wasser. Die Anfänge von Beton liegen bereits 5000 Jahre zurück. Überlieferungen zeigen, dass vor allem bei den Römern Beton ein häufig verwendeter Baustoff war, welcher mit dem Untergang des römischen Reiches wieder für einige Zeit in Vergessenheit geraten ist. Erst im 18. Jahrhundert beschäftigten sich die Engländer John Smeaton und James Parker mit verschiedenen Bindemitteln, und es wurden wieder Gebäude, wie z.B. ein Leuchtturm oder auch Ziergegenstände für den Garten hergestellt. Anfang des 19. Jahrhunderts wurde von Joseph Aspdin der noch heute verwendete Portlandzement erfunden. Die Herstellung dieses Portlandzementes wurde um 1850 weiterentwickelt und damit seine Qualität gesteigert. Weiters wurde versucht, einheitliche Prüfverfahren und Normen zu finden. Eisenbeton, Beton mit Eiseneinlagen, wurde 1845 von dem Franzosen Monier erfunden. Ende des 19. Jahrhunderts kam über den Österreicher Rudolf Schuster der Eisenbeton nach Österreich. Auch Berechnungsverfahren wurden in dieser Zeit für die damaligen Betonbauten entwickelt. Besonders nach dem Ersten Weltkrieg hat der Eisenbetonbau am Baumarkt Fuß gefasst und ist seitdem ein fixer Bestandteil des Bauwesens. Seit 1940 wird aufgrund der verwendeten Bewehrung aus Stahl

⁴⁵ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 310ff.

der Eisenbeton Stahlbeton genannt. Durch seine Vielfältigkeit wird Beton in allen Sparten des Bauwesens eingesetzt.⁴⁶

Wie bereits erwähnt besteht der Baustoff Beton aus drei Komponenten, nämlich dem Zement, dem Wasser und dem Zuschlag. Für die Herstellung von Stahlbeton sollte immer reines Wasser verwendet werden, da etwa ein zu hoher Chloridgehalt die Bewehrung angreifen und diese korrodieren könnte. Zement wird aus Kalkstein oder Kreide und Ton hergestellt. Diese Rohstoffe werden gemahlen und bei hohen Temperaturen bis zur Sinterung gebrannt. Um als Bindemittel geeignet zu sein, muss das gebrannte Produkt fein gemahlen werden. Die Abbindezeit wird durch Beimengung einer bestimmten Menge an Gips geregelt. Der Zuschlag sind mineralische Körner, welche natürlich aus Steinbrüchen, Seen, Gruben, etc. gewonnen werden. Je nach Mischungsverhältnis der Komponenten ergeben sich ganz unterschiedliche Festigkeitseigenschaften, welche von den Betonherstellern in einem genormten Sortenverzeichnis festgehalten werden. Durch Betonzusätze können die Eigenschaften des Betons je nach Notwendigkeit abgeändert werden. So können z.B. Beschleuniger oder Dichtungsmittel zugeführt werden.⁴⁷

Beton kann sowohl vor Ort auf der Baustelle gemischt werden, als auch von einem Herstellerwerk geliefert werden. Bei Werksherstellung wird in „werkgemischtem“ und „fahrzeuggemischtem“ Beton unterschieden. Bei „werkgemischtem“ Beton ist dieser im Werk bereits einbaufertig und wird nur mehr auf die Baustelle geliefert, bei „fahrzeuggemischtem“ Beton wird auf der Baustelle nur mehr das Wasser zugegeben. Dadurch sind längere Transportwege möglich. In der Praxis sind 95 % der Baustellenbetone vom Werk gelieferte Betone. Im Gegensatz zu auf der Baustelle gemischtem Beton kann durch eine Fremdüberwachung des Herstellerwerks die Güte des Betons gesichert werden. Um diese Güte gewährleisten zu können, muss der Beton auf der Baustelle auch fachgerecht eingebaut werden. Wichtig ist der richtige Aufbau der Schalung, der richtige Einbau der Stahlbewehrung, das Verdichten und Nachbehandeln des Betons, um die optimale Tragwirkung des Betons zu erzielen.

Da die Zugfestigkeit bei Beton nur 1/10 bis 1/15 seiner Druckfestigkeit entspricht, kann unbewehrter Beton nur bei Bauteilen verwendet werden, welche keine Zugspannungen aufnehmen müssen. In der Praxis ist das bei kaum einem Bauteil der Fall. Aus diesem Grund werden Stahleinlagen verwendet, welche die Aufnahme der Zugspannungen übernehmen. Diese Verbundkonstruktion wird Stahlbeton genannt, wobei der Beton die Aufgabe übernimmt die Druckkräfte aufzunehmen.

⁴⁶ Vgl. Valentin/Kidery, Stahlbetonbau, 2001, S. 11ff.

⁴⁷ Vgl. Wendehorst, Baustoffkunde, 1994, S. 363ff.

Da die Rohstoffe der Betonherstellung aus der Natur kommen, kann theoretisch von einem umweltfreundlichen Baustoff gesprochen werden. Teilweise wird abgebrochenes Material auch wieder recycelt und als Unterbaumaterial im Straßenbau verwendet. Dafür ist allerdings ein hoher Energieaufwand nötig, um das Material zu brechen. Bei Stahlbeton kommt der Kostenfaktor des Trennens von Beton und Stahl noch dazu.⁴⁸

3.4.1.1 Vorteile bei der Wahl einer Ortbetontragkonstruktion

Stahlbeton kann bei allen Industriebauten angewandt werden. Er ist gleichermaßen für Flachbauten, Hallen und Geschoßbauten geeignet. Die Bauteile können in beliebiger Form gegossen werden. So sind der Architektur kaum Grenzen gesetzt. Für Gebäude, die großen Belastungen ausgesetzt sind, wie z.B. Silos ist der Beton allen Baustoffen überlegen. Er ist unempfindlich gegenüber Schwingungen und ist daher auch für Produktionsstätten mit fix eingebauten Krananlagen geeignet. Um eine Ermüdung des Betons aufgrund von Schwingungen zu vermeiden, wird das Tragwerk auf eine höhere Last bemessen.⁴⁹

Einer der größten Vorteile liegt in der Flexibilität der Ortbetonbauweise, da bis zur Erstellung der Schalung noch Mängel aus der Planung behoben und noch Leitungen eingebaut werden können. In der Praxis stellt sich dieser Umstand auch als Nachteil heraus, da z.B. Haustechnikplanungen bis auf die letzte Minute verschoben werden und es dadurch erst recht zu Fehlplanungen kommt.

Beton ist feuerbeständig. Das wirkt sich nicht nur auf die Kosten für Brandschutzmaßnahmen aus, sondern auch auf die laufenden Kosten. Versicherungsunternehmen verrechnen geringere Feuerschutzprämien bei Gebäuden aus Beton. Außerdem ist Beton vollkommen wartungsfrei und weist eine Lebensdauer von mehr als 100 Jahren auf. Werden diese laufenden Kosten von Beton und z. B. Stahl gegenübergestellt, dann dürfen Betonbauwerke um 10% teurer als Stahlbauwerke sein und sie wären immer noch wirtschaftlicher.⁵⁰

Aus Stahlbeton können auch raumabschließende Elemente mit einer guten schalldämmenden Wirkung gebildet werden. Werden diese als Sichtbeton ausgeführt, entfallen die Kosten für den Ausbau.

3.4.1.2 Nachteile bei der Wahl einer Ortbetontragkonstruktion

Bei großen Spannweiten war bis zur Erfindung der Vorspannung von Betonbauteilen der Beton dem Stahl unterlegen. Allerdings ist die Vorspanntechnik auf der Baustelle mit hohen Kosten verbunden und wird in der Praxis kaum durchgeführt.

⁴⁸ Vgl. Valentin/Kidery, Stahlbetonbau, 2001, S. 67.

⁴⁹ Vgl. Henn, Bauten der Industrie, 1955, S. 40.

⁵⁰ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 330.

Das Herstellen von Betonwänden auf der Baustelle fordert geschultes Personal, um die geforderte Qualität erzielen zu können. Die Schalung muss ordnungsgemäß aufgebaut werden, die Bewehrung richtig verlegt, damit die geforderte Betondeckung eingehalten werden kann, um den Bewehrungsstahl vor schädlichen Einflüssen zu schützen. Der Beton muss in einer gewissen Zeit über Krankübel, Förderbänder oder Betonpumpen eingebracht und anschließend durch Rütteln verdichtet werden. Falls hier Fehler bei der Arbeit passieren, kann dies zur Verringerung der Betonfestigkeit führen. Wichtig ist auch die Nachbehandlung des Betons. Je exponierter die Lage des Bauteils ist, desto besser muss dieser etwa durch Abdecken vor der Witterung geschützt werden. Die vorgegebene Ausschalzeit muss eingehalten werden, da der Beton eine gewisse Zeit braucht, um seine Festigkeit zu erlangen. Hier handelt es sich um 28 Tage, wobei die Unterstellung für die Schalung in dieser Zeit nicht abgebaut werden darf und somit den weiteren Arbeitsablauf auf der Baustelle beeinträchtigt. Aus den zuvor genannten Arbeitsschritten kann bereits erkannt werden, dass eine lange Bauzeit eingeplant werden muss.⁵¹

Der Umbau und der Abbruch von Betontragwerken sind zeitintensiv und kostspielig. Verstärkungen des Tragwerkes sind nur schwer möglich. Sind nachträglich Leitungen notwendig, müssen diese eingestemmt werden. Ein Betonbau ist wirtschaftlich, wenn nachträgliche Umbauarbeiten unwahrscheinlich sind. Die Kosten für die Schalung sind sehr hoch, bei komplizierten Formen fällt außerdem noch ein großer Anteil an Verschnitt und Personalaufwand an. Daher ist der Planer gefordert, möglichst einfache Formen zu wählen, um hier Kosten einsparen zu können. Durch das hohe Eigengewicht des Betons müssen die Fundamente massiver ausgeführt werden. Dieser Umstand bedingt ebenfalls höhere Kosten.⁵²

Auch die Witterung ist ein Nachteil der Ortbetonbauweise. Bei Schneefall und Regen kann nicht gearbeitet werden, da die Arbeiter freigestellt werden, und bei Temperaturen unter fünf Grad muss ein teures Zusatzmittel dem Beton beigemischt werden, um überhaupt betonieren zu können. Weiters muss immer erst ein Bauabschnitt fertig gestellt werden, um den nächsten beginnen zu können. Das bedingt eine längere Bauzeit.

3.4.2 Tragwerke aus Stahlbeton in Fertigteilbauweise

Der Unterschied zwischen der Ortbetonbauweise und Fertigteilbauweise aus Stahlbeton liegt im Ort der Herstellung. Fertigteile aus Stahlbeton können vor Ort auf der Baustelle hergestellt werden. Dies ist aber unüblich, da die Fertigung der Elemente wie bei der Ortbetonbauweise der Witterung ausgesetzt ist. Für Sonderformen, welche zu groß für den Transport sind, wird es hin und wieder

⁵¹ Vgl. Henn, Bauten der Industrie, 1955, S. 40.

⁵² Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S.40.

angewandt. Daher werden Fertigteile in speziellen Werken vorgefertigt und mittels Tieflader oder Lastkraftwägen auf die Baustelle transportiert.

3.4.2.1 Vorteile bei der Wahl einer Betonfertigteiltragkonstruktion

Gerade für Bauwerke des Industriebaus sind Betonfertigteile geeignet, da diese Gebäude oft sehr symmetrisch und regelmäßig sind. Die verschiedenen Bauteilformen, wie Stützen, Träger, Fundamente, etc. kehren in den gleichen Abmessungen und statischen Anforderungen immer wieder, wie man später an einem Beispiel einer Tragkonstruktion erkennen kann.⁵³

Bei Verwendung von Fertigteilen wird erheblich an den Kosten für die Schalung gespart, da viele gleiche Elemente oft in ein und derselben Schalung produziert werden können. Je mehr gleiche Elemente produziert werden können, desto günstiger wird es. Auch die Form des Bauteils kann dadurch komplizierter sein, ohne die Kosten wesentlich zu erhöhen. Bei der Montage der Fertigteile auf der Baustelle ist auch nicht die Rüstung notwendig, die bei der Ortbetonbauweise notwendig wäre. Unterstellungen können auch schon nach kurzer Zeit entfernt werden. Sind einzelne andersförmige Bauteile notwendig, bei welchen keine Serienfertigung möglich ist, ist es sinnvoller, diese auf der Baustelle vor Ort zu betonieren. Dies ist in der Praxis oft der Fall.⁵⁴

Im Gegensatz zum Ortbeton wird die Bauzeit durch die Verwendung von Fertigteilen erheblich verkürzt, da die Ausschulfristen komplett entfallen. Die Witterung hat kaum noch Auswirkung auf die Montage. Daher ist auch eine hohe Terminalsicherheit gegeben. Werden die Fertigteile rechtzeitig produziert, haben diese bereits ihre Endfestigkeit und können voll belastet werden. Durch die kurze Bauzeit können die errichteten Produktionsstätten früher genutzt werden.

Durch die Produktion der Fertigteile im Werk steigt die Qualität, da diese ohne Umwelteinflüsse und unter Einsatz von speziellen Maschinen, wie Rütteltischen produziert werden und so eine gleichmäßigere Verarbeitung des Materials stattfindet. Teilweise ist die Fertigung der Bauteile vollkommen automatisiert. Falls die Qualität der Betonmischung nicht in Ordnung sein sollte, kann dies bereits im Werk festgestellt werden und so eine weitere Fehlerquelle vermieden werden. Die Qualitätskontrolle umfasst die Betongüte, die Luftfeuchte und die Austrocknungszeit.⁵⁵

Im Industriebau bei Geschoßbauten ist die Fertigteilbauweise in Stahlbeton besonders von Vorteil. Die Grundrisse sind gleichmäßig, dadurch ist die Zahl der gleichen Elemente im Vergleich zu z.B. Wohnbauten hoch. Da die Spannweiten bei Geschoßbauten geringer als bei Hallen sind,

⁵³ Vgl. Henn, Bauten der Industrie, 1955, S. 40.

⁵⁴ Vgl. Hild, Gestalterische Möglichkeiten beim Bauen mit Fertigteilen, 2006, S. 66.

⁵⁵ Vgl. Bindseil, Stahlbetonfertigteile, 1998, S. 2.

verringern sich die Dimensionen als auch das Eigengewicht, der Transport und die Versetzarbeiten sind ohne Sondereinsätze möglich.⁵⁶

3.4.2.2 Nachteile bei der Wahl einer Betonfertigteiltragkonstruktion

Die Konstruktion mit Fertigteilen unterliegt natürlich den allgemeinen Regeln des Stahlbetonbaus. Allerdings müssen für die verschiedenen Bauteile nicht nur Berechnungen nach Normen, sondern auch Versuche durchgeführt werden, um ihre Gebrauchstauglichkeit zu beweisen. Das bedeutet, dass für viele Bauteile behördliche Zulassungen erforderlich sind. Diese sind meist kostenintensiv. Der Planer sollte daher in seiner Konstruktion nur Bauteile verwenden, für die das Werk bereits eine Zulassung erwirkt hat.⁵⁷

Die gesamte Planung, auch die Haustechnikplanung und die des Ausbaues, muss rechtzeitig abgeschlossen sein, da Zuleitungen und Einbauten bereits bei der Herstellung der Fertigteile berücksichtigt werden müssen, um diese nicht nachträglich einstemmen zu müssen.⁵⁸

Das Tragwerk des Gebäudes sollte möglichst viele gleiche Bauteile beinhalten, um diese serienmäßig fertigen zu können. Differieren diese, ist die Herstellung im Werk nicht mehr wirtschaftlich, da z.B. die Schalung zu oft umgebaut werden müsste und sich die Kosten für den einzelnen Bauteil wieder erhöhen.

Es ist möglich fast jegliche Form und Größe eines Elementes im Werk herzustellen. Allerdings muss beim Planen auch auf den Transport geachtet werden, da z.B. Sondertransporte sehr teuer sind. Ebenso muss auf das Gewicht der Fertigteile geachtet werden und auf die vorhandenen Hebemittel auf der Baustelle. Falls die Traglast eines Kranes auf der Baustelle nicht ausreicht, um die Elemente zu versetzen, da ihr Gewicht zu hoch ist, ist es zwar möglich zusätzlich einen Autokran einzusetzen, allerdings ist das auch kostspielig. Wenn es sich nur um wenige Bauteile handelt, wäre es sinnvoller diese zu teilen und somit das Einzelgewicht zu reduzieren.⁵⁹

Ein weiterer Nachteil, welcher aus der Größenbeschränkung der Fertigteile entsteht, ist die Ausbildung von Stoßfugen, welche sorgfältig auf der Baustelle ausgebildet werden müssen.⁶⁰

Auch die Montage muss bis ins kleinste Detail geplant werden. Die einzelnen Fertigteile sollen einfach und sicher zu verbinden sein. Auf nötige Toleranzen muss schon in der Planung eingegangen werden.

⁵⁶ Vgl. Koncz, Handbuch der Fertigteilbauweise, 1967, S. 1.

⁵⁷ Vgl. Bindseil, Stahlbetonfertigteile, 1998, S. 48.

⁵⁸ Vgl. Henn, Bauten der Industrie, 1955, S. 40.

⁵⁹ Vgl. Bindseil, Stahlbetonfertigteile, 1998, S. 3.

⁶⁰ Vgl. Hild, Gestalterische Möglichkeiten beim Bauen mit Fertigteilen, 2006, S. 66.

3.4.3 Tragwerke aus Holz

Holz war über Jahrtausende der wichtigste Baustoff. Die Größe und die Form der Bäume waren zunächst für die Konstruktionsformen und Konstruktionsgrößen maßgebend. Verschiedene Beispiele der Geschichte zeigen, dass Holz damals schon als „Fertigteil“ geeignet war. So konstruierte z.B. Leonardo da Vinci im sechzehnten Jahrhundert bereits Holzunterkünfte für Jagdausflüge der französischen Königsfamilie. Diese Jagdhütten bestanden aus Holzrahmentafeln, die über Scharniere verbunden wurden. Durch das geringe Eigengewicht des Holzes waren diese einfach zu transportieren. Mit diesen vorgefertigten Tafeln konnte man die Unterkünfte relativ rasch aufbauen und wieder abbauen.⁶¹ Um 1800 wurden in den USA Armeebaracken aus Holz verwendet.

Vor allem das sechzehnte und siebzehnte Jahrhundert war von den Fachwerksbauten aus Holz geprägt. Das waren für damalige Zeiten Höhepunkte der Bauhandwerkskunst.⁶²

Anfang des neunzehnten Jahrhunderts ist der Holzbau durch die rasante technische Entwicklung stark zurückgegangen. Neue Baustoffe wie Stahl und Beton, welche durch technische Innovationen hergestellt werden konnten, verdrängten den Baustoff Holz. Dieser konnte auch durch seine betrieblichen Strukturen nicht mithalten. Vor allem in den Fünfziger und Sechziger Jahren tendierte das Interesse an Holz gegen Null.

Doch der technische Fortschritt bewirkt einen steigenden Ressourcen- und Energieverbrauch. Mit dem steigenden Umweltinteresse der Gesellschaft steigt auch wieder der Kurs des Holzes.

Mit der Entwicklung der Holzbauteile, wie Brettschichtholz, wurden Bauteile jeglicher Größe und Form möglich.⁶³ Brettschichtholz entwickelte sich durch die Erfindung des Kunstharzleims. Hier werden verschiedene Bretter durch Leim miteinander verbunden. Dadurch steigt auch die Tragfähigkeit des Holzes.

Nicht nur das Brettschichtholz brachte eine Neuerung, sondern auch die Einführung der maschinellen Sortierung nach Festigkeitsklassen. Höhere Festigkeiten können auch durch die Verwendung von hochtragfähigen Bäumen erzielt werden, wie z.B. der Buche oder der Douglasie.⁶⁴

Der Umweltfreundlichkeit ist ein großer Pluspunkt für die Verwendung des Baustoffes Holz. Die Gewinnung des Rohstoffes Holz kann ohne schädliche Eingriffe in die Natur erfolgen. Sowohl die

⁶¹ Vgl. Weller, Industrielles Bauen, 1985, S. 36.

⁶² Vgl. Glos, Holz als Baustoff, 2002, S. 1.

⁶³ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 326

⁶⁴ Vgl. Glos, Holz als Baustoff, 2002, S. 8

Produktherstellung als auch der Gebrauch gefährden nicht die Gesundheit. Altholz wird stofflich und thermisch wieder verwendet. Für die Verarbeitung von Holz muss nur wenig Energie aufgewendet werden, da Holz sehr leicht zu bearbeiten ist.

Für das Wachstum von Holz spielt die Photosynthese eine große Rolle. Den Treibhauseffekt förderndes CO₂ wird mit Hilfe von Wasser und Sonnenenergie zu Holz gebildet. Für die Erzeugung von einem Kubikmeter Holz nimmt der Wald etwa eine Tonne CO₂ aus der Atmosphäre auf. Dem Treibhauseffekt wird entgegengewirkt.

Es besteht kaum Gefahr, dass der nachwachsende Rohstoff Holz in absehbarer Zeit aufgebraucht wäre, da dieser laufend aufgeforstet wird. Dabei sollte das Prinzip der Nachhaltigkeit beachtet werden und nur so viel Holz dem Wald entnommen werden, wie nachwachsen kann. Der Wirtschaftswald dient der Holzgewinnung. Der Forstwirtschaft kommt dabei die Aufgabe zu, die Holzerzeugung über lange Jahre zu sichern und die durch Störung des natürlichen Gleichgewichts entstehenden unvermeidlichen Schäden so gering wie möglich zu halten. Bis so ein Wirtschaftswald genutzt werden kann, dauert es zwischen 80 und 200 Jahre, je nach Holzart und Standort.

