



KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades eines

DIPLOMINGENIEURS

von

Michael Weiss, BSc

betreut von:

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

Bmstr. Dipl.-Ing. Dieter Schlagbauer

eingereicht am:

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Technische Universität Graz

Graz, 19. März 2010

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN



vorgelegt von

Michael Weiss, Bsc

vorgelegt am

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer

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

mitbetreuender Assistent

Bmstr. Dipl.-Ing. Dieter Schlagbauer

Graz, 2010

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

Ehrenwörtliche Erklärung

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

Michael Weiss

Graz, im März 2010

Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich von ganzem Herzen bei meinen Eltern bedanken, die mich auf meinem Lebensweg tatkräftig unterstützt haben und immer für mich da sind.

Großer Dank geht auch an meine Brüder Martin und Markus sowie an meine Freundin Nina samt Familie auf die ich mich jederzeit verlassen kann.

Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler und Bmstr. Dipl.-Ing. Dieter Schlagbauer für die ausgezeichnete Betreuung und die gute Zusammenarbeit während der Verfassung dieser Arbeit sowie bei allen Mitarbeitern vom Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft.

Abschließend möchte ich mich noch bei meinen Freunden Georgi, Patrick und Thomas sowie bei meinen ZeichensaalkollegInnen für die schöne und erfolgreiche gemeinsame Studienzeit bedanken.

Herzlichen Dank!

Kurzfassung

Baukonstruktionen aus Stahlbeton sind sehr vielseitig einsetzbar und finden heutzutage im Hoch- und Ingenieurbau weltweite Verbreitung. Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten dienen dabei als Grundlage für die effiziente Planung und Kalkulation eines Bauwerks.

In dieser Arbeit wird einleitend ein Überblick über den Stahlbetonbau gegeben. Dabei werden beginnend bei der geschichtlichen Entwicklung der Baustoffe Beton und Stahlbeton auch deren Vorteile und Eigenschaften erläutert. Weiters werden die Bauweisen und Vorgänge im Stahlbetonhochbau beschrieben und auf die baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung des Stahlbetonbaus eingegangen.

Der Hauptteil behandelt die Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten. Dazu zählen Kennzahlen für die Mengenermittlung, für arbeitsintensive Tätigkeiten mit Aufwands- und Leistungswerten, für die Leistung von Geräten, insbesondere der Krane, für die Arbeitskräfte und Arbeitsfläche, für die Baudauer und die Logistik auf der Baustelle.

Wesentlich für die Errichtung eines Bauwerks in Stahlbetonbauweise ist die Bauzeit, die von den zu verarbeitenden Mengen und der Leistung in der Ausführung bestimmt wird. In Bezug auf die Mengen wird im Stahlbetonbau hauptsächlich zwischen Schalfläche, Bewehrungsmenge und Betonmenge unterschieden. Mit Hilfe der Kennzahlen können diese Mengen für die Planung bereits im Vorhinein abgeschätzt werden. Die Leistung ist abhängig von den Bauwerks- und Baustellenbedingungen sowie den einsetzbaren Ressourcen an Arbeitskräften und Geräten.

Im praktischen Teil der Arbeit werden Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten bei ausgewählten Projekten ermittelt und mit angegebenen Bandbreiten aus der Literatur bzw. Kennzahlen ähnlicher Projekte verglichen.

Abstract

Building constructions made of reinforced concrete are versatile applicable and widely used all over the world in civil engineering nowadays. Key figures for reinforced concrete works provide a basis for efficient planning and calculation of a building.

This thesis gives an overview of reinforced concrete construction. At first the historical development of the building materials concrete and reinforced concrete and also their advantages and characteristics are commented. Furthermore constructions and procedures for building constructions made of reinforced concrete are described. This thesis also deals with the operational and economical importance of reinforced concrete construction.

The main part deals with different key figures for reinforced concrete works. These include key figures for quantity determination, labour-intensive actions with performance factors and activity values, the output of equipment particularly of cranes, the labour force and working surface and furthermore key figures for construction time and logistic on a building site.

Essentially for the construction of a building in reinforced concrete style is the building period, which depends on the quantity manufacture and the output of the erection. Regarding the quantities at a reinforced concrete construction it can be differed in formwork area and quantities of reinforcement and concrete. By using key figures these quantities can be estimated before planning. The output depends on the building and the building site conditions as well as on the applicable resources at workers and devices.

In the practical part of this thesis key figures of reinforced concrete works of chosen projects are estimated and compared with indicated ranges from literature and key figures of similar projects.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Inhalt der Masterarbeit	1
1.2	Ziel der Masterarbeit	2
2	Stahlbetonbau	3
2.1	Geschichtliche Entwicklung des Stahlbetonbaus	3
2.1.1	Was ist Beton?	3
2.1.2	Geschichtliche Entwicklung und Herstellung von Beton als Baustoff	4
2.1.3	Erfindung von Stahlbeton	6
2.1.4	Geschichte des Schalungsbaues	7
2.1.5	Geschichte des Bewehrungsstahles	8
2.2	Vorteile und Eigenschaften von Stahlbeton	9
2.3	Bauweisen von Stahlbetonbau im Hochbau	11
2.3.1	Ortbetonbauweise	11
2.3.2	Fertigteilbauweise	13
2.3.3	Mischbauweise	13
2.3.4	Kriterien für die Auswahl der Bauweise	14
2.4	Vorgänge im Stahlbetonbau	16
2.4.1	Schalen	17
2.4.1.1	Bedeutung der Schalung	17
2.4.1.2	Aufgabe und konstruktiver Aufbau der Schalung	18
2.4.1.3	Schalungssysteme	20
2.4.2	Bewehren	24
2.4.2.1	Aufgabe der Bewehrung	24
2.4.2.2	Bewehrungssysteme	24
2.4.3	Betonieren	27
2.4.3.1	Betonherstellung	28
2.4.3.2	Betonförderung und Betoneinbau	28
2.4.3.3	Verdichtung	30
2.4.3.4	Nachbehandlung	30
2.5	Baubetriebliche Überlegungen für den Stahlbetonbau	32
2.5.1	Bauablauf	33
2.5.2	Baustelleneinrichtung	33
2.5.3	Logistik	38
2.5.4	Verfahrensvergleich in der Arbeitsvorbereitung	40

2.5.5	Soll/Ist- Vergleich	40
2.6	Bauwirtschaftliche Überlegungen für den Stahlbetonbau	45
2.6.1	Kostenentstehung im Stahlbetonbau.....	45
2.6.2	Kostenverteilung im Stahlbetonbau.....	46
2.6.3	Mehrkostenforderungen	48
3	Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten	51
3.1	Gliederung der Kennzahlen	52
3.2	Bedeutung der Kennzahlen für den Baubetrieb und die Bauwirtschaft	53
3.3	Objektdaten und Planungskennzahlen	55
3.3.1	Flächen und Rauminhalte	55
3.3.1.1	Grundstücksfläche	55
3.3.1.2	Bauplatzfläche (BPF).....	55
3.3.1.3	Bebaute Fläche (BBF).....	56
3.3.1.4	Brutto-Grundfläche (BGF).....	56
3.3.1.5	Netto-Grundfläche (NGF).....	56
3.3.1.6	Konstruktions-Grundfläche (KGF).....	56
3.3.1.7	Brutto-Rauminhalt (BRI).....	56
3.3.1.8	Netto-Rauminhalt (NRI).....	56
3.3.1.9	Baustelleneinrichtungsfläche	57
3.3.1.10	Baustelleneinrichtungsfaktor	57
3.3.2	Planungskennzahlen	57
3.3.2.1	Baunutz-Flächenzahl	58
3.3.2.2	Brutto-Raumquotient.....	58
3.3.2.3	Netto-Grundflächenquotient.....	58
3.3.3	Kennzahlen der baulichen Nutzung in Österreich	59
3.3.3.1	Bebauungsgrad.....	59
3.3.3.2	Bebauungsdichte	59
3.3.4	Kennzahlen der baulichen Nutzung in Deutschland	60
3.3.4.1	Grundflächenzahl.....	60
3.3.4.2	Geschossflächenzahl.....	61
3.3.4.3	Baumassenzahl.....	61
3.4	Kennzahlen für die Mengenermittlung.....	62
3.4.1	Schalfläche.....	62
3.4.2	Vorhaltemenge	65
3.4.3	Ortbetongrad	67
3.4.4	Baustoffgrad	67
3.4.5	Schalungsgrad	68
3.4.6	Bewehrungsgrad	70
3.4.7	Schalungs-, Bewehrungs- und Betonverhältnisgrad....	71
3.4.7.1	Schalungsverhältnisgrad.....	72

3.4.7.2	Bewehrungsverhältnisgrad.....	72
3.4.7.3	Betonverhältnisgrad	73
3.4.8	Vorhaltemengengrad	73
3.4.8.1	Vorhaltemengengrad – Bauwerk	73
3.4.8.2	Vorhaltemengengrad – Horizontale Bauteile	74
3.4.8.3	Vorhaltemengengrad – Vertikale Bauteile	74
3.4.8.4	Vorhaltemengenverhältnisgrad	75
3.5	Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten.....	76
3.5.1	Leistungswert für Stahlbetonarbeiten	76
3.5.2	Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten.....	78
3.5.3	Gesamt-Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten.....	80
3.5.4	Mittlerer Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten.....	81
3.5.4.1	Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten.....	81
3.5.4.2	Mittlerer Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten	85
3.5.4.3	Mittlerer Aufwandswert für die Betonarbeiten	87
3.6	Kennzahlen für die Leistung von Geräten	90
3.6.1	Leistungsermittlung	90
3.6.2	Kennzahlen zur Ermittlung der Anzahl der Krane.....	93
3.6.2.1	Ermittlung der Anzahl der Krane aus der Arbeitskräfteanzahl	94
3.6.2.2	Ermittlung der Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt.....	95
3.6.2.3	Ermittlung der Anzahl der Krane aus dem Baustoffgewicht.....	95
3.6.2.4	Ermittlung der Anzahl der Krane aus Kranbelegungswerten	95
3.6.2.5	Ermittlung der Anzahl der Krane über die Grundrissfläche des Bauwerks und den Kranradius.....	97
3.7	Kennzahl zur Mindestarbeitsfläche	99
3.8	Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften.....	101
3.8.1	Berechnung der Lohnstunden	102
3.8.2	Berechnung der Anzahl an Arbeitskräften	103
3.8.3	Arbeitskräfteverhältniszahl	105
3.8.4	Arbeitszeit	105
3.9	Kennzahlen für die Dauer der Stahlbetonarbeiten.....	107
3.9.1	Berechnung der Dauer für die Bauphasen	108
3.9.2	Berechnung der Dauer über den Bruttorauminhalt....	109
3.9.3	Konventionelle Berechnung der Dauer für die Stahlbetonarbeiten	110
3.10	Kennzahlen für die Logistik	111
3.10.1	Gesamtanzahl der Transporte (Grobplanung).....	112

3.10.1.1	Transportgrad für ein Bauwerk.....	112
3.10.1.2	Transportintensität	113
3.10.2	Transporte für die Rohbauarbeiten.....	113
3.10.3	Transporte für die Erdarbeiten.....	115
3.10.4	Transporte für die Stahlbetonarbeiten	116
3.10.4.1	Transportgrad für die Stahlbetonarbeiten	118
3.10.4.2	Anzahl der Stahlbetontransporte	118
3.10.5	Transporte für die Schalung	119
3.10.5.1	Transportgrad für die Schalungsarbeiten.....	119
3.10.5.2	Anzahl der Schalungstransporte.....	120
3.10.6	Transporte für die Bewehrung	121
3.10.6.1	Transportgrad für die Bewehrungsarbeiten.....	122
3.10.6.2	Anzahl der Bewehrungstransporte.....	122
3.10.7	Transporte für den Beton	123
3.10.7.1	Transportgrad für die Betonarbeiten	124
3.10.7.2	Anzahl der Betontransporte	124
4	Projekte.....	125
4.1	Projekt „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“	126
4.2	Projekt „HVW Energie Steiermark“	132
4.3	Projekt „ÖBB-Traktion“	138
4.4	Projekt „Marland – Haus 26“	143
4.5	Projekt „Zanklhof – Haus F“	147
5	Datenauswertung und Vergleich.....	151
5.1	Auswertung der Objektkennzahlen	152
5.1.1	Bruttorauminhalt bezogen auf die bebaute Fläche	152
5.1.2	Bruttorauminhalt bezogen auf die Brutto-Grundfläche.....	153
5.2	Auswertung der Kennzahlen für die Mengenermittlung.....	154
5.2.1	Auswertung der Mengen bezogen auf die Brutto-Grundfläche.....	154
5.2.1.1	Schalfläche bezogen auf die Brutto-Grundfläche ..	154
5.2.1.2	Bewehrungsmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche	154
5.2.1.3	Betonmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche	155
5.2.1.4	Auswertungsergebnisse der Mengen bezogen auf die Brutto-Grundfläche.....	155
5.2.2	Auswertung des Ortbetongrades.....	156
5.2.3	Auswertung der Baustoffgrade	157

5.2.3.1	Baustoffgrad – Schalung.....	157
5.2.3.2	Baustoffgrad – Bewehrung	157
5.2.3.3	Baustoffgrad – Beton	158
5.2.3.4	Auswertungsergebnisse der Baustoffgrade	158
5.2.4	Auswertung der Schalungsgrade	159
5.2.4.1	Schalungsgrad – Decken.....	159
5.2.4.2	Schalungsgrad – Wände.....	159
5.2.4.3	Schalungsgrad – Bauwerk	160
5.2.4.4	Auswertungsergebnisse der Schalungsgrade.....	160
5.2.5	Auswertung der Bewehrungsgrade	161
5.2.5.1	Bewehrungsgrad – Decken.....	161
5.2.5.2	Bewehrungsgrad – Wände	161
5.2.5.3	Bewehrungsgrad – Bauwerk.....	162
5.2.5.4	Auswertungsergebnisse der Bewehrungsgrade	162
5.2.6	Auswertung der Vorhaltemengengrade	163
5.2.6.1	Vorhaltemengengrad – horizontal.....	163
5.2.6.2	Vorhaltemengengrad – vertikal	163
5.2.6.3	Vorhaltemengengrad – Bauwerk	164
5.2.6.4	Vorhaltemengenverhältnisgrad	165
5.2.6.5	Auswertungsergebnisse der Vorhaltemengengrade	165
5.3	Auswertung der Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten	166
5.3.1	Mittlerer Aufwandswert – Schalarbeiten	166
5.3.2	Mittlerer Aufwandswert – Bewehrungsarbeiten	167
5.3.3	Mittlerer Aufwandswert – Betonarbeiten.....	167
5.3.4	Gesamtaufwandswert für die Stahlbetonarbeiten.....	168
5.3.5	Auswertungsergebnisse für arbeitsintensive Tätigkeiten.....	168
5.4	Auswertung der Kennzahlen zur Mindestarbeitsfläche	169
5.4.1	Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche	169
5.4.2	Mindestarbeitsfläche	170
5.4.3	Auswertungsergebnisse zur Mindestarbeitsfläche	170
5.5	Auswertung der Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften.....	171
5.5.1	Arbeitskräfteverhältniswert	171
5.5.2	Arbeitskräfteverhältniszahl	171
5.5.3	Auswertung der Lohnstunden	172
5.5.3.1	Lohnstunden bezogen auf den Bruttonauminhalt ...	172
5.5.3.2	Lohnstunden bezogen auf die Brutto- Grundfläche	173
5.5.3.3	Auswertungsergebnisse zu den Lohnstunden	173

6	Zusammenfassung – Erkenntnisse – Ausblick.....	174
7	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	176
8	Abbildungsverzeichnis.....	186
9	Tabellenverzeichnis.....	189
10	Formelverzeichnis	191
11	Literaturverzeichnis.....	194
12	Anhang	197
12.1	Projektdatenblatt – Headquarter Pachleitner Gruppe .	197
12.2	Projektdatenblatt – HVW Energie Steiermark.....	205
12.3	Projektdatenblatt – ÖBB Traktion.....	213
12.4	Projektdatenblatt – Marland - Haus 26.....	221
12.5	Projektdatenblatt – Zanklhof - Haus F.....	225

1 Einleitung

1.1 Inhalt der Masterarbeit

Der erste Teil dieser Arbeit befasst sich generell mit dem Thema Stahlbetonbau. Einleitend werden die geschichtliche Entwicklung und die Eigenschaften des Baustoffes Stahlbeton beschrieben. Anschließend wird zwischen den drei grundsätzlichen Bauweisen im Stahlbetonhochbau der Ortbetonbauweise, der Fertigteilbauweise und der Mischbauweise unterschieden sowie auf die drei Hauptprozesse des Stahlbetonbaus, das Schalen, das Bewehren und das Betonieren eingegangen. Abschließend wird die baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung des Stahlbetonbaus erläutert. Der Baubetrieb befasst sich vor allem mit dem Bauablauf, der Baustelleneinrichtung und der Logistik. Dabei ist es besonders wichtig Abweichungen zwischen der Planung und der tatsächlichen Ausführung mit Hilfe von Soll/Ist-Vergleichen aufzuzeigen. Die bauwirtschaftlichen Überlegungen drehen sich hauptsächlich um die Kosten, die Zeit und die Qualität.

Um ein Bauwerk kalkulieren und planen zu können, sind die Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten von großer Bedeutung. Diese sind im Kapitel 3 angeführt und beschrieben. Kennzahlen dienen dem Baubetrieb und der Bauwirtschaft in den unterschiedlichen Planungsphasen als Grundlage für die Kalkulation, die Baustelleneinrichtung, den Bauablauf und die Logistik.

Mit deren Hilfe werden die Beton-, Schalungs- und Bewehrungsintensität sowie Logistik- und Arbeitsintensität von einzelnen Bauteilen bzw. vom gesamten Bauwerk ermittelt. Die tatsächlichen Werte aus der Ausführung können dann mit den Kennzahlen aus der Planung verglichen werden, um so spätere vergleichbare Projekte besser bewerten zu können.

Der letzte Teil dieser Arbeit befasst sich mit der Ermittlung und Anwendung von Kennzahlen für den Stahlbetonbau bei ausgewählten Hochbau-Bauwerken.

1.2 Ziel der Masterarbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es die baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung des Stahlbetonbaus aufzuzeigen und die wichtigsten Kennzahlen für die Stahlbetonarbeiten zu erfassen und zu beschreiben. Diese Kennzahlen werden bei ausgewählten Hochbauprojekten ermittelt und ausgewertet, um die Ergebnisse mit Werten aus der Literatur bzw. mit ähnlichen Bauwerken zu vergleichen.

2 Stahlbetonbau

Der Stahlbetonbau ist neben dem Mauerwerksbau eine Form der Massivbauweise. Baukonstruktionen aus Stahlbeton sind aufgrund der günstigen Eigenschaften sehr vielseitig einsetzbar und finden heutzutage im Hoch- und Ingenieurbau weltweite Verbreitung.

Die folgenden Kapitel gehen auf die Geschichte sowie die Vorteile und Eigenschaften des Baustoffes Stahlbeton ein. Weiters werden die Bauweisen und Vorgänge im Stahlbetonbau beschrieben und die baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung des Stahlbetonbaus erläutert.

2.1 Geschichtliche Entwicklung des Stahlbetonbaus

Die geschichtliche Entwicklung von Beton und dem zur Formgebung dienenden Schalungsbau ist eng miteinander verbunden und wird bereits seit dem Altertum betrieben. Die Entwicklung und Herstellung von Stahlbeton und somit die Verwendung einer Bewehrung aus Stahl wird hingegen erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts praktiziert.

In den folgenden Kapiteln werden die geschichtliche Entwicklung, Erfindung und Herstellung von Beton, Schalung und Bewehrung bis hin zum Stahlbeton näher erläutert.

2.1.1 Was ist Beton?

Beton ist die Bezeichnung für einen Baustoff bzw. einer ganzen Baustoffgruppe. Das Wort „Beton“ wurde 1753 vom französischen Ingenieur Bernard Forest de Belidor eingeführt und bezeichnet ganz einfach einen von Menschenhand erzeugten, formbaren Baustoff, bei dem Gesteinskörner durch ein Bindemittel dauerhaft miteinander verbunden werden. Es handelt sich also um ein System aus zwei Komponenten. Üblicherweise denkt man beim Begriff Beton an den häufigsten Vertreter, den Zementbeton. Bei diesem wird die Gesteinskörnung mit dem Bindemittel Zementleim, einem Gemisch aus Zement und Wasser, verbunden. Beton ist ein sehr harter und langlebiger Baustoff. Deshalb meint ein Franzose, wenn er „c'est béton“ sagt, dass auf etwas absoluter Verlass sei.¹

¹ vgl. [Zemen]; 7

2.1.2 Geschichtliche Entwicklung und Herstellung von Beton als Baustoff

Das Prinzip der Herstellung von Beton bzw. Gussmauerwerk war bereits im Altertum bekannt und wurde von den Römern als „opus caementitium“ zur Hochblüte entwickelt. Dabei wurde zwischen Mauerwerksschalen oder Holzschalungen das bereits eingebrachte Gesteinsgerüst (caementum) mit einem gießfähigen Feinmörtel (materia) gebunden. Häufig wurde die Gesteinskörnung auch bereits vor dem Einbau mit dem Mörtel vermischt und dann gemeinsam eingebracht. Dem als Bindemittel verwendeten Kalkhydrat wurde meist Ziegelmehl oder vulkanische Asche zugesetzt, was ein hydraulisches Erhärten des Mörtels bewirkte. Für die sogenannte hydraulische Erhärtung unter Bildung von Calciumsilikat- und Calciumaluminathydraten wird kaum Kohlendioxid aus der Luft benötigt. Die Erhärtung kann sogar unter Wasser erfolgen. Durch die hohe Beständigkeit und Wasserunlöslichkeit des Gussmauerwerks konnte dieser auch für die Errichtung von Wasserbauten aller Art wie Hafenanlagen, Molen, Wasserleitungen und Kanälen Verwendung finden. Eines der imponierendsten Bauwerke aus bereits fast zweitausend Jahre erhaltenem „opus caementitium“ ist das Pantheon in Rom (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Dieses entstand zwischen 118 und 128 n. Chr. auf dem Marsfeld, wobei die Baumeister vor einer statisch-konstruktiven Herausforderung standen. Die 43 Meter hohe Kuppel sollte das Pantheon mit seinem Durchmesser von 43 Metern überspannen, was aber mit Naturstein nicht zu verwirklichen war. Die alten Römer entwickelten daher den neuen Baustoff Leichtbeton, den sogenannten „opus caementitium“.²

² vgl. [Zemen]; 8



Abb. 1: „Das Innere des Pantheon“, Gemälde von Giovanni Paolo Panini³



Abb. 2: Foto von der einzigartigen Kuppel des Pantheons⁴

Nach mehreren Jahrhunderten Forschung und Entwicklung gelang es im Jahre 1791 aber erst dem Engländer John Smeaton mit seinen Forschungsergebnissen über hydraulische Kalke die Basis für deren gezielte Herstellung und zur späteren Zementerzeugung zu schaffen.

³ http://www.roma-antiqua.de/antikes_rom/marsfeld/pantheon; Zugriff: 23.01.2009, 19:45

⁴ http://www.roma-antiqua.de/antikes_rom/marsfeld/pantheon; Zugriff: 23.01.2009, 19:45

Mitte des 19. Jahrhunderts wurde durch das Brennen eines Kalk-Ton-Gemisches bis zur Sinterung der Anfang zur Erzeugung von Portlandzement im heutigen Sinn gesetzt. Somit konnten nun verlässliche Bindemittel preiswert produziert werden und der Baustoff Beton wurde nicht nur für Brücken, Tunnel, Kanäle und Hafengebäuden, sondern auch für Häuser in monolithischer Bauweise eingesetzt.⁵

Der Franzose Francois Coignet erwarb 1855 mehrere Patente, die wesentliche Züge des Betonbaus enthielten. Diese sind:

- sparsamer Umgang mit Wasser beim Mischen
- Gebrauch von Mischmaschinen zur wirtschaftlichen Produktion großer Mengen
- Einsatz von wiederverwendbaren Schalungen
- verdichten des Betons (durch Stampfen)

Außerdem legte Coignet ebenso Eisenstäbe in den Beton und schuf so bereits vor Joseph Monier die ersten Konstruktionen aus bewehrtem Beton.⁶

2.1.3 Erfindung von Stahlbeton

Der Baustoff Beton hat eine hohe Druckfestigkeit, aber nur geringe Zugfestigkeit. Dies veranlasste ca. 1860 den Franzosen Joseph Monier, der Gartenzubehörwaren erzeugte, seine Blumenkübel aus Beton mit einem Drahtgitter zu armieren, um sie haltbarer zu machen. Monier erkannte den Vorteil der Drahtgitterbewehrung und stellte schließlich auch Rohre, Behälter, Stege, Gewölbe und Brücken aus armiertem Beton her und meldete hierfür auch Patente an. Dieser armierte Beton, später Eisenbeton und heute Stahlbeton genannt, ist ein Verbundbaustoff. Der Beton nimmt die Druckkräfte und die Armierung bzw. der Bewehrungsstahl die Zugkräfte auf. Die Einlage von Drahtgittern und Eisenstäben erfolgte anfangs nur nach Gefühl. Erst 1886 veröffentlichte Mathias Koennen die ersten Grundlagen der statischen Berechnung von Eisenbetonträgern. Bei der Industrieausstellung in Bremen 1890 wurden mehrere Anwendungsbeispiele für den neuen Baustoff Eisenbeton vorgeführt wie z.B. ein 40 m weit gespannter Brückenbogen. Ab diesem Zeitpunkt wurde der Eisenbeton zu einem anerkannten Baustoff mit einem sehr breiten Anwendungsgebiet.⁷

⁵ vgl. [Zemen]; 8
⁶ vgl. [Zemen]; 9
⁷ vgl. [Zemen]; 21

2.1.4 Geschichte des Schalungsbaues

Die Entwicklung des Schalungsbaus ist eng mit der Entwicklung des Baustoffes Beton verknüpft. Bereits damals setzte die Realisierung der Schalung und Rüstung für Bauwerke technische Kenntnisse und Festigkeiten des Betons, aber auch eine genau strukturierte Ablaufplanung voraus. Die Ingenieure der Antike mussten über das Material „opuscaementitium“ und dessen Erstarrungsgeschwindigkeit bescheid wissen. Außerdem wie es herzustellen, einzubauen, zu verdichten und nachzubehandeln war und welche Anforderungen an die Schalung und Unterkonstruktion (Rüstung) gestellt wurden. Zudem gab es bereits eine Arbeitsvorbereitung die für einen geordneten Arbeitsablauf und eine begleitende Kontrolle und Überwachung des Bauablaufs sorgte. Bis ca. 1930 wurde in Europa fast ausschließlich mit der konventionellen Schalung, d.h. mit Brett- und Kantholz, geschalt. Daneben gab es erste Ansätze einer Stahlpaneelschalung für den Industrie-, Wasser- und Brückenbau. In der Wiederaufbauphase nach dem zweiten Weltkrieg wurden die Grundlagen für die heutige Schalungstechnik gesetzt. Nach und nach wurden lose Bretter durch Schalungsplatten, Rundholzstützen durch ausziehbare Stahlstützen und Holzbalken und Kant-hölzer durch genormte Schalungsträger ersetzt. Durch die gesteigerte Tragfähigkeit der Baukrane vergrößerten sich auch die Schalelemente und Großflächenschalungen wurden entwickelt. Die Trägerschalungen waren bereits Ende der 1970-er Jahre zur Perfektion entwickelt. Die Entwicklung der Rahmenschalungen fand in den 1980-er Jahren statt. Eine bereits sehr frühzeitige Entwicklung gab es kurz vor 1900 in Amerika. Hier wurde das Gleitschalverfahren entwickelt, dass 1950 in Skandinavien automatisiert und in Lizenz an deutsche Baufirmen vergeben wurde. Das zunehmende Bedürfnis nach einer optimalen technischen und wirtschaftlichen Schalungslösung führte in den 1970-er Jahren zur Entwicklung von teilautomatischen bzw. automatischen Klettersystemen.⁸

Seit über 30 Jahren bestimmen industriell vorgefertigte Schalungssysteme die Schalungstechnik. Der hohe Lohnaufwand von klassischen Holzschalungen hat sich dadurch erheblich reduziert. Für den optimalen Einsatz von Schalungssystemen ist aber eine ausreichende und sorgfältige Planung erforderlich.⁹

⁸ vgl. [Bärnt]; 1ff
⁹ vgl. [Bauer]; 256

2.1.5 Geschichte des Bewehrungsstahles

Als Bewehrungsstahl verwendete man anfangs nur Rundstahl (Rundeisen) mit geringer Festigkeit. Schließlich erkannte man aber die Notwendigkeit des Haftverbundes des Bewehrungsstahles mit dem Beton und so wurden Bewehrungsstäbe mit Rippen, die sogenannten Formstähle, erzeugt.¹⁰

Der Österreicher Rudolf Schmidt erfand 1934 den Torstahl. Bei diesem Bewehrungsstahl entstand durch den Walzvorgang ein beidseitiger Grat, der durch Verwinden (Torsion) kaltverfestigt, d.h. in seinen Festigkeitseigenschaften verbessert wurde. Aus dem Begriff Torsionsstahl entstand schließlich die Bezeichnung Torstahl. Durch den verwundenen Grat konnte die Verbundfestigkeit gesteigert werden. Die Weiterentwicklung des Torstahls war der Rippentorstahl, bei dem zusätzliche Rippen angeordnet wurden, um den Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl nochmals zu verbessern. Die Form der Bewehrungsstähle ist noch heute nahezu unverändert im Einsatz. Durch die laufenden Entwicklungen der Stahlsorten konnten lediglich die Eigenschaften des Stahles weiter verbessert werden. Zudem werden heutzutage neben Stabstählen zur schnelleren Verlegung Bewehrungsmatten oder vorgefertigte Bewehrungskörbe verwendet.¹¹

¹⁰ vgl. [Zemen]; 23

¹¹ vgl. [Zemen]; 23

2.2 Vorteile und Eigenschaften von Stahlbeton

Seit der Erfindung des Stahlbetons durch Monier fanden Bauten aus Beton bereits Ende des 19. Jahrhunderts zunehmende Verbreitung. Heute gilt der Beton bzw. Stahlbeton weltweit als vielseitigster Hauptbaustoff und der Anteil von Betonbauweisen beträgt in einzelnen Ländern bis zu 70 %.¹²

Der wirtschaftliche Vorteil gegenüber anderen Baustoffen ist, dass Sand und Kies sowie Kalkstein als Hauptkomponenten der Zementherstellung nahezu überall und in ausreichenden Mengen vorhanden bzw. erschlossen sind. Dies sichert langfristig die Herstellung des Massenbaustoffs Beton, wobei auch der ökologische Aspekt eine zunehmende Rolle spielt. Durch die Zement- und Betonherstellung werden große Mengen an Abfallprodukten aus Stahl- und Kohlekraftwerken wie z.B. Schlacken und Aschen einer umweltgerechten und wirtschaftlichen Verwertung zugeführt, was die Ökobilanz des Betons verbessert. Außerdem ist Beton ein wiederverwendbarer Baustoff und damit recycelbar. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse tragen des Weiteren zur Verbesserung der Betonbauweise und damit zur Erhöhung der Sicherheit von Betonkonstruktionen bei.¹³

Der Baustoff Beton ist im Bauwesen wegen seiner günstigen Eigenschaften sehr beliebt. Neben hoher Druckfestigkeit, dichtem Gefüge, glatter Oberfläche, Wasserundurchlässigkeit, chemische Widerstandsfähigkeit sowie einem hohen Abnutzungswiderstand ist er auch feuerbeständig. Außerdem ist Beton aufgrund seiner plastischen Eigenschaften vor der Erhärtung nahezu beliebig formbar und kann weitgehend an die Funktions- und Standortbedingungen für die Bauaufgabe angepasst werden.¹⁴

Die Vielseitigkeit von Stahlbeton kann aber nur durch die Verbundwirkung des Werkstoffs Beton und der Bewehrung aus Stahlstäben erzielt werden. Im Verbundwerkstoff Stahlbeton werden dabei die besonderen Trageigenschaften der Einzelbaustoffe genutzt. Beton ist in beliebiger Richtung besonders auf Druck und sehr gering auf Zug tragfähig, schützt aber den Stahl vor Korrosion und im Brandfall vor zu schneller Erwärmung mit Tragfähigkeitsverlust. Die Stahlstäbe nehmen die Zugspannungen auf, können aber mit seitlicher Aussteifung infolge der Einbettung in den Beton auch auf Druck sehr gut tragfähig sein. Der bestmögliche Verbund und eine gute Kraftübertragung werden durch die Rippung der Stahloberfläche erzielt. Gleichzeitig werden dadurch

¹² vgl. [Schlü]; 11

¹³ vgl. [AvaGo]; B.3

¹⁴ vgl. [Bauer]; 171

auch die typischen und unvermeidlichen Rissbildungen dieser Bauweise auf für die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit unschädliche Größen begrenzt. Die Nachteile können durch richtige Bemessung und Anordnung der Bewehrungsstäbe vom jeweils anderen Baustoff ausgeglichen werden.¹⁵

Mit der sogenannten schlaffen Bewehrung kommt Beton als tragendes Element bei nahezu jedem Bauvorhaben in Massivbauweise vor. Im Ingenieurbau, z.B. für Hallen- oder Brückenbauten, müssen hingegen sehr hohe Belastungen aufgenommen oder große Spannweiten überwunden werden, für die eine schlaffe Bewehrung nicht ausreicht. Anstelle der schlaffen Bewehrung werden für diese Anwendungen planmäßig vorgespannte Stahleinlagen in Form von Spanngliedern aus Stahldrähten oder Stahllitzen verwendet. Dieser spezielle Bereich des Stahlbetonbaus wird als Spannbetonbau bezeichnet.

Aufgrund der sich ergänzenden Eigenschaften von Beton und Stahl ist der Baustoff Stahlbeton ein unverzichtbarer Werkstoff zur Errichtung und Gestaltung unseres Lebensraumes geworden. Der bedeutende italienische Konstrukteur *Piere Luigi Nervi* bezeichnete diesen sogar als den phantastischsten Baustoff aller Zeiten.¹⁶

¹⁵ vgl. [AvaGo]; E.3

¹⁶ vgl. [Zemen]; 7

2.3 Bauweisen von Stahlbetonbau im Hochbau

Im Hochbau wird bei Bauwerken aus Stahlbeton in Ortbeton-, Fertigteil- und Mischbauweise unterschieden (vgl. Abb. 3).¹⁷

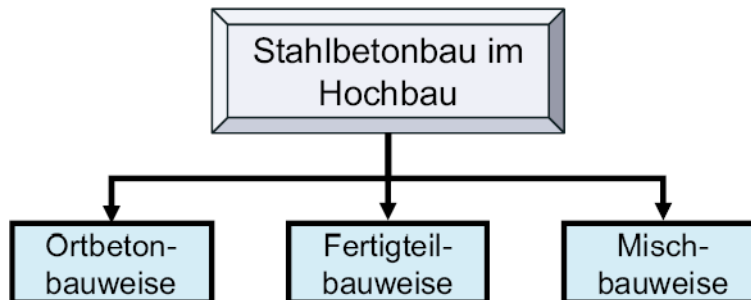


Abb. 3: Bauweisen im Stahlbetonhochbau¹⁸

Welche Bauweise zur Anwendung kommt hängt von der Funktion und Art des Bauwerks und den Präferenzen der Bauherren bzw. ihrer Planer ab. Die Ortbetonbauweise kommt nach wie vor am häufigsten zum Einsatz. Diese wird gerade bei wasserundurchlässigen Bauwerken eingesetzt, da der Einsatz von Fertigteilen einen sehr hohen Aufwand für die Abdichtung erfordern würde. Die Fertigteilbauweise wird meist im Industriebau forciert um z.B. Hallen mit großen Spannweiten zu realisieren. Bei Büro- bzw. Wohngebäuden sowie im Einfamilienhausbau und bei der Herstellung von Kellern wird häufig die Mischbauweise eingesetzt. Die Wände werden dabei oftmals aus Mauerwerk hergestellt¹⁹

Mit welcher Bauweise die geforderten Aufgabenstellungen am wirtschaftlichsten erfüllt werden können, sollte vom Auftragnehmer mit einem Vergleich geprüft werden, sofern das Verfahren nicht durch den Auftraggeber vorgegeben wird.²⁰

2.3.1 Ortbetonbauweise

Sobald der Frischbeton in seiner endgültigen Lage eingebaut wird und in der Schalung erhärtet, wird von Ortbeton gesprochen. Prinzipiell lässt sich jedes ausgeschriebene Betonbauwerk in Ortbetonbauweise ausführen, jedoch sind statische, konstruktive und gestalterische Grenzen bei Ortbetonprojekten bekannt.²¹

¹⁷ vgl. [Hofs2]; 7

¹⁸ vgl. [Hofs2]; 7

¹⁹ vgl. [Hofs2]; 7

²⁰ vgl. [Hofs2]; 8

²¹ vgl. [Hofs2]; 8

Bei der Ortbetonbauweise wird zwischen der Standardbauweise und der kombinierten Bauweise unterschieden, die sich in der Abfolge des Betonierens unterscheiden (siehe Abb. 4).

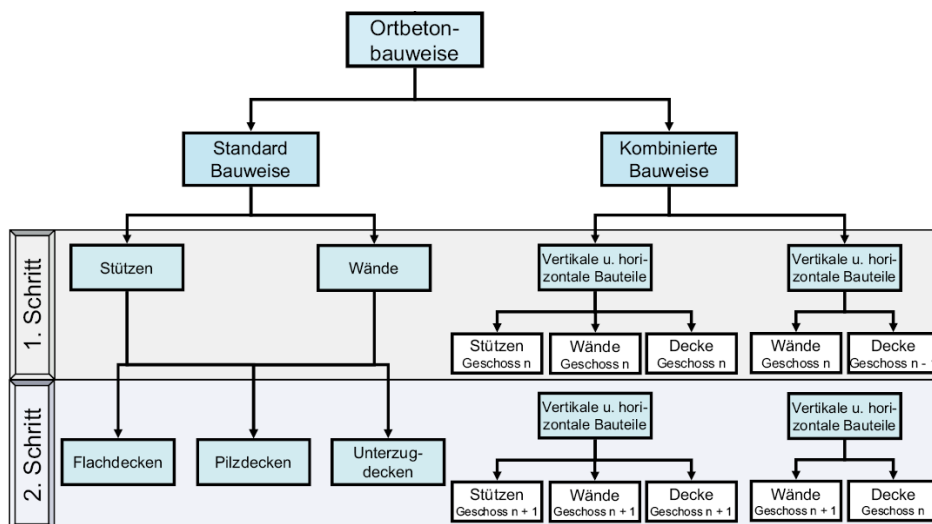


Abb. 4: Einteilung und Arbeitsschritte der Ortbetonbauweise im Stahlbetonhochbau²²

Bei der Standardbauweise werden im 1. Schritt die vertikalen Bauteile wie Wände und Stützen betoniert. Erst nachdem diese ausgeschalt sind, kann im 2. Schritt die Herstellung der horizontalen Bauteile wie Decken und Unterzüge erfolgen. Nach dem Aushärten der Decke werden wiederum die Wände und Stützen betoniert.²³

Bei der kombinierten Bauweise werden in einem Schritt die vertikalen und horizontalen Bauteile betoniert. Entweder werden die Wände, die Stützen und die Decke eines Geschosses oder die Wände, die Stützen und die darunterliegende Decke in einem Betonierschritt hergestellt. Im nächsten Schritt erfolgt wiederum das Betonieren aller Bauteile Wände, Stützen und der Decke auf einmal.²⁴

²² vgl. [Hofs2]; 7

²³ vgl. [Hofs2]; 8

²⁴ vgl. [Hofs2]; 8

2.3.2 Fertigteilbauweise

Besonders im Hallenbau kommen häufig industriell vorgefertigte Stützen, vorgespannte Hallenbinder oder Deckenelemente zum Einsatz. Diese werden meist in Fertigteilwerken vorgefertigt und erst auf der Baustelle zusammengesetzt. Um die Elementverbindungen leichter zu realisieren, finden statisch bestimmte Konstruktionen mit zahlreichen biegeweichen (gelenkigen) Knoten Anwendung. Bei dem Entwurf, der Gestaltung und der statischen Durchbildung von Bauwerken gelten andere Anforderungen bzgl. der Kraftübertragung, der Ausbildung der Anschlüsse etc. als bei der Ortbetonbauweise.²⁵

2.3.3 Mischbauweise

Bei der Mischbauweise handelt es sich um eine Kombination aus Ortbeton und Fertigteilen. Dabei werden vorwiegend Decken, Stützen und Stiegenläufe als Fertigteile ausgeführt.

Zur Anwendung kommen beispielsweise vorgefertigte bewehrte Elementdecken, die auf die Wände aufgelegt und mit Ortbeton auf die gewünschte Stärke ergänzt werden. Die Stärke ist abhängig von der erforderlichen Tragweite. Die Elementdecke hat die Funktion einer „verlorenen Schalung“. Dieses System kommt vor allem dann zum Einsatz, wenn der zu schalende Bauteil für den Ein- und Ausschalvorgang schwer zugänglich oder die Unterstützung aufgrund der Höhe sehr aufwendig ist.²⁶

Weiters handelt es sich um eine Mischbauweise, wenn der Gebäudekern und Liftschacht aus Ortbeton gebaut wird, das tragende Gebäude skelett (Stützen und Träger), die Decken und die Stiegenläufe aber als Fertigteile ausgeführt werden. Vor allem bei Bürobauten mit langen Fensterbändern werden oftmals die Fensterparapete zwischen den Stützen aus Fertigteilen oder Hohlwänden hergestellt. Hohlwände sind Stahlbeton-Halbfertigteile bestehend aus zwei werkseits durch Gitterträger verbundenen Wandschalen aus Stahlbeton. Der Hohlraum wird erst auf der Baustelle mit Beton vergossen. Dieses System wird ebenso bei Fertigteilkellern eingesetzt.

²⁵ vgl. [Hofs2]; 9

²⁶ vgl. [Hofs2]; 10

2.3.4 Kriterien für die Auswahl der Bauweise

Für die Entscheidungsfindung, ob der Einsatz von Fertigteilen gegenüber Ortbeton möglich und zweckmäßig ist, sind nachstehende Randbedingungen mit einzubeziehen:²⁷

- Bauzeit
- Kosten
- Personaleinsatz
- Krankkapazität
- Ausführung als wasserundurchlässiger Beton (WU-Beton)
- Arbeitsfugen
- Schalungsaufwand
- Schalungsvorhaltemenge
- Zugänglichkeit beim Ein- und Ausschalen
- Geforderte Oberflächenqualität
- Frischbetondruck etc.

Zudem sind umfassende Kenntnisse über die produktionsbedingten Möglichkeiten und der angebotenen Systeme erforderlich. Hierfür arbeiten Planer und Ingenieure eng mit Herstellerfirmen von Fertigteilen zusammen.²⁸

Einsatzmöglichkeit von Fertigteilen:²⁹

- Betonwaren wie Rohre, Betonringe, Platten etc.
- Fertigteildecken und -treppen im Hochbau
- Fassadenelemente
- Rahmenkonstruktionen
- Fertigteilstützen und -säulen
- Schächte
- Tübbinge im Tunnelbau oder Kanalbau
- Herstellung von Gesamtbauwerken etc.

²⁷ [Hofs2]; 8

²⁸ vgl. [Hofs2]; 9

²⁹ vgl. [Hofs2]; 9

Vorteile der Vorfertigung:³⁰

- Bauzeitverkürzung durch Vorproduktion
- geringere Produktionskosten
- höhere Einsatzzahlen der Schalung und Wegfall der Rüstung im Fertigteilwerk
- höherer Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- witterungsunabhängige Produktion
- leichtere Demontierbarkeit von fertigen Bauten

Nachteile der Vorfertigung:³¹

- erhöhter logistischer Aufwand
- keine kurzfristigen Umplanungen aufgrund längerer Vorlaufzeiten
- genaue Kenntnis der produktionsbedingten Möglichkeiten erforderlich
- Abhängigkeit von der Fertigteilfirma

³⁰ vgl. [Hofs2]; 9

³¹ vgl. [Hofs2]; 9

2.4 Vorgänge im Stahlbetonbau

Zu den Vorgängen im Stahlbetonbau gehören das Schalen, das Bewehren und das Betonieren. Die Betonarbeiten werden häufig als „Hauptprozess“ und die Schalarbeiten als „Nebenprozess“ bezeichnet. Unabhängig von dieser Einteilung haben die Schalarbeiten in baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Hinsicht eine wesentliche Bedeutung.³²

Für eine zeit- und kostenoptimale Bauausführung sind bereits in der Planungs- und Bauvorbereitungsphase der Entwurf und die Konstruktion des herzustellenden Bauwerks auf den Bauablauf abzustimmen. Der Betonquerschnitt und -qualität sind so zu wählen, dass diese in einem günstigen Verhältnis zum Bewehrungsanteil stehen. Bei der Bewehrung sind wiederum die günstigste Bewehrungsart und die Bewehrungsform auf das Bauwerk und die Bauteile abzustimmen. Zur Auswahl stehen Baustahlmatten, Stabstahl oder der Einbau von vorgefertigten Bewehrungselementen. Das wirtschaftlichste Schalungssystem wird unter den Gesichtspunkten minimaler Lohn- und Betriebsmittelkosten, Einsatzhäufigkeit, Wiederverwendbarkeit und der Umsetzung im Taktverfahren betrachtet und danach ausgewählt.³³

Die drei Vorgänge im Stahlbetonbau Schalen, Bewehren und Betonieren werden in weitere Teilvorgänge aufgeteilt, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

VORGÄNGE	TEILVORGÄNGE	ARBEITSSCHRITTE
Einschalen	Schalung vorbereiten	
	Schalung aufstellen	
Bewehren	Bewehrung vorbereiten	
	Bewehrung verlegen	
Betonieren	Betonherstellung	Dosieren
		Beschicken
		Mischen
	Betoneinbau	Fördern
		Verdichten
Ausschalen	Ausschalen	
	Schalung umsetzen	

Tabelle 1: Vorgänge im Stahlbetonbau³⁴

³² vgl. [Bärnt]; 6

³³ vgl. [Bauer]; 179

³⁴ vgl. [Stadl]; 48

Da alle Teilvorgänge voneinander abhängig sind, ist für den Betonbau eine optimale Prozessgestaltung erforderlich. Die primären Abhängigkeiten bestehen zwischen der Schalung und der Bewehrung und zwischen der Betonherstellung und dem Betoneinbau. Genauer betrachtet ist die Beziehung zwischen der Betonherstellung und der Schalung z.B. zur Erreichung einer geforderten Oberflächenqualität neben der Schalhaut auch von der Betonzusammensetzung abhängig. Bei der Bewehrung und dem Betoneinbau kann z.B. ein hoher Bewehrungsgrad zu besonderen Maßnahmen der Betoneinbringung führen. Jeder Vorgang stellt für sich einen eigenen Regelkreis dar. Das Ziel muss sein, diese Vorgänge durch gegenseitige Informationsverknüpfung zu einem Gesamtsystem zu vereinen, um damit einen kontinuierlichen Fertigungsfortschritt zu erreichen.³⁵

2.4.1 Schalen

Im folgenden Kapitel wird auf die Bedeutung, die Aufgabe, den konstruktiven Aufbau und die Systeme der Schalung eingegangen. Die Hauptaufgabe der Schalung ist die Formgebung des Betons sowie die Abstützung während der Aushärtung. Um für ein Bauvorhaben das zweckmäßigste Schalverfahren bzw. Schalungssystem zu finden, welches auch kostengünstig und zeitsparend sein sollte, bedarf es einer effizienten Planung.

2.4.1.1 Bedeutung der Schalung

Die Schalarbeiten als sogenannter „Nebenprozess“ im Stahlbetonhochbau weisen mit ca. 47 % den größten Anteil an den Einzelkosten der Stahlbetonarbeiten auf und verursachen damit den Hauptanteil der Kosten. Deshalb gilt nach wie vor, dass die Auswahl des geeignetsten und kostengünstigsten Schalverfahrens im Vordergrund der wirtschaftlichen Überlegungen stehen muss. Ziel ist es die Produktivität durch Senkung des Lohnaufwandes zu steigern. Qualifizierten Ingenieuren in Zusammenarbeit mit den Schalungsherstellern ist es vielfach zu verdanken, wenn sie mit Einfallsreichtum und Können die Bauzeit und das finanzielle Ergebnis positiv beeinflussen. Die Schalung ist der zentrale Punkt bei der rationellen Fertigung im Stahlbetonbau, da diese in der Regel eines der Geräte ist, die die Bauzeit am meisten beeinflussen. Die Schalarbeiten liegen im Ortbetonbau meist am kritischen Weg und bestimmen somit auch häufig die Bauzeit.³⁶

³⁵ vgl. [Stadl]; 49ff

³⁶ vgl. [Bauer]; 256

Der wirtschaftliche Einsatz der Schalungssysteme beschränkt sich heutzutage nicht mehr nur auf die Vorgänge des Ein- und Ausschalens, sondern ist von einer ganzheitlichen Betrachtung abhängig. Je komplizierter ein Bauvorhaben erscheint, desto wichtiger ist eine klare Gliederung der einzelnen Bauabläufe und -abschnitte. Die hierfür notwendige Planung wird inzwischen weitgehend von den Schalungsherstellern gegen besondere Vergütung übernommen. Schalungstechniker arbeiten eng mit Arbeitsvorbereitern zusammen, um einen wirtschaftlichen und sicheren Schalungseinsatz zu konzipieren.³⁷

Besonderes Augenmerk wird auf einen geringen Arbeitsaufwand, d.h. einfache Handhabung, schnelles Einschalen, Ausschalen und Umsetzen, der Schalungselemente und auf sicheres Arbeiten gelegt. Um die Schalungskosten möglichst gering zu halten, werden minimale Investitionskosten bzw. Mieten angestrebt.³⁸

2.4.1.2 Aufgabe und konstruktiver Aufbau der Schalung

Die Hauptaufgabe der Schalung bei Stahlbetonarbeiten ist die Formgebung des Frischbetons bis zur Erstarrung einschließlich der Oberflächengestaltung. Das bedeutet die Schalung ist die sogenannte „Gussform“ des Betons. Weiters hat die Schalung die Aufgabe die auftretenden Lasten aus dem Eigengewicht der Schalung, dem Eigengewicht und Druck des Frischbetons sowie die Verkehrslasten aus dem Baubetrieb bzw. der Arbeitstätigkeit wie Material, Personen, Geräte, Wind etc. abzutragen. Bei beengten Verhältnissen kann die Schalung auch als Arbeitsfläche oder für die Lagerung von Bewehrung oder anderer Einbauteile verwendet werden.³⁹

Der konstruktive Aufbau einer Schalung besteht grundsätzlich aus der Schalhaut, den Schalankern, einer stützenden Unterkonstruktion und der Abstützung bzw. Verankerung (siehe Abb. 5).

³⁷ vgl. [Hofs3]; 6ff

³⁸ vgl. [Bauer]; 258

³⁹ vgl. [BeKoS]; 137, 160

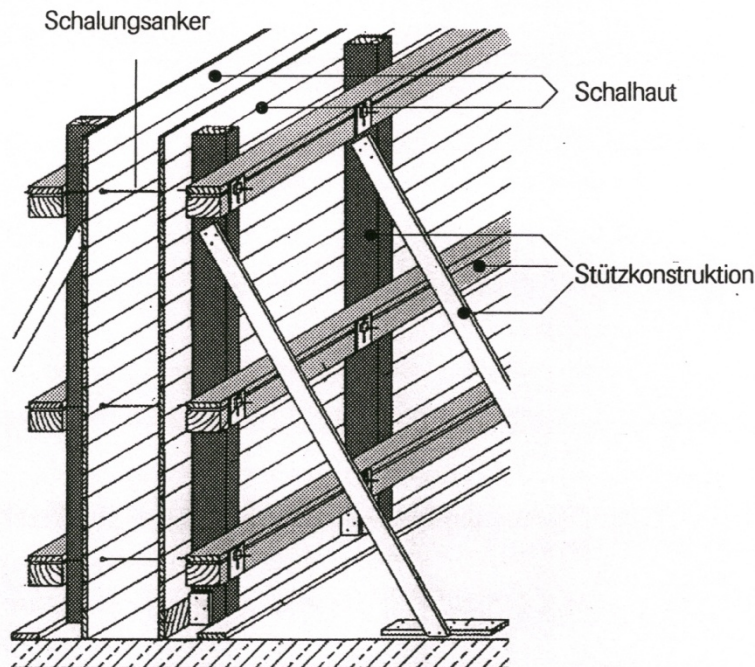


Abb. 5: Aufbau einer konventionellen Wandschalung⁴⁰

Die Wahl der Schalhaut hängt von Form und Zweck der Betonkonstruktion, der geforderten Betonsichtfläche sowie der Anzahl der Einsätze ab. Für die Schalhaut werden die Materialien Holz (z.B. Bretter, Kantholz, Sperrholz, Schichtholzplatten), Stahlblech, Kunststoff, Karton oder Beton verwendet. Die Auswahlkriterien für die Schalhaut sind die Kraftableitung, die Anzahl der Einsätze und damit verbunden auch die Art und Qualität der Betonoberfläche, das Saugverhalten, die Flexibilität und natürlich die Schalungskosten. Die ausgeschalte Betonoberfläche ist der Abdruck bzw. das Spiegelbild der Schalhaut. Diese soll geschlossen und gefügedicht (porenarm) sein und gleichmäßig aussehen. Die Anforderungen an das Aussehen der Betonflächen, speziell von Sichtbetonflächen, sind in der ÖNORM B 4710-1 (Ausgabe: 2007-10-01) geregelt.⁴¹

⁴⁰ vgl. [Stadl]; 60

⁴¹ vgl. [Bauer]; 258

2.4.1.3 Schalungssysteme

Üblicherweise legt die Ausschreibung von Stahlbetonarbeiten nur die Endprodukte, nicht aber die Fertigungsmethode fest. Dem ausführenden Unternehmen wird also ermöglicht das Schalverfahren seiner Wahl anzuwenden. Hierfür ist je nach Methode eine mehr oder weniger aufwendige Schalungsplanung notwendig, die ein wichtiges Element der Arbeitsvorbereitung bei der Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton darstellt. Für die Planung werden als erstes die Schalpläne, die die äußere Form der herzustellenden Bauteile darstellen, und die Bewehrungspläne herangezogen. Aus den Schalplänen und der Leistungsbeschreibung sind auch die Oberflächenqualitäten des Betons zu entnehmen. Danach wird der Ablauf der Schalarbeiten mit der Festlegung der einzelnen Abschnitte und der Einsatzfolge der Schalungselemente durchgeführt. Gleichzeitig muss auch das Schalungssystem anhand der Gebäudegeometrie, der Wiederholung gleichartiger Schalvorgänge, der Bauzeit, dem verfügbaren Personal und der Krankapazität ausgewählt werden.⁴²

Die Schalungssysteme können generell in drei große Gruppen eingeteilt werden.⁴³

- ▶ **konventionelle Schalungen**
- ▶ **Systemschalungen**
- ▶ **Sonderschalungen**

Die konventionelle Schalung wird vor Ort auf der Baustelle entsprechend den Anforderungen aus Kanthölzern, Verbindungsmitteln und der Schalhaut gezimmert. Meist wird sie nach einmaligem Einsatz wieder zerlegt und teilweise entsorgt. Der Aufwandswert und der Verschnitt sind aus diesen Gründen sehr hoch. Historisch betrachtet wurden früher alle Schalungen auf diese Weise hergestellt. Da der personelle Aufwand dafür sehr hoch ist, wird eine konventionelle Schalung in den Industriestaaten nur noch für Randarbeiten und unregelmäßige oder komplizierte Bauteilformen angewendet. Häufige Anwendung findet die konventionelle Schalung aber noch in Ländern und Staaten mit niedrigen Lohnkosten wie z.B. in Osteuropa, Asien oder Afrika.⁴⁴

Aus wirtschaftlichen und qualitativen Gründen hat sich daher der Einsatz von Systemschalungen durchgesetzt. Hierbei kommen vorgefertigte Elemente zum Einsatz, die möglichst einfach und schnell miteinander verbunden und mehrmals eingesetzt werden können. System-

⁴² vgl. [BeKoS]; 137

⁴³ vgl. [BeKoS]; 138

⁴⁴ vgl. [BeKoS]; 138

schalungen setzen aber auch eine ausreichende Krankkapazität für das Umsetzen der großflächigen und schweren Schalelemente voraus. Zudem ist eine Planung erforderlich, um mit einer möglichst sinnvollen Einteilung der Schalungsabschnitte eine hohe Fertigungsleistung zu erreichen. Je kleiner die Abschnitte, umso höher ist der Zeitaufwand, hauptsächlich für das Abschalen bei den Arbeitsfugen. Je größer die Bauabschnitte sind, desto mehr Schalung ist auf der Baustelle vorzuhalten. Ziel ist es, eine optimale Größe der Schalungsabschnitte für jedes Projekt zu erreichen.⁴⁵

Je nach Schalungssystem sind unterschiedlich umfangreiche Einsatzplanungen erforderlich. Das Ergebnis ist ein Schalungsplan, der die einzelnen Schalungselemente samt Zubehör darstellt. Die Planung erfolgt heutzutage bis auf Sonderschalungen meistens mit einer von den Schalungsherstellern zur Verfügung gestellten Software.⁴⁶

Im Hochbau werden Systemschalungen vor allem für Decken, Wände und Stützen angewendet. Bei der Auswahl von Deckenschalungen wird zwischen flexiblen Deckenschalungen (Trägerschalung), Schaltschen und Moduldeckenschalungen unterschieden. Ein Beispiel für die Trägerschalung ist in Abb. 6 zu sehen. Für die Schalung von Wänden spielt bei der Systemwahl vor allem die Schalfläche und der Wiederholungsgrad eine Rolle. Hier wird unterschieden in Rahmenschalungen und Trägerschalungen.⁴⁷

Bei der Rahmenschalung für Wände bestehen die Schalungselemente aus einem Stahl- oder Aluminiumrahmen und werden durch spezielle Elementverbindungen bündig und dicht zusammengehalten. Die Schalhaut hält zwischen 70 und 100 Einsätze aus und muss dann ausgetauscht werden.⁴⁸

Die Trägerschalung besitzt gegenüber der konventionellen Wandschalung erheblich größere Abmessungen und eine höhere Tragfähigkeit der einzelnen Schalelemente und wird deshalb auch als Großflächenwandschalung bezeichnet. Die Schaleinheiten werden vorgefertigt und mit dem Kran versetzt. Aufgrund der hohen Investitionskosten sind hohe Einsatzzahlen erforderlich, die eine langlebige Schalhaut bedingen. Zudem ergeben sich durch die großflächigen Elemente kurze Ein- und Ausschalzeiten sowie niedrige Aufwandswerte.⁴⁹

⁴⁵ vgl. [BeKoS]; 138ff

⁴⁶ vgl. [BeKoS]; 138ff

⁴⁷ vgl. [BeKoS]; 139ff

⁴⁸ vgl. [Stadl]; 61

⁴⁹ vgl. [Bauer]; 272



Abb. 6: Flexible Deckenschalung (Trägerschalung) am Beispiel von Haus 26 der Gartenstadt Marland⁵⁰

Bei Stützen kommen in der Regel nur noch spezielle Schalungen zum Einsatz. Für rechteckige Stützenquerschnitte gibt es Schalungen auf Basis des Rahmenschalungssystems und bei runden Querschnitten spezielle Halbschalen aus Stahl. Die Schalung ist in beiden Fällen vormontiert, sodass pro Stütze nur zwei Schalelemente aufgestellt werden müssen. Außerdem sind diese meist mit einer Arbeitsplattform für den Betoniervorgang ausgestattet. Zusätzlich sind runde Stützenschalungen aus Karton zu erwähnen, die auf der Innenseite beschichtet sind und zu sehr glatten und hochwertigen Betonoberflächen führen. Dieses System ist allerdings nur für einen einmaligen Einsatz konzipiert, da der Karton zum Ausschalen einfach abgerissen und entsorgt wird.⁵¹

Sonderschalungen sind Schalungssysteme, die für spezielle Einsatzzwecke entwickelt und eventuell auch mechanisiert sind. Vor allem für den Hochbau und turmartige Bauteile gibt es Kletterschalungen (kran-

⁵⁰ <http://www.marland.at/einzelbild.asp?i=471>; Zugriff: 31.03.2010, 00:22

⁵¹ vgl. [BeKoS]; 146ff

abhängig), Selbstkletterschalungen (kranunabhängig) und Gleitschalungen. Im Bereich des Ingenieur- und Industriebaues müssen meist individuell angefertigte Spezialschalungen konstruiert und bemessen werden. Zu den Ingenieurbauwerken zählen Tunnel, Brücken, Silos bzw. Türme und Wasserbauwerke wie Staudämme, Wehranlagen und Kläranlagen. Zu den Industriebauwerken gehören beispielsweise Kraftwerksbauten und Raffinerien.⁵²

Eine genaue Betrachtung der Schalungssysteme und deren Anwendungsbereiche wird im Zuge dieser Arbeit nicht durchgeführt. Für diese und weitere auf die Schalung bezogene Themen verweise ich auf das Buch „Scharbeiten“ von *Hofstadler*, erschienen im Springer Verlag im Jahre 2008.