Die Wirtschaftlichkeit einer Baukonstruktion kann durch entsprechende Auswahl der Holzquerschnitte wesentlich beeinflusst werden. Nicht immer bedeutet z.B. die Wahl schmaler und hoher Balken, mit hohem Widerstands- und Trägheitsmoment, gleichzeitig auch eine Holzeinsparung, weil zum Einschnitt für schmale und hohe Querschnitte starke Stämme verwendet werden müssen. Bei der Konstruktion von Decken, Deckenbalken und Sparren sollte darauf geachtet werden, dass ein Vielfaches der Abstände von Deckensparren und Balken ganze oder halbe Meter ergibt, um Schnittverluste beim Ablängen der Latten und Bretter zu vermeiden, da diese von den Sägewerken in diesen Dimensionen hergestellt werden. In Ergänzung zur statischen Berechnung sollten hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Konstruktion möglichst quadratische Querschnitte verwendet werden. Diese ergeben die beste Ausnutzung des Kreisquerschnitts.

Wichtig für die Verarbeitung von Holz ist, dass nur getrocknetes Holz verwendet wird, da die Festigkeit des Holzes mit der Verminderung der Feuchtigkeit steigt. Durch Aufnahme und Abgabe von Feuchtigkeit arbeitet das Holz und ändert sein Volumen. Der empfohlene Trockenheitsgrad ist fünfzehn Prozent. Die erforderliche Holzfeuchtigkeit kann entweder durch natürliche Trocknung oder durch künstliche Trocknung erreicht werden. Für die natürliche Trocknung ist ein langer Zeitraum erforderlich, für die künstliche Trocknung zusätzliche Energie.⁶⁵

⁶⁵ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 328.

3.4.3.1 Vorteile bei der Wahl einer Holztragkonstruktion

Die Bearbeitung von Holz ist leicht und ohne große Energiezufuhr möglich. Dadurch ist ein schneller Aufbau von Holzkonstruktionen möglich. Die Tragfähigkeit der Tragwerke ist umgehend gegeben. Hier sind keine Unterstellungen oder Trocknungszeiten notwendig.

Ein Abbau bzw. nachträgliche Änderungen an der Konstruktion sind leicht durchführbar. Holzabfälle und Reste sind wieder verwertbar. Sie dienen etwa der Energiegewinnung.

Durch das geringe Eigengewicht, welches etwa 600 kg/m^3 beträgt, ist Holz besonders bei schlechten Baugrundverhältnissen geeignet. Bei gleichen Spannweiten und Belastungen haben Holztragwerke ein geringeres Eigengewicht als Stahlbetontragwerke. Auch für Dachtragwerke ist es von Vorteil Holz einzusetzen. In Kombination mit Stahlelementen sind sehr filigrane Konstruktionen möglich. Bei zweckmäßig ausgebildeten Konstruktionen lassen sich weitgespannte Tragwerke mit geringem Eigengewicht und hoher Tragfähigkeit in wirtschaftlicher Form herstellen.⁶⁶

Holz besitzt hervorragende bauphysikalische Eigenschaften. Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit des Baustoffes ist es einfacher Details zu entwickeln, welche keine Wärmebrücken aufweisen. Holz ist der tragfähigste Baustoff aller wärmedämmenden Materialien. Auch die schalltechnischen und elektrischen Eigenschaften wirken sich günstig für einen Holzbau aus.⁶⁷

Durch die geringe Wärmedehnung sind kaum Dehnungsfugen nötig. Statisch unbestimmte Koppelsysteme lassen sich problemlos konstruieren und große Spannweiten mühelos überbrücken.⁶⁸

Geleimte Holzkonstruktionen ermöglichen eine vielseitige architektonische Gestaltung in Verbindung mit einer statisch günstigen Formgebung. Im Gegensatz zu Beton und Stahl schafft Holz ein besonderes Klima und sorgt so für mehr Wohlbefinden.⁶⁹

Holz hat eine hohe Beständigkeit gegenüber den meisten Chemikalien aller Aggregatzustände. Daher ist es besonders für Produktionsstätten geeignet, in welchen aggressive Substanzen vorherrschen.

⁶⁶ Vgl. Lorenz, Gewerbebau - Industriebau 1993, S. 46.

⁶⁷ Vgl. Glos, Holz als Baustoff, 2002, S. 7.

⁶⁸ Vgl. Thaler, Auswirkungen der Fördertechnik auf Baukonstruktion, Energietechnik und Sicherheitstechnik, 1990, S. 7.

⁶⁹ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 328.

Eine besondere Widerstandsfähigkeit zeigen Holzkonstruktionen in Bezug auf Erschütterungen, da das Material sehr elastisch ist. Für Industriebauten mit starken dynamischen Belastungen ist Holz allerdings ungeeignet.

Ebenso ist die Widerstandsfähigkeit im Brandfall gegeben. Ausreichende Abmessungen vorausgesetzt, hat das brennbare Holz infolge der Bildung einer Kohleschutzschicht einen verzögernden Einfluss auf die Brandausbreitung. Die Brandwiderstandsklasse F 60 ist im Holzbau ohne Verkleidungen der Bauteile erreichbar und teure Brandschutzverkleidungen entfallen. Alleine durch die Vergrößerung des Querschnittes kann man den Brandwiderstand erhöhen.

Bei guter Vorbereitung der Planung und genügend Vorbereitungszeit kann die Baudauer kurz gehalten werden, da vieles bereits im Werk vorgefertigt werden kann. Bedingt durch das geringe Eigengewicht sind nicht so schwere Hebezeuge, wie z.B. bei Stahltragwerken notwendig. Ebenso können aufgrund des geringeren Eigengewichtes größere Holzfertigteile als Betonfertigteile im Werk hergestellt werden.

3.4.3.2 Nachteile bei der Wahl einer Holztragkonstruktion

Holz kann durch pflanzliche und tierische Schädlinge leicht zerstört werden. Abhilfe kann durch chemische und bauliche Holzschutzmaßnahmen geschaffen werden. Um Fäulnis und Insektenfraß zu vermeiden, werden diverse Anstriche, aber auch konstruktive Maßnahmen, wie z.B. ein Vordach vorgesehen.

Holz hat eine relativ niedrige Entflammungstemperatur. Dieser vermeintliche Nachteil stellt allerdings kein Problem dar, da die Abbrandgeschwindigkeit des Holzes experimentell gemessen werden kann und in die Berechnung der Tragkonstruktion mit einfließt. Auch mit Hilfe von Flammenschutzmitteln kann der Brennbarkeit von Holz entgegengewirkt werden.

Wegen der hohen Elastizität des Holzes sind leicht Formänderungen möglich. Daher sind Holztragwerke nur für Produktionsstätten mit leichten Hängekränen üblich. Eine weitere Möglichkeit, um bei starken dynamischen Belastungen ein Holztragwerk verwenden zu können, wäre die Entkoppelung des Tragwerks des Fördermittels vom Tragwerk des Gebäudes.

Ein weiterer Nachteil des Holzes ist das so genannte Quellen und Schwinden. Das bedeutet, dass Holz durch Aufnahme bzw. durch Abgabe von Feuchtigkeit arbeitet. Durch die Aufnahme von Feuchtigkeit findet eine Volumenvergrößerung statt (Quellen), durch Feuchtigkeitsabgabe eine Volumenverringerng (Schwinden). Durch das Vortrocknen des Bauholzes kann hier entsprechend

entgegengewirkt werden. Konstruktive Maßnahmen sind ebenfalls notwendig, um diese Volumenänderungen aufnehmen zu können.⁷⁰

Durch die leichte Bearbeitbarkeit des Holzes sind zwar Änderungen der Holzkonstruktionen leicht umsetzbar, eine nachträgliche Verstärkung der Tragkonstruktionen wie z.B. eine Verstärkung der Querschnitte für eine höhere Lastaufnahme ist allerdings schwer durchführbar.

Holz ist ein Naturprodukt. Es ist anisotrop, die Eigenschaften hängen von der Faserrichtung ab. Weiters besitzt Holz Äste verschiedener Jahre und somit unregelmäßige Festigkeitseigenschaften. Das für den Holzbau verwendete Material muss daher entsprechend den Gütebedingungen der hierfür gültigen Normen aussortiert werden, wie auch die Verleimung eine weitere Verbesserung bringt.

3.4.4 Tragwerke aus Stahl

Bereits seit 3000 Jahren arbeitet die Menschheit mit Eisen. Die Massenherstellung wurde allerdings erst mit der Erfindung des Kokshochofens im 18. Jahrhundert in England möglich und konnte so im Ingenieurbau, beim Brückenbau und Eisenbahnbau eingesetzt werden. Mitte des 19. Jahrhunderts konnten bereits zäher Stahl und Profile erzeugt werden. Mit diesen wurden Wahrzeichen wie der Eiffelturm in Paris geschaffen⁷¹. Nach 1950 wurden die bisher bewährten Stahlerzeugungsverfahren, wie das Thomasverfahren, das Bessemerverfahren und das Siemens-Martin-Verfahren durch das Sauerstoffblasverfahren und durch die Elektrostahlerzeugung abgelöst. Die verschiedenen Stahlbauteile wurden zunächst durch Nietverbindungen zusammengefügt. Erst später konnten diese Nietverbindungen durch Schweißverbindungen und Schraubverbindungen ersetzt werden. Heute ist die wesentlichste Verbindungsmethode im Stahlbau das Schmelzschweißen mittels elektrischem Lichtbogen.⁷²

Baustahl spielt bei der Vielfalt an Stählen eine untergeordnete Rolle. Stahl ist eine Legierung des Eisens mit verschiedenen Elementen, vorwiegend Kohlenstoff. Der Kohlenstoffgehalt darf aber maximal zwei Prozent des Gewichtes betragen, da bei über zwei Prozent wieder von Eisen und nicht von Stahl gesprochen wird. Der erzeugte Stahl kann mittels der verschiedenen Legierungselemente an den jeweiligen Verwendungszweck angepasst werden. Seine Eigenschaften können bewusst geändert werden.

⁷⁰ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 327. und Thaler, Auswirkungen der Fördertechnik auf Baukonstruktion, Energietechnik und Sicherheitstechnik, 1990, S. 7.

⁷¹ Vgl. Fritsch/Pasternak, Stahlbau, 1999, S. 3.

⁷² Vgl. Luza/Palka/Schnaubelt, Stahlbau, 2007, S. 13.

Roheisen ist das wichtigste Ausgangsprodukt für die Stahlerzeugung. Durch das Sauerstoffblasverfahren, welches das häufigste Verfahren zur Stahlgewinnung ist, wird der im Eisen gelöste Kohlenstoff auf einen vorgegebenen Wert reduziert, die Werte anderer gewünschter Beimengungen gesenkt und erwünschte Legierungselemente zugegeben. Wie es der Name des Verfahrens bereits ausdrückt, erreicht man dies durch Zugabe von Sauerstoff.

Die Erzeugnisse aus dem Sauerstoffblasverfahren können in dieser Grundform noch nicht im Stahlbau eingesetzt werden. Diese müssen durch Warmwalzen oder Schieden und Pressen zu Fertigteilen geformt werden.⁷³

Grundsätzlich sind die aus der Umformung gewonnenen Stahlfertigteile genormt. Das bedeutet, dass diese in vorgegebenen Größen, Längen und Formen erzeugt werden. Die Abmessungen und technischen Daten sind in Tabellenwerken zu finden. Braucht man Sonderformen, so ist dies nur in großen Mengen wirtschaftlich. Daher sollte der Planer darauf achten, nur genormte Stahlprofile zu verwenden.

Die aus der Umformung durch Walzen, etc. erzeugten Stahlteile werden in Flach- und Langerzeugnisse unterschieden. Blech und Band zählen zu den Flacherzeugnissen, die für die Tragkonstruktion einer Produktionsstätte wichtigen Formstähle, wie z.B. I-Profile, U-Profile Rohre und Hohlprofile zu den Langerzeugnissen.⁷⁴

Um eine Konstruktion wirtschaftlich zu machen, gilt folgender Grundsatz: „Jede Konstruktion soll so gut wie nötig und nicht so gut wie möglich ausgeführt werden.“⁷⁵ Das bedeutet, dass es nicht unbedingt einen Kostenvorteil bringt, wenn der Planer das Minimum an Masse anstrebt. Für eine Konstruktion können statt geschweißten Trägern gewalzte Träger eingesetzt werden. So können Lohnkosten eingespart werden. Dünne Bleche mit vielen Steifen können durch dickere Bleche ersetzt werden. Auch hier entfallen die Lohnkosten für die Herstellung des dünneren Bleches in Verbindung mit den Steifen. Um Mindermengenzuschläge zu vermeiden, sollte der Planer bei der Wahl der Profile darauf achten, eher möglichst gleiche Profile zu wählen statt viele unterschiedliche.

Stahl ist sowohl für Eingeschoß- als auch für Mehrgeschoßbauten geeignet. Vor allem bei weitgespannten Konstruktionen war Stahl bis zum Zeitpunkt der Entwicklung des Spannbetons die einzige Möglichkeit. Neben Beton ist er der wichtigste Baustoff beim Bau von Produktionsstätten.⁷⁶

⁷³ Vgl. Ramberger, Stahlbau und konstruktiver Holzbau, 1985, S. 27.

⁷⁴ Vgl. Luza/Palka/Schnaubelt, Stahlbau 2007, S. 19.

⁷⁵ Ramberger, 1985, S. 35.

⁷⁶ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 328.

3.4.4.1 Vorteile bei der Wahl einer Stahltragkonstruktion

Stahl hat gegenüber den Baustoffen Beton und Holz den höchsten Festigkeitswert und den höchsten E-Modul (fünf- bis zehnfache gegenüber Beton, zwanzigfache gegenüber Holz). Das Verhältnis von aufnehmbarer Last zu Konstruktionsgewicht ist sehr günstig. Mit einer Stahlkonstruktion können sehr große Spannweiten überbrückt werden, schlanke Konstruktionen sind möglich. Daraus ergibt sich automatisch mehr Nutzfläche. Nachdem eine Stahlkonstruktion hohen statischen und dynamischen Belastungen standhalten kann, ist diese optimal, wenn in der Produktionsstätte eine fixe Krananlage installiert werden soll.⁷⁷

Durch laufende Qualitätskontrollen bei der Herstellung hat Stahl die am zuverlässigsten gesicherte Güte. Weder Holz noch Beton weisen diese gleichmäßige Beschaffenheit auf. Deshalb stimmen Berechnungen bei Stahltragwerken ziemlich genau mit der Wirklichkeit überein. So kann die Konstruktion auf ein Minimum ausgereizt werden. Daraus ergibt sich auch ein geringeres Eigengewicht, und die Fundierung kann geringer bemessen werden, weshalb wiederum Kosten eingespart werden können.⁷⁸

Bis zu einer gewissen Spannung verhält sich Stahl vollkommen elastisch, ab der so genannten Fließgrenze verhält er sich plastisch. Das bedeutet, dass Stahlkonstruktionen unter zu hoher Beanspruchung nicht gleich zusammenbrechen, sondern sich zunächst nur verformen und keinen Festigkeitsabfall aufweisen. Findet bei Stahl keine Überbelastung oder keine schädlichen Angriffe statt, bleiben die Eigenschaften des Stahls unabhängig von der Zeit erhalten.⁷⁹

Sollten Schäden am Stahltragwerk auftreten oder Veränderungen aufgrund der Entwicklung der Produktion notwendig sein, sind Änderungen leicht möglich. Die Stahlprofile können einfach getauscht oder durch anschweißen verstärkt werden. Stahl ist relativ gleich auf Zug, Druck und Schub belastbar. Bei Umbauarbeiten kann man sich diesen Vorteil durch Kräfteumlagerungen zu Nutze machen. Stahl ist vielseitig verarbeitbar. Durch gießen, schmieden, walzen, pressen und ziehen können verschiedenste Formen hergestellt werden. Verbindungen können mittels verschrauben, verschweißen oder vernieten geschaffen werden, wobei Schweißarbeiten hauptsächlich im Werk bei der Vorfertigung und nicht auf der Baustelle durchgeführt werden.

Die Baudauer für ein Stahltragwerk ist kurz. Die notwendigen Bauteile werden im Werk vorgefertigt und auf der Baustelle relativ witterungsunabhängig montiert. Für Rüstung ist wenig Platz notwendig. Nach der Errichtung ist das Stahltragwerk umgehend belastbar. Für die Errichtung notwendige Unterstellungen können sofort abgebaut werden und stören den weiteren

⁷⁷ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 329.

⁷⁸ Vgl. Krüger, Stahlbau, 1998, S. 7.

⁷⁹ Vgl. Henn, Bauten der Industrie, 1955, S. 41

Arbeitsablauf nicht. Da die Toleranzen des Stahlbaus minimal sind, können die Ausbauarbeiten ohne schwierige Anpassarbeiten durchgeführt werden. Je früher das Bauwerk fertig gestellt werden kann, desto geringer sind die Auswirkungen der Lohn- und Preissteigerung. Durch eine kurze Baudauer kann eine Produktionsstätte früher mit der Herstellung des vorgesehenen Produktes beginnen und früher einen Produktionsgewinn erzielen.⁸⁰

Ein weiterer Vorteil von Stahltragwerken ist die einfache Demontage und der einfache Wiederaufbau des Tragwerks. Sollte eine Konstruktion nicht mehr benötigt werden, wird diese verschrottet. Der Schrott kann bei der Stahlherstellung recycelt werden. Mit Stahlabfällen wird ein gewisser Erlös erzielt, welcher wiederum einen Teil der Abbruchkosten deckt.⁸¹

3.4.4.2 Nachteile bei der Wahl einer Stahltragkonstruktion

Stahl ist ein teurer Baustoff. Bedingt durch einen hohen Grad an Technologie bei der Stahlherstellung können nur geschulte Arbeitskräfte eingesetzt werden. Dadurch entstehen erhöhte Produktionskosten.

Mit tragenden Stahlelementen können keine raumabschließenden, schall- und wärmedämmenden Konstruktionen gebildet werden. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit von Stahl sind die Detaillösungen schwierig. Erforderliche Schutzmaßnahmen gegen Kältebrücken müssen schon in der Planung definiert werden, da nachträgliche Maßnahmen oft sehr teuer sind.⁸²

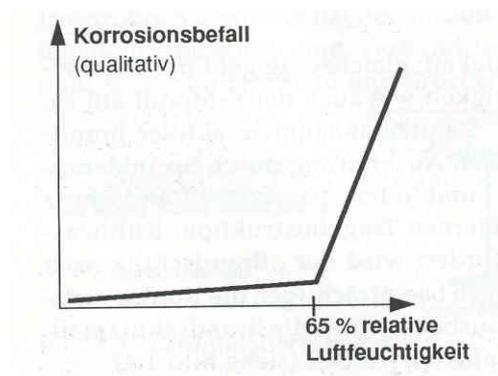


Abbildung 5 Korrosionsbefall in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit⁸³

Stahl ist in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit korrosionsanfällig. Wird dieser nicht vor Korrosion geschützt, bewirkt diese Feuchtigkeit eine Verringerung der Bauteilstärke und Zerstörung. Somit kann nicht mehr die gleiche Last aufgenommen werden, wie statisch berechnet wurde. Ein

⁸⁰ Vgl. Luza/Palka/Schnaubelt, Stahlbau, 2007, S. 10.

⁸¹ Vgl. Fritsch/Pasternak, Stahlbau, 1999, S. 2.

⁸² Vgl. Ramberger, Stahlbau und konstruktiver Holzbau, 1985, S. 19.

⁸³ Vgl. Krüger, Stahlbau, 1998, S. 17.

Stahltragwerk muss vor Korrosion geschützt werden. Hierfür eignen sich verschiedene Beschichtungen bzw. das Feuerverzinken. Diese Schutzanstriche müssen allerdings laufend gewartet werden, daher sollte bereits bei der Planung darauf geachtet werden, dass das Tragwerk gut zugänglich ist, um die Wartungskosten so gering wie möglich zu halten. Werden Stahlbauteile nicht gewartet, kann es im Laufe der Zeit zu einer Zerstörung durch Rost führen.⁸⁴

Im Gegensatz zu Holz wird Stahl durch aggressive Substanzen angegriffen. Aber auch atmosphärische Verschmutzungen oder Meeresluft können Stahl zum Korrodieren bringen. Beschichtungen und Überzüge schaffen hier Abhilfe, wie bereits im Absatz davor beschrieben. Ebenso können konstruktive Maßnahmen, wie das Minimieren von Oberflächen, Kanten und das Vermeiden von Stellen, an denen sich Feuchtigkeit und Schmutz ansetzen können, gesetzt werden. Der Korrosionsschutz stellt einen wesentlichen Kostenfaktor dar und ist oft ausschlaggebend bei der Wahl des Baustoffes. Die Beschichtung als Rostschutz kann aber auch als architektonischer Gestaltungsfaktor gesehen werden.⁸⁵

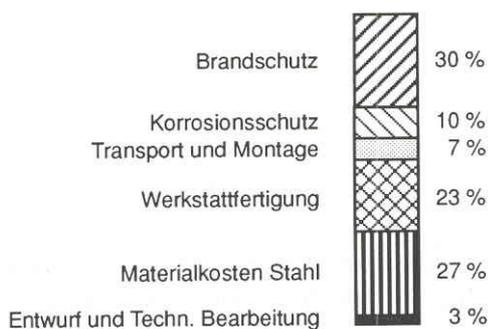


Abbildung 6 Prozentuelle Baukosten eines Hochbauprojektes in den USA⁸⁶

Wie aus der oben angeführten Abbildung zu entnehmen ist, stellen die Brandschutzmaßnahmen einen weiteren erheblichen Kostenfaktor dar. Stahl ist zwar nicht brennbar, verliert allerdings bei zunehmender Temperatur sehr schnell seine Festigkeit. Stahlteile können entweder durch statische Überdimensionierung auf einen Feuerwiderstand von 30 Minuten bemessen oder durch bauliche Maßnahmen geschützt werden. Hier zählen Beschichtungen zu den am häufigsten verwendeten Brandschutzmaßnahmen. Diese sind vom Profilmfaktor abhängig, welcher die Relation von Umfang zu Querschnittsfläche des Profils darstellt. Gedrungene Profile erwärmen sich daher langsamer als gegliederte Profile. Eine weitere Möglichkeit des Brandschutzes stellen Verkleidungen dar, welche die Erwärmung des Stahlbauteiles verlangsamen sollen. Es können profulumgebende oder profilverkleidende Verkleidungen aus Gipsplatten verwendet werden. Eine

⁸⁴ Vgl. Brittinger, Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus, 1992, S. 329.