⁵² vgl. [BeKoS]; 148ff

2.4.2 Bewehren

Wie bereits in der geschichtlichen Entwicklung erwähnt entstand erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch das Armieren bzw. Bewehren von Beton der Verbundbaustoff Stahlbeton. Auch dessen günstige Eigenschaften ergeben sich erst durch die Kombination von Beton und Stahl. Nachfolgend wird daher näher auf die Aufgabe und die Systeme der Bewehrung eingegangen.

2.4.2.1 Aufgabe der Bewehrung

Da Beton kaum Zugkräfte aufnehmen kann, hat die Bewehrung die Aufgabe, die aus der Belastung resultierenden Zugkräfte aufzunehmen. Außerdem können durch Stahleinlagen in der Druckzone auch Druckkräfte und somit höhere Druckbelastungen aufgenommen werden. Dazu ist die Verlegung der Bewehrung nach den aus der statischen Berechnung abgeleiteten Bewehrungsplänen notwendig. Je nach Betonsorte und Anwendung ist eine ausreichende Betonüberdeckung zu gewährleisten.⁵³

Der Bewehrungsstahl ist vor Schmutz, Fett, Eis etc. zu schützen und darf keinen losen Rost aufweisen, da sonst der Verbund mit dem Beton verloren geht.⁵⁴

2.4.2.2 Bewehrungssysteme

Grundsätzlich gibt es zwei Bewehrungssysteme, die aufgrund der zu erwartenden Belastungen und Spannweiten bei Bauteilen bzw. Bauwerken angewandt werden:

- ▶ **schlaffe bzw. nicht vorgespannte Bewehrung**
- ▶ **vorgespannte Bewehrung bzw. Spannbeton**

Bei der schlaffen Bewehrung werden Stabstähle oder Stahlmatten allseitig in den Beton eingebunden, um einerseits den Verbund zur Kräfteübertragung zu gewährleisten und andererseits den Korrosionsschutz durch den Beton sicherzustellen (siehe Abb. 7). Die hierfür notwendigen Bewehrungsarbeiten lassen sich in die Teilvorgänge Stahl lagern, schneiden, biegen und verlegen unterteilen.⁵⁵

⁵³ vgl. [Bauer]; 376

⁵⁴ vgl. [Bauer]; 376

⁵⁵ vgl. [Stadl]; 67ff



Abb. 7: Schlaaffe Bewehrung der Bodenplatte, Projekt ÖBB-Traktion⁵⁶

Früher wurde der Betonstahl auf die Baustelle geliefert und direkt vor Ort geschnitten und gebogen. Heutzutage werden vorgefertigte Bewehrungskörbe schon häufig bei einem Biegebetrieb bestellt und einbaufertig auf die Baustelle geliefert. Als Beispiel sind in Abb. 8 vorgefertigte Bewehrungskörbe für Bohrpfähle abgebildet. Um die Betonüberdeckung nach außen, d.h. zur Schalung und den Abstand der einzelnen Bewehrungslagen untereinander zu sichern, werden Abstandhalter eingebaut. Der Bewehrungskorb darf während des Betoniervorgangs nicht verschoben werden.⁵⁷



Abb. 8: Vorgefertigte Bewehrungskörbe für Bohrpfähle⁵⁸

⁵⁶ Bild zur Verfügung gestellt von Herrn Mario Bödenler (BHM INGENIEURE)

⁵⁷ vgl. [Stadl]; 67ff

⁵⁸ Fotografiert am 30.04.2008 um 13:24; bei Baubesichtigung Projekt Koralmbahn

Da Bauwerke niemals in einem Stück erstellt werden können, müssen diese in Abschnitte eingeteilt werden. Häufig sind diese Abschnitte die Bauteile selbst oder Stellen bzw. Bereiche, bei denen die berechneten Belastungen geringer sind. Zwischen den Abschnitten bzw. Bauteilen müssen Bewehrungsverbindungen in Form von Anschlussbewehrungen oder Bewehrungsstößen hergestellt werden (siehe Abb. 9). Hierfür ist eine konsequente Planung der Betonierabschnitte, der Rüttelgasen bzw. der Einfüllöffnungen erforderlich.⁵⁹



Abb. 9: Anschlussbewehrung für die Wände des Kellergeschosses, Projekt ÖBB-Traktion⁶⁰

Das System mit einer vorgespannten Bewehrung kommt bei weitgespannten und hochbelasteten Decken, Hallenbindern, Brücken oder Behältern zum Einsatz. Die Vorspannung wirkt Rissbildungen und Verformungen entgegen. Mit hydraulischen Pressen werden hochwertige Spannstähle vorgedehnt um dadurch im Stahl Zugkräfte und im Beton Druckkräfte zu erzeugen. Dieser Eigenspannungszustand soll den äußeren Belastungen entgegenwirken und den Spannungs- und Verformungszustand der Stahlbetonkonstruktion günstig beeinflussen.⁶¹

⁵⁹ vgl. [Stadl]; 67ff

⁶⁰ Bild zur Verfügung gestellt von Herrn Mario Bödenler (BHM INGENIEURE)

⁶¹ vgl. [Stadl]; 68ff

Beim Spannbeton werden folgende Möglichkeiten der Vorspannung unterschieden:⁶²

- Vorspannen **vor** dem Verbund

Die Spannstähle werden vor dem Einbringen des Betons von zwei starren Widerlagern aus gespannt und nach der Erhärtung des Betons gelöst. Die Spannkraft überträgt sich auf den Beton und erzeugt auf diesen einen zusätzlichen Druck.

- Vorspannen **mit nachträglichem** Verbund

Um die Bewehrung nachträglich vorspannen zu können, werden in den Beton Hüllrohre mit einbetoniert. Die Spannkabel, dies sind einzelne oder gebündelte Spannstähle in Form von Stäben, Drähten oder Litzen, werden vor oder nach dem Betonieren in die Hüllrohre vorerst ohne Verbund eingefädelt. Erst nach dem Erhärten des Betons werden die Spannglieder mittels spezieller, hydraulischer Spannpressen, die sich über Ankerplatten am Beton abstützen, gespannt und verankert. Der Hohlraum zwischen dem Spannstahl und dem Hüllrohr wird anschließend mit speziellem Injektionsmörtel ausgepresst, um den nachträglichen Verbund von Stahl und Beton herzustellen. Dieses Verfahren wird vor allem im Brückenbau eingesetzt.

- Vorspannen **ohne** Verbund

Dieses Verfahren wurde entwickelt, da schlecht ausgepresste Hüllrohre häufig zu Korrosionsschäden führen. Das Hüllrohr weist hier nur einen geringfügig größeren Durchmesser als der Spannstahl auf. Der Zwischenraum wird meist mit einem speziellen fettähnlichen Mineralölprodukt ausgefüllt, welches die Reibung stark reduziert und einen dauerhaften Korrosionsschutz gewährleisten soll. Die Vorspannung ohne Verbund hat den Vorteil, dass Spannglieder, falls erforderlich, auch nachgespannt werden können.

2.4.3 Betonieren

Der Vorgang des Betonierens ist abhängig von der geforderten Oberflächenqualität, die neben der Schalhaut auch von der Betonzusammensetzung und der Betoniergeschwindigkeit abhängt, und dem Bewehrungsgrad, der zu besonderen Maßnahmen zur Betoneinbringung und Verdichtung führen kann. Die Teilvorgänge Betonherstellung und Betoneinbau werden nachstehend näher erläutert.⁶³

⁶² vgl. [Stadl]; 67ff

⁶³ vgl. [Stadl]; 49

2.4.3.1 Betonherstellung

Der Baustoff Beton ist ein Gemisch aus Zement, Gesteinskörnung und Anmachwasser sowie Betonzusatzstoffen und -mitteln. Zur Qualitätsverbesserung oder zur Erzielung bestimmter Eigenschaften werden Zusatzmittel und Zusatzstoffe hinzugefügt. Die Betonherstellung, Betonsorte und die Festigkeitsklassen sind in der ÖNORM B 4710-1 (Ausgabe: 2007-10-01) definiert.⁶⁴

Die vorgesehene Betonrezeptur mit der entsprechenden Dosierung der Bestandteile und den Betonzuschlägen zur Erzielung der geforderten Qualität wird entweder chargenweise oder in Durchlaufmischern so lange vermengt, bis eine gleichmäßige, homogene Konsistenz erreicht ist. Heutzutage wird der Beton überwiegend in stationären Transportbetonwerken hergestellt und als Frischbeton mittels Fahrmischern zu den Baustellen geliefert. Bei Großbaustellen, die weitab von Betonwerken liegen und kontinuierlich große Einbaumengen benötigen, werden für die Baudauer stationäre Baustellen-Mischanlagen aufgestellt. Dieser Beton wird dann als Baustellenbeton bezeichnet. Das Endprodukt eines auf der Baustelle produzierten Betons, unabhängig davon ob es Transport- oder Baustellenbeton war, wird als Ortbeton bezeichnet. Seine Herstellung beinhaltet auch die Vorgänge des Schalens und Bewehrns. Betonwerke, die Beton- und Stahlbetonfertigteile herstellen, arbeiten meist mit betriebseigenen Mischanlagen. Aus diesem sogenannten Fertigteilbeton produzierte Teile werden dann elementweise zu den Baustellen geliefert und zwischengelagert oder oftmals auch „Just-in-Time“ eingebaut.⁶⁵

2.4.3.2 Betonförderung und Betoneinbau

Auf der Baustelle angekommen, wird der angelieferte Frischbeton zur jeweiligen Einbaustelle gefördert, in die Schalung eingebracht und mittels Rüttlern verdichtet. Damit sich der Beton dabei nicht entmischt, ist die maximal zulässige Fallhöhe von 1,50 m einzuhalten. Das anschließende Bearbeiten der Oberfläche (Abziehen, Glätten) schließt den Betoneinbau ab.⁶⁶

⁶⁴ vgl. [Stadl]; 50

⁶⁵ vgl. [Stadl]; 50ff

⁶⁶ vgl. [Bauer]; 200

Für das Fördern von Beton gibt es folgende Möglichkeiten:⁶⁷

- ▶ **Schütten**
- ▶ **mit Kran und Kübel**
- ▶ **Pumpen**
- ▶ **Bandförderung**

Schütten ist das einfachste und billigste Förderverfahren, welches aber nur bei einer freien Fallhöhe von weniger als 1,50 m angewendet werden kann, da sonst Entmischungsgefahr besteht.⁶⁸

Beim Betonieren mit Kübel wird dieser von einem Fahrmischer befüllt und mit einem Kran zur Einbringstelle gehoben. Beim Betonieren enger, bewehrter Querschnitte wie Stützen oder dünne Wände, ist unter dem Siloverschluss des Kübels ein Kunststoffschlauch angebracht, um die maximal zulässige freie Fallhöhe des Betons von 1,50 m nicht zu überschreiten. Die Vorteile des Krankübels sind die große Reichweite und Reichhöhe, die geringe Fallhöhe beim Einbringen und ein Minimum an Verteilarbeit, da der Beton dort entleert wird wo er gebraucht wird. Das Fassungsvermögen ist allerdings durch die Tragfähigkeit der Hebezeuge begrenzt. Im Hochbau sind Krankübel mit 0,5 bis 1,5 m³ üblich. Im Ingenieurbau werden Krankübel mit bis zu 4 m³ und auf Massenbaustellen wie Betonstauwänden, mit bis zu 10 m³ eingesetzt.⁶⁹

Bei der Betonförderung durch Pumpen und Rohrleitungen wird der Beton über stationäre (Verteilermast) oder mobile Ausleger (Autobetonpumpe) verteilt. Hierfür muss der Frischbeton eine gleichmäßige plastisch bis weiche Konsistenz aufweisen. Der Zementgehalt soll bei ca. 300 kg/m³ und der Betonzuschlag im besonders guten (oberen) Bereich der Sieblinien liegen. Werden für Hochhäuser oder turmartige Gebäude Förderleitungen verwendet, soll die Leitungsführung mit möglichst wenigen Krümmungen erfolgen. Bei der Förderung mit Autobetonpumpen kann die Förderleitung mit dem hydraulisch bewegten, mehrteiligen Verteilermast an jeden Punkt innerhalb seines Aktionsbereiches bewegt werden. Diese Methode ist sehr wirtschaftlich und wird heutzutage auf kleineren und mittleren Baustellen, aber zunehmend auch auf Großbaustellen mittels mehrerer gleichzeitig eingesetzter Pumpen zur Betonförderung verwendet.⁷⁰

⁶⁷ vgl. [Bauer]; 201

⁶⁸ vgl. [Bauer]; 201ff

⁶⁹ vgl. [Bauer]; 201ff

⁷⁰ vgl. [Bauer]; 202ff

Bei Bandförderung soll die Bandgeschwindigkeit wegen Entmischungsfahr beim Abwurf etwa 1 m/s nicht überschreiten. Für geringe Förderleistungen sind Fahrmischer mit aufgebautem Förderband verfügbar. Für größere Einbauleistungen haben sich Geräte auf einem Radlader-Fahrgestell mit einem darauf montierten Förderband bewährt. Hiermit kann eine Einbringleistung von etwa 50-80 m³/h z.B. für Ufermauern von großen Flusskraftwerken erreicht werden. Die Betonförderung über Bänder stellt jedoch nicht den Regelfall dar.⁷¹

Die Wahl des Förderverfahrens hängt neben der Betonkonsistenz und den Liefer- und Einbaugeschwindigkeiten besonders von den Standort- und Baustellenbedingungen ab. Natürlich können auf einer Baustelle auch mehrere verschiedene Förderverfahren zum Einsatz kommen.⁷²

2.4.3.3 Verdichtung

Nach der Förderung und Einbringung des Frischbetons in die Schalung muss dieser einwandfrei verdichtet werden, um die geforderten Eigenschaften des Festbetons zu erreichen. Bei Stahlbeton ist eine sorgfältige Verdichtung auch für die vollständige und somit korrosionssichere Umhüllung der Bewehrung besonders wichtig. Die Verdichtungsart richtet sich nach der Konsistenz des Frischbetons, wobei sehr häufig die Rüttelverdichtung angewendet wird. Dabei werden auf den Beton periodische Stöße mit etwa 200 Hz übertragen und die Zuschlagskörner in Schwingungen versetzt. Dadurch ordnen sich diese zur dichtest möglichen Lage unter gleichzeitigem Verdrängen von Luftblasen und des überschüssigen Zementleims an. Das Erscheinen der Zementschlämme an der Betonoberfläche sowie das Nachlassen von aufsteigenden Luftblasen lassen die Verdichtung des Betongefüges erkennen. Der Frischbeton darf sich durch die Rüttelverdichtung nicht entmischen.⁷³

2.4.3.4 Nachbehandlung

Bis zum ausreichenden Erhärten ist der Beton gegen schädigende Einflüsse zu schützen. Dazu zählen z.B. starkes Abkühlen oder Erwärmen, Austrocknen der Oberfläche, Regen und mechanische Beschädigungen. Zur Verzögerung des Schwindens und um die Erhärtung an der Oberfläche zu garantieren, muss der Beton feucht gehalten werden.

⁷¹ vgl. [Bauer]; 205

⁷² vgl. [Bauer]; 205ff

⁷³ vgl. [Bauer]; 249ff

ten oder gegen Austrocknen geschützt werden. Im Allgemeinen genügen dafür ca. 7 Tage.⁷⁴

Die erforderlichen Ausschulfristen sind abhängig von der Außentemperatur und der Zement- und Betonfestigkeitsklasse. Diese sind in der ÖNORM B 4710-1 (Ausgabe: 2007-10-01) geregelt.⁷⁵

⁷⁴ vgl. [Bauer]; 253

⁷⁵ vgl. [Stadl]; 59

2.5 Baubetriebliche Überlegungen für den Stahlbetonbau

Der Baubetrieb trägt durch effektive Planung des Bauablaufs und der Logistik sowie effizienter Kombination der Produktionsfaktoren maßgeblich zum Gelingen eines Bauvorhabens bei.

Im Baubetrieb sind vor allem die Baustelleneinrichtung, Bauablaufplanung, Verfahrenswahl und die Logistik von wirtschaftlicher Bedeutung. Außerdem sollen die elementaren Produktionsfaktoren Mensch (Arbeitskraft), Maschine und Material (Baustoffe) effizient kombiniert werden. Im Zuge der Arbeitsvorbereitung werden für die zu errichtenden Bauwerke die optimalen Bauverfahren ausgewählt sowie die Baustelleneinrichtung, der Bauablauf und die Logistik geplant.⁷⁶

In der Arbeitsvorbereitung soll mittels Vergleich das geeignetste und wirtschaftlichste Bauverfahren ausgewählt werden. Dabei sind die baubetrieblichen, technischen, sicherheitsrelevanten, ästhetischen, umweltspezifischen und umweltrelevanten Randbedingungen zu berücksichtigen. Weiters wird in der Arbeitsvorbereitung der bestmögliche Ressourceneinsatz von Arbeitskräften, Maschinen und Baustoffen geplant und baubegleitend ein Soll/Ist-Vergleich durchgeführt. Alle Änderungen der in der Arbeitskalkulation formulierten Vorgaben für die Ausführung wie z.B. Aufwandswerte, Leistungswerte, Geräte- und Materialkosten sind in der Bauabwicklung zu erfassen. Die einzelnen Planungsmaßnahmen sind daher immer vernetzt zu betrachten. Hierfür sind aber funktionierende Organisations-, Koordinations-, Kommunikations- und Dokumentationsstrukturen erforderlich.⁷⁷

Störungen im Bauablauf werden mit hoher Wahrscheinlichkeit auf jeder noch so gut geplanten Baustelle auftreten. Können diese nicht rechtzeitig behoben oder Alternativen gefunden werden, sind Defizite bei den Kosten, der Zeit, der Qualität und bei der Zufriedenheit des Bauherrn zu erwarten.⁷⁸

Auf Baustellen mit guter Arbeitsvorbereitung kann auf Störungen in der Regel einfacher und schneller reagiert werden, weil aufgrund einer durchdachteren Vorbereitung und Organisation Abweichungen frühzeitig erkannt werden können. Beim Beheben der Störungen ist auf den effizienten Einsatz von Produktionsfaktoren zu achten. Je länger es dauert bis Fehler erkannt und behoben werden, desto größer sind schlussendlich die baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Folgen.

⁷⁶ vgl. [Hofs2]; 10ff

⁷⁷ vgl. [Hofs2]; 12

⁷⁸ vgl. [Hofs2]; 13

Ziel des Baubetriebes ist es die Produktivität wie geplant einzuhalten bzw. wenn möglich durch Senkung des Lohnaufwandes zu steigern.

2.5.1 Bauablauf

Die Größe der Bauabschnitte im Stahlbetonbau wird einerseits von den statischen und konstruktiven Vorgaben und andererseits von baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Überlegungen und vom Schalverfahren bestimmt. Zwei gängige Fertigungsablaufmodelle im Bauwesen sind die Taktfertigung und die Fließfertigung. Weiters wird aber auch die Parallelarbeit angewandt, bei der zwei oder mehr Arbeitsgruppen in einem Fertigungsabschnitt parallel arbeiten.⁷⁹

Für die Bauablaufplanung der Stahlbetonarbeiten haben die Schalarbeiten eine große Bedeutung, da sie in der Regel am kritischen Weg liegen und somit wesentlich die Bauzeit der Stahlbetonarbeiten mitbestimmen. Je nach Bauablauf ergeben sich unterschiedliche Kosten, Ressourcen, Transportintervalle und Dauern. Durch den Bauablauf wird auch die zeitliche und räumliche Beziehung zwischen den Fertigungsabschnitten und den Vorgängen wie Schalen, Bewehren und Betonieren bestimmt. Wird das Bauwerk in Fertigungsabschnitte unterteilt, erhöht dies die Flexibilität und auf Störungen in der Bauausführung kann schneller reagiert werden.⁸⁰

2.5.2 Baustelleneinrichtung

Die Planung der Baustelleneinrichtung wird durch die Bauunternehmen im Rahmen der Arbeitsvorbereitung durchgeführt. Durch diese muss sichergestellt werden, dass die beauftragte Bauleistung in der geforderten Qualität und Zeit erbracht werden kann. Wichtige Bedingungen des Bauherrn werden in der Leistungsbeschreibung, den Vertragsbedingungen und den Ausführungsunterlagen vorgegeben. Ziel des Bauunternehmens ist es, das Bauwerk in der geforderten Qualität mit möglichst geringen Kosten herzustellen. Dabei muss die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Beschäftigten, aber auch der Umweltschutz und die Verkehrssicherungspflicht gegenüber Dritten beachtet werden.⁸¹

Die Baustelleneinrichtung bildet die Grundlage zur Produktionsaufnahme am Entstehungsort des Bauwerks. Für jedes Bauvorhaben muss eine neue Produktionsstätte eingerichtet werden, die individuell auf die spezifische Art und die besonderen Abläufe der Baustelle ab-

⁷⁹ vgl. [Hofs2]; 14

⁸⁰ vgl. [Hofs2]; 355

⁸¹ vgl. [BeKoS]; 207

zustimmen ist. Dargestellt wird die Baustelleneinrichtung im sogenannten Baustelleneinrichtungsplan. In diesem wird die Auswahl von Geräten, Maschinen, Material und die räumliche Aufteilung und Zuordnung dieser Bestandteile geplant. Die richtige Auswahl der einzelnen Elemente bzw. Einrichtungen in ihrer Art und Dimension sind daher von wesentlicher Bedeutung für die Durchführung einer Baumaßnahme. Zudem müssen die gegenseitigen Abhängigkeiten der Elemente untereinander sowie die Abhängigkeiten zu den ausgewählten Bauverfahren und zum Bauwerk selbst beachtet werden. Eine schnelle und sichere Bewegung von Gütern und Personen auf der Baustelle und die bestmögliche Ausstattung der einzelnen Arbeitsplätze ist daher sicherzustellen.⁸²

Zu den Elementen der Baustelleneinrichtung gehören:⁸³

a) Hebezeuge und Fördergeräte

- Krane (Turmdrehkrane)
- Fahrbare Hebezeuge (Mobilkrane, Teleskoplader, Seilbagger)
- Betonpumpen

b) Container, Bauwagen und Gebäude

- Tagesunterkünfte (Pausenräume, Umkleideräume)
- Wohnunterkünfte
- Bürocontainer
- Sanitäranlagen (Toiletten und Waschräume)
- Sanitäts- und Erste-Hilfe-Einrichtungen
- Magazine für Kleingeräte, Werkzeuge, Betriebsstoffe
- Mobile Tankanlagen

c) Verkehrsflächen und Transportwege

- Baustellenzufahrt
- Baustraßen, Bauwege und Stellflächen

d) Lagerflächen

e) Medienversorgung

- Kommunikationsanschlüsse (Telefon, Fax, EDV)
- Wasserversorgung
- Stromversorgung

⁸² vgl. [Baier]; 28ff

⁸³ vgl. [BeKoS]; 213ff

f) Baustellensicherung

- Bauzaun und Diebstahlschutz
- Sicherung an Verkehrswegen
- Gewässerschutz und Baumschutz
- Sonstige Schutzeinrichtungen (Leitungsschutz, Nachbarschaftsschutz, Brandschutz, Witterungsschutz)

g) Arbeits- und Schutzgerüste

h) Abfallentsorgung

Aus dieser Auflistung der baubetrieblichen Elemente wird nachfolgend auf drei Elemente genauer eingegangen, da sich diese wesentlich auf die Bauleistung und Bauausführung auswirken und somit erheblich die Bauzeit und Kosten beeinflussen können.

ad a) Hebezeuge und Fördergeräte

Zu den wichtigsten Hebezeugen und Fördergeräten auf der Baustelle zählen die Krane, die für Ladevorgänge, Montagen, Umsetzvorgänge und Demontagen, für das Einsetzen der Bewehrung und für das Einbringen des Betons mittels Krankübel benötigt werden. Sind stationäre Krane im Einsatz, müssen für diese auch ausreichende Flächen (Standflächen, Bewegungsflächen etc.) eingeplant werden. Für Sonderaufgaben und kurze Einsätze werden sehr häufig Autokrane eingesetzt. Die Vorteile von Kranen sind einerseits, dass sie die Hebearbeiten dreidimensional, also in alle Richtungen im Drehbereich ihres Auslegers flächendeckend und punktgenau ausführen können und andererseits, dass die Transport- und Hubgeschwindigkeit gegenüber anderen Hebezeugen höher ist.⁸⁴

Ein weiteres wichtiges Fördergerät stellt heutzutage die Betonpumpe (stationär oder mobil) dar. Betonpumpen entlasten nicht nur die Baustellenkräne, die ihre Transportvorgänge unabhängig vom Betonieren fortsetzen können, sondern es können damit wesentlich größere Förderhöhen und -weiten sowie Einbauleistungen von Beton erzielt werden. Vor allem die heute verwendeten mobilen Autobetonpumpen mit Verteilermast können, wenn dafür Zufahrtsmöglichkeiten geschaffen werden, an verschiedenen Punkten der Baustelle eingesetzt werden.⁸⁵

In Abb. 11 (S. 38) ist eine mobile Autobetonpumpe im Einsatz beim Bauwerk Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe dargestellt.

⁸⁴ vgl. [Hofs2]; 17

⁸⁵ vgl. [Bauer]; 227ff

„Im Einzelfall ist es Aufgabe der Arbeitsvorbereitung, die Vorteile und Risiken der verschiedenen Förderverfahren (Kran bzw. Pumpe) gegeneinander abzuwägen und für die gewählte Variante die einzelnen Systemkomponenten richtig zu bemessen. Häufig ist es sinnvoll, die kleinen Betonierabschnitte mit dem Kran, die großen mit einer Autobetonpumpe oder mit Kran und Autobetonpumpe zu betonieren.“⁸⁶

Bei kleineren Baustellen und in Bereichen außerhalb der Reichweite von Kranen werden kranunabhängige Schalungen eingesetzt, die händisch transportiert und umgesetzt werden können. Auch die Bewehrung muss händisch zum Einbauort gebracht werden bzw. wird meist vor Ort gebunden. Falls die Reichweite der Betonpumpe für die Anlieferung des Betons nicht ausreichend ist, muss dieser ebenfalls mittels Scheibtruhe oder Kübeln an den Einbringungsort transportiert werden.

ad c) Verkehrsflächen und Transportwege

Die Verkehrsflächen und Transportwege zu und auf der Baustelle müssen vorweg geplant werden. Dazu gehören die Anlieferung auf öffentlichen Straßen, mit möglichen Einschränkungen wie Durchfahrts Höhen oder maximale Straßen- bzw. Brückenbelastungen, die Baustellenzufahrt („Anbindung des Baustellenbereiches an das öffentliche Verkehrsnetz“⁸⁷) sowie die Baustraße („Verkehrsweg innerhalb des Baustellenbereiches ohne öffentlichen Verkehr“⁸⁸) selbst. Letztendlich liegt es aber in der Aufgabe des Auftragnehmers diese Möglichkeiten und Einschränkungen, wenn erforderlich, bereits in der Kalkulation seines Angebots zu berücksichtigen. Bei der Linienführung der Baustraße auf dem Baugrundstück wird unterschieden zwischen 1. Umfahrt, 2. Durchfahrt und 3. Stichstraßen (siehe Abb. 10).

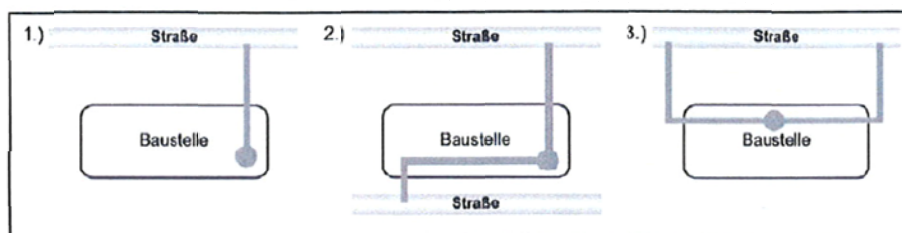


Abb. 10: Linienführung von Baustrassen⁸⁹

Gerade bei großen Baustellen oder bei Baustellen mit einem sehr engen Zeitplan ist es notwendig, für die Anlieferung und Abholung einen

⁸⁶ [Bauer]; 227

⁸⁷ [B2110]; 8

⁸⁸ [B2110]; 8

⁸⁹ [Baier]; 36

genauen Zeitplan zu erstellen. In diesem sind für alle Transporte Zeitfenster vorgesehen, in denen die Lieferung oder Abholung erfolgen muss. Trifft der Lkw nicht innerhalb des vereinbarten Zeitbereichs ein, kann dieser erst wieder beim nächsten neu vereinbarten Zeitfenster auf die Baustelle einfahren. Dies kann sich auf Montage- oder Fertigstellungstermine auswirken, welche bei Nichteinhaltung mit Geldstrafen, sogenannten Pönalen, bestraft werden.

ad d) Lagerflächen

Die auf der Baustelle zur Verfügung stehenden Flächen sind ein weiteres wichtiges Kriterium für die Planung der Baustelleneinrichtung. Stehen diese innerhalb der Grundstücksgrenzen nicht ausreichend zur Verfügung, müssen nach Möglichkeit angrenzende Flächen angemietet werden. Über die Zufahrtswege und Lagerplätze außerhalb der Bauwerksgrenzen sind aber oft mühsame Verhandlungen mit den Grundstückseigentümern erforderlich. Im innerstädtischen Bereich hingegen sind häufig nur Lagerflächen innerhalb des Bauwerks vorhanden, daher ist der gesamte Bauablauf und das Bauverfahren auf die sehr begrenzten Lagerflächen zu planen und abzustimmen. In der Rohbauphase werden die Lagerflächen vorwiegend für die Schalung und die Bewehrung benötigt.⁹⁰

Bei den Lagerflächen für die Schalung und Schalarbeiten sind folgende Flächen zu unterscheiden:⁹¹

- Anlieferungs-/ Abtransportflächen
- Flächen für die Grund- und Demontage
- Flächen für die Zwischenlagerung (zwischen zwei Einsätzen)
- Flächen für Umbau- und Reparaturarbeiten

Bei den Lagerflächen für die Bewehrung und Bewehrungsarbeiten sind folgende Flächen zu unterscheiden:

- Anlieferungs-/ Abtransportflächen
- Montageflächen (z.B. zum Binden der Bewehrungskörbe)
- Flächen für die Zwischenlagerung (bis zur Einbringung)

Am Beispiel des Projektes Headquarter UNIOPT Pachleitner Gruppe ist ein Ausschnitt für die Anlieferungs-/ Abtransportflächen der Bewehrung dargestellt (siehe Abb. 11).

⁹⁰ vgl. [Hofs2]; 15ff

⁹¹ vgl. [Hofs2]; 17



Abb. 11: Mobile Autobetonpumpe und Ausschnitt der Lagerflächen für die Bewehrung vom Projekt Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe⁹²

2.5.3 Logistik

Hauptziel der Logistik ist es, die Summe der Transporte und der Transportwege zu und auf der Baustelle zu minimieren. Durch logistische Maßnahmen werden Voraussetzungen geschaffen, damit die ausreichende und rechtzeitige Versorgung der Baustelle mit Geräten und Materialien gesichert ist. Für das Bauwesen wurde der Begriff Baulogistik eingeführt.⁹³

„Die Baulogistik hat in Abhängigkeit vom Standort der Baustelle eine hohe Bedeutung hinsichtlich eines wirtschaftlichen effektiven Einsatzes der Produktionsfaktoren. Bauweise und Art des Bauvorhabens haben wesentlichen Einfluss auf die Gesamtanzahl an Transporten sowie die Bauzeit auf die Transportdichte. In der Rohbauphase ist die Anzahl der beteiligten Gewerke gering. Mit Beginn der Phasen Ausbau und Technik können bei komplexen Bauvorhaben mehr als 50 Gewerke gleichzeitig ihre Arbeiten ausführen.“⁹⁴

Die Anforderungen an die Logistik steigen mit den immer kürzer werdenden Bauzeiten und einem daraus resultierenden gedrängteren

⁹² <http://www.mp09.at/mp09/bildergalerie.php>; Zugriff: 28.02.2010, 13:28

⁹³ vgl. [Hofs2]; 19

⁹⁴ [Hofs4]; 2

Bauablauf. Zudem werden die ausführenden Arbeiten immer häufiger durch unterschiedliche Auftragnehmer ausgeführt, die zusätzlichen Aufwand für die Logistikplanung und Zeiteinteilung bedeuten.

Auch durch das immer größer werdende Verkehrsaufkommen hat die Logistik, besonders im innerstädtischen Bereich und beim Bauen im Bestand, wesentlichen Einfluss auf den Bauablauf und damit auf die Kosten und die Bauzeit.⁹⁵

Die Baulogistik unterteilt sich in folgende Bereiche:

- ▶ **Beschaffungslogistik**
- ▶ **Produktionslogistik (Baustellenlogistik) und**
- ▶ **Entsorgungslogistik**

Die Beschaffungslogistik ist das Bindeglied zwischen Lieferant bzw. Hersteller und einer Baustelle und beschäftigt sich insbesondere mit der Versorgung der Baustelle mit Gerät und Material. Die Hauptaufgaben sind die Ermittlung des Bedarfs auf der Baustelle, der Gesamtanzahl der erforderlichen Transporte, die Analyse der zeitlichen Abfolge der Transporte, das Aufzeigen und Entflechten der Transportspitzen und die zeitliche und räumliche Koordination des Verkehrsflusses zur Baustelle.⁹⁶

Mit der Planung der Transporte innerhalb der Lagerflächen einer Baustelle beschäftigt sich die Produktionslogistik, die hier auch als Baustellenlogistik bezeichnet wird. Die Schnittstelle zwischen Beschaffungs- und Produktionslogistik ist die Anlieferungsfläche. Sämtliche Baustoffe werden auf vorgesehenen Lagerflächen zwischengelagert.⁹⁷

Immer häufiger erfolgt die Anlieferung auf Baustellen aber auch „Just-in-Time“. Gerade vormontierte Elemente oder Fertigteile werden direkt vom Lkw zur vorgesehenen Stelle gehoben und ohne Zwischenlagerung montiert.

Auf Hochbaubaustellen erfolgt die vertikale und horizontale Verteilung der Bauteile mit Kranen. Häufig ist daher der Kran das Engpassgerät auf der Baustelle und gibt zeitlich den kritischen Weg vor.⁹⁸

Die Entsorgungslogistik plant und steuert den Abtransport zurück zum Vermieter oder Bauhof, zur nächsten Baustelle oder zur nächsten Entsorgungsstelle. Ein Großteil der Transporte ist für die Schalung not-

⁹⁵ vgl. [Hofs2]; 12

⁹⁶ vgl. [Hofs2]; 12

⁹⁷ vgl. [Hofs2]; 13

⁹⁸ vgl. [Hofs2]; 13

wendig. Sehr wichtig ist hierfür die systematische Trennung der Schaltungsreste und anderer Abfälle auf der Baustelle, um die in heutiger Zeit immer höher werdenden Entsorgungskosten möglichst gering zu halten.⁹⁹

2.5.4 Verfahrensvergleich in der Arbeitsvorbereitung

Im Zuge von Verfahrensvergleichen in der Phase der Arbeitsvorbereitung sollen die effizientesten Verfahren und Systeme zur Errichtung des Bauwerks ermittelt werden. Die jeweiligen Vergleiche werden für die verschiedenen einzelnen Bauteile durchgeführt, wobei auch das Zusammenwirken mit anderen Verfahren und Systemen wegen der Schnittstellenproblematik zu berücksichtigen ist. Die letztendliche Wahl des Verfahrens bzw. des Systems hat entscheidenden Einfluss auf die Zielerreichung von Kosten, Leistung, Qualität, Zeit etc.¹⁰⁰

2.5.5 Soll/Ist- Vergleich

Um Abweichungen von der Planung bis zur Ausführung erkennen zu können, sind Soll/Ist- Vergleiche möglichst zeitnah durchzuführen.

Die hierfür verwendeten Größen sind:¹⁰¹

Soll – Größe: Die Planwerte aus der Arbeitskalkulation werden mit tatsächlichen Leistungswerten verknüpft. Beispielsweise werden die Soll-Stunden für die Errichtung einer Betonwand ermittelt, indem die Aufwandswerte der Arbeitskalkulation mit der tatsächlich erbrachten Menge (nach Aufmaß) in m³ Beton multipliziert wird.

Ist – Größe: Diese Größen stammen meist aus dem Berichtswesen der Baustelle, da z.B. die Lohnstunden für eine Betonwand in den Stundenberichten der Baustelle erfasst und in der Lohnbuchhaltung gesammelt werden.

Prognosewerte: Die Prognosewerte ergeben sich aus der Auswertung von Soll/Ist- Vergleichen und werden für die zukünftige Kalkulation von Projekten herangezogen.

⁹⁹ vgl. [Hofs2]; 13

¹⁰⁰ vgl. [Hofs2]; 19

¹⁰¹ vgl. [Hofs2]; 23ff

Zur Erzielung aussagekräftiger Werte ist es wichtig die betrachteten Bereiche zeitlich und betrieblich klar abzugrenzen. Die für den Bausektor bedeutsamsten Bereiche, für die eine Datenerhebung erfolgen und ein Soll/Ist- Vergleich durchgeführt werden soll, sind in Abb. 12 dargestellt.¹⁰²

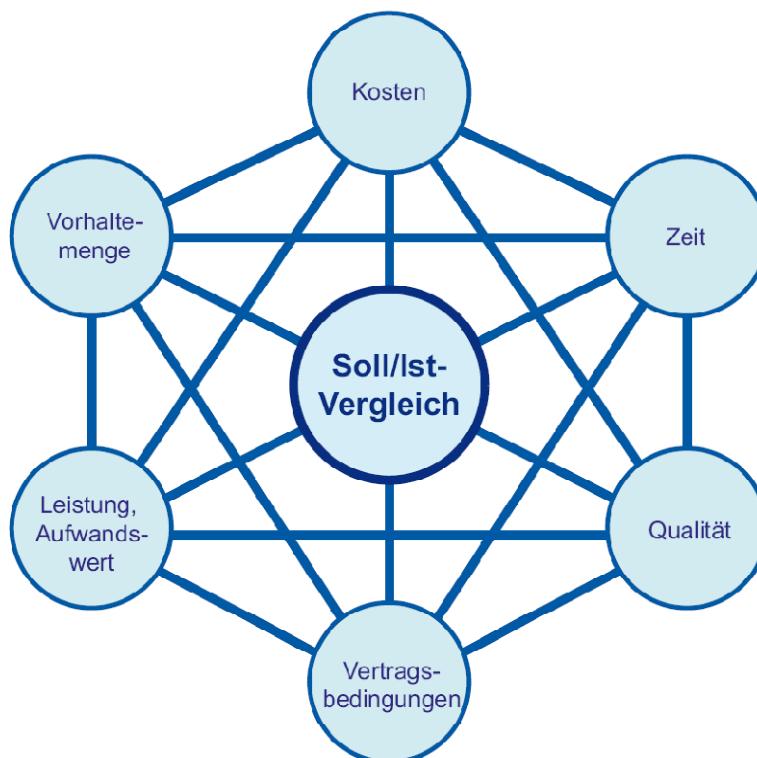


Abb. 12: Hauptbereiche für den zeitnahen Soll/Ist- Vergleich¹⁰³

Nachfolgend sind die wesentlichen Merkmale der Bereiche zusammengefasst:¹⁰⁴

Kosten: In diesem Bereich werden Soll/Ist- Vergleiche für die Lohn-, Geräte- und Materialkosten durchgeführt. Abhängig von der Betrachtungstiefe sind Bauteile, Fertigungsabschnitte oder ein Bauabschnitt zu vergleichen.

Zeit: Aus der vorgegebenen maximalen realistischen Gesamtbauzeit und aus verbindlichen Zwischenterminen ergeben sich die zur Verfügung stehenden Zeiten zur Herstellung von einzelnen Fertigungsabschnitten. Im Rahmen einer

¹⁰² vgl. [Hofs2]; 22ff

¹⁰³ [Hofs2]; 22

¹⁰⁴ vgl. [Hofs2]; 24ff

Leistungsabstimmung im Zuge der Feinplanung werden die Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren aufeinander abgestimmt, um den erforderlichen Fertigungsrhythmus zu erzielen. Durch die zeitnahe Leistungsfeststellung in der Bauausführung werden die Zeitvorgaben kontrolliert. Mögliche Abweichungen können dadurch sofort festgestellt werden. Weiters werden deren Ursachen gesucht und Gegensteuerungsmaßnahmen überlegt, angeordnet und wieder kontrolliert.

Qualität: Die ausgeführte Qualität hat den vertraglich vereinbarten Soll- Vorgaben zu entsprechen. Die objektive Messbarkeit der Kriterien wie etwa Betonoberflächenqualität und die Ebenheit, erleichtern den Vergleich und können auch klar beurteilt werden. Bei Sichtbeton sind diese objektiven Messkriterien nicht auf alle Anforderungen (z.B. Farbgleichheit) anwendbar.

Aufwandswerte: Die Vorgaben für den Soll/Ist- Vergleich der Aufwandswerte bilden die Vorgabewerte aus der Bauablaufplanung bzw. der Arbeitskalkulation. Für einen groben Soll/Ist- Vergleich wird z.B. der mittlere Aufwandswert für die Schalarbeiten mit den Vorgabewerten verglichen. In der Detailbetrachtung werden Fertigungsabschnitte und/oder einzelne Bauteile wie z.B. Wände, Decken, Stützen etc. betrachtet. Es kann hierfür auch weiter in Einschalen, Ausschalen und Umsetzen differenziert werden.

Erst nach der Auftragserteilung wird mit der Arbeitsvorbereitung für die Bauausführung begonnen. In der Arbeitskalkulation wird geprüft, welche Leistungen vom Unternehmen selbst erbracht und welche aus Kosten- und/oder Kapazitätsgründen an Nachunternehmern vergeben werden sollen.

In die bauwirtschaftliche Betrachtung, die auf fundierte baubetriebliche Überlegungen aufbauen sollte, fließt in den Vergleich des Aufwandswertes auch die Situation des Einkaufs- und Verkaufsmarktes mit ein. Erst wenn die wahrscheinlichsten Aufwandswerte bekannt sind, kann auf bauwirtschaftliche Interessen und Zwänge eingegangen werden. Aufwandswerte sind daher für jedes Projekt spezifisch an die Bauwerks-, Baustellen- und Betriebsbedingungen anzupassen.

Leistung: Bei Hochbauten aus Stahlbeton liegen meist die Schalarbeiten bestimmter Bauteile (z.B. entweder die vertikalen oder horizontalen Traglieder) am kritischen Weg. Deshalb wird die erforderliche durchschnittliche tägliche Schalungsleistung aus der vorgegebenen Maximaldauer ermittelt. Die tägliche Schalungsleistung wird maßgebend von der Anzahl der einsetzbaren Arbeitskräfte, der Arbeitszeit und dem Aufwandswert bestimmt. Für die Schalarbeiten jener Bauteile, die nicht am kritischen Weg liegen, wird die Schalungsleistung so optimiert, dass die Herstellkosten minimiert werden.

Vorhaltemenge: Gerade im Bereich der Vorhaltemenge gibt es häufig unterschiedliche Meinungen zwischen dem Bauleiter und dem Polier. Der Bauleiter hält diese aus Kostengründen so gering wie möglich. Poliere wollen mehr als die ausreichende Schalungsmenge vorhalten, wobei diese Menge meist deutlich über der notwendigen Menge liegt. Durch Baustellenbeobachtungen konnte festgestellt werden, dass ein Teil der Schalung häufig ungenutzt wieder von der Baustelle abtransportiert wird. Dieser Prozentsatz der ungenutzten Schalung wächst mit der Größe der Baustelle bzw. mit der Höhe der gesamten Schalfläche auf der Baustelle und liegt meist zwischen 5 % und 20 %, kann bei Großbaustellen aber auch deutlich darüber liegen.

Vertragsbedingungen: In den zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer geregelten Vertragsbedingungen werden die Rahmenbedingungen für die Soll/Ist- Vergleiche festgelegt. Es wird geregelt wie die Vergleiche durchgeführt werden, durch wen, wann und wie oft diese gemacht werden und wie diese dokumentiert werden sollen.

Der gesamte geplante Bauablauf setzt sich aus verschiedenen Bauverfahren und einer großen Anzahl technologisch unterschiedlicher Vorgänge zusammen. Um diese Vorgänge zeitlich und technologisch optimal zu koordinieren, ist es erforderlich eine Ablaufplanung zu erarbeiten, bei der ein der jeweiligen Bauaufgabe angepasster Ablaufplan erstellt wird.¹⁰⁵

Dieser Ablaufplan allein gewährleistet jedoch noch keine termingerechte Bauabwicklung, sondern dient lediglich als Steuerungsinstrument, welcher dem Baufortschritt laufend angepasst werden muss. Anhand

¹⁰⁵ vgl. [Bauer]; 715

des Ablaufplanes können inner- und außerbetriebliche Störungen festgestellt werden, die möglicherweise zu Umdispositionen zwingen. Die Arbeiten werden entweder von den Arbeitskräften des eigenen Unternehmens oder von Nachunternehmern ausgeführt. Halten diese den geplanten Bauablauf nicht ein, treten Behinderungen für die nachfolgenden Gewerke auf und es besteht die Gefahr von Terminüberschreitungen. Der Produktions- bzw. Bauablauf ist deshalb durch Soll/Ist-Vergleiche zu kontrollieren, um derartige Situationen frühzeitig zu erkennen und durch geeignete Anpassungsmaßnahmen entgegenzuwirken.¹⁰⁶

Ein Soll/Ist- Vergleich zeigt auch, ob die geplanten Fertigstellungstermine und Mengenleistungen eingehalten wurden oder ob es zu Terminüberschreitungen und somit zu Mehrkosten kommt. Abweichungen können meist nicht gänzlich vermieden werden, sollen durch die Ablaufplanung und -steuerung aber zumindest in vertretbaren Grenzen gehalten werden. Vertretbare Grenzen bedeutet, dass terminliche Abweichungen z.B. durch Überstunden wieder eingearbeitet werden können und sich der Fertigstellungstermin nicht ändert.¹⁰⁷

Bei den zeitlichen Vorgängen soll aufgezeigt werden, ob es gegenüber den geplanten Soll-Terminen einen Vor- oder Nachlauf gibt. Bei den Aufwandswerten und Kosten wird überprüft, ob diese eingehalten, über- oder sogar unterschritten worden sind.¹⁰⁸

¹⁰⁶ vgl. [Bauer]; 715ff

¹⁰⁷ vgl. [Bauer]; 715ff

¹⁰⁸ vgl. [Bauer]; 718

2.6 Bauwirtschaftliche Überlegungen für den Stahlbetonbau

Der Anteil der Stahlbetonarbeiten an den Rohbaukosten beträgt bei Bauwerken aus Stahlbeton in der Regel mehr als 50 %. Dieser Prozentsatz schwankt in Abhängigkeit vom Anteil des Stahlbetons am Brutto-rauminhalt und am Schalungsgrad.¹⁰⁹

Mittels bauwirtschaftlicher Überlegungen werden Kosten, Zeit und Qualität sowie Leistungs- und Aufwandswerte ermittelt und festgelegt.

2.6.1 Kostenentstehung im Stahlbetonbau

Die Kostenermittlung im Zuge der Kalkulation bildet die Grundlage für die Preisbildung. In die zu erwartenden Kosten müssen Überlegungen zur Baustelleneinrichtung, Bauablaufplanung und Logistik mit einbezogen werden. Die Betrachtungen sind für die Lohnkosten und sonstigen Kosten wie Geräte- und Materialkosten, getrennt durchzuführen. Die Lohnkosten ergeben sich aus dem Produkt der Aufwandswerte mit den Mittellohnkosten je Stunde.¹¹⁰

Der Auftragnehmer muss die Produktionsfaktoren durch die Planung des Bauablaufs und die Logistik so kombinieren, um schlussendlich das wirtschaftlich optimalste Ergebnis, d.h. minimale Herstellkosten, zu erreichen.

Eine Kostenreduktion ist z.B. durch Marktanalysen und dadurch günstigere Beschaffungs- bzw. Einkaufspreise für das Material und die Geräte, über die Steigerung der Produktivität von Arbeits- und Betriebsmittel oder durch die Weitervergabe von Leistungen an Nachunternehmer möglich. Einen hohen Gerätekostenanteil im Stahlbetonbau hat vor allem die Schalung. Bei der Ermittlung dieser Gerätekosten spielen die Vorhaltemenge, die Anzahl der Einsätze, der mittlere Geräteneuwert sowie die Miet- und Reparatursätze des eingesetzten Schalungssystems eine wichtige Rolle.¹¹¹

Einerseits hat das Unternehmen die Chance durch eigene gut ausgebildete Arbeitskräfte Kostenvorteile zu erzielen und muss auch für die Auslastung der eigenen Mitarbeiter sorgen. Andererseits trägt das Unternehmen selbst das Risiko die Kostenvorgaben zu erreichen. Vergibt das Unternehmen aber Leistungen oder Teile von Leistungen an Nachunternehmer müssen diese die Kostenvorgaben des vereinbarten Vertrages einhalten und erreichen. Um eine Entscheidung treffen zu

¹⁰⁹ vgl. [Hofs2]; 20

¹¹⁰ vgl. [Hofs2]; 21ff

¹¹¹ vgl. [Hofs2]; 22

können, sind die Chancen bzw. Risiken durch baubetriebliche und bauwirtschaftliche Überlegungen für das eigene Unternehmen abzuwägen.¹¹²

Bauwirtschaftlich von großem Interesse sind auch die Bauwerke hinsichtlich ihrer Betonstruktur, die von feingliedrig bis gedungen geplant und ausgeführt werden können. Trotz annähernd gleichen Betonmengen hängen die Bauwerkskosten bei den Stahlbetonarbeiten von der Feingliedrigkeit bzw. Gedungenheit der Bauteile ab. Mit der Feingliedrigkeit des Bauwerks steigt auch der Aufwand für die Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten. Ergeben sich größere Planungsänderungen ist zu prüfen, ob sich die Bauteile bzw. das Bauwerk hinsichtlich der Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten gravierend ändern. Mit Änderung der Feingliedrigkeit ändert sich in der Regel auch der Gesamtaufwandswert, was sich in weiterer Folge auf die Lohnkosten und Ressourcenkosten auswirkt.¹¹³

2.6.2 Kostenverteilung im Stahlbetonbau

Wie bereits erwähnt beträgt der Kostenanteil der Stahlbetonarbeiten an den Rohbaukosten ca. 50 %. Die Einzelkosten der Stahlbetonarbeiten für das Jahr 2006 wurden von *Hofstadler* mit rund 3,6 Mrd. € ermittelt.

Aus diesen Einzelkosten für die Stahlbetonarbeiten hat *Hofstadler* die Kostenanteile für die einzelnen Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren ermittelt. Die als Nebenprozess bezeichneten Schalarbeiten verursachen mit ca. 47 % (ca. 1,7 Mrd. €) den Hauptanteil der Kosten, gefolgt von den Betonarbeiten mit ca. 33 % (ca. 1,2 Mrd. €) und den Bewehrungsarbeiten mit ca. 20 % (ca. 0,7 Mrd. €). In Abb. 13 sind die jährlichen Einzelkostenanteile der einzelnen Teilprozesse für die Stahlbetonarbeiten von 3,6 Mrd. € für das Jahr 2006 dargestellt.¹¹⁴

¹¹² vgl. [Hofs2]; 20

¹¹³ vgl. [Hofs2]; 26ff

¹¹⁴ vgl. [Hofs2]; 27ff

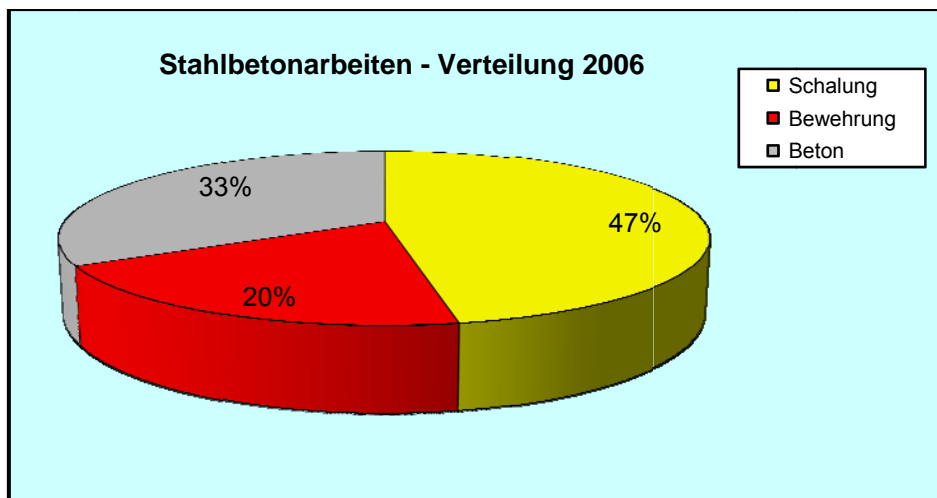


Abb. 13: Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten für 2006¹¹⁵

Diese Einzelkostenanteile wurden von *Hofstadler* für jeden Vorgang weiter in die Anteile Lohn bzw. Material und Gerät aufgeteilt. Bei den Kostenanteilen für die Schalung, die maßgeblich vom Aufwandswert, Mittellohn und Schalungsgrad abhängen, beträgt der Lohnanteil 82 % und der Anteil für Material und Gerät 18 %. Umgelegt auf die Gesamtkostenanteile sind 39 % für Lohn und 8 % für Material und Gerät. Bei den Bewehrungsarbeiten entfallen 34 % auf den Lohn und 66 % auf Material und Gerät, was 7 % für Lohn bzw. 13 % für Material und Gerät bezogen auf die Gesamtkosten der Stahlbetonarbeiten bedeutet. Verglichen mit den Schalarbeiten herrschen bei den Betonarbeiten umgekehrte Verhältnisse. Hier beträgt der Lohnanteil nur 18 %, der Anteil für Material und Gerät hingegen 82 %. Auf die Gesamtkostenanteile umgelegt sind dies 6 % für Lohn und 27 % für Material und Gerät, die die Betonierarbeiten verursachen. In Summe entfallen für die Lohnanteile rund 52 % der Kosten, wobei diese zu $\frac{3}{4}$ von den Schalarbeiten verursacht werden. Beim Vergleich der berechneten Anteile mit Werten von spezifischen Bauwerken, variieren diese in Abhängigkeit der Feingliedrigkeit und der Komplexität der Bauteile bzw. des Bauwerks. Die Aufteilung in Lohnanteil und Anteil für Material und Gerät ist anschaulich in Abb. 14 dargestellt.¹¹⁶

¹¹⁵ [Hofs2]; 30

¹¹⁶ vgl. [Hofs2]; 30ff

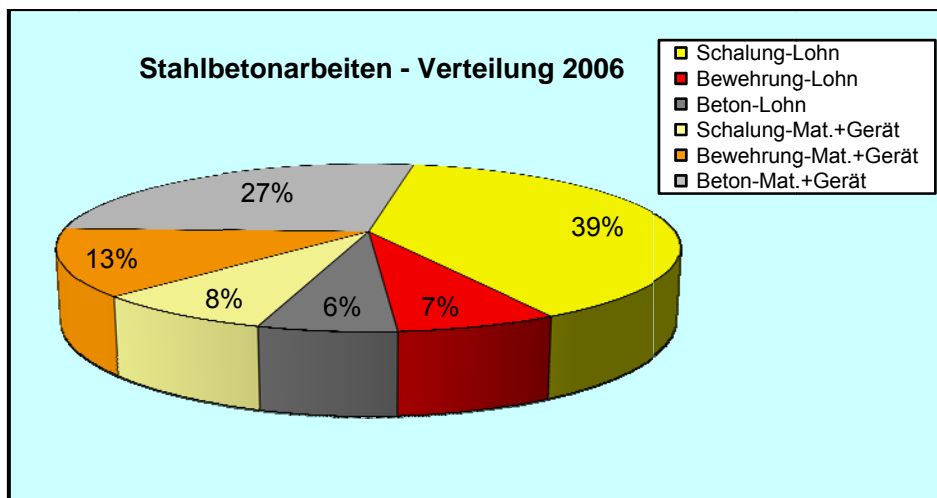


Abb. 14: Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten – Aufteilung in Lohn und Gerät+Material¹¹⁷

Einsparungen beim größten Kostenanteil, dem Lohnanteil bei den Schalarbeiten mit 39 %, können durch die Qualität der Arbeitsvorbereitung (z.B. Auswahl eines effizienten Schalungssystems, angepasst auf die Anzahl der Fertigungsabschnitte) und durch begleitendes Controlling während des Bauablaufs erzielt werden. Beim zweitgrößten Kostenanteil, dem Anteil von Material und Gerät der Betonarbeiten mit 27 %, können Einsparungen maßgeblich von der regionalen Dichte an Betonwerken und der Marktposition der Baufirma bzw. des Betonherstellers beeinflusst werden.¹¹⁸

2.6.3 Mehrkostenforderungen

Eine Mehrkostenforderung bzw. Nachtrag ist die Änderung der tatsächlich geforderten Leistung von der vereinbarten Leistung. Nicht jede Abweichung zwischen Bau-Soll und Bau-Ist führt dabei zwingend zu einer Vergütungsänderung.

Die Mehr- oder Minderkostenforderung (MKF) ist laut Definition in der ÖNORM B 2110 Pkt. 3.10 (Ausgabe: 2009-01-01) die „Forderung eines Vertragspartners auf terminliche und/oder preisliche Anpassung des Vertrags“¹¹⁹.

Der Bauherr hat mit keinen berechtigten Mehrkostenforderungen zu rechnen, wenn sich während der Bauausführung keine Leistungsände-

¹¹⁷ [Hofs2]; 31

¹¹⁸ vgl. [Hofs2]; 31ff

¹¹⁹ [B2110]; 9

rungen wie z.B. Planungsänderungen, Umstände der Leistungserbringung etc. ergeben haben.¹²⁰

Zu Mehrkostenforderungen ist das ausführende Unternehmen berechtigt, wenn die Bandbreite des Vertrages überschritten wird. Dies kommt nach Vertragsabschluss bei Planungsänderungen z.B. bei Änderung der Grund- und Aufrissgestaltung des Bauwerkes und einer daraus folgenden Erhöhung der Aufwandswerte und damit auch höheren Kosten zu tragen. Aus dem Verwendungszweck und der Bauwerksform ergibt sich eine feingliedrige bis gedrungene Betonstruktur für die Planung und Ausführung. Bauwerke mit ähnlichen Betonmengen führen bei Stahlbetonarbeiten in der Regel nicht immer zu gleichen Kosten. Entscheidend sind hierfür die spezifischen Bauwerks- und Baustellenbedingungen, die Auswirkungen auf die Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten haben. Mit der Feingliedrigkeit steigt z.B. der Schalungsgrad und damit auch der Aufwand für die Schalarbeiten.¹²¹

Auswirkungen infolge von Planungsänderungen sind:¹²²

- Änderung der Anzahl an Fertigungsabschnitten und der Abschnittsgröße
- Änderung des Fertigungsablaufes
- Verwendung eines anderen Schalungssystems bzw. -verfahrens
- Verringerung der Einsatzzahlen der Schalung
- Änderung der Vorhaltemenge der Schalung
- Wartezeiten aufgrund fehlender Entscheidungen oder unvollständiger Pläne und Arbeitsanweisungen etc.

Aus den Plänen, die die Basis für die Angebotskalkulation bilden, können die Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten für einzelne Bauteile bzw. das gesamte Bauwerk nicht exakt ermittelt werden. Bei Planungsänderungen ist zu überprüfen, ob sich daraus auch Auswirkungen auf die Kennzahlen ergeben und z.B. das Bauwerk insgesamt feingliedriger wurde. Aus einer Steigerung der Feingliedrigkeit folgt in der Regel eine Erhöhung des Gesamt-Aufwandswertes. Es ist dabei zu verifizieren, ob sich auch Art, Umstand oder Umfang der Leistungen geändert haben.¹²³

¹²⁰ vgl. [Hofs2]; 26

¹²¹ vgl. [Hofs2]; 26

¹²² vgl. [Hofs2]; 26

¹²³ vgl. [Hofs2]; 27

Im Detail ist zu überprüfen wie sich die Steigerung der Feingliedrigkeit auf den Schalungsgrad, die Aufwandswerte der Schalung und damit auf die Schalungskosten auswirkt. Die Bewehrungs- und Betonarbeiten und deren Aufwandswerte sind hinsichtlich eines Mehraufwandes und den damit verbundenen Mehrkosten ebenfalls in die Überprüfung mit einzubeziehen.¹²⁴

Mehrkostenforderungen können auch aufgrund von Produktivitätsverlusten geltend gemacht werden, die z.B. bei Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche je Arbeitskraft, auftreten können. Die Kosten der Produktivitätsverluste resultieren aus den höheren Lohn- und Gerätekosten.¹²⁵

¹²⁴ vgl. [Hofs2]; 27

¹²⁵ vgl. [Hofs2]; 27

3 Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten

Da der Stahlbeton zu den bedeutendsten Baustoffen unserer Zeit zählt, wird es immer wichtiger ein Bauwerk aus Stahlbeton möglichst einfach und zeitsparend planen und kalkulieren zu können. Um dies zu ermöglichen stehen den Planern und Kalkulanten die Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten zur Verfügung. Durch den Vergleich der geplanten mit den erreichten Kennzahlen (Soll/Ist- Vergleiche) kann eine laufende Kontrolle während der Bauausführung erfolgen. Nach der Fertigstellung des Projektes sollte eine Endkontrolle durchgeführt werden, um die tatsächlichen Kennzahlen der Bauteile oder des gesamten Bauwerks zu erhalten. Mit dieser abschließenden Dokumentation können die gewonnenen Erfahrungswerte für die Planung und Kalkulation zukünftiger vergleichbarer Projekte herangezogen werden.

In diesem Kapitel wird anfangs auf die Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten eingegangen. Nach der Gliederung der Kennzahlen folgt die Erläuterung der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Bedeutung der Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten.

Anschließend werden die folgenden Kennzahlen bzw. Kennzahlgruppen beschrieben:

- ▶ **Objektdaten und Planungskennzahlen**
- ▶ **Kennzahlen für die Mengenermittlung**
- ▶ **Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten**
- ▶ **Kennzahlen für die Leistung von Geräten**
- ▶ **Kennzahl zur Mindestarbeitsfläche**
- ▶ **Kennzahl für die Anzahl an Arbeitskräften**
- ▶ **Kennzahlen für die Dauer der Stahlbetonarbeiten**
- ▶ **Kennzahlen für die Logistik**

3.1 Gliederung der Kennzahlen

Eine Kennzahl ist eine Zahl, die zur Beurteilung wichtiger betriebswirtschaftlicher oder baubetrieblicher Sachverhalte herangezogen werden kann. Kennzahlen sind ein wichtiges Instrument für die Betriebsbeurteilung, für Soll/Ist- Vergleiche zum Zweck der Kontrolle oder für die Planung.¹²⁶

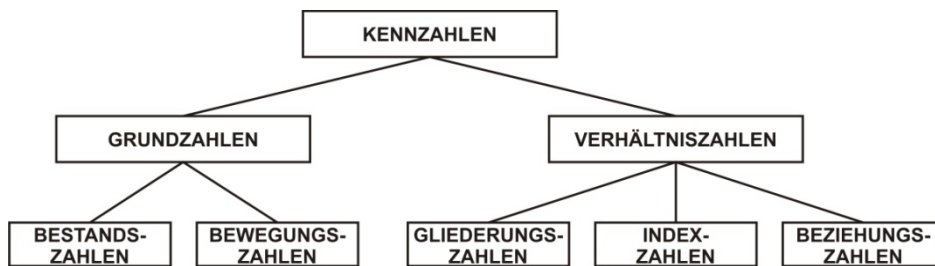


Abb. 15: Gliederung von Kennzahlen¹²⁷

Nach Abb. 15 werden Kennzahlen in absolute Zahlen (Grundzahlen) und Relativzahlen (Verhältniszahlen) unterschieden. Die absoluten Zahlen unterteilt man in Bestandszahlen, die zeitpunktbezogen sind (z.B. Geräte- oder Materialbestand) und in Bewegungszahlen, die zeitraumbezogene Zahlen sind (z.B. Gewinn, Umsatz oder Materialverbrauch). Die Relativzahlen, bei denen zwei absolute Kennzahlen zueinander in Beziehung gesetzt werden, können weiter unterteilt werden in Gliederungszahlen, Indexzahlen und Beziehungszahlen. Gliederungszahlen drücken das Verhältnis einer Teilmenge zur Gesamtmenge aus. Mit Indexzahlen werden Veränderungen ausgewählter Größen im Zeitablauf untersucht, wobei der Wert zu einem bestimmten Zeitpunkt als Basis gesetzt wird (z.B. bei Preisindices). Beziehungszahlen sind Zahlen, mit denen zwei wesensverschiedene Größen in Beziehung gesetzt werden, die aber in einem inneren Zusammenhang zueinander stehen (z.B. Gewinn zu Bauleistung oder Gerätekosten zu Fremdgerätekosten).¹²⁸

Die nachstehend beschriebenen Kennzahlen wie z.B. Schalungsgrad, Bewehrungsgrad und die mittleren Aufwandswerte für die Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten werden den Beziehungszahlen zugeordnet. Das Verhältnis zwischen Lohnstunden für die gesamten Stahlbetonarbeiten (Schalen, Bewehren und Betonieren) und der Betonmenge des gesamten Bauwerks wird durch die Kennzahl Gesamt-

¹²⁶ vgl. [Brüss]; 211

¹²⁷ vgl. [Brüss]; 211

¹²⁸ vgl. [Brüss]; 211

Aufwandswert beschrieben, die ebenfalls zu den Beziehungszahlen gezählt wird.¹²⁹

3.2 Bedeutung der Kennzahlen für den Baubetrieb und die Bauwirtschaft

Kennzahlen dienen dem Baubetrieb und der Bauwirtschaft als Grundlage für die Grob- und Feinplanung der Kalkulation, der Baustelleneinrichtung, des Bauablaufs und der Logistik. Mit deren Hilfe können beispielsweise die Anzahl an Arbeitskräften und Kranen sowie die benötigten Mengen an Schalung, Bewehrung und Beton bezogen auf den Bruttorauminhalt des Bauwerks und einer vorgegebenen Bauzeit überschlägig ermittelt werden. Außerdem kann durch die erforderlichen Baustoffmengen die ungefähre Anzahl der Transporte abgeschätzt werden. Im Stahlbetonbau dienen Kennzahlen zur Beurteilung der Beton-, Schalungs- und Bewehrungsintensität sowie zur Logistik- und Arbeitsintensität eines einzelnen Bauteils oder des gesamten Bauwerks.¹³⁰

Kennzahlen können in allen Projektphasen eingesetzt werden, wobei die Aussagekraft mit dem Detaillierungsgrad der Planung des Bauwerks steigt. Die angenommenen oder überschlägig gerechneten Kennzahlen von der Planung können mit den tatsächlichen Werten bei der Ausführung verglichen werden.¹³¹

Die Durchführung der Nachkalkulation und der Dokumentation eines Projektes sind sehr wichtig, um später vergleichbare Projekte besser planen und kalkulieren zu können. Durch die Auswertung mehrerer ähnlicher Projekte der gleichen Kategorie (z.B. Bürogebäude, Wohngebäude, Gebäude bzw. Hallen für Gewerbe und Industrie) ergeben sich gewisse Bandbreiten für die Kennzahlen. Diese können bei späteren Projekten als Richtwerte für die Angebotskalkulation herangezogen werden.

Hat eine Baufirma zum Beispiel bereits einige mehrgeschossige Bürogebäude in Stahlbetonbauweise gebaut, weiß sie in etwa wie hoch die Deckenbelastung und die Deckenstärke ist und kann über die Deckenfläche die dafür notwendigen Beton- und Bewehrungsmengen sowie Schalflächen ermitteln. Außerdem können für das neue Projekt ähnliche Leistungs- und Aufwandswerte in der Kalkulation angesetzt werden. Kurz gesagt kann ein Kalkulant die Erfahrungswerte bereits ge-

¹²⁹ vgl. [Hofs1]; 106ff

¹³⁰ vgl. [Hofs2]; 443

¹³¹ vgl. [Hofs2]; 443

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

3 Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten

bauter und dokumentierter Objekte für die Kalkulation eines neuen Projektes verwenden. Hätte der Kalkulant keine Erfahrungswerte zur Verfügung, müsste er z.B. die Deckenstärke, die Mengen und den Arbeitsaufwand selbst abschätzen und berechnen. Dadurch benötigt er nicht nur länger für die Kalkulation, sondern hat womöglich auch einen höheren Unsicherheitsfaktor in der Angebotsberechnung, weil ihm ein ähnliches Projekt als Vergleich fehlt.

Erhält das Unternehmen den Auftrag, kann und muss das Bauwerk und dessen Bauteile für die Planung und Arbeitsvorbereitung detaillierter untersucht werden.

3.3 Objektdaten und Planungskennzahlen

Die Objektdaten und Planungskennzahlen, die in diesem Kapitel vorgestellt werden, sind nicht direkt zu den Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten zu zählen, werden aber häufig zur Planung und Bewertung von Grundstücken und Gebäuden herangezogen. Am Beispiel des Brutto-rauminhalts oder der Baustelleneinrichtungsfläche fließen diese in die Berechnung gewisser Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten mit ein.

Die Objektkennzahlen werden aufgeteilt in Flächen und Rauminhalte, Planungskennzahlen und Kennzahlen für die bauliche Nutzung. Bei den Kennzahlen für die bauliche Nutzung werden außerdem zum Vergleich die österreichischen und deutschen Kennzahlen angeführt.

3.3.1 Flächen und Rauminhalte

Nachstehend sind mehrere Flächen und Rauminhalte aufgelistet, mit denen die für den Bau eines Objektes verfügbaren Flächen angegeben werden sowie Gebäude beschrieben, bewertet bzw. vermarktet werden können.

3.3.1.1 Grundstücksfläche

Die Grundstücksfläche ist jene Fläche, die dem Grundstückseigentümer, der meist auch als Auftraggeber bzw. Bauherr auftritt, zur Bebauung zur Verfügung steht.

Auf Basis des vom österreichischen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen geführten Katasterplanes, der Lage, Nutzung, Größe etc. verzeichnet und dargestellt wird der Flächenwidmungsplan erstellt. Das Grundstück wird nach dem Flächenwidmungsplan eingeteilt in Bauland, Grünland bzw. Freiland, Verkehrsfläche oder andere Spezifikationen. Für die Bebauung des Grundstückes benötigt der Eigentümer eine Baubewilligung, die in der Regel eine Widmung des Grundstückes als Bauland erforderlich macht.

3.3.1.2 Bauplatzfläche (BPF)

„Als Bauplatzfläche gilt die für die Errichtung von Bauten geeignete Grundstücksfläche nach Abzug von Grundabtretungen für Verkehrsflächen nach der Steiermärkischen Bauordnung.“¹³²

¹³² [BeDiV]; 1

3.3.1.3 Bebaute Fläche (BBF)

Die bebaute Fläche bzw. Bauwerksgrundrissfläche BBF [m²] ist jene Fläche, die das Gebäude bzw. Bauwerk auf Höhe des Geländes einnimmt. Weist das Gebäude Vorsprünge, Auskragungen oder ähnliches in den oberen Geschossen auf, haben diese keine Auswirkungen auf die bebaute Fläche, d.h. diese Flächen werden nicht zur bebauten Fläche addiert.

3.3.1.4 Brutto-Grundfläche (BGF)

„Die Brutto-Grundfläche (BGF) ist die Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerks. Die Brutto-Grundfläche ist in Netto-Grundfläche und Konstruktions-Grundfläche gegliedert.“¹³³

3.3.1.5 Netto-Grundfläche (NGF)

„Die Netto-Grundfläche ist die Summe der zwischen den aufgehenden Bauteilen befindlichen Bodenflächen (Fußbodenfläche) aller Grundrissebenen eines Bauwerks. Die Netto-Grundfläche ist in Nutzfläche, Funktionsfläche und Verkehrsfläche gegliedert.“¹³⁴

3.3.1.6 Konstruktions-Grundfläche (KGF)

„Die Konstruktions-Grundfläche ist die Differenz zwischen Brutto- und Netto-Grundfläche.“¹³⁵

3.3.1.7 Brutto-Rauminhalt (BRI)

„Der Brutto-Rauminhalt ist der Rauminhalt des Bauwerkes, der von den äußeren Begrenzungsflächen und nach unten von der Unterfläche der konstruktiven Bauwerkssohle umschlossen wird.“¹³⁶

3.3.1.8 Netto-Rauminhalt (NRI)

„Der Netto-Rauminhalt ist der Rauminhalt aller Räume innerhalb der sie umschließenden Bauteile.“¹³⁷

¹³³ [B1800]; 5

¹³⁴ [B1800]; 5

¹³⁵ [B1800]; 6

¹³⁶ [B1800]; 9

¹³⁷ [B1800]; 9

3.3.1.9 Baustelleneinrichtungsfläche

Die Baustelleneinrichtungsfläche ist jene Fläche, die im Zusammenhang mit der Baudurchführung benötigt wird. Dies sind Flächen für Produktion, Lagerung und Transport. Stehen auf dem zu bebauenden Grundstück nicht genügend Flächen für die Baustelleneinrichtung zur Verfügung, werden häufig auch umliegende freie Flächen für die Bauzeit angemietet.

3.3.1.10 Baustelleneinrichtungsfaktor

Der Baustelleneinrichtungsfaktor BEFAK [-] ist die Baustelleneinrichtungsfläche BEF [m²] durch die bebaute Fläche bzw. Bauwerksgrundrissfläche BBF [m²] nach Glg. 1. Dieser Faktor wurde bei der Erstellung des Projektdatenblattes definiert.

$$\text{BEFAK} = \frac{\text{BEF}}{\text{BBF}} \quad [1]$$

3.3.2 Planungskennzahlen

Planungskennzahlen bzw. -kennwerte dienen der Erfassung und Darstellung von Kennwerten für die Planung von Quantität und Qualität.¹³⁸

„Quantitätskennwerte werden bezogen auf den Objektstandort und die Objektgröße gebildet. Im Einzelnen sind dies Kennwerte für die Bau-nutz-Flächenzahl sowie für die Quotienten für Bruttoraum und Bruttofläche.“¹³⁹

Die Kennwerte für die Qualität werden bezogen auf die Nutzungs- und Bauqualität gebildet. Dies sind Kennwerte für Lage und Nutzung sowie für Material, Energie, Ökologie und Biologie. Auf Qualitätskennwerte wurde in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.¹⁴⁰

¹³⁸ vgl. [B1801]; 24

¹³⁹ [B1801]; 24

¹⁴⁰ vgl. [B1801]; 24

3.3.2.1 Baunutz-Flächenzahl

Die Kennzahl für den Objektstandort ist die Baunutz-Flächenzahl BNZ [-]. Diese wird nach Glg. 2 aus dem Quotienten der Netto-Grundfläche NGF [m²] und der bebauten Fläche BBF [m²] ermittelt.¹⁴¹

$$BNZ = \frac{NGF}{BBF} \quad [2]$$

3.3.2.2 Brutto-Raumquotient

Der Brutto-Raumquotient BRIQ [m] ist die erste der beiden Kennzahlen für die Objektgröße. Die Berechnung nach Glg. 3 erfolgt durch Division des Brutto-Rauminhaltes BRI [m³] und der Netto-Grundfläche NGF [m²].¹⁴²

$$BRIQ = \frac{BRI}{NGF} \quad [3]$$

3.3.2.3 Netto-Grundflächenquotient

Der Netto-Grundflächenquotient NGFQ [-] ist die zweite Kennzahl für die Objektgröße und wird aus dem Quotienten der Netto-Grundfläche NGF [m²] und der Brutto-Grundfläche BGF [m²] ermittelt (siehe Glg. 4).¹⁴³

$$NGFQ = \frac{NGF}{BGF} \quad [4]$$

¹⁴¹ vgl. [B1801]; 24

¹⁴² vgl. [B1801]; 24

¹⁴³ vgl. [B1801]; 24

3.3.3 Kennzahlen der baulichen Nutzung in Österreich

3.3.3.1 Bebauungsgrad

Der Bebauungsgrad BG ist das Verhältnis der bebauten Fläche BBF [m²] zur Bauplatzfläche BPF [m²] und wird nach Glg. 5 berechnet. Dieser ist mit der Grundflächenzahl aus Deutschland vergleichbar (siehe Kapitel 3.3.4.1).¹⁴⁴

$$BG = \frac{BBF}{BPF} \quad [5]$$

3.3.3.2 Bebauungsdichte

„Die Bebauungsdichte ist die Verhältniszahl, die sich aus der Teilung der Gesamtfläche der Geschosse durch die zugehörige Bauplatzfläche ergibt.“¹⁴⁵

Die Mindest- und Höchstwerte der Bebauungsdichte liegen je nach Baugebiet zumeist zwischen 0,2 und 2,5. Diese sind in der Bebauungsdichteverordnung im Steiermärkischen Raumordnungsgesetz festgelegt.

Ermittelt wird die Bebauungsdichte BD [-] nach Glg. 6 aus dem Quotienten der Summe der Brutto-Grundflächen ΣBGF [m²] und der Bauplatzfläche BPF [m²]. Diese ist mit der Geschossflächenzahl in Deutschland vergleichbar (siehe Kapitel 3.3.4.2).

$$BD = \frac{\Sigma BGF}{BPF} \quad [6]$$

¹⁴⁴ [HauTr]; 109

¹⁴⁵ [BeDiV]; 1

3.3.4 Kennzahlen der baulichen Nutzung in Deutschland

Zum Vergleich mit den österreichischen Kennzahlen der baulichen Nutzung sind nachstehend auch die entsprechenden Kennzahlen in Deutschland angeführt, die in der Baunutzungsverordnung (BaunVO) in der Bauleitplanung festgelegt sind (siehe Abb. 16). Die Baunutzungsverordnung bestimmt die Art und das Maß der baulichen Nutzung eines Grundstückes, die Bauweise und die überbaubare Grundstücksfläche.¹⁴⁶

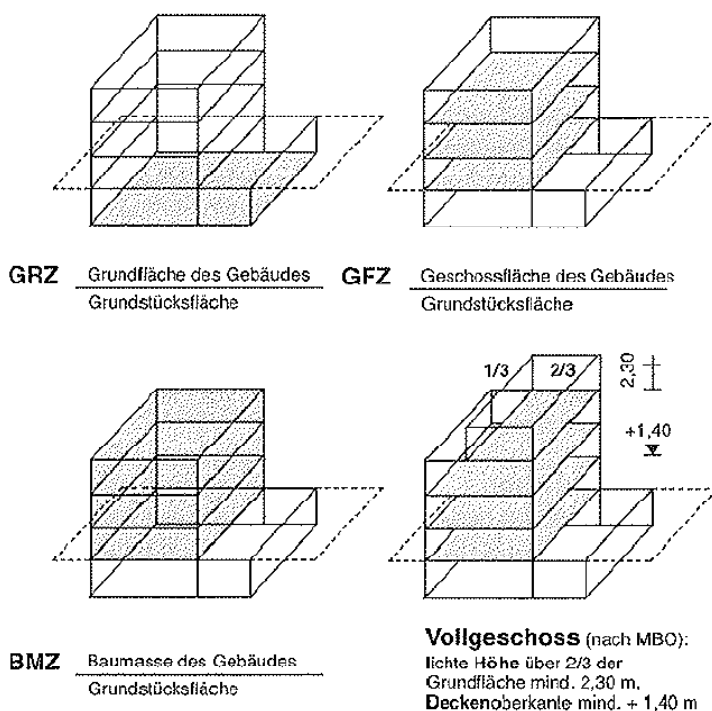


Abb. 16: Kennzahlen der baulichen Nutzung in Deutschland¹⁴⁷

3.3.4.1 Grundflächenzahl

„Die Grundflächenzahl (GRZ) regelt das zulässige Verhältnis von überbauter Grundstücksfläche (*Grundfläche der baulichen Anlage einschließlich Garagen, Stellplätzen und deren Zufahrten, Nebenanlagen nach §14 BauNVO und unterirdischen Anlagen, die das Grundstück unterbauen*) zur gesamten Grundstücksfläche.“¹⁴⁸

Die Grundflächenzahl ist mit dem Bebauungsgrad in Österreich vergleichbar (siehe Kapitel 3.3.3.1).

¹⁴⁶ vgl. [Neufe]; 60 und 67

¹⁴⁷ [Neufe]; 67

¹⁴⁸ [Neufe]; 67

3.3.4.2 Geschossflächenzahl

„Die Geschossflächenzahl (GFZ) regelt das zulässige Verhältnis von Geschossfläche (*Außenmaße aller Vollgeschosse der baulichen Anlage, ohne Nebenanlagen nach §14 BauNVO, Balkone, Loggien, Terrassen und Bauten, die nach Landesrecht innerhalb der Abstandsflächen zulässig sind*) zur Grundstücksfläche.“¹⁴⁹

Die Geschossflächenzahl ist mit der Bebauungsdichte in Österreich vergleichbar (siehe Kapitel 3.3.3.2).

3.3.4.3 Baumassenzahl

„Die Baumassenzahl (BMZ) gibt an wie viel Kubikmeter Baumasse (*Außenmaße der baulichen Anlage vom Fußboden des untersten bis zur Decke des obersten Vollgeschosses, einschließlich Aufenthaltsräumen in anderen Geschossen mit zugehörigen Treppenräumen, Umfassungswänden und Decken jedoch ohne Nebenanlagen nach §14 BauNVO, Balkone, Loggien, Terrassen und Bauten, die nach Landesrecht innerhalb der Abstandflächen zulässig sind*) je Quadratmeter Grundstücksfläche zulässig sind.“¹⁵⁰

Die Baumassenzahl ist in Österreich nicht gebräuchlich.

¹⁴⁹ [Neufe]; 67

¹⁵⁰ [Neufe]; 67

3.4 Kennzahlen für die Mengenermittlung

Aus den Planungsunterlagen sind die notwendigen Mengen wie Schalfläche, Bewehrungs- und Betonmenge etc. nicht immer genau ermittelbar. Um diese Mengen für ein Bauwerk bereits im Vorhinein für die Grobplanung abzuschätzen, in der Feinplanung genauer zu ermitteln oder für die Nachkalkulation und Dokumentation zu kontrollieren, dienen die Kennzahlen für die Mengenermittlung. Dazu zählen der Baustoffgrad, Ortbetongrad, Vorhaltemengengrad, Schalungsgrad und Bewehrungsgrad sowie der Schalungs-, Bewehrungs- und Betonverhältnisgrad. Mit Hilfe dieser Kennzahlen können die Mengen für einzelne vertikale oder horizontale Bauteile, Bauabschnitte, Bauphasen oder das gesamte Bauwerk ermittelt werden. Spätestens für die Feinplanung in der Bauablaufplanung sind die Mengen für die einzelnen Bauteile erforderlich. Dabei wird in Schalfläche, Bewehrungsmenge und Betonmenge differenziert.¹⁵¹

3.4.1 Schalfläche

Die für einen Bauteil oder ein Bauwerk benötigte Schalfläche wird in Brutto- und Nettoschalfläche unterschieden (siehe Abb. 17). Die Nettoschalfläche ist jene Fläche, die mit dem Beton über ein Trennmittel direkt in Kontakt steht. Unter der Bruttoschalfläche ist die Nettoschalfläche inkl. dem schalungsbedingten Überstand zu verstehen.¹⁵²

Beispielsweise werden für das Betonieren einer Decke mit 30 cm Stärke Schaltafeln mit einer Höhe von 50 cm verwendet. Somit ist die Höhendifferenz von 20 cm die Höhe des oben genannten Überstands. Die Nettoschalfläche für die Randabschalung der Decke wäre in diesem Beispiel der Umfang der Decke multipliziert mit der Höhe von 30 cm. Die Bruttoschalfläche wäre hingegen der Umfang multipliziert mit der Höhe der Schaltafel von 50 cm (Höhe der Nettoschalfläche inkl. Überstand).

Wie groß der schalungsbedingte Überstand, d.h. der Unterschied zwischen Brutto- und Nettoschalfläche ist, hängt von den Abmessungen des jeweiligen Bauteils sowie vom verwendeten Schalungssystem ab. In der Regel ist dieser bei vertikalen Bauteilen höher als bei horizontalen Bauteilen und muss mit einem dementsprechenden Aufschlag bereits in der Vorhaltemenge berücksichtigt werden. Wird auf den Überstand vergessen, könnte zu wenig Schalung auf der Baustelle vorgehalten werden.

¹⁵¹ vgl. [Hofs1]; 120,145

¹⁵² vgl. [Hofs2]; 452ff

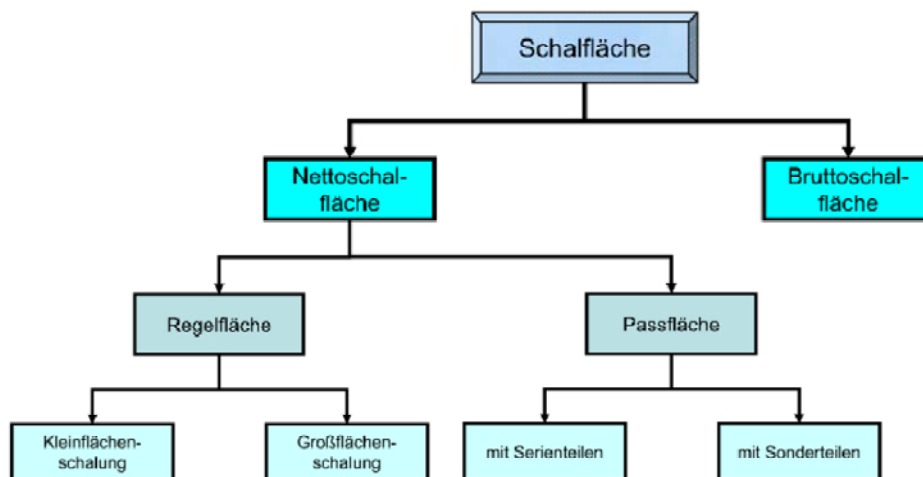


Abb. 17: Schalflächen – Unterscheidung in Brutto- und Nettoschalfläche¹⁵³

Wie in Abb. 17 ersichtlich, setzt sich die Nettoschalfläche aus den Regelflächen der Klein- bzw. Großflächenschalung und den Passflächen für Serien- sowie Sonderteile zusammen.

Regelflächen sind Schalflächen, die aus Serienteilen ohne Anpassungen, d.h. ohne zuschneiden von Schaltafeln, geschalt werden. Passflächen hingegen sind all jene Flächen, die den Übergang von der Regelfläche zur Bauteilgrenze bilden, d.h. angepasst bzw. hineingeschnitten werden müssen.¹⁵⁴

Nachstehend wird die Ermittlung der Schalfläche für vertikale und horizontale Bauteile erläutert. Dabei wird generell die Nettoschalfläche ermittelt und somit kein Überstand berücksichtigt.

Ermittlung der Schalfläche von vertikalen Bauteilen:¹⁵⁵

Stützen: Die Schalungsfläche ergibt sich aus der Abwicklung der Mantelfläche der Stützen. Stützen mit Kreisquerschnitt stellen hinsichtlich des Schalungsgrades ideale Baukörper dar, denn bezogen auf die Betonmenge ist die erforderliche Schalfläche geringer als bei Stützen mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt.

Wände (doppelhäufig): Die Schalungsfläche von doppelhäufigen Wänden ergibt sich aus den beiden Wandflächen und den beidseitigen Stirnabschalungen. Bei der Anbindung an einen

¹⁵³ [Hofs2]; 453

¹⁵⁴ vgl. [Hofs2]; 480

¹⁵⁵ vgl. [Hofs1]; 122ff

bereits fertig gestellten Wandabschnitt darf diese Fläche nicht dazugerechnet werden.

Wände (einhäutig): Bei einhäutigen Wänden, d.h. Wänden die z.B. gegen eine Stützwand, eine bestehende Wand des Nachbargebäudes oder gegen Fels errichtet werden, ergibt sich die Schalungsfläche aus einer Wandflächen und den beidseitigen Stirnabschalungen. Auch hier gilt, dass die Stirnfläche bei der Anbindung an einen bereits fertig gestellten Wandabschnitt nicht dazugerechnet wird.

Ermittlung der Schalfläche von horizontalen Bauteilen:¹⁵⁶

Flachdecken: Die Schalungsfläche von Flachdecken ergibt sich aus der horizontalen Schalung der Deckenfläche und der rundum liegenden Randabschalung. Sind Arbeitsfugen aus bereits hergestellten Fertigungsabschnitten vorhanden, werden diese in der Berechnung für die Schalungsfläche nicht berücksichtigt. Wird die Decke mit Unterzügen ausgebildet, erhöht sich die Fläche um die zusätzliche Schalfläche für die Unterzüge. Dadurch steigt neben der Bewehrungs- und Betonmenge auch der Schalungsgrad.

Fundamentplatten: Bei Fundamentplatten ergibt sich die Schalungsfläche nur aus der Fläche der seitlichen Abschalung. Die Fläche zu fertigen Arbeitsfugen wird in der Berechnung nicht dazugezählt. Werden für die Lastabtragung von Stützen zusätzlich Vouten ausgebildet, erhöht sich lediglich die Beton- und Bewehrungsmenge, nicht aber die Schalfläche. Somit sinkt aufgrund der Vouten der Schalungsgrad.

Einzelfundamente: Die Schalungsfläche ergibt sich bei Einzelfundamenten aus der Mantelfläche. Der Schalungsgrad verringert sich, je größer Länge und Breite des Einzelfundaments sind.

¹⁵⁶ vgl. [Hofs1]; 131ff

3.4.2 Vorhaltemenge

Die Vorhaltemenge an Schalung ist jene Schalungsmenge, die sich aufgrund des gewählten Fertigungsablaufs, der Anzahl an Fertigungsabschnitten, der täglichen Einschalleistung und der Standzeit der Schalung ergibt. Sie wird für die verschiedenen Bauteile einzeln ermittelt. Bei der Standzeit der Schalung muss je nach Schalungssystem zusätzlich zwischen der Standzeit der eigentlichen Schalung und der Standzeit der vorübergehenden Unterstützung (Rüstung) differenziert werden. Die Rüstung eines Bauteils wird benötigt, solange diese sich nicht selbst trägt oder zusätzliche Lasten aufnehmen muss.¹⁵⁷

Zum Beispiel kann die eigentliche Deckenschalung bereits entfernt werden, die Unterstützung bis zur vollständigen Aushärtung der Decke sowie zur Lastaufnahme der möglicherweise bereits betonierten darüber liegenden Decke wird aber länger benötigt. Bei der Vorhaltemenge muss deshalb nicht nur die Schalung, sondern auch die benötigte zusätzliche Rüstung berücksichtigt werden.

Für die Grobplanung kann die Vorhaltemenge als Durchschnittswert bezogen auf alle Bauteile eines Hochbau-Projektes ermittelt werden. Für die Berechnung werden als Durchschnittswerte die Anzahl der Fertigungsabschnitte, die tägliche Schalungsleistung und die Standzeit angesetzt. Diese ermittelte Vorhaltemenge kann für die Grobplanung des Bauablaufs, die Logistik, die Baustelleneinrichtung und für die Angebotskalkulation herangezogen werden.¹⁵⁸

Berechnet wird die mittlere Vorhaltemenge für die Schalarbeiten $V_{S,MW}$ [m²] nach Glg. 7. Im ersten Term wird die durchschnittliche Fertigungsabschnittsfläche berechnet, die sich aus dem Quotienten der gesamten Schallfläche S_F [m²] und dem Produkt aus der Anzahl der Fertigungsabschnitte je Geschoss n_{fa} [-] und der Anzahl der Geschosse n_g [-] zusammensetzt. Im zweiten Term wird die mittlere tägliche Einschalleistung $L_{S,MW}$ [m²/d] mit der durchschnittlichen Standzeit der Schalung $S_{S,MW}$ [d] multipliziert. Während der Standzeit ist die Schalung gebunden und steht für weitere Einsätze nicht zur Verfügung.¹⁵⁹

$$V_{S,MW} = \frac{S_F}{n_{fa} \times n_g} + L_{S,MW} \times S_{S,MW} \quad [7]$$

Über die tägliche Schalleistung fließt die Bauzeit in die Berechnung der Vorhaltemenge ein. Mit einer Änderung der Bauzeit ergibt sich

¹⁵⁷ vgl. [Hofs2]; 483

¹⁵⁸ vgl. [Hofs2]; 426

¹⁵⁹ vgl. [Hofs2]; 426

somit auch eine Änderung der Vorhaltemenge. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 18 dargestellt.¹⁶⁰

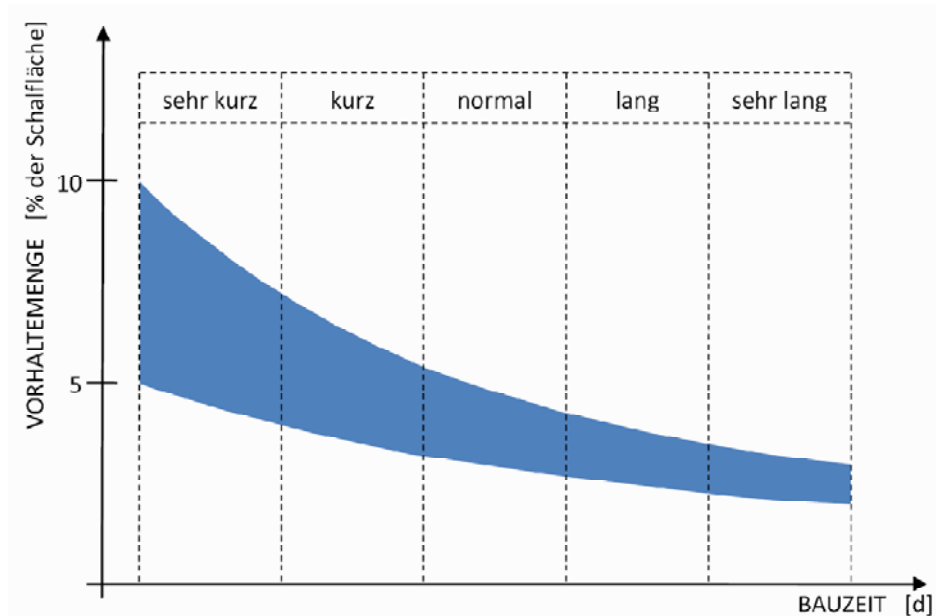


Abb. 18: Zusammenhang zwischen Bauzeit und Vorhaltemenge für ein Hochbau-Bauwerk¹⁶¹

Aus Abb. 18 ist ersichtlich, dass sehr kurze Bauzeiten höhere Vorhaltemengen erfordern als lange. Dies resultiert daraus, dass bei kürzeren Bauzeiten aufgrund höherer Tagesleistungen und erforderlichen Parallelarbeiten höhere Vorhaltemengen benötigt werden, die von den ausführenden Arbeitern nicht optimal genutzt werden können. Je länger die Bauzeit ist, desto niedriger ist die durchschnittlich erforderliche Schalungsleistung und desto genauer kann diese und die somit benötigte Vorhaltemenge definiert werden.¹⁶²

Voraussetzung für einen ungestörten Bauablauf ist eine ausreichende Vorhaltemenge an Schalung, besonders wenn diese am kritischen Weg liegen. Ist die Vorhaltemenge zu gering entstehen Wartezeiten. Ist diese zu groß, d.h. die Vorhaltemenge geht über ein übliches Reservemaß von z.B. 5 % hinaus, entstehen durch diese Überkapazitäten zusätzliche Kosten, die keinen Beitrag zum Produktionsprozess liefern.¹⁶³

¹⁶⁰ vgl. [Hofs2]; 439ff

¹⁶¹ [Hofs2]; 440

¹⁶² vgl. [Hofs2]; 440

¹⁶³ vgl. [Hofs2]; 442

3.4.3 Ortbetongrad

Durch den Ortbetongrad wird eine Beziehung zwischen dem Brutto-rauminhalt und der gesamten Betonmenge hergestellt. Mit dieser Kennzahl kann also die „Betonintensität“ eines Bauwerks ermittelt werden, welche in der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Planung berücksichtigt werden muss. Der Ortbetongrad variiert in Abhängigkeit von der Bauweise. Sind z.B. die vertikalen Bauteile als Mauerwerk oder als Stützen ausgeführt, ist der Ortbetongrad niedriger als bei einer vollständigen Ausführung in Ortbeton. Sind die Wände und Decken in Hochbau-Bauwerken aus Ortbeton liegt der Ortbetongrad im Bereich 4 bis 7. Am Beispiel eines Hochhauses mit einem Schalungsgrad von rund $4 \text{ m}^2/\text{m}^3$ liegt der Ortbetongrad bei ca. 7.¹⁶⁴

Berechnet wird der Ortbetongrad $\text{obt}_{\text{g,bwk}}$ [-] nach Glg. 8, wobei der Brutto-rauminhalt des Bauwerks BRI_{BWK} [m^3] durch die gesamte Betonmenge $\Sigma \text{BT}_{\text{M,i}}$ [m^3] der einzelnen Bauteile dividiert wird.¹⁶⁵

$$\text{obt}_{\text{g,bwk}} = \frac{\text{BRI}_{\text{BWK}}}{\Sigma \text{BT}_{\text{M,i}}} \quad [8]$$

3.4.4 Baustoffgrad

Die Mengenkennzahl Baustoffgrad dient zur Grobplanung und überschlägigen Ermittlung der Baustoffmengen. Der Baustoffgrad $\text{bst}_{\text{g,bwk}}$ für das gesamte Bauwerk ist das Verhältnis von Baustoffmenge BST_{M} zum Brutto-rauminhalt BRI_{BWK} und wird nach Glg. 9 berechnet.¹⁶⁶

$$\text{bst}_{\text{g,bwk}} = \frac{\text{BST}_{\text{M}}}{\text{BRI}_{\text{BWK}}} \quad [9]$$

Der Baustoffgrad kann (nach *Spranz*) bei Stahlbetonarbeiten für den Baustoff Beton je nach Konstruktionsart in einer Bandbreite von 0,1 bis $0,25 \text{ m}^3 \text{ Beton}/\text{m}^3 \text{ BRI}$ liegen. Dieser Wertebereich kann in Einzelfällen auch unter- oder überschritten werden. Das hängt insbesondere von der Anzahl der Untergeschosse des Bauwerks ab, da diese mit geschlossenen Umfassungswänden ausgeführt werden und somit die Betonmengen beachtlich erhöhen können.¹⁶⁷

¹⁶⁴ vgl. [Hofs2]; 443, 463ff

¹⁶⁵ vgl. [Hofs2]; 443, 463ff

¹⁶⁶ vgl. [Hofs1]; 120

¹⁶⁷ vgl. [Spranz]; 12

Seeling gibt für den Hochbau den Baustoffgrad zwischen 350 und 650 kg je m³BRI an. Zur Vergleichbarkeit mit der Bandbreite von *Spranz* müssen diese Werte noch durch die Dichte von Stahlbeton von ca. 2500 kg/m³ dividiert werden. Das Ergebnis ist ein Wertebereich von 0,14 bis 0,26 m³Beton/m³BRI für den Baustoffgrad nach *Seeling*, der in etwa mit den Werten von *Spranz* vergleichbar ist.¹⁶⁸

3.4.5 Schalungsgrad

Der Schalungsgrad ist das Verhältnis der Schalfläche zur Betonmenge. Dieser kann für einzelne Bauteile und für das gesamte Bauwerk ermittelt werden. Für die Ermittlung des Schalungsgrades für einzelne Bauteile sind die Art und die Abmessungen des Bauteils wesentlich, da von ihnen die Größe der Schalfläche abhängt.¹⁶⁹

Die verschiedenen Bauteile eines Bauwerks wie Fundamente, Stützen, Wände, Decken etc. haben bei der Herstellung relativ unterschiedlich große Arbeitsaufwände. Zur Kostenermittlung ist die Kennzahl des Schalungsgrades mitentscheidend, da mit zunehmendem Schalungsgrad der Anteil der Schalungskosten steigt und auch der Arbeitsaufwand zunimmt.¹⁷⁰

Der Schalungsgrad $s_{g, bt, i}$ [m²/m³] für einen beliebigen Bauteil kann nach Glg. 10 aus dem Quotienten der zu schalenden Fläche $S_{F, i}$ [m²] und der entsprechenden Betonmenge $BT_{M, i}$ [m³] ermittelt werden.¹⁷¹

$$s_{g, bt, i} = \frac{S_{F, i}}{BT_{M, i}} \quad [10]$$

Zur Berechnung des Schalungsgrades $s_{g, bwk}$ [m²/m³] für das gesamte Bauwerk sind zuerst die Schalflächen und die entsprechenden Betonmengen der einzelnen Bauteile zu ermitteln. Anschließend werden die einzelnen Schalflächen der Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstigen Bauteile addiert. Die entsprechenden Betonmengen der jeweiligen Bauteile werden ebenfalls addiert. Schlussendlich ergibt sich der Gesamtschalungsgrad nach Glg. 11 aus dem Quotienten der Summe der Schalflächen $\Sigma S_{F, Bauteil, i}$ [m²] im Zähler und der Summe der Betonmengen $\Sigma BT_{M, Bauteil, i}$ [m³] im Nenner.¹⁷²

¹⁶⁸ vgl. [Seeli]; 1734

¹⁶⁹ vgl. [Hofs2]; 453

¹⁷⁰ vgl. [Hofs2]; 454

¹⁷¹ vgl. [Hofs2]; 454

¹⁷² vgl. [Hofs2]; 454

$$s_{g,bwk} = \frac{\sum S_{F,FU,i} + \sum S_{F,ST,i} + \sum S_{F,WD,i} + \sum S_{F,D,i} + \sum S_{F,SO,i}}{\sum BT_{M,FU,i} + \sum BT_{M,ST,i} + \sum BT_{M,WD,i} + \sum BT_{M,D,i} + \sum BT_{M,SO,i}} \quad [11]$$

Einen Überblick der unterschiedlichen Schalungsgrade einzelner Bauteile im Hochbau zeigt das folgende Diagramm (Abb. 19). Hierfür wurden die Schalungsgrade der Bauteile für verschiedene Bauteilstärken berechnet und im Diagramm gemeinsam dargestellt.¹⁷³

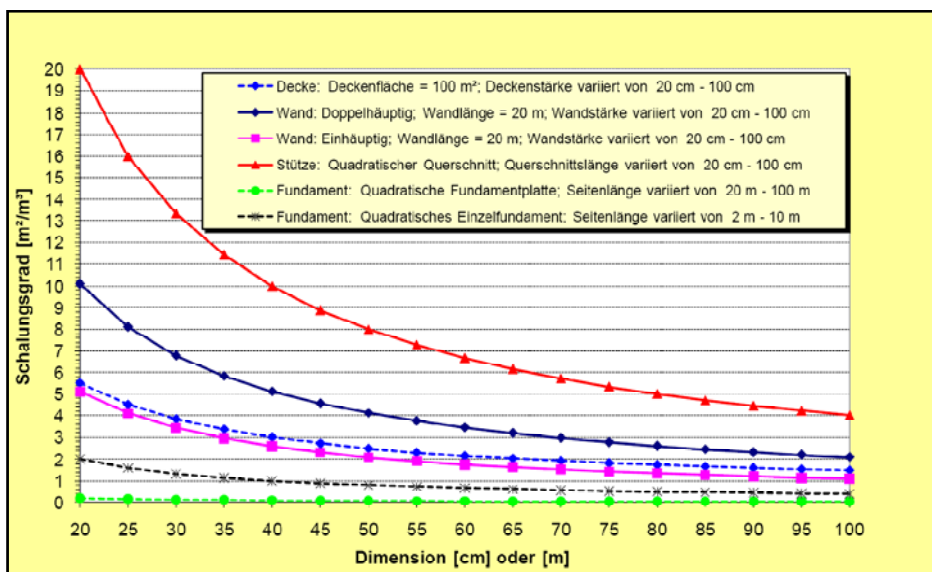


Abb. 19: Vergleich der Schalungsgrade der verschiedenen Bauteile eines Hochbaus¹⁷⁴

„Im Diagramm sind die Schalungsgrade für horizontale und vertikale Bauteile gemeinsam dargestellt. Die gewählten Abmessungen für die jeweiligen Bauteile orientieren sich an üblichen Dimensionen in der Baupraxis. Das Diagramm zeigt die Unterschiede in den Schalungsgraden und deren großemäßige Veränderung bei steigenden bzw. sinkenden Dimensionen.“¹⁷⁵

Auf der Abszisse sind die Dimensionen in cm oder m angegeben, wobei die andere Skalierung der Einzelfundamente, von 2 bis 10 m, zu berücksichtigen ist. Auf der Ordinate sind die Schalungsgrade [m²/m³] aufgetragen. Das Hauptintervall wurde mit 1 m²/m³ und das Hilfsintervall mit 0,25 m²/m³ gewählt.¹⁷⁶

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass die quadratischen Stützen eindeutig jene Bauteile sind, die den höchsten Schalungsgrad mit Wer-

¹⁷³ vgl. [Hofs2]; 455

¹⁷⁴ [Hofs2]; 454

¹⁷⁵ [Hofs2]; 455

¹⁷⁶ vgl. [Hofs2]; 455

ten zwischen 20 und 4 m²/m³, besitzen. Die zweithöchsten Schalungsgrade besitzen doppelhäufig geschaltete Wände, mit Werten von ca. 10,1 bis 2,1 m²/m³, d.h. ca. 50 % unter den Werten der Stützen. Die Werte für Decken sind je nach Deckenstärke im Bereich von 5,5 m²/m³ bei 20 cm und 1,5 m²/m³ bei 100 cm starken Decken. Zum Vergleich wurde hier eine Deckenfläche von 100 m² zugrundegelegt. Die Schalungsgrade der einhäufig geschalteten Wände sind jenen der Decken relativ ähnlich. Die Werte liegen zwischen 5,1 und 1,1 m²/m³. Zum Vergleich zur Stütze bedeutet dies eine Verringerung des Schalungsgrades über 72 %. Der Schalungsgrad der quadratischen Einzel-fundamente liegt bei Seitenlängen von 2 bis 10 m zwischen 2 und 0,4 m²/m³. Der Bauteil mit den niedrigsten Schalungsgraden ist die Fundamentplatte. Bei einer quadratischen Platte mit Seitenlängen zwischen 20 und 100 m ergeben sich Schalungsgrade zwischen 0,2 und 0,04 m²/m³. Im Vergleich zur Stütze ist dies eine Verringerung des Schalungsgrades von ca. 99 %.¹⁷⁷

3.4.6 Bewehrungsgrad

Die Bewehrungsmengen für die verschiedenen Bauteile eines Bauwerks sind in vielen Ausschreibungen nicht im Detail angegeben. In der Kalkulation und Bauablaufplanung werden die jeweiligen Bewehrungsmengen meist anhand angenommener spezifischer Bewehrungsgrade berechnet. Für die Grobplanung sind in Tabelle 2 zur Orientierung Bandbreiten für die Bewehrungsgrade aus der Literatur für verschiedene Bauteile angegeben. Diese Werte können für eine erste Abschätzung des Bewehrungsgrades für ein Hochbau-Bauwerk verwendet werden. Oftmals werden von den Kalkulanten auch Vergleichswerte ähnlicher Projekte genommen. Spätestens für die Feinplanung sind die Bewehrungsmengen detaillierter zu ermitteln.¹⁷⁸

Der Bewehrungsgrad selbst wird in einer Gewichtseinheit, z.B. Tonnen [to] oder Kilogramm [kg] bezogen auf die Betonmenge [m³] oder auch auf die Bauteilfläche [m²] angegeben. Mögliche Einheiten für den Bewehrungsgrad sind kg/m, kg/m², kg/m³, to/m, to/m² oder to/m³. wobei Kilogramm pro Kubikmeter [kg/m³] am geläufigsten ist.¹⁷⁹

¹⁷⁷ vgl. [Hofs2]; 455ff

¹⁷⁸ vgl. [Hofs1]; 145ff

¹⁷⁹ vgl. [Hofs1]; 145ff

Bauteile	Bewehrungsgrad [kg/m ³]
Fundamente	30 – 60
Wände	20 – 60
Decken	50 – 80
Balken	80 – 100
Stützen	100 – 130

Tabelle 2: Bewehrungsgrade für Bauteile von normalen Hochbauten¹⁸⁰

Für die Berechnung des Bewehrungsgrades einzelner Bauteile eines Bauwerks $bw_{g,bt,i}$ wird die jeweilige Bewehrungsmenge $BW_{M,i}$ durch die Betonmenge des Bauteils $BT_{M,i}$ dividiert (siehe Glg. 12).¹⁸¹

$$bw_{g,bt,i} = \frac{BW_{M,i}}{BT_{M,i}} \quad [12]$$

Um den Bewehrungsgrad des gesamten Bauwerks zu berechnen, sind die Bewehrungsmengen und Betonmengen der einzelnen Bauteile zu ermitteln. Nach Glg. 13 berechnet sich der Gesamtbewehrungsgrad des Bauwerks $bw_{g,bwk}$ aus der Summe der Bewehrungsmengen der Bauteile dividiert durch die Summe der Betonmengen der Bauteile. Als Bauteile bzw. Bauteilgruppen sind hier die Fundamente, Stützen, Wände, Decken und sonstige Bauteile angeführt.¹⁸²

$$bw_{g,bwk} = \frac{\sum BW_{M,FU,i} + \sum BW_{M,ST,i} + \sum BW_{M,WD,i} + \sum BW_{M,D,i} + \sum BW_{M,SO,i}}{\sum BT_{M,FU,i} + \sum BT_{M,ST,i} + \sum BT_{M,WD,i} + \sum BT_{M,D,i} + \sum BT_{M,SO,i}} \quad [13]$$

3.4.7 Schalungs-, Bewehrungs- und Betonverhältnisgrad

Die einzelnen Kennzahlen werden in vertikale und horizontale Bauteile unterschieden, wobei schräge Bauteile den vertikalen zuzuordnen sind. Die Aufwandswerte der vertikalen Bauteile sind in der Regel höher als jene der horizontalen. Die Kennzahlen Schalungs-, Bewehrungs- und Betonverhältnisgrad werden verwendet um das Verhältnis zwischen den horizontalen und vertikalen Bauteilen berechnen und beurteilen zu können.¹⁸³

¹⁸⁰ vgl. [Petzs]; 134

¹⁸¹ vgl. [Hofs1]; 145

¹⁸² vgl. [Hofs1]; 146

¹⁸³ vgl. [Hofs1]; 153

3.4.7.1 Schalungsverhältnisgrad

Der Schalungsverhältnisgrad $s_{vg,ht/vt}$ [-] gibt das Verhältnis zwischen den Schalflächen der horizontalen und vertikalen Bauteile an und wird nach Glg. 14 berechnet. Die Summe der Schalflächen der horizontalen Bauteile $S_{F,HT,i}$ [m²] steht im Zähler, die Summe der Schalflächen der vertikalen Bauteile $S_{F,VT,i}$ [m²] (inkl. der schrägen Bauteile) steht im Nenner.¹⁸⁴

$$s_{vg,ht/vt} = \frac{\sum S_{F,HT,i}}{\sum S_{F,VT,i}} \quad [14]$$

Ein Schalungsverhältnisgrad von z.B. 0,80 bedeutet, dass die Summe der vertikalen Schalflächen größer als jene der horizontalen ist. Da in der Regel die Aufwandswerte für die Schalarbeiten von vertikalen Bauteilen aber höher sind, bedeutet ein Wert kleiner als 0,80 auch einen höheren Aufwandswert der gesamten Schalarbeiten.¹⁸⁵

3.4.7.2 Bewehrungsverhältnisgrad

Auch bei Bewehrungsarbeiten ist in der Regel der Arbeitsaufwand für vertikale Bauteile größer. Das Verhältnis der Bewehrungsmengen zwischen den Summen der Menge der horizontalen Bauteile $BW_{M,HT,i}$ [to] und der Menge der vertikalen Bauteile $BW_{M,VT,i}$ [to] ergeben den Bewehrungsverhältnisgrad $bw_{vg,ht/vt}$ [-](siehe Glg. 15). Ein Wert von 2,0 bedeutet, dass die Bewehrungsmenge der horizontalen Bauteile doppelt so groß wie die der vertikalen Bauteile ist. Kleinere Werte als 2,0 wirken sich wiederum erhöhend auf den Aufwandswert aus, höhere verringern diesen.¹⁸⁶

$$bw_{vg,ht/vt} = \frac{\sum BW_{M,HT,i}}{\sum BW_{M,VT,i}} \quad [15]$$

¹⁸⁴ vgl. [Hofs1]; 154

¹⁸⁵ vgl. [Hofs1]; 154

¹⁸⁶ vgl. [Hofs1]; 154

3.4.7.3 Betonverhältnisgrad

Der Betonverhältnisgrad $bt_{vg,ht/vt}$ [-] gibt das Verhältnis zwischen der Summe der Betonmengen der horizontalen zu den vertikalen Bauteilen an und wird nach Glg. 16 berechnet. Im Zähler steht die Summe der Betonmengen der horizontalen Bauteile $BT_{M,HT,i}$ [m^3] und im Nenner die Summe der Betonmengen der vertikalen Bauteile $BT_{M,VT,i}$ [m^3], zu denen auch schräge Bauteile addiert werden.¹⁸⁷

$$bt_{vg,ht/vt} = \frac{\sum BT_{M,HT,i}}{\sum BT_{M,VT,i}} \quad [16]$$

Die Aufwandswerte sind für das Betonieren von vertikalen Bauteilen in der Regel ebenfalls höher als jene von horizontalen Bauteilen. Ergibt sich beispielsweise ein Betonverhältnisgrad von 2,50, würde eine Erhöhung der Betonmenge horizontaler Bauteile auch den Betonverhältnisgrad erhöhen. Der Aufwandswert für die Betonierarbeiten aller Bauteile würde sich dadurch verringern.¹⁸⁸

3.4.8 Vorhaltemengengrad

Der Vorhaltemengengrad ist das Verhältnis der Schalfläche zu der dazu notwendigen Vorhaltemenge an Schalung. Diese Kennzahl wird je nach Planungsfortschritt für das gesamte Bauwerk (in der Grobplanung) oder für einzelne Bauteilgruppen (in der Feinplanung) ermittelt.¹⁸⁹

3.4.8.1 Vorhaltemengengrad – Bauwerk

Der Vorhaltemengengrad für das Bauwerk $v_{s,g,bwk}$ [-] wird aus dem Quotienten der gesamten Schalfläche $S_{F,BWK}$ [m^2] und der Vorhaltemenge an Schalung $V_{S,BWK}$ [m^2] eines Bauwerks berechnet. Dabei erfolgt keine Differenzierung in verschiedene Bauteile (siehe Glg. 17).¹⁹⁰

$$v_{s,g,bwk} = \frac{S_{F,BWK}}{V_{S,BWK}} \quad [17]$$

Der Vorhaltemengengrad liegt im Hochbau zwischen 15 und 25, bei Einfamilienhäusern darunter. Die Bandbreite der Kennzahl wird maß-

¹⁸⁷ vgl. [Hofs1]; 155

¹⁸⁸ vgl. [Hofs1]; 155

¹⁸⁹ vgl. [Hofs2]; 462

¹⁹⁰ vgl. [Hofs2]; 462

geblich von der gesamten Schalfläche und der Bauzeit beeinflusst. Je kürzer die Bauzeit ist, desto größer wird der Vorhaltemengengrad.¹⁹¹

3.4.8.2 Vorhaltemengengrad – Horizontale Bauteile

Der Vorhaltemengengrad für die horizontalen Bauteile $v_{s,g,ht}$ [-] wird aus dem Quotienten der Schalfläche der horizontalen Bauteile $\Sigma S_{F,HT,i}$ [m²] und der dazu erforderlichen Vorhaltemenge $\Sigma V_{S,HT,i}$ [m²] nach Glg. 18 ermittelt.¹⁹²

$$v_{s,g,ht} = \frac{\Sigma S_{F,HT,i}}{\Sigma V_{S,HT,i}} \quad [18]$$

Dieser Wert liegt bei horizontalen Bauteilen üblicherweise zwischen 8 und 16, bei Einfamilienhäusern darunter.¹⁹³

3.4.8.3 Vorhaltemengengrad – Vertikale Bauteile

Der Vorhaltemengengrad für die vertikalen Bauteile $v_{s,g,vt}$ [-] wird aus dem Quotienten der Schalfläche der vertikalen Bauteile $\Sigma S_{F,VT,i}$ [m²] mit der dazu erforderlichen Vorhaltemenge $\Sigma V_{S,VT,i}$ [m²] nach Glg. 19 ermittelt.¹⁹⁴

$$v_{s,g,vt} = \frac{\Sigma S_{F,VT,i}}{\Sigma V_{S,VT,i}} \quad [19]$$

Der Vorhaltemengengrad bei vertikalen Bauteilen bewegt sich in der Regel zwischen 20 und 30, bei Einfamilienhäusern darunter.¹⁹⁵

¹⁹¹ vgl. [Hofs2]; 462

¹⁹² vgl. [Hofs2]; 463

¹⁹³ vgl. [Hofs2]; 463

¹⁹⁴ vgl. [Hofs2]; 463

¹⁹⁵ vgl. [Hofs2]; 463

3.4.8.4 Vorhaltemengenverhältnisgrad

Der Vorhaltemengenverhältnisgrad $v_{s,vg,ht/vt}$ [-] gibt nach Glg. 20 das Verhältnis zwischen der Vorhaltemenge der Schalung für horizontale $\Sigma V_{S,HT,i}$ [m²] und vertikale Bauteile $\Sigma V_{S,VT,i}$ [m²] an.¹⁹⁶

$$v_{s,vg,ht/vt} = \frac{\Sigma V_{S,HT,i}}{\Sigma V_{S,VT,i}} \quad [20]$$

Bei Hochbauten, die in Ortbetonbauweise errichtet werden, liegt der Vorhaltemengenverhältnisgrad für gewöhnlich zwischen den Werten 3 und 7.¹⁹⁷

¹⁹⁶ vgl. [Hofs2]; 463

¹⁹⁷ vgl. [Hofs2]; 463

3.5 Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten

Gerade bei arbeitsintensiven Tätigkeiten, d.h. vorwiegend dort wo Menschen Arbeiten mit den Händen ausführen, wird die Leistung durch die Arbeitskräfte bestimmt.¹⁹⁸