⁸⁵ Vgl. Krüger, Stahlbau, 1998, S. 8.

⁸⁶ Vgl. Krüger, Stahlbau, 1998, S. 19.

sehr teure Variante des Brandschutzes ist eine Ummantelung mit Beton oder Mauerwerk. Anfang des 19. Jahrhunderts wurden alle tragenden Stahlbauteile eingemauert.⁸⁷

Durch planliche Brandschutzkonzepte kann die Sicherheit einer Stahlkonstruktion erhöht werden. Dazu zählen kürzere bzw. zusätzliche Fluchtwege. Aber auch die Installation einer Brandmeldeanlage oder einer Sprinkleranlage kann etwa eine Verkleidung als Brandschutzmaßnahme ersetzen falls die Brandlast in der Produktionsstätte gering ist.⁸⁸

3.5 Kostenschätzung für einen Flachbau und eine Halle

Um die verschiedenen Varianten der Materialien für Industriebauten monetär bewerten zu können, werden im Folgenden für zwei Beispiele mit Hilfe von Kalkulationsformblättern die Kosten abgeschätzt. Zu diesem Zweck wurden ein Flachbau mit einer Grundfläche von 30,0 m mal 75,0 m und einer Höhe von 6,0 m sowie eine Halle mit den gleichen Abmessungen angenommen. Die Einwirkungen, wie Windlast, Schnee, Eigengewichte und Dachaufbau auf die Tragwerke wurden mittels Eurocode 1 bemessen. Die Berechnungen wurden mit Hilfe der statischen Rechenprogramme RStab und Concrete durchgeführt. Mit dem Programm RStab wurden auch die Skizzen für die Lasteinwirkungen auf das Tragwerk erstellt.

Zur Kostenschätzung wurde das sogenannte Formblatt K7 aus der ÖN B2061 herangezogen, in welchem die Kosten für Materialien und Stundenansätze der Lohnleistung für die verschiedenen Bestandteile der Tragwerke zusammengefasst werden. Aus diesem Formblatt ergeben sich die Kosten je Einheit. Um die Gesamtkosten als Schätzkosten zu erhalten, wird das Ergebnis der Formblätter mit der Menge multipliziert und eine Art Preisspiegel erstellt. Die Bauten wurden immer in die Elemente Fundament, Stützen und Träger unterteilt, da diese die wesentlichen Kosten darstellen.

⁸⁷ Vgl. Luza/Palka/Schnaubelt, Stahlbau, 2007, S. 224.

⁸⁸ Vgl. Girkes, Brandschutzkonzepte im Stahlbau, 2007, S. 845.

3.5.1 Beispiel Halle

Die Halle wurde mit einer Grundfläche von 30,0 m mal 75,0 m und einer Höhe von 6,0 m angenommen. Aus den folgenden Graphiken können die Annahmen für die Lasten entnommen werden, wie das Eigengewicht, die Lasten des Dachaufbaues, die Schneelast und die Windlasten.

3.5.1.1 Skizze des Hallentragwerks

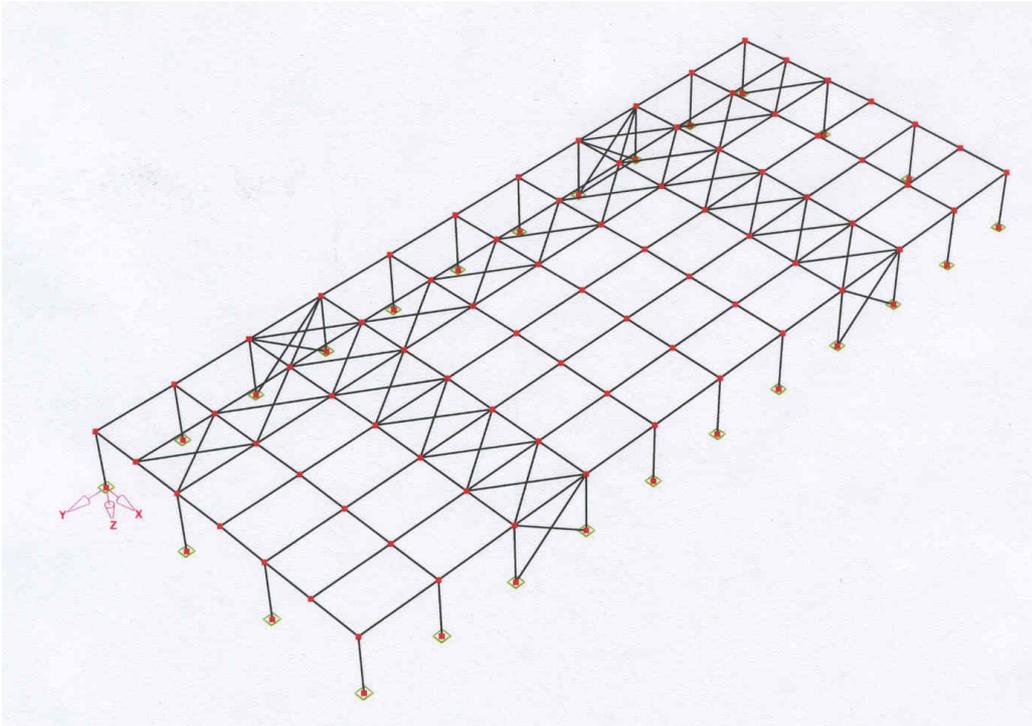


Abbildung 7 Tragkonstruktion Halle

3.5.1.2 Kostenschätzung für Hallenbauten

Wie man aus Abbildung 6 erkennen kann, wird für die Berechnung nur das Tragwerk (Skelettbauweise) herangezogen. Die Dimensionen der Fundamente, der Stützen und Trägern, aus welchen die Konstruktion besteht, werden in einer eigenen Tabelle dargestellt.

Aus den Preisen, welche im Anhang über Kalkulationsformblätter ermittelt wurden, wurde ein Preisspiegel erstellt. Die Hebemittel wurden nicht berücksichtigt, da diese für den Vergleich nicht relevant sind. Die Kosten für die Autokräne, welche für die Montage der Fertigteile aus Stahlbeton, Holz und Stahl benötigt werden, sind in etwa gleich, da bei allen Werkstoffen die gleichen Hebemittel ausgewählt werden. Bei der Bauweise mit Ortbeton werden Turmdrehkräne fix auf der Baustelle aufgestellt, da diese bei einer längeren Baudauer günstiger sind. Weitere Aufbauten, wie den Windverband, den Wand- und Dachaufbau wurden auch nicht berechnet, da diese für alle

Tragwerke notwendig und gleich sind. Für die „Hülle“ des Bauwerkes gibt es viele unterschiedliche Möglichkeiten und so wäre es nicht zielführend diese in den Vergleich mit einzubeziehen.

Preise und Stundenansätze für Ortbetontragwerke wurden von Fa. Strabag AG zur Verfügung gestellt. Für Fertigteiltragwerke wurden diese gemeinsam mit dem Projektleiter Herrn Pulzer des Fertigteilwerks Readymix aus Wöllersdorf in Niederösterreich, Angaben für Stahlhallen von Fa. Kamper Stahlbau GmbH aus Gloggnitz, Niederösterreich und Angaben für den Holzbau wurden einem Interview mit Herrn DI Buchacher der Fa. Buchacher GmbH aus Hermagor in Kärnten entnommen. Diese Angaben wurden nochmals mit eigenen Erfahrungen aus der Praxis abgeglichen.

3.5.1.2.1 Dimensionen des Hallentragwerks

Nachstehend können die Dimensionen der jeweiligen Elemente des Tragwerks entnommen werden.

Tragwerk aus Ortbeton und Betonfertigteilen

		Abmessungen	Betongüte	Bewehrung
Fundament	Länge	1,70 m	C 25/30	125,00 kg
	Breite	1,70 m		
	Höhe	0,80 m		
Stütze	Länge	6,00 m	C 30/37	180,00 kg
	Breite	0,35 m		
	Tiefe	0,35 m		
Träger	Länge	30,00 m	C 30/37	565,00 kg
	Breite	0,40 m		
	Höhe	1,50 m		

Tragwerk aus Holz

		Abmessungen	Betongüte	Bewehrung
Fundament	Länge	1,50 m	C 25/30	80,00 kg
	Breite	1,50 m		
	Höhe	0,80 m		
Stütze	Länge	6,00 m	Holzgüte BSH 11	
	Breite	0,34 m		
	Tiefe	0,60 m		
Träger	Länge Fachwerksträger	30,00 m	BSH 14	

Tragwerk aus Stahl

		Abmessungen	Betongüte	Bewehrung
Fundament	Länge	1,50 m	C 25/30	80,00 kg
	Breite	1,50 m		
	Höhe	0,80 m		
Stütze	Länge	6,00 m	HEA 650	mit Voute
Träger	Länge	30,00 m	HEA 650	mit Voute

3.5.1.2.2 Zusammenfassung im Preisspiegel

Nachstehende Tabelle fasst die Werte der Kalkulationsblätter in Positionen zusammen, sodass die Gesamtkosten für das jeweilige Tragwerk der Halle ersichtlich sind.

Ortbeton					Gesamt	
			EP	PP		
Pos.1	Fundament	22,00 Stk	€ 691,76	€ 15.218,72		
Pos.2	Stütze	22,00 Stk	€ 1.129,80	€ 24.855,60		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 12.065,24	€ 132.717,64	€ 172.791,96	240%

Fertigteil					Gesamt	
			EP	PP		
Pos.1	Fundament	22,00 Stk	€ 638,11	€ 14.038,42		
Pos.2	Stütze	22,00 Stk	€ 750,48	€ 16.510,56		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 3.746,30	€ 41.209,30	€ 71.758,28	100%

Holz					Gesamt	
			EP	PP		
Pos.1	Fundament	22,00 Stk	€ 508,35	€ 11.183,70		
Pos.2	Stütze	22,00 Stk	€ 1.108,45	€ 24.385,90		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 3.317,64	€ 36.494,04	€ 72.063,64	100%

Stahl					Gesamt	
			EP	PP		
Pos.1	Fundament	22,00 Stk	€ 508,35	€ 11.183,70		
Pos.2	Stütze	22,00 Stk	€ 2.456,09	€ 54.033,98		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 5.792,56	€ 63.718,16	€ 128.935,84	180%

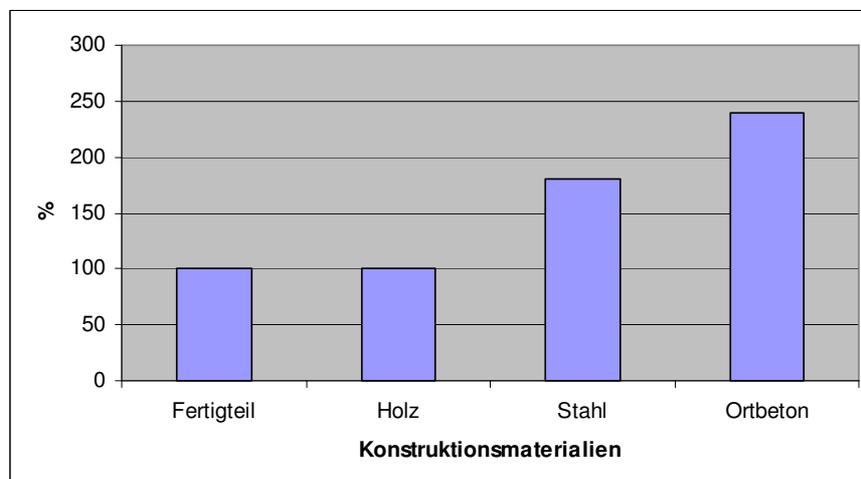


Abbildung 8 Prozentueller Vergleich der Kosten des Hallentragwerks

3.5.2 Beispiel Flachbau

Der Flachbau wurde mit einer Grundfläche von 30,0 m mal 75,0 m und einem Rastermaß von 7,5 m angenommen, wie in der nachfolgenden Darstellung zu erkennen ist.

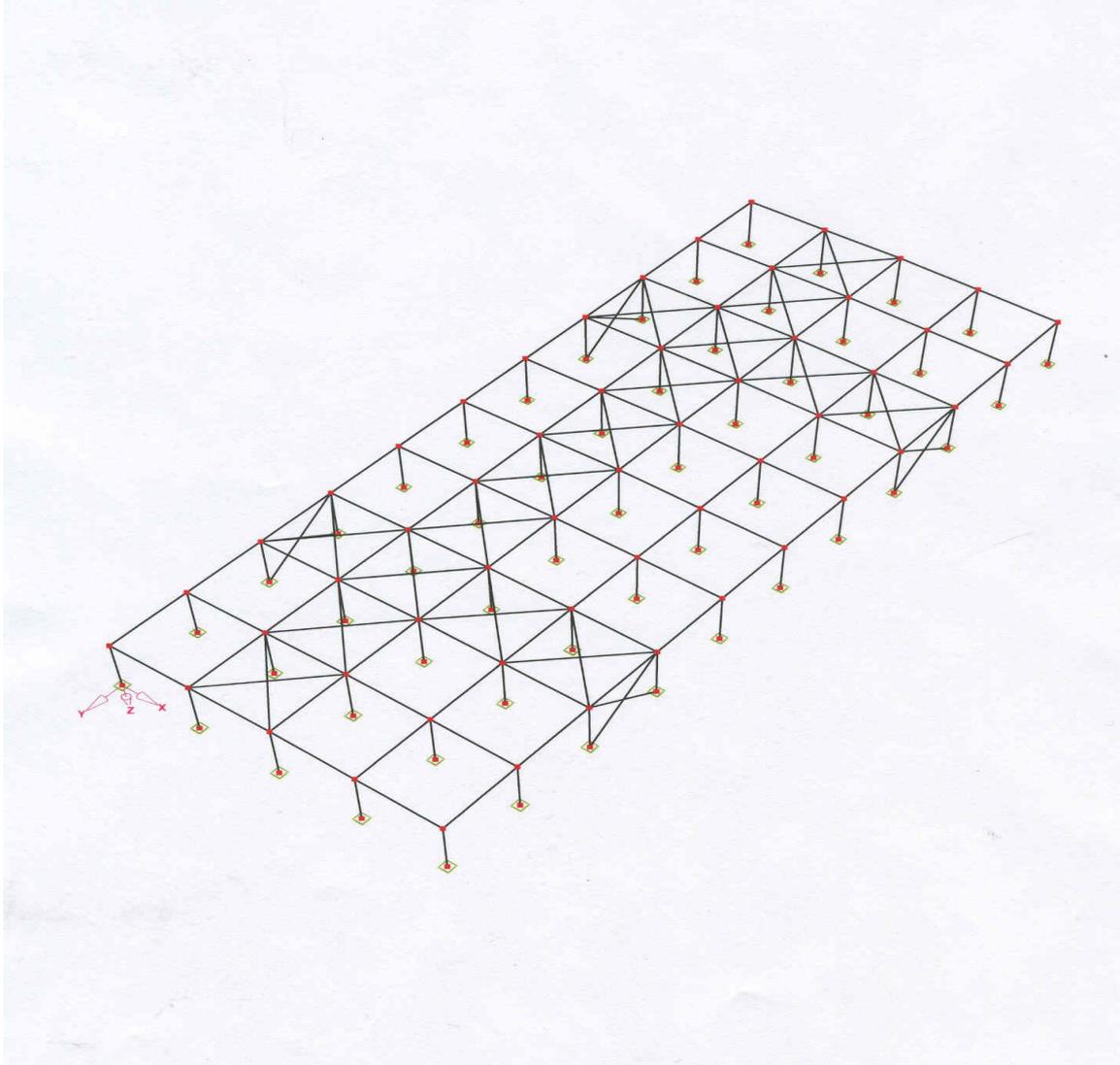


Abbildung 9 Tragkonstruktion Flachbau

3.5.2.1 Kostenschätzung für Flachbauten

Die Kostenschätzung wurde analog den Angaben der Hallenbauten berechnet.

3.5.2.1.1 Dimensionen des Flachbautragwerks

Tragwerk aus Ortbeton und Betonfertigteilen

		Abmessungen	Betongüte	Bewehrung
Fundament	Länge	1,60 m	C 25/30	125,00 kg
	Breite	1,60 m		
	Höhe	0,80 m		
Stütze	Länge	6,00 m	C 30/37	150,00 kg
	Breite	0,30 m		
	Tiefe	0,30 m		
Träger	Länge	30,00 m	C 30/37	518,00 kg
	Breite	0,30 m		
	Höhe	0,40 m		

Tragwerk aus Holz

		Abmessungen	Betongüte	Bewehrung
Fundament	Länge	1,25 m	C 25/30	80,00 kg
	Breite	1,25 m		
	Höhe	0,80 m		
Stütze		Abmessung	Holzgüte BSH 11	
	Länge	6,00 m		
	Breite	0,34 m		
Träger	Länge	7,50 m	BSH 14	
	Breite	0,14 m		
	Höhe	0,52 m		

Tragwerk aus Stahl

		Abmessungen	Betongüte	Bewehrung
Fundament	Länge	1,25 m	C 25/30	80,00 kg
	Breite	1,25 m		
	Höhe	0,80 m		
Stütze	Länge	6,00 m	HEA 220	
Träger	Länge	7,50 m	HEA 300	

3.5.2.1.2 Zusammenfassung im Preisspiegel

Nachstehende Tabelle fasst die Werte der Kalkulationsblätter in Positionen zusammen, sodass die Gesamtkosten für das jeweilige Tragwerk des Flachbaus ersichtlich sind.

Ortbeton			EP	PP	Gesamt	
Pos.1	Fundament	55,00 Stk	€ 643,25	€ 35.378,75		
Pos.2	Stütze	55,00 Stk	€ 937,24	€ 51.548,20		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 3.922,01	€ 43.142,11	€ 130.069,06	148%

Fertigteil			EP	PP	Gesamt	
Pos.1	Fundament	55,00 Stk	€ 569,24	€ 31.308,20		
Pos.2	Stütze	55,00 Stk	€ 701,34	€ 38.573,70		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 2.731,00	€ 30.041,00	€ 99.922,90	114%

Holz			EP	PP	Gesamt	
Pos.1	Fundament	55,00 Stk	€ 425,17	€ 23.384,35		
Pos.2	Stütze	55,00 Stk	€ 726,18	€ 39.939,90		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 2.231,08	€ 24.541,88	€ 87.866,13	100%

Stahl			EP	PP	Gesamt	
Pos.1	Fundament	55,00 Stk	€ 425,17	€ 23.384,35		
Pos.2	Stütze	55,00 Stk	€ 870,38	€ 47.870,90		
Pos.3	Träger	11,00 Stk	€ 4.699,76	€ 51.697,36	€ 122.952,61	140%

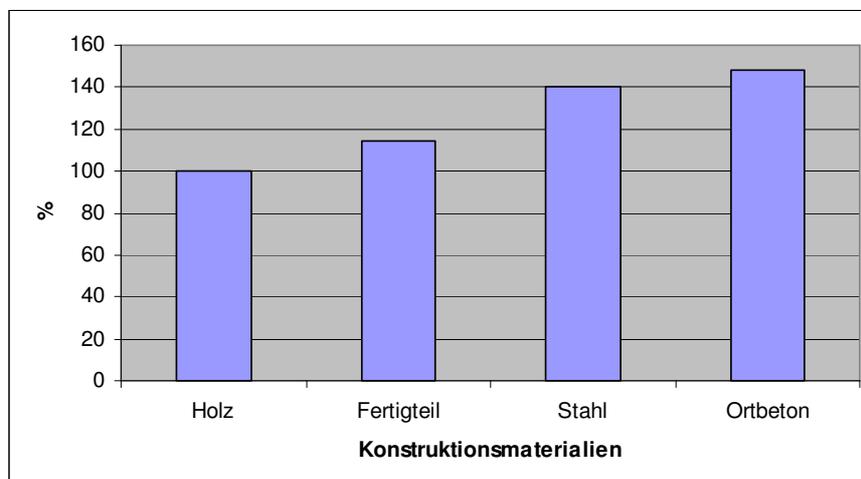


Abbildung 10 Prozentueller Vergleich der Kosten des Flachbaus

3.5.2.2 Vergleich mit dem BKI

Im Baukosteninformationssystem ist eine Werkhalle für Metallverarbeitungen angegeben, welche als Tragkonstruktion einen Stahlskelettbau aufweist. Hier sind die Kosten mit 90 €/m³ Brutrauminhalt bei einem Bruttorauminhalt von 17.932 m³ angegeben, Diese Halle hat eine Bruttogeschossfläche von 1.992 m² und eine Höhe von 9,0 m.

Weiters findet man eine Produktions- und Lagerhalle, wo die Tragstruktur ein Holzskelettbau ist. Hier sind Kosten von 95 €/m³ angegeben bei einem Bruttorauminhalt von 17.195m³ und einer Bruttogeschossfläche von 2.147 m². Die Höhe der Halle beträgt 8,0 m. Die angegebenen Kosten beinhalten die deutsche Umsatzsteuer.

Die Werte der Kostenschätzung aus Kapitel 3.5 können nicht direkt mit den Kennwerten des Baukosteninformationssystems verglichen werden. Die Kostenkennwerte aus dem BKI werden über die Bauwerkskosten, welche alle Gewerke die zur Herstellung eines Gebäudes notwendig sind beinhaltet, ermittelt⁸⁹. Die Werte aus den Kostenschätzungen beziehen sich ausschließlich auf die Tragwerke der Produktionsstätten und beinhalten keine Mehrwertsteuer.