Aufwands- und Leistungswerte bilden bei arbeitsintensiven Tätigkeiten die Grundlage für die Kalkulation und die Leistungsberechnung und sind zudem die Messgrößen der Produktivität. Sie werden in der Grobplanung eines Bauwerks herangezogen, um für die einzelnen Tätigkeiten angemessene Vorgangsdauern festzulegen, besitzen aber begrenzte Genauigkeit. Das Risiko der Planung wird aber umso geringer, je exakter sich die Arbeitsbedingungen auf der Baustelle voraussehen lassen und je umfangreicher die innerbetrieblichen Erfahrungen mit dem vorgesehenen Bauverfahren sind. Kann die vorausgeplante Produktivität nicht erreicht werden, steigen im Vergleich zum ungestörten Sollablauf die Aufwandswerte an, die Leistungswerte von Maschinen hingegen fallen ab. Dadurch verlängert sich die Vorgangsdauer, was wiederum höhere Fertigungskosten zur Folge hat. Für den wirtschaftlichen Erfolg einer Baustelle ist es notwendig die Baustellen- und Bauwerksbedingungen zu kennen, um für diese bereits in der Planung die erwarteten Aufwands- und Leistungswerte richtig einschätzen zu können.¹⁹⁹

3.5.1 Leistungswert für Stahlbetonarbeiten

Leistungswerte im Zusammenhang mit der Errichtung eines Bauwerks geben an, welche Produktionsmenge in einer bestimmten Zeiteinheit hergestellt wird. In Abb. 20 sind die Einflüsse auf die Leistung für die Rohbauarbeiten dargestellt. Einarbeitung und Störeinflüsse können beispielsweise durch einen Zuschlag im Aufwandswert berücksichtigt werden.²⁰⁰

¹⁹⁸ vgl. [Hofs1]; 108

¹⁹⁹ vgl. [Hofs1]; 17

²⁰⁰ vgl. [Hofs1]; 18

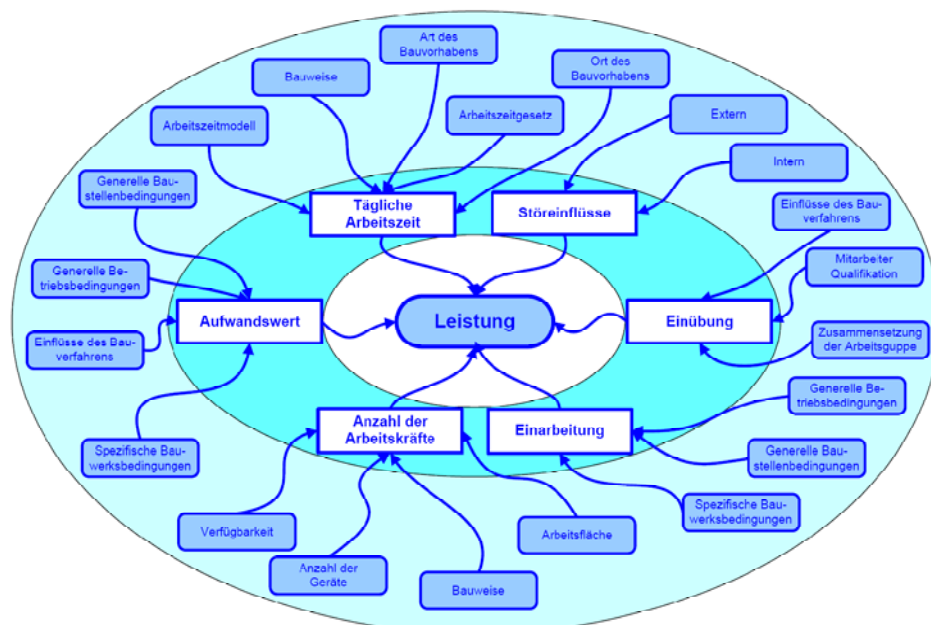


Abb. 20: Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert)²⁰¹

In der Grobplanung kann die durchschnittliche Leistung mit dem Leistungswert für Stahlbetonarbeiten L_{STB} [m³/d] nach Glg. 21 ermittelt werden. Im Zähler der Gleichung steht das Produkt aus der Anzahl der Arbeitskräfte AK_{STB} [Std/h] und der Arbeitszeit AZ_{STB} [h/d]. Im Nenner steht der Gesamtaufwandswert für die Stahlbetonarbeiten AW_{STB} [Std/m³].²⁰²

$$L_{STB} = \frac{AK_{STB} \times AZ_{STB}}{AW_{STB}} \quad [21]$$

Der berechnete Leistungswert gibt an, welche Betonmenge, bezogen auf eine bestimmte, selbst gewählte Zeiteinheit, durchschnittlich eingebaut werden kann. Für die Feinplanung werden die Arbeiten von einzelnen Bauteilen detailliert betrachtet. Um eine Leistungsberechnung von anderen Bauleistungen wie z.B. Schalungs-, Bewehrungs- oder Mauerwerksarbeiten durchzuführen, ist in die obige Gleichung zur Berechnung des Leistungswertes der jeweilige spezifische Aufwandswert einzusetzen.²⁰³

²⁰¹ [Hofs1]; 18

²⁰² vgl. [Hofs1]; 108

²⁰³ vgl. [Hofs1]; 108

3.5.2 Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten

„Aufandswerte haben eine zentrale Bedeutung für die Kalkulation von arbeitsintensiven Tätigkeiten. Als wesentliche Einflussgröße auf die Arbeitsleistung haben Aufwandswerte auch einen hohen baubetrieblichen Stellenwert für den Verfahrensvergleich und die Planung des Bauablaufs, der Baustelleneinrichtung und der Logistik.“²⁰⁴

In der Angebotsphase bilden die Aufwandswerte die Grundlage zur Kosten- und Zeitberechnung. In der Arbeitsvorbereitung sind sie ein wesentlicher Bestandteil zur Berechnung der Dauer der einzelnen Vorgänge und damit für den gesamten Fertigungsablauf. Außerdem beeinflusst die Größenordnung der Aufwandswerte die Arbeitsproduktivität und damit die Leistung in den einzelnen Ablaufabschnitten.²⁰⁵

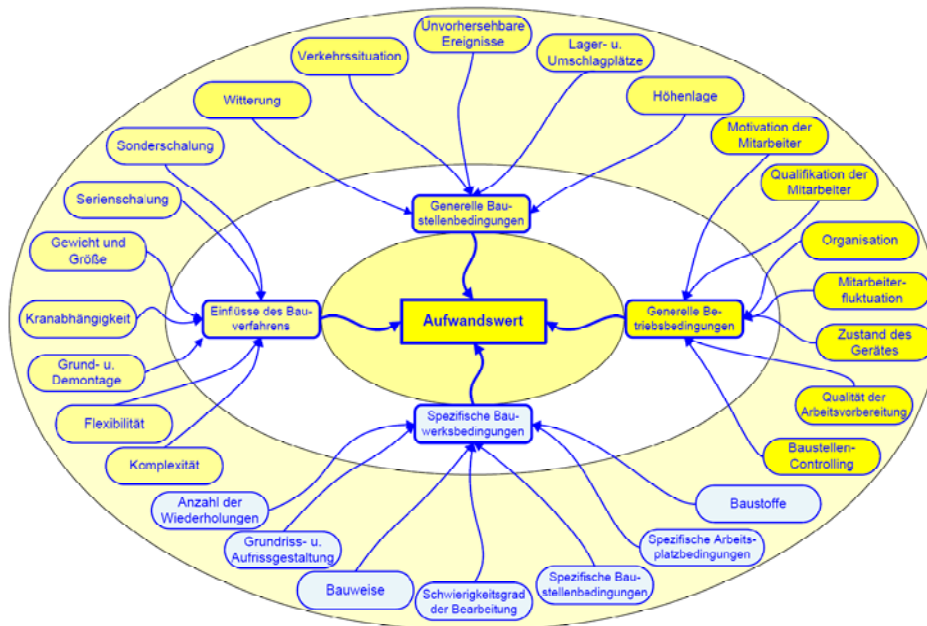


Abb. 21: Vielfalt der Einflüsse auf Aufwandswert – Beispiel: Schararbeiten²⁰⁶

In Abb. 21 sind einige Einflüsse auf den Aufwandswert am Beispiel von Schararbeiten dargestellt. Diese Darstellung zeigt auch die komplexe Zusammensetzung von Aufwandswerten, die je nach Gliederungstiefe in der entsprechenden Planungsphase angepasst werden kann. Im Rahmen der Bauausführung soll aus zeitnahen Leistungsfeststellungen auf die Ist-Aufandswerte geschlossen werden. Durch einen zeitlich und betrieblich abgegrenzten Soll/Ist- Vergleich können Abwei-

²⁰⁴ [Hofs2]; 301

²⁰⁵ vgl. [Hofs2]; 301

²⁰⁶ [Hofs1]; 20

chungen schnell festgestellt werden. Diese zeigen, wo das Soll liegt, d.h. ob zu langsam oder zu schnell gebaut wird.²⁰⁷

In die bauwirtschaftlichen Überlegungen fließt im Gegensatz zur baubetrieblichen Betrachtung auch die Situation am Einkaufs- und Verkaufsmarkt ein. Erst wenn Kenntnisse des Baubetriebs über die Aufwandswerte vorliegen, kann auf bauwirtschaftliche Interessen und Zwänge eingegangen werden.²⁰⁸

Die Aufwandswerte sind für jedes Projekt spezifisch anzupassen. Durch unterschiedliche Bauwerks-, Baustellen- und Betriebsbedingungen sowie Bauverfahren, ergeben sich auch unterschiedliche Aufwandswerte. Um erste Richtwerte für Aufwandswerte zu erhalten, kann auf interne und externe Quellen zurückgegriffen werden. Als interne Quelle dienen firmeneigene Projektdokumentationen und -analysen vorheriger durchgeführter Projekte. Diese werden in Richtwertetabellen oder in einer Datenbank zusammengefasst und können so bei der Bearbeitung und Kalkulation von neuen vergleichbaren Projekten herangezogen werden. Zu den externen Quellen zählen Bücher, Baustellenberichte von Baufirmen und Herstellerangaben. Die Aufwandswerte aus internen und besonders aus externen Quellen sind auf deren Plausibilität und Anwendbarkeit zu prüfen.²⁰⁹

Um eine Richtwertetabelle bzw. Datenbank als interne Quelle zu erhalten, müssen die Daten aus der Bauausführung im Zuge der Nachkalkulation oder des Baustellen-Controllings systematisch aufgezeichnet werden. Sind die Gesamtstunden und die spezifische Produktionsmenge für eine Leistung erfasst, kann der Aufwandswert für eine Tätigkeit nach Glg. 22 berechnet werden. Dabei ist der Aufwandswert $AW_{a,v,i}$ [Std/EH] der Quotient aus der Summe der Lohnstunden $\Sigma L_{FStd,a,v,i}$ [Std] und der Produktionsmenge $M_{a,v,i}$ [EH].²¹⁰

$$AW_{a,v,i} = \frac{\Sigma L_{Std,a,v,i}}{M_{a,v,i}} \quad [22]$$

²⁰⁷ vgl. [Hofs2]; 305ff

²⁰⁸ vgl. [Hofs2]; 308

²⁰⁹ vgl. [Hofs2]; 308ff

²¹⁰ vgl. [Hofs2]; 301ff

3.5.3 Gesamt-Aufandswert für Stahlbetonarbeiten

Der Gesamt-Aufandswert ist ein Durchschnittswert für die gesamten Stahlbetonarbeiten eines Bauwerks. Diese Kennzahl drückt die Arbeitsintensität für die Stahlbetonarbeiten aus. Bezogen auf den Kubikmeter Beton kann so der Arbeitsaufwand für die Stahlbetonarbeiten ermittelt werden. Hierfür müssen die Tätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren berücksichtigt werden.²¹¹

In der Grobplanung werden zur allgemeinen Betrachtung der Arbeitsintensität eines Bauwerks die spezifischen Aufandswerte für das Schalen, Bewehren und Betonieren zum Gesamt-Aufandswert AW_{STB} [Std/m³] zusammengefasst. Dieser gibt den Aufwand an Lohnstunden für den Kubikmeter Beton an. Die Berechnung erfolgt nach Glg. 23.²¹²

Es wird jeweils der spezifische Aufandswert für die Tätigkeit mit der dazugehörigen Kennzahl der Mengenermittlung multipliziert. Der erste Term ist das Produkt des mittleren Aufandswertes für die Schalarbeiten $AW_{S,MW}$ [Std/m²] und dem Schalungsgrad für das Bauwerk $s_{g,bwk}$ [m²/m³]. Der zweite Term ist das Produkt des mittleren Aufandswertes für die Bewehrungsarbeiten $AW_{BW,MW}$ [Std/to] und dem Bewehrungsgrad für das Bauwerk $bw_{g,bwk}$ [to/m³]. Am Ende wird der mittlere Aufandswert für die Betonarbeiten $AW_{BT,MW}$ [Std/m³] addiert.²¹³

$$AW_{STB} = AW_{S,MW} \times s_{g,bwk} + AW_{BW,MW} \times bw_{g,bwk} + AW_{BT,MW} \quad [23]$$

Für die Abschätzung in der Grobplanung wird für die einzelnen Parameter ein Minimal- bzw. Maximalwert eingesetzt. Dadurch ergibt sich für den Gesamt-Aufandswert eine gewisse Bandbreite in der auch der später genau ermittelte und nachkalkulierte Gesamt-Aufandswert liegen soll (siehe Glg. 24).²¹⁴

$$AW_{STB,MIN} \leq AW_{STB} \leq AW_{STB,MAX} \quad [24]$$

²¹¹ vgl. [Hofs1]; 109

²¹² vgl. [Hofs1]; 109

²¹³ vgl. [Hofs1]; 109

²¹⁴ vgl. [Hofs2]; 302ff

3.5.4 Mittlerer Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten

„Kennzahlen für den Arbeitsaufwand geben Auskunft über die Anzahl der Lohnstunden bezogen auf eine Mengeneinheit (z.B. m, m², m³ oder to). Für die Grobplanung werden die Mittelwerte für die weiteren Planungen herangezogen.“²¹⁵

Eine Lohnstunde wird aus dem Produkt der jeweiligen Menge (Schalfläche, Bewehrungs- oder Betonmenge) eines Bauteils und des zugehörigen Aufwandswertes gebildet.²¹⁶

Für die Feinplanung werden die Vorgänge zur Herstellung verschiedener Bauteile detaillierter betrachtet und mit spezifischen Aufwandswerten belegt. Diese können z.B. aus der Nachkalkulation voriger Projekte oder aus Literaturquellen bezogen werden.²¹⁷

3.5.4.1 Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten

Der mittlere Aufwandswert für die Schalarbeiten $AW_{S,MW}$ [Std/m²] setzt sich aus den Aufwandswerten und Schalflächen der einzelnen Bauteile eines Bauwerks zusammen. Zu den Bauteilen gehören Fundamente, Wände, Stützen, Decken und sonstige Bauteile. Die Berechnung erfolgt nach Glg. 25, wobei im Zähler die Produkte aus der Summe der Schalflächen ΣS_F [m²] und den Aufwandswerten AW_S [Std/m²] der einzelnen Bauteile eines Bauwerks addiert werden. Im Nenner werden die Summen der Schalflächen ΣS_F [m²] der einzelnen Bauteile eines Bauwerks addiert.²¹⁸

$$AW_{S,MW} = \frac{\Sigma S_{F,FU,i} \times AW_{S,FU,i} + \Sigma S_{F,WD,i} \times AW_{S,WD,i} + \Sigma S_{F,ST,i} \times AW_{S,ST,i}}{\Sigma S_{F,FU,i} + \Sigma S_{F,ST,i} + \Sigma S_{F,WD,i} + \Sigma S_{F,D,i} + \Sigma S_{F,SO,i}} + \frac{\Sigma S_{F,D,i} \times AW_{S,D,i} + \Sigma S_{F,SO,i} \times AW_{S,SO,i}}{\Sigma S_{F,FU,i} + \Sigma S_{F,ST,i} + \Sigma S_{F,WD,i} + \Sigma S_{F,D,i} + \Sigma S_{F,SO,i}} \quad [25]$$

In den nachstehenden Tabellen (Tab. 3 – 8) aus der Diplomarbeit von *Aigner* sind Aufwandswerte mehrerer Autoren für die Schalarbeiten der einzelnen Bauteile gegenübergestellt. Aufgelistet werden der minimale, der durchschnittliche und der maximale Aufwandswert jedes Autors sowie der Gesamtdurchschnitt der Aufwandswerte für den jeweiligen Bauteil.

²¹⁵ [Hofs1]; 110

²¹⁶ vgl. [Hofs1]; 111

²¹⁷ vgl. [Hofs1]; 112

²¹⁸ vgl. [Hofs1]; 110ff

Aufandswerte für Schalarbeiten an Fundamenten			
Autor	min. AW [Std/m ²]	Ø-AW [Std/m ²]	max. AW [Std/m ²]
ARH (HAB)	0,58	1,12	1,65
Drees / Kurz	1,20	2,50	3,80
Fleischmann	0,80	1,65	2,50
Hoffm. / Kremer	0,60	2,15	3,70
Hoffmann F.	0,40	1,25	2,10
Levsen	0,76	1,48	2,20
Meier	0,10	0,59	1,08
Platz	0,20	1,15	2,10
Plümecke	0,90	1,38	1,85
Gesamtdurchschnitt	0,62	1,47	2,33

Tabelle 3: Aufandswerte für Schalarbeiten an Fundamenten²¹⁹

Aufandswerte für Schalarbeiten an Stützen			
Autor	min. AW [Std/m ²]	Ø-AW [Std/m ²]	max. AW [Std/m ²]
ARH (HAB)	0,82	1,30	1,78
Drees / Kurz	1,50	2,50	3,50
Fleischmann	1,20	1,70	2,20
Hoffm. / Kremer	0,90	1,35	1,80
Hoffmann F.	0,75	1,68	2,60
Levsen	0,70	2,40	4,10
Meier	1,82	2,41	2,99
Platz	0,60	2,55	4,50
Plümecke	0,72	1,14	1,55
Gesamtdurchschnitt	1,00	1,89	2,78

Tabelle 4: Aufandswerte für Schalarbeiten an Stützen²²⁰

²¹⁹ vgl. [Aigne]; 139

²²⁰ vgl. [Aigne]; 145

Aufandswerte für Schalarbeiten an Wänden (konventionell)			
Autor	min. AW [Std/m ²]	Ø-AW [Std/m ²]	max. AW [Std/m ²]
ARH (HAB)	0,43	0,70	0,96
Drees / Kurz	2,30	2,50	2,70
Fleischmann	1,20	1,30	1,40
Hoffm. / Kremer	0,70	1,15	1,60
Hoffmann F.	0,65	0,98	1,30
Levsen	0,70	1,25	1,80
Meier	1,13	1,55	1,96
Platz	0,75	1,73	2,70
Plümecke	0,51	0,91	1,30
Gesamtdurchschnitt	0,93	1,34	1,75

Tabelle 5: Aufandswerte für Schalarbeiten an Wänden (konventionell)²²¹

Aufandswerte für Schalarbeiten an Wänden (GF-Schalung)			
Autor	min. AW [Std/m ²]	Ø-AW [Std/m ²]	max. AW [Std/m ²]
ARH (HAB)	0,12	0,27	0,42
Drees / Kurz	0,70	0,85	1,00
Hoffm. / Kremer	0,30	0,40	0,50
Hoffmann F.	0,38	0,56	0,73
Motzko	0,15	0,23	0,30
Platz	0,20	0,55	0,90
Plümecke	0,29	0,46	0,63
Gesamtdurchschnitt	0,31	0,47	0,64

Tabelle 6: Aufandswerte für Schalarbeiten an Wänden (GF-Schalung)²²²

²²¹ vgl. [Aigne]; 151

²²² vgl. [Aigne]; 157

Aufandswerte für Schalarbeiten an Decken (konventionell)			
Autor	min. AW [Std/m ²]	Ø-AW [Std/m ²]	max. AW [Std/m ²]
ARH (HAB)	0,46	0,72	0,97
Drees / Kurz	1,40	2,15	2,90
Fleischmann	1,00	1,25	1,50
Hoffm. / Kremer	0,80	0,90	1,00
Hoffmann F.	0,40	0,68	0,95
Levsen	1,00	1,70	2,40
Meier	0,80	0,86	0,92
Platz	0,60	1,45	2,30
Plümecke	0,65	0,68	0,70
Gesamtdurchschnitt	0,79	1,15	1,52

Tabelle 7: Aufandswerte für Schalarbeiten an Decken (konventionell)²²³

Aufandswerte für Schalarbeiten an Decken (System-Schalung)			
Autor	min. AW [Std/m ²]	Ø-AW [Std/m ²]	max. AW [Std/m ²]
ARH (HAB)	0,45	0,74	1,02
Drees / Kurz	0,70	0,73	0,75
Fleischmann	0,50	0,75	1,00
Hoffm. / Kremer	0,35	0,58	0,80
Hoffmann F.	0,24	0,41	0,58
Levsen	0,65	0,65	0,65
Platz	0,40	0,80	1,20
Plümecke	0,49	0,55	0,60
Gesamtdurchschnitt	0,47	0,65	0,83

Tabelle 8: Aufandswerte für Schalarbeiten an Decken (System-Schalung)²²⁴

²²³ vgl. [Aigne]; 163

²²⁴ vgl. [Aigne]; 169

3.5.4.2 Mittlerer Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten

Der mittlere Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten $AW_{BW,MW}$ [Std/to] setzt sich aus den Aufwandswerten und Bewehrungsmengen der einzelnen Bauteile eines Bauwerks zusammen. Die Berechnung erfolgt nach Glg. 26. Im Zähler werden die Produkte aus der Summe der Bewehrungsmengen ΣBW_M [to] mit den Aufwandswerten AW_{BW} [Std/to] der einzelnen Bauteile eines Bauwerks gebildet und addiert. Im Nenner werden die jeweiligen Summen der Bewehrungsmengen ΣBW_M [to] der einzelnen Bauteile eines Bauwerks addiert.²²⁵

$$\begin{aligned}
 AW_{BW,MW} = & \frac{\Sigma BW_{M,FU,i} \times AW_{BW,FU,i} + \Sigma BW_{M,WD,i} \times AW_{BW,WD,i}}{\Sigma BW_{M,FU,i} + \Sigma BW_{M,ST,i} + \Sigma BW_{M,WD,i} + \Sigma BW_{M,D,i} + \Sigma BW_{M,SO,i}} + \\
 & + \frac{\Sigma BW_{M,ST,i} \times AW_{BW,ST,i} + \Sigma BW_{M,D,i} \times AW_{BW,D,i}}{\Sigma BW_{M,FU,i} + \Sigma BW_{M,ST,i} + \Sigma BW_{M,WD,i} + \Sigma BW_{M,D,i} + \Sigma BW_{M,SO,i}} + \\
 & + \frac{\Sigma BW_{M,SO,i} \times AW_{BW,SO,i}}{\Sigma BW_{M,FU,i} + \Sigma BW_{M,ST,i} + \Sigma BW_{M,WD,i} + \Sigma BW_{M,D,i} + \Sigma BW_{M,SO,i}} \quad [26]
 \end{aligned}$$

In den folgenden Tabellen (Tab. 9 – 12) aus der Diplomarbeit von *Aigner* sind Aufwandswerte mehrerer Autoren für die Bewehrungsarbeiten der einzelnen Bauteile gegenübergestellt. Aufgelistet werden der minimale, der durchschnittliche und der maximale Aufwandswert jedes Autors sowie der Gesamtdurchschnitt der Aufwandswerte für den jeweiligen Bauteil.

Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten an Fundamenten			
Autor	min. AW [Std/t]	Ø-AW [Std/t]	max. AW [Std/t]
ARH	6,00	20,00	34,00
Hoffm. / Kremer	8,00	18,00	28,00
Levsen	11,00	21,00	31,00
Meier	16,75	24,88	33,00
Platz	6,00	27,00	48,00
Plümecke	6,50	21,00	35,50
Gesamtdurchschnitt	9,04	21,98	34,92

Tabelle 9: Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten an Fundamenten²²⁶

²²⁵ vgl. [Hofs1]; 111

²²⁶ vgl. [Aigne]; 174

Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Stützen			
Autor	min. AW [Std/t]	Ø-AW [Std/t]	max. AW [Std/t]
ARH	15,00	30,00	45,00
Hoffm. / Kremer	20,00	30,00	40,00
Levsen	38,00	38,00	38,00
Meier	19,60	25,63	31,65
Platz	13,00	30,50	48,00
Plümecke	16,50	33,00	49,50
Gesamtdurchschnitt	20,35	31,19	42,03

Tabelle 10: Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Stützen²²⁷

Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Wänden			
Autor	min. AW [Std/t]	Ø-AW [Std/t]	max. AW [Std/t]
ARH	10,00	26,00	42,00
Drees / Kurz	22,00	23,00	24,00
Hoffm. / Kremer	16,00	26,00	36,00
Levsen	13,00	22,75	32,50
Meier	19,00	34,18	49,35
Platz	17,00	31,50	46,00
Plümecke	10,50	28,25	46,00
Gesamtdurchschnitt	15,36	27,38	39,41

Tabelle 11: Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Wänden²²⁸

²²⁷ vgl. [Aigne]; 179

²²⁸ vgl. [Aigne]; 184

Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Decken			
Autor	min. AW [Std/t]	Ø-AW [Std/t]	max. AW [Std/t]
ARH	9,00	23,50	38,00
Drees / Kurz	12,00	14,00	16,00
Hoffm. / Kremer	12,00	22,50	33,00
Levsen	12,00	27,00	42,00
Meier	16,00	28,98	41,95
Platz	9,00	23,50	38,00
Plümecke	9,00	25,50	42,00
Gesamtdurchschnitt	11,29	23,57	35,85

Tabelle 12: Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Decken²²⁹

3.5.4.3 Mittlerer Aufandswert für die Betonarbeiten

Der mittlere Aufandswert für die Betonarbeiten $AW_{BT,MW}$ [Std/m³] setzt sich nach Glg. 27 aus den Aufandswerten und Betonmengen der einzelnen Bauteile eines Bauwerks zusammen. Im Zähler werden die Produkte aus der Summe der Betonmengen ΣBT_M [m³] mit den Aufandswerten AW_{BT} [Std/m³] der einzelnen Bauteile eines Bauwerks gebildet und addiert. Im Nenner werden die jeweiligen Summen der Betonmengen ΣBT_M [m³] der einzelnen Bauteile eines Bauwerks addiert.²³⁰

$$\begin{aligned}
 AW_{BT,MW} = & \frac{\Sigma BT_{M,FU,i} \times AW_{BT,FU,i} + \Sigma BT_{M,WD,i} \times AW_{BT,WD,i}}{\Sigma BT_{M,FU,i} + \Sigma BT_{M,ST,i} + \Sigma BT_{M,WD,i} + \Sigma BT_{M,D,i} + \Sigma BT_{M,SO,i}} + \\
 & + \frac{\Sigma BT_{M,ST,i} \times AW_{BT,ST,i} + \Sigma BT_{M,D,i} \times AW_{BT,D,i}}{\Sigma BT_{M,FU,i} + \Sigma BT_{M,ST,i} + \Sigma BT_{M,WD,i} + \Sigma BT_{M,D,i} + \Sigma BT_{M,SO,i}} + \\
 & + \frac{\Sigma BT_{M,SO,i} \times AW_{BT,SO,i}}{\Sigma BT_{M,FU,i} + \Sigma BT_{M,ST,i} + \Sigma BT_{M,WD,i} + \Sigma BT_{M,D,i} + \Sigma BT_{M,SO,i}} \quad [27]
 \end{aligned}$$

In den nachstehenden Tabellen (Tab. 13 – 16) aus der Diplomarbeit von *Aigner* sind Aufandswerte mehrerer Autoren für die Betonarbeiten der einzelnen Bauteile gegenübergestellt. Aufgelistet werden der minimale, der durchschnittliche und der maximale Aufandswert jedes

²²⁹ vgl. [Aigne]; 189

²³⁰ vgl. [Hofs1]; 111

Autors sowie der Gesamtdurchschnitt der Aufwandswerte für den jeweiligen Bauteil.

Aufwandswerte für Betonarbeiten an Fundamenten			
Autor	min. AW [Std/m ³]	Ø-AW [Std/m ³]	max. AW [Std/m ³]
ARH	0,35	0,80	1,25
Drees / Kurz	0,60	3,05	5,50
Fleischmann	0,90	1,20	1,50
Hoffm. / Kremer	0,30	0,55	0,80
Levsen	1,80	3,35	4,90
Meier	1,05	1,45	1,85
Platz	0,60	1,80	3,00
Plümecke	0,45	0,90	1,35
Gesamtdurchschnitt	0,76	1,64	2,52

Tabelle 13: Aufwandswerte für Betonarbeiten an Fundamenten²³¹

Aufwandswerte für Betonarbeiten an Stützen			
Autor	min. AW [Std/m ³]	Ø-AW [Std/m ³]	max. AW [Std/m ³]
ARH	1,40	2,10	2,80
Drees / Kurz	3,00	3,20	3,40
Fleischmann	2,00	2,10	2,20
Hoffm. / Kremer	1,20	2,00	2,80
Levsen	2,20	4,40	6,60
Meier	1,45	2,05	2,65
Platz	1,70	2,85	4,00
Plümecke	1,60	2,35	3,10
Gesamtdurchschnitt	1,82	2,63	3,44

Tabelle 14: Aufwandswerte für Betonarbeiten an Stützen²³²

²³¹ vgl. [Aigne]; 195

²³² vgl. [Aigne]; 200

Aufandswerte für Betonarbeiten an Wänden			
Autor	min. AW [Std/m³]	Ø-AW [Std/m³]	max. AW [Std/m³]
ARH	0,50	1,98	3,45
Drees / Kurz	2,20	2,40	2,60
Fleischmann	1,50	1,60	1,70
Hoffm. / Kremer	0,35	0,88	1,40
Levsen	1,80	3,60	5,40
Meier	1,15	1,80	2,45
Platz	1,20	2,90	4,60
Plümecke	0,64	2,05	3,45
Gesamtdurchschnitt	1,17	2,15	3,13

Tabelle 15: Aufandswerte für Betonarbeiten an Wänden²³³

Aufandswerte für Betonarbeiten an Decken			
Autor	min. AW [Std/m³]	Ø-AW [Std/m³]	max. AW [Std/m³]
ARH	0,32	0,79	1,25
Drees / Kurz	1,60	2,00	2,40
Fleischmann	1,20	1,35	1,50
Hoffm. / Kremer	0,30	0,55	0,80
Levsen	2,05	3,73	5,40
Meier	1,00	1,68	2,35
Platz	0,70	2,00	3,30
Plümecke	0,37	0,89	1,40
Gesamtdurchschnitt	0,94	1,62	2,30

Tabelle 16: Aufandswerte für Betonarbeiten an Decken²³⁴

²³³ vgl. [Aigne]; 205

²³⁴ vgl. [Aigne]; 210

3.6 Kennzahlen für die Leistung von Geräten

Eine Geräteeinsatzplanung im Rahmen der Bauablaufplanung wird meistens auf die Leistungs- und Schlüsselgeräte begrenzt. Insbesondere bei beengten Baustellenbedingungen, z.B. beim Bauen im innerstädtischen Bereich oder von Industrieanlagen in vorhandenen Produktionsbetrieben, ist die Wahl der richtigen Hebezeuge von großer Bedeutung. In der Grobablaufplanung wird häufig mit Hilfe von Kennzahlen eine erste Dimensionierung vorgenommen. Für spezielle Großgeräte ist mit der maschinentechnischen Abteilung bzw. dem eigenen Fuhrpark abzustimmen, inwieweit die geplanten Geräte im Bestand verfügbar sind oder ob sie angemietet werden müssen.²³⁵

Bei geräteintensiven Tätigkeiten wie z.B. im Erdbau, Straßenbau, Tunnelbau etc. hängen die Leistung und der Baufortschritt hauptsächlich von den Geräten ab. Grundsätzlich wird in der Leistungsberechnung zwischen zyklisch und kontinuierlich arbeitenden Geräten unterschieden.

3.6.1 Leistungsermittlung

Für die allgemeine Leistungsberechnung von Baugeräten wird in Kurzzeitleistung und Langzeitleistung unterschieden. Die Kurzzeitleistung ist die Leistung in der Hauptphase des Vorganges bezogen auf die Betriebszeit, d.h. die reine Arbeitszeit des Gerätes. Bei kontinuierlichem Geräteeinsatz entspricht diese weitgehend der durchschnittlichen Leistung des gesamten Arbeitstages. Bei zyklischen Arbeitsabläufen, bei denen das Gerät nur zeitweise in Betrieb ist, weicht die Kurzzeitleistung deutlich von der Durchschnittsleistung des Arbeitstages ab. Die Langzeitleistung, auch Einsatzleistung genannt, bezieht sich auf die Einsatzzeit der Geräte, die sich aus der Prozessdauer ergibt. Im Grunde werden zur Kurzzeitleistung die Vorbereitungs- und Einarbeitungszeit, die unproduktive betrieblich bedingte Wartezeit, die Dauer des Umsetzens sowie Zeiten für den Abschluss der Arbeiten ergänzt.²³⁶

²³⁵ vgl. [BeKoS]; 205ff

²³⁶ vgl. [Girms]; 11ff

Bei den Kurzzeitleistungen wird weiter unterschieden in:²³⁷

- ▶ **Theoretische Leistung**
- ▶ **Grundleistung**
- ▶ **Technische Grundleistung**
- ▶ **Nutzleistung**

Die Grundlage für die Leistungsberechnung der Bauablaufplanung und Logistik bildet die Nutzleistung Q_N [m^3/h], die auch Durchschnittsleistung oder Dauerleistung über die Betriebszeit genannt wird. Bei der Nutzleistung des Transportbetriebes werden alle bekannten materialbedingten und technischen Einflüsse, spezifische Baustellen- und Betriebsbedingungen sowie die Bedienung und die Geräteausnutzung durch Faktoren berücksichtigt. Die Berechnung erfolgt nach Glg. 28.²³⁸

$$Q_N = Q_T \times \frac{T_S}{t_{EP}} \times f_T \times f_{E1} \times f_{E2} \quad [28]$$

Die Nutzleistung hängt von der Grundleistung Q_T [m^3/h], von der Beladungsrate, das ist die Spielzeit T_S [min] dividiert durch Engpasszeit t_{EP} [min] und von einigen Faktoren ab.

Die Grundleistung Q_T wird dabei vom Nenninhalt des Transportgerätes, vom Ladefaktor und von der Spielzeit bestimmt. Die Spielzeit selbst ist die Summe aus Beladezeit, Lastfahrzeit, Kippzeit, Leerfahrzeit und Wagenwechselzeit.²³⁹

Bei der Engpasszeit ist der größere Wert von der Beladezeit oder der Kippzeit maßgebend. Die Beladezeit ist die Engpasszeit, wenn das Gerät an der Entnahmestelle langsamer ist. Wird die Engpasszeit von der Kippzeit maßgebend, dann leistet das Gerät an der Entladestelle weniger. Normalerweise ist aber das Gerät an der Entnahmestelle das Engpassgerät. Die vorhin genannte Beladungsrate ist daher wesentlich für die Wahl der Fahrzeuganzahl. Ist die Fahrzeuganzahl kleiner als die Beladungsrate, muss das Ladegerät warten. Ist die Fahrzeuganzahl größer als die Beladungsrate, müssen die Transportfahrzeuge warten. Die günstigere der beiden Varianten kann nur durch eine Kostengegenüberstellung gefunden werden. Meist ist es aber wirtschaftlicher, die Fahrzeuganzahl geringer als die Beladungsrate zu wählen.²⁴⁰

²³⁷ vgl. [Girms]; 11ff

²³⁸ vgl. [ABBLU]; 2.59

²³⁹ vgl. [ABBLU]; 2.47ff

²⁴⁰ vgl. [ABBLU]; 2.59

Weitere Faktoren der Gleichung sind der Transportbetriebsfaktor f_T [-], der Baustellenfaktor f_{E1} [-] und der Betriebsfaktor f_{E2} [-]. Der Transportbetriebsfaktor berücksichtigt das Zusammenwirken mehrerer Transportfahrzeuge mit einem Ladegerät. Der Baustellenfaktor bewertet die Verkehrsdichte, mögliche Störstellen sowie die gemeinsame Transportstrecke bzw. Kippstelle bei zwei oder mehreren Ladebetrieben. Schlussendlich wird durch den Betriebsfaktor noch die Qualität und Einsatzfreude des Maschinisten und das Alter bzw. der Zustand des Gerätes berücksichtigt.²⁴¹

Im Erdbau stellen beispielsweise die Ladegeräte oder der Transportbetrieb die bauzeitbeeinflussenden Geräte dar. Der niedrigere der beiden Leistungswerte, entweder die Aushubleistung oder die Transportleistung, bestimmt die Bauzeit.²⁴²

Für die Logistik ist die Anzahl der erforderlichen Transporte je Zeiteinheit sowie die Transportintervalle wesentlich. Die Baustellen- und Bauwerksbedingungen sind auf mögliche Beschränkungen hinsichtlich der Kapazität der einzelnen Geräte und der Transportintervalle zu untersuchen.²⁴³

Die Ermittlung der Anzahl der Krane, welche zu den am meisten bauzeitbeeinflussenden Geräten im Stahlbetonbau zählen, ist im folgenden Kapitel beschrieben.²⁴⁴

²⁴¹ vgl. [ABBLU]; 2.60, 2.61, 1.18

²⁴² vgl. [Hofs1]; 66

²⁴³ vgl. [Hofs1]; 66

²⁴⁴ vgl. [Hofs1]; 65

3.6.2 Kennzahlen zur Ermittlung der Anzahl der Krane

Im Hochbau bilden die Krane die wesentliche „Drehscheibe“ für die vertikale und horizontale Verteilung der Materialien und Bauteile auf der Baustelle.

Vor allem auf Hochbaubaustellen erfolgt der Transport größtenteils mit Kranen, die die vertikale und horizontale Verteilung der Bauteile, der Schalung, der Bewehrung etc. auf der Baustelle durchführen. Die erforderliche Anzahl an Kranen ist abhängig von der Bauzeit und dem eingesetzten Bauverfahren, aber auch von der zur Verfügung stehenden Fläche, der Arbeitskräfteanzahl und den Bauwerks- und Baustellenbedingungen. Der Kran stellt häufig auch das Engpassgerät auf der Baustelle dar, welches den zeitlich kritischen Weg vorgibt.²⁴⁵

Im Wesentlichen gibt es drei Auswahlkriterien mit deren Hilfe und Abwägung in der Arbeitsvorbereitung eine Entscheidung zur Kranauswahl herbeigeführt werden kann. Diese sind:²⁴⁶

▶ bauverfahrenstechnische Kriterien

- Anzahl der vom Kran zu bedienenden Arbeitskräfte
- Arbeitsgeschwindigkeit

▶ gerätespezifische Kriterien

- Traglast
- Ausladung
- Höhe
- Stellfläche

▶ wirtschaftliche Kriterien

- Gerätekosten
- Kosten für Montage und Demontage

Die wichtigsten Abhängigkeiten zur Auswahl der Krananzahl, die überwiegend bauverfahrenstechnische Kriterien betreffen, bestehen zwischen der Bauweise, der Bauzeit und der Anzahl der Arbeitskräfte. Für eine kürzere Baudauer ergeben sich dadurch mehr Arbeitskräfte auf der Baustelle, woraus wiederum eine größere Anzahl an Kranen resultiert.²⁴⁷

²⁴⁵ vgl. [Hofs2]; 13

²⁴⁶ vgl. [Duzma]; 36

²⁴⁷ vgl. [Duzma]; 46

Eine überschlägige Bestimmung der erforderlichen Krane in Abhängigkeit der Bauweise kann der Tabelle 17 nach *Schach und Otto* entnommen werden (AK = Arbeitskräfte).²⁴⁸

Kran-Proportionalitätsfaktor	Mischbauweise	Stahlbetonbauweise
AK / Kran – Betoneinbau mit Kran	≤ 15	≤ 13
AK / Kran – Betoneinbau mit Pumpe	≤ 25	≤ 25
AK / Kran – Fertigteilmontage	3 bis 5	
m³ BRI / Kran x Monat	1500 bis 2000	2500 bis 3000
Tonnage Baustoffe / Kran x Monat	600 bis 700	
Tonnage Bau- u. Bauhilfsstoffe / Kran x Monat	700 bis 800	

Tabelle 17: Richtwerte üblicher Krankapazitäten²⁴⁹

Die Ermittlung der richtigen Krananzahl hat einen wesentlichen Anteil an der richtigen Planung für einen reibungslosen Bauablauf. Die folgenden Kapitel zeigen verschiedene Methoden zur Ermittlung der Krananzahl.

3.6.2.1 Ermittlung der Anzahl der Krane aus der Arbeitskräfteanzahl

Die Anzahl der Krane $ANZ_{K,AK}$ [-] für ein Bauprojekt lässt sich nach Glg 29 über die Anzahl der Arbeitskräfte ermitteln. Im Zähler steht die Gesamtanzahl an Arbeitskräften AK_{RB} [AK] auf der Baustelle und im Nenner deren Kran-Proportionalitätsfaktor $PF_{K,AK}$ [AK/Kran]. Der Kran-Proportionalitätsfaktor drückt aus wie viele Arbeitskräfte durchschnittlich von einem Kran bedient werden können. Dies hängt in erster Linie wie in Tabelle 17 ersichtlich, von der Bauweise aber auch von der Produktivität der Arbeitskräfte ab.²⁵⁰

$$ANZ_{K,AK} = \frac{AK_{RB}}{PF_{K,AK}} \quad [29]$$

²⁴⁸ vgl. [Duzma]; 37

²⁴⁹ [Duzma]; 37

²⁵⁰ vgl. [Duzma]; 48

3.6.2.2 Ermittlung der Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt

Eine weitere Möglichkeit die Krananzahl zu ermitteln ist diese mit dem Bruttorauminhalt in Beziehung zu stellen. Die Anzahl der Krane $ANZ_{K,BRI}$ [-] wird berechnet, indem der Bruttorauminhalt des Bauwerks BRI_{BWK} [m³] durch das Produkt aus dem Kran-Proportionalitätsfaktor $PF_{K,BRI}$ [m³/Kran x Mo] und der Anzahl der Kranmonate $ANZ_{K,Mo}$ [Mo] (siehe Glg. 30). Die Kranmonate geben die geplante Einsatzdauer der Krane auf der Baustelle an.²⁵¹

$$ANZ_{K,BRI} = \frac{BRI_{BWK}}{PF_{K,BRI} \times ANZ_{K,Mo}} \quad [30]$$

3.6.2.3 Ermittlung der Anzahl der Krane aus dem Baustoffgewicht

Die Anzahl der Krane kann auch ermittelt werden, indem die monatliche Kranleistung auf das zu transportierende Baustoffgewicht pro Kran und Monat bezogen wird. In der Richtwertetabelle (Tabelle 17) nach *Schach und Otto* werden ca. 600 bis 700 Tonnen transportierte Baustoffe je Kran und Monat angegeben. Zum Vergleich führt *Spranz* einen Durchschnitt von 1000 to je Kran und Monat an, wobei auch hier nur das Gewicht der im Rohbau verarbeiteten Baustoffe berücksichtigt wird und Geräte wie z.B. Schalungen nicht inkludiert sind.²⁵²

Zur Ermittlung von geeigneten Kranstandorten ist es außerdem von Vorteil zu wissen, wo die „Schwerpunkte“ der vom Kran zu transportierenden Mengen an Baustoffen, Bauhilfsstoffen und Geräten (z.B. Schalung) liegen. Eventuell müssen zur optimalen Abdeckung dieser Abschnitte auch mehrere Krane in Betracht gezogen werden.²⁵³

3.6.2.4 Ermittlung der Anzahl der Krane aus Kranbelegungswerten

Eine aufwendigere Methode zur Kranzahlbestimmung ist die Ermittlung über Kranbelegungswerte. Der Kranbelegungswert gibt die benötigte Kranzeit je Einheit an. Als Zeiteinheit wird die Stunde [h] und als Mengeneinheit, je nach Vorgang, [m²], [m³] oder [to] verwendet. In Tabelle 18 sind für die Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren Ober- und Untergrenzen für die Kranbelegungswerte bei Stahlbetonarbeiten angegeben.²⁵⁴

²⁵¹ vgl. [Duzma]; 51

²⁵² vgl. [Duzma]; 53

²⁵³ vgl. [Duzma]; 37

²⁵⁴ vgl. [Hofs1]; 165ff

Ober- und Untergrenze der Kranbelegungswerte		
VORGANG	UNTERGRENZE	OBERGRENZE
Schalen	h/m²	h/m²
konventionelle Deckenschalung	0,02	0,09
Deckentische	0,02	0,03
Stützen	0,02	0,045
Großflächen Wände	0,04	0,08
konventionelle Wandschalung	0,02	0,045
Unterzüge auf Tischen	0,025	0,035
Unterzüge auf Böcken	0,03	0,04
Rippendecken	0,05	0,09
Fundamente	0,01	0,02
Bewehren	h/to	h/to
Matten	0,30	0,55
Rund- und Stabstahl	0,20	0,35
Bewehrung gesamt	0,24	0,40
Betonieren	h/m³	h/m³
Decken	0,06	0,12
Fundamente	0,05	0,09
Wände	0,08	0,15
Stützen	0,12	0,26

Tabelle 18: Ober- und Untergrenzen für die Kranbelegungswerte bei Stahlbetonarbeiten²⁵⁵

Die erforderliche Betriebsmittelzeit t_B [h] setzt sich nach Glg. 31 aus der Summe der Betriebsmittelgrundzeit t_{Bg} [h], der zusätzlichen Nutzungszeit t_{Bz} [h] und der Brachzeit t_{Bb} [h] zusammen.²⁵⁶

$$t_B = t_{Bg} + t_{Bz} + t_{Bb} \quad [31]$$

Die Betriebsmittelgrundzeit t_{Bg} [h] wird als Summe der produktiven Kranbelegungswerte bezeichnet. Bei deren Ermittlung werden voraussichtliche Transportmengen z.B. für die Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren berücksichtigt. Die zusätzliche Nutzungszeit bildet bezogen auf die Betriebsmittelzeit eine Reserve in der Höhe von 10 – 15 % für nicht vorhersehbare Transportvorgänge wie z.B. Auf- und

²⁵⁵ [Hofs1]; 165

²⁵⁶ vgl. [Hofs1]; 166

Abladearbeiten oder für das Versetzen von Einbauteilen. Der Brachzeitanteil liegt bei ca. 30 – 35 % bezogen auf die Betriebsmittelzeit. Der Brachzeitanteil ruht daher, dass die einzelnen Transportvorgänge nicht genau terminisierbar sind und um die Wartezeiten bei den Arbeitskräften zu vermeiden.²⁵⁷

Die Betriebsmittelzeit stellt somit den gesamten Bedarf an Kranstunden für ein Bauwerk dar, um nach Glg. 32 die Anzahl der Krane $ANZ_{K,KBW}$ [-] zu berechnen. Die im Zähler stehende Betriebsmittelzeit t_B [h] wird durch das Produkt der geplanten Rohbauzeit D_{RB} [Mo] und der Anzahl der Kranstunden je Kran und Monat $ANZ_{K,h,Mo}$ [h/Mo] im Nenner dividiert. In der Grobplanung wird die Zeiteinheit in Monaten gewählt und die Differenzierung erfolgt in der Regel nur in Bauabschnitten. In der Feinplanung wird hingegen in Bauteile differenziert und ein detaillierter Bauablaufplan erstellt, aus dem die räumlichen und zeitlichen Abfolgen (meist in Wochen) ersichtlich sind.²⁵⁸

$$ANZ_{K,KBW} = \frac{t_B}{D_{RB} \times ANZ_{K,h,Mo}} \quad [32]$$

3.6.2.5 Ermittlung der Anzahl der Krane über die Grundrissfläche des Bauwerks und den Kranradius

Der Bauwerksgrundriss und die zur Verfügung stehende Baustelleneinrichtungsfläche begrenzen die mögliche Anzahl der installierbaren Krane. Wird ein Kran innerhalb des Bauwerks aufgestellt, kann der Schwenkbereich bis zu 100 % über dem Bauwerk liegen. Steht der Kran hingegen außerhalb der Bauwerksgrenzen liegt nur ein Teil seines Schwenkbereiches über dem Bauwerk. Der Anteil des Schwenkbereiches über dem Bauwerk lässt sich anhand der Baustelleneinrichtungspläne ermitteln.²⁵⁹

Die überschlägige Ermittlung der Anzahl der Krane über die geometrischen Verhältnisse $ANZ_{K,GEO}$ [-] kann nach Glg. 33 erfolgen. Im Zähler werden der Faktor f_{Kran} [-] als Maß für die Krandichte und die Grundrissfläche des Bauwerks GF_{BWK} [m²] multipliziert. Im Nenner wird die Grundrissfläche des Schwenkbereiches des Krans mit dem mittleren Kranradius r_{Kran} [m] berücksichtigt.²⁶⁰

²⁵⁷ vgl. [Hofs1]; 166

²⁵⁸ vgl. [Hofs1]; 167

²⁵⁹ vgl. [Duzma]; 66

²⁶⁰ vgl. [Duzma]; 66

$$ANZ_{K,GEO} = \frac{f_{Kran} \times GF_{BWK}}{r_{Kran}^2 \times \pi} \quad [33]$$

Der Faktor f_{Kran} als Maß für die Krandichte wird auf die Grundrissfläche des Bauwerks bezogen und bewegt sich erfahrungsgemäß zwischen den Werten 1,5 und 2,5. Der kleinere Wert steht für eine geringere Krandichte, d.h. dass sich ca. 50 % der Krane innerhalb des Bauwerksgrundrisses befinden. Der Wert 2,5 steht für eine größere Krandichte innerhalb des Bauwerksgrundrisses.

Da die angeführten Methoden die gängigsten zur Ermittlung der Krananzahl sind, wird auf weitere Ermittlungsmethoden für die Krananzahl in dieser Masterarbeit nicht eingegangen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Bauwerks- und Baustellenbedingungen auf jeder Baustelle unterschiedlich sind und somit die Krantypen und die erforderliche Anzahl an Kranen immer neu ermittelt werden muss. Die richtige Ermittlung trägt erheblich zu einem reibungslosen Arbeitsablauf bei und wirkt unerwünschten Wartezeiten bei den Arbeitskräften und Leerzeiten bei den Kranen entgegen.

3.7 Kennzahl zur Mindestarbeitsfläche

Die Haupttätigkeiten im Zusammenhang mit den Stahlbetonarbeiten sind Schalungs-, Bewehrungs- und Betonarbeiten, die wiederum durch die eingesetzten Verfahren, Geräte und Materialien gekennzeichnet sind. Zur Erzielung einer bestimmten Produktionsleistung ist aber auch eine bestimmte Anzahl an Arbeitskräften erforderlich. Die Produktivität der Arbeitskräfte hängt unter anderem von der täglichen Arbeitszeit und der zur Verfügung stehenden Arbeitsfläche ab. In der Bauablaufplanung sollte eine bestimmte Mindestfläche je Arbeitskraft nicht unterschritten werden.²⁶¹

Die Kennzahl zur Mindestarbeitsfläche dient dem Auftragnehmer zur Planung des Bauablaufs und der Logistik sowie der Kalkulation und wird auf den Bauwerksgrundriss bezogen. Bei Einhaltung der Mindestarbeitsfläche kann davon ausgegangen werden, dass es zu keinen Produktivitätsverlusten aufgrund gegenseitiger Behinderungen der Arbeitskräfte oder verschiedener Arbeitsgruppen kommt. Der Auftraggeber sollte die Mindestarbeitsfläche bei der Ermittlung der Rohbauzeit beachten.²⁶²

Einerseits ergibt sich die kürzest mögliche Bauzeit aus dem Maximum an einsetzbaren Ressourcen. Andererseits ergibt sich der notwendige Ressourceneinsatz aus der zur Verfügung stehenden Bauzeit und der Produktionsmenge. Die Anzahl der Arbeitskräfte steht immer im Zusammenhang mit dem zur Verfügung stehenden Arbeitsraum und der Anzahl an Geräten. Die maximale Anzahl der beschäftigten Arbeitskräfte hängt im Hochbau mitunter auch von der Anzahl der einsetzbaren Krane ab.²⁶³

Untersuchungen der Technischen Universität Graz (Anfang 2008) anhand von Expertenbefragungen haben ergeben, dass die durchschnittliche Mindestarbeitsfläche für Stahlbetonarbeiten 30 m² beträgt. Zum Vergleich wurde die Kennzahl für die Mindestarbeitsfläche im Jahre 1986 von *Krampert* für den Hochbau mit 15 m² je Arbeitskraft angegeben. Fazit ist, dass sich die Mindestarbeitsfläche in ca. 20 Jahren verdoppelt hat. Im Zuge der Arbeitsvorbereitung wird versucht diese Mindestarbeitsfläche nicht zu unterschreiten, da sonst in der Bauausführung mit Produktivitätsverlusten zu rechnen ist.²⁶⁴

²⁶¹ vgl. [Hofs2]; 444

²⁶² vgl. [Hofs2]; 444

²⁶³ vgl. [Hofs2]; 444

²⁶⁴ vgl. [Hofs2]; 446

Die Kennzahl zur Mindestarbeitsfläche kann vom Auftragnehmer und vom Auftraggeber angewendet werden.²⁶⁵

Anwendungen für den Auftragnehmer sind:²⁶⁶

- Berücksichtigung in der Bauablaufplanung
- Berücksichtigung in der Ressourcenplanung
- Berücksichtigung in der Bauzeitplanung
- Berücksichtigung in der Logistikplanung
- Abschätzung des möglichen Forcierungspotentials
- Erstellung und Argumentation von Mehrkostenforderungen etc.

Anwendungen für den Auftraggeber sind:²⁶⁷

- Berücksichtigung bei der Ermittlung des Terminplans
- Berücksichtigung bei der Kostenschätzung
- Abschätzung des möglichen Forcierungspotentials
- Beurteilung von Mehrkostenforderungen etc.

²⁶⁵ vgl. [Hofs2]; 451

²⁶⁶ vgl. [Hofs2]; 451ff

²⁶⁷ vgl. [Hofs2]; 451

3.8 Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften

Die erforderliche Anzahl an Arbeitskräften hängt von der Bauzeit und der Produktionsmenge ab. Die maximale Obergrenze an einsetzbaren Arbeitskräften wird durch die Bauwerks- und Baustellenbedingungen und den Fertigungsablauf bestimmt. Neben der Einhaltung der Mindestarbeitsfläche sind auch die maximal einsetzbaren Engpassgeräte, allen voran die Krane im Hochbau, maßgebend. Begrenzt wird die Arbeitskräfteanzahl auch von der Verfügbarkeit hinsichtlich Anzahl und Qualifikation.²⁶⁸

Die Vielfalt der Einflüsse auf die Anzahl an Arbeitskräften sind in Abb. 22 dargestellt und werden in vier Hauptgruppen zusammengefasst. Diese sind die Anzahl der Geräte, die durchschnittliche Arbeitsfläche, die Verfügbarkeit und die Bauweise.²⁶⁹

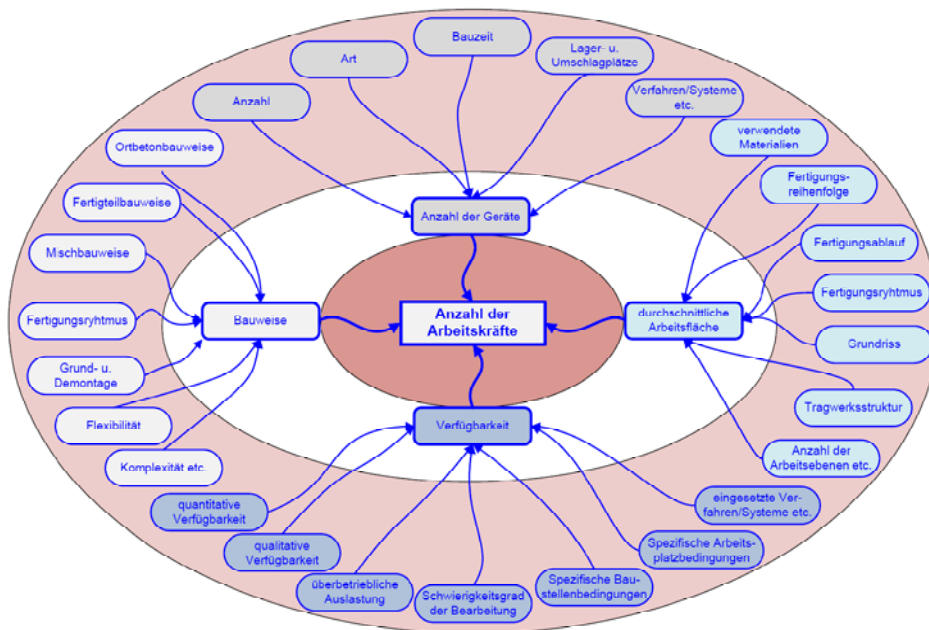


Abb. 22: Vielfalt der Einflüsse auf die Anzahl der Arbeitskräfte²⁷⁰

Für die Grobplanung sind vor allem die maximale und die durchschnittliche Arbeitskräfteanzahl von Bedeutung. Die minimale Dauer für Rohbauarbeiten wird aus dem Quotienten der Produktionsmenge und der maximalen Leistung ermittelt. Ist die Baudauer vertraglich vorgegeben, ergibt sich aus der Produktionsmenge die dazu notwendige Durchschnittsleistung.²⁷¹

²⁶⁸ vgl. [Hofs1]; 56ff

²⁶⁹ [Hofs1]; 57

²⁷⁰ [Hofs5]; 10

²⁷¹ vgl. [Hofs1]; 57ff

Ideal für die Bauablaufplanung und die Logistik ist eine konstante Leistung über die Bauzeit. Praktisch kann diese aufgrund unterschiedlicher Mengen und Arbeitsaufwände für Decken, Wände, Stützen etc. nur näherungsweise erreicht werden. Zudem sind in den drei Hauptphasen des Bauablaufs, der Anlaufphase, der Hauptbauphase und der Auslaufphase (siehe Abb. 23 in Kapitel 3.9 auf Seite 108), jeweils unterschiedliche Bedingungen auf der Baustelle anzutreffen. In der Anlaufphase steht nur ein begrenzter Arbeitsraum für Arbeitskräfte und Geräte zur Verfügung. Gerade bei den Schalarbeiten ist auch die Einarbeitungszeit zu berücksichtigen. Der Arbeitskräfteeinsatz steigt „treppenförmig“ bis zur Hauptbauzeit an. Bei gewissenhafter Planung ist in der Hauptbauzeit genügend Arbeitsfläche für die Arbeiter und die Geräte vorhanden. In dieser Phase ergibt sich der maximale Arbeitskräfteeinsatz. Aber auch in der Hauptbauzeit kann es vor bzw. nach Feiertagen, Urlauben oder speziell durch die Winterpause immer wieder zu Schwankungen der Arbeitskräfteanzahl kommen. In der Auslaufphase der Stahlbetonarbeiten reduziert sich der Arbeitskräftebedarf nach dem letzten Betoniervorgang wieder „treppenförmig“. Die Arbeitskräfte für Bewehrungs- und Betonierarbeiten und auch ein Großteil der Schalungsmannschaft werden abgezogen. Die verbliebenen Arbeiter schalen die letzten Fertigungsabschnitte und Bauteile aus, behandeln und bearbeiten diese nach und bereiten die Schalung für den Abtransport vor.²⁷²

3.8.1 Berechnung der Lohnstunden

Zur Berechnung der Lohnstunden $\Sigma L_{\text{Std, RB}}$ [Std] für die Rohbauarbeiten wird nach Glg. 34 vorgegangen. Dabei werden die Gesamtdauer D_{GES} [d] mit der Hauptbauzeit D_{HP} [d] addiert und diese Summe mit der maximalen Anzahl an Arbeitskräften $AK_{\text{RB, MAX}}$ [Std/h] und der täglichen Arbeitszeit AZ_{RB} [h/d] multipliziert und durch zwei geteilt.²⁷³

$$\Sigma L_{\text{Std, RB}} = \frac{1}{2} \times (D_{\text{GES}} + D_{\text{HP}}) \times AK_{\text{RB, MAX}} \times AZ_{\text{RB}} \quad [34]$$

Für eine erste überschlägige Abschätzung der Lohnstunden für die Rohbauarbeiten eines Bauwerks kann laut Herrn Christoph Hatzl, Kalkulant bei der Fa. Strabag, der Bruttorauminhalt mit 0,8 multipliziert werden.