Rechnet man die deutschen Kostenkennwerte auf österreichische Kennwerte ohne Mehrwertsteuer um, ergibt dies für die Werkhalle aus Stahl 75 €/m³ und für die Produktions- und Lagerhalle aus Holz 79 €/m³.⁹⁰

Rechnet man die Kosten des Stahltragwerks des Beispiels aus Kapitel 3.5.1.2.2 auf den Bruttorauminhalt um, betragen diese 9,55 €/m³. Das sind in etwa 13 Prozent der Kosten für die Werkhalle aus Stahl. Wenn bedacht wird, dass es sich bei den 13 Prozent nur um die Kosten des Tragwerkes handelt, erscheint dies ein realistischer Wert zu sein.

Die Kosten für die Lager- und Produktionsstätte aus dem BKI erscheinen im Vergleich zu dem Hallenbeispiel aus Kapitel 3.5.1.2.2 nicht realistisch, da das Hallenbeispiel aus Holz um 80 Prozent günstiger ist als das gleiche Stahlhallentragwerk. Bei dem gewählten Holztragwerk kommen wir auf Kosten von 5,34 €/m³, welche auf den Bruttorauminhalt bezogen sind. Wird allerdings die Abbildung der Produktionshalle aus dem BKI betrachtet, kann man erkennen, dass die Ausführung dieser einen überdurchschnittlichen Standard aufweist. Hier handelt es sich nicht, wie bei der Werkhalle um einen einfachen rechteckigen Querschnitt, es sind auch Erker, große Glasflächen und Dachverschneidungen zu erkennen, welche die Kosten für dieses Gebäude auf alle Fälle deutlich erhöhen. So sind die hohen Kosten von 79 €/m³ im Vergleich zu den Kosten des Holzhallenbeispiels erklärbar.

⁸⁹ Vgl. Kropik, Termin- und Kostenplanung, 2008, S.45

⁹⁰ Vgl. BKI, 2007, S. 484.

3.5.3 Bauzeitplan einer Halle und eines Flachbaus

„Die Terminplanung ist die Dauer- und die Ablaufplanung von Bauvorgängen eines Projektes mit dem übergeordneten Ziel der wirtschaftlichen Tätigkeit und der Einhaltung der Terminziele.“⁹¹

Die Einhaltung von Terminen bei der Herstellung eines Bauwerkes wird immer wichtiger, da die frühest mögliche Baufertigstellung viele Vorteile für den Bauherrn bietet, wie z.B. einen früheren Produktionsbeginn. Allerdings ist auch die rechtzeitige Fertigstellung wichtig. Bei Bauverzögerung, könnten dem Bauherrn durch etwa Produktionsverluste Gewinne entgehen oder auch sein Unternehmen gefährdet sein.

Daher ist es wichtig ein Kontrollinstrument zu verwenden, um bei Bauverzögerungen rechtzeitig das Problem zu erkennen, einzuschreiten und entgegenzuwirken. Dies ist etwa durch die Steigerung der Kapazität möglich.

Es gibt verschiedene Darstellungsmöglichkeiten von Terminplänen:

- Balkenplan
- Liniendiagramm
- Netzplan
- Terminliste

Im Balkenplan, welcher am häufigsten verwendet wird, da diese sehr übersichtlich sind, werden die Bauvorgänge vertikal und die Dauer der zugehörigen Vorgänge auf einer horizontalen Zeitachse als Balken aufgetragen. Die Zeitachse kann je nach Bedarf in Monaten, Wochen, Tagen oder gar Stunden skaliert werden. Die unter Punkt 3.5.3.1 und 3.5.3.2 erstellten Bauzeitpläne sind Balkenpläne.

Beim Liniendiagramm werden die Bauvorgänge in Form von Linien in einem Koordinatensystem eingetragen. Auf der waagrechten Achse wird die Zeit und auf der senkrechten Achse der Weg bzw. das Volumen aufgetragen. Diese Darstellungsform eignet sich hauptsächlich für „linienartige“ Bauvorhaben wie Straßen, Tunnel und dergleichen.

Wie der Name schon sagt, werden im Netzplan die Vorgänge als Netz dargestellt. Hier kann man wieder zwischen einem Vorgangspfeil-Netzplan, einem Vorgangsknoten-Netzplan und dem Ereignisknoten-Netzplan unterscheiden. Hier ist die leicht verständliche Abbildung der Vorgänge

⁹¹ Vgl. Kropik, Termin- und Kostenplanung, 2008, S.1

und Beziehungen untereinander von Vorteil, da man hier auch komplexe Verflechtungen darstellen kann. Das Ablesen einer Zeitspanne ist allerdings schwierig.

Die einfachste Darstellung von Terminen ist die Terminliste. Hier werden diese einfach tabellarisch dargestellt und nicht graphisch. Daher ist die Übersichtlichkeit vor allem bei größeren Bauvorhaben nicht gegeben.⁹²

⁹² Vgl. Bielefeld/Feuerabend, Baukosten- und Terminplanung, 2007, S. 97ff und Kropik, Termin- und Kostenplanung, 2008, S. 7ff.

3.6 Vergleich der Konstruktionsmaterialien

Stahlbeton in Ortbetonbauweise ist zwar für Flach- und Geschosßbauten aufgrund seiner hohen Belastbarkeit und Wartungsfreiheit geeignet, allerdings kommt dieser wegen der langen Bauzeit, der möglichen Zeitverzögerung durch Schlechtwetter und der hohen Kosten kaum zur Anwendung. Der größte Vorteil von Ortbeton ist die Flexibilität. Kurzfristige Planänderungen können einfach und ohne großen Kostenaufwand bewerkstelligt werden. Angaben für Fertigteile müssen bereits Wochen vor der Montage bekannt gegeben werden, um die Montage zu dem vereinbarten Zeitpunkt gewährleisten zu können. So sind kurzfristige Änderungen mit hohen Kosten verbunden, da die Fertigteile meist bereits produziert wurden.

Sinnvoll ist der Einsatz von Stahlbetonfertigteilen. Bei gleichmäßigen Strukturen der Bauteile sind diese kostengünstig und weisen alle positiven Eigenschaften des Stahlbetons auf bei einer weit kürzeren Bauzeit. So sind keine weiteren Verkleidungen oder Anstriche für den Brandschutz notwendig. Die Kosten für die Wartung sind minimal. Belastungen, welche aus etwa Hallenkränen resultieren, sind für Stahlbetontragwerke kein Problem. Die Witterung hat kaum einen Einfluss auf die Montage. Durch das hohe Eigengewicht des Stahlbetons sind für die Herstellung eines Tragwerkes schwere Hebemittel notwendig. Die Fundierung muss größer dimensioniert werden, damit auch die Last, welche aus dem Eigengewicht resultiert, abgetragen werden kann. Bei schlechtem Baugrund kann sich das als Nachteil herauskristallisieren.

Holztragwerke sind von Vorteil, wenn ein Hallenbau geplant ist, da weit gespannte Tragwerke sich formschön und wirtschaftlich mit diesem Werkstoff lösen lassen. Oft können sich Detaillösungen aufgrund von Kältebrücken als problematisch herausstellen. Hier ist Holz optimal, da es eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist und hervorragende bauphysikalische Eigenschaften besitzt. Durch das geringe Eigengewicht sind Holztragwerke vor allem bei schlechten Untergrundverhältnissen gefragt. In der chemischen Industrie wird Holz bevorzugt, da die meisten chemischen Substanzen dem Werkstoff nicht schaden können. Vor Fäulnis und Insektenfraß muss Holz allerdings durch einen speziellen Anstrich geschützt werden. Diese Anstriche müssen immer wieder erneuert werden. Somit entstehen Kosten für die laufende Wartung. Sowohl die Montage als auch Demontage eines Holztragwerkes ist einfach und ohne großen Energieaufwand möglich. Das bedingt eine kurze Bauzeit. Ein großer Vorteil des Werkstoffes Holz liegt in der Umweltfreundlichkeit. Er ist ein Baustoff, der ständig in der Natur nachproduziert wird, dabei dem Treibhauseffekt entgegenwirkt und bei der Entsorgung für Energiegewinnung wieder verwendet werden kann.

Stahltragwerke kommen ebenfalls bei weit gespannten Hallentragwerken zur Anwendung. Es sind hier sehr schlanke Konstruktionen möglich und hohen statischen und dynamischen Lasten können mit diesem Baustoff standgehalten werden. Die Güte des Stahls wird im Werk laufend kontrolliert,

daher ist diese von allen Baustoffen am zuverlässigsten gesichert. Die hervorragenden statischen Eigenschaften bleiben dem Stahl bei ordnungsgemäßer Wartung über die Lebensdauer erhalten. Da die Montage und Demontage relativ einfach abgewickelt werden kann, ist die Bauzeit auch bei Stahltragwerken sehr kurz und von der Witterung unabhängig. Vor allem die Brandschutzanforderungen können für den Stahl zum Nachteil werden, da dieser ab einer gewissen Temperatur schnell seine Festigkeit verliert. Daher müssen teure Maßnahmen, wie Verkleidungen, spezielle Anstriche oder der Einbau von Sprinkleranlagen, getroffen werden um dies im Brandfall zu vermeiden. Auch die laufende Wartung des Stahltragwerkes ist ein erheblicher Kostenfaktor, da spezielle Schutzanstriche gegen Korrosion nötig sind und diese laufend kontrolliert und nachgebessert werden müssen.

Die Vor- und Nachteile werden auf der nächsten Seite tabellarisch zusammengefasst.

Nachstehende Tabelle soll die Erfüllbarkeit der Kriterien der Konstruktionsmaterialien zeigen.

	Stahlbeton Ortbeton	Stahlbeton Fertigteilen	Holz	Stahl
1 Objekteignung				
Eignung für Flachbauten	++	++	~	~
Eignung für Geschoßbauten	++	++	--	--
Eignung für Hallenbauten	~	~	++	++
2 Gestaltungsmöglichkeiten				
Formgebung - Architektur Möglichkeiten	++	+	++	+
Optik - Wohlbefinden	~	~	++	~
raumabschließende Elemente	++	+	+	--
Notwendigkeit Beschichtung, Verkleidung	~	~	-	-
Beständigkeit gegenüber hohen Belastungen	++	++	~	+
Beständigkeit gegenüber Schwingungen	++	++	-	~
Eignung bei großen Spannweiten	--	-	++	++
Ausmaß der Fundierung	--	--	++	+
Eigengewicht	--	--	++	+
3 Bauphase				
Flexibilität bei Planänderungen	++	-	~	~
Gütequalität	-	~	~	+
Bauzeit, Termintreue	--	+	+	+
Detailplanung - Wärmedämmung	+	+	++	-
Einfluss durch Witterung	--	++	++	++
Hebemittel - notwendige Größe	~	-	+	+
Transport - Sondertransporte	~	-	+	~
Montage	--	+	+	+
4 Nachhaltigkeit				
Beständigkeit gegenüber Chemikalien	~	~	++	~
Beständigkeit gegenüber Schädlinge	++	++	-	++
Brandschutz	++	++	+	~
Wartung	++	++	~	~
Abbruch, Demontage Möglichkeit	--	--	++	+
Kosten	--	+	+	~
Umweltaspekt	-	-	++	+

++ sehr gut

+ gut

~ ausreichend

- wenig entsprechend

-- nicht entsprechend

3.7 Kosten und Terminoptimierung

In der nachstehenden Graphik wird der Grad der Kostenbeeinflussbarkeit je nach Projektdauer angezeigt

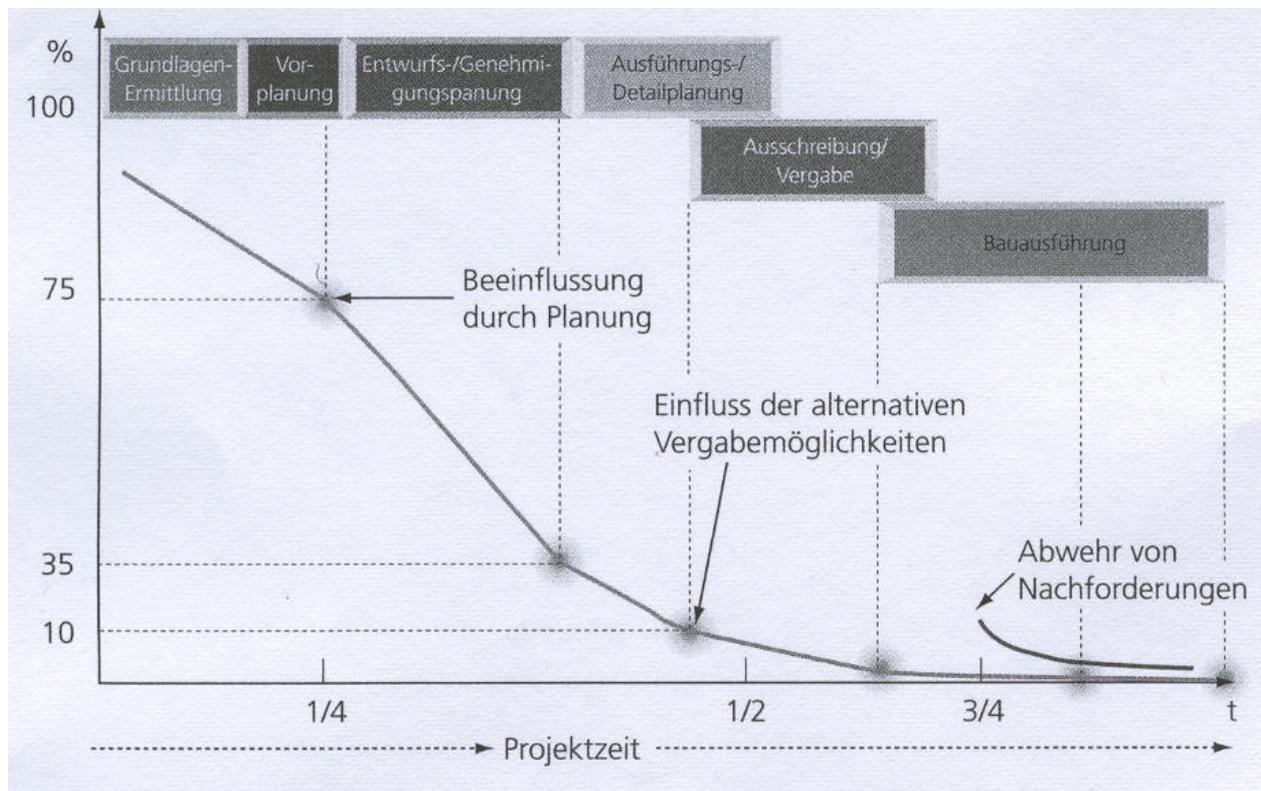


Abbildung 11 Beeinflussbarkeit der Baukosten auf die Projektdauer⁹³

Diese Darstellung zeigt, dass vor allem in der Grundlagenermittlungsphase und in der Planungsphase kostenoptimierend und terminoptimierend geplant werden kann. In dieser Phase kann der meiste Einfluss auf das Projekt ausgeübt werden.

Es beginnt bereits bei der Wahl der Planer. Hier sollte nicht vom günstigsten Honorar ausgegangen werden, sondern von den Referenzen der jeweiligen Fachleute, da diese durch ihre große Erfahrung bereits kosten- und termschonend arbeiten können. Auch Ausführungsbeteiligte mit ihrer Fachkompetenz können in der Planungsphase mitwirkend tätig sein, da diese technische und wirtschaftliche Alternativvorschläge aus der Praxis einfließen lassen können. Wichtig ist die Koordinierung dieser Fachplaner. Es sollte diesen auch genug Zeit eingeräumt werden, damit sie sich genügend in das Projekt einarbeiten können. In der Praxis liegt hier oft das große Problem. Bis ein Baubeschluss gefasst wird, dauert es oft Jahre. Die Planung und Herstellung des Gebäudes soll dann innerhalb kurzer Zeit abgewickelt werden. Details werden in der

⁹³ Vgl. Grau, Wege zur Wirtschaftlichkeit, 2002, S. 54.

Planungsphase entwickelt, daraus werden erst Planungsmängel erkannt, welche in der Ausführungsphase schwer zu beheben sind, da das Gebäude teilweise bereits errichtet wurde.⁹⁴

In dieser Frühphase sind vor allem die Entscheidungen des Bauherrn wichtig um die Randbedingungen genauestens festlegen zu können. Je genauer das Raum- und Funktionsprogramm mit den Vorstellungen des Bauherrn übereinstimmt, desto besser und schneller kann die Aufgabe von den Fachplanern gelöst und umgesetzt werden.⁹⁵

Auch zum Zeitpunkt der Ausschreibung kann noch in die Kosten und die Termine eingegriffen werden. Oft bieten zu diesem Zeitpunkt noch ausführende Firmen Alternativvorschläge an, wo die ausschreibende Stelle noch abwägen kann, ob diese zu einer Kostenersparnis oder einer Bauzeitverkürzung führen können. Teilweise können teure Positionen der Ausschreibung entfallen, wenn diese nicht unbedingt zur Funktionstüchtigkeit des Bauwerks beitragen. Außerdem können in dieser Phase auch noch Unklarheiten aus der Ausschreibung bereinigt werden, sofern auf diese bei Vertragsabschluss von den Firmen hingewiesen wird.⁹⁶

Die letzte Möglichkeit auf die Kosten einzugreifen ist die Abwehr der Nachträge. Nachträge sollten immer auf Basis des Hauptauftrages erstellt werden. Leider halten sich die ausführenden Firmen in der Praxis nicht unbedingt an diese Vorgabe. Daher sind solche Nachträge genau zu prüfen, ob diese überhaupt gerechtfertigt sind und ob diese preislich angemessen sind. Dies bedeutet allerdings für die prüfende Stelle einen enormen Zeitaufwand.

Der Einsatz von einem professionellen Projektmanagement bei komplexen Bauvorhaben stellt eine Möglichkeit der Koordinierung der Fachplaner und eine Kontrolle der Projektabwicklung dar. Nachstehende Graphik soll den Einfluss der Projektsteuerung verdeutlichen.

⁹⁴ Vgl. Grau, Wege zur Wirtschaftlichkeit, 2002, S. 54.

⁹⁵ Vgl. Schofer, Weniger Mehrkosten, 2006, S. 57.

⁹⁶ Vgl. Kropik/Krammer, Mehrkostenforderung beim Bauvertrag, 1999, S. 41.

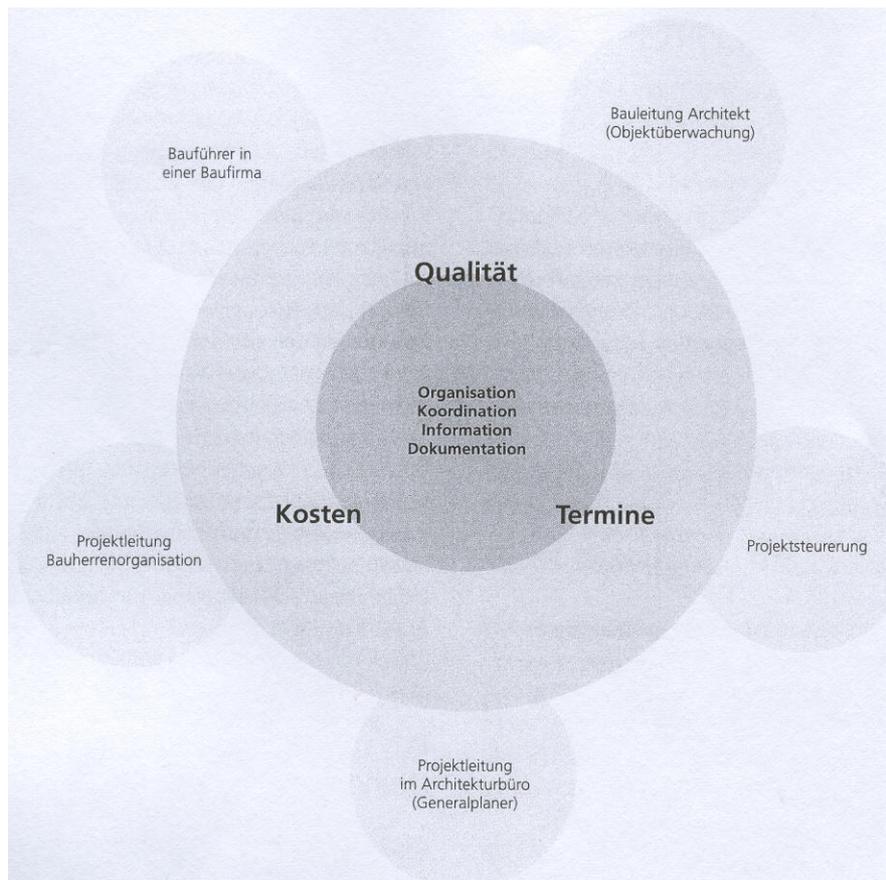


Abbildung 12 Beteiligte der Projektabwicklung⁹⁷

Allerdings sollte diese Projektsteuerung unabhängig von den an der Planung beteiligten Architekten und Fachkonsulenten geführt werden. Das Projektmanagement sollte nur die prozessbezogenen Leistungen wie Organisation, Koordination, Information, Dokumentation mit den Bereichen Kosten, Termine und Qualitäten übernehmen. Die Projektsteuerung sollte bereits in der Grundlagenermittlungsphase eingesetzt werden. Häufig wird diese erst kurz vor Baubeginn eingesetzt. Allerdings fehlen dem Projektmanagement hier bereits die Zeit und die zahlreichen Vorinformationen um Optimierungen hinsichtlich der Kosten und der Termine vornehmen zu können. Die Projektsteuerung kann dann nur mehr versuchen, den Bauablauf so störungsfrei als möglich zu halten. Durch die laufende Überwachung eines Projektablaufes können Abweichungen von vorgegeben Solldaten festgestellt werden und bei Mängeln rechtzeitig entgegengesteuert werden. Fehlt diese laufende Kontrolle, kann nur noch bei der Fertigstellung eines Gebäudes festgestellt werden, ob die Leistung den geforderten Anforderungen entspricht.⁹⁸

„Eine unmittelbare Messung des anteiligen Projekterfolges und des dazu notwendigen Projektmanagement-Aufwandes ist kaum möglich. Man müsste ein Bauwerk mehrfach gleichzeitig

⁹⁷ Vgl. Schofer, Weniger Mehrkosten, 2006, S. 59

⁹⁸ Vgl. Grau, Wege zur Wirtschaftlichkeit, 2006, S. 55.

*errichten, um vergleichen zu können. Schätzungen von Industrieunternehmen wie BMW beziffern den Vorteil eines unabhängig installierten, professionell durchgeführten Projektmanagements zum Teil bis zu 20 Prozent der Baukosten durch das Vermeiden von Mehrkosten durch Planungs- und Ausführungsfehler, Bauzeitverlängerungen und Rechtsstreitigkeiten.*⁹⁹

Einen Einfluss auf die Kosten haben aber auch die Baukonjunktur oder der Wettbewerb. Gibt es genügend Aufträge und die ausführenden Firmen können sich die Aufträge aussuchen, wird der Preis höher sein. Sind die Aufträge knapp und eine Firma braucht dringend Aufträge wird diese so kalkulieren, dass sie maximal kostendeckend arbeitet.

Weitere Kostenfaktoren sind die Gebäudegeometrien. Ein großer Anteil an etwa Gangflächen, Kellerflächen oder auch Galerien bedeuten höhere Kosten für das Bauwerk. Daher wird vor allem bei der Planung darauf geachtet, dass keine unnötigen Quadratmeter entstehen, da jeder Quadratmeter die Baukosten erhöht.

Auch beim Grundstückskauf kann gespart werden. Wird ein optimales Grundstück gefunden, kann vor allem bei der Fundierung und bei den Erdbauarbeiten eingespart werden. Ein erheblicher Kostenfaktor ist auch das Vorhandensein von Versorgungsleitungen. In der Praxis sind diese meist vorgegeben. Bei Erweiterungen muss der Bauplatz angrenzend sein. Meist existiert das Grundstück schon vor dem Bauentschluss.¹⁰⁰

Um die Kosten steuern zu können, sind die Kostenschätzungen in den verschiedenen Phasen des Projektablaufes in regelmäßigen Abständen zu überarbeiten. So kann rechtzeitig darauf hingewiesen werden, falls die Kosten in einem Bereich explodieren, und es kann gezielt entgegen gewirkt werden.

Auch in der Ausführungsphase sollte der Auftragnehmer laufend Arbeitskalkulationen führen, welche eine Aktualisierung der Arbeitskalkulation darstellt, um auch noch während der Bauphase eingreifen zu können. So können sinnlose Kosten vermieden werden und der Gewinn eines Unternehmens gesteigert werden. Vor allem der Personaleinsatz, welcher den größten Anteil der Kosten darstellt, sollte durchdacht sein. Je genauer die Durchführung eines Bauvorhabens von einem Unternehmen geplant wird (Arbeitsvorbereitung), desto wirtschaftlicher kann gearbeitet werden.¹⁰¹

Durch mangelnde Koordination aller Beteiligten am Bauwerk können Mehrkosten entstehen, falls Vorarbeiten nicht erfüllt werden oder bestimmte Vorgaben nicht bis zu einem vorgegeben

⁹⁹ Vgl. Schofer, Weniger Mehrkosten, 2006, S. 59.

¹⁰⁰ Vgl. Kropik, Termin- und Kostenoptimierung, 2008, S. 20.

¹⁰¹ Vgl. Wirth, Controlling in der Baupraxis, 2006, S. 68.

Zeitpunkt fertig gestellt worden sind. Daher ist die Überarbeitung der jeweiligen Zeitpläne enorm wichtig, um nicht die Kontrolle zu verlieren und den Ablauf des Projektes so flüssig wie möglich zu gestalten.

Ein immer wieder auftretender gravierender Fehler der Baubranche ist, dass die Planung meist noch nicht abgeschlossen ist, wenn der Bau schon läuft. Aus diesem Grund entstehen oft erhebliche Kosten, da teilweise bereits gelieferte Elemente geändert werden müssen, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Dadurch entstehen Mehrkosten, die je nach Entstehungsgrund an den Auftragnehmer durch den Verursacher gezahlt werden müssen.

Je genauer die Anforderungen des Bauherrn feststehen, desto genauer kann geplant und es müssen weniger Risikofaktoren in der Planung bedacht werden. Wichtig im Industriebau sind genaue Überlegungen über notwendige Fördermittel, wie z.B. Kranbahnen, welche einen großen Einfluss auf die Tragstruktur haben oder über notwendige Maschinen und Förderbänder, welche maßgeblich den Raumbedarf bestimmen. Auch die erforderlichen Erweiterungsmöglichkeiten sollten klar definiert sein, da bauliche Vorkehrungen dafür während eines Neubaus meist günstiger sind als während des Umbaus selbst.

Als wirtschaftlich erweist sich ein Industriebau mit einem wiederkehrenden gleichmäßigen Raster. Das bedeutet, dass gleiche Bauteile gleiche Dimensionen haben. Dadurch werden diese Bauteile günstiger, da diese ohne Mehraufwand produziert werden können. Dies ist auch ein Vorteil während der Ausführungsphase, da so Fehlerquellen vermieden werden.

Wartungskosten sind auch ein wesentlicher Faktor für die Entscheidung, welches Material gewählt wird. Während Ortbeton und Stahlbetonfertigteilkonstruktionen keine Wartung benötigen, sind Holz und Stahl relativ wartungsintensiv und demnach in der Erhaltung teurer.

Für jede Phase im Planungsablauf sollten Zeitpläne erarbeitet werden, an welche sich alle Beteiligten halten müssen. So können Verzögerungen, die etwa durch verspätete Planlieferungen eines Fachplaners entstehen könnten, vermieden werden. Bei solchen Verzögerungen müssen die Zeitpläne umgehend aktualisiert werden, um den Ablauf weiterhin kontrollieren zu können und bei gegensteuern zu können. So kann etwa durch eine Erhöhung der Kapazität die verlorene Zeit eingeholt werden.

Um die Bauzeit genau einzugrenzen, sollten mit dem Auftragnehmer genaue Vertragsfristen festgelegt werden und geprüft werden, ob dem Auftragnehmer genügend Kapazitäten für den Auftrag zur Verfügung stehen. Auch die Bereitstellung der Pläne sollte zeitlich fixiert werden. Der Auftragnehmer selbst sollte während der Ausführungsphase die Bauzeitpläne bei Abweichungen immer wieder überarbeiten. Verzögerungen können etwa durch höheren Personaleinsatz wieder eingeholt werden. Dies schlägt sich allerdings in Form von Mehrkosten nieder.

Die Erstellung eines Zeitplanes – egal in welcher Projektphase – sollte immer gemeinsam von allen Beteiligten erarbeitet werden, da es zwecklos ist, wenn Termine vorgegeben werden, welche unter keinen Umständen gehalten werden können. Dies bedingt immer ein schlechte Qualität der Leistung.

3.7.1 Kosten und Termine der gewählten Beispiele Halle und Flachbau

Aus dem Preisspiegel für den gewählten Hallenbau ist zu erkennen, dass die Varianten aus Holz und aus Stahlbetonfertigteilen die günstigsten sind. Eine Mischbauweise aus Stahlbetonfertigteilstützen und Holzträgern wäre hier die optimale Bauweise, um die Kosten für das Hallentragwerk noch zusätzlich zu senken. Dies ist auch eine der Hauptbauweisen von Hallen. Bei dem gewählten Flachbautragwerk ist eindeutig die Holzbauweise die günstigste. Hier ist vor allem auch das Fundament, welches durch das geringe Eigengewicht der Halle geringer dimensioniert und somit auch günstiger ist, ausschlaggebend. Das Stahltragwerk kann hier weder beim Hallentragwerk noch beim Flachbautragwerk mithalten, da der Stahlpreis ständig steigt. Allerdings scheidet der Baustoff Holz aufgrund der statischen Anforderungen durch Fördermittel, wie etwa Hallenkräne, oft aus. Fertigteile sind im Mehrgeschoßbau oft nur teilweise verwendbar, meist sind diese mit Ortbetonelementen kombiniert. Konstruktionen aus Stahl sind meist schlanker als Holzkonstruktionen. Stahlkonstruktionen scheiden oft aus brandschutztechnischen Gründen aus.

Bei den Stahlbetontragwerken können die Oberflächen so belassen werden wie die Elemente geliefert wurden. Diese könnten nur aus optischen Gründen gestrichen werden. Bei den Holztragwerken sind auf alle Fälle noch Schutzanstriche notwendig, wie im Kapitel über Holz bereits beschrieben wurde. Auch die Stahltragwerke müssen noch vor Korrosion oder Brand geschützt werden. Das bedeutet zusätzliche Kosten, welche bei den Stahlbetonfertigteilen nicht mehr entstehen.

Die gesamte Konstruktion aus Ortbeton herstellen zu lassen wäre zu kostspielig. Hauptgründe sind vor allem der Einsatz der Schalung und der hohe Einsatz an Arbeitskräften. In einem Stahlbetonfertigteilverk können verschiedene Tätigkeiten von Maschinen bewerkstelligt werden, etwa das Verdichten des Betons durch Rüttelplatten, auf welchen die Schalung liegt.

Aus den Bauzeitplänen geht hervor, dass die Bauzeit bei den Fertigteilen aus Stahlbeton, Holz und Stahl in etwa gleich ist. Die Bauzeit bei Ortbeton ist um ein Vielfaches höher als bei den Fertigteilkonstruktionen. Daher scheidet diese Bauweise zum größten Teil aus. Außerdem ist die Bauzeit bei Ortbeton noch von der Witterung abhängig, welche in Österreich durch die starken jahreszeitlichen Schwankungen kaum vorhersehbar ist.

3.8 Interviews mit Ziviltechnikern / Generalplanern

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden Interviews mit Herrn Dr. Woschitz und Herrn Dr. Fuld, die eigene Zivilingenieurbüros führen und auch als Generalplaner auftreten, zum Thema Kosten- und Terminoptimierung im Industriebau durchgeführt. Weiters wurde auch ein planender Baumeister aus einem größeren Architekturbüro befragt. Zusammenfassend wurden folgende Aussagen gemacht:

Dr. Woschitz ist der Meinung, dass die Variantenfindung des Tragwerkmaterials von der Konstruktionsform abhängt. Dr. Fuld macht die Materialwahl vor allem von den Brandschutzanforderungen abhängig.

Bei den Mehrgeschoßbauten waren sich alle einig, dass diese aus Halbfertigteilen in Verbindung mit Ortbetonelementen hergestellt wird. Dr. Fuld ist allerdings der Meinung, dass bei Säulen die Knotenpunkte Decke und Säule schwierig konstruktiv zu lösen sind. Dr. Fuld hat auch bestätigt, dass die Werkstoffe Holz und Stahl in diesem Falle unwirtschaftlich sind, da Produktionsstätten, welche als mehrgeschossige Bauten zu errichten sind, meist mit hohen Nutzlasten belastet werden müssen. Falls hier die Decken zwischen den Geschoßen aus Holz und aus Stahl hergestellt würden, wäre die Bauhöhe dieser Decken enorm hoch. Durchbrüche für Haustechnik wären nur mit großem Aufwand realisierbar. Weiters würde beim Baustoff Stahl ein großes Problem mit der Brandlast entstehen, da die Decken alle brandbeständig sein müssen.

Bei Flachbauten bevorzugt Dr. Woschitz Betonfertigteile. Dieser würde sogar die Dachkonstruktion aus Ortbeton herstellen, da die Unterzüge konstruktiv direkt in die Ortbetondecke eingearbeitet werden könnten.

Bei Hallenbauten werden einerseits von allen Befragten Betonfertigteile bei den Fundamenten und Stützen bevorzugt. Für Dr. Woschitz ist bei der Halle die Materialwahl abhängig von der Größenordnung. Bis 25,0 m Spannweite würde er Betonfertigteile als wirtschaftlich ansehen, ab einer Spannweite von 30,0 m jedoch Stahl- oder Holzelemente. Holz ist allerdings wirtschaftlicher, falls die Brandlast im Gebäude zu hoch ist, da der Werkstoff Holz auf Abbrand gerechnet werden kann und Stahl durch teure Maßnahmen geschützt werden muss. Dr. Fuld vertritt die Meinung, dass Tragwerke aus Holz noch viel zu selten zum Einsatz kommen. Holztragwerke sind allerdings nur dann machbar, wenn genug Konstruktionshöhe vorhanden ist. Stahltragwerke können schlanker konzipiert werden.

Im Wesentlichen scheidet die komplette Ortbetonbauweise für alle Befragten aus, da die Schalungskosten sehr hoch sind. Auch die extrem lange Baudauer ist für Produktionsstätten sehr unwirtschaftlich.

Nachdem der Umweltaspekt immer wieder in der Literatur aufgezeigt wird, wurde Herr DI Jan Dictus von der Umweltschutzabteilung der Stadt Wien nach seiner Meinung zu dem Thema der Baustoffauswahl befragt.

Vor dem Hintergrund der fortschreitenden Zerstörung unserer Umwelt gewinnen Aspekte einer nachhaltigen und dauerhaft umweltgerechten Entwicklung zunehmend an Bedeutung. Das Gebiet des Bauwesens hat in diesem Zusammenhang ein großes Entwicklungspotenzial. Faktoren wie eine hohe Ressourcenbindung, komplexe Emissionen und in der Praxis noch oft vorherrschende eingeschränkte Anwendung der integralen Planung sind nur einzelne Elemente eines weiten Handlungsfeldes, das gleichermaßen von ökonomischer, ökologischer und sozialer Bedeutung ist. Von Tag zu Tag steigen die Anforderungen an Qualität, Komfort und Wirtschaftlichkeit von Bauwerken. Die klassische sequentielle Planung wird zunehmend von einer ganzheitlichen und lebenszyklusorientierten Herangehensweise abgelöst.

In den meisten Ökobilanzen der verschiedenen Baumaterialien schneidet das Holz am besten ab. Dafür sind vor allem gute Werte in Bereichen Energie und Klimaschutz verantwortlich.

Im Vergleich: Bei einem Kubikmeter einbaufertiger Bauteile benötigt Holz 8-30 kWh, Beton 200 kWh, Stahl 500-600 kWh, Aluminium 800 kWh. Bei der Verbrennung von Holz entsteht wiederum nutzbare Energie. Die „Holzfabrik“ Wald entzieht mit Hilfe der Sonnenenergie, unter Abgabe von Sauerstoff, Kohlendioxid aus der Atmosphäre und bindet es in Form von Kohlenstoff. Im Baustoff bleibt das Treibhausgas CO² gebunden.

3.9 Auswahl des Konstruktionsmaterials mittels Strukturbaumes

Nachstehend wurde ein Strukturbaum entwickelt, aus welchem herausgelesen werden kann, welches Material bei dem jeweiligen Kriterium ausgeschieden werden muss. Ist beispielsweise ein Bau mit starker dynamischer Belastung geplant, scheidet der Baustoff Holz als Tragwerk aus. Die Planungskriterien sind umrahmt. Von diesen gehen dann jeweils 2 Pfeile weg mit der Bezeichnung „ja“ oder „nein“. Nach den Pfeilen ist dann die Auswahl an Materialien angeführt, welche für das jeweilige Kriterium verwendet werden kann. Es sollte von mehreren Seiten in die Ausscheidungsmatrix hineingegangen werden, um alle Kriterien berücksichtigen zu können. An den Beispielen in Kapitel 3.10 wird der Strukturbaum zur Anwendung gebracht.

3.10 Beispiele für Industriebauten

3.10.1 Produktionsgebäude der Baxter Vaccine AG aus einer Mischbauweise in Ortbeton und Stahlbetonfertigteilen

Von der Baxter Vaccine AG wurde in Krems, im Bereich des Kremser Hafens, im Jahre 2002 eine neue Produktionsstätte errichtet. Hier handelt es sich um einen Mehrgeschoßbau.



Das Gebäude wurde auf die hochspezialisierten Anforderungen einer vollautomatischen Impfstoffproduktion ausgelegt. Die wesentlichen Kriterien für die Auslegung des Objektes waren die Vorgaben des Bauherrn hinsichtlich der notwendigen Traglasten, der kurzen Bauzeit und der Flexibilität des Gebäudes für spätere Umbauten.

Das Gebäude mit Geschoßhöhen von 4,2 m und 8,4 m war für Traglasten von 20 kN je m² in jedem Geschoß auszulegen. Dies deshalb, weil einerseits schwere Behälter auf den Decken situiert werden, andererseits abgehängte Stahlkonstruktionen in den 8,4 m hohen Geschoßen Zwischenebenen bilden, auf welchen die haustechnischen Installationen stehen. Diese bis zu 5 m abgehängten Stahlkonstruktionen leiten ihre Lasten über Abhängestangen in die Stahlbetondecken ein.

Mit einem Baubeginn im Mai 2002 war die Herstellung eines dichten Baukörpers Ende 2002 zu erreichen, um den Ausbau des Gebäudes im Winter vorantreiben zu können.

Das Gebäude mit Rohdaten von ca. 90 m Länge, 90 m Breite und einer Gebäudehöhe von ca. 26 m war in einer Rohbauzeit von Mai 2002 bis Oktober 2002 herzustellen. Die verbleibende Zeit im Jahr 2002 war für die Herstellung der Dächer und das Fertigstellen der Fassaden und Fenster vorgesehen.

Da die Anforderungen einer vollautomatisierten Pharmazeutikaproduktion ständigen Änderungen unterliegen, ist für das Gebäude hohe Flexibilität gefordert. Dies bedeutet, dass beispielsweise in den Decken 50% der vorhandenen Deckenflächen ohne Beeinträchtigung des statischen Gesamtkonzeptes herausgeschnitten werden können müssen.

Dies führt einerseits zu Überbewehrungen, die vom Bauherrn für diesen Zweck vorgesehen sind, andererseits schließen sich dadurch manche Systemvarianten aus. Die in dieser Diplomarbeit auch untersuchte Variante des Fertigteilbaues ohne Ortbetonbauelemente scheidet aus diesem Grund aus Sicht der Bauherrnanforderung aus. Die Ausführung der Produktionsstätte folgte prinzipiell der Art, dass in Ortbeton gegossene Baukerne für Stiegenhäuser, Schächte und Aufzüge vorhanden waren, und dass in diese Baukerne sämtliche horizontalen Belastungen des Gebäudes abgeleitet werden können.

Bei den in den Systemvarianten untersuchten Baukörpern handelt es sich somit um die Regelbaukörper. Auf eine Berücksichtigung der Horizontallastkomponenten aus Erdbeben und Wind braucht nicht eingegangen werden, da diese systemgleich bei allen Varianten in die genannten Kerne eingeleitet werden.

Das Gebäude in Krems wurde vom Zivilingenieurbüro Fuld geplant.

Diese der Ausführung zugrunde liegende Planung sah folgende Bauweise vor: Der Bauplatz am Kremser Hafen, neben der Donau und dem Fluss Krems, hat oberflächlich locker gelagerte sandige Schotter-schichten. Erst ab einer Tiefe von ca. 5 m steht tragfähiger Baugrund an. Aus diesem Grund wurde eine Tieffundierung gewählt. Diese erfolgte mittels Einstabpfählen, die unter den schweren Säulen, welche eine Last bis zu 8500 kN abtragen, welche in Pfahlköpfen zusammengefasst wurden.

Aufgrund der Hochwassergefährdung in diesem Bereich des Hafens wurde nur ein Teil des Gebäudes kollektorähnlich unterkellert, um dort Installationen zu führen. Die Produktionsgeschoße wurden etwa 1,35 m über das bestehende Niveau angehoben, um Hochwassersicherheit zu erzielen. Der gesamte Baukörper ist bis zu dieser Höhe als „Weiße Wanne“ ausgeführt.

Ab diesem Niveau wurde eine Systembauweise gewählt. Die etwa 4-8 m hohen Säulen wurden in Ortbeton gegossen. Zwischen diesen Säulen wurden Halbfertigteile, also jene Teile der Unterzüge, die unterhalb der verbindenden Platte liegen, eingehoben. Diese wurden auf Schaltische der

entsprechenden Höhe gelagert. Zwischen diesen verlegten Halbfertigteilen wurden weitere Schaltische aufgestellt, auf welchen Elementdeckenplatten verlegt wurden. Nach Stricken und Verlegen der oberen Bewehrung wurde die Platte, der Restbereich des Unterzuges ab Unterkante Platte und der Knoten zwischen Säulen und Unterzügen betoniert.

Der Bau wurde von einer Arbeitsgemeinschaft Porr-Universale ausgeführt. Im Zuge des Ausschreibungsverfahrens wurden alle namhaften Baufirmen Österreichs eingeladen. Es sind keine Variantenvorschläge von diesen Bietern im Zuge des Anbotsverfahrens vorgelegt worden.

Der Bau wurde in der Ausbauphase aufgrund von Produktionsänderungen gestoppt. Die Bauarbeiten wurden bis dato nicht mehr aufgenommen.¹⁰²

Verwendet man als Entscheidungshilfe für die Tragkonstruktion den Strukturbaum aus Kapitel 3.9 kann man die Entscheidung für die Wahl der Mischbauweise aus Betonfertigteilen und Ortbeton leicht nachvollziehen. Es handelt sich um einen mehrgeschossigen Bau, bei welchem die Bauzeit und zu erwartende Umbauarbeiten eine Rolle spielen. Außerdem ist ein gleichmäßiger Grundriss gegeben.

¹⁰² Angaben Interview Dr. Fuld.