²⁷² vgl. [Hofs1]; 57ff

²⁷³ vgl. [Hofs1]; 59

3.8.2 Berechnung der Anzahl an Arbeitskräften

In der Grobplanung für die Rohbauarbeiten wird für die Produktionsmenge entweder der Bruttorauminhalt oder die Stahlbetonmenge angesetzt. Wird die Stahlbetonmenge herangezogen, folgt die erforderliche durchschnittliche Anzahl der Arbeitskräfte $AK_{STB,MW}$ [Std/h] nach Glg. 35.²⁷⁴

$$AK_{STB,MW} = \frac{M_{STB} \times AW_{STB}}{D_{STB} \times AZ_{STB}} \quad [35]$$

Bis auf die vertraglich vorgegebene gesamte Dauer der Stahlbetonarbeiten D_{STB} [d] werden die Menge M_{STB} [m³], der Gesamtaufwandswert AW_{STB} [Std/m³] und die Arbeitszeit AZ_{STB} [h/d] angenommen bzw. überschlägig ermittelt. Werden andere Mengeneinheiten wie z.B. Bruttorauminhalt, Stahlmenge etc. für die Produktionsmenge eingesetzt, ist sinngemäß vorzugehen.²⁷⁵

Aus Glg. 35 kann mit Hilfe des Flächeninhalts eines unregelmäßigen Trapezes (siehe Abb. 23) der idealisierten Entwicklung der Anzahl der Arbeitskräfte auch die maximale Anzahl an Arbeitskräften $AK_{STB,MAX}$ mit Glg. 36 berechnet werden. Das Ergebnis ist die rein rechnerisch notwendige maximale Arbeitskräfteanzahl.²⁷⁶

$$AK_{STB,MAX} = \frac{D_{GES} \times AK_{STB,MW}}{D_{HP} + \frac{1}{2} \times (D_{AN} + D_{AUS})} \quad [36]$$

Da für den Auftraggeber aber auch die kürzest mögliche Bauzeit von großem Interesse ist, kann die maximale Anzahl an Arbeitskräften $AK_{STB,MAX}$ auch über die Anzahl der einsetzbaren Krane oder den verfügbaren Arbeitsraum nach den nachfolgenden Gleichungen ermittelt werden.²⁷⁷

Nach Glg. 37 wird die maximale Anzahl an Arbeitskräften $AK_{STB,MAX}$ aus dem Produkt der Anzahl der Krane $ANZ_{K,AK}$ und dem Kran-Propportionalitätsfaktor $PF_{K,AK}$ [AK/Kran] berechnet.²⁷⁸

$$AK_{STB,MAX} = ANZ_{K,AK} \times PF_{K,AK} \quad [37]$$

²⁷⁴ vgl. [Hofs1]; 60

²⁷⁵ vgl. [Hofs1]; 60

²⁷⁶ vgl. [Hofs6]; 8

²⁷⁷ vgl. [Hofs1]; 60

²⁷⁸ vgl. [Hofs1]; 60

Erfolgt die Berechnung über die gesamte Arbeitsfläche GES_{AF} [m²], wird diese durch die Mindestarbeitsfläche je Arbeitskraft AK_{AR} [m²/AK] dividiert. Siehe Glg. 38.²⁷⁹

$$AK_{STB,MAX} = \frac{GES_{AF}}{AK_{AR}} \quad [38]$$

Der niedrigere Wert, d.h. die geringere maximale Anzahl an Arbeitskräften aus den Glg. 37 und Glg. 38 ist für die Gesamtanzahl maßgebend.²⁸⁰

Das Verhältnis aus der durchschnittlichen und der maximalen Anzahl an Arbeitskräften ergibt nach Glg. 39 den Arbeitskräfteverhältniswert f_{AK} [-].²⁸¹

$$f_{AK} = \frac{AK_{STB,MW}}{AK_{STB,MAX}} \quad [39]$$

Der Arbeitskräfteverhältniswert ist immer kleiner als eins. Nähert er sich der Zahl Eins bedeutet das, dass die Hauptbauphase gegenüber der An- und Auslaufphase sehr lange dauert. In der Regel liegt dieses Verhältnis zwischen 0,65 und 0,80.

²⁷⁹ vgl. [Hofs1]; 61

²⁸⁰ vgl. [Hofs1]; 61

²⁸¹ vgl. [Hofs6]; 8

3.8.3 Arbeitskräfteverhältniszahl

Die ermittelte Anzahl an Arbeitskräften für den Stahlbetonbau kann auf die einzelnen Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren aufgeteilt werden. Anhand der Analyse aus mehreren Hochbauprojekten wurde folgendes Verhältnis festgestellt:²⁸²

$$AK_{BT} : AK_{BW} : AK_S = 1 : (2 \div 3) : (5 \div 6) \quad [40]$$

Aus dieser Verhältniszahl kommen auf einen Betonierer 2 bis 3 Beweher und 5 bis 6 Schaler. Dieses Verhältnis gilt nur dann, wenn die Vorgänge jeweils von eigenen Arbeitsgruppen ausgeführt werden.

Erfahrungsgemäß werden für das Betonieren der Wände und Stützen mindestens zwei Arbeitskräfte benötigt. Für das Betonieren von Decken und Bodenplatten besteht die Arbeitsgruppe aus mindestens vier Arbeitern.

In der Praxis ist es oftmals so, dass es keine eigenen Arbeitskräfte für die Betonierarbeiten gibt. Dieser Vorgang wird auch von den Schalarbeitern durchgeführt. So wird gewährleistet, dass eine Arbeitspartie für den Bauteil, den sie geschalt und betoniert hat, verantwortlich ist und bei Ausführungsfehlern herangezogen werden kann. Fehler sind z.B. Maßungenauigkeiten, mangelnde Oberflächenqualität, schlechtes Verdichten und ähnliches.

3.8.4 Arbeitszeit

Um die erforderliche Leistung in der vereinbarten Baudauer erbringen zu können, muss grundsätzlich auch festgelegt werden, welches Arbeitszeitmodell mit der entsprechenden täglichen Arbeitszeit dafür notwendig ist. Die gesetzlichen Vorschriften müssen hierfür beachtet und eingehalten werden.²⁸³

Speziell im Auslandsbau müssen die Gegebenheiten des Landes berücksichtigt werden. Arbeitszeitbestimmend ist auch das gewählte Bauverfahren. Beispielsweise erfordert der Einsatz eines Gleitschalungssystems einen Durchlaufbetrieb.²⁸⁴

²⁸² vgl. [Hofs1]; 65

²⁸³ vgl. [Hofs1]; 65

²⁸⁴ vgl. [Hofs1]; 65

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN

ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

3 Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten

Die Arbeitszeit ist auch vom Ort des Bauvorhabens abhängig. Im Stadtgebiet sind meist die Beginn- und Endzeiten vorgeschrieben, um die Bewohner vor Lärm, Erschütterungen, Staub etc. zu schützen. Noch strikter sind die Zeitfenster für Bautätigkeiten in Erholungs- und Kurgebiete festgelegt. Die Ruhezeiten in der Nacht, aber auch oft zur Mittagszeit, müssen unbedingt eingehalten werden, da sonst mit hohen Strafen oder im schlimmsten Falle mit einem Baustopp zu rechnen ist.

In der Baubranche sind folgende Arbeitszeitmodelle üblich, auf die in dieser Arbeit aber nicht näher eingegangen wird:²⁸⁵

- Regularbeit bzw. Normalarbeitszeit
- Lange/ Kurze Woche
- Dekadenarbeit
- Schichtarbeit

²⁸⁵ vgl. [NösRu]; 17ff

3.9 Kennzahlen für die Dauer der Stahlbetonarbeiten

Die Dauer für die Rohbauarbeiten eines Bauwerks in Stahlbetonbauweise wird wesentlich von den zu verarbeitenden Mengen und von der Leistung in der Ausführung bestimmt. Die Leistung ist abhängig von den Bauwerks- und Baustellenbedingungen und der einsetzbaren Ressourcen an Arbeitskräften und Geräten.

Bei den Mengen wird zwischen Schalfläche, Bewehrungsmenge und Betonmenge unterschieden. Bei den Stahlbetonarbeiten wird die Dauer für die einzelnen Vorgänge Schalen, Bewehren und Betonieren ermittelt. Der Vorgang Schalen wird außerdem unterteilt in Einschalen, welches vor dem Bewehren erfolgt, und in Ausschalen und Umsetzen, die nach dem Erhärten des Betons durchgeführt werden.²⁸⁶

Die Gesamtdauer D_{GES} eines Projektes setzt sich aus der Anlaufphase D_{AN} , der Hauptbauzeit D_{HP} und der Auslaufphase D_{AUS} zusammen. Der maximale Arbeitskräftebedarf ergibt sich in der Hauptbauzeit, in der auch die größte Arbeitsfläche zur Verfügung steht. Die Abb. 23 zeigt eine idealisierte Darstellung der Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs und der Arbeitsfläche über die gesamte Bauzeit. Das trapezförmige Modell stellt eine gute Annäherung an die Praxis dar.²⁸⁷

In der Anlaufphase D_{AN} steigen die Arbeitskräfteanzahl und die Arbeitsfläche von Null bis zur maximalen Arbeitsfläche AF_{MAX} an. Nach Erreichen des geplanten Fertigungsrhythmus während der Hauptbauzeit D_{HP} sind die Anzahl der Arbeitskräfte und die Arbeitsfläche annähernd konstant. In der Auslaufphase D_{AUS} werden immer mehr Arbeitskräfte abgezogen, da auch immer weniger Arbeitsfläche zur Verfügung steht. Die Maximalwerte sinken wieder bis auf null.²⁸⁸

Das Verhältnis von Anlauf- und Auslaufphase zur Hauptbauphase hängt dabei wesentlich von der Grund- und Aufrissgestaltung des Bauwerks ab. Bei Flachbauten mit großen Grundrissausdehnungen dauert die Anlaufphase kürzer als bei Hochbauten. Dies ist dadurch begründet, dass bei Hochhausbauten kaum Parallelarbeiten möglich sind. Bei großflächigen Bauwerken sind prinzipiell Parallelarbeiten möglich, da man z.B. zwei Fertigungsabschnitte der Bodenplatte gleichzeitig beginnen kann.²⁸⁹

²⁸⁶ vgl. [Hofs1]; 413ff

²⁸⁷ vgl. [Hofs2]; 444ff

²⁸⁸ vgl. [Hofs2]; 445

²⁸⁹ vgl. [Hofs1]; 61ff

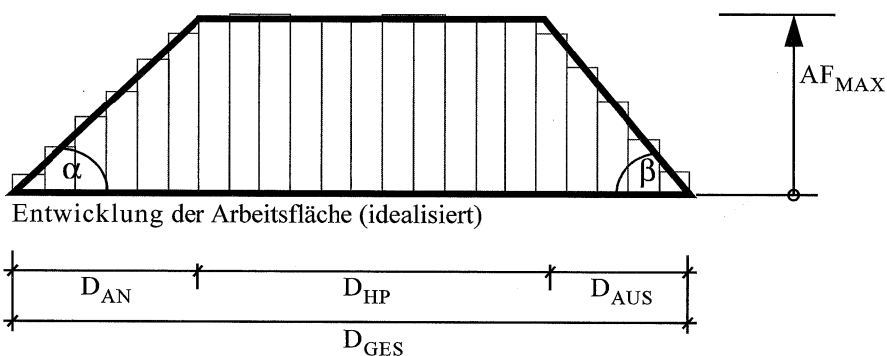
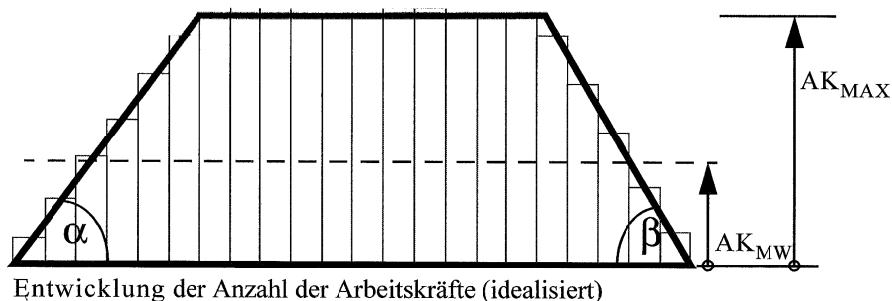


Abb. 23: Zusammenhang zwischen Anzahl der Arbeitskräfte und zur Verfügung stehender Arbeitsfläche für die Dauer der Stahlbetonarbeiten²⁹⁰

3.9.1 Berechnung der Dauer für die Bauphasen

Die Gesamtdauer D_{GES} [d] für die Rohbauarbeiten eines Projektes setzt sich wie eingangs beschrieben aus der Anlaufphase D_{AN} [d], der Hauptbauzeit D_{HP} [d] und der Auslaufphase D_{AUS} [d] zusammen (siehe Glg. 41).

$$D_{GES} = D_{AN} + D_{HP} + D_{AUS} \quad [41]$$

Die Hauptbauzeit D_{HP} [d] errechnet sich nach Glg. 42. Hierfür müssen die Gesamtdauer D_{GES} [d], die durchschnittliche $AK_{STB,MW}$ [-] und die maximale Anzahl an Arbeitskräften $AK_{STB,MAX}$ [-] bekannt sein.²⁹¹

$$D_{HP} = \frac{2 \times D_{GES} \times AK_{STB,MW}}{AK_{STB,MAX}} - D_{GES} \quad [42]$$

²⁹⁰ [Hofs2]; 445

²⁹¹ vgl. [Hofs1]; 62

Aus der ermittelten Hauptbauzeit kann die Dauer für die An- und Auslaufphase berechnet werden. Nach Glg. 43 errechnet sich die Anlaufphase D_{AN} [d] mit ca. $\frac{3}{4}$ der Gesamtbauzeit D_{GES} [d] minus der Hauptbauzeit D_{HP} [d].²⁹²

$$D_{AN} = \frac{3}{4} \times (D_{GES} - D_{HP}) \quad [43]$$

Für die Auslaufphase D_{AUS} [d] wird in der Planung als erste Näherung ca. $\frac{1}{3}$ der Anlaufphase D_{AN} [d] angenommen (siehe Glg. 44).²⁹³

$$D_{AUS} = \frac{1}{3} \times D_{AN} \quad [44]$$

Ist die ermittelte Dauer für die An- und Auslaufphase zu gering, muss die jeweilige Dauer dafür verlängert werden. Daraus folgt entweder eine kürzere Hauptbauzeit oder unter Umständen eine längere Gesamtbauzeit, die wiederum durch einsetzen in Glg. 41 berechnet werden.²⁹⁴

3.9.2 Berechnung der Dauer über den Bruttorauminhalt

In der Grobplanungsphase kann die Dauer D_{GES} [d] mit Durchschnittswerten für den Bruttorauminhalt des Bauwerks aus Stahlbeton BRI_{BWK} [m³] und der Leistung L_{BRI} [m³BRI/d] nach Glg. 45 ermittelt werden.²⁹⁵

$$D_{GES} = \frac{BRI_{BWK}}{L_{BRI}} \quad [45]$$

²⁹² vgl. [Hofs1]; 62

²⁹³ vgl. [Hofs1]; 62

²⁹⁴ vgl. [Hofs1]; 62

²⁹⁵ vgl. [Hofs4]; 6

3.9.3 Konventionelle Berechnung der Dauer für die Stahlbetonarbeiten

Für die konventionelle Berechnung der Dauer der Stahlbetonarbeiten sind die Leistung [m³/d] und die Produktionsmenge, hier die Betonmenge [m³], zu ermitteln. Die Leistung setzt sich nach Glg. 21 (Kapitel 3.5.1 von S.7) aus der Anzahl an Arbeitskräften, der täglichen Arbeitszeit und dem Gesamt-Aufwandswert zusammen.²⁹⁶

Die Dauer der Stahlbetonarbeiten D_{STB} [d] wird nach Glg. 46 berechnet, wobei im Zähler das Produkt aus dem Gesamt-Aufwandswert mit der Betonmenge BT_M [m³] steht. Im Nenner werden die Anzahl der Arbeitskräfte AK_{STB} [Std/h] mit der täglichen Arbeitszeit AZ_{STB} [h/ZEH] multipliziert. Die zu berechnende Zeiteinheit kann dabei je nach Stadium der Planung beliebig gewählt werden. Mögliche Zeiteinheiten sind Monat, Woche, Schicht, Arbeitstag, Stunde etc.²⁹⁷

$$D_{STB} = \frac{(AW_{S,MW} \times s_{g,bwk} + AW_{BW,MW} \times bw_{g,bwk} + AW_{BT,MW}) \times BT_M}{AK_{STB} \times AZ_{STB}} \quad [46]$$

²⁹⁶ vgl. [Hofs1]; 414ff

²⁹⁷ vgl. [Hofs1]; 415ff

3.10 Kennzahlen für die Logistik

Die Kenntnis über die Gesamtanzahl der Transporte, die Art der Transportmittel, die Transportintensität und die Transportdichte sind besonders wichtig für die Beschaffungslogistik, die auch wesentlich von der täglichen Arbeitszeit, dem Organisationsgrad und den Störeinflüssen bestimmt wird. Um die Störeinflüsse zu minimieren, werden die Logistikprozesse gerade bei größeren Bauvorhaben zentral geplant, gesteuert und kontrolliert. Dadurch können Produktivitätsverluste wie z.B. Wartezeiten oder Behinderungen während der Bauausführung reduziert oder vermieden werden.²⁹⁸

„Logistische Überlegungen sind auch bei der Ermittlung der Bauzeit zu berücksichtigen. Ausgehend von den Bauwerks- und Baustellenbedingungen können sich aufgrund logistischer Zwänge Grenzen für die kürzest mögliche Bauzeit ergeben. Die Begrenzung kann z.B. aus der maximalen verträglichen Verkehrsdichte aufgrund der prognostizierten Verkehrssituation folgen (z.B. mehr als 10 Transporte je Stunde sind realistisch nicht möglich).“²⁹⁹

Ein weiterer wichtiger Einfluss für die Logistik ist auch die zur Verfügung stehende Fläche auf der Baustelle. Sind ausreichende Lagerflächen vorhanden, können Transporte und Anlieferungen bereits frühzeitig als sogenannte Lagertransporte erfolgen. Die für die Ausführung gerade benötigten Baustoffe werden dann von diesem Zwischenlager zum Montage- bzw. Einbringort transportiert. Sind die Platzverhältnisse auf der Baustelle sehr beengt, müssen die zeitlichen Abläufe zwischen den Transporten und der Montage genau koordiniert werden oder Just-in-Time erfolgen.

Gerade bei Großbaustellen ist es sinnvoll bereits im Vorfeld die maximalen Kapazitäten der beliefernden Betonmischanlage zu ermitteln, um eventuell auch die Betonierabschnitte darauf abstimmen zu können.

²⁹⁸ vgl. [Hofs4]; 67

²⁹⁹ [Hofs4]; 67

3.10.1 Gesamtanzahl der Transporte (Grobplanung)

Die Gesamtanzahl der Transporte für ein Bauwerk, bezogen auf den Bruttorauminhalt $ANZ_{TP,BWK,BRI}$ [-], kann nach Glg. 47 berechnet werden. Hierfür wird lediglich der Bruttorauminhalt BRI_{BWK} [m^3] mit dem Transportgrad $tp_{g,bwk}$ [$1/m^3$] des Bauwerks multipliziert.³⁰⁰

$$ANZ_{TP,BWK,BRI} = BRI_{BWK} \times tp_{g,bwk} \quad [47]$$

Ein eventueller Zuschlag für Transportreserven kann durch die Erhöhung der Transportanzahl um einige Prozent berücksichtigt werden.

3.10.1.1 Transportgrad für ein Bauwerk

Der gesamte Transportgrad für ein Bauwerk $tp_{g,bwk}$ [$1/m^3$] ergibt sich aus der Summe der Transportgrade der einzelnen Bereiche wie Rohbau, Ausbau und Technik, und wird nach Glg. 48 ermittelt. Bezogen werden alle Transportgrade jeweils auf den Bruttorauminhalt.³⁰¹

$$tp_{g,bwk} = tp_{g,bwk,rb} + tp_{g,bwk,ab} + tp_{g,bwk,ti} \quad [48]$$

Der Transportgrad kann für das gesamte Bauwerk angesetzt aber auch auf einzelne Gewerke bezogen werden. Beispielsweise wird der Transportgrad für den Bereich Bauwerk-Rohbau $tp_{g,bwk,rb}$ [$1/m^3$] aus der Summe der Transportgrade der einzelnen Gewerke für den Rohbau $tp_{g,rb,bwk,i}$ [$1/m^3$] nach Glg. 49 berechnet.³⁰²

$$tp_{g,bwk,rb} = \sum_i^n tp_{g,rb,gwk,i} \quad [49]$$

Der Transportgrad für Stahlbetonarbeiten bezogen auf den Bruttorauminhalt kann zwischen 0,02 und 0,025 [$1/m^3$] angenommen werden. Dieser wird aber in Kap. 3.10.4.1 (S. 118) näher erläutert.³⁰³

³⁰⁰ vgl. [Hofs4]; 70

³⁰¹ vgl. [Hofs4]; 70

³⁰² vgl. [Hofs4]; 70

³⁰³ vgl. [Hofs4]; 70

3.10.1.2 Transportintensität

Um Aussagen zur Transportintensität treffen zu können muss die Dauer der Stahlbetonarbeiten bekannt sein. Wird beispielsweise für einen Bauteil (z.B. die Bodenplatte) die durchschnittliche Transportintensität ermittelt, folgt das Ergebnis aus der Anzahl der Transporte durch die Dauer der Stahlbetonarbeiten für diesen Bauteil. Für die Detailbetrachtung in der Feinplanung wird die Intensität je Arbeitstag oder je Arbeitsstunde untersucht.³⁰⁴

3.10.2 Transporte für die Rohbauarbeiten

Eine funktionierende Logistik und somit eine zeitgerechte Versorgung mit den erforderlichen Baustoffen ist maßgebend für den Bauablauf und die Erreichung der geplanten Ziele wie z.B. die Bauzeit oder die Qualität. Der Baustoffbedarf hängt einerseits von der gewählten Bauweise wie z.B. Stahlbetonbauweise, Mischbauweise, Mauerwerksbauweise etc. und andererseits von der Gebädefunktion wie z.B. Bürogebäude, Wohnbau, Fertigungshalle etc. ab. Die hierfür notwendige Gesamtanzahl an Baustofftransporten wird wesentlich vom Brutto-rauminhalt des zu errichtenden Bauwerks beeinflusst. Weiters bildet die in Kapitel 3.4.4 beschriebene Kennzahl „Baustoffgrad“ die Grundlage zur Ermittlung des Gesamtgewichtes der zu transportierenden Baustoffe. Für die Anzahl der Baustofftransporte sind auch die Verkehrsverhältnisse zur und auf der Baustelle mitentscheidend, da sie sich auf die Größe der Transportgeräte auswirken und somit auch deren Fassungsvermögen bestimmen. Die Einflüsse auf die Leistung des Transportbetriebes und somit auf die Baustofflogistik der Rohbauarbeiten sind in Abb. 24 dargestellt.³⁰⁵

³⁰⁴ vgl. [Hofs4]; 70

³⁰⁵ vgl. [Hofs1]; 353ff

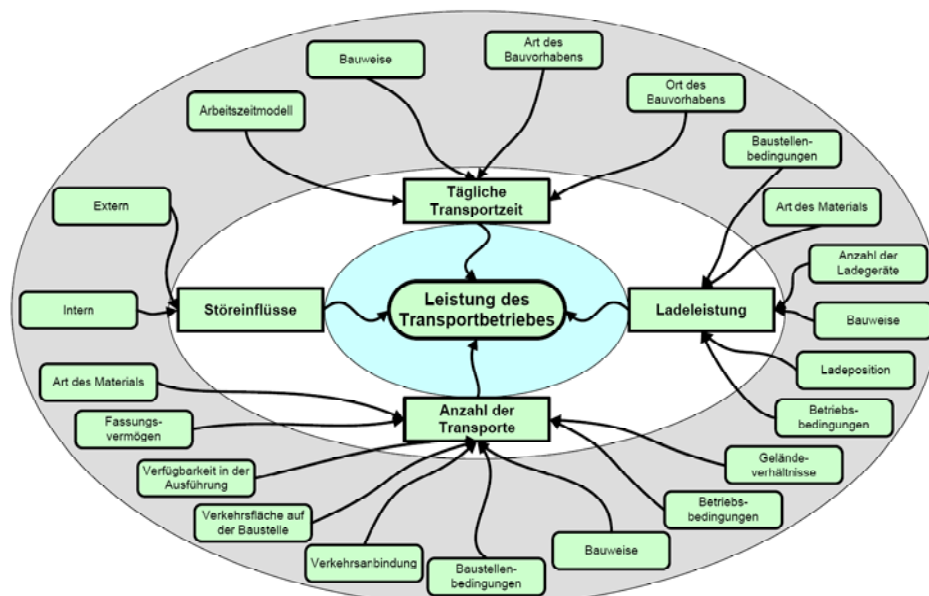


Abb. 24: Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung des Transportbetriebes³⁰⁶

Die Leistungswerte für den Transportbetrieb geben an, welche Baustoffmengen je Zeiteinheit auf die Baustelle transportiert werden können. Die durchschnittliche tägliche Leistung des Transportbetriebes $L_{BST,d,erf}$ [to/d] wird nach Glg. 50 berechnet. Die Leistung ergibt sich aus dem Quotienten der gesamten Baustoffmenge des Bauwerks $BST_{M,BWK}$ [to] und der geplanten Transportdauer $D_{BST,T}$ [d]. Die geplante Transportdauer sind die Anzahl der Tage an denen die Baustoffe antransportiert werden. Als Zeiteinheit wurde hier der Arbeitstag gewählt.³⁰⁷

$$L_{BST,d,erf} = \frac{BST_{M,BWK}}{D_{BST,T}} \quad [50]$$

³⁰⁶ [Hofs1]; 364

³⁰⁷ vgl. [Hofs1]; 355

Maßgebend für die Baustofflogistik ist die Anzahl der Transporte je Zeiteinheit wie z.B. Stunde, Tag oder Schicht. Die Anzahl der erforderlichen Transporte je Tag $ANZ_{BST,d,erf}$ [1/d] wird aus dem Quotienten der erforderlichen Leistung $L_{BST,d,erf}$ [to/d] und dem Fassungsvermögen der einzelnen Transporte $G_{BST,BWK}$ [to] (Gewicht der durchschnittlichen Zuladung) berechnet (siehe Glg. 51).³⁰⁸

$$ANZ_{BST,d,erf} = \frac{L_{BST,d,erf}}{G_{BST,BWK}} \quad [51]$$

3.10.3 Transporte für die Erdarbeiten

In der Bauablaufplanung müssen die Anzahl der erforderlichen Transporte je Zeiteinheit wie z.B. Stunde, Tag oder Schicht, und die maximale Anzahl der möglichen Transporte für die Erdarbeiten ermittelt werden. Dieser maximale Grenzwert wird hauptsächlich von der Verkehrssituation bestimmt und ist mitentscheidend für die kürzeste Dauer der Erdarbeiten. Die tatsächliche Leistung des gesamten Transportbetriebes wird von der Lade- oder der Transportleistung bestimmt und ist maßgebend für die Dauer der Erdarbeiten. Von dieser wird auch der Beginn der nachfolgenden Arbeiten wie die Herstellung der Bodenplatte oder der Fundamente beeinflusst.³⁰⁹

Mit zunehmender Aushubleistung steigt auch die Transportanzahl, die vor allem bei zunehmender Größe der Baustelle bzw. des Bauwerks einer entsprechenden Planung bedarf. Um gegenseitige Behinderungen, welche sich vermindern auf die Leistung in den einzelnen Abläufen auswirken würden, weitestgehend auszuschließen, müssen die Anzahl der Transportgeräte, die Verkehrsführung auf der Baustelle, mögliche Wartepositionen etc. in dieser Planung berücksichtigt werden.³¹⁰

Der Erdbau besteht hauptsächlich aus den Vorgängen Abtragen, Transportieren und Einbauen. Für die Leistungserbringung sind meist mehrere Geräte in einer Arbeitskette notwendig. Die Leistung des Transportbetriebes, auf die im Folgenden näher eingegangen wird, wird maßgebend von der geringeren Leistungsfähigkeit entweder der Ladung oder des Transportes bestimmt.³¹¹

³⁰⁸ vgl. [Hofs1]; 355

³⁰⁹ vgl. [Hofs1]; 361

³¹⁰ vgl. [Hofs1]; 361ff

³¹¹ vgl. [Hofs1]; 363

Zur Ermittlung der erforderlichen täglichen Leistung des Transportbetriebes $L_{TPB,d,erf}$ [m^3/d] wird die gesamte Transportmenge $M_{TP,G}$ [m^3] durch die geplante Dauer der Transporte $D_{TPB,G}$ [d] dividiert (siehe Glg. 52). Für die Transportmenge, die z.B. für einen Bauabschnitt berechnet wird, muss die Menge des spezifischen aufgelockerten Materials eingesetzt werden.³¹²

$$L_{TPB,d,erf} = \frac{M_{TP,G}}{D_{TPB,G}} \quad [52]$$

Mit der ermittelten Leistung kann dann die erforderliche Anzahl an Transporten je Stunde $ANZ_{TPB,h,erf}$ [1/h] nach Glg. 53 berechnet werden. Die erforderliche Leistung $L_{TPB,erf}$ [m^3/h] wird durch das Produkt aus der Transportmenge je Transportgerät $m_{TP,TG}$ [m^3] und der täglichen Transportzeit $AZ_{TP,d}$ [h/d] dividiert.³¹³

$$ANZ_{TPB,h,erf} = \frac{L_{TPB,d,erf}}{m_{TP,TG} \times AZ_{TP,d}} \quad [53]$$

Die erforderliche Anzahl ist anschließend mit der möglichen Anzahl an Transporten je Stunde zu vergleichen und gegebenenfalls anzupassen. Dies hat meist eine Abminderung der Transportanzahl je Stunde zur Folge, da hierfür die Baustellenverhältnisse und der Verkehr mitberücksichtigt werden müssen.³¹⁴

3.10.4 Transporte für die Stahlbetonarbeiten

Die zu transportierende Baustoffmenge setzt sich bei Stahlbetonbauten vorwiegend aus Transporten für den Beton, der den größten Anteil mit ca. 90 % ausmacht, für die Bewehrung und die Schalung zusammen. Der Beton und die Bewehrung werden Bestandteile des Bauwerks. Die Schalung wird hingegen nach ihrem Einsatz wieder abtransportiert. Für Hochbauten, die vorwiegend aus Ortbeton hergestellt werden, sind für die Stahlbetonarbeiten ca. 0,15 bis 0,25 Transporte je m^3 Beton erforderlich.³¹⁵

Für die Baustellenlogistik ist dabei entscheidend wie viele Transporte insgesamt erforderlich sind und wie viele pro Tag oder je Stunde durchgeführt werden können, ohne dass der Bauablauf gestört wird.

³¹² vgl. [Hofs1]; 364

³¹³ vgl. [Hofs1]; 365

³¹⁴ vgl. [Hofs1]; 363

³¹⁵ vgl. [Hofs1]; 370ff und vgl. [Hofs2];465

Beispielsweise soll das Abladen der Bewehrung nicht den Betontransport bzw. die -einbringung behindern. Dazu sind die Transportintervalle aufeinander abzustimmen und auf ihre Plausibilität zu überprüfen.³¹⁶

„Bei Hochbauprojekten fallen für den Bereich Bauwerk-Rohbau für die Stahlbetonarbeiten die meisten Transporte an. Werden als Fundamentierungen Bodenplatten verwendet, entfällt – in Abhängigkeit von den Grundrissabmessungen und der Höhe des Bauwerks – ein Großteil der Transporte auf diese Bauteile.“³¹⁷

Abb. 25 zeigt den tendenziellen Verlauf der Transporte über die Bauzeit für die Grobplanung der Stahlbetonarbeiten.

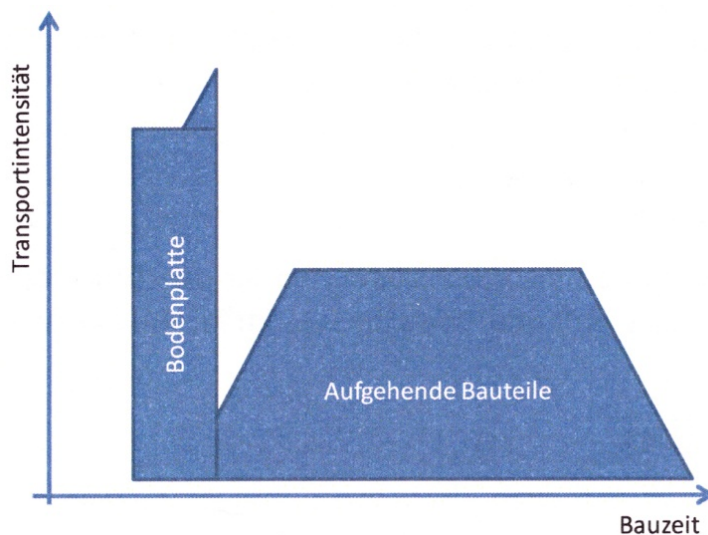


Abb. 25: Schematischer Verlauf der Transporte für die Stahlbetonarbeiten über die Bauzeit³¹⁸

Die erforderliche tägliche Leistung des Transportbetriebes für die Stahlbetonarbeiten $L_{STB,d,eff}$ [to/d] wird aus dem Quotienten der gesamten Baustoffmenge für die Stahlbetonarbeiten $BST_{M,STB}$ [to] und der geplanten Dauer der Transporte $D_{STB,T}$ [d] berechnet. Als Zeiteinheit wurde der Arbeitstag gewählt. Die Berechnung erfolgt (siehe Glg. 54).³¹⁹

$$L_{STB,d,eff} = \frac{BST_{M,STB}}{D_{STB,T}} \quad [54]$$

³¹⁶ vgl. [Hofs1]; 383

³¹⁷ [Hofs4]; 68

³¹⁸ [Hofs4]; 69

³¹⁹ vgl. [Hofs1]; 372

3.10.4.1 Transportgrad für die Stahlbetonarbeiten

Der für die Anzahl der Stahlbetontransporte benötigte Transportgrad für Stahlbetonarbeiten $tp_{g,rb,stab}$ [$1/m^3$] wird nach Glg. 55 ermittelt. Für die Grobplanung werden die drei anteiligen Ansätze der Transportgrade für die Schalungs-, Bewehrungs- und Betontransporte bezogen auf die Betonmenge addiert. Im ersten Term wird der Transportgrad für die Schalung mit dem Schalungsgrad multipliziert. Der zweite Term ist die Multiplikation des Transportgrades für die Bewehrung mit dem Bewehrungsgrad.³²⁰

$$tp_{g,rb,stab} = tp_{g,s} \times S_{g,bwk} + tp_{g,bw} \times bw_{g,bwk} + tp_{g,bt} \quad [55]$$

Bezogen auf die Betonmenge kann der Transportgrad für Hochbauten vorwiegend aus Ortbeton überschlägig mit ca. 0,15 bis 0,25 [$1/m^3$] Transporten je m^3 angenommen werden.³²¹

3.10.4.2 Anzahl der Stahlbetontransporte

Die Anzahl der erforderlichen Transporte je Tag $ANZ_{STB,d,erf}$ [$1/d$] wird aus dem Quotienten der erforderlichen Leistung $L_{STB,d,erf}$ [to/d] und dem Fassungsvermögen der einzelnen Transporte G_{STB} [to] (Gewicht der durchschnittlichen Zuladung) nach Glg. 56 berechnet.³²²

$$ANZ_{STB,d,erf} = \frac{L_{STB,d,erf}}{G_{STB}} \quad [56]$$

Eine Möglichkeit die Transportanzahl bezogen auf die Stahlbetonmenge $ANZ_{TP,BWK,STB}$ [-] zu ermitteln ist über den Transportgrad für die Stahlbetonarbeiten. Hierfür wird die gesamte Betonmenge $BT_{M,BWK}$ [m^3] mit dem Transportgrad für die Stahlbetonarbeiten $tp_{g,rb,stab}$ [$1/m^3$] multipliziert (siehe Glg. 57).³²³

$$ANZ_{TP,BWK,STB} = BT_{M,BWK} \times tp_{g,rb,stab} \quad [57]$$

³²⁰ vgl. [Hofs4]; 70ff

³²¹ vgl. [Hofs2]; 465

³²² vgl. [Hofs1]; 372

³²³ vgl. [Hofs4]; 71

Zur näherungsweisen Ermittlung kann die Stahlbetonmenge eines Bauwerks $BT_{M,BWK}$ [m³] durch die Division des Bruttorauminhalts BRI_{BWK} [m³] und dem Ortbetongrad $obt_{g,bwk}$ [-] nach Glg. 58 erfolgen.³²⁴

$$BT_{M,BWK} = \frac{BRI_{BWK}}{obt_{g,bwk}} \quad [58]$$

3.10.5 Transporte für die Schalung

In den Baugerätelisten wird die Schalung grundsätzlich zu den Baugeräten gezählt. Zur Ermittlung des Gewichtes für die Gesamtanzahl der Transporte wird sie aber zu den Baustoffen gezählt. Nach Ende der Standzeit wird die Schalung von der Baustelle abtransportiert. Für die Gesamtanzahl an erforderlichen Schalungstransporten sind die Vorhaltemenge, das eingesetzte Schalungssystem (z.B. Einzelteile oder Großflächenschalung), die Transportkapazität der Transportgeräte und das Gewicht der Schalung maßgebend. Bei vormontierten Schalungen ist die Schalungsmenge je Transport bzw. das Transportvolumen in der Regel geringer als bei Schalungssystemen deren Elemente in Gebinden oder Paletten auf die Baustelle geliefert werden.³²⁵

3.10.5.1 Transportgrad für die Schalungsarbeiten

Der Transportgrad für die Schalung $tp_{g,s}$ [1/m²] wird nach Glg. 59 berechnet. Im Zähler steht die gesamte Vorhaltemenge an Schalung V_S [m²] und im Nenner wird die gesamte Schalungsfläche des Bauwerks $S_{F,BWK}$ [m²] multipliziert mit der durchschnittlichen Schalungsfläche $S_{M,TP}$ [m²], die je Transport angeliefert wird.³²⁶

$$tp_{g,s} = \frac{V_S}{S_{F,BWK} \times S_{M,TP}} \quad [59]$$

Der Transportgrad für die Schalarbeiten (bezogen auf die gesamte Schalfläche) kann für eine näherungsweise Betrachtung mit 0,00083 bis 0,00125 [1/m²] angenommen werden.³²⁷

Für eine Detaillierung in der Feinplanung der Beschaffungslogistik werden verschiedene Bauteile getrennt betrachtet bzw. kann weiter

³²⁴ vgl. [Hofs4]; 71

³²⁵ vgl. [Hofs1]; 371,384 und vgl. [Hofs2]; 464

³²⁶ vgl. [Hofs4]; 72

³²⁷ vgl. [Hofs4]; 72

differenziert werden in Bauabschnitte oder Fertigungsabschnitte. Die bauteilspezifischen Werte für die Vorhaltemenge $V_{S,i}$ [m³], die Schalungsfläche $S_{F,i}$ [m²] und die Schalungsfläche je Transport $S_{M,TP,i}$ [m²] werden jeweils in die nachstehende Glg. 60 eingesetzt und ergeben den spezifischen Transportgrad $tp_{g,s,i}$ [1/m²] für den jeweiligen Bauteil bzw. Abschnitt.³²⁸

$$tp_{g,s,i} = \frac{V_{S,i}}{S_{F,i} \times S_{M,TP,i}} \quad [60]$$

Aus diesen spezifischen Transportgraden kann in weiterer Folge der durchschnittliche Transportgrad für die Schalung des gesamten Bauwerks $tp_{g,s}$ [1/m²] nach Glg. 61 ermittelt werden.³²⁹

$$tp_{g,s} = \frac{\sum_i^n \frac{V_{S,i}}{S_{M,TP,i}}}{S_{F,BWK}} \quad [61]$$

3.10.5.2 Anzahl der Schalungstransporte

Die Ermittlung der Anzahl der Transporte für die Schalung $ANZ_{TP,S}$ [-] kann auf drei Arten erfolgen. Entweder wird die Anzahl über den Transportgrad, die Vorhaltemenge an Schalung oder die Schalungsfläche berechnet.

Bei der ersten Möglichkeit nach Glg. 62 wird die gesamte Schalfläche S_F [m²] mit dem Transportgrad für die Schalung $tp_{g,s}$ [1/m²] multipliziert.³³⁰

$$ANZ_{TP,S} = S_F \times tp_{g,s} \quad [62]$$

³²⁸ vgl. [Hofs4]; 72

³²⁹ vgl. [Hofs4]; 72

³³⁰ vgl. [Hofs2]; 465

Die zweite Möglichkeit ist die Vorhaltemenge an Schalung V_S [m²] durch die durchschnittliche Schalungsmenge je Transport $S_{M,TP}$ [m²] zu dividieren (siehe Glg. 63). Durch den Faktor 2 in der Gleichung werden auch die Abtransporte berücksichtigt.³³¹

$$ANZ_{TP,S} = \frac{2 \times V_S}{S_{M,TP}} \quad [63]$$

Bei der dritten Möglichkeit (vgl. Glg. 64) wird die gesamte Schalungsfläche S_F [m²] durch die durchschnittliche Schalungsfläche je Transport $S_{F,TP}$ [m²] dividiert. Abtransporte werden, wie zuvor, durch den Faktor 2 berücksichtigt.³³²

$$ANZ_{TP,S} = \frac{2 \times S_F}{S_{F,TP}} \quad [64]$$

Die durchschnittlich angelieferte Schalungsfläche je Transport $S_{F,TP}$ [m²] wird aus dem Produkt der Schalungsmenge je Transport $S_{M,TP}$ [m²/1] und der durchschnittlichen Einsatzzahl $n_{e,S}$ [-] für die Vorhaltemenge ermittelt (siehe Glg. 65).³³³

$$S_{F,TP} = S_{M,TP} \times n_{e,S} \quad [65]$$

3.10.6 Transporte für die Bewehrung

Die Gesamtanzahl an Bewehrungstransporten ergibt sich aus der Bewehrungsmenge, der Art der Bewehrung und dem Fassungsvermögen der Transportgeräte, die aufgrund der Baustellenverhältnisse angeliefert werden können. Bei der Art der Bewehrung ist wesentlich, ob diese in Bewehrungsbündeln bzw. Bewehrungsmatten oder bereits in Form von vorgefertigten Bewehrungskörben auf die Baustelle gebracht wird. Die Bewehrungsmenge wird aus dem Bewehrungsgrad und der Stahlbetonmenge ermittelt.³³⁴

Bei der Verwendung von vorgefertigten Elementen sind in der Regel mehr Transporte erforderlich, dafür kann demgegenüber aber viel Arbeitszeit für das Binden der Bewehrungskörbe vor Ort eingespart wer-

³³¹ vgl. [Hofs2]; 464ff

³³² vgl. [Hofs2]; 465

³³³ vgl. [Hofs2]; 465

³³⁴ vgl. [Hofs1]; 391ff

den. Die für einen Bauteil notwendige Bewehrung wird so weit wie möglich parallel zu den Schalarbeiten vorgebunden. Dadurch kann die Bewehrung bereits in größeren Elementen eingebaut werden um wertvolle Bauzeit zu sparen.

3.10.6.1 Transportgrad für die Bewehrungsarbeiten

Für die Bewehrungsarbeiten folgt der Transportgrad bezogen auf die Bewehrungsmenge $tp_{g,bw}$ [1/to] aus Glg. 66. Im Nenner wird die durchschnittliche Bewehrungsmenge $BW_{M,TP}$ [to] eingesetzt, die je Transport angeliefert wird.³³⁵

$$tp_{g,bw} = \frac{1}{BW_{M,TP}} \quad [66]$$

Die Transportgrade können für eine grobe Ermittlung zwischen 0,05 und 0,1 Transporten je Tonne Bewehrung angenommen werden. Bei einer durchschnittlichen Transportmenge von 20 to je Transport wird der Transportgrad mit 0,05 und bei 10 to mit 0,1 Transporten je Tonne angesetzt. Die Höhe hängt vor allem von den Baustellenbedingungen ab wie z.B. die Beschaffenheit der Zufahrtswege oder den Gewichtsbeschränkungen.³³⁶

3.10.6.2 Anzahl der Bewehrungstransporte

Die Transportanzahl für die Bewehrung $ANZ_{TP,BW}$ [-] wird nach Glg. 67 berechnet, indem die gesamte Bewehrungsmenge $BW_{M,G}$ [to] mit dem Transportgrad für die Bewehrungsarbeiten $tp_{g,bw}$ [1/to] multipliziert wird.

$$ANZ_{TP,BW} = BW_{M,G} \times tp_{g,bw} \quad [67]$$

³³⁵ vgl. [Hofs4]; 9

³³⁶ vgl. [Hofs4]; 9ff

3.10.7 Transporte für den Beton

Die Betonmenge bestimmt wesentlich die Gesamtanzahl der Transporte. Bei Hochbauten aus vorwiegend Ortbeton werden bis zu 90 % der Transporte für den Beton benötigt. Das Fassungsvermögen der Transportgeräte hängt vom Transportgut, d.h. der Betonsorte, den Baustellenverhältnissen und den Verkehrsverhältnissen auf der Baustelle ab. Der Antransport stellt vor allem bei innerstädtischen Bauvorhaben hohe Anforderungen an die Planung der Logistik. Wird beispielsweise eine große Bodenplatte betoniert, findet das Eintreffen der Mischwagen in einem sehr engen Zeitraum statt. Die maximale Betonierleistung kann dabei wesentlich von der Verkehrsdichte, beengten Baustellenverhältnissen und Wartemöglichkeiten für die Betonmischwagen bestimmt werden. Zwischen der Abfahrt vom Mischwerk und dem Betoneinbau auf der Baustelle darf ein gewisser Zeitrahmen nicht überschritten werden, damit der Beton noch die erforderliche Konsistenz hat, um nach dem Aushärten die gewünschten Eigenschaften zu erfüllen. Verzögerungen wirken sich z.B. bei Sichtbeton negativ auf die Qualität aus.³³⁷

In der logistischen Planung müssen gleichzeitig stattfindende Transporte für die verschiedenen Tätigkeiten auf der Baustelle mitberücksichtigt werden. Erfolgt die Einbringung des Betons auf der Baustelle beispielsweise mittels Krankübel, wird der Kran zur raschen Einbringung ausschließlich für den Betoneinbau verwendet und steht während dieser Zeit für keine anderen Hebetätigkeiten zur Verfügung.³³⁸

Die erforderliche durchschnittliche Leistung des Transportbetriebes $L_{\text{TPB,d,erf}}$ [m^3/d] wird nach Glg. 68 berechnet. Diese ergibt sich aus dem Quotienten der gesamten Betonmenge $BT_{\text{M,G}}$ [m^3] und der geplanten Dauer der Transporte $D_{\text{TPB,G}}$ [d]. Als Zeiteinheit wurde hier der Arbeitstag gewählt. Zur Ermittlung der Stundenleistung ist die entsprechende Dauer in Stunden anzusetzen.³³⁹

$$L_{\text{TPB,d,erf}} = \frac{BT_{\text{M,G}}}{D_{\text{TPB,G}}} \quad [68]$$

³³⁷ vgl. [Hofs2]; 465 und vgl. [Hofs1]; 398

³³⁸ vgl. [Hofs2]; 465 und vgl. [Hofs1]; 398

³³⁹ vgl. [Hofs1]; 399

3.10.7.1 Transportgrad für die Betonarbeiten

Für die Betonarbeiten folgt der Transportgrad bezogen auf die Betonmenge $tp_{g,bt}$ [$1/m^3$] aus Glg. 69. Im Nenner steht die durchschnittliche Betonmenge (Festbetonmenge) $BT_{M,TP}$ [m^3], die je Transport angeliefert wird.³⁴⁰

$$tp_{g,bt} = \frac{1}{BT_{M,TP}} \quad [69]$$

Die Werte können für eine grobe Ermittlung zwischen 0,07 und 0,15 Transporten je m^3 Festbeton angenommen werden. Bei durchschnittlich $10 m^3$ je Transport wird ein Transportgrad von 0,01 angesetzt. Die Höhe hängt vor allem von den Baustellenbedingungen wie z.B. der Beschaffenheit der Zufahrtswege, den Gewichtsbeschränkungen oder der Größe des Transportfahrzeuges ab.³⁴¹

3.10.7.2 Anzahl der Betontransporte

Die Anzahl der erforderlichen Transporte je Stunde $ANZ_{TP,B,h,erf}$ [1/h] ergibt sich aus Glg. 70. Im Zähler steht die erforderliche Leistung pro Tag $L_{TPB,d,erf}$ [m^3/d]. Im Nenner steht das Produkt aus dem Fassungsvermögen (Fassungsinhalt) der einzelnen Transportgeräte $V_{TP,B,G}$ [m^3] und der täglichen Transportzeit $AZ_{TP,d}$ [h/d].³⁴²

$$ANZ_{TP,B,h,erf} = \frac{L_{TPB,d,erf}}{V_{TP,B,G} \times AZ_{TP,d}} \quad [70]$$

³⁴⁰ vgl. [Hofs4]; 9

³⁴¹ vgl. [Hofs4]; 9

³⁴² vgl. [Hofs1]; 399

4 Projekte

In diesem Kapitel werden fünf ausgewählte Hochbauprojekte vorgestellt und die Objektdaten und die Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten für diese Bauwerke ermittelt.

Die erforderlichen Daten der Projekte wurden mit Hilfe eines entwickelten Projektdatenblattes (PDB) für Stahlbetonhochbauten erhoben. Dieses beinhaltet neben allgemeinen Projektdaten wie z.B. dem Standort, der Bauweise, den Gebäudeabmessungen und der Gebäudeklassifizierung auch Daten zum Zeitmanagement, der Baustelleneinrichtung, dem Personal und der Transportmengen. Außerdem werden mehrere bauteilspezifische Daten, die zur Ermittlung der Kennzahlen erforderlich sind erhoben. Zu den Bauteilgruppen zählen Bodenplatte, Fundamente, Decken, Stützen, Wände und sonstige Bauteile.

Für die Berechnungen der Kennzahlen wurden die in Kapitel 3 angeführten Formeln angewandt.

Bei der Datenerhebung war es aufgrund des großen Zeitaufwands für die zuständigen Bauleiter und Kalkulanten leider nicht möglich alle benötigten Daten zu eruieren. Dadurch konnten für die Berechnung der Kennzahlen auch nur die zur Verfügung stehenden Werte herangezogen werden.

Zur übersichtlicheren Darstellung sind die angegebenen und berechneten Werte in den nachstehenden Tabellen mit folgenden Farben hinterlegt:

 für die angegebenen Werte (laut PDB)

 für die berechneten Werte

4.1 Projekt „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“

Das Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe wird in der Projektbeschreibung auch als der „Schwarze Panther“ bezeichnet. Das Gebäude wurde südlich der Autobahnauffahrt Liebenau nahe der UPC-Arena in Graz im Bezirk Liebenau von der ARGE der Firmen Granit, Porr und Pongratz in Ort betonbauweise errichtet und dient als Büro- und Geschäftshaus mit Gastronomiebereich. Die Rohbauarbeiten wurden im Zeitraum von 10 Monaten realisiert.

In den Bildern (Abb. 26 und Abb. 27) ist die Komplexität des Gebäudes mit dem auskragenden westlichen Gebäudeteil und den verschiedenen großen Grundrissen der Geschosse zu erkennen.



Abb. 26: Nordwestansicht vom Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe³⁴³

³⁴³ Fotografiert am 23.03.2010 um 14:28



Abb. 27: Südwestansicht vom Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe³⁴⁴

Im ca. 5000 m² großen Untergeschoss sind neben der Tiefgarage und großzügigen Lagerbereichen auch Büros für das Vertriebspersonal untergebracht. Die Lobby, die Gastronomie, der Geschäftsbereich und ein Seminarraum sind im ungefähr 1500 m² großen Erdgeschoss zu finden.

Das 1. und 2. OG wird vorwiegend für Büroräumlichkeiten genutzt und hat ebenfalls ca. eine Fläche von 1500 m².

Das flächenmäßig größte Obergeschoss ist das 3. Obergeschoss mit knapp 2500 m² und wird hauptsächlich für Büros und zwei Besprechungsräume genutzt. Das besondere ist, dass sich einer der beiden Besprechungsräume quasi im Freien auf der auskragenden Ebene im Westen befindet. Der Grundriss des 3. OG ist zudem in Abb. 28 dargestellt.

Im 4. OG und 5. OG mit je ca. 1000 m² ist die Hauptnutzung wieder für Büros vorgesehen. Im 4. OG befindet sich zusätzlich ein Chill Out Bereich mit Terrasse.

³⁴⁴ Fotografiert am 23.03.2010 um 14:33

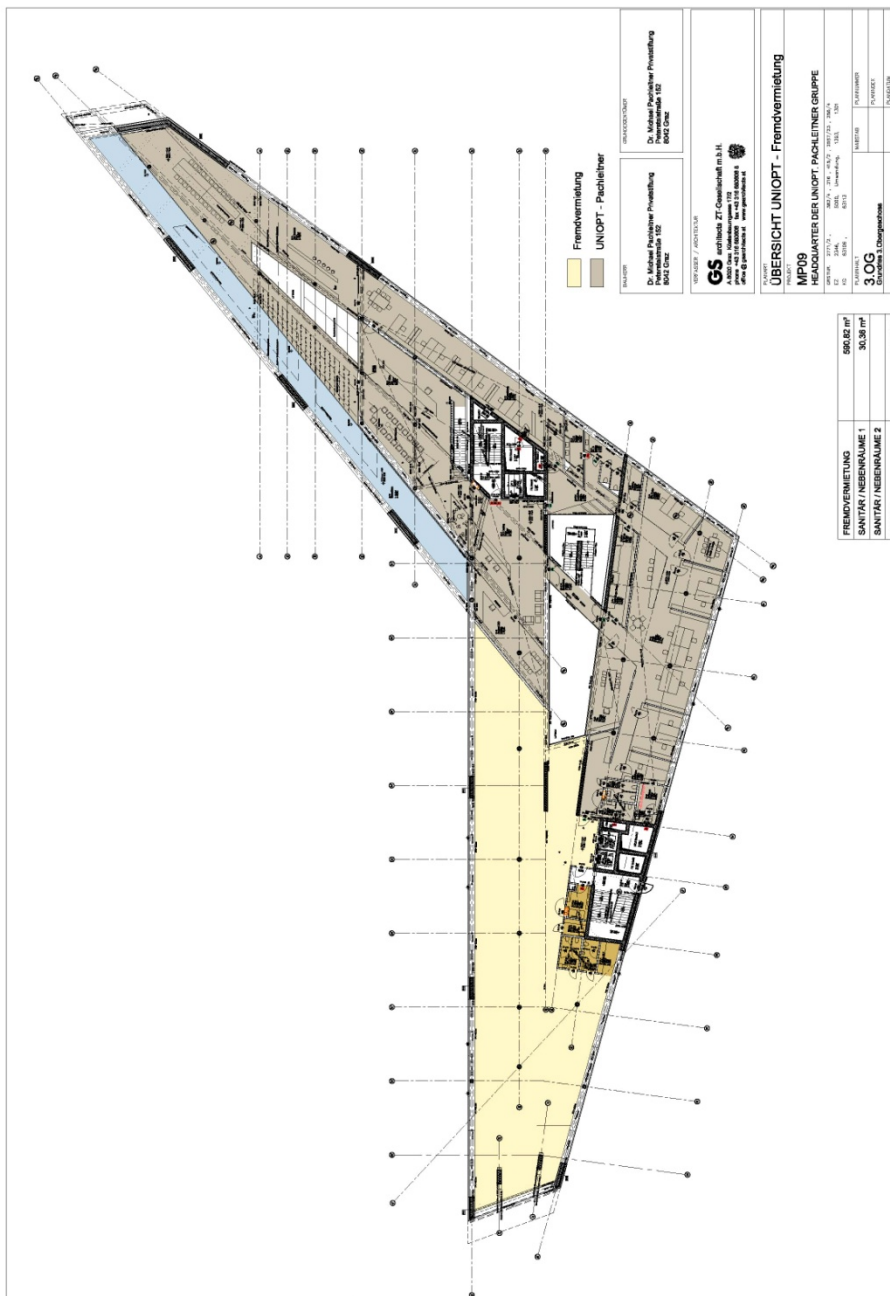


Abb. 28: Grundriss 3.OG vom Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe³⁴⁵

³⁴⁵ <http://www.mp09.at/mp09/grundrisse.php>; Zugriff: 24.03.2009, 21:43

In den Tabellen 19, 20 und 21 sind die wichtigsten Projektdaten und ausgewerteten Kennzahlen für das Projekt „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“ aufgelistet. Das von Herrn Fritz Zacharias (Bauleiter der Fa. Granit) ausgefüllte Projektdatenblatt befindet sich im Anhang.

KENNZAHLEN	WERT	EH
Gebäudeabmessungen		
Gesamthöhe	26,5	[m]
Höhe über GOK	22,0	[m]
Geschossanzahl	7	[-]
Flächen und Rauminhalte		
Grundstücksfläche	6.000	[m ²]
Bebaute Fläche	2.500	[m ²]
Brutto-Grundfläche	14.000	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfläche	1.500	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfaktor	0,60	[-]
Bruttorauminhalt	87.000	[m ³]
Bebauungsgrad	0,42	[-]
Bebauungsdichte	2,33	[-]

Tabelle 19: Objektkennzahlen des Projektes „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“

KENNZAHLEN	WERT	EH
Kennzahlen für die Mengenermittlung		
Schalfläche	30.400	[m ²]
Bewehrungsmenge	1.935	[to]
Betonmenge	10.450	[m ³]
Vorhaltemenge	2.180	[m ²]
Ortbetongrad	8,33	[-]
Baustoffgrade (bezogen auf den BRI)		
Schalung	0,35	[m ² /m ³]
Bewehrung	0,022	[to/m ³]
Beton	0,12	[m ³ /m ³]
Schalungsgrade		
Bodenplatte/ Fundamente	0,33	[m ² /m ³]
Decken	3,11	[m ² /m ³]
Stützen	4,17	[m ² /m ³]
Wände	2,86	[m ² /m ³]
sonst. Bauteile (Träger)	7,15	[m ² /m ³]
Bauwerk	2,91	[m ² /m ³]
Bewehrungsgrade		
Bodenplatte/ Fundamente	333	[kg/m ³]
Decken	189	[kg/m ³]
Stützen	117	[kg/m ³]
Wände	71	[kg/m ³]
sonst. Bauteile (Träger)	462	[kg/m ³]
Bauwerk	185	[kg/m ³]
Schalungsverhältnisgrad	1,70	[-]
Bewehrungsverhältnisgrad	5,79	[-]
Betonverhältnisgrad	1,75	[-]
Vorhaltemengengrade		
horizontal	11,40	[-]
vertikal	22,50	[-]
Bauwerk	13,94	[-]
Vorhaltemengenverhältnisgrad	3,36	[-]

Tabelle 20: Kennzahlen für die Mengenermittlung des Projektes „Headquarter der UNIOPT
 Pachleitner Gruppe“

KENNZAHLEN	WERT		EH
Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten			
Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten	0,93		[Std/m ²]
Mittlerer Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten	24,36		[Std/to]
Mittlerer Aufwandswert für die Betonarbeiten	1,44		[Std/m ³]
Gesamtaufwandswert STB	8,62		[Std/m ³]
Leistungswert STB	46,98		[m ³ /d]
Kennzahlen für die Anzahl der Krane			
Anzahl der Krane aus der Anzahl der AK	1,25		[-]
Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt	2,49		[-]
Anzahl der Krane aus Kranbelegungswerten	1,92		[-]
Anzahl der Krane über die Grundrissfläche des Bauwerks und den Kranradius	1,33		[-]
Tatsächl. Anzahl der Krane auf der Baustelle	2		[-]
Kennzahlen zur Mindestarbeitsfläche			
Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche	33,3		[m ² /AK]
Mindestarbeitsfläche (bei max. AK)	30,0		[m ² /AK]
Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften			
Durchschnittliche Anzahl an AK	45	47	[-]
Maximale Anzahl an AK	50	53	[-]
Arbeitskräfteverhältniswert	0,90	0,89	[-]
Anzahl Betonierer : Bewehrter : Schaler	10 : 20 : 25		[-]
Arbeitskräfteverhältniszahl	1 : 2 : 2,5		[-]
Berechnung der Lohnstunden	86.625		[Std]
Kennzahlen für die Dauer der Stahlbetonarbeiten			
Gesamtdauer	215	222	[d]
Hauptbauzeit	170	178	[d]
Anlaufphase	25	33	[d]
Auslaufphase	20	11	[d]
Konvent. Berechnung für die Dauer der STB	215	222	[d]

Tabelle 21: Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten, Anzahl der Krane, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“

4.2 Projekt „HVW Energie Steiermark“



Abb. 29: 3D-Ansicht vom HVW Energie Steiermark³⁴⁶

Der Zu- und Neubau für die Hauptverwaltung (HVW) der Energie Steiermark am Leonhardgürtel in Graz ist ein 14-geschossiges Bürogebäude mit fast 41 m Höhe von Geländeoberkante. Zusätzlich zum Zubau des Büros wird eine Tiefgarage über fünf versetzte Ebenen mit ca. 240 Stellplätzen errichtet. Für die Bauausführung wurde die Firma Strabag AG beauftragt.