3.10.2 Holzflachbau für Weinlagerung für das Weingut Beck

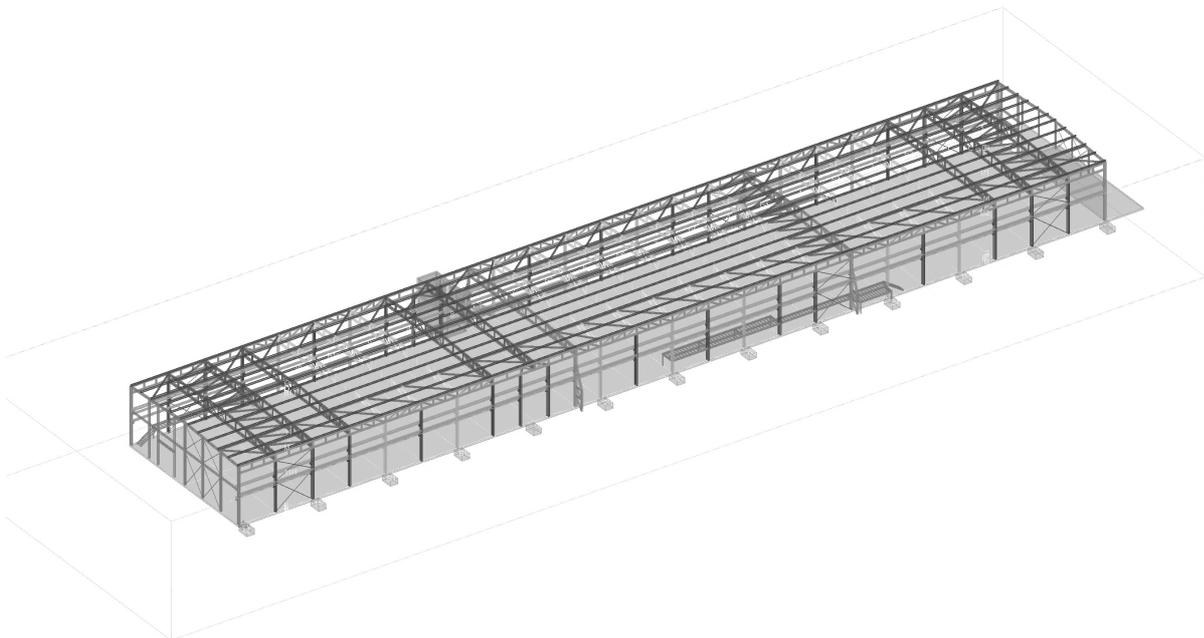


Bei diesem Flachbau haben einerseits die Architekten Halbritter und Hillerbrandt die Materialwahl beeinflusst, andererseits waren auch subjektive Gründe ausschlaggebend, da in der Verwandtschaft des Weinguteigentümers ein Holzbauer vertreten ist und somit ein guter Preis für den Holzbau zu erzielen war. Die Architekten bevorzugten vor allem aus optischen Gründen den natürlichen Baustoff Holz, um die Naturverbundenheit des Weinbaus widerzuspiegeln. Auch für die Kunden wird mit den Holzfertigteilen am wirtschaftlichsten eine behagliche Ausstrahlung erreicht. Damit weicht das oft nüchterne schmucklose Ambiente einer Lagerhalle einer behaglichen warmen Atmosphäre. Die Halle hat eine Grundfläche von 50,9 m mal 14,7 m. Das Rastermaß der Stützen beträgt in etwa 5,0 m auf 3,5 m. Das Rahmentragwerk der Holzhalle wurde auf eine Flachgründung gestellt. Das Rahmensystem wurde komplett aus Brettschichthölzern aus Fichte hergestellt. Die Stützen weisen einen Querschnitt von 30 auf 30 cm auf. Die Hauptträger sind Brettschichthölzer mit 16 cm Breite und 58 cm Höhe. Verkleidet wurde das Hallentragwerk mit einer Holz-Pfosten-Riegelkonstruktion.¹⁰³

¹⁰³ Angaben Ing. Anton Oster aus dem Büro RWT Plus ZT GmbH.

Bei der Holzhalle des Weingutes Beck ist die Entscheidung für die gewählte Holztragkonstruktion nicht so einfach aus dem Strukturbaum aus Kapitel 3.9 zu erkennen, da es sich hier um eine subjektive Entscheidung gehandelt hat. Wahrscheinlich wären hier Betonfertigteile auch günstig gewesen. Man kann jedoch einige Kriterien erkennen, wie etwa die Optik oder auch dass hier keine starken dynamischen Belastungen zu erwarten sind.

3.10.3 Stahlhalle für die Erzeugung von Edelstahlrohren der Fa. Schoeller Bleckmann



Die zu errichtende Stahlhalle aus Walzprofilträgerstützen in Kombination mit Fachwerkträgern wird sich am Betriebsgelände der Schoeller Bleckmann Edelstahlrohr Ges.m.b.H in Ternitz-Niederösterreich befinden. Sie dient als eingeschossige Produktionshalle mit einer Länge von ca. 170,0 m, einer Breite von 31,0 m und einer Höhe von 12,4 m. Die Grundfläche ist stützenfrei. Die Halle wird aus Stahlbeton teilunterkellert, um einen Teil der Maschinerie, welche eine Brandlast darstellt, wie z.B. Ölaggregate, von der Stahlebene fern zu halten.

Die geplante Bauzeit ist von März 2008 bis September 2008, wobei für den Stahlbau etwa vier Wochen veranschlagt wurden.

Ein tragfähiger Boden findet sich erst in 10,0 m Tiefe, daher musste mit duktilen Pfählen gearbeitet werden, um das Bauwerk zu fundieren.

Die Planer entschieden sich aus mehreren Gründen für eine Stahlhalle. Zunächst sind bereits die bestehenden Hallen aus Stahl. Außerdem erzeugt Schoeller Bleckmann Edelstahlrohre und hat somit einen gewissen Bezug zum Baustoff Stahl. Die aufwendigere Fundierung im Fall von Stahlbetonfertigteilen war der Ausscheidungsgrund für diese Bauweise. Würden Stahlbetonfertigteile verwendet werden, hätten die benachbarten Hallen für die Fundierung herangezogen werden müssen und die Produktion würde darunter leiden. Da in der Halle zwei Kranbahnen benötigt werden, scheidet auch der Baustoff Holz aus, da dieser den statischen Anforderungen in ähnlichen Dimensionen wie der Stahl nicht nachkommen würde.

Die Stahlkonstruktion ist ungeschützt und erfüllt keine Brandschutzanforderungen. Dies wurde bereits so von der Behörde genehmigt, da die bereits bestehenden Stahlhallen ebenso ungeschützt sind und auch folgende Anforderungen bei der Planung berücksichtigt wurden. Es wurde eine Brandrauchentlüftungsanlage eingeplant, welche die tragende Dachkonstruktion thermisch entlüftet. Weiters werden durch diese Anlage Rauch und heiße Brandgase ins Freie abgeführt und so die Feuerwehr bei einem Brand unterstützt.

Das in der Produktionshalle verarbeitete Material stellt ebenfalls kein Brandrisiko dar. Für jene Bereiche mit anzunehmender Brandgefahr werden Wandhydranten und tragbare Feuerlöscher vorgesehen.

Es werden ein Fluchttunnel und ausreichend Notausgänge mit Treppen ins Freie errichtet, sodass die Fluchtweglängen mit maximal 40 m beschränkt sind.

Als Generalplaner tritt das Büro RWT Plus ZT GmbH Ziviltechniker für Bauwesen auf.¹⁰⁴

Wenn man hier in die Auswahlmatrix aus Kapitel 3.9 einsteigt ist relativ schnell zu erkennen, dass hier die Wahl des Stahlbaus optimal ist. Es handelt sich um eine eingeschossige Halle mit einer großen Spannweite und starken dynamischen Belastungen durch die Hallenkräne.

¹⁰⁴ Angaben Bmstr. Andreas Gauster, Büro Dr. Richard Woschitz.

3.11 Conclusio der Variantenuntersuchung

Industriebauten werden in Eingeschoßbauten und Mehrgeschoßbauten eingeteilt. Bei Eingeschoßbauten wird wiederum in Flachbauten und Hallenbauten unterschieden. Aus dieser Arbeit kristallisieren sich für diese Einteilung folgende optimale Varianten heraus:

Der Mehrgeschoßbau wird meist aus einer Kombination von Ortbeton- und Fertigteilelementen aus Stahlbeton hergestellt. Dies ergibt sich zunächst aus der Brandlast, da Zwischendecken immer brandbeständig ausgeführt werden müssen und die Dimensionen bei der Wahl von den Baustoffen Holz bzw. Stahl zu groß werden würden, um noch wirtschaftlich zu sein. Weiters wird die Kombination von Ortbeton und Fertigteilen aus Stahlbeton bevorzugt, da Knotenpunkte von Fertigteilsäulen im Detail schwierig zu lösen sind.

Flachbauten sind aus Fertigteilen wie Stahlbeton und Holz wirtschaftlich zu errichten, wobei hier der Fertigteilbau den Vorteil einer geringeren Wartung gegenüber von Holz aufzeigt. Falls nicht viel Wert auf die Optik gelegt wird, kann die Oberfläche des Fertigteils unbehandelt bleiben. Bei Holz und Stahl müssen die Elemente aus diversen Gründen, welche bereits in den Kapiteln über die Varianten erwähnt wurden einer Oberflächenbehandlung ausgesetzt werden.

Hallen sind am kostengünstigsten in Holz- oder aus Stahlbetonfertigteilen herzustellen. Hier kommt es sehr auf die Anforderungen des Bauherrn an. Sind hohe Lasten von dem Tragsystem aufzunehmen, scheidet die Variante aus Holz aus, da diese starken dynamischen Belastungen etwa aus Kranlasten nicht gewachsen sind. So kommt auch die Variante Stahl zum Einsatz.

Der Baustoff Stahl ist derzeit sehr unwirtschaftlich, da die Preise für das Rohmaterial in den letzten Jahren stark gestiegen sind. Außerdem steht und fällt die Verwendung dieses Materials mit dem Thema Brandschutz. Um Stahl brandbeständig zu machen, sind oft sehr teure Maßnahmen notwendig.

4 Quellenverzeichnis

AGGTELEKY, Bela: Fabrikplanung; 2.Auflage – München: Carl Hanser, 1971

BATELKA, Gerald: Aufgelöste Hallentragwerke in Holz unter besonderer Berücksichtigung der Verbindungsmittel aus architektonischer Sicht; Diplomarbeit – Wien, 1997

BAUER, Gabriele: Möglichkeiten neuer Stahlkonstruktionen im Industriebau; Diplomarbeit - Wien, 1995

BKI, Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern – Stuttgart, 2007

BIELEFELD, Bert; FEUERABEND, Thomas: Baukosten- und Terminplanung – Basel: Birkhäuser, 2007

BINDSEIL, Peter: Stahlbetonfertigteile; 2.Auflage – Düsseldorf: Werner, 1998

BM für Wirtschaft und Technologie: HOAI. <http://www.hoi.de>. 16.3.2008

BÖTTCHER, Peter: Baustelleneinrichtung – Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH, 1997

BRITTINGER, Thomas: Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaus; 1.Auflage – Berlin: Duncker & Humboldt, 1992

DIETRICH, R.: Erfolgreiches Projektmanagement beim Bau des Verwaltungsgebäudes der Schloemann – Siemag AG, Düsseldorf, In: Wirtschaftlich Planen und Bauen im Büro- und Industriebau. Hg. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986, S.1 - 16

DRÖGE, G.: Hallenarten für Industrie und Gewerbe, In: Hallenbau für Industrie und Gewerbe. Hg. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1990, S.1 – 18

Fachnormenausschuß 015 Verdingungswesen: ÖNORM, B 1801-1 – Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 1995

Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten: Honorarermittlung 2007+, <http://www.wien.arching.at>. 9.5.2008

FLEISCHMANN, H.D.:Bauorganisation, 3.Auflage – Wien: Werner Verlag, 1999

- FRITSCH, Reinhold; PASTERNAK, Hartmut: Stahlbau; 1.Auflage – Braunschweig/Wiesbaden: Friedr.Vieweg & Sohn, 1999
- GIRKES, Hans-Werner: Brandschutzkonzepte im Stahlbau. Detail – München 47.Jg., 2007, S. 845 – 850
- GLOS, Peter: Holz als Baustoff. Holzbaukalender – Karlsruhe: Bruderverlag, 2002, S. 1 - 11
- GRAU, Manfred: Wege zur Wirtschaftlichkeit. Industriebau – München, 2002, Nr. 2, S. 54 – 59
- GRUNDIG, Claus-Gerold: Fabrikplanung – München: Carl Hanser, 2000
- HENN, Walter: Bauten der Industrie; 1.Auflage – München: Georg D.W. Callwey, 1955
- HILD, Andreas; OTTL, Dionys: Gestalterische Möglichkeiten beim Bauen mit Fertigteilen. Detail – München, 46.Jg., 2006, Nr. 46, S. 66 - 71
- KONCZ, Tihamer: Handbuch der Fertigteil-Bauweise; 2. Auflage – Wiesbaden-Berlin: Bauverlag, 1967
- KOPP, Andreas; ROTT, Herwig; ROZYNSKI, Daniel: Typisch Industriebau?. Detail – München, 2003, Nr. 43, S. 932 – 937
- KRÖMER, Rupert: Beton – Fragmente seiner Geschichte. Beton + Fertigteiljahrbuch, 44.Jg., - Berlin: Bauverlag, 1996, S. 95 - 106
- KROPIK, Andreas: Kosten- und Terminplanung – Wien, Skriptum SS 2008
- KROPIK, Andreas: Kalkulation & Kostenrechnung – Wien, Skriptum WS 2007/2008
- KROPIK, Andreas; KRAMMER, Peter: Mehrkostenforderung beim Bauvertrag, 1.Auflage – Wien: Österreichischer Wirtschaftsverlag, 1999
- KRÜGER, Ulrich: Stahlbau; 1.Auflage – Berlin: Ernst & Sohn: Berlin, 1998
- LORENZ, Peter: Gewerbebau – Industriebau; 2.Auflage – Leinfeld: Alexander Koch, 1993
- LUZA, Gerald; PALKA, Michael; SCHNAUBELT; Peter: Stahlbau, 6., neu überarbeitete Auflage – Wien: Manz, 2007
- MEYER-BOHE, Walter: Stahlhochbau; 1.Auflage – Stuttgart: Alexander Koch, 1974
- OBERNDORFER, Wolfgang: Organisation & Kostencontrolling von Bauprojekten, Wien: Manz, 2007

- OBERNDORFER, Wolfgang: Kosten- und Terminplanung – Wien, Skriptum SS 2003
- POPPEL, S.G.: Wirtschaftlich optimale Dimensionierung von Produktionsfläche und Lagerung in der Industrieplanung, In: Wirtschaftlich Planen und Bauen im Büro- und Industriebau. Hg. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986, S.111 - 124
- RAMBERGER, Günter; HARTL, Hans: Stahlbau und konstruktiver Holzbau, 1. Auflage - Wien: Manz, 1985
- SEICHT, Gerhard: Moderne Kosten- und Leistungsrechnung, 11. erw. Auflage – Wien: Linde, 2001
- SCHOFER, Rainer: Weniger Mehrkosten. Industriebau – München, 52. Jg., 2006, Nr. 1, S. 56 – 58
- SCHMALHOFER, Oskar: Hallen aus Beton-Fertigteilen – Berlin: Ernst & Sohn, 1995
- SOMMER, Degenhard: Industriebau; 1. Auflage – Wien: Maiwald, 1987
- THALER, J.: Auswirkungen der Fördertechnik auf Baukonstruktion, Energietechnik und Sicherheitstechnik, In: Hallenbau für Industrie und Gewerbe. Hg. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1990, S.143 - 158
- VALENTIN, Georg; KIDERY, Gerhard F.: Stahlbetonbau; 10., neu bearbeitete Auflage – Wien: Manz, 2001
- WELLER, Konrad: Industrielles Bauen 1; 1. Auflage – Stuttgart: W.Kohlhammer, 1985
- WENDEHORST, Reinhard: Baustoffkunde; 24. Auflage – Hannover: Vincentz, 1994
- WIRTH, Volker: Controlling in der Baupraxis, 2. Auflage – München/Neuwied: Werner Verlag, 2006

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Beziehung Projektphasen-Projektziele-Kostenermittlung	8
Abbildung 2 Ablauf der Planungsphase bis Baubeginn	9
Abbildung 3 Gestaltungsfaktoren des Industriebaus	23
Abbildung 4 Einteilung von Industriebauten	27
Abbildung 5 Korrosionsbefall in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit (Quelle: Krüger, Stahlbau, 1998)	42
Abbildung 6 Prozentuelle Baukosten eines Hochbauprojektes in den USA (Quelle: Krüger, Stahlbau, 1998)	43
Abbildung 7 Tragkonstruktion Halle	45
Abbildung 8 Prozentueller Vergleich der Kosten des Hallentragwerks	48
Abbildung 9 Tragkonstruktion Flachbau	49
Abbildung 10 Prozentueller Vergleich der Kosten des Flachbaus	51
Abbildung 11 Beeinflussbarkeit der Baukosten auf die Projektdauer	60
Abbildung 12 Lastfall ständige Lasten Dachaufbau	81
Abbildung 13 Lastfall Schnee	82
Abbildung 14 Lastfall Wind	82
Abbildung 15 Lastfall Wind	83
Abbildung 16 Lastfall Wind	83