Die Gesamtbauzeit inkl. Gründung und Tiefgarage betrug 14 Monate. Die Rohbauarbeiten für den Zubau des Bürogebäudes wurden in fünf Monaten durchgeführt (inkl. der Tiefgarage wurden acht Monate Rohbauzeit angegeben). Nahezu das gesamte Bauwerk, bis auf ca. 2.900 m² Hohlwänden, wurde in Ortbetonbauweise errichtet.

Besondere Erschwernisse für den Bauablauf waren die Baugrubensicherung und die Unterfangung der umliegenden Bestandsgebäude. Außerdem lag die Baugrube mit einer Tiefe von ca. 11 Meter unter der Geländeoberkante mehrere Meter im Grundwasser.

³⁴⁶ 3D-Ansicht zur Verfügung gestellt von Ernst Giselbrecht + Partner, Architektur ZT GmbH



Abb. 30: Erdgeschoss und Kranstandorte vom HVV Energie Steiermark³⁴⁷

In Abb. 30 ist das Erdgeschoss mit den Kranstandorten bzw. -radien zu sehen. Zusätzlich ist der Bestand in grün und der Zubau des Büroteils in rot markiert. Auffallend ist, dass Kran 1 nicht das gesamte Gebäude überstreicht, was daran liegt, dass der linke Zubauteil nicht realisiert wurde. Auch der „L-Schenkel“ beim rechten Zubau wurde nicht ausgeführt, wodurch die Überstreichfläche der Krane ausreichend ist. Der Raupenkran (Kran 2) unterstützt den Turmdrehkran (Kran 1) vorwiegend im Bereich des Tiefgaragenbaus.³⁴⁸

Der Schnitt durch das Hauptverwaltungsgebäude der Energie Steiermark (siehe Abb. 31) wurde quer zur Längsachse des Gebäudes geführt. Der Zubau des Büroteils besitzt, wie der Bestand, zwei Untergeschosse und elf Obergeschosse, wobei das Dachgeschoss zum Erreichen des Flachdaches dient und den Triebwerksraum der Aufzüge beinhaltet. Zusätzlich zum Büroteil wurde eine Tiefgarage über fünf versetzte Ebenen gebaut, die aber nicht teil dieser Projekterhebung und -auswertung ist.

³⁴⁷ [Duzma], 102

³⁴⁸ [Duzma], 102

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

4 Projekte

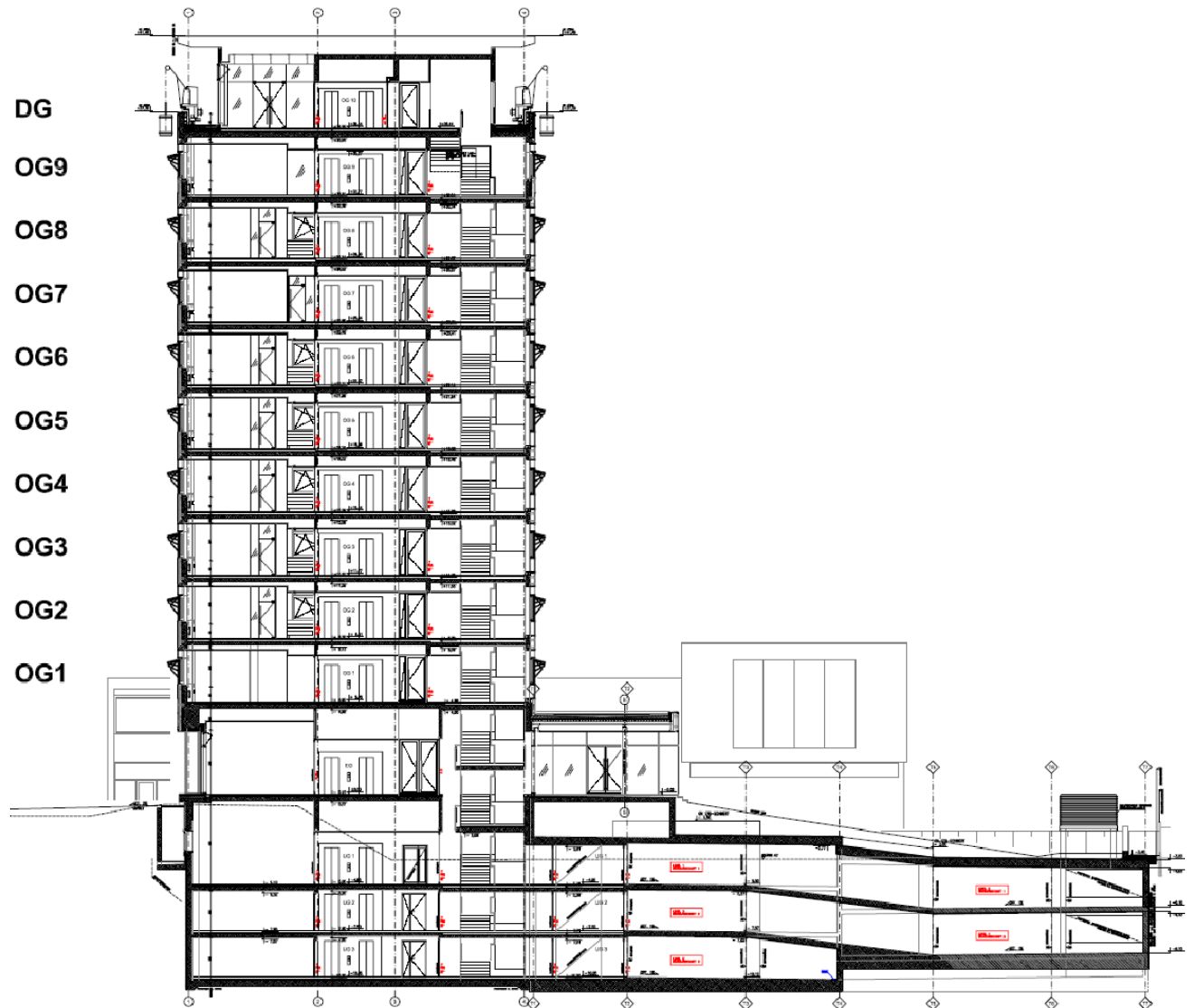


Abb. 31: Schnitt vom HVW Energie Steiermark³⁴⁹

³⁴⁹ Schnitt zur Verfügung gestellt von Herrn Christoph Hatzl (Strabag)

Die wichtigsten Projektdaten und ausgewerteten Kennzahlen für das Projekt „HVW Energie Steiermark“ sind in den Tabellen 22 bis 24 dargestellt. Das Projektdatenblatt, welches von Herrn Christoph Hatzl (Kalkulant bei der Fa. Strabag) ausgefüllt wurde, ist dem Anhang beigefügt.

KENNZAHLEN	WERT	EH
Gebäudeabmessungen		
Länge	20,8	[m]
Breite	19,6	[m]
Gesamthöhe	52,3	[m]
Höhe über GOK	41,5	[m]
Geschossanzahl	14	[-]
Flächen und Rauminhalte		
Grundstücksfläche	8.080	[m ²]
Bebaute Fläche	407	[m ²]
Brutto-Grundfläche	5.707,5	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfläche	900	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfaktor	2,21	[-]
Bruttorauminhalt	21.509	[m ³]
Bebauungsgrad	0,05	[-]
Bebauungsdichte	0,71	[-]

Tabelle 22: Objektkennzahlen des Projektes „HVW Energie Steiermark“

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

4 Projekte

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



KENNZAHLEN	WERT	EH
Kennzahlen für die Mengenermittlung		
Schalfläche	8.202	[m ²]
Bewehrungsmenge	215,5	[to]
Betonmenge	1.808	[m ³]
Vorhaltemenge	700	[m ²]
Ortbetongrad	11,90	[-]
Baustoffgrade (bezogen auf den BRI)		
Schalung	0,38	[m ² /m ³]
Bewehrung	0,010	[to/m ³]
Beton	0,084	[m ³ /m ³]
Schalungsgrade		
Bodenplatte/ Fundamente	0,21	[m ² /m ³]
Decken	4,58	[m ² /m ³]
Stützen	8,67	[m ² /m ³]
Wände	5,58	[m ² /m ³]
Bauwerk	4,54	[m ² /m ³]
Bewehrungsgrade		
Bodenplatte/ Fundamente	141	[kg/m ³]
Decken	115	[kg/m ³]
Stützen	200	[kg/m ³]
Wände	80	[kg/m ³]
Bauwerk	119	[kg/m ³]
Schalungsverhältnisgrad	1,60	[-]
Bewehrungsverhältnisgrad	2,81	[-]
Betonverhältnisgrad	2,75	[-]
Vorhaltemengengrade		
horizontal	12,47	[-]
vertikal	10,68	[-]
Bauwerk	11,72	[-]
Vorhaltemengenverhältnisgrad	1,37	[-]

Tabelle 23: Kennzahlen für die Mengenermittlung des Projektes „HVW Energie Steiermark“

KENNZAHLEN	WERT	EH
Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten		
Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten	0,79	[Std/m ²]
Mittlerer Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten	25,48	[Std/to]
Mittlerer Aufwandswert für die Betonarbeiten	0,88	[Std/m ³]
Gesamtaufwandswert STB	7,50	[Std/m ³]
Leistungswert STB	20,80	[m ³ /d]
Kennzahlen für die Anzahl der Krane		
Anzahl der Krane aus der Anzahl der AK	1,07	[-]
Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt	1,22	[-]
Anzahl der Krane aus Kranbelegungswerten	1,38	[-]
Anzahl der Krane über die Grundrissfläche des Bauwerks und den Kranradius	0,68	[-]
Tatsächl. Anzahl der Krane auf der Baustelle	2	[-]
Kennzahlen zur Mindestarbeitsfläche		
Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche	50,8	[m ² /AK]
Mindestarbeitsfläche (bei max. AK)	37,0	[m ² /AK]
Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften		
Durchschnittliche Anzahl an AK	16	16 [-]
Maximale Anzahl an AK	22	20 [-]
Arbeitskräfteverhältniswert	0,73	0,80 [-]
Anzahl Betonierer : Bewehrter : Schaler	4 : 8 : 8	[-]
Arbeitskräfteverhältniszahl	1 : 2 : 2	[-]
Berechnung der Lohnstunden	15.444	[Std]
Kennzahlen für die Dauer der Stahlbetonarbeiten		
Gesamtdauer	110	87 [d]
Hauptbauzeit	70	40 [d]
Anlaufphase	25	35 [d]
Auslaufphase	15	12 [d]
Konvent. Berechnung für die Dauer der STB	110	109 [d]

Tabelle 24: Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten, Anzahl der Krane, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „HVW Energie Steiermark“

4.3 Projekt „ÖBB-Traktion“



Abb. 32: Südwestansicht der ÖBB-Traktion³⁵⁰

Das kombinierte Büro- und Wartungsgebäude wurde im Auftrag der ÖBB-Traktion errichtet. Die ostseitige Wartungshalle dient zur Überprüfung der Triebfahrzeuge, die auf einem Durchfahrtsgleis einfahren können.

Das Projekt nahe der Waagner-Biro-Strasse auf der Westseite des Grazer Hauptbahnhofes wurde zwischen den bestehenden Gleisanlagen realisiert. Um die Einfahrt in die Wartungshalle für die Lokomotiven von insgesamt 12 Gleisen zu ermöglichen, wurde im Norden außerdem die erste Oberflurschiebenbühne Österreichs errichtet.

Besondere Erschwernisse bei der Zufahrt zur Baustelle und den Hebearbeiten stellten der aufrecht zu erhaltende Zugverkehr und die bestehenden Gleis- und Oberleitungsanlagen in der unmittelbaren Umgebung dar.

³⁵⁰ Bild zur Verfügung gestellt von Herrn Mario Bödenler (BHM INGENIEURE)

Das Gebäude wurde in Mischbauweise errichtet. Die ca. 22 m langen Stützen, die ca. 13,5 m langen Träger sowie die Stiegenläufe wurden als Fertigteile auf die Baustelle geliefert und montiert.

Die Decken wurden entweder in Ortbeton oder als Elementdecken ausgeführt. Für die Brüstungen wurden Hohlwände versetzt und nachträglich mit Ortbeton ausgefüllt. Sämtliche Keller- und Innenwände wurden in Ortbetonbauweise hergestellt.

In Abb. 33 sind die Fertigteilstützen, die Fertigkeiträger mit vordimensionierten Durchbrüchen und sogar Stöße der Elementdecken über dem ca. 7,50 m hohen Hallenbereich erkennbar.



Abb. 33: Südseitige Halleneinfahrt (während der Bauphase) der ÖBB-Traktion³⁵¹

³⁵¹ Bild zur Verfügung gestellt von Herrn Mario Bödenler (BHM INGENIEURE)

Die Tabellen 25, 26 und 27 beinhalten die wichtigsten Projektdaten und die ausgewerteten Kennzahlen für das Projekt „ÖBB Traktion“. Das von Herrn Engelbert Gräber (Bauleiter der Fa. Strabag) ausgefüllte Projektdatenblatt befindet sich im Anhang.

KENNZAHLEN	WERT EH	
Gebäudeabmessungen		
Länge	55,10	[m]
Breite	14,45	[m]
Gesamthöhe	25,06	[m]
Höhe über GOK	20,96	
Geschossanzahl	6	[-]
Flächen und Rauminhalte		
Grundstücksfläche	1.500	[m ²]
Bebaute Fläche	796,2	[m ²]
Brutto-Grundfläche	3.184,8	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfläche	250	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfaktor	0,31	[-]
Bruttorauminhalt	13.550	[m ³]
Bebauungsgrad	0,53	[-]
Bebauungsdichte	2,12	[-]

Tabelle 25: Objektkennzahlen des Projektes „ÖBB-Traktion“

KENNZAHLEN	WERT	EH
Kennzahlen für die Mengenermittlung		
Schalfläche	7.510	[m ²]
Bewehrungsmenge	196,3	[to]
Betonmenge	1.955	[m ³]
Vorhaltemenge	1.370	[m ²]
Ortbetongrad	6,93	[-]
Baustoffgrade (bezogen auf den BRI)		
Schalung	0,55	[m ² /m ³]
Bewehrung	0,015	[to/m ³]
Beton	0,14	[m ³ /m ³]
Schalungsgrade		
Bodenplatte/ Fundamente	1,04	[m ² /m ³]
Decken	3,56	[m ² /m ³]
Stützen	Fertigteil	[m ² /m ³]
Wände	7,60	[m ² /m ³]
sonstige Bauteile	Fertigteil	[m ² /m ³]
Bauwerk	3,84	[m ² /m ³]
Bewehrungsgrade		
Bodenplatte/ Fundamente	90	[kg/m ³]
Decken	109	[kg/m ³]
Stützen	Fertigteil	[kg/m ³]
Wände	98	[kg/m ³]
sonstige Bauteile (Träger)	Fertigteil	[kg/m ³]
Bauwerk	100	[kg/m ³]
Schalungsverhältnisgrad	0,98	[-]
Bewehrungsverhältnisgrad	3,02	[-]
Betonverhältnisgrad	2,91	[-]
Vorhaltemengengrade		
horizontal	6,51	[-]
vertikal	4,75	[-]
Bauwerk	5,48	[-]
Vorhaltemengenverhältnisgrad	0,71	[-]

Tabelle 26: Kennzahlen für die Mengenermittlung des Projektes „ÖBB-Traktion“

KENNZAHLEN	WERT		EH
Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten			
Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten	0,96		[Std/m ²]
Mittlerer Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten	26,46		[Std/to]
Mittlerer Aufwandswert für die Betonarbeiten	1,04		[Std/m ³]
Gesamtaufwandswert STB	7,37		[Std/m ³]
Leistungswert STB	20,11		[m ³ /d]
Kennzahlen für die Anzahl der Krane			
Anzahl der Krane aus der Anzahl der AK	0,95		[-]
Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt	0,97		[-]
Anzahl der Krane aus Kranbelegungswerten	1,04		[-]
Anzahl der Krane über die Grundrissfläche des Bauwerks und den Kranradius	0,31		[-]
Tatsächl. Anzahl der Krane auf der Baustelle	1		[-]
Kennzahlen zur Mindestarbeitsfläche			
Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche	41,9		[m ² /AK]
Mindestarbeitsfläche (bei max. AK)	26,5		[m ² /AK]
Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften			
Durchschnittliche Anzahl an AK	19	13	[-]
Maximale Anzahl an AK	30	16	[-]
Arbeitskräfteverhältniswert	0,63	0,81	[-]
Anzahl Betonierer : Bewehrter : Schaler	4 : 8 : 8		[-]
Arbeitskräfteverhältniszahl	1 : 2 : 2		[-]
Berechnung der Lohnstunden	29.484		[Std]
Kennzahlen für die Dauer der Stahlbetonarbeiten			
Gesamtdauer	152	95	[d]
Hauptbauzeit	100	25	[d]
Anlaufphase	20	52	[d]
Auslaufphase	32	18	[d]
Konvent. Berechnung für die Dauer der STB	152	97	[d]

Tabelle 27: Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten, Anzahl der Krane, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „ÖBB-Traktion“

4.4 Projekt „Marland – Haus 26“

Das Projekt der Marland Wohnbaugesellschaft „Gartenstadt Marland“ befindet sich in Graz-Mariatrost und umfasst insgesamt 40 Wohnhäuser mit ca. 200 Wohneinheiten. Die gesamte Grundfläche beträgt ungefähr 146.000 m², wobei ca. 99.000 m² als Baugrund verwendet wurden. Das umfassende Wohnbauvorhaben mit Beginn im Jahr 2003 und der geplanten Fertigstellung im Jahr 2011 wurde in drei Bauabschnitte eingeteilt.

Das untersuchte Gebäude „Haus 26“ und wurde im 2. Bauabschnitt errichtet. Dieses Haus stellt einen klassischen dreigeschossigen Wohnungsbau dar und beinhaltet 7 Wohneinheiten. Die Südansicht ist in Abb. 34 abgebildet. Der Grundriss sowie ein Längs- und Querschnitt durch das Gebäude sind in Abb. 35 und Abb. 36 dargestellt.



Abb. 34: Südansicht vom Haus 26 der Gartenstadt Marland³⁵²

Bei diesem Bauvorhaben wurden neben den allgemeinen Objektdaten hauptsächlich die Kennzahlen für die Decke aus Ortbeton ermittelt.

Die gesamte Deckenfläche dieses Hauses beträgt 1100 m² mit einer durchgehenden Stärke von 20 cm. Als Deckenschalungssystem kam das Trägerschalungssystem „Dokaflex 1-2-4“ zur Anwendung.

Sämtliche tragenden Wände wurden aus Mauerwerk hergestellt.

³⁵² Fotografiert am 31.03.2010 um 07:07

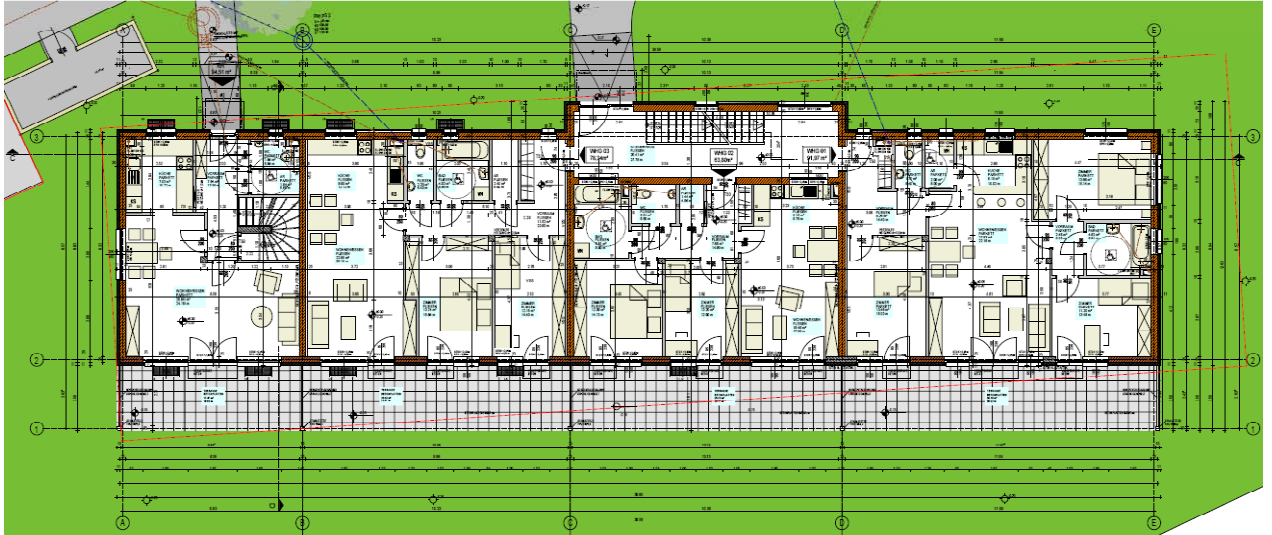


Abb. 35: Grundriss vom Haus 26 der Gartenstadt Marland³⁵³

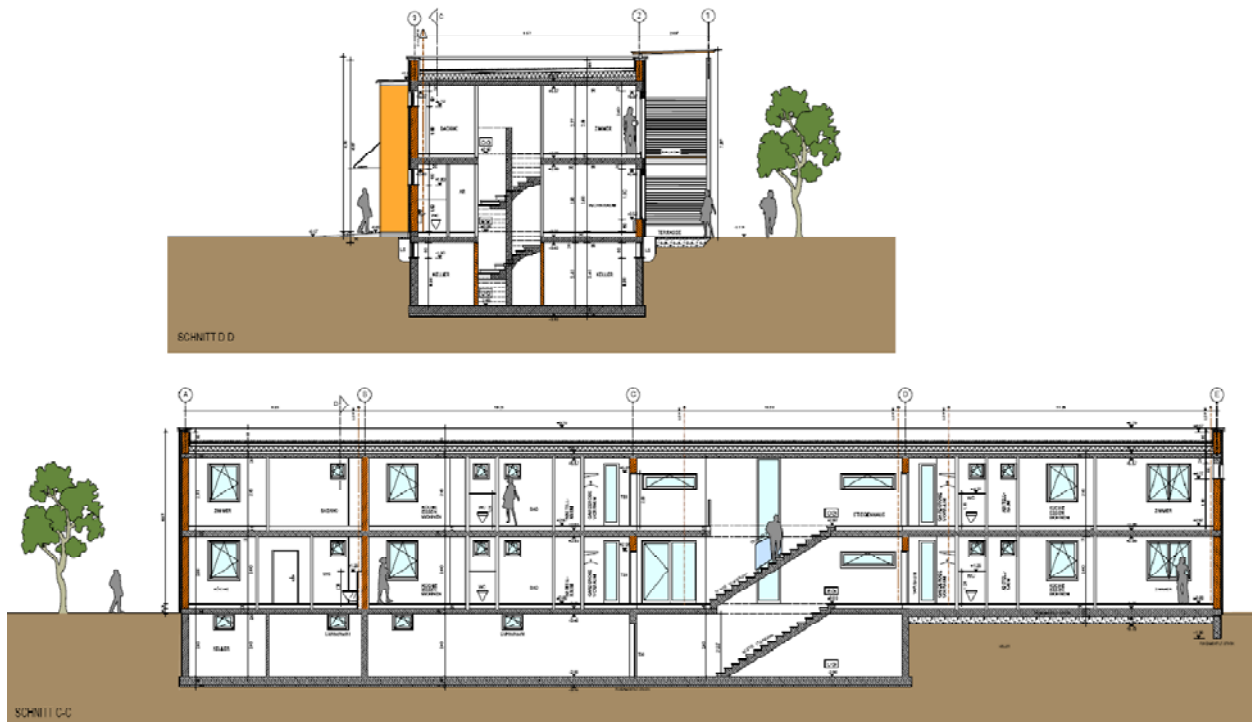


Abb. 36: Längs- und Querschnitt vom Haus 26 der Gartenstadt Marland³⁵⁴

³⁵³ Grundriss zur Verfügung gestellt von Herrn Stefan Bacun (Sterlinger)

³⁵⁴ Schnitte zur Verfügung gestellt von Herrn Stefan Bacun (Sterlinger)

In den Tabellen 28 und 29 sind die wichtigsten Projektdaten und die ausgewerteten Kennzahlen für das Projekt „Marland – Haus 26“ eingetragen. Das Projektdatenblatt, welches von Herrn Stefan Bacun (Bauleiter der Fa. Sterlinger) ausgefüllt wurde, ist dem Anhang beigelegt.

KENNZAHLEN	WERT EH	
Gebäudeabmessungen		
Länge	39,60	[m]
Breite	12,60	[m]
Gesamthöhe	9,80	[m]
Höhe über GOK	6,70	[m]
Geschossanzahl	3	[-]
Flächen und Rauminhalte		
Grundstücksfläche	1.797	[m ²]
Bebaute Fläche	511,6	[m ²]
Brutto-Grundfläche	1.006	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfläche	1285	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfaktor	2,51	[-]
Bruttorauminhalt	2.450	[m ³]
Bebauungsgrad	0,28	[-]
Bebauungsdichte	0,56	[-]

Tabelle 28: Objektkennzahlen des Projektes „Marland – Haus 26“

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

4 Projekte

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



KENNZAHLEN	WERT	EH
Kennzahlen für die Mengenermittlung		
Schalfläche – Decke	1.100	[m ²]
Bewehrungsmenge – Decke	17	[to]
Betonmenge – Decke	250	[m ³]
Vorhaltemenge – Decke	750	[m ²]
Schalungsgrad – Decke	4,40	[m ² /m ³]
Bewehrungsgrad – Decke	68	[kg/m ³]
Kennzahlen zur Mindestarbeitsfläche		
Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche	51,2	[m ² /AK]
Mindestarbeitsfläche (bei max. AK)	28,4	[m ² /AK]
Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften		
Durchschnittliche Anzahl an AK	10	[-]
Maximale Anzahl an AK	18	[-]
Arbeitskräfteverhältniswert	0,55	[-]
Kennzahl für die Dauer der Stahlbetonarbeiten		
Gesamtdauer	85	[d]

Tabelle 29: Kennzahlen für die Mengenermittlung, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „Marland – Haus 26“

4.5 Projekt „Zanklhof – Haus F“

Beim Zanklhof handelt es sich um eine im Jahre 1893 erbaute Fabriksanlage der Farbenwerke A. Zankl & Söhne in der Wienerstrasse 264 in Graz, die später als Betriebsstätte der Firma Farina verwendet wurde.

Die Revitalisierung dieser stilvollen Backsteinbauten zu einer modernen Wohnanlage begann bereits in den Jahren 2003/04. Insgesamt wurden etwa 145 Wohnungen mit über 9.500 m² Wohnfläche realisiert.

Das untersuchte viergeschossige „Haus F“ mit seiner rechteckigen Bauwerksgrundrissfläche von 1020 m² wurde im Zuge des 2. Bauabschnittes (von insgesamt 4) erbaut. Die Geschosshöhen variieren zwischen den Höhen von 2,90 m bis 3,92 m.

Als Besonderheit ist die Fassade des alten Bauwerks anzuführen, die aufgrund des Denkmalschutzes beim Neubau erhalten werden musste und in Abb. 37 abgebildet ist.



Abb. 37: Südansicht vom Haus F des Projektes Zanklhof³⁵⁵

³⁵⁵ Fotografiert am 31.03.2010 um 17:28

Für dieses Haus wurden die allgemeinen Objektdaten und vorwiegend die Kennzahlen für die Ortbetondecke ermittelt. Als Deckenschalungssystem kam das „Peri Skydeck System“ zur Anwendung.

Die Gesamtschalungsfläche der Decken beträgt 2400 m² mit Deckenstärken von 20 cm bis 22 cm.

Abb. 38 zeigt einen Schnitt durch das Haus F bei dem im Kellergeschoss die bestehenden ca. 70 cm dicken Mauern mit Gewölbedecken zu erkennen sind.

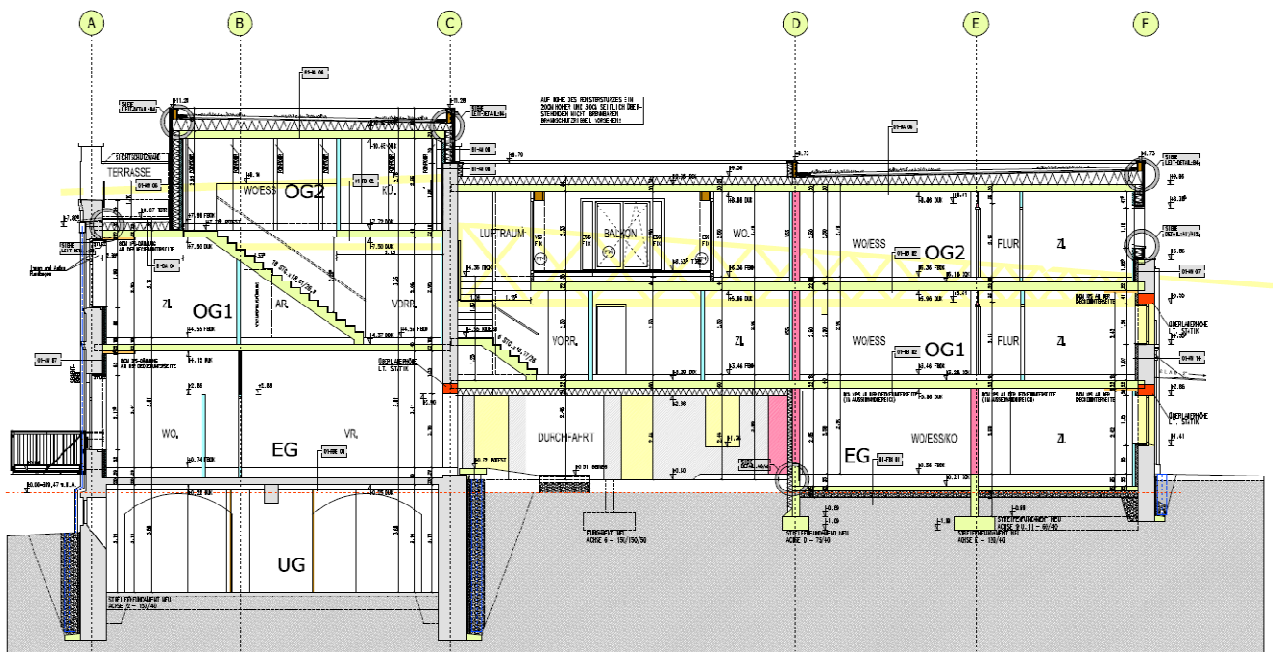


Abb. 38: Schnitt vom Haus F des Projektes Zankhof³⁵⁶

³⁵⁶ Schnitt zur Verfügung gestellt von Fa. Leitner

Die Tabellen 30 und 31 beinhalten die wichtigsten Projektdaten und die berechneten Kennzahlen für das Projekt „Zanklhof – Haus F“. Das von Herrn Wolfgang Gappmaier (Absolvent der TU Graz) in Zusammenarbeit mit der Fa. Leitner bzw. Fa. Pongratz ausgefüllte Projektdatenblatt befindet sich im Anhang.

KENNZAHLEN	WERT	EH
Gebäudeabmessungen		
Länge	32,0	[m]
Breite	32,0	[m]
Gesamthöhe	14,2	[m]
Höhe über GOK	11,3	[m]
Geschossanzahl	4	[-]
Flächen und Rauminhalte		
Grundstücksfläche	1.628	[m ²]
Bebaute Fläche	1.020	[m ²]
Brutto-Grundfläche	2.052	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfläche	750	[m ²]
Baustelleneinrichtungsfaktor	0,74	[-]
Bruttorauminhalt	8.373	[m ³]
Bebauungsgrad	0,63	[-]
Bebauungsdichte	1,26	[-]

Tabelle 30: Objektkennzahlen des Projektes „Zanklhof – Haus F“

KENNZAHLEN	WERT	EH
Kennzahlen für die Mengenermittlung		
Schalfläche – Decke	1.700	[m ²]
Bewehrungsmenge – Decke	35	[to]
Betonmenge – Decke	411	[m ³]
Vorhaltemenge – Decke	750	[m ²]
Schalungsgrad – Decke	4,14	[m ² /m ³]
Bewehrungsgrad – Decke	85,16	[kg/m ³]
Kennzahlen zur Mindestarbeitsfläche		
Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche	40,8	[m ² /AK]
Mindestarbeitsfläche (bei max. AK)	34,0	[m ² /AK]
Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften		
Durchschnittliche Anzahl an AK	25	[-]
Maximale Anzahl an AK	30	[-]
Arbeitskräfteverhältniswert	0,83	[-]
Kennzahl für die Dauer der Stahlbetonarbeiten		
Gesamtdauer	85	[d]

Tabelle 31: Kennzahlen für die Mengenermittlung, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „Zanklhof – Haus F“

5 Datenauswertung und Vergleich

In diesem Kapitel werden die Objektdaten und Kennzahlen der erfassten Projekte aus Kapitel 4 miteinander und wenn vorhanden mit Angaben aus der Literatur verglichen. Dies erfolgt entweder in Form von Tabellen oder mittels Diagrammen.

Zur übersichtlicheren Darstellung hat jedes Projekt eine eigene Farbe.

- Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe
- Hauptverwaltungsgebäude der Energie Steiermark
- ÖBB Traktion
- Wohngebäude Marland – Haus 26
- Wohngebäude Zanklhof – Haus F

In den Diagrammen werden die Werte der Projekte mit farbigen Balken und die Wertebereiche aus der Literatur als grüne Linien dargestellt. Die untere Linie gibt den minimalen und die obere Linie den maximalen Wert aus der Literatur an (siehe Beispieldiagramm Abb. 39).

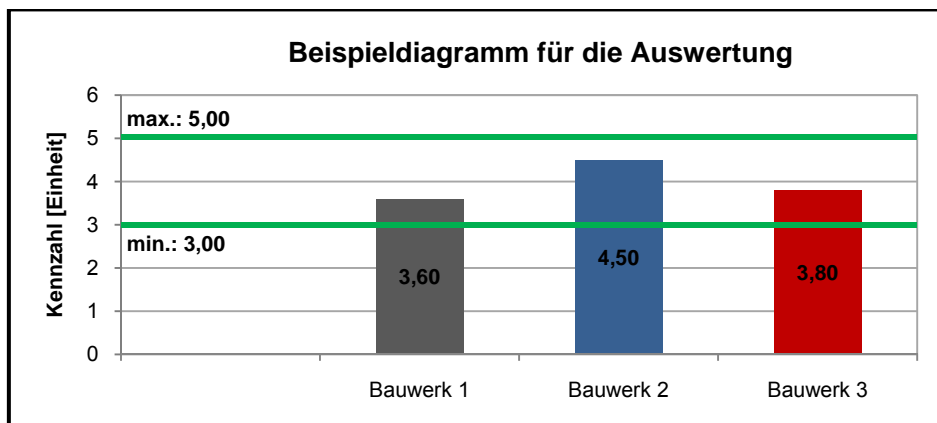


Abb. 39: Beispieldiagramm für die Auswertung

5.1 Auswertung der Objektkennzahlen

5.1.1 Bruttorauminhalt bezogen auf die bebaute Fläche

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Bruttorauminhalt [m ³]	87.000	21.509	13.550
Bebaute Fläche [m ²]	2.500	407	796,2
Verhältnis m³BRI zu m²BBF [m]	34,8	52,8	17,0
tats. Gesamthöhe des Gebäudes (inkl. UG) [m]	26,5	52,3	16,7

Tabelle 32: Bruttorauminhalt bezogen auf die bebaute Fläche

Das Verhältnis zwischen dem Bruttorauminhalt und der bebauten Fläche ergibt die Höhe des Bauwerks. Die berechneten Höhen entsprechen beim Projekt HVW Energie Steiermark und ÖBB Traktion in etwa den tatsächlichen Gebäudehöhen.

Beim Gebäude der ÖBB Traktion wurde das Kellergeschoss bzw. das Dachgeschoss bei der Berechnung des BRI und der Gebäudehöhe vernachlässigt.

Die bebaute Fläche beim Objekt Headquarter der Pachleitner Gruppe entspricht der Bauwerksgrundrissfläche. Im Untergeschoss wurden zusätzlich eine Tiefgarage und Lagerräume mit ungefähr 3.000 m² und 5,0 m Höhe errichtet. Daraus ergibt sich ein BRI von 15.000 m³. Die Differenz des gesamten BRI (87.000 m³) und des BRI der Tiefgarage und der Lagerräume (15.000 m³) ergibt einen BRI für den Hochbau von 72.000 m³. Das daraus neu erhaltene Verhältnis mit der bebauten Fläche ergibt den Wert 28,8, der eine Annäherung an die tatsächliche Gebäudehöhe von 27,0 m darstellt.

5.1.2 Bruttorauminhalt bezogen auf die Brutto-Grundfläche

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Bruttorauminhalt [m ³]	87.000	21.509	13.550
Brutto-Grundfläche [m ²]	14.000	5.707,5	3.184,8
Verhältnis m³BRI zu m²BGF [m]	6,21	3,77	4,25
tats. Geschosshöhe [m]	3,50-5,00	3,45	3,60-4,32

Tabelle 33: Bruttorauminhalt bezogen auf die Brutto-Grundfläche

Als Kontrolle für die durchschnittliche Geschosshöhe dient das Verhältnis des Bruttorauminhalts bezogen auf die Brutto-Grundfläche. Wie im vorigen Kapitel 5.1.1 weicht lediglich das Bauwerk der Pachleitner Gruppe aufgrund des großen Untergeschosses von der tatsächlichen Geschosshöhe ab.

5.2 Auswertung der Kennzahlen für die Mengenermittlung

5.2.1 Auswertung der Mengen bezogen auf die Brutto-Grundfläche

5.2.1.1 Schalfläche bezogen auf die Brutto-Grundfläche

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Schalfläche [m ²]	30.400	8.202	7.510
Brutto-Grundfläche [m ²]	14.000	5.707,5	3.184,8
Verhältnis m²SF zu m²BGF	2,17	1,44	2,36

Tabelle 34: Schalfläche bezogen auf die Brutto-Grundfläche

Die berechneten Werte sind die Verhältnisse zwischen der Schalfläche und der Brutto-Grundfläche der einzelnen Projekte. Der Grund des niedrigen Wertes beim Projekt HVW Energie Steiermark ist, dass etwa drei Fünftel der Wände als Hohlwände ausgeführt wurden. Diese wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt.

5.2.1.2 Bewehrungsmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Bewehrungsmenge [to]	1.935	215,5	196,3
Brutto-Grundfläche [m ²]	14.000	5.707,5	3.184,8
Verhältnis to zu m²BGF	0,14	0,04	0,06

Tabelle 35: Bewehrungsmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche

Die Verhältnisse der Bewehrungsmenge bezogen auf die Brutto-Geschossfläche ergeben einen sehr hohen Wert beim Projekt Headquarter der Pachleitner Gruppe. Dieser ergibt sich aufgrund der großen Stützweiten und Auskragungen und den daraus resultierenden hohen statischen Belastungen auf die Stahlbetonbauteile des Gebäudes.

5.2.1.3 Betonmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Betonmenge [m ³]	10.450	1.808	1.955
Brutto-Grundfläche [m ²]	14.000	5.707,5	3.184,8
Verhältnis m³ zu m²BGF	0,75	0,32	0,61

Tabelle 36: Betonmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche

Die berechneten Verhältnisse zwischen der Betonmenge und der Brutto-Grundfläche ergeben, wie viel m³ Beton je m² BGF benötigt werden. Der niedrige Wert beim Verwaltungsgebäude der Energie Steiermark ergibt sich aufgrund der verwendeten Hohlwände, die nicht in die Berechnung einfließen.

5.2.1.4 Auswertungsergebnisse der Mengen bezogen auf die Brutto-Grundfläche

Die berechneten Verhältnisse zwischen den Mengen und der Brutto-Grundfläche dienen vor allem als Vergleich bzw. zur Abschätzung in der Kalkulation.

5.2.2 Auswertung des Ortbetongrades

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Bruttorauminhalt [m ³]	87.000	21.509	13.550
Betonmenge [m ³]	10.450	1808	1955
Ortbetongrad [-]	8,33	11,90	6,93

Tabelle 37: Ortbetongrad – Bauwerk

Die Angaben aus der Literatur von *Hofstadler*³⁵⁷ geben für Bauwerke im Hochbau mit Wänden und Decken aus Ortbeton einen Ortbetongrad zwischen 4 und 7 an.

Das Bauwerk Headquarter der Pachleitner Gruppe weist einen höheren Ortbetongrad auf, weil der Bruttorauminhalt vor allem aufgrund der hohen Räume im Untergeschoss (Lagerräume und Tiefgarage) und im Erdgeschoss (Lobby, Verkaufsflächen, Seminarraum und Gastronomiebereich) gegenüber einem typischen Hochbaubauwerk verhältnismäßig hoch ist.

Beim Projekt HVW der Energie Steiermark ergibt der berechnete Ortbetongrad einen Wert von 11,90. Dieser hohe Wert kann dadurch begründet werden, dass bei diesem Projekt von 4.753 m² Wänden nur 1.852 m² aus Ortbeton hergestellt wurden. Die restliche 2.901 m² Wandfläche, die nicht in die Berechnung einfluss, wurden als Hohlwände ausgeführt. Der Wert aus der Literatur gilt aber für Bauwerke, deren Decken und Wände komplett aus Ortbeton hergestellt sind. Würde die für die Hohlwände benötigte Betonmenge von zusätzlich 870 m³ in der Berechnung berücksichtigt werden, ergibt sich ein Ortbetongrad von 8,03.

Die Stützen und Träger beim Bauwerk der ÖBB Traktion wurden als Fertigteile geliefert und eingebaut. Wären diese auch in Ortbeton hergestellt worden, würde sich die Betonmenge um ungefähr 200 m³ erhöhen, was eine Erniedrigung des Ortbetongrades auf einen Wert von ca. 6,30 ergäbe.

³⁵⁷ vgl. [Hofs2]; 464

5.2.3 Auswertung der Baustoffgrade

Für die Baustoffgrade der Schalung und der Bewehrung sind keine Angaben in der Literatur zu finden. Ein Wertebereich für den Baustoffgrad des Betons hingegen ist in zwei Literaturquellen angegeben.

Der Baustoffgrad ist generell eine wichtige Kennzahl für die Kalkulation.

5.2.3.1 Baustoffgrad – Schalung

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Schalfläche [m ²]	30.400	8.202	7.510
Bruttorauminhalt [m ³]	87.000	21.509	13.550
Baustoffgrad [m ² /m ³ BRI]	0,35	0,38	0,55

Tabelle 38: Baustoffgrad – Schalung

Durch den Vergleich der Bauwerke kann ein ähnlicher Baustoffgrad bezogen auf die Schalfläche festgestellt werden. Das Projekt der ÖBB Traktion weist einen etwas höheren Wert auf, der sich vor allem aufgrund der größeren Wandschalflächen ergibt.

5.2.3.2 Baustoffgrad – Bewehrung

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Bewehrungsmenge [to]	1.935	215,5	196,3
Bruttorauminhalt [m ³]	87.000	21.509	13.550
Baustoffgrad [to/m ³ BRI]	0,022	0,010	0,015

Tabelle 39: Baustoffgrad – Bewehrung

Der Projektvergleich zeigt, dass das weitläufigere Gebäude der Pachleitner Gruppe wegen der großen Stützweiten und Auskragungen einen höheren Bewehrungsaufwand erforderte.

5.2.3.3 Baustoffgrad – Beton

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Betonmenge [m³]	10.450	1.808	1.955
Bruttorauminhalt [m³]	87.000	21.509	13.550
Baustoffgrad [m³Beton/m³BRI]	0,12	0,084	0,14

Tabelle 40: Baustoffgrad – Beton

Für den Baustoffgrad bezogen auf die Betonmenge geben, wie schon bei der Kennzahl für den Baustoffgrad in Kapitel 3.4.4 angeführt, *Spranz*³⁵⁸ und *Seeling*³⁵⁹ ähnliche Baustoffgrade in der Literatur an. Diese Werte liegen zwischen 0,1 und 0,25 m³Beton/m³BRI, in denen sich die Ergebnisse der Projekte Headquarter Pachleitner und ÖBB Traktion einordnen.

Der niedrige Wert beim Hauptverwaltungsgebäude der Energie Steiermark ergibt sich, wie beim Ortbetongrad zuvor, aufgrund dessen, dass nur ungefähr zwei Fünftel der Wände in Ortbetonbauweise ausgeführt wurden. Wären auch die Hohlwände aus Ortbeton hergestellt worden, würde dies eine gesamte Betonmenge von ca. 2.680 m³ ergeben. Mit dieser Betonmenge ergäbe sich ein Baustoffgrad von 0,12, der mit den anderen beiden Projekten bzw. mit der Literatur vergleichbar ist.

5.2.3.4 Auswertungsergebnisse der Baustoffgrade

Die Gründe für diverse Abweichungen gegenüber den anderen Projekten bzw. der Literatur wurden bereits im jeweiligen Kapitel erläutert.

Ein genereller Vergleich zwischen den drei Projekten ist aber nicht möglich, da nur das Headquarter der Pachleitner Gruppe aus Ortbeton errichtet wurde. Beim HVW der Energie Steiermark wurden hingegen drei Fünftel der Wände als Hohlwände und bei der ÖBB Traktion die Stützen und Träger aus Fertigteilen hergestellt.

³⁵⁸ vgl. [Spranz]; 12

³⁵⁹ vgl. [Seeli]; 1734

5.2.4 Auswertung der Schalungsgrade

5.2.4.1 Schalungsgrad – Decken

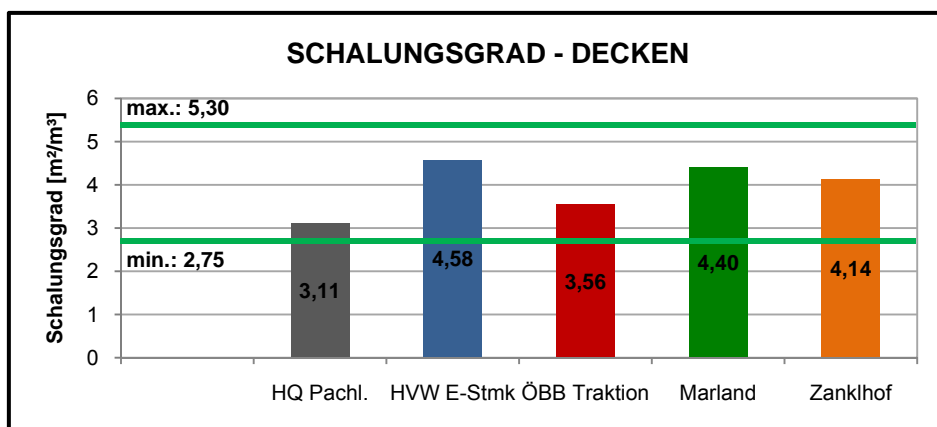


Abb. 40: Auswertungsdiagramm – Schalungsgrad - Decken

Die Schalungsgrade der Decken, die bei den Projekten zwischen 20 cm und 40 cm sind, liegen alle im Bereich der Angaben die in der Literatur (z.B. *Hofstadler*³⁶⁰) zu finden sind.

5.2.4.2 Schalungsgrad – Wände

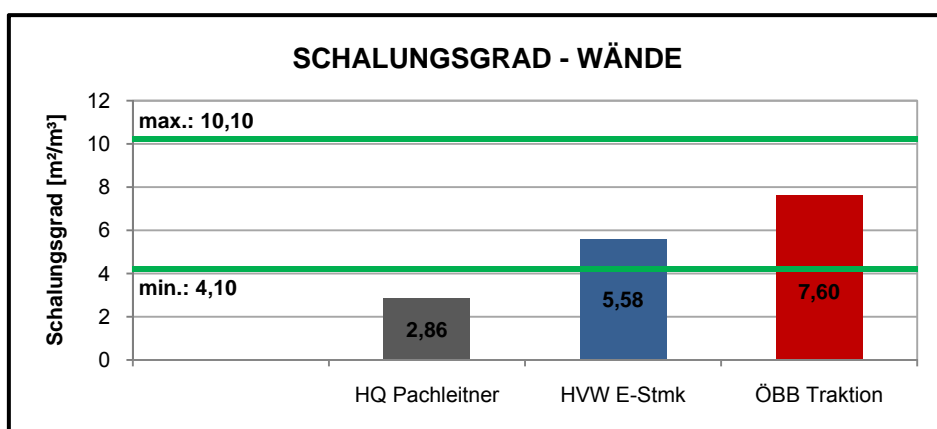


Abb. 41: Auswertungsdiagramm – Schalungsgrad - Wände

Bei der Auswertung des Schalungsgrades der Wände ist auffällig, dass beim Headquarter der Pachleitner Gruppe der Schalungsgrad niedriger ist als die Bandbreite aus der Literatur von *Hofstadler*³⁶¹.

³⁶⁰ vgl. [Hofs1]; 132

³⁶¹ vgl. [Hofs1]; 129

Insgesamt wurden bei diesem Projekt ca. 3.250 lfm Wände mit 30-40 cm Dicke und bis zu 4,50 m Höhe errichtet. Der Grund für den geringen Wert bei diesem Gebäude konnten nicht eruiert werden.

5.2.4.3 Schalungsgrad – Bauwerk

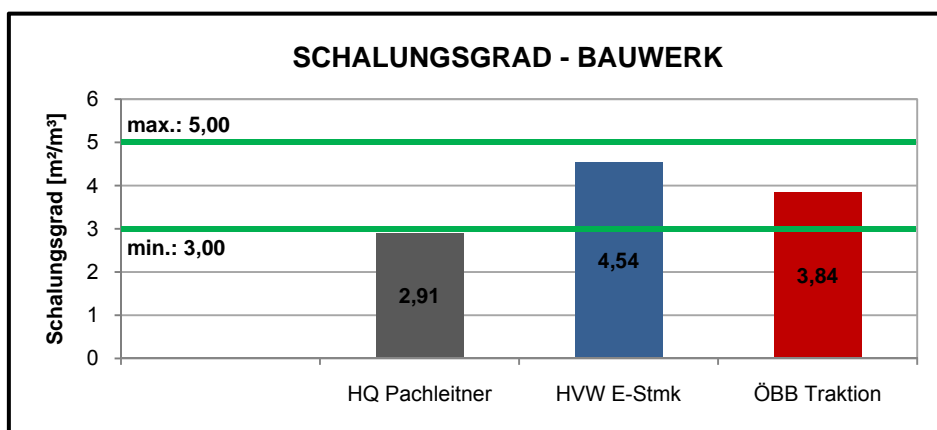


Abb. 42: Auswertungsdiagramm – Schalungsgrad - Bauwerk

Die Gesamtschalungsgrade der Bauwerke liegen etwa im Bereich der Angaben die bei *Spranz*³⁶² für Stahlbetonkonstruktionen im Hochbau zwischen 3 und 5 m²/m³ angegeben sind. Beim Projekt Pachleitner liegt der Schalungsgrad für das Bauwerk knapp darunter, da der geringe Schalungsgrad der Wände auch den Gesamtschalungsgrad verringert.

5.2.4.4 Auswertungsergebnisse der Schalungsgrade

Die Auswertungsergebnisse für die Schalungsgrade der Bauteile bzw. des gesamten Bauwerks liegen zumeist in den Wertebereichen die in der Literatur zu finden sind.

Lediglich der Schalungsgrad bei den Wänden wird vom Projekt Headquarter der Pachleitner Gruppe unterschritten, da dessen Wanddimensionen nicht mehr mit einem Standard-Hochbau vergleichbar sind.

³⁶² vgl. [Spranz]; 12

5.2.5 Auswertung der Bewehrungsgrade

5.2.5.1 Bewehrungsgrad – Decken

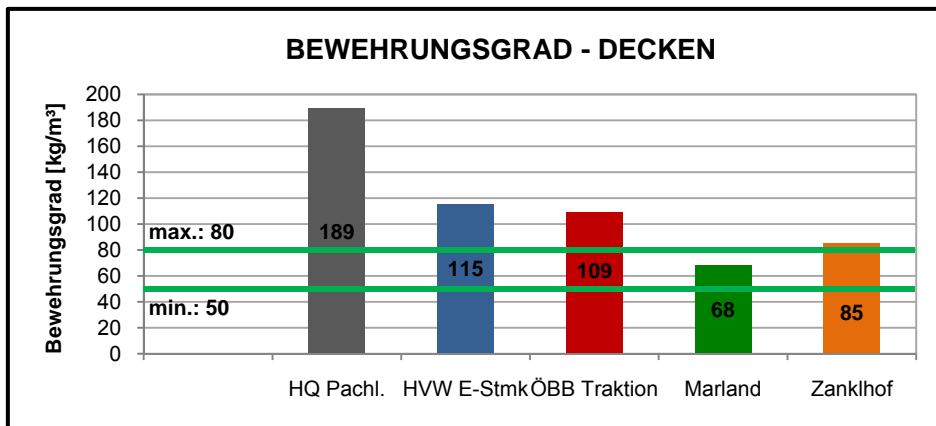


Abb. 43: Auswertungsdiagramm – Bewehrungsgrad - Decken

Die von *Petzschmann*³⁶³ angegebene Bandbreite für den Bewehrungsgrad für Wände liegt zwischen 50 und 80 kg/m³. Lediglich die Wohnbauten Marland und Zanklhof kommen mit ihren Bewehrungsgraden in diesem Bereich zu liegen. Der hohe Bewehrungsgrad von 189 kg/m³ beim Headquarter der Pachtleitner Gruppe kann infolge der großen Stützweiten bzw. Deckenspannweiten erklärt werden.

5.2.5.2 Bewehrungsgrad – Wände

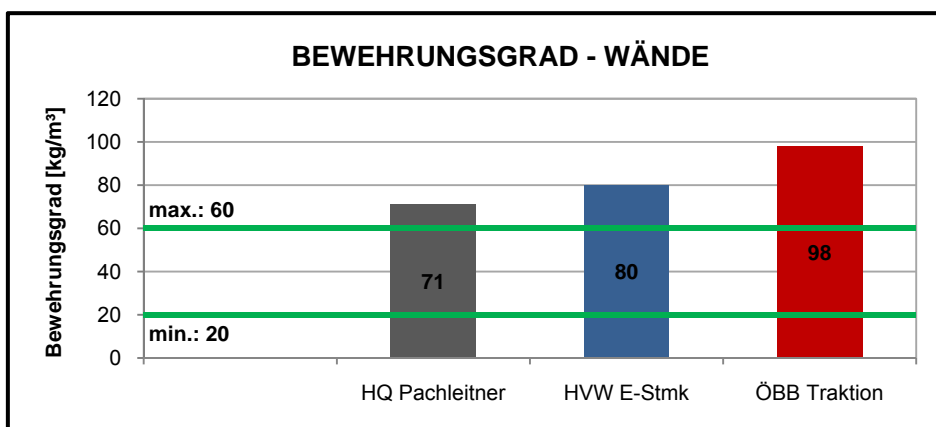


Abb. 44: Auswertungsdiagramm – Bewehrungsgrad - Wände

³⁶³ vgl. [Petz]; 134

In der Literatur finden sich Angaben für den Bereich des Bewehrungsgrades von Wänden bei *Petzschmann*³⁶⁴. Dieser liegt bei allen Projekten unter den berechneten Werten. Auffallen ist der Bewehrungsgrad mit 98 kg/m³ beim ÖBB Projekt. Eine Begründung hierfür ist, dass die Ortbetonwände als aussteifende Wandscheiben wirken, da von den Stützen und Trägern hauptsächlich die vertikalen Lasten abgetragen werden können.

5.2.5.3 Bewehrungsgrad – Bauwerk

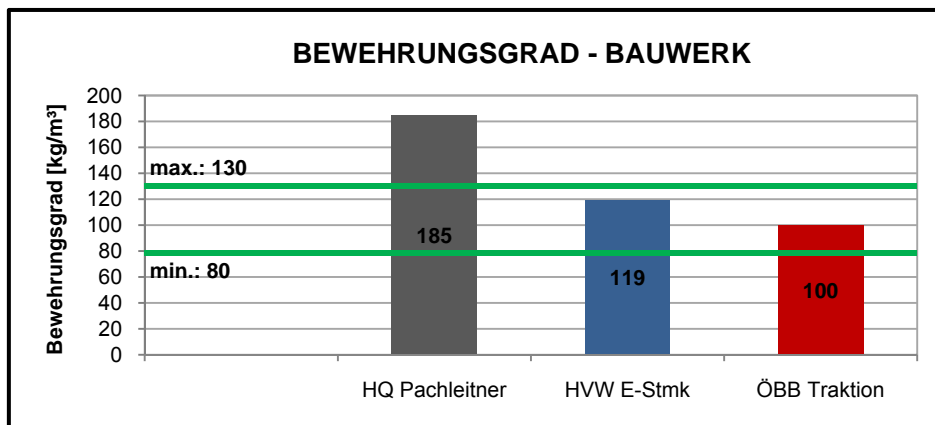


Abb. 45: Auswertungsdiagramm – Bewehrungsgrad - Bauwerk

Die Projekte der Energie Steiermark und der ÖBB Traktion liegen in der Bandbreite der Literatur von *Spranz*³⁶⁵. Beim Bauwerk der Pachleitner Gruppe ist der Bewehrungsgrad mit 185 kg/m³ auffallend hoch. Dieser hohe Bewehrungsanteil ist aus statischen Gründen aufgrund der großen Spannweiten und Auskragungen in den Decken und Trägern erforderlich.

5.2.5.4 Auswertungsergebnisse der Bewehrungsgrade

Die Bewehrungsgrade für die Bauteile liegen bis auf die Wohnbauprojekte über den Angaben aus der Literatur. Wie beim Schalungsgrad zuvor sticht vor allem das Projekt Headquarter der Pachleitner Gruppe hervor, welches aufgrund der großen Stützweiten und Architektur ein statisch sehr komplexes Bauwerk darstellt.

³⁶⁴ vgl. [Petzs]; 134

³⁶⁵ vgl. [Spranz]; 12

5.2.6 Auswertung der Vorhaltemengengrade

5.2.6.1 Vorhaltemengengrad – horizontal

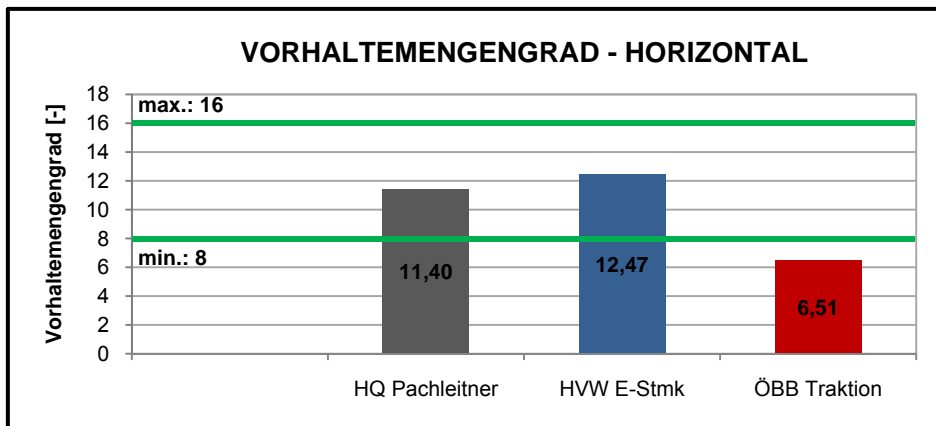


Abb. 46: Auswertungsdiagramm – Vorhaltemengengrad - horizontal

Die Projekte der Pachleitner Gruppe und der Energie Steiermark liegen bei der horizontalen Vorhaltemenge im Wertebereich aus der Literatur von *Hofstadler*³⁶⁶. Die Gründe für den geringen Vorhaltemengengrad beim Gebäude der ÖBB Traktion konnten nicht eruiert werden.

5.2.6.2 Vorhaltemengengrad – vertikal

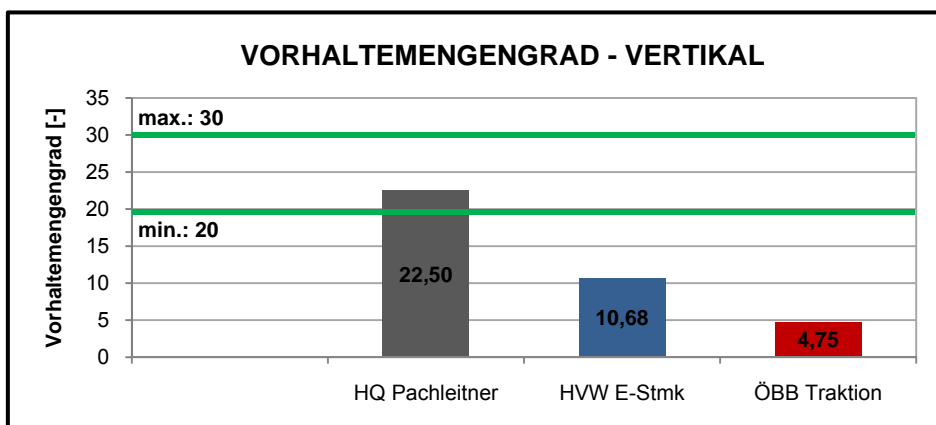


Abb. 47: Auswertungsdiagramm – Vorhaltemengengrad - vertikal

Die Wertebereiche für die vertikalen Vorhaltemengengrade werden in der Literatur von *Hofstadler*³⁶⁷ angegeben.

³⁶⁶ vgl. [Hofs2]; 463

³⁶⁷ vgl. [Hofs2]; 463

Von den drei untersuchten Projekten liegt aber nur das Bauwerk Headquarter der Pachleitner Gruppe in diesem Bereich.

Die Gründe für die geringen Werte bei den anderen beiden Gebäuden konnten nicht festgestellt werden.

5.2.6.3 Vorhaltemengengrad – Bauwerk

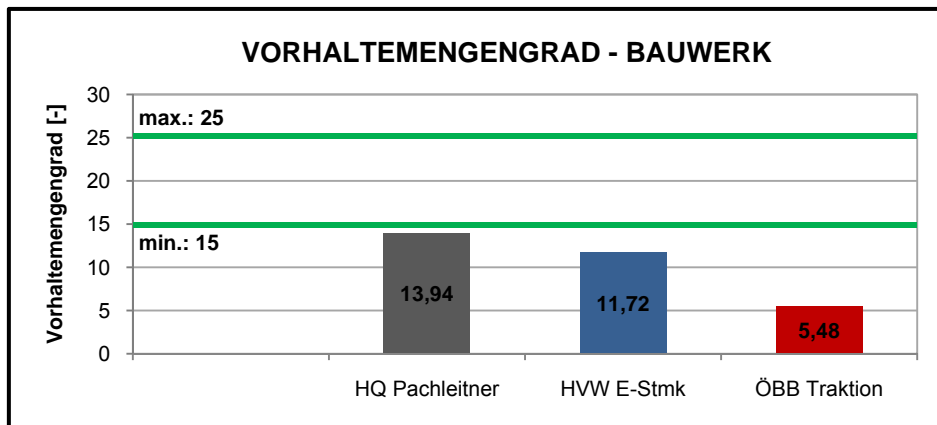


Abb. 48: Auswertungsdiagramm – Vorhaltemengengrad - Bauwerk

Bei der gesamten Vorhaltemenge für das Bauwerk liegen alle ausgewerteten Projekte unter den Angaben aus der Literatur von *Hofstadler*³⁶⁸.

Der geringe Wert beim Verwaltungsgebäude der Energie Steiermark resultiert aus dem geringen vertikalen Vorhaltemengengrad.

Beim Projekt der ÖBB sind der horizontale und der vertikale Vorhaltemengengrad erheblich unter den Literaturwerten. Dies ergibt auch den niedrigen Vorhaltemengengrad für das Bauwerk.

Das Gebäude der Pachleitner Gruppe liegt knapp unter dem minimalen Wert aus der Literatur. Die Ursache konnte nicht festgestellt werden.

³⁶⁸ vgl. [Hofs2]; 462

5.2.6.4 Vorhaltemengenverhältnisgrad

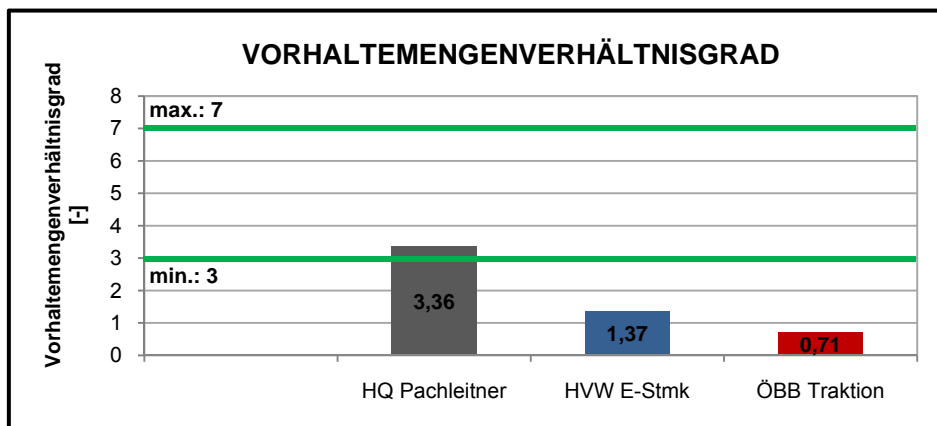


Abb. 49: Auswertungsdiagramm – Vorhaltemengenverhältnisgrad

Hofstadler³⁶⁹ gibt für den Vorhaltemengenverhältnisgrad für Hochbauten aus Ortbeton einen Bereich zwischen 3 und 7 an.

Das Verhältnis der horizontalen zur vertikalen Vorhaltemenge beim Headquarter der Pachleitner Gruppe liegt knapp über dem Minimalwert aus der Literatur.

Die beiden anderen Projekte liegen weit unter dem angegebenen Bereich aus der Literatur. Der Grund dafür sind die verwendeten Hohlwände und die geringe horizontale Vorhaltemenge, die laut Literatur 3 bis 7 Mal so groß wie die vertikale Vorhaltemenge sein müsste.

5.2.6.5 Auswertungsergebnisse der Vorhaltemengengrade

Die Auswertung der Vorhaltemengengrade ergab keine zufriedenstellenden Ergebnisse.

Um befriedigende Ergebnisse zu erzielen, ist grundsätzlich ein Vergleich der Vorhaltemengen nur bei reinen Ortbetonprojekten, d.h. bei Projekten bei denen die Wände und Decken zur Gänze aus Ortbeton hergestellt werden, sinnvoll.

³⁶⁹ vgl. [Hofs2]; 463

5.3 Auswertung der Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten

5.3.1 Mittlerer Aufwandswert – Schalarbeiten

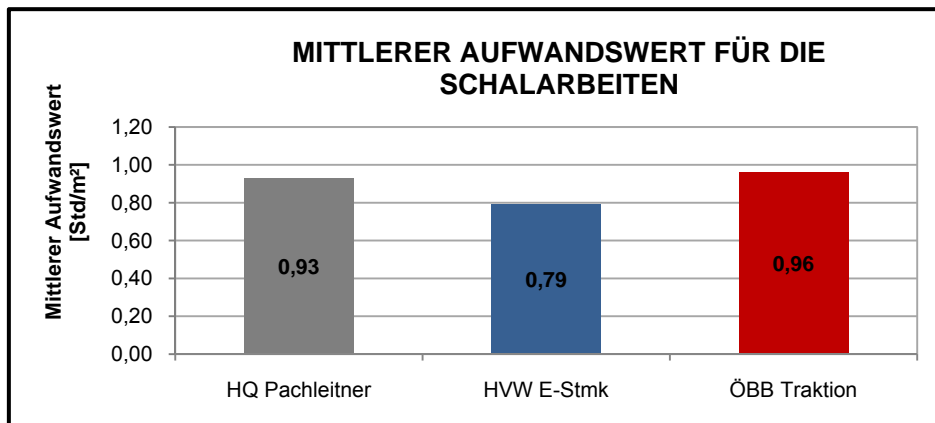


Abb. 50: Auswertungsdiagramm – Mittlerer Aufwandswert - Schalarbeiten

Wertebereiche der mittleren Aufwandswerte für die Schalarbeiten werden in der Literatur von *Aigner*³⁷⁰ nur für Schalarbeiten einzelner Bauteile angegeben. Bei nahezu allen Bauteilgruppen liegen die Aufwandswerte auch in diesen Bereichen. Die Größenordnung der Werte ist mit knapp einer Stunde Arbeitsaufwand pro Quadratmeter Schalung bei den untersuchten Projekten der Pachleitner Gruppe und der ÖBB Traktion in etwa gleich groß. Das Bauwerk der Energie Steiermark, welches gegenüber den anderen Projekten einen gleichbleibenden Grundriss aufweist, hat mit 0,79 Std/m² (ca. 48 min/m²) den geringsten mittleren Aufwandswert für die Schalarbeiten.

³⁷⁰ vgl. [Aigne]; 139ff

5.3.2 Mittlerer Aufwandswert – Bewehrungsarbeiten

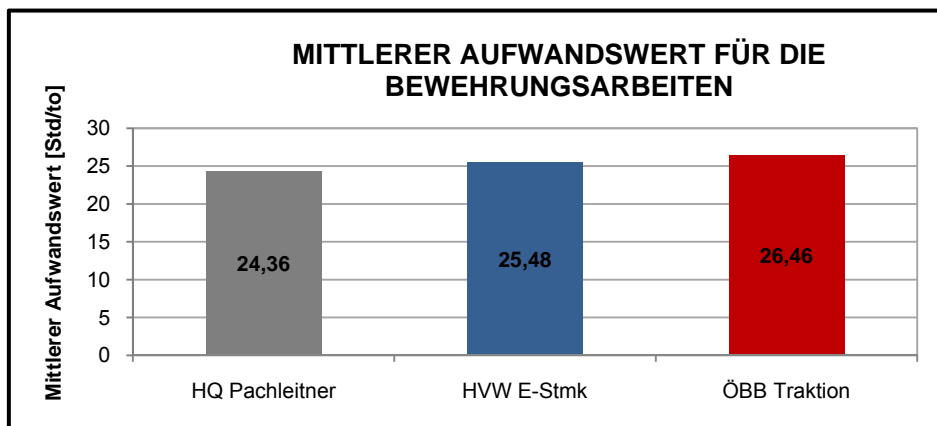


Abb. 51: Auswertungsdiagramm – Mittlerer Aufwandswert - Bewehrungsarbeiten

Wie zuvor sind auch bei den Aufwandswerten für die Bewehrungsarbeiten in der Literatur von *Aigner*³⁷¹ nur Angaben für die einzelnen Bauteile zu finden. Der Arbeitsaufwand für das Verlegen des Bewehrungsstahles ist bei den ausgewerteten Projekten mit durchschnittlich 25 Std/to annähernd gleich hoch. Da die Werte sehr hoch sind, können Rückschlüsse auf die Art der Bewehrung gezogen werden, die vermutlich hauptsächlich aus Stabstahl mit kleineren und mittleren Durchmessern ausgeführt wurde.

5.3.3 Mittlerer Aufwandswert – Betonarbeiten

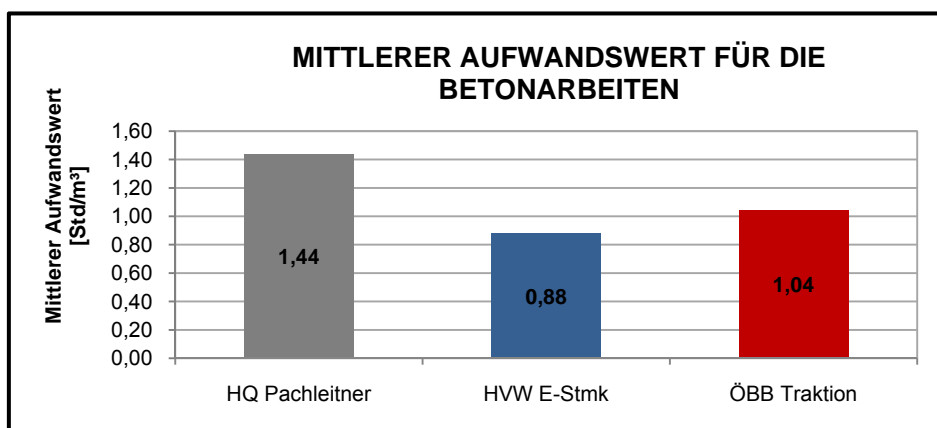


Abb. 52: Auswertungsdiagramm – Mittlerer Aufwandswert - Betonarbeiten

Die mittleren Aufwandswerte sind in der Literatur von *Aigner*³⁷² nur für die einzelnen Bauteile zu finden. Der Aufwandswert für die Betonarbei-

³⁷¹ vgl. [Aigne]; 174ff

³⁷² vgl. [Aigne]; 195ff

ten beim Gebäude Headquarter der Pachleitner Gruppe ist um über 60 % höher als beim Gebäude der Energie Steiermark. Eine Begründung hierfür ist, dass die Gebäudegeometrie komplexer und die Geschosse höher sind und somit ein höherer Stundenaufwand zur Herstellung eines Kubikmeters Beton benötigt wird.

5.3.4 Gesamtaufwandswert für die Stahlbetonarbeiten

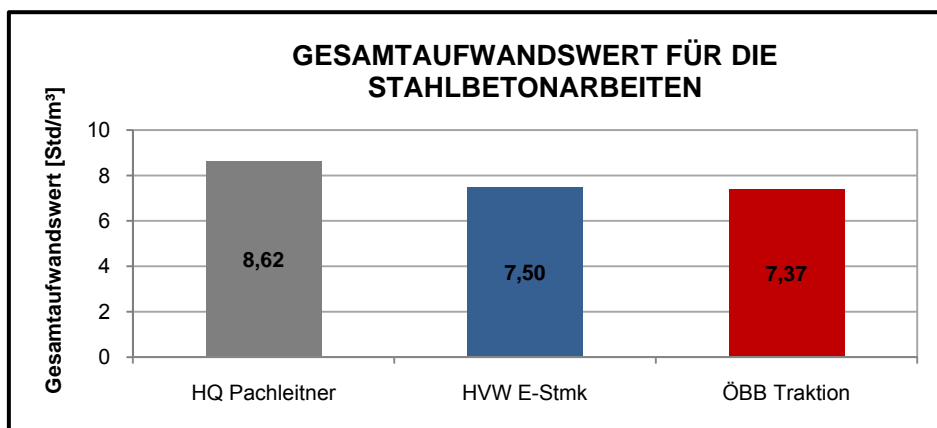


Abb. 53: Auswertungsdiagramm – Gesamtaufwandswert für die Stahlbetonarbeiten

Der höhere Aufwandswert aus den Betonarbeiten beim Projekt der Pachleitner Gruppe zeigt sich letztlich auch beim Gesamtaufwandswert für die Stahlbetonarbeiten. Gegenüber den beiden Projekten der Energie Steiermark und der ÖBB beträgt der Mehraufwand mehr als eine Stunde je Kubikmeter Beton.

5.3.5 Auswertungsergebnisse für arbeitsintensive Tätigkeiten

Im Allgemeinen kann bezüglich der Aufwandswerte der Projekte die Aussage getroffen werden, dass komplexere Gebäude auch einen höheren Stundenaufwand bei der Errichtung erfordern.

Eine Verringerung der Aufwandswerte ist vor allem durch die gute Ausbildung und den Einsatz der Mitarbeiter möglich.

5.4 Auswertung der Kennzahlen zur Mindestarbeitsfläche

Die Projektverantwortlichen gaben im Zuge der Auswertung keine Angaben zur Arbeitsfläche je Arbeitskraft an. Für die Berechnung wurde daher die jeweils flächenmäßig geringste Geschossfläche des Bauwerks herangezogen.

Die Mindestarbeitsflächen der Projekte wurden mit der Angabe aus der Literatur von *Hofstadler*³⁷³, die für Stahlbetonarbeiten eine Mindestarbeitsfläche je Arbeitskraft von 30 m²/AK angibt, verglichen.

5.4.1 Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche

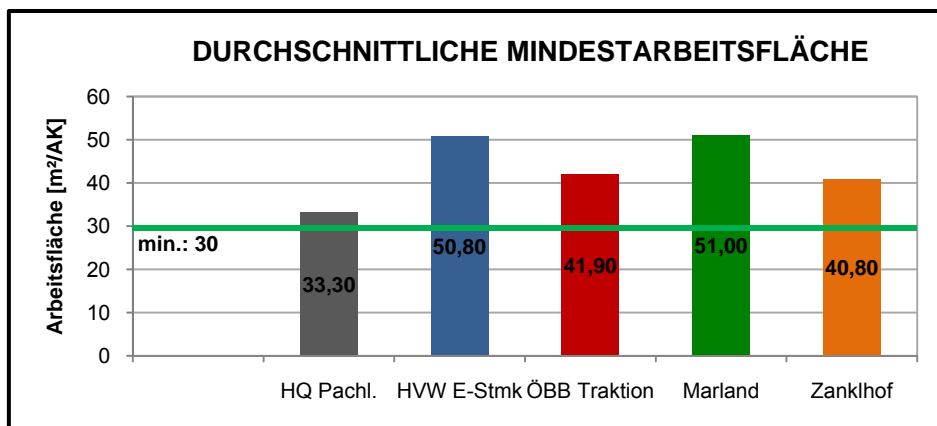


Abb. 54: Auswertungsdiagramm – Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche

Aus dem Diagramm für die durchschnittliche Mindestarbeitsfläche für die Stahlbetonarbeiten ist ersichtlich, dass die zur Verfügung stehende Arbeitsfläche je Arbeitskraft bezogen auf die durchschnittliche Arbeitskräfteanzahl auf der Baustelle bei allen Projekten über der Mindestarbeitsfläche liegt.

³⁷³ vgl. [Hofs2]; 447

5.4.2 Mindestarbeitsfläche

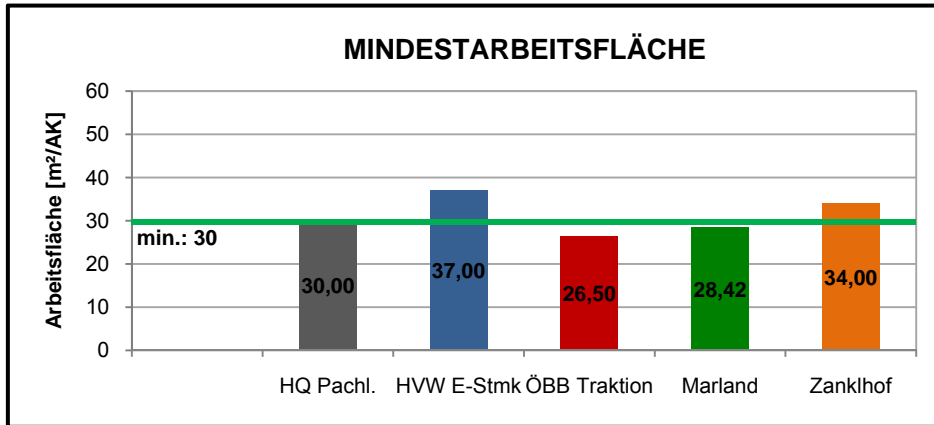


Abb. 55: Auswertungsdiagramm – Mindestarbeitsfläche

Bei der Auswertung der Mindestarbeitsfläche für Stahlbetonarbeiten, für die die maximale Arbeitskräfteanzahl herangezogen wird, verfügen die Projekte der Energie Steiermark und Zanklhof über eine ausreichende und das Headquarter der Pachtleitner Gruppe über genau die Mindestarbeitsfläche aus der Literatur.

Die benötigte Arbeitsfläche je Arbeitskraft liegt bei den Gebäuden der ÖBB Traktion und Marland knapp unter der Mindestarbeitsfläche. Die Einhaltung der Mindestarbeitsfläche wurde beim Wohngebäude Marland nicht berücksichtigt, da die maximale Arbeitskräfteanzahl nur über den Zeitraum von drei Wochen auftrat. Beim Projekt der ÖBB Traktion gab es laut Herrn Gräber (Bauleiter der Fa. Strabag) keine gegenseitigen Behinderungen aufgrund zu geringer Arbeitsfläche, da in der Hauptbauzeit zusätzliche Arbeiten wie beispielsweise die Schiebebühne und die Tankstelle von den gleichen Arbeitskräften ausgeführt wurden.

5.4.3 Auswertungsergebnisse zur Mindestarbeitsfläche

Die Ergebnisse der Auswertung zur Mindestarbeitsfläche für die Stahlbetonarbeiten ergaben, dass die Projekte im Allgemeinen über eine ausreichende Arbeitsfläche je Arbeitskraft verfügten.

Im Zuge der Befragungen der Projektverantwortlichen konnte zudem festgestellt werden, dass sich die Baufirmen mit dem Thema der Mindestarbeitsfläche nicht auseinandergesetzt haben. Laut dem Wissen der Projektverantwortlichen gab es diesbezüglich auch bei anderen Projekten z.B. aufgrund der Forcierung einer Baustelle keine Mehrkostenforderungen wegen zu geringer Arbeitsflächen und damit verbundenen gegenseitigen Behinderungen der Arbeitskräfte.

5.5 Auswertung der Kennzahlen für die Anzahl an Arbeitskräften

5.5.1 Arbeitskräfteverhältniswert

	HQ Pachl.	HVW E-Stmk	ÖBB Traktion	Marland Haus 26	Zanklhof Haus F
Ø - AK-Anzahl [-]	45	16	19	10	25
max. AK-Anzahl [-]	50	22	30	18	30
Arbeitskräfte- verhältniswert [-]	0,90	0,73	0,63	0,55	0,83

Tabelle 41: Arbeitskräfteverhältniswert

Der Arbeitskräfteverhältniswert gibt das Verhältnis der durchschnittlichen zur maximalen Arbeitskräfteanzahl auf der Baustelle an. Im Allgemeinen geht dieser Wert bei größeren bzw. länger dauernden Baustellen gegen den Wert 1,0, da die Arbeitsgruppen während der gesamten Bauzeit auf der Baustelle sind und kontinuierlicher, d.h. in getakteten Abschnitten, arbeiten können. Bei einer kleineren Baustelle mit beispielsweise nur einem Arbeitsabschnitt kann die Wandschalung erst nach der Aushärtung des Betons (nach der Erstarrungszeit) entfernt und mit dem Einschalen der Decke begonnen werden. Während der Erstarrungszeit müssen die Arbeitskräfte auf einer anderen Baustelle eingesetzt werden.

5.5.2 Arbeitskräfteverhältniszahl

	Arbeitskräfteverhältniszahl [-]		
	Betonierer	: Beweher	: Schaler
Headquarter Pachleitner	1 (10)	: 2 (20)	: 2,5 (25)
HVW Energie Steiermark	1 (4)	: 2 (8)	: 2 (8)
ÖBB Traktion	1 (4)	: 2 (8)	: 2 (8)
Literatur	1	: 2 ÷ 3	: 5 ÷ 6

Tabelle 42: Arbeitskräfteverhältniszahl

Die Arbeitskräfteverhältniszahl gibt das Verhältnis zwischen der Anzahl an Arbeitskräften für die Vorgänge Betonieren, Bewehren und Schalen an, wenn diese Vorgänge jeweils von einer eigenen Arbeitsgruppe ausgeführt werden. Aus den Angaben der Literatur von Hofstadler³⁷⁴ kommen auf einen Betonierer jeweils 2 bis 3 Bewehrter und 5 bis 6 Schaler.

Bei der Gegenüberstellung der Projekte ist auffallend, dass auf einen Betonierer jeweils 2 Bewehrter aber nur 2 bis 2,5 Schaler fallen. Die Zahlen in den Klammern sind die tatsächliche Anzahl an Arbeitskräften für den jeweiligen Vorgang der einzelnen Projekte.

Die Gründe für die geringe Anzahl an Schalarbeitern konnte im Zuge der Auswertung nicht festgestellt werden.

5.5.3 Auswertung der Lohnstunden

Die Berechnung der Lohnstunden erfolgte nach Glg. 34 (siehe S. 102) mit der tatsächlichen Dauer, der angegebenen maximalen Arbeitskräfteanzahl und täglichen Arbeitszeit des jeweiligen Projektes.

5.5.3.1 Lohnstunden bezogen auf den Bruttorauminhalt

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Lohnstunden [Std]	86.625	15.444	29.484
Bruttorauminhalt [m ³]	87.000	21.509	13.550
Verhältnis [Std/m³BRI]	0,99	0,72	2,18
Lohnstundenabschätzung (BRI x 0,8) [Std]	69.600	17.207	10.840

Tabelle 43: Lohnstunden bezogen auf den Bruttorauminhalt

Wie bereits in Kap. 3.8.1 auf S. 102 angeführt, kann für eine erste ungefähre Abschätzung der Lohnstunden der Rohbauarbeiten eines Bauwerks laut Herrn Christoph Hatzl, Kalkulant bei der Fa. Strabag, der Bruttorauminhalt mit 0,8 multipliziert werden. Diese Abschätzung ist in der letzten Zeile der Tabelle durchgeführt worden.

³⁷⁴ vgl. [Hofs1]; 65

Für das Projekt der Pachleitner Gruppe kann die um 25 % höhere Lohnstundenanzahl mit der Komplexität des Bauwerks begründet werden.

Das Verwaltungsgebäude der Energie Steiermark liegt dagegen unter diesem Richtwert.

Trotz der schwierigen baubetrieblichen Gegebenheiten aufgrund der „Inselbaustelle“ zwischen dem Gleisbereich beim Projekt der ÖBB Traktion, ist die beinahe 3-fache Lohnstundenanzahl unerklärlich.

5.5.3.2 Lohnstunden bezogen auf die Brutto-Grundfläche

	Headquarter Pachleitner	HVW Energie Steiermark	ÖBB Traktion
Lohnstunden [Std]	86.625	15.444	29.484
Brutto-Grundfläche [m ²]	14.000	5.707,5	3.184,8
Verhältnis [Std/m²BGF]	6,19	2,71	9,26

Tabelle 44: Lohnstunden bezogen auf die Brutto-Grundfläche

Für die Ergebnisse des berechneten Verhältnisses der Lohnstunden bezogen auf die Brutto-Grundfläche liegt kein Vergleichswert vor. Der Vergleich der Projekte miteinander führt zu unterschiedlichen Ergebnissen und lässt daher keine Schlussfolgerungen zu.

5.5.3.3 Auswertungsergebnisse zu den Lohnstunden

Die Verhältnisse zwischen den Lohnstunden eines Projektes bezogen auf den Bruttorauminhalt bzw. die Brutto-Grundfläche dienen vor allem als Vergleich bzw. zur Abschätzung in der Kalkulation.

6 Zusammenfassung – Erkenntnisse – Ausblick

Der Verbundbaustoff Stahlbeton zählt wegen seiner Vielseitigkeit und vorteilhaften Eigenschaften zu den bedeutendsten und weltweit am häufigsten verwendeten Baustoffe unserer Zeit.

Die Tatsache, dass jedes Bauvorhaben ein Unikat ist und die Bauwerks- und Baustellenbedingungen jedes Mal unterschiedlich sind, führt dazu, dass jedes Bauvorhaben neu geplant und kalkuliert werden muss. Um den Planungs- und Kalkulationsprozess zu erleichtern bzw. um ein Projekt grundsätzlich zu erfassen, stehen den Planern und Kalkulanten die Kennzahlen für die Stahlbetonarbeiten zur Verfügung.

Im Zuge dieser Arbeit wurde eine große Anzahl von Kennzahlen für die Stahlbetonarbeiten beschrieben und mit ihren Berechnungsformeln übersichtlich dargestellt. Für einen Großteil der Kennzahlen konnten auch vergleichbare Angaben aus der Literatur angeführt werden.

Den Kern der Arbeit bilden die fünf ausgewählten Hochbauprojekte. In Zusammenarbeit mit einem Projektbeteiligten wurden allgemeine Projektdaten und bauteilspezifische Daten in einem Projektdatenblatt erfasst. Anhand dieser erhobenen Daten konnten die Kennzahlen für das jeweilige Projekt ermittelt und für die darauffolgende Auswertung bzw. den anschließenden Vergleich übersichtlich zusammengefasst werden.

Für die Auswertung selbst wurden die Objektdaten und Kennzahlen der einzelnen Projekte in Tabellen oder Diagrammen miteinander und wenn vorhanden mit Angaben aus der Literatur verglichen.

Parallel zur Auswertung ist der sofortige Vergleich mit den Angaben aus der Literatur empfehlenswert, um die Ursachen für mögliche Abweichungen zu finden, zu hinterfragen und zu berücksichtigen.

Aufgrund der ermittelten Auswertungsergebnisse lässt sich der Schluss ziehen, dass einige Kennzahlen (z.B. Schalungsgrad und Mindestarbeitsfläche) mit den Wertbereichen aus der Literatur übereinstimmen. Andere Kennzahlen (z.B. Bewehrungsgrad und Vorhaltungengrad) sind angesichts der speziellen baulichen Gegebenheiten nur bedingt mit den Werten aus der Literatur vergleichbar.

Außerdem musste festgestellt werden, dass für mehrere Kennzahlen (z.B. Gesamt-Aufwandswert, Arbeitskräfteverhältniswert, Lohnstunden etc.) keine Angaben in der Literatur zu finden sind.

Durch die Nachkalkulation und Dokumentation ausgeführter Bauvorhaben erhalten die Baufirmen dennoch vergleichbare Werte. Diese gewonnenen Erfahrungswerte werden firmenintern für die Planung und Kalkulation zukünftiger vergleichbarer Projekte herangezogen. Für die Einschätzung und Beurteilung des Arbeitsaufwandes zur Herstellung eines Bauwerks spielt mitunter die Erfahrung des Planers oder Kalkulanten eine große Rolle.

Abschließend kann gesagt werden, dass es möglich ist ein Bauwerk aus Ortbeton mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Kennzahlen zu planen, zu kalkulieren und zu vergleichen. Zudem konnte die erfolgreiche Anwendung der Kennzahlen anhand von fünf praktischen Beispielen aus dem Hochbau gezeigt werden.

7 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

A

AK_{AR}	.....	Mindestarbeitsfläche je Arbeitskraft [m^2/AK]
AK_{BT}	.....	Anzahl der Arbeitskräfte für die Betonarbeiten [Std/h]
AK_{BW}	.....	Anzahl der Arbeitskräfte für die Bewehrungsarbeiten [Std/h]
AK_{RB}	.....	Anzahl der Arbeitskräfte für die Rohbauarbeiten [Std/h]
$AK_{RB,MAX}$	.....	Anzahl der maximalen Arbeitskräfte für die Rohbauarbeiten [Std/h]
AK_S	.....	Anzahl der Arbeitskräfte für die Schalarbeiten [Std/h]
AK_{STB}	.....	Anzahl der Arbeitskräfte für die Stahlbetonarbeiten [Std/h]
$AK_{STB,MAX}$	.....	Maximale Anzahl der Arbeitskräfte für die Stahlbetonarbeiten [Std/h]
$AK_{STB,MW}$	.....	Durchschnittliche Anzahl der Arbeitskräfte für die Stahlbetonarbeiten [Std/h]
$ANZ_{BST,d,erf}$	.....	Anzahl der erforderlichen Transporte je Tag [1/d]
$ANZ_{K,AK}$	.....	Anzahl der Krane über die Anzahl der Arbeitskräfte [-]
$ANZ_{K,BRI}$	.....	Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt des Bauwerks [-]
$ANZ_{K,GEO}$	.....	Anzahl der Krane über die geometrischen Verhältnisse [-]
$ANZ_{K,h,Mo}$	.....	Anzahl der Kranstunden je Kran und Monate [h/Mo]
$ANZ_{K,KBW}$	.....	Anzahl der Krane aus Kranbelegungswerten [-]
$ANZ_{K,Mo}$	.....	Anzahl der Kranmonate [Mo]
$ANZ_{STB,d,erf}$	.....	Anzahl der Stahlbetontransporte je Tag [1/d]
$ANZ_{TPB,h,erf}$	.....	Anzahl der Transporte je Stunde [1/h]

$ANZ_{TP,B,h,erf}$	.....	Anzahl der Transporte für den Beton je Stunde [1/h]
$ANZ_{TP,BW}$	.....	Anzahl der Transporte für die Bewehrung [-]
$ANZ_{TP,BWK,BRI}$	.....	Gesamtanzahl der Transporte für ein Bauwerk bezogen auf den Bruttorauminhalt [-]
$ANZ_{TP,BWK,STB}$	.....	Anzahl der Transporte bezogen auf die Stahlbetonmenge [-]
$ANZ_{TP,S}$	.....	Anzahl der Transporte für die Schalung [-]
ARGE	.....	Arbeitsgemeinschaft
$AW_{a,v,i}$	.....	Aufwandswert [Std/EH]
$AW_{BT,D,i}$	.....	Aufwandswert für die Betonarbeiten der Decke i [Std/m ³]
$AW_{BT,FU,i}$	.....	Aufwandswert für die Betonarbeiten des Fundamentes i [Std/m ³]
$AW_{BT,MW}$	.....	Mittlerer Aufwandswert für die Betonarbeiten [Std/m ³]
$AW_{BT,SO,i}$	.....	Aufwandswert für die Betonarbeiten des sonstigen Bauteils i [Std/m ³]
$AW_{BT,ST,i}$	.....	Aufwandswert für die Betonarbeiten der Stütze i [Std/m ³]
$AW_{BT,WD,i}$	.....	Aufwandswert für die Betonarbeiten der Wand i [Std/m ³]
$AW_{BW,FU,i}$	.....	Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten des Fundamentes i [Std/to]
$AW_{BW,MW}$	.....	Mittlerer Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten [Std/to]
$AW_{BW,SO,i}$	.....	Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten des sonstigen Bauteils i [Std/to]
$AW_{BW,ST,i}$	.....	Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten der Stütze i [Std/to]
$AW_{BW,WD,i}$	.....	Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten der Wand i [Std/to]
$AW_{S,D,i}$	.....	Aufwandswert für die Schalarbeiten der Decke i [Std/m ²]
$AW_{S,FU,i}$	.....	Aufwandswert für die Schalarbeiten des Fundamentes i [Std/m ²]

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN

ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

7 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



$AW_{S,MW}$	.....	Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten [Std/m ²]
$AW_{S,SO,i}$	.....	Aufwandswert für die Schalarbeiten des sonstigen Bauteils i [Std/m ²]
$AW_{S,ST,i}$	.....	Aufwandswert für die Schalarbeiten der Stütze i [Std/m ²]
$AW_{S,WD,i}$	.....	Aufwandswert für die Schalarbeiten der Wand i [Std/m ²]
AW_{STB}	.....	Gesamtaufwandswert für die Stahlbetonarbeiten [Std/m ³]
$AW_{STB,MAX}$	.....	Maximaler Gesamtaufwandswert für die Stahlbeton- arbeiten [Std/m ³]
$AW_{STB,MIN}$	.....	Minimaler Gesamtaufwandswert für die Stahlbeton- arbeiten [Std/m ³]
AZ_{RB}	.....	Tägliche Arbeitszeit für die Rohbauarbeiten [h/d]
AZ_{STB}	.....	Tägliche Arbeitszeit für die Stahlbetonarbeiten [h/d]
$AZ_{TP,d}$	.....	Tägliche Transportzeit [h/d]

B

BauNVO	.....	Baunutzungsverordnung (in Deutschland)
BBF	.....	bebaute Fläche bzw. Bauwerksgrundrissfläche [m ²]
BD	.....	Bebauungsdichte [-]
BEF	.....	Baustelleneinrichtungsfläche [m ²]
BEFAK	.....	Baustelleneinrichtungsfaktor [-]
BG	.....	Bebauungsgrad [-]
BGF	.....	Bruttogrundfläche, Bruttogeschossfläche [m ²]
BMZ	.....	Baumassenzahl [-]
BNZ	.....	Baunutz-Flächenzahl [-]
BPF	.....	Bauplatzfläche [m ²]
BRI	.....	Bruttorauminhalt [BRI,m ³]
BRI_{BWK}	.....	Bruttorauminhalt für das gesamte Bauwerk [m ³]
BRIQ	.....	Bruttoraumquotient [-]

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN

ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

7 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



$bst_{g,bwk}$	..... Baustoffgrad für das gesamte Bauwerk [to,m ³ /m ³ BRI]
BST_M	..... Baustoffmenge [m ³ ,to]
$BST_{M,BWK}$	..... Baustoffmenge für das gesamte Bauwerk [m ³ ,to]
$BST_{M,STB}$	..... Baustoffmenge für die Stahlbetonarbeiten [m ³ ,to]
$bt_{vg,ht/vt}$	..... Betonverhältnisgrad zwischen horizontalen und vertikalen Bauteilen [-]
$BT_{M,BWK}$	..... Gesamte Betonmenge für das Bauwerk [m ³]
$BT_{M,i}$	..... Betonmenge für einen beliebigen Bauteil i [m ³]
$BT_{M,D,i}$	..... Betonmenge der Decke i [m ³]
$BT_{M,FU,i}$	..... Betonmenge des Fundaments i [m ³]
$BT_{M,G}$	..... Gesamte Betonmenge [m ³]
$BT_{M,HT,i}$	..... Betonmenge der horizontalen Bauteile [m ³]
$BT_{M,SO,i}$	..... Betonmenge des sonstigen Bauteils i [m ³]
$BT_{M,ST,i}$	..... Betonmenge der Stütze i [m ³]
$BT_{M,TP}$	..... Durchschnittliche Betonmenge (Festbetonmenge) je Transport [m ³]
$BT_{M,VT,i}$	..... Betonmenge der vertikalen Bauteile [m ³]
$BT_{M,WD,i}$	..... Betonmenge der Wand i [m ³]
$bw_{g,bwk}$	..... Bewehrungsgrad für das gesamte Bauwerk [kg/m ³]
$bw_{g,bt,i}$	..... Bewehrungsgrad für einen beliebigen Bauteil i [kg/m ³]
$bw_{vg,ht/vt}$	..... Bewehrungsverhältnisgrad zwischen horizontalen und vertikalen Bauteilen [-]
$BW_{M,i}$	..... Bewehrungsmenge für einen beliebigen Bauteil i [to]
$BW_{M,D,i}$	..... Bewehrungsmenge der Decke i [to]
$BW_{M,FU,i}$	..... Bewehrungsmenge des Fundaments i [to]
$BW_{M,G}$	..... Gesamte Bewehrungsmenge [to]
$BW_{M,HT,i}$	..... Bewehrungsmenge der horizontalen Bauteile [to]
$BW_{M,SO,i}$	..... Bewehrungsmenge des sonstigen Bauteils i [to]
$BW_{M,ST,i}$	..... Bewehrungsmenge der Stütze i [to]
$BW_{M,TP}$	..... Durchschnittl. Bewehrungsmenge je Transport [to]
$BW_{M,VT,i}$	..... Bewehrungsmenge der vertikalen Bauteile [to]

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

7 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



$BW_{M,WD,i}$ Bewehrungsmenge der Wand i [to]
bzw. beziehungsweise

D

D_{AN} Dauer der Anlaufphase [d,Mo]
 D_{AUS} Dauer der Auslaufphase [d,Mo]
 $D_{BST,T}$ Transportdauer [d]
 D_{GES} Gesamtdauer der Rohbauarbeiten [d,Mo]
d.h. das heißt
 D_{HP} Hauptbauzeit [d,Mo]
 D_{RB} Rohbauzeit [Mo]
 D_{STB} Gesamtdauer der Stahlbetonarbeiten [d,Mo]
 $D_{STB,T}$ Gesamtdauer der Stahlbetontransporte [d]
 $D_{TPB,G}$ Transportdauer [d]

E

EH Einheit

F

f_{AK} Arbeitskräfteverhältniswert [-]
FF Funktionsfläche [m²]
 f_{E1} Baustellenfaktor [-]
 f_{E2} Betriebsfaktor [-]
 f_{Kran} Faktor als Maß für die Krandichte [-]
 f_T Transportbetriebsfaktor [-]

G

$G_{BST,BWK}$ Fassungsvermögen (durchschnittliche Zuladung)
der einzelnen Transporte [to]
 GES_{AF} Gesamte Arbeitsfläche [m²]

GF_{BWK}	.....	Grundrissfläche des Bauwerks [m ²]
GF-Schalung	.....	Großflächen-Schalung
GFZ	.....	Geschossflächenzahl [-]
Glg.	.....	Gleichung
GRZ	.....	Grundflächenzahl [-]
G_{STB}	.....	Fassungsvermögen (durchschnittliche Zuladung) der Stahlbetontransporte [to]

H

HQ	.....	Headquarter
HVW	.....	Hauptverwaltungsgebäude
Hz	.....	Hertz

L

L_{BRI}	.....	Leistung bezogen auf den BRI des Bauwerks [m ³ BRI/d]
$L_{BST,d,erf}$	.....	Durchschnittliche tägliche Leistung des Transport- betriebes [m ³ ,to/d]
$L_{S,MW}$	.....	Mittlere tägliche Einschalleistung [m ² /d]
L_{STB}	.....	Durchschnittliche Leistung für Stahlbetonarbeiten [m ³ /d]
$L_{STB,d,erf}$	.....	Tägliche Leistung des Transportbetriebes für Stahl- betonarbeiten [m ³ ,to/d]
$L_{Std,a,v,i}$	.....	Lohnstunden [Std]
$L_{Std,RB}$	.....	Lohnstunden für die Rohbauarbeiten [Std]
$L_{TPB,d,erf}$	.....	Tägliche Leistung des Transportbetriebes [m ³ /d]

K

KGF	Konstruktions-Grundfläche
-----	-------	---------------------------

M

$M_{a,v,i}$	.....	Produktionsmenge [EH]
M_{STB}	.....	Stahlbetonmenge [m ³]
$M_{TP,G}$	.....	Gesamte Transportmenge [m ³]
$m_{TP,TG}$	.....	Transportmenge je Transportgerät [m ³]

N

$n_{e,S}$	.....	Durchschnittl. Einsatzzahl für die Vorhaltemenge [-]
NF	.....	Nutzfläche [m ²]
n_{fa}	.....	Anzahl der Fertigungsabschnitte je Geschoss [-]
n_g	.....	Anzahl der Geschosse [-]
NGF	.....	Nettogrundfläche [m ²]
NGFQ	.....	Netto-Grundflächenquotient [-]
NRI	.....	Nettorauminhalt [m ³]

O

ÖBB	.....	Österreichische Bundesbahnen
$obt_{g,bwk}$	.....	Ortbetongrad für das gesamte Bauwerk [-]
OG	.....	Obergeschoss

P

PDB	.....	Projektdatenblatt
$PF_{K,AK}$	.....	Kran-Proportionalitätsfaktor für Anzahl der Krane über die Anzahl der Arbeitskräfte [AK/Kran]
$PF_{K,BRI}$	.....	Kran-Proportionalitätsfaktor für Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt des Bauwerks [m ³ /Kran x Mo]

Q

- Q_N Nutzleistung [m^3/h]
 Q_T Technische Grundleistung [m^3/h]

R

- r_{Kran} Mittlerer Kranradius [m]

S

- S_F Schalfläche [m^2]
 $S_{F,BWK}$ Schalfläche für das gesamte Bauwerk [m^2]
 $S_{F,i}$ Schalfläche für einen beliebigen Bauteil i [m^2]
 $S_{F,D,i}$ Schalfläche der Decke i [m^2]
 $S_{F,FU,i}$ Schalfläche des Fundaments i [m^2]
 $S_{F,HT,i}$ Schalfläche der horizontalen Bauteile [m^2]
 $S_{F,SO,i}$ Schalfläche des sonstigen Bauteils i [m^2]
 $S_{F,ST,i}$ Schalfläche der Stütze i [m^2]
 $S_{F,TP}$ Durchschnittliche Schalfläche je Transport [m^2]
 $S_{F,VT,i}$ Schalfläche der vertikalen Bauteile [m^2]
 $S_{F,WD,i}$ Schalfläche der Wand i [m^2]
 $s_{g,bt,i}$ Schalungsgrad für einen beliebigen Bauteil i [m^2/m^3]
 $s_{g,bwk}$ Schalungsgrad für das gesamte Bauwerk [m^2/m^3]
 $S_{M,TP}$ Durchschnittliche Schalungsmenge je Transport [m^2]
 $S_{M,TP,i}$ Durchschnittliche Schalungsmenge je Transport für den Bauteil/ Abschnitt i [m^2]
 $S_{S,MW}$ Durchschnittliche Standzeit der Schalung [d]
STB Stahlbetonarbeiten
 $s_{vg,ht/vt}$ Schalungsverhältnisgrad zwischen horizontalen und vertikalen Bauteilen [-]

T

t_B	..... Betriebsmittelzeit [h]
t_{Bb}	..... Brachzeit [h]
t_{Bg}	..... Betriebsmittelgrundzeit [h]
t_{Bz}	..... Zusätzliche Nutzungszeit [h]
t_{EP}	..... Engpasszeit [min]
$tp_{g,bw}$	..... Transportgrad für die Bewehrungsarbeiten [1/to]
$tp_{g,bwk}$	..... Transportgrad des Bauwerks [1/m ³]
$tp_{g,bwk,ab}$	..... Transportgrad für den Bereich Ausbau [1/m ³]
$tp_{g,bwk,rb}$	..... Transportgrad für den Bereich Rohbau [1/m ³]
$tp_{g,bwk,ti}$	..... Transportgrad für den Bereich Technik [1/m ³]
$tp_{g,bt}$	..... Transportgrad für die Betonarbeiten [1/m ³]
$tp_{g,rb,gwk,i}$	..... Transportgrad für den Bereich Rohbau und das Ge- werk i [1/m ³]
$tp_{g,rb,stab}$	..... Transportgrad für die Stahlbetonarbeiten [1/m ³]
$tp_{g,s}$	..... Transportgrad für die Schalarbeiten [1/m ²]
$tp_{g,s,i}$	..... Transportgrad für den Bauteil/ Abschnitt i bei den Schalarbeiten [1/m ²]
T_S	..... Spielzeit [min]

V

VF	..... Verkehrsfläche [m ²]
vgl.	..... vergleiche
V_S	..... Vorhaltemenge an Schalung [m ²]
$V_{S,BWK}$	..... Vorhaltemenge an Schalung für das gesamte Bau- werk [m ²]
$V_{s,g,bwk}$	..... Vorhaltemengengrad an Schalung für das gesamte Bauwerk [-]
$V_{s,g,ht}$	..... Vorhaltemengengrad an Schalung für die horizonta- len Bauteile [-]
$V_{s,g,vt}$	..... Vorhaltemengengrad an Schalung für die vertikalen Bauteile [-]

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN

ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

7 Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

$V_{S,HT,i}$	.....	Vorhaltemenge an Schalung für die horizontalen Bauteile [m ²]
$V_{S,i}$	.....	Vorhaltemenge an Schalung für den Bauteil i [m ²]
$V_{S,MW}$	.....	Mittlere Vorhaltemenge an Schalung [m ²]
$V_{s,vg,ht/vt}$	.....	Vorhaltemengenverhältnisgrad [-]
$V_{S,VT,i}$	.....	Vorhaltemenge an Schalung für die vertikalen Bauteile [m ²]
$V_{TP,B,G}$	.....	Fassungsvermögen (Fassungsinhalt) der Transportgeräte [m ³]

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	„Das Innere des Pantheon“, Gemälde von Giovanni Paolo Panini	5
Abb. 2:	Foto von der einzigartigen Kuppel des Pantheons	5
Abb. 3:	Bauweisen im Stahlbetonhochbau.....	11
Abb. 4:	Einteilung und Arbeitsschritte der Ortbetonbauweise im Stahlbetonhochbau	12
Abb. 5:	Aufbau einer konventionellen Wandschalung	19
Abb. 6:	Flexible Deckenschalung (Trägerschalung) am Beispiel von Haus 26 der Gartenstadt Marland	22
Abb. 7:	Schlaffe Bewehrung der Bodenplatte, Projekt ÖBB-Traktion	25
Abb. 8:	Vorgefertigte Bewehrungskörbe für Bohrpfähle	25
Abb. 9:	Anschlussbewehrung für die Wände des Kellergeschosses, Projekt ÖBB-Traktion	26
Abb. 10:	Linienführung von Baustrassen	36
Abb. 11:	Mobile Autobetonpumpe und Ausschnitt der Lagerflächen für die Bewehrung vom Projekt Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe	38
Abb. 12:	Hauptbereiche für den zeitnahen Soll/Ist- Vergleich	41
Abb. 13:	Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten für 2006	47
Abb. 14:	Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten – Aufteilung in Lohn und Gerät+Material ..	48
Abb. 15:	Gliederung von Kennzahlen	52
Abb. 16:	Kennzahlen der baulichen Nutzung in Deutschland	60
Abb. 17:	Schalflächen – Unterscheidung in Brutto- und Nettoschalfläche	63
Abb. 18:	Zusammenhang zwischen Bauzeit und Vorhaltemenge für ein Hochbau-Bauwerk.....	66
Abb. 19:	Vergleich der Schalungsgrade der verschiedenen Bauteile eines Hochbaus	69
Abb. 20:	Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert)	77
Abb. 21:	Vielfalt der Einflüsse auf Aufwandswert – Beispiel: Scharbeiten	78
Abb. 22:	Vielfalt der Einflüsse auf die Anzahl der Arbeitskräfte...	101

Abb. 23:	Zusammenhang zwischen Anzahl der Arbeitskräfte und zur Verfügung stehender Arbeitsfläche für die Dauer der Stahlbetonarbeiten	108
Abb. 24:	Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung des Transportbetriebes	114
Abb. 25:	Schematischer Verlauf der Transporte für die Stahlbetonarbeiten über die Bauzeit.....	117
Abb. 26:	Nordwestansicht vom Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe.....	126
Abb. 27:	Südwestansicht vom Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe.....	127
Abb. 28:	Grundriss 3.OG vom Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe.....	128
Abb. 29:	3D-Ansicht vom HVW Energie Steiermark	132
Abb. 30:	Erdgeschoss und Kranstandorte vom HVW Energie Steiermark.....	133
Abb. 31:	Schnitt vom HVW Energie Steiermark	134
Abb. 32:	Südwestansicht der ÖBB-Traktion.....	138
Abb. 33:	Südseitige Halleneinfahrt (während der Bauphase) der ÖBB-Traktion.....	139
Abb. 34:	Südansicht vom Haus 26 der Gartenstadt Marland	143
Abb. 35:	Grundriss vom Haus 26 der Gartenstadt Marland	144
Abb. 36:	Längs- und Querschnitt vom Haus 26 der Gartenstadt Marland	144
Abb. 37:	Südansicht vom Haus F des Projektes Zanklhof	147
Abb. 38:	Schnitt vom Haus F des Projektes Zanklhof	148
Abb. 39:	Beispieldiagramm für die Auswertung	151
Abb. 40:	Auswertungsdiagramm – Schalungsgrad - Decken	159
Abb. 41:	Auswertungsdiagramm – Schalungsgrad - Wände	159
Abb. 42:	Auswertungsdiagramm – Schalungsgrad - Bauwerk	160
Abb. 43:	Auswertungsdiagramm – Bewehrungsgrad - Decken	161
Abb. 44:	Auswertungsdiagramm – Bewehrungsgrad - Wände	161
Abb. 45:	Auswertungsdiagramm – Bewehrungsgrad - Bauwerk	162
Abb. 46:	Auswertungsdiagramm – Vorhaltemengengrad - horizontal	163
Abb. 47:	Auswertungsdiagramm – Vorhaltemengengrad - vertikal	163
Abb. 48:	Auswertungsdiagramm – Vorhaltemengengrad - Bauwerk	164

Abb. 49:	Auswertungsdiagramm – Vorhaltungsmengenverhältnisgrad.....	165
Abb. 50:	Auswertungsdiagramm – Mittlerer Aufwandswert - Schalarbeiten	166
Abb. 51:	Auswertungsdiagramm – Mittlerer Aufwandswert - Bewehrungsarbeiten	167
Abb. 52:	Auswertungsdiagramm – Mittlerer Aufwandswert - Betonarbeiten	167
Abb. 53:	Auswertungsdiagramm – Gesamtaufwandswert für die Stahlbetonarbeiten	168
Abb. 54:	Auswertungsdiagramm – Durchschnittliche Mindestarbeitsfläche.....	169
Abb. 55:	Auswertungsdiagramm – Mindestarbeitsfläche	170

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vorgänge im Stahlbetonbau	16
Tabelle 2:	Bewehrungsgrade für Bauteile von normalen Hochbauten	71
Tabelle 3:	Aufandswerte für Schalarbeiten an Fundamenten	82
Tabelle 4:	Aufandswerte für Schalarbeiten an Stützen	82
Tabelle 5:	Aufandswerte für Schalarbeiten an Wänden (konventionell)	83
Tabelle 6:	Aufandswerte für Schalarbeiten an Wänden (GF-Schalung)	83
Tabelle 7:	Aufandswerte für Schalarbeiten an Decken (konventionell)	84
Tabelle 8:	Aufandswerte für Schalarbeiten an Decken (System-Schalung)	84
Tabelle 9:	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Fundamenten	85
Tabelle 10:	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Stützen	86
Tabelle 11:	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Wänden	86
Tabelle 12:	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten an Decken	87
Tabelle 13:	Aufandswerte für Betonarbeiten an Fundamenten	88
Tabelle 14:	Aufandswerte für Betonarbeiten an Stützen	88
Tabelle 15:	Aufandswerte für Betonarbeiten an Wänden	89
Tabelle 16:	Aufandswerte für Betonarbeiten an Decken	89
Tabelle 17:	Richtwerte üblicher Krankapazitäten	94
Tabelle 18:	Ober- und Untergrenzen für die Kranbelegungswerte bei Stahlbetonarbeiten	96
Tabelle 19:	Objektkennzahlen des Projektes „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“	129
Tabelle 20:	Kennzahlen für die Mengenermittlung des Projektes „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“	130
Tabelle 21:	Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten, Anzahl der Krane, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „Headquarter der UNIOPT Pachleitner Gruppe“	131
Tabelle 22:	Objektkennzahlen des Projektes „HVW Energie Steiermark“	135

Tabelle 23: Kennzahlen für die Mengenermittlung des Projektes „HVW Energie Steiermark“	136
Tabelle 24: Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten, Anzahl der Krane, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „HVW Energie Steiermark“	137
Tabelle 25: Objektkennzahlen des Projektes „ÖBB-Traktion“	140
Tabelle 26: Kennzahlen für die Mengenermittlung des Projektes „ÖBB-Traktion“	141
Tabelle 27: Kennzahlen für arbeitsintensive Tätigkeiten, Anzahl der Krane, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „ÖBB-Traktion“	142
Tabelle 28: Objektkennzahlen des Projektes „Marland – Haus 26“ ..	145
Tabelle 29: Kennzahlen für die Mengenermittlung, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „Marland – Haus 26“	146
Tabelle 30: Objektkennzahlen des Projektes „Zanklhof – Haus F“ ...	149
Tabelle 31: Kennzahlen für die Mengenermittlung, Mindestarbeitsfläche, Anzahl an Arbeitskräften und Dauer des Projektes „Zanklhof – Haus F“	150
Tabelle 32: Bruttorauminhalt bezogen auf die bebaute Fläche	152
Tabelle 33: Bruttorauminhalt bezogen auf die Brutto-Grundfläche...	153
Tabelle 34: Schalfläche bezogen auf die Brutto-Grundfläche	154
Tabelle 35: Bewehrungsmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche.....	154
Tabelle 36: Betonmenge bezogen auf die Brutto-Grundfläche.....	155
Tabelle 37: Ortbetongrad – Bauwerk	156
Tabelle 38: Baustoffgrad – Schalung.....	157
Tabelle 39: Baustoffgrad – Bewehrung.....	157
Tabelle 40: Baustoffgrad – Beton	158
Tabelle 41: Arbeitskräfteverhältniswert.....	171
Tabelle 42: Arbeitskräfteverhältniszahl.....	171
Tabelle 43: Lohnstunden bezogen auf den Bruttorauminhalt.....	172
Tabelle 44: Lohnstunden bezogen auf die Brutto-Grundfläche	173

10 Formelverzeichnis

Formel 1:	Baustelleneinrichtungsfaktor	57
Formel 2:	Baunutz-Flächenzahl	58
Formel 3:	Brutto-Raumquotient.....	58
Formel 4:	Netto-Grundflächenquotient	58
Formel 5:	Bebauungsgrad	59
Formel 6:	Bebauungsdichte	59
Formel 7:	Mittlere Vorhaltemenge für die Schalarbeiten	65
Formel 8:	Ortbetongrad	67
Formel 9:	Baustoffgrad für das gesamte Bauwerk	67
Formel 10:	Schalungsgrad für einen Bauteil.....	68
Formel 11:	Schalungsgrad für das gesamte Bauwerk.....	69
Formel 12:	Bewehrungsgrad für einen Bauteil.....	71
Formel 13:	Bewehrungsgrad für das gesamte Bauwerk.....	71
Formel 14:	Schalungsverhältnisgrad.....	72
Formel 15:	Bewehrungsverhältnisgrad.....	72
Formel 16:	Betonverhältnisgrad	73
Formel 17:	Vorhaltemengengrad – Bauwerk	73
Formel 18:	Vorhaltemengengrad – Horizontale Bauteile.....	74
Formel 19:	Vorhaltemengengrad – Vertikale Bauteile.....	74
Formel 20:	Vorhaltemengenverhältnisgrad.....	75
Formel 21:	Leistungswert für Stahlbetonarbeiten	77
Formel 22:	Aufwandswert	79
Formel 23:	Gesamt-Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten.....	80
Formel 24:	Bandbreite für den Gesamt-Aufwandswert	80
Formel 25:	Mittlerer Aufwandswert für die Schalarbeiten.....	81
Formel 26:	Mittlerer Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten	85
Formel 27:	Mittlerer Aufwandswert für die Betonarbeiten	87

Formel 28: Nutzleistung des Transportbetriebes	91
Formel 29: Anzahl der Krane über die Anzahl an Arbeitskräften	94
Formel 30: Anzahl der Krane aus dem Bruttorauminhalt	95
Formel 31: Betriebsmittelzeit	96
Formel 32: Anzahl der Krane aus Kranbelegungswerten	97
Formel 33: Anzahl der Krane über geometrische Verhältnisse	98
Formel 34: Lohnstunden für die Rohbauarbeiten.....	102
Formel 35: Durchschnittliche Anzahl an Arbeitskräften.....	103
Formel 36: Maximale Anzahl an Arbeitskräften	103
Formel 37: Maximale Anzahl an Arbeitskräften über Krananzahl	103
Formel 38: Maximale Anzahl an Arbeitskräften über Arbeitsfläche .	104
Formel 39: Arbeitskräfteverhältniswert.....	104
Formel 40: Arbeitskräfteverhältniszahl.....	105
Formel 41: Gesamtdauer.....	108
Formel 42: Hauptbauzeit	108
Formel 43: Anlaufphase	109
Formel 44: Auslaufphase.....	109
Formel 45: Gesamtdauer über den Bruttorauminhalt.....	109
Formel 46: Dauer der Stahlbetonarbeiten	110
Formel 47: Gesamtanzahl der Transporte für ein Bauwerk	112
Formel 48: Transportgrad für ein Bauwerk	112
Formel 49: Transportgrad für den Bereich Bauwerk-Rohbau	112
Formel 50: Leistung für den Transportbetrieb bei den Rohbauar- beiten	114
Formel 51: Anzahl der Transporte für die Rohbauarbeiten	115
Formel 52: Leistung für den Transportbetrieb bei den Erdarbeiten .	116
Formel 53: Anzahl der Transporte für die Erdarbeiten	116
Formel 54: Leistung für den Transportbetrieb bei den Stahlbeton- arbeiten.....	117
Formel 55: Anzahl der Transporte bei den Stahlbetonarbeiten über die Leistung des Transportbetriebes	118

Formel 56:	Anzahl der Transporte bei den Stahlbetonarbeiten über die Stahlbetonmenge	118
Formel 57:	Stahlbetonmenge eines Bauwerks	118
Formel 58:	Transportgrad für die Stahlbetonarbeiten	119
Formel 59:	Anzahl der Transporte für die Schalung über die Schalfläche	119
Formel 60:	Anzahl der Transporte für die Schalung über die Vorhaltemenge	120
Formel 61:	Anzahl der Transporte für die Schalung über die Schalfläche je Transport.....	120
Formel 62:	Durchschnittlich angelieferte Schalfläche je Transport..	120
Formel 63:	Transportgrad für die Schalungsarbeiten.....	121
Formel 64:	Spezifischer Transportgrad für die Schalung eines Bauteils bzw. Bauabschnitts	121
Formel 65:	Transportgrad für die Schalungsarbeiten.....	121
Formel 66:	Anzahl der Transporte für die Bewehrung	122
Formel 67:	Transportgrad für die Bewehrung.....	122
Formel 68:	Leistung für den Transportbetrieb bei den Betonarbeiten.....	123
Formel 69:	Anzahl der Betontransporte	124
Formel 70:	Transportgrad für die Betonarbeiten.....	124

11 Literaturverzeichnis

- [ABBLU] Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft (Hrsg.):
Allgemeine Baubetriebslehre Übung – Studienblätter,
WS 2005, TU Graz.
- [Aigne] Aigner, Markus: Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten – Ein
kritischer Vergleich von Literaturangaben, Diplomarbeit,
TU Graz, 2003.
- [AvaGo] Avak, R.; Goris, A. (Hrsg.): Stahlbetonbau aktuell,
Beuth Verlag, Werner Verlag, 2001.
- [B1800] Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.):
ÖNORM B 1800, Ermittlung von Flächen und Rauminhalten
von Bauwerken, Ausgabe: 2002-01-01.
- [B1801] Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.):
ÖNORM B 1801-1, Bauprojekt- und Objektmanagement –
Teil 1: Objekterrichtung, Ausgabe: 2009-06-01.
- [B2110] Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 2110,
Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen –
Werkvertragsnorm, Ausgabe: 2009-01-01.
- [Baier] Baierl, Markus: Die Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb mit
den Schwerpunkten Planungsmaßnahmen und Baustellen-
analyse, Diplomarbeit, TU Graz, 2009.
- [Bauer] Bauer, Hermann: Baubetrieb, 3. Auflage, Springer Verlag,
2008.
- [Bärnt] Bärnthaler, Franz: Grundlagen der Schalungs- und Rüst-
technik, Diplomarbeit, TU Graz, 2006.
- [BeDiV] Bebauungsdichteverordnung: Verordnung der Steiermärki-
schen Landesregierung vom 22. März 1993, mit der Mindest-
und Höchstwerte der Bebauungsdichte für Bauten festgelegt
werden (Bebauungsdichteverordnung 1993), Stammfassung:
LGBl. Nr. 38/1993, Novellen: (1) LGBl. Nr. 87/1994 und (2)
LGBl. Nr. 61/2003
- Download von Internetseite:
http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/LrStmk/LRST_8000_126/LRST_8000_126.html, Zugriff: 07.01.2010, 22:38

- [BeKoS] Berner, F.; Kochendörfer, B.; Schach, R.: Grundlagen der Baubetriebslehre 2, 1. Auflage, Teubner Verlag, 2008.
- [Brüss] Brüssel, Wolfgang: Baubetrieb von A bis Z, 4. Auflage, Werner Verlag, 2002.
- [Duzma] Duzman, Claudia: Krane im Baubetrieb – Typen, Einsatzplanung, Kennzahlen und Baustellenanalyse, Masterarbeit, TU Graz, 2008.
- [HauTr] Hauer, W.; Tripl, P. (Hrsg.): Steiermärkisches Baurecht, 4. Auflage, Linde Verlag, Stand 1.9.2004.
- [Hofs1] Hofstadler, Christian: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, Springer Verlag, 2007.
- [Hofs2] Hofstadler, Christian: Schalarbeiten – Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation, Springer Verlag, 2008.
- [Hofs3] Hofstadler, Christian: Schalungs- und Rüsttechnik, Vorlesungsskriptum Jänner 2008, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz.
- [Hofs4] Hofstadler, Christian: Beschaffungslogistik für die Phase Bauwerk-Rohbau, Artikel erschienen in der Festschrift 1969-2009 / Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Projektentwicklung und Projektmanagement: 40 Jahre Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft (Hrsg.: Detlef Heck; Hans Lechner); Seiten 65 – 78.
- [Hofs5] Hofstadler, Christian: Baubetrieb Forschungsseminar, Vortrag vom 20.11.2008, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz.
- [Hofs6] Hofstadler, Christian: Baubetrieb Forschungsseminar, Vortrag vom 17.12.2008, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz.
- [Girms] Girmscheid, Gerhard: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, 3. überarbeitete Auflage, Springer Verlag, 2005.
- [Neufe] Neufert, Ernst: Neufert Bauentwurfslehre, 38. vollständig überarbeitete Auflage, Vieweg Verlag, 2008.
- [NösRu] Nöstlhaller, R.; Rummer, G.: Bauwirtschaftslehre VU, Skriptum zur Übung 2006, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz.