6 Anhang

6.1 Lastannahmen für die statische Berechnung

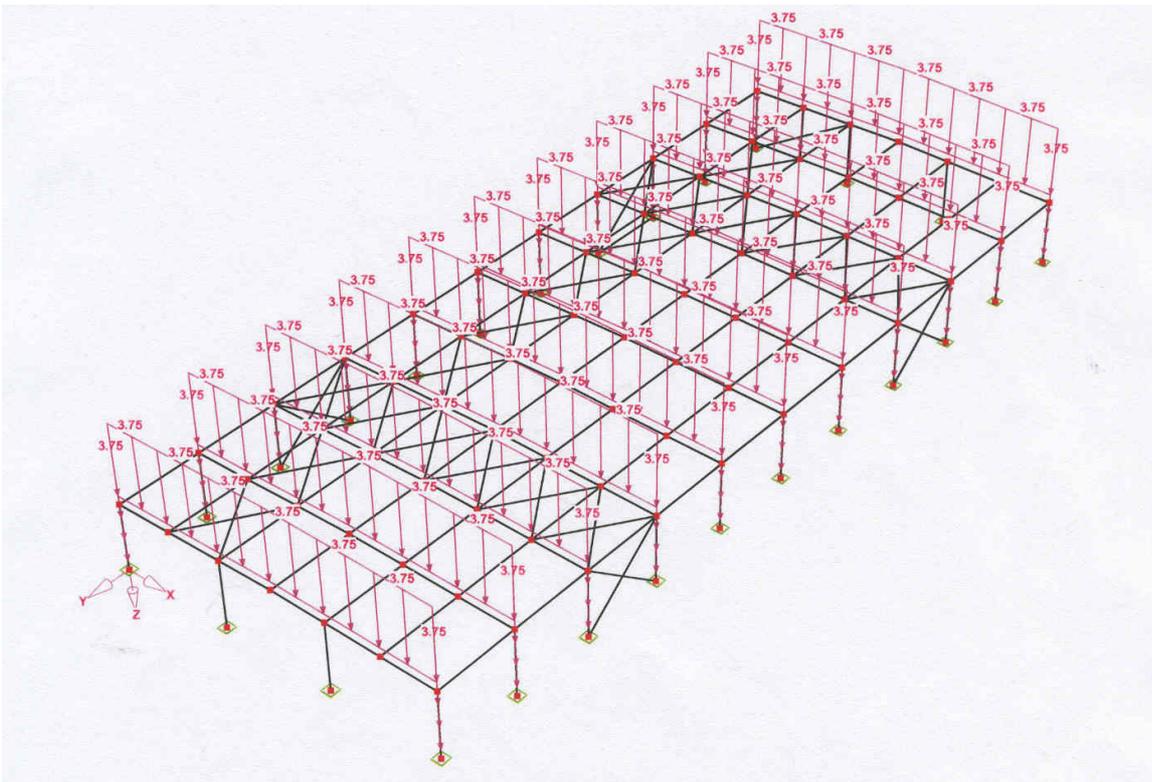


Abbildung 14 Lastfall ständige Lasten Dachaufbau

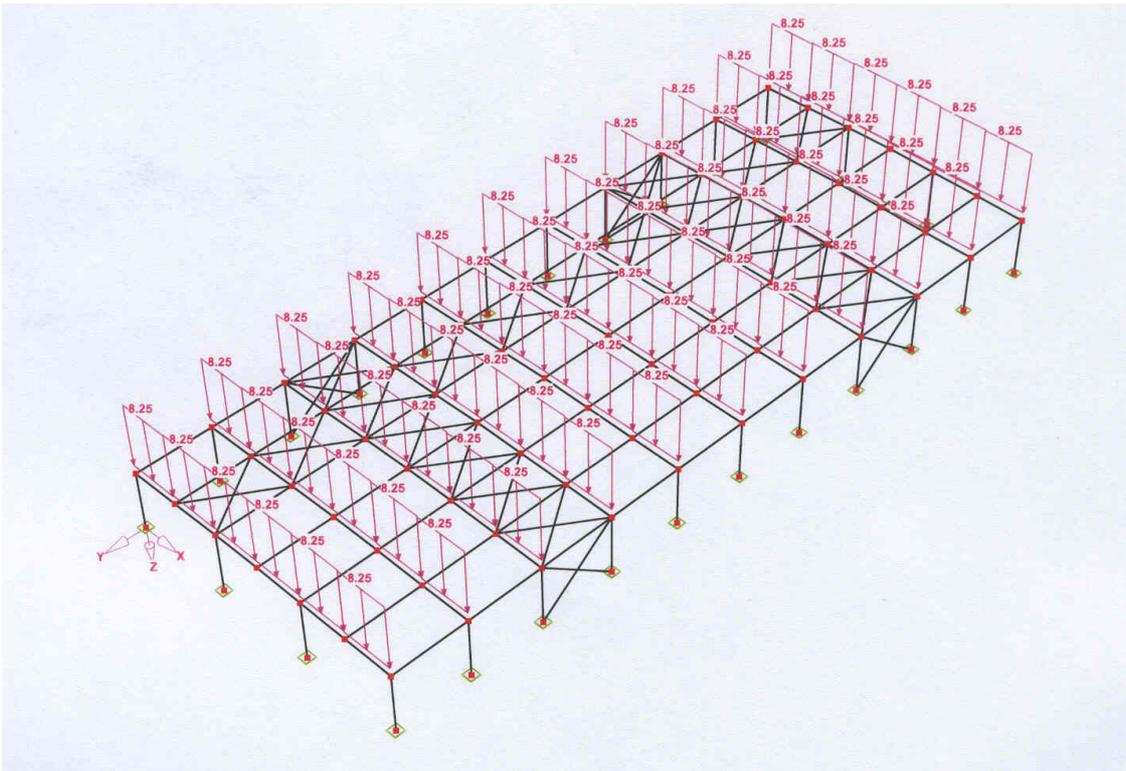


Abbildung 15 Lastfall Schnee

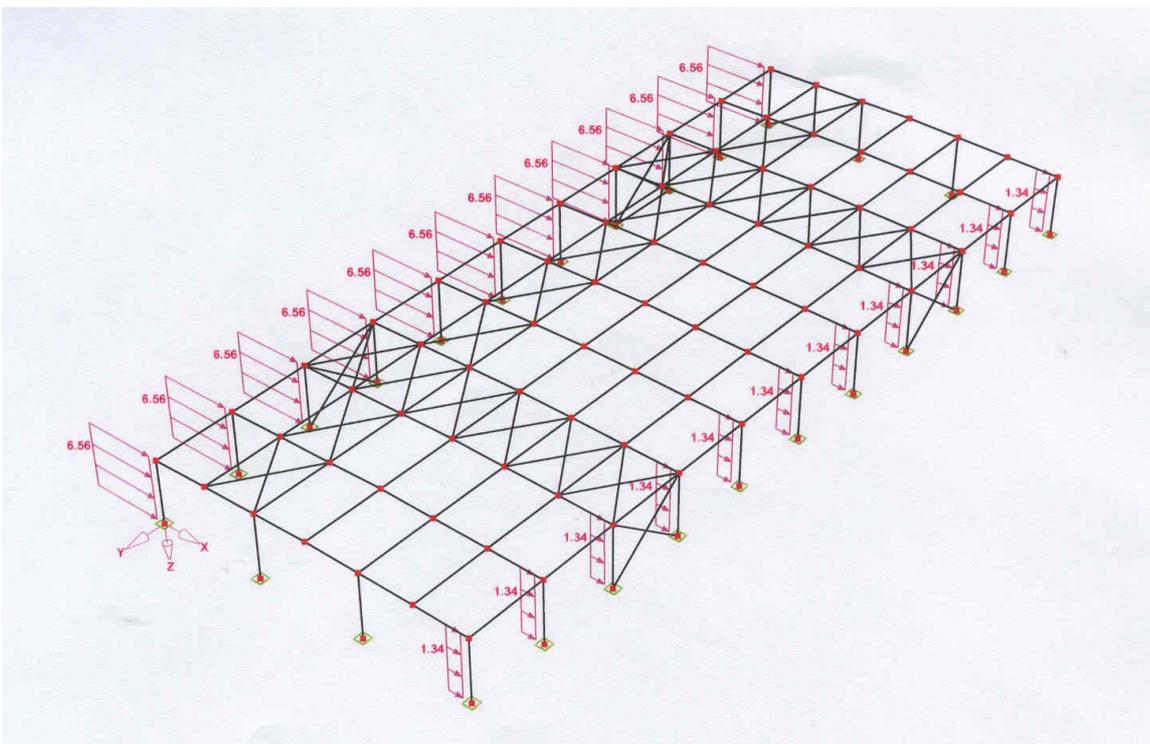
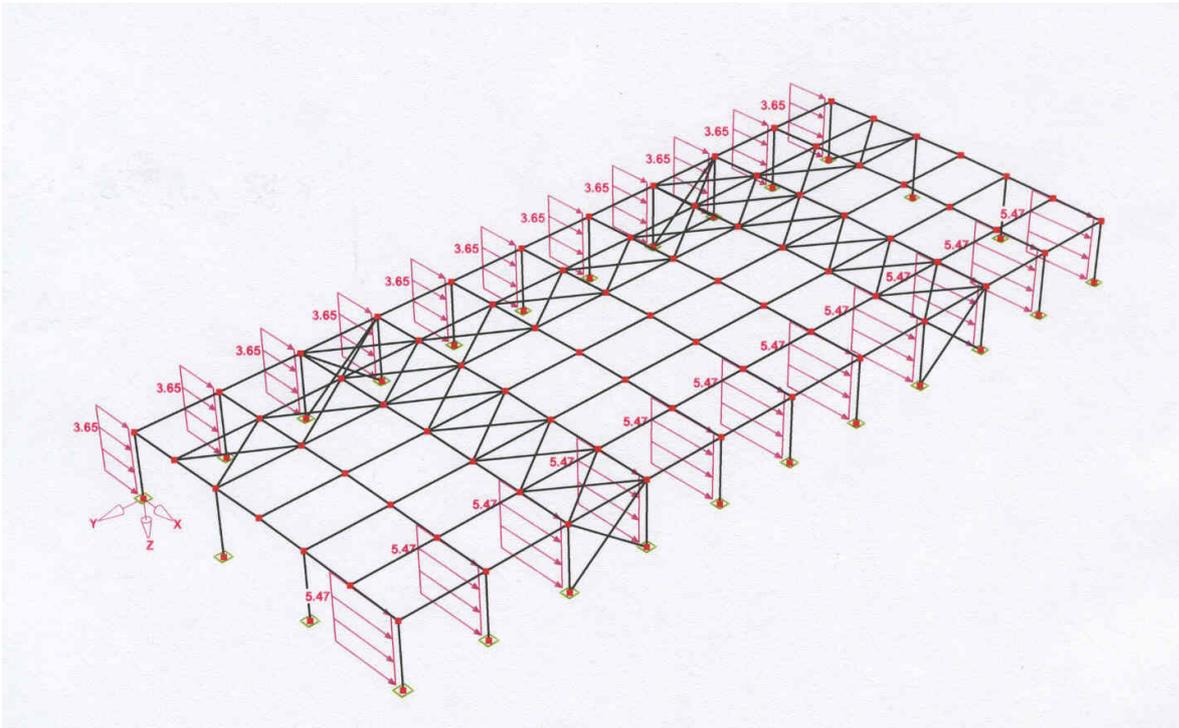
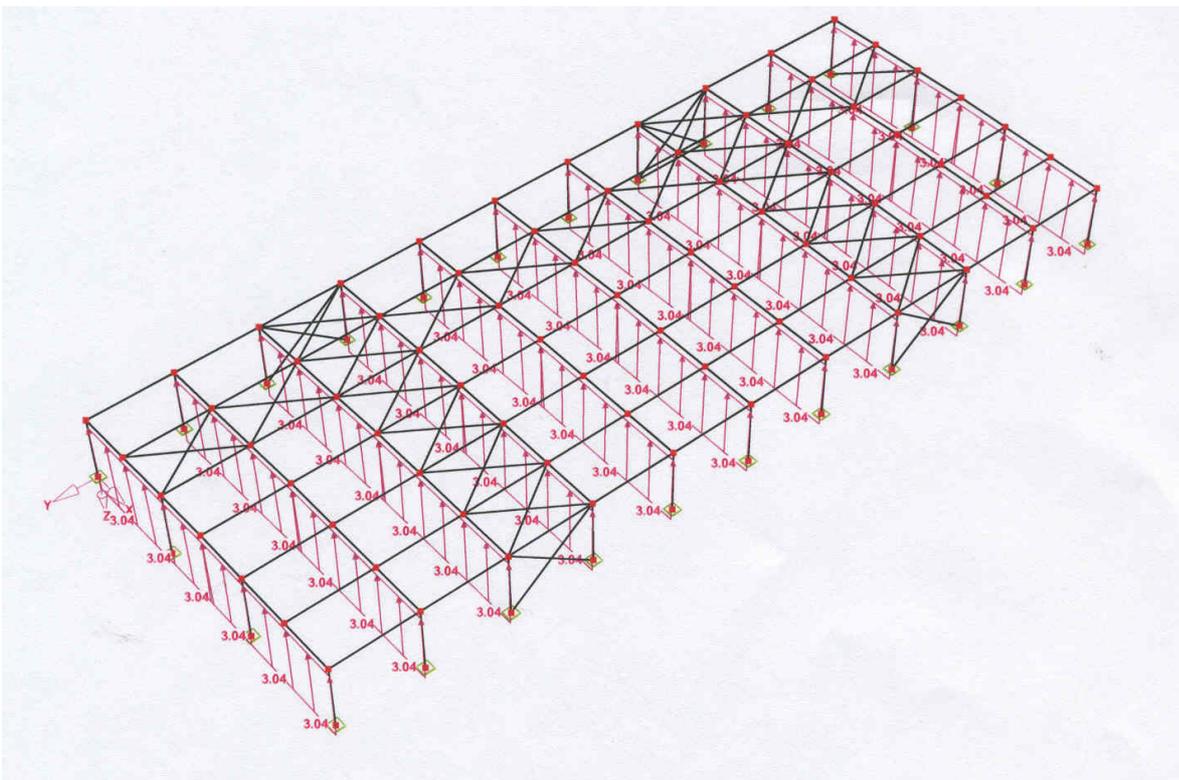


Abbildung 16 Lastfall Wind

**Abbildung 17 Lastfall Wind****Abbildung 18 Lastfall Wind**

6.2 Kalkulation

6.2.1 Halle aus Ortbeton

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Ortbeton Punktfundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Schalung Punktfundament 170/170 h=0,8	m²			
1 Stk a 5,44m ² * 22 Stk = 119,68m ² Schalung				
Vorbereiten der Holzschalung				
1 Stk Tafel a 1,0m ² - Vorhaltemenge 40,0m ²				
Verschnitt: 10 % - tatsächl. Schalung: 36,0m ²				
Zusammenbau der Schalung: 0,5 h/m ²				
Demontieren der Schalung: 0,25 h/m ²				
0,75 h/m ² * 36,0 m ² / 119,68 m ² =	0,23 h/m ²	€ 6,9		
Material				
Kosten der Holzschalung mit Verschnitt	16,50 €/m ²		€ 16,50	
Schalungszubehör (Staffel, Nägel, etc.)	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Transport				
1 LKW Fuhre * 70 € / 119,68 m ² =	0,58 €/m ²		€ 0,58	
Entladen				
2 Mann je 2 h; 4 h / 119,68 =	0,03 h/m ²	€ 1,00		
Lohn für Schalung versetzen:				
Schalung reinigen und ölen 0,1 h/m ²				
Schalung versetzen 0,2 h/m ²				
Schalung demontieren 0,15 h/m ²				
Schalung versetzen gesamt 0,45 h/m ²				
3 Mann * 0,45 h/m ² =	1,35 h/m ²	€ 40,50		
Mittellohnpreis : 30 € / Std				
Gesamt		€ 48,40	€ 19,08	€ 67,48

6.2.1.1

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Ortbeton Punktfundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 2
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Punktfundamentbewehrung verlegen	kg			
1 Stk a 125 kg * 22 Stk = 2750 kg				
Material				
Rundstahl je kg	0,40 €/kg		€ 0,40	
Transport				
300,0 € je Fuhre; 1 Fuhre / 2750 kg	0,11 €/kg		€ 0,11	
Entladen				
3 Mann je 1,3 h; 3,9 h / 2750 kg	0,001 h/kg	€ 0,04		
Schneiden und Biegen	0,20 €/kg		€ 0,20	
Vorbereitung				
Stricken des Bewehrungskorbes				
1 h je Fund. * 2 Mann / 125 kg je Fund.	0,016 h/kg	€ 0,48		
Lohn Bewehrungsarbeiten				
Einheben des Korbes (Kran) 0,2h/Fund.				
Fertigstricken der Bewehrung 0,2h/Fund.				
0,2 h / 125kg = 0,0016 h/kg				
2 Mann * 0,0016 h/kg	0,003 h/kg	€ 0,10		
Mittelohnpreis: 30 €/h				
Gesamt		€ 0,62	€ 0,71	€ 1,33

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Ortbeton Säule	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 4
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Herstellen der Säulenschalung 35/35 h=6m	m²			
1 Stk a 8,4m ² * 22 Stk = 184,8m ² Schalung				
h = 6,0 m				
Vorbereiten der Stahlschalung				
Vorhaltemenge 5 Stk				
Zusammenbau der Säulenwinkel 1,5h/m ²				
Demontieren der Säulenwinkel 0,75 h/m ²				
2,25 h/m ² * 5 Stk Vorhaltemenge / 22 Stk	0,51 h/m ²	€ 15,30		
Vorbereiten des Gerüsts: ca. 5 m²/Stk				
Zusammenbau des Gerüsts 1h/m ²				
Demontieren des Gerüsts 0,5h/m ²				
1,5 h/m ² * 5,0 m ² Gerüst / 8,4 m ² Schalung				
= 0,89 h/m ² * 5 Stk Vorhaltemenge / 22 Stk	0,20 h/m ²	€ 6,07		
Material				
Miete der Stahlschalung	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Miete des Gerüsts	1,00 €/m ²		€ 1,00	
Transport				
2 LKW Fahren * 70 € / 184,8 m ²	0,76 €/m ²		€ 0,76	
Entladen und Beladen				
3 Mann je 1,5 h 4,5 h / 184,8 m ²	0,02 h/m ²	€ 0,73		
Schalungszubehör (Pfosten, Nägel, etc.)	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Lohn für Schalung versetzen:				
Schalung reinigen und ölen 0,2h/m ²				
1.Schalwinkel versetzen (Kran) 0,2h/m ²				
(Bewehrung einbringen)				
2.Schalwinkel versetzen 0,2h/m ²				
Gerüst einheben (Kran) 0,1h/m ²				
Schalung verschrauben 0,2h/m ²				
Gerüst versetzen (Kran) 0,1h/m ²				
Schalung demontieren 0,1h/m ²				

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Ortbeton Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 8
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Herstellen der Trägerschalung 40/150	m²			
1 Stk a 102,0m ² * 11 Stk =1122,0m ² Schalung				
l = 30,0 m				
Vorbereiten der Holzschalung				
1 Stk Tafel a 1,0m ² - Vorhaltemenge 230,0m ²				
Verschnitt: 8 % - tatsächl. Schalung: 211,6m ²				
Zusammenbau der Schalung: 1,75 h/m ²				
Demontieren der Schalung: 0,9 h/m ²				
2,65 h/m ² * 211,6 m ² / 1122 m ² =	0,50 h/m ²	€ 15,00		
Vorbereiten der Deckentische: 8 Stk 1,5/3,0m				
Zusammenbau des Tisches 1,2 h/Stk				
Demontieren des Tisches 0,6 h/Stk				
1,8 h/Stk * 8 Stk Tische/ 1122,0 m ² Schal. =	0,01 h/m ²	€ 0,39		
Material				
Kosten der Holzschalung	16,30 €/m ²		€ 16,30	
Miete der Deckentische	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Transport				
1 LKW Fahren * 70 € / 1122,0 m ²	0,06 €/m ²		€ 0,06	
Entladen und Beladen				
3 Mann je 6 h; 18 h / 1122,0 m ²	0,02 h/m ²	€ 0,60		
Schalungszubehör	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Lohn für Schalung versetzen:				
Schalung reinigen und ölen 0,2h/m ²				
Schalung versetzen 0,1h/m ²				
Deckentische versetzen 0,1h/m ²				
Schalung demontieren 0,15h/m ²				
Schalung versetzten gesamt 0,55h/m ²				
3 Mann * 0,55 h/m ² =	1,65 h/m ²	€ 49,50		
Mittellohnpreis : 30 € / Std				
Gesamt		€ 65,49	€ 20,36	€ 85,85

6.2.2 Halle aus Stahlbetonfertigteilen

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Fertigteil Köcherfundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Köcherfundament liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 170/170cm h=80cm, C25/30; 22 Stk				
Material				
Schalung muss nach 100 Betoniervorgängen erneuert werden. Schalung: 5,44 m ² /Stk				
5,44 m ² / Stk /100 Betoniervorg. = 0,0544				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,0544 m ² /Stk * 200 €/m ² =	10,88 €/Stk		€ 10,88	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 125 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg geschnitten, gebogen und geliefert				
125 kg/Stk * 1,1 €/kg =	137,50 €/Stk		€ 137,50	
Kosten des Betons: 2,31 m ³ /Stk * 65 €/m ³ =	150,15 €/Stk		€ 150,15	
Produktion				
1 Mann je 3 h	3,00 h/Stk	€ 105,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
2,05 m ³ * 2400 kg = 5544 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 5544 kg/Stk = 3,6				
550 €/Fuhre / 3 Stk/Fuhre =	183,33 €/Stk		€ 183,33	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,35 h/Stk =	1,05 h/Stk	€ 47,25		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 152,25	€ 485,86	€ 638,11

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Fertigteil Säule	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 2
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Säule liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 35/35 C30/37; 22 Stk; h = 6,0 m				
Material				
Schalung nach 100 Vorgängen erneuern				
3 - seitige Schalung: 6,3 m ² /Stk				
6,3 m ² / Stk /100 Betoniervorg. = 0,063				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,063 m ² /Stk * 200 €/m ² =	12,60 €/Stk		€ 12,60	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 180 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg				
geschnitten, gebogen und geliefert				
180 kg/Stk * 1,1 €/kg =	198,00 €/Stk		€ 198,00	
Kosten des Betons: 0,735 m ³ /Stk * 75 €/m ³ =	55,13 €/Stk		€ 55,13	
Produktion				
1 Mann je 8 h	8,00 h/Stk	€ 280,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
0,735 m ³ * 2500 kg = 1837,5 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 1837,5 kg/Stk = 10,88				
550 €/Fuhre / 11 Stk/Fuhre =	50,00 €/Stk		€ 50,00	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,75 h/Stk =	2,25 h/Stk	€ 101,25		
Zentrieren d. Säule 3 Mann je 0,3 h/Stk =	0,90 h/Stk	€ 40,50		
Ausbet. Fundament 2 Mann je 0,1 h/Stk =	0,20 h/Stk	€ 9,00		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 430,75	€ 319,73	€ 750,48

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Fertigteil Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 3
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Träger liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 40/150 C30/37; 11 Stk; l = 30,0 m				
Material				
Schalung nach 100 Vorgängen erneuern				
3 - seitige Schalung: 102 m ² /Stk				
102 m ² / Stk /100 Betonervorg. = 1,02				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
1,02 m ² /Stk * 200 €/m ² =	204,00 €/Stk		€ 204,00	
Schalungszubehör	16,00 €/Stk		€ 16,00	
Bewehrung: 565,20 kg/Stk				
Kosten der Litzen: 2,4 €/kg				
565,2 kg/Stk * 2,4 €/kg =	1356,48 €/Stk		€ 1.356,48	
Kosten Vorspanntechnik	250,00 €/Stk		€ 250,00	
Kosten des Betons: 18 m ³ /Stk * 75 €/m ³ =	1350,00 €/Stk		€ 1.350,00	
Produktion inkl. Vorspannung				
1 Mann je 9 h	9,00 h/Stk	€ 280,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Sondertransport				
1000 €/Fuhre				
2 notwendige Fuhren				
2 Fuhren * 1000 € / 11 Träger	181,82 €/Stk		€ 181,82	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,5 h/Stk =	1,50 h/Stk	€ 67,50		
Verbindung Säule und Träger				
3 Mann je 0,3 h/Stk =	0,90 h/Stk	€ 40,50		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 388,00	€ 3.358,30	€ 3.746,30

6.2.3 Halle aus Holz

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Holz Fundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Blockfundament liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 150/150cm h=80cm; 22 Stk				
Material				
Schalung muss nach 100 Betoniervorgängen erneuert werden. Schalung: 4,8 m ² /Stk				
4,8 m ² / Stk /100 Betoniervorg. = 0,048				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,048 m ² /Stk * 200 €/m ² =	9,60 €/Stk		€ 9,60	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 80 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg geschnitten, gebogen und geliefert				
80 kg/Stk * 1,1 €/kg =	88,00 €/Stk		€ 88,00	
Kosten des Betons: 1,8 m ³ /Stk * 65 €/m ³ =	117,00 €/Stk		€ 117,00	
Produktion im Werk				
1 Mann je 3 h	3,00 h/Stk	€ 105,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
1,8 m ³ * 2400 kg = 4320,0 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 4320,0 kg/Stk = 4,6				
550 €/Fuhre / 4 Stk/Fuhre =	137,50 €/Stk		€ 137,50	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,35 h/Stk =	1,05 h/Stk	€ 47,25		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 152,25	€ 356,10	€ 508,35

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Holz Stützen	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 2
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Stützen liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 34/60 BSH11 Fichte; 22 Stk; h = 6,0 m				
1,22 m³/Stk * 22 Stk = 26,93 m³				
Material				
BSH 11 300 €/m³ * 1,22 m³/Stk =	366,00 €/Stk		€ 366,00	
Verbindungselemente Stahl verzinkt				
50 kg/m³ * 4 €/m³ * 1,22/Stk m³ =	244,00 €/Stk		€ 244,00	
Transport:				
300 €/Fuhre / 22 Stk	13,64 €/Stk		€ 13,64	
Produktion im Werk				
Abbundcomputer: 50 €/Stk	50,00 €/Stk		€ 50,00	
2 Mann je 0,4 h/ Stk = 0,8 h/Stk	0,80 h/Stk	€ 28,00		
Mittellohnpreis im Werk: 35 €/Std				
Montage auf der Baustelle				
2 Stk Hebebühnen - 2 Wochen - 10 Tage				
2 * 10 Tage * 200 €/Tag / 22 Stk =	181,82 €/Stk		€ 181,82	
Versetzen der Stützen				
4 Mann je 0,75 h/Stk	3,00 h/Stk	€ 135,00		
Zentrieren der Stützen				
4 Mann je 0,5 h/Stk	2,00 h/Stk	€ 90,00		
Mittellohnpreis Baustelle 45 €/h				
Gesamt		€ 253,00	€ 855,45	€ 1.108,45

6.2.4 Halle aus Stahl

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Stahl Fundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Blockfundament liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 150/150cm h=80cm; 22 Stk				
Material				
Schalung muss nach 100 Betoniervorgängen erneuert werden. Schalung: 4,8 m ² /Stk				
4,8 m ² / Stk /100 Betoniervorg. = 0,048				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,048 m ² /Stk * 200 €/m ² =	9,60 €/Stk		€ 9,60	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 80 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg geschnitten, gebogen und geliefert				
80 kg/Stk * 1,1 €/kg =	88,00 €/Stk		€ 88,00	
Kosten des Betons: 1,8 m ³ /Stk * 65 €/m ³ =	117,00 €/Stk		€ 117,00	
Produktion im Werk				
1 Mann je 3 h	3,00 h/Stk	€ 105,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
1,8 m ³ * 2400 kg = 4320,0 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 4320,0 kg/Stk = 4,6				
550 €/Fuhre / 4 Stk/Fuhre =	137,50 €/Stk		€ 137,50	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,35 h/Stk =	1,05 h/Stk	€ 47,25		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 152,25	€ 356,10	€ 508,35

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Halle Stahl Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 3
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Träger liefern und versetzen	Stk			
1 Stk HEA 650 mit Voute je 2.894 kg; l = 30 m				
2.894 kg/Träger * 11 Stk = 31.834 kg				
Material				
Stahl S235 1,1 €/kg *2894 kg/Stütze	3183,40€/Stk		€ 3.183,40	
Verbindungselemente Stahl				
20 kg/Stk * 4 €/m ³ =	80,00 €/Stk		€ 80,00	
Transport: 300 €/Fuhre * 2 Fuhren = 600 €				
600 €/Fuhre / 11 Stk	54,55 €/Stk		€ 54,55	
Produktion im Werk				
Maschinen Stahlverarbeitung: 0,7 €/kg	2025,80 €/Stk		€ 2.025,80	
2 Mann je 1,5 h/ Stk = 3 h/Stk	3,00 h/Stk	€ 105,00		
Mittellohnpreis im Werk: 35 €/h				
Montage auf der Baustelle				
2 Stk Hebebühnen - 1 Wochen - 5 Tage				
2 * 5 Tage * 200 €/Tag / 11 Stk =	181,82 €/Stk		€ 181,82	
Versetzen der Träger				
4 Mann je 0,6 h/Stk	2,40 h/Stk	€ 108,00		
Verbinden der Träger mit den Stützen				
4 Mann je 0,3 h/Stk	1,20 h/Stk	€ 54,00		
Mittellohnpreis auf Baustelle: 45 €/h				
Gesamt		€ 267,00	€ 5.525,56	€ 5.792,56

6.2.5 Flachbau aus Ortbeton

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Ortbeton Punktfundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Schalung Punktfundament 160/160	m²			
1 Stk a 5,12m ² * 55 Stk = 281,0m ² Schalung				
h = 0,8 m				
Vorbereiten der Holzschalung				
1 Stk Tafel a 1,0m ² - Vorhaltemenge 70,0m ²				
Verschnitt: 10 % - tatsächl. Schalung: 63,0m ²				
Zusammenbau der Schalung: 0,60 h/m ²				
Demontieren der Schalung: 0,3 h/m ²				
0,9 h/m ² * 63,0 m ² / 281,0 m ² =	0,20 h/m ²	€ 6,00		
Material				
Kosten der Holzschalung mit Verschnitt	17,50 €/m ²		€ 17,50	
Schalungszubehör (Staffel, Nägel, etc.)	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Transport				
1 LKW Fuhre * 70 € / 281 m ² =	0,25 €/m ²		€ 0,25	
Entladen				
3 Mann je 2 h; 6 h / 281 =	0,02 h/m ²	€ 0,60		
Lohn für Schalung versetzen:				
Schalung reinigen und ölen 0,1 h/m ²				
Schalung versetzen 0,15 h/m ²				
Schalung demontieren 0,10 h/m ²				
Schalung versetzen gesamt 0,35 h/m ²				
3 Mann * 0,45 h/m ² =	1,05 h/m ²	€ 31,50		
Mittellohnpreis: 30 € / Std				
Gesamt		€ 47,10	€ 19,75	€ 66,85

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Ortbeton Punktfundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 2
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Punktfundamentbewehrung verlegen	kg			
1 Stk a 125 kg * 55 Stk = 6875,0 kg				
Material				
Rundstahl je kg	0,40 €/kg		€ 0,40	
Transport				
300,0 € je Fuhre; 1 Fuhre / 6875 kg	0,04 €/kg		€ 0,04	
Entladen				
3 Mann je 2,5 h; 7,5 h / 6875 kg	0,001 h/kg	€ 0,03		
Schneiden und Biegen	0,20 €/kg		€ 0,20	
Vorbereitung				
Stricken des Bewehrungskorbes				
1h je Fund. * 2 Mann / 125 kg je Fund.	0,016 h/kg	€ 0,48		
Lohn Bewehrungsarbeiten				
Einheben des Korbes (Kran) 0,2h/Fund.				
Fertigstricken der Bewehrung 0,3h/Fund.				
0,2 h / 125kg = 0,0016 h/kg				
2 Mann * 0,0016 h/kg	0,003 h/kg	€ 0,10		
Mittellohnpreis: 30 €/h				
Gesamt		€ 0,61	€ 0,64	€ 1,25

Bau: Flachbau Ortbeton Säule	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 4
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Herstellen der Säulenschalung 30/30	m²			
1 Stk a 7,2m ² * 55 Stk = 396,0m ² Schalung				
h = 6,0 m				
Vorbereiten der Stahlschalung				
Vorhaltemenge 10 Stk				
Zusammenbau der Säulenwinkel 1,5h/m ²				
Demontieren der Säulenwinkel 0,75 h/m ²				
2,25 h/m ² * 10 Stk Vorhaltemenge / 55 Stk	0,41 h/m ²	€ 12,30		
Vorbereiten des Gerüsts: ca. 5 m²/Stk				
Zusammenbau des Gerüsts 1h/m ²				
Demontieren des Gerüsts 0,5h/m ²				
1,5 h/m ² * 5,0 m ² Gerüst / 7,2 m ² Schalung				
= 1,04 h/m ² * 10 Stk Vorhaltemenge / 55 Stk	0,19 h/m ²	€ 5,67		
Material				
Miete der Stahlschalung	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Miete des Gerüsts	1,00 €/m ²		€ 1,00	
Transport				
2 LKW Fahren * 70 € / 396,0 m ²	0,35 €/m ²		€ 0,35	
Entladen und Beladen				
3 Mann je 3 h 9,0 h / 396,0 m ²	0,02 h/m ²	€ 0,68		
Schalungszubehör (Pfofen, Nägel, etc.)	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Lohn für Schalung versetzen:				
Schalung reinigen und ölen 0,2h/m ²				
1.Schalwinkel versetzen (Kran) 0,2h/m ²				
(Bewehrung einbringen)				
2.Schalwinkel versetzen 0,2h/m ²				
Gerüst einheben (Kran) 0,1h/m ²				
Schalung verschrauben 0,2h/m ²				
Gerüst versetzen (Kran) 0,1h/m ²				
Schalung demontieren 0,1h/m ²				

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Ortbeton Säule	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 6
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Säulenbewehrung verlegen	kg			
1 Stk a 150,0 kg * 55 Stk = 8250 kg				
Material				
Rundstahl je kg	0,40 €/kg		€ 0,40	
Transport				
300,0 € je Fuhre; 1 Fuhre / 8250 kg	0,04 €/kg		€ 0,04	
Entladen				
3 Mann je 2 h; 6 h / 8250 kg	0,001 h/kg	€ 0,02		
Schneiden und Biegen	0,20 €/kg		€ 0,20	
Vorbereitung				
Stricken des Bewehrungskorbes				
1,5h je Korb * 2 Mann / 150 kg je Säule	0,02 h/kg	€ 0,60		
Lohn Bewehrungsarbeiten				
Einheben des Korbes (Kran) 0,2h/Stk				
Versetzen des Gerüstes bei Stützenschalung				
Fertigstricken der Bewehrung 0,3h/Stk				
0,4 h / 150 kg = 0,0026 h/kg				
2 Mann * 0,0026 h/kg	0,005 h/kg	€ 0,16		
Mittellohnpreis: 30 €/h				
Gesamt		€ 0,78	€ 0,64	€ 1,42

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Ortbeton Säule	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 7
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Beton Säule C 30/37	m³			
1 Stk a 0,54m ³ * 55 Stk = 29,7 m ³				
Material				
Beton C30/37	52,00 €/m ³		€ 52,00	
Vorbereitung				
Betoniergerüst versetzen				
0,2 h / 0,54 m ³ = 0,37 h/m ³				
2 Mann * 0,37 h/m ³	0,74 h/m ³	€ 22,20		
Lohn Betonierarbeiten				
0,54 m ³ je Säule / 0,75 m ³ je Kübel = 0,72				
0,3h/Kübel = 0,3h / 0,54m ³ = 0,56 h/m ³				
mit Verdichten des Betons				
3 Mann * 0,56 h/m ³	1,68 h/m ³	€ 50,40		
Stehzeit Mischwagen				
8,0 m ³ je Mischwagen / 0,75 m ³ = 10,7				
10,7 Spiele * 0,3 h / Kübel = 3,21 h/Mischer				
3,21 h - 1 h freie Stehzeit = 2,21 h/ Mischer				
Stehzeit: 60 € / h * 2,21 h / 8 m ³ =	16,58 €/m ³		€ 16,58	
Mittellohnpreis: 30 €/h				
Gesamt		€ 72,60	€ 68,58	€ 141,18

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Ortbeton Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 8
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Herstellen der Trägerschalung 30/40	m²			
1 Stk a 33,0m ² * 11 Stk = 363,0m ² Schalung				
l = 30,0 m				
Vorbereiten der Holzschalung				
1 Stk Tafel a 1,0m ² - Vorhaltemenge 70,0m ²				
Verschnitt: 8 % - tatsächl. Schalung: 64,4m ²				
Zusammenbau der Schalung: 1,75 h/m ²				
Demontieren der Schalung: 0,9 h/m ²				
2,65 h/m ² * 64,4 m ² / 363,0 m ² =	0,47 h/m ²	€ 14,10		
Vorbereiten der Deckentische: 8 Stk				
Zusammenbau des Tisches 1,2 h/Stk				
Demontieren des Tisches 0,6 h/Stk				
1,8 h/Stk * 8 Stk Tische/ 363,0 m ² Schal. =	0,04 h/m ²	€ 1,20		
Material				
Kosten der Holzschalung	16,30 €/m ²		€ 16,30	
Miete der Deckentische	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Transport				
1 LKW Fahren * 70 € / 363,0 m ²	0,19 €/m ²		€ 0,19	
Entladen und Beladen				
3 Mann je 2,5 h; 7,5 h / 363,0 m ²	0,02 h/m ²	€ 0,62		
Schalungszubehör	2,00 €/m ²		€ 2,00	
Lohn für Schalung versetzen:				
Schalung reinigen und ölen 0,2h/m ²				
Schalung versetzen 0,1h/m ²				
Deckentische versetzen 0,1h/m ²				
Schalung demontieren 0,15h/m ²				
Schalung versetzten gesamt 0,55h/m ²				
3 Mann * 0,55 h/m ² =	1,65 h/m ²	€ 49,50		
Mittellohnpreis : 30 € / Std				
Gesamt		€ 65,42	€ 20,49	€ 85,91

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Ortbeton Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 9
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Trägerbewehrung verlegen	kg			
1 Stk a 518,0 kg * 11 Stk = 5698,0 kg				
Material				
Rundstahl je kg	0,40 €/kg		€ 0,40	
Transport				
300,0 € je Fuhre; 1 Fuhre / 5698 kg	0,05 €/kg		€ 0,05	
Entladen				
3 Mann je 1,5 h; 4,5 h / 5698 kg	0,001 h/kg	€ 0,02		
Schneiden und Biegen	0,20 €/kg		€ 0,20	
Vorbereitung				
Stricken des Bewehrungskorbes				
6h je Träger * 2 Mann / 518 kg je Träger	0,023 h/kg	€ 0,69		
Lohn Bewehrungsarbeiten				
Einheben des Korbes (Kran) 0,8h/Träger				
Fertigstricken der Bewehrung 0,9h/Träger				
1,7 h / 518kg = 0,003 h/kg				
2 Mann * 0,003 h/kg	0,006 h/kg	€ 0,18		
Mittellohnpreis: 30 €/h				
Gesamt		€ 0,89	€ 0,65	€ 1,54

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Ortbeton Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 10
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Beton Träger C 30/37	m³			
1 Stk a 3,6m ³ * 11 Stk = 39,6 m ³				
Material				
Beton C30/37	52,00 €/m ³		€ 52,00	
Vorbereitung				
Betonieren über Deckentisch möglich kein zusätzliches Gerüst notwendig				
Lohn Betonierarbeiten				
3,6 m ³ je Träger / 0,75 m ³ je Kübel = 4,8				
0,20h/Kübel * 4 Kübel = 0,8 h / Träger				
0,8 h/Träger / 3,6 m ³ /Träger = 0,22 h/m ³				
3 Mann * 0,22 h/m ³	0,66 h/m ³	€ 19,80		
inklusive Verdichten des Betons				
Stehzeit Mischwagen				
8,0 m ³ je Mischwagen / 0,75 m ³ = 10,7				
10,7 Spiele * 0,20 h / Kübel = 2,14 h/Mischer				
2,14 h - 1 h freie Stehzeit = 1,14 h/ Mischer				
Stehzeit: 60 € / h * 1,14 h / 8 m ³ =	8,55 €/m ³		€ 8,55	
Mittellohnpreis: 30 €/h				
Gesamt		€ 19,80	€ 60,55	€ 80,35

6.2.6 Flachbau aus Stahlbetonfertigteilen

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Fertigteile Köcherfundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Köcherfundament liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 160/160cm h=80cm; 55 Stk				
C 25/30				
Material				
Schalung muss nach 100 Betonervorgängen erneuert werden. Schalung: 5,12 m ² /Stk				
5,12 m ² / Stk /100 Betonervorg. = 0,0512				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,0512 m ² /Stk * 200 €/m ² =	10,24 €/Stk		€ 10,24	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 120 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg geschnitten, gebogen und geliefert				
120 kg/Stk * 1,1 €/kg =	132,00 €/Stk		€ 132,00	
Kosten des Betons: 2,05 m ³ /Stk * 65 €/m ³ =	133,25 €/Stk		€ 133,25	
Produktion im Werk				
1 Mann je 3 h	3,00 h/Stk	€ 105,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
2,05 m ³ * 2400 kg = 4920 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 4920 kg/Stk = 4,07				
550 €/Fuhre / 4 Stk/Fuhre =	137,50 €/Stk		€ 137,50	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,35 h/Stk =	1,05 h/Stk	€ 47,25		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 152,25	€ 416,99	€ 569,24

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Fertigteil Stütze	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 2
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Stütze liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 30/30 C30/37; 55 Stk; h = 6,0 m				
Material				
Schalung nach 100 Vorgängen erneuern				
3 - seitige Schalung: 5,4 m ² /Stk				
5,4 m ² / Stk /100 Betoniervorg. = 0,054				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,054 m ² /Stk * 200 €/m ² =	10,80 €/Stk		€ 10,80	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 160 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg				
geschnitten, gebogen und geliefert				
160 kg/Stk * 1,1 €/kg =	176,00 €/Stk		€ 176,00	
Kosten des Betons: 0,54 m ³ /Stk * 75 €/m ³ =	40,50 €/Stk		€ 40,50	
Produktion im Werk				
1 Mann je 8 h	8,00 h/Stk	€ 280,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
0,54 m ³ * 2500 kg = 1350 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 1350 kg/Stk = 14,81				
550 €/Fuhre / 14 Stk/Fuhre =	39,29 €/Stk		€ 39,29	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,75 h/Stk =	2,25 h/Stk	€ 101,25		
Zentrieren d. Säule 3 Mann je 0,3 h/Stk =	0,90 h/Stk	€ 40,50		
Ausbet. Fundament 2 Mann je 0,1 h/Stk =	0,20 h/Stk	€ 9,00		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 430,75	€ 270,59	€ 701,34

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Fertigteil Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 3
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Träger liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 30/40 C30/37; 44 Stk; l = 7,50 m				
Material				
Schalung nach 100 Vorgängen erneuern				
3 - seitige Schalung: 8,25 m ² /Stk				
8,25 m ² / Stk /100 Betonivorg. = 0,0825				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,0825 m ² /Stk * 200 €/m ² =	16,50 €/Stk		€ 16,50	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 150 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg				
geschnitten, gebogen und geliefert				
150 kg/Stk * 1,1 €/kg =	165,00 €/Stk		€ 165,00	
Kosten des Betons: 0,9 m ³ /Stk * 75 €/m ³ =	67,50 €/Stk		€ 67,50	
Produktion im Werk				
1 Mann je 8 h	8,00 h/Stk	€ 280,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
0,9 m ³ * 2500 kg = 2250 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 2250 kg/Stk = 8,88				
550 €/Fuhre / 8 Stk/Fuhre =	68,75 €/Stk		€ 68,75	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,45 h/Stk =	1,35 h/Stk	€ 60,75		
Verbindung Säule und Träger				
3 Mann je 0,15 h/Stk =	0,45 h/Stk	€ 20,25		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 361,00	€ 321,75	€ 682,75

6.2.7 Flachbau aus Holz

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Holz Köcherfundament	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Blockfundament liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 125/125cm h=80cm; 55 Stk				
Material				
Schalung muss nach 100 Betoniervorgängen erneuert werden. Schalung: 4,0 m ² /Stk				
4,0 m ² / Stk /100 Betoniervorg. = 0,04				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,04 m ² /Stk * 200 €/m ² =	8,00 €/Stk		€ 8,00	
Schalungszubehör	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 80 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg geschnitten, gebogen und geliefert				
80 kg/Stk * 1,1 €/kg =	88,00 €/Stk		€ 88,00	
Kosten des Betons: 1,25 m ³ /Stk * 65 €/m ³ =	81,25 €/Stk		€ 81,25	
Produktion im Werk				
1 Mann je 3 h	3,00 h/Stk	€ 105,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
1,25 m ³ * 2400 kg = 3000 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 3000 kg/Stk = 6,67				
550 €/Fuhre / 6 Stk/Fuhre =	91,67 €/Stk		€ 91,67	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,35 h/Stk =	1,05 h/Stk	€ 47,25		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 152,25	€ 272,92	€ 425,17

6.2.8 Flachbau aus Stahl

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Stahl Fundament	Angebot Nr.:		Wahrung: €	Seite: 1
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Blockfundament liefern und versetzen	Stk			
1 Stk 125/125cm h=80cm; 55 Stk				
Material				
Schalung muss nach 100 Betoniervorgangen erneuert werden. Schalung: 4,0 m ² /Stk				
4,0 m ² / Stk /100 Betoniervorg. = 0,04				
Kosten der Schalung: 200 €/m ²				
0,04 m ² /Stk * 200 €/m ² =	8,00 €/Stk		€ 8,00	
Schalungszubehor	4,00 €/Stk		€ 4,00	
Bewehrung: 80 kg/Stk				
Kosten der Bewehrung: 1,1 €/kg geschnitten, gebogen und geliefert				
80 kg/Stk * 1,1 €/kg =	88,00 €/Stk		€ 88,00	
Kosten des Betons: 1,25 m ³ /Stk * 65 €/m ³ =	81,25 €/Stk		€ 81,25	
Produktion im Werk				
1 Mann je 3 h	3,00 h/Stk	€ 105,00		
MLP im Werk: 35 €/Std				
Transport				
550 €/Fuhre - maximal 20.000 kg/Fuhre				
1,25 m ³ * 2400 kg = 3000 kg/Stk				
20.000 kg/Fuhre / 3000 kg/Stk = 6,67				
550 €/Fuhre / 6 Stk/Fuhre =	91,67 €/Stk		€ 91,67	
Montage auf der Baustelle				
3 Mann je 0,35 h/Stk =	1,05 h/Stk	€ 47,25		
MLP auf Baustelle: 45 €/Std				
Gesamt		€ 152,25	€ 272,92	€ 425,17

PREISERMITTLUNG			FORMBLATT K7	
Bau: Flachbau Stahl Träger	Angebot Nr.:		Währung: €	Seite: 3
Pos.-Nr.Menge, Einheit, Positionsstichwort Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
Träger liefern und versetzen	Stk			
1 Stk HEA 300 je 666 kg; l = 7,0 m				
666 kg/Träger * 44 Stk = 29.304,0 kg				
Material				
Stahl S235 1,1 €/kg *666 kg/Stütze	732,60 €/Stk		€ 732,60	
Verbindungselemente Stahl				
10 kg/Stk * 4 €/m ³ =	40,00 €/Stk		€ 40,00	
Transport: 300 €/Fuhre * 2 Fuhren = 600 €				
600 €/Fuhre / 44 Stk	13,64 €/Stk		€ 13,64	
Produktion im Werk				
Maschinen Stahlverarbeitung: 0,3 €/kg	199,80 €/Stk		€ 199,80	
2 Mann je 0,5 h/ Stk = 1 h/Stk	1,00 h/Stk	€ 35,00		
Mittellohnpreis im Werk: 35 €/h				
Montage auf der Baustelle				
2 Stk Hebebühnen - 1 Wochen - 5 Tage				
2 * 5 Tage * 200 €/Tag / 44 Stk =	45,45 €/Stk		€ 45,45	
Versetzen der Träger				
4 Mann je 0,4 h/Stk	1,60 h/Stk	€ 72,00		
Verbinden der Träger mit den Stützen				
4 Mann je 0,2 h/Stk	0,80 h/Stk	€ 36,00		
Mittellohnpreis auf Baustelle: 45 €/h				
Gesamt		€ 143,00	€ 1.031,49	€ 1.174,49