- [Petzs] Pentzschmann, E. (Hrsg.): Handbuch für Bauingenieure, Bauverfahrenstechnik und Baumaschineneinsatz, Brandenburgische Technische Universität Cottbus: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, 5. Jahrgang, Heft 6, 2000.
- [Schlü] Schlüßler, K.; Mcedloc-Petrosjan, O.: Der Baustoff Beton, Grundlagen der Strukturbildung und der Technologie, 1. Auflage, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1990.
- [Seeli] Seeling: Auswahl und Kombinationen der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, Bauwirtschaft, 1978.
- [Spran] Spranz, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, 1. Auflage, Verlag Bauwerk, 2003.
- [Stadl] Stadler, Gert: Grundlagen der Bauverfahren, Skriptum zur Vorlesung 2002/03, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz.
- [Zemen] Zement + Beton Handels- und Werbe-GmbH (Hrsg.): Zement und Beton Fachtextbuch, 38. Auflage, 2004/2005.

12 Anhang

12.1 Projektdatenblatt – Headquarter Pachleitner Gruppe

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Fritz Zacharias

Datum: 03.02.2009

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Headquarter UNIOPT Pachleitner Gruppe

Bauherr: Dr. Michael Pachleitner

Auftragnehmer: Granit/ Porr/ Pongraz

Ausschreibungsart: _____

Vertragsart: _____

Beschreibung des Bauwerks: Büro + Geschäftshaus + Gastrobereich

Bauwerks: (Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...) _____

Standort: Graz, Liebenau Seehöhe [m.ü.A.]: 350,8 m.ü.A.

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw. _____

Grundstücksfläche: 6000 m² Baustelleneinrichtungsfaktor: _____
 Bauwerksgrundrissfläche: 2500 m² (BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)
 Baustelleneinrichtungsfläche: 1500 m² 0,60 -

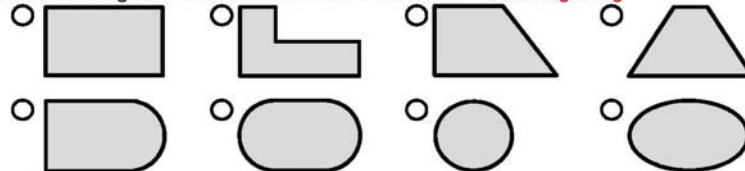
Gebäudeabmessungen: L= _____ m Geschoßanzahl: 7 -
 B= _____ m Geschoßhöhe 1: 4,50 m
 H= 26,50 m Geschoßhöhe (2-n): 3,50 m

Bruttorauminhalt: 87000 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

- Büro Gewerbe und Industrie Lehre und Forschung
 Wohnbauten Schulen und Kindergärten Gesundheitswesen
 Geschäft Gasthaus/ Hotel _____

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes: **bumerangförmig**



Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):

- Bauplan Baustelleneinrichtungsplan
 Grundriss(e) Schnitt(e) Ansichten
 Schalungsplan Bewehrungsplan _____

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	d	Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	d	2-3 Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	d	20 Mo	
Pufferzeit - gesamt:	d	Mo	% der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	d	Mo	
Baustelleneinrichtung:	d	1 Mo	
Erdarbeiten:	d	2 Mo	
Gründung:	d	2 Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	215 d	10 Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	d	1 Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	6 Stk.	86,4 m ²
- Magazin:	4 Stk.	57,6 m ²
- Sanitär:	2 Stk.	28,8 m ²
- Bauleitung	13 Stk.	187,2 m ²
- AN:	6 Stk.	86,4 m ²
- AG:	7 Stk.	100,8 m ²

Krane:	Anzahl	Lastmoment
- Krantypen: Liebherr 140EC-HA	2 Stk.	102 tm
(obendrehender Turmdrehkran)	Stk.	tm
	Stk.	tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:

- Krananzahl über Arbeitskräfte:	Stk.
- Krananzahl über Kranbelegungswerte:	Stk.
- Krananzahl über Bruttorauminhalt:	Stk.
- _____ :	Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl
- _____	Stk.
- _____	Stk.
- _____	Stk.
- _____	Stk.

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung:
3 AK

Zeit für die Arbeitsvorbereitung:
21 d
% der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regelarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche

Arbeitszeit: 45 h/Wo

Angestellte: Anzahl eigen Sub.
- Bauleiter: 1 AK
- Techniker: AK
- Polier: 2 AK
- Vermesser: 1 AK

Arbeiter: Anzahl eigen Sub.
- Schaler: 25 AK
- Bewehrer: 20 AK
- Betonierer: 10 AK
- Maurer: AK
- : AK
- : AK

Stamppersonal: %
Ausländeranteil: 50 %
Frauenanteil: 0 %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}):
45 AK/d

Ø - Arbeitsfläche je AK:
33,3 m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}):
50 AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK:
30 m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:
- Anlaufphase (D_{AN}):
25 d
% der Bauzeit
- Hauptbauzeit (D_{HP}):
170 d
% der Bauzeit
- Auslaufphase (D_{AUS}):
20 d
% der Bauzeit

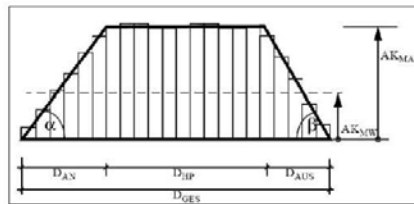


Abb. Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit

MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse: _____
Erdarbeiten: 25000 m³
Gründung: m³
Rohbau:
- Schalung: 30400 m²
- Bewehrung: 1935 to
- Beton: 10450 m³

	Anzahl der Transporte		
	Antransporte	Abtransporte	Gesamt
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

BAUTEILSPEZIFISCHE PROJEKTDATEN

BODENPLATTE

Gesamtfläche:	5000	m ²
Dicke der Bodenplatte:	0,3	m
Betonmenge Bodenplatte - gesamt:	1500	m ³
Schalungsfläche Bodenplatte - gesamt:	500	m ²
Bewehrung Bodenplatte - gesamt:	500	to
Anzahl der Fertigungsabschnitte:	20	-
Fläche je Fertigungsabschnitt:	200-500	m ²
Dauer der Arbeiten - gesamt:	80	d
Aufwandswert Schalung:	1,2	Std/m ²
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		AK
Aufwandswert Bewehrung:	30	Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		AK
Aufwandswert Betonieren:	0,8	Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		AK
Betonförderung :	<input checked="" type="checkbox"/> Krankübel <input checked="" type="checkbox"/> Betonpumpe <input type="checkbox"/>	Inhalt: 2 m ³

Schalungsgrad:	0,33	m ² /m ³
Bewehrungsgrad:	333,33	kg/m ³

FUNDAMENTE - KEINE

Fertigung:	<input type="radio"/> Ortbeton	<input type="radio"/> Fertigteile
Anzahl der Fundamente:		Stk.
Fläche eines Fundamentes:		m ²
Fundamenthöhe:		m
Betonmenge Fundamente- gesamt:		m ³
Schalungsfläche Fundamente - gesamt:		m ²
Bewehrung Fundamente - gesamt:		to
Dauer der Arbeiten - gesamt:		d
Aufwandswert Schalung:		Std/m ²
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		AK
Aufwandswert Bewehrung:		Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		AK
Aufwandswert Betonieren:		Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		AK
Betonförderung :	<input type="radio"/> Krankübel <input type="radio"/> Betonpumpe <input type="radio"/>	Inhalt: m ³

Schalungsgrad:		m ² /m ³
Bewehrungsgrad:		kg/m ³

Version 3

Seite 4

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

DECKEN

Fertigung: Ortbetondecken Elementdecken Fertigteildecken
 Deckenfläche - gesamtes Bauwerk: 14000 m²
 Deckenstärke: 0,3 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: MEVA Fallkopfsystem
 Schalungsfläche Decken - gesamtes Bauwerk: 14000 m²
 Vorhaltemenge - Deckenschalung: 700 m²
 Vorhaltemengenfaktor - Decke: -
 Fertigungsrhythmus: 5 d
 Schalflächen:
 - Regelfläche: 300-500 m²
 - Passfläche: 150-300 m² (mit 3-Schicht-Platten)
 - Aussparungen und Einbauten: m²
 Geschoßanzahl: -
 Anzahl der Abschnitte je Geschoß: -
 Abschnittsfläche: m²
 Ausschallfrist: d
 Aufwandswerte Schalung - Decke:
 - Einschalen: 0,8 Std/m²
 - Ausschalen: Std/m²
 - Umsetzen: Std/m²
 Tägliche Schalungsleistung: m²/d
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Decke - gesamt: 850 to
 Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: to
 Bewehrungsleistung: 15 to/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: 3 d
 Aufwandswert Bewehrung: 22 Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: AK

Betonieren:

Betonmenge Decke - gesamt: 4500 m³
 Betonmenge je Fertigungsabschnitt: 160 m³
 Betonierleistung: 160 m³/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: 1 d
 Aufwandswert Betonieren: 0,9 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: AK

Betonförderung : Krankübel Inhalt: m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt: 3,11 m²/m³
 Bewehrungsgrad - gesamt: 188,89 kg/m³

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

STÜTZEN

Fertigung: Ortbetonstützen Fertigteilstützen
 Stützenquerschnitt: rechteckig quadratisch rund _____
 Dimension der Stützen: L= _____ m
 B= _____ m DN= 0,3-0,5 m
 H= 3,5-5,0 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: Kartonrohr innen foliert
 Schalungsfläche Stützen - gesamtes Bauwerk: 1250 m²
 Vorhaltemenge - Stützenschalung: _____ m²
 Vorhaltemengenfaktor - Stützen: -
 Fertigungsrhythmus: 10 Stk/d
 Schalflächen:
 - Regelfläche: _____ m²
 - Passfläche: _____ m²
 - Aussparungen und Einbauten: _____ m²
 Anzahl der Stützen: 250 -
 Anzahl der Stützen je Geschoß: -
 Anzahl der Stützen je Abschnitt: -
 Ausschallfrist: _____ d
 Aufwandswerte Schalung - Stützen:
 - Einschalen: 0,5 Std/m²
 - Ausschalen: _____ Std/m²
 - Umsetzen: _____ Std/m²
 Tägliche Schalungsleistung: _____ m²/d
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: _____ AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Stützen - gesamt: 35 to
 Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: _____ to
 Bewehrungsleistung: _____ to/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: _____ d
 Aufwandswert Bewehrung: 18 Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: _____ AK

Betonieren:

Betonmenge Stützen - gesamt: 300 m³
 Betonmenge je Fertigungsabschnitt: _____ m³
 Betonierleistung: _____ m³/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: _____ d
 Aufwandswert Betonieren: 1,9 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: _____ AK
 Betonförderung : Krankübel Inhalt: 2 m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt: 4,17 m²/m³
 Bewehrungsgrad - gesamt: 116,67 kg/m³

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

WÄNDE

Fertigung: Ortbetonwände Hohlwände Fertigteilewände
Wandstärke: aussen: 0,3-0,4 m innen: 0,3-0,4 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem:			
Schalungsfläche Wände - gesamtes Bauwerk:	10000	m ²	
Vorhaltemenge - Wandschalung:	500	m ²	
Vorhaltemengenfaktor - Wände:	-		
Fertigungsrhythmus:	d		
Schalflächen:			
- Regelfläche:	40	m ²	
- Passfläche:	8	m ²	
- Aussparungen und Einbauten:		m ²	
Anzahl der Wände - gesamt:		lfm	
Anzahl der Wände je Geschoß:			
- UG: 300 lfm	- 1. G: 500 lfm	- 3. G: 500 lfm	- 5. G: 200 lfm
- EG: 1000 lfm	- 2. G: 500 lfm	- 4. G: 250 lfm	- 6. G: lfm
Anzahl der Wände je Fertigungsabschnitt:		lfm	
Ausschalfrist:		d	
Aufwandswerte Schalung- Wände:			
- Einschalen:	0,5	Std/m ²	
- Ausschalen:	0,3	Std/m ²	
- Umsetzen:		Std/m ²	
Tägliche Schalungsleistung:	70	m ² /d	
Anzahl der AK für Schalarbeiten:	8	AK	

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Wände - gesamt:	250	to
Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt:		to
Bewehrungsleistung:		to/d
Dauer je Fertigungsabschnitt:		d
Aufandswert Bewehrung:	20	Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:	10	AK

Betonieren:

Betonmenge Wände - gesamt:	3500	m ³
Betonmenge je Fertigungsabschnitt:	10-15	m ³
Betonierleistung:	20	m ³ /d
Dauer je Fertigungsabschnitt:	1-2	d
Aufandswert Betonieren:	2,4	Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:	6	AK
Betonförderung :	<input checked="" type="radio"/> Krankübel	Inhalt: 2 m ³
	<input type="radio"/> Betonpumpe	
	<input type="radio"/>	

Schalungsgrad - gesamt:	2,86	m ² /m ³
Bewehrungsgrad - gesamt:	71,43	kg/m ³

Version 3

Seite 7

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

SONSTIGE BAUTEILE (Stiegen, Träger, etc.)

Bauteil: Träger

Anzahl der sonstigen Bauteile:		Stk.	
Dimension des Bauteils:	L=	3000	m
	B=	0,3-0,4	m
	H=	0,6	m
Betonmenge sonstige Bauteile - gesamt:		650	m ³
Schalungsfläche sonst. Bauteile - gesamt:		4650	m ²
Bewehrung sonstige Bauteile - gesamt:		300	to
Dauer der Arbeiten - gesamt:			d
Aufwandswert Schalung:		1,7	Std/m ²
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		3	AK
Aufwandswert Bewehrung:		26	Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		3-4	AK
Aufwandswert Betonieren:		1,2	Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		3	AK
Betonförderung :	<input checked="" type="checkbox"/>	Krankübel	Inhalt: <u>2</u> m ³
	<input type="checkbox"/>	Betonpumpe	
	<input type="checkbox"/>		

Schalungsgrad:	<u>7,15</u> m ² /m ³
Bewehrungsgrad:	<u>461,54</u> kg/m ³

Bauteil: _____

Anzahl der sonstigen Bauteile:		Stk.	
Dimension des Bauteils:	L=		m
	B=		m
	H=		m
Betonmenge sonstige Bauteile - gesamt:			m ³
Schalungsfläche sonst. Bauteile - gesamt:			m ²
Bewehrung sonstige Bauteile - gesamt:			to
Dauer der Arbeiten - gesamt:			d
Aufwandswert Schalung:			Std/m ²
Anzahl der AK für Schalarbeiten:			AK
Aufwandswert Bewehrung:			Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:			AK
Aufwandswert Betonieren:			Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:			AK
Betonförderung :	<input type="checkbox"/>	Krankübel	Inhalt: _____ m ³
	<input type="checkbox"/>	Betonpumpe	
	<input type="checkbox"/>		

Schalungsgrad:	_____ m ² /m ³
Bewehrungsgrad:	_____ kg/m ³

Version 3

Seite 8

12.2 Projektdatenblatt – HVW Energie Steiermark

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Christoph Hatzl

Datum: 11.02.2009

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Neues Hauptverwaltungsgebäude (HVW) Energie Steiermark
 Bauherr: Energie Steiermark
 Auftragnehmer: Strabag

Ausschreibungsart: _____
 Vertragsart: _____

Beschreibung des Bauwerks: Neubau eines 14-geschossigen Bürogebäudes in einer Baulücke
 (Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)
Neubau einer Tiefgarage, 240 Parkplätze, in einer Baulücke
Baugrubensicherung und Unterfangung der best. Gebäude mit HDBV
Erschwernisse: Grundwasser, bestehende Gebäude

Standort: Graz, Leonhardgürtel Seehöhe [m.ü.A.]: 366,84 m.ü.A.

Bauteil A: BÜRO

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw. _____

Grundstücksfläche:	<u>8080 m²</u>	Baustelleneinrichtungsfaktor:	
Bauwerksgrundrissfläche:	<u>407 m²</u>	(BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)	
Baustelleneinrichtungsfläche:	<u>900 m²</u>		<u>2,211 -</u>

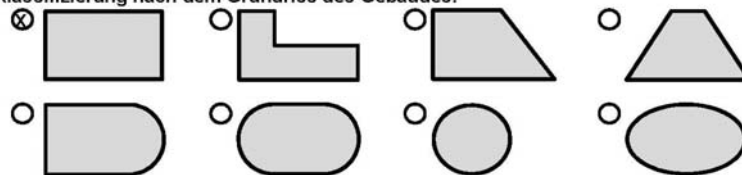
Gebäude- abmessungen:	L=	<u>20,8 m</u>	Geschoßanzahl:	<u>14 -</u>	
	B=	<u>19,6 m</u>		Geschoßhöhe 1:	<u>3,45 m</u>
	H=	<u>52,3 m</u>		Geschoßhöhe (2-n):	<u>m</u>

Bruttorauminhalt: 21508,8 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

- | | | |
|---------------------------------------|--|---|
| <input checked="" type="radio"/> Büro | <input type="radio"/> Gewerbe und Industrie | <input type="radio"/> Lehre und Forschung |
| <input type="radio"/> Wohnbauten | <input type="radio"/> Schulen und Kindergärten | <input type="radio"/> Gesundheitswesen |
| <input type="radio"/> Geschäft | <input type="radio"/> Gasthaus/ Hotel | <input type="radio"/> _____ |

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:



Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="radio"/> Bauzeitplan | <input type="radio"/> Baustelleneinrichtungsplan | <input checked="" type="radio"/> Ansichten |
| <input checked="" type="radio"/> Grundriss(e) | <input checked="" type="radio"/> Schnitt(e) | <input type="radio"/> _____ |
| <input type="radio"/> Schalungsplan | <input type="radio"/> Bewehrungsplan | |

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	d	3 Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	d	3 Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	d	14 Mo	(inkl. Tiefgarage)
Pufferzeit - gesamt:	d	Mo	% der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	d	Mo	
Baustelleneinrichtung:	8 d	Mo	
Erdarbeiten:	d	1 Mo	
Gründung:	d	1,5 Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	110 d	5 Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	5 d	Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	Bestand Stk.	42 m ²
- Magazin:	2 Stk.	22 m ²
- Sanitär:	1 Stk.	16 m ²
- Bauleitung	1 Stk.	31 m ²
- AN:	Bestand Stk.	30 m ²
- AG:	Stk.	m ²

Krane:		Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	Liebherr 180 EC-H	1 Stk.	132 tm
	Liebherr 35 KR	1 Stk.	33 tm
		Stk.	tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:

- Krananzahl über Arbeitskräfte:	Stk.
- Krananzahl über Kranbelegungswerte:	Stk.
- Krananzahl über Bruttonauminhalt:	Stk.
- _____ :	Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl
- _____	Stk.
- _____	Stk.
- _____	Stk.
- _____	Stk.

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung: 2 AK

Zeit für die Arbeitsvorbereitung: 15 d
% der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regelarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche

Arbeitszeit: 39 h/Wo

Angestellte: Anzahl eigen Sub.
- Bauleiter: 1 AK
- Techniker: 1 AK
- Polier: 1 AK
- : AK

Arbeiter: Anzahl eigen Sub.
- Schaler: 8 AK
- Bewehrer: 8 AK
- Betonierer: 4 AK
- Maurer: AK
- : AK
- : AK

Stammpersonal: %

Ausländeranteil: %

Frauenanteil: 0 %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}): 16 (32) AK/d

Ø - Arbeitsfläche je AK: 51 m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}): 22 (44) AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK: 37 m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:

- Anlaufphase (D_{AN}): 25 d
% der Bauzeit

- Hauptbauzeit (D_{HP}): 70 d
% der Bauzeit

- Auslaufphase (D_{AUS}): 15 d
% der Bauzeit

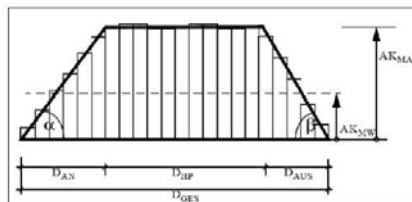


Abb. Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit

MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse: 3

Anzahl der Transporte

Erdarbeiten: 27000 m³

Antransporte Abtransporte Gesamt

Gründung: m³

- - -

Rohbau:

- Schalung: 24000 m²

- - -

- Bewehrung: 800 to

- - -

- Beton: 10000 m³

- - -

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

BAUTEILSPEZIFISCHE PROJEKTDATEN

BODENPLATTE

Gesamtfläche:	390 m ²	
Dicke der Bodenplatte:	0,6 m	
Betonmenge Bodenplatte - gesamt:	234 m ³	
Schalungsfläche Bodenplatte - gesamt:	50 m ²	Vorhaltem. 25
Bewehrung Bodenplatte - gesamt:	33 to	
Anzahl der Fertigungsabschnitte:	1 -	
Fläche je Fertigungsabschnitt:	390 m ²	
Dauer der Arbeiten - gesamt:	7 d	
Aufandswert Schalung:	0,7 Std/m ²	
Anzahl der AK für Schalarbeiten:	4 AK	
Aufandswert Bewehrung:	25 Std/to	
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:	10 AK	
Aufandswert Betonieren:	0,8 Std/m ³	
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:	4 AK	
Betonförderung :	<input type="radio"/> Krankübel <input checked="" type="radio"/> Betonpumpe <input type="radio"/>	Inhalt: _____ m ³

Schalungsgrad:	0,21 m ² /m ³	
Bewehrungsgrad:	141,03 kg/m ³	Weiße Wanne

FUNDAMENTE - KEINE

Fertigung:	<input type="radio"/> Ortbeton	<input type="radio"/> Fertigteile
Anzahl der Fundamente:		Stk.
Fläche eines Fundamentes:		m ²
Fundamenthöhe:		m
Betonmenge Fundamente- gesamt:		m ³
Schalungsfläche Fundamente - gesamt:		m ²
Bewehrung Fundamente - gesamt:		to
Dauer der Arbeiten - gesamt:		d
Aufandswert Schalung:		Std/m ²
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		AK
Aufandswert Bewehrung:		Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		AK
Aufandswert Betonieren:		Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		AK
Betonförderung :	<input type="radio"/> Krankübel <input type="radio"/> Betonpumpe <input type="radio"/>	Inhalt: _____ m ³

Schalungsgrad:	m ² /m ³
Bewehrungsgrad:	kg/m ³

Version 3

Seite 4

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

DECKEN

Fertigung: Ortbetondecken Elementdecken Fertigteildecken

Deckenfläche - gesamtes Bauwerk: 5000 m²

Deckenstärke: 0,22 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: DOKA Deckentische

Schalungsfläche Decken - gesamtes Bauwerk: 5000 m²

Vorhaltemenge - Deckenschalung: 380 m²

Vorhaltemengenfaktor - Decke: -

Fertigungsrhythmus: 7 d

Schalflächen:

- Regelfläche: 380 m²

- Passfläche: m²

- Aussparungen und Einbauten: m²

Geschoßanzahl: 14 -

Anzahl der Abschnitte je Geschoß: 1 -

Abschnittsfläche: 380 m²

Ausschallfrist: d

Aufwandswerte Schalung - Decke:

- Einschalen: 0,55 Std/m²

- Ausschalen: 0,2 Std/m²

- Umsetzen: Std/m²

Tägliche Schalungsleistung: m²/d

Anzahl der AK für Schalarbeiten: 6 AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Decke - gesamt: 126 to

Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: 9 to

Bewehrungsleistung: to/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: 1 d

Aufandswert Bewehrung: 25 Std/to

Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 10 AK

Betonieren:

Betonmenge Decke - gesamt: 1092 m³

Betonmenge je Fertigungsabschnitt: 75 m³

Betonierleistung: m³/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: 0,5 h d

Aufandswert Betonieren: 0,7 Std/m³

Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 4 AK

Betonförderung : Krankübel Inhalt: m³

Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt: 4,58 m²/m³

Bewehrungsgrad - gesamt: 115,38 kg/m³

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

STÜTZEN

Fertigung: Ortbetonstützen Fertigteilstützen
 Stützenquerschnitt: rechteckig quadratisch rund _____
 Dimension der Stützen: L= 0,4-0,6 m
 B= 0,4 m DN= _____ m
 H= 3,23 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem:	DOKA
Schalungsfläche Stützen - gesamtes Bauwerk:	1300 m ²
Vorhaltemenge - Stützenschalung:	45 m ²
Vorhaltemengenfaktor - Stützen:	-
Fertigungsrhythmus:	1 d
Schalflächen:	
- Regelfläche:	45 m ²
- Passfläche:	m ²
- Aussparungen und Einbauten:	m ²
Anzahl der Stützen:	16 -
Anzahl der Stützen je Geschoß:	8 -
Anzahl der Stützen je Abschnitt:	-
Ausschalfrist:	d
Aufwandswerte Schalung - Stützen:	
- Einschalen:	0,8 Std/m ²
- Ausschalen:	0,2 Std/m ²
- Umsetzen:	Std/m ²
Tägliche Schalungsleistung:	m ² /d
Anzahl der AK für Schalarbeiten:	3 AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Stützen - gesamt:	30 to
Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt:	to
Bewehrungsleistung:	to/d
Dauer je Fertigungsabschnitt:	d
Aufandswert Bewehrung:	24 Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:	AK

Betonieren:

Betonmenge Stützen - gesamt:	150 m ³
Betonmenge je Fertigungsabschnitt:	4,5 m ³
Betonierleistung:	m ³ /d
Dauer je Fertigungsabschnitt:	d
Aufandswert Betonieren:	1,8 Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:	AK

Betonförderung : Krankübel Inhalt: 0,7 m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt:	8,67 m ² /m ³
Bewehrungsgrad - gesamt:	200,00 kg/m ³

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

WÄNDE

Fertigung: Ortbetonwände Hohlwände Fertigteilwände
Wandstärke: aussen: 0,25-0,3 m innen: 0,2-0,25 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem:	DOKA	
Schalungsfläche Wände - gesamtes Bauwerk:	1852 m ²	Hohlwände
Vorhaltemenge - Wandschalung:	250 m ²	2901 m ²
Vorhaltemengenfaktor - Wände:	-	
Fertigungsrythmus:	d	
Schalflächen:		
- Regelfläche:	m ²	
- Passfläche:	m ²	
- Aussparungen und Einbauten:	m ²	
Anzahl der Wände - gesamt:	lfm	
Anzahl der Wände je Geschoß:		
- UG: lfm	- 1. G: lfm	- 3. G: lfm
- EG: lfm	- 2. G: lfm	- 4. G: lfm
- 5. G: lfm	- 6. G: lfm	
Anzahl der Wände je Fertigungsabschnitt:	lfm	
Ausschalfrist:	d	
Aufwandswerte Schalung- Wände:		
- Einschalen:	0,6 Std/m ²	
- Ausschalen:	0,15 Std/m ²	
- Umsetzen:	Std/m ²	
Tägliche Schalungsleistung:	m ² /d	
Anzahl der AK für Schalarbeiten:	AK	

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Wände - gesamt:	26,5 to
Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt:	to
Bewehrungsleistung:	to/d
Dauer je Fertigungsabschnitt:	d
Aufandswert Bewehrung:	30 Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:	AK

Betonieren:

Betonmenge Wände - gesamt:	332 m ³
Betonmenge je Fertigungsabschnitt:	m ³
Betonierleistung:	m ³ /d
Dauer je Fertigungsabschnitt:	d
Aufandswert Betonieren:	1,1 Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:	AK

Betonförderung : Krankübel Inhalt: 0,7 m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt:	5,58 m ² /m ³
Bewehrungsgrad - gesamt:	79,82 kg/m ³

Version 3

Seite 7

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Christoph Hatzl

Datum: 11.02.2009

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Neues Hauptverwaltungsgebäude (HVW) Energie Steiermark
 Bauherr: Energie Steiermark
 Auftragnehmer: Strabag

Ausschreibungsart: _____
 Vertragsart: _____

Beschreibung des Bauwerks: (Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)
Neubau eines 14-geschossigen Bürogebäudes in einer Baulücke
Neubau einer Tiefgarage, 240 Parkplätze, in einer Baulücke
Baugrubensicherung und Unterfangung der best. Gebäude mit HDBV
Erschwernisse: Grundwasser, bestehende Gebäude

Standort: Graz, Leonhardgürtel Seehöhe [m.ü.A.]: 366,84 m.ü.A.

Bauteil C/D: TIEFGARAGE

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw. _____

Grundstücksfläche:	<u>8080 m²</u>	Baustelleneinrichtungsfaktor:	
Bauwerksgrundrissfläche:	<u>2648 m²</u>	(BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)	
Baustelleneinrichtungsfläche:	<u>900 m²</u>		<u>2,211 -</u>

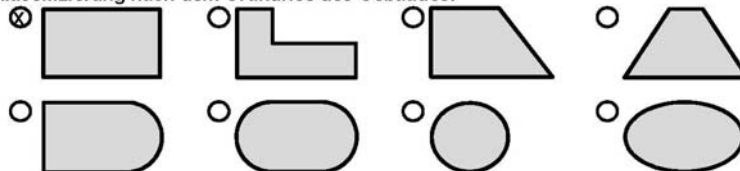
Gebäude- abmessungen:	L=	<u>77,3 m</u>	Geschoßanzahl:	<u>5 -</u>	
	B=	<u>33,9 m</u>		Geschoßhöhe 1:	<u>2,9 m</u>
	H=	<u>8,5 m</u>		Geschoßhöhe (2-n):	<u>m</u>

Bruttorauminhalt: 19277,1 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

- | | | |
|----------------------------------|--|---|
| <input type="radio"/> Büro | <input type="radio"/> Gewerbe und Industrie | <input type="radio"/> Lehre und Forschung |
| <input type="radio"/> Wohnbauten | <input type="radio"/> Schulen und Kindergärten | <input type="radio"/> Gesundheitswesen |
| <input type="radio"/> Geschäft | <input type="radio"/> Gasthaus/ Hotel | <input checked="" type="radio"/> Tiefgarage |

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:



Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="radio"/> Bauzeitplan | <input type="radio"/> Baustelleneinrichtungsplan | <input checked="" type="radio"/> Ansichten |
| <input checked="" type="radio"/> Grundriss(e) | <input checked="" type="radio"/> Schnitt(e) | |
| <input type="radio"/> Schalungsplan | <input type="radio"/> Bewehrungsplan | |

12.3 Projektdatenblatt – ÖBB Traktion

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Engelbert Gräber

Datum: 05.05.2009

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: ÖBB Traktionsgebäude in Graz
Bauherr: ÖBB Traktion Gesellschaft mbH - Geschäftsfeld Service Bereich Süd
Auftragnehmer: STRABAG Dir. AY - Hochbau Steiermark
Ausschreibungsart: Leistungsverzeichnis mit Einheitspreisgliederung
Vertragsart: _____

Beschreibung des Bauwerks: (Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)
Kombiniertes Büro- und Wartungsgebäude zur Überprüfung der Triebfahrzeuge der ÖBB. Das Gebäude wurde zwischen den bestehenden Gleisanlagen errichtet was besondere Massnahmen bei Hebearbeiten und bei der Zufahrt zur Baustelle erforderlich machte.

Standort: Graz, Waagner-Biro-Str. **Seehöhe [m.ü.A.]:** 364,14 m.ü.A.

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw. _____

Grundstücksfläche:	<u>1500 m²</u>	Baustelleneinrichtungsfaktor:	
Bauwerksgrundrissfläche:	<u>796,2 m²</u>	(BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)	
Baustelleneinrichtungsfläche:	<u>250 m²</u>		<u>0,31 -</u>

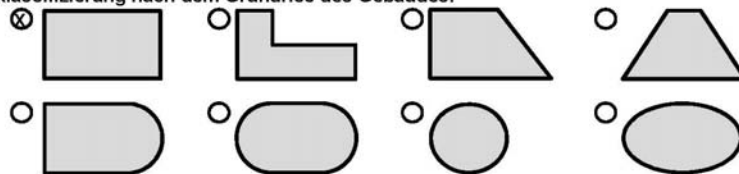
Gebäudeabmessungen:	L= <u>55,1 m</u>	Geschoßanzahl:	<u>6 -</u>
	B= <u>14,45 m</u>	Geschoßhöhe 1:	<u>3,6 m</u>
	H= <u>25,06 m</u>	Geschoßhöhe (2-n):	<u>4,32 m</u>

Bruttorauminhalt: 13550 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

- | | | |
|---------------------------------------|--|---|
| <input checked="" type="radio"/> Büro | <input checked="" type="radio"/> Gewerbe und Industrie | <input type="radio"/> Lehre und Forschung |
| <input type="radio"/> Wohnbauten | <input type="radio"/> Schulen und Kindergärten | <input type="radio"/> Gesundheitswesen |
| <input type="radio"/> Geschäft | <input type="radio"/> Gasthaus/ Hotel | <input type="radio"/> _____ |

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:



Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="radio"/> Bauzeitplan | <input type="radio"/> Baustelleneinrichtungsplan | |
| <input checked="" type="radio"/> Grundriss(e) | <input checked="" type="radio"/> Schnitt(e) | <input checked="" type="radio"/> Ansichten |
| <input type="radio"/> Schalungsplan | <input type="radio"/> Bewehrungsplan | <input type="radio"/> _____ |

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	<u> </u> d	<u> </u> Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	<u> </u> d	<u> </u> Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Pufferzeit - gesamt:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	<u> </u> % der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Baustelleneinrichtung:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Erdarbeiten:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Gründung:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	<u>152</u> d	<u>7</u> Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	<u>2</u> Stk.	<u>24</u> m ²
- Magazin:	<u>1</u> Stk.	<u>12</u> m ²
- Sanitär:	<u>1</u> Stk.	<u>1</u> m ²
- Bauleitung	<u>1</u> Stk.	<u>12</u> m ²
- AN:	<u> </u> Stk.	<u> </u> m ²
- AG:	<u>3</u> Stk.	<u>36</u> m ²

Krane:		Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	<u>Liebherr 71 EC / 45m Ausleger</u>	<u>1</u> Stk.	<u>67,5</u> tm
	<u>Div. LKW mit Ladekran</u>	<u> </u> Stk.	<u> </u> tm
	<u> </u>	<u> </u> Stk.	<u> </u> tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:

- Krananzahl über Arbeitskräfte:	<u> </u> Stk.
- Krananzahl über Kranbelegungswerte:	<u> </u> Stk.
- Krananzahl über Bruttorauminhalt:	<u> </u> Stk.
- <u> </u> :	<u> </u> Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl
- Vorderkipper	<u> </u> Stk.
- Div. Bagger	<u> </u> Stk.
- Hubarbeitsbühnen	<u> </u> Stk.
- Walzenzüge	<u> </u> Stk.
- Autokräne für die Fertigteilmontag	<u> </u> Stk.

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung: 1 AK

Zeit für die Arbeitsvorbereitung: 10 d
6,57 % der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regelarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche

Arbeitszeit: 39 h/Wo

Angestellte:	Anzahl	eigen	Sub.	Arbeiter:	Anzahl	eigen	Sub.
- Bauleiter:	1 AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Schaler:	8 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Techniker:	1 AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Bewehrer:	8 AK	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
- Polier:	1 AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Betonierer:	4 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
- _____:	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	- Maurer:	2 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
				- Maschinisten:	2 AK	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
				- _____:	AK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Stammpersonal: 90 % (ohne Sub Bewhrer) **(Angaben zur Hauptbauzeit)**
Ausländeranteil: 10 % (ohne Sub Bewhrer)
Frauenanteil: 3 % (Ferialpraktikantin)

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}): 19 AK/d

Ø - Arbeitsfläche je AK: 41,9 m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}): 30 AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK: 26,5 m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:

- Anlaufphase (D_{AN}): 20 d
% der Bauzeit

- Hauptbauzeit (D_{HP}): 100 d
% der Bauzeit

- Auslaufphase (D_{AUS}): 32 d
% der Bauzeit

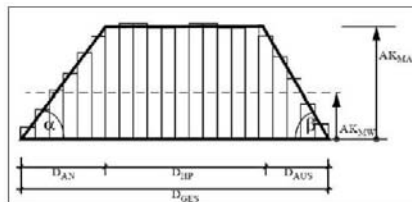


Abb. Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit

MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse:	<u>3</u>	Anzahl der Transporte		
		Antransporte	Abtransporte	Gesamt
Erdarbeiten:	<u>5000 m³</u> (Baugrube)	-	-	-
Gründung:	<u>2000 m³</u> (Froko-Material)	-	-	-
Rohbau:				
- Schalung:	<u>7950 m²</u> (ohne FT)	-	-	-
- Bewehrung:	<u>220 to</u> (ohne FT)	-	-	-
- Beton:	<u>2300 m³</u> (ohne FT)	-	-	-

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

BAUTEILSPEZIFISCHE PROJEKTDATEN

BODENPLATTE (inkl. Wagenhalle)

Gesamtfläche:	830	m ²
Dicke der Bodenplatte:	0,30-1,20	m
Betonmenge Bodenplatte - gesamt:	495	m ³
Schalungsfläche Bodenplatte - gesamt:	490	m ²
Bewehrung Bodenplatte - gesamt:	46	to
Anzahl der Fertigungsabschnitte:	4	-
Fläche je Fertigungsabschnitt:	210	m ²
Dauer der Arbeiten - gesamt:		d
Aufandswert Schalung:	2,3	Std/m ²
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		AK
Aufandswert Bewehrung:	24	Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		AK
Aufandswert Betonieren:	0,5	Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		AK
Betonförderung :	<input type="radio"/> Krankübel <input checked="" type="radio"/> Betonpumpe <input type="radio"/>	Inhalt: _____ m ³

Schalungsgrad:	0,99	m ² /m ³
Bewehrungsgrad:	92,93	kg/m ³

FUNDAMENTE

Fertigung:	<input checked="" type="radio"/> Ortbeton <input type="radio"/> Fertigteile	
Anzahl der Fundamente:		10 Stk.
Fläche eines Fundamentes:		9 m ²
Fundamenthöhe:		1 m
Betonmenge Fundamente- gesamt:		90 m ³
Schalungsfläche Fundamente - gesamt:		120 m ²
Bewehrung Fundamente - gesamt:		6,5 to
Dauer der Arbeiten - gesamt:		d
Aufandswert Schalung:		2,3 Std/m ²
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		AK
Aufandswert Bewehrung:		24 Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		AK
Aufandswert Betonieren:		0,5 Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		AK
Betonförderung :	<input type="radio"/> Krankübel <input checked="" type="radio"/> Betonpumpe <input type="radio"/>	Inhalt: _____ m ³

Schalungsgrad:	1,33	m ² /m ³
Bewehrungsgrad:	72,22	kg/m ³

Version 3

Seite 4

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

DECKEN

Fertigung: Ortbetondecken Elementdecken Fertigteildecken

Deckenfläche - gesamtes Bauwerk: 3100 m²

Deckenstärke: 0,25-0,40 m

Shalung:

Verwendetes Schalungssystem: Doka 1-2-4

Schalungsfläche Decken - gesamtes Bauwerk: 3100 m²

Vorhaltemenge - Deckenschalung: 550 m²

Vorhaltemengenfaktor - Decke: -

Fertigungsrythmus: d

Schalflächen:

- Regelfläche: m²

- Passfläche: m²

- Aussparungen und Einbauten: m²

Geschoßanzahl: 6 -

Anzahl der Abschnitte je Geschoß: -

Abschnittsfläche: m²

Ausschallfrist: d

Aufandswerte Schalung - Decke:

- Einschalen: ges. 0,9 Std/m²

- Ausschalen: Std/m²

- Umsetzen: Std/m²

Tägliche Schalungsleistung: m²/d

Anzahl der AK für Schalarbeiten: AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Decke - gesamt: 95 to

Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: to

Bewehrungsleistung: to/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: d

Aufandswert Bewehrung: 26 Std/to

Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: AK

Betonieren:

Betonmenge Decke - gesamt: 870 m³

Betonmenge je Fertigungsabschnitt: m³

Betonierleistung: m³/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: d

Aufandswert Betonieren: 1,3 Std/m³

Anzahl der AK für Betonierarbeiten: AK

Betonförderung: Krankübel Inhalt: m³

Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt: 3,56 m²/m³

Bewehrungsgrad - gesamt: 109,20 kg/m³

Version 3

Seite 5

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

STÜTZEN

Fertigung: Ortbetonstützen Fertigteilstützen
 Stützenquerschnitt: rechteckig quadratisch rund _____
 Dimension der Stützen: L= 22 m
 B= 0,5 m DN= _____ m
 H= 0,6 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: (Fertigteile mit Stahl-Werksschalung)
 Schalungsfläche Stützen - gesamtes Bauwerk: _____ m²
 Vorhaltemenge - Stützenschalung: _____ m²
 Vorhaltemengenfaktor - Stützen: _____ -
 Fertigungsrhythmus: _____ d
 Schalflächen:
 - Regelfläche: _____ m²
 - Passfläche: _____ m²
 - Aussparungen und Einbauten: _____ m²
 Anzahl der Stützen: _____ -
 Anzahl der Stützen je Geschoß: 20 -
 Anzahl der Stützen je Abschnitt: _____ -
 Ausschallfrist: _____ d
 Aufwandswerte Schalung - Stützen:
 - Einschalen: _____ Std/m²
 - Ausschalen: _____ Std/m²
 - Umsetzen: _____ Std/m²
 Tägliche Schalungsleistung: _____ m²/d
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: _____ AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Stützen - gesamt: _____ to ca. 33,4 to
 Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: _____ to
 Bewehrungsleistung: _____ to/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: _____ d
 Aufwandswert Bewehrung: _____ Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: _____ AK

Betonieren:

Betonmenge Stützen - gesamt: _____ m³
 Betonmenge je Fertigungsabschnitt: _____ m³
 Betonierleistung: _____ m³/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: _____ d
 Aufwandswert Betonieren: _____ Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: _____ AK
 Betonförderung : Krankübel Inhalt: _____ m³
 Betonpumpe

 Schalungsgrad - gesamt: _____ m²/m³
 Bewehrungsgrad - gesamt: _____ kg/m³

Version 3

Seite 6

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

WÄNDE

Fertigung: Ortbetonwände Hohlwände Fertigteilwände
Wandstärke: ausser 0,20-0,50 m innen: 0,20-0,50 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem:	Doka Framax Stahlrahmenschalung		
Schalungsfläche Wände - gesamtes Bauwerk:	3800 m ²	(ohne Brüstungswände, da diese aus Hohlwänden sind)	
Vorhaltemenge - Wandschalung:	800 m ²		
Vorhaltemengenfaktor - Wände:	-		
Fertigungsrythmus:	d		
Schalflächen:			
- Regelfläche:	m ²		
- Passfläche:	m ²		
- Aussparungen und Einbauten:	m ²		
Anzahl der Wände - gesamt:	lfm		
Anzahl der Wände je Geschoß:			
- UG: lfm	- 1. G: lfm	- 3. G: lfm	- 5. G: lfm
- EG: lfm	- 2. G: lfm	- 4. G: lfm	- 6. G: lfm
Anzahl der Wände je Fertigungsabschnitt:	lfm		
Ausschalfrist:	d		
Aufwandswerte Schalung- Wände:			
- Einschalen:	Std/m ²		
- Ausschalen:	Std/m ²		
- Umsetzen:	Std/m ²		
Tägliche Schalungsleistung:	m ² /d		
Anzahl der AK für Schalarbeiten:	AK		

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Wände - gesamt:	48,8 to
Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt:	0,20-5,0 to
Bewehrungsleistung:	to/d
Dauer je Fertigungsabschnitt:	d
Aufwandswert Bewehrung:	30 Std/to
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:	AK

Betonieren:

Betonmenge Wände - gesamt:	500 m ³
Betonmenge je Fertigungsabschnitt:	0,50-40,0 m ³
Betonierleistung:	m ³ /d
Dauer je Fertigungsabschnitt:	d
Aufwandswert Betonieren:	1,2 Std/m ³
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:	AK

Betonförderung : Krankübel Inhalt: _____ m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt:	7,60 m ² /m ³
Bewehrungsgrad - gesamt:	97,60 kg/m ³

Version 3

Seite 7

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

SONSTIGE BAUTEILE (Stiegen, Träger, etc.)

Bauteil: Träger und Stiegenläufe aus Fertigteilen

Anzahl der sonstigen Bauteile:		Stk.	
Dimension des Bauteils:	L=	m	
	B=	m	
	H=	m	
Betonmenge sonstige Bauteile - gesamt:		m ³	
Schalungsfläche sonst. Bauteile - gesamt:		m ²	
Bewehrung sonstige Bauteile - gesamt:		to	
Dauer der Arbeiten - gesamt:		d	
Aufwandswert Schalung:		Std/m ²	
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		AK	
Aufwandswert Bewehrung:		Std/to	
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		AK	
Aufwandswert Betonieren:		Std/m ³	
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		AK	
Betonförderung :	<input type="checkbox"/> Krankübel	Inhalt:	m ³
	<input type="checkbox"/> Betonpumpe		
	<input type="checkbox"/>		
<hr/>			
Schalungsgrad:		m ² /m ³	
Bewehrungsgrad:		kg/m ³	

Bauteil: _____

Anzahl der sonstigen Bauteile:		Stk.	
Dimension des Bauteils:	L=	m	
	B=	m	
	H=	m	
Betonmenge sonstige Bauteile - gesamt:		m ³	
Schalungsfläche sonst. Bauteile - gesamt:		m ²	
Bewehrung sonstige Bauteile - gesamt:		to	
Dauer der Arbeiten - gesamt:		d	
Aufwandswert Schalung:		Std/m ²	
Anzahl der AK für Schalarbeiten:		AK	
Aufwandswert Bewehrung:		Std/to	
Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten:		AK	
Aufwandswert Betonieren:		Std/m ³	
Anzahl der AK für Betonierarbeiten:		AK	
Betonförderung :	<input type="checkbox"/> Krankübel	Inhalt:	m ³
	<input type="checkbox"/> Betonpumpe		
	<input type="checkbox"/>		
<hr/>			
Schalungsgrad:		m ² /m ³	
Bewehrungsgrad:		kg/m ³	

12.4 Projektdatenblatt – Marland - Haus 26

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Stefan Bacun

Datum: 22.03.2009

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Wohnbebauung Marlandgründe Haus 26, Mariatrost
Bauherr: Marland Wohnbaugesellschaft m.b.H.
Auftragnehmer: Sterlinger & Co. Baugesellschaft m.b.H.

Ausschreibungsart: Nicht offenes Verfahren
Vertragsart: Leistungsvertrag

Beschreibung des Bauwerks: Wohnungsbau, Stahlbeton, Klima: normal, schlechte Bodentragfähigkeit, deshalb vermehrte Auffüllung mit Magerbeton
(Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)

Standort: 8044 Graz **Seehöhe [m.ü.A.]:** 438,9 m.ü.A.

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw.

Grundstücksfläche:	<u>1797 m²</u>	Baustelleneinrichtungsfaktor:	
Bauwerksgrundrissfläche:	<u>511,6 m²</u>	<small>(BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)</small>	
Baustelleneinrichtungsfläche:	<u>1285 m²</u>		<u>2,51 -</u>

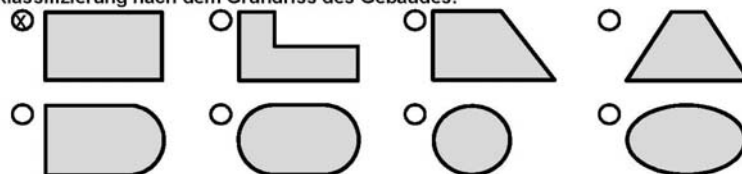
Gebäudeabmessungen:	L= <u>39,6 m</u>	Geschoßanzahl:	<u>3 -</u>
	B= <u>12,6 m</u>	Geschoßhöhe 1:	<u>2,6 m</u>
	H= <u>9,8 m</u>	Geschoßhöhe (2-n):	<u>3 m</u>

Bruttorauminhalt: 2450 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

- | | | |
|---|--|---|
| <input type="radio"/> Büro | <input type="radio"/> Gewerbe und Industrie | <input type="radio"/> Lehre und Forschung |
| <input checked="" type="radio"/> Wohnbauten | <input type="radio"/> Schulen und Kindergärten | <input type="radio"/> Gesundheitswesen |
| <input type="radio"/> Geschäft | <input type="radio"/> Gasthaus/ Hotel | <input type="radio"/> |

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:



Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):

- | | | |
|---|--|---------------------------------|
| <input type="radio"/> Bauzeitplan | <input type="radio"/> Baustelleneinrichtungsplan | <input type="radio"/> Ansichten |
| <input checked="" type="radio"/> Grundriss(e) | <input checked="" type="radio"/> Schnitt(e) | <input type="radio"/> |
| <input type="radio"/> Schalungsplan | <input type="radio"/> Bewehrungsplan | <input type="radio"/> |

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	<u> </u> d	<u> </u> Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	<u> 4 </u> d	<u> </u> Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Pufferzeit - gesamt:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	<u> </u> % der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Baustelleneinrichtung:	<u> 3 </u> d	<u> </u> Mo	
Erdarbeiten:	<u> 15 </u> d	<u> </u> Mo	
Gründung:	<u> 15 </u> d	<u> </u> Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	<u> 85 </u> d	<u> 4 </u> Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	<u> 2 </u> Stk.	<u> 26 </u> m ²
- Magazin:	<u> 1 </u> Stk.	<u> 7 </u> m ²
- Sanitär:	<u> 1 </u> Stk.	<u> 12 </u> m ²
- Bauleitung	<u> 1 </u> Stk.	<u> 14 </u> m ²
- AN:	<u> </u> Stk.	<u> </u> m ²
- AG:	<u> </u> Stk.	<u> </u> m ²

Krane:		Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	<u> Liebherr 35 K </u>	<u> 2 </u> Stk.	<u> 28 </u> tm
	<u> </u>	<u> </u> Stk.	<u> </u> tm
	<u> </u>	<u> </u> Stk.	<u> </u> tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:
- Krananzahl über Arbeitskräfte: Stk.
 - Krananzahl über Kranbelegungswerte: Stk.
 - Krananzahl über Bruttonauminhalt: Stk.
 - Krananzahl über Ausleger : 2 Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl
- <u> </u>	<u> </u> Stk.
- <u> </u>	<u> </u> Stk.
- <u> </u>	<u> </u> Stk.
- <u> </u>	<u> </u> Stk.

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung: 1 AK

Zeit für die Arbeitsvorbereitung: 1 d
% der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regalarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche

Arbeitszeit: 39 h/Wo

Angestellte: Anzahl eigen Sub.
- Bauleiter: 1 AK
- Techniker: AK
- Polier: 1 AK
- _____: AK

Arbeiter: Anzahl eigen Sub.
- Schaler: AK
- Bewehrer: AK
- Betonierer: AK
- Maurer: AK
- _____: AK
- _____: AK

Stammpersonal: %
Ausländeranteil: 0 %
Frauenanteil: %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}): 10 AK/d

Ø - Arbeitsfläche je AK: 51,2 m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}): 18 AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK: 28,4 m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:

- Anlaufphase (D_{AN}): d
% der Bauzeit
- Hauptbauzeit (D_{HP}): d
% der Bauzeit
- Auslaufphase (D_{AUS}): d
% der Bauzeit

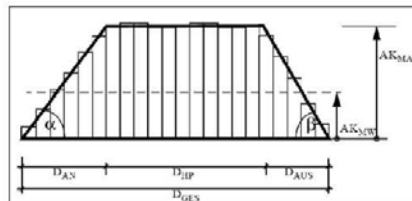


Abb. Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit

MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse: 3
Erdarbeiten: 855 m³
Gründung: m³
Rohbau:
- Schalung: 1700 m²
- Bewehrung: to
- Beton: 520 m³

	Anzahl der Transporte		
	Antransporte	Abtransporte	Gesamt
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

BAUTEILSPEZIFISCHE PROJEKTDATEN

DECKEN

Fertigung: Ortbetondecken Elementdecken Fertigteildecken

Deckenfläche - gesamtes Bauwerk: 1100 m²

Deckenstärke: 0,2 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: Dokaflex 1-2-4

Schalungsfläche Decken - gesamtes Bauwerk: 1100 m²

Vorhaltemenge - Deckenschalung: 750 m²

Vorhaltemengenfaktor - Decke: 1,7 -

Fertigungsrhythmus: d

Schalflächen:

- Regelfläche: 370 m²

- Passfläche: 37 m²

- Aussparungen und Einbauten: 6,6 m²

Geschoßanzahl: 3 -

Anzahl der Abschnitte je Geschoß: 1 -

Abschnittsfläche: m²

Ausschalfrist: 28 d

Aufwandswerte Schalung - Decke:

- Einschalen: Std/m²

- Ausschaln: Std/m²

- Umsetzen: Std/m²

Tägliche Schalungsleistung: m²/d

Anzahl der AK für Schalarbeiten: 4 AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Decke - gesamt: 17 to

Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: 5,6 to

Bewehrungsleistung: to/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: d

Aufandswert Bewehrung: Std/to

Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 4 AK

Betonieren:

Betonmenge Decke - gesamt: 250 m³

Betonmenge je Fertigungsabschnitt: m³

Betonierleistung: m³/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: d

Aufandswert Betonieren: Std/m³

Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 6 AK

Betonförderung : Krankübel Inhalt: m³

Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt: 4,40 m²/m³

Bewehrungsgrad - gesamt: 68,00 kg/m³

Version 3

Seite 4

12.5 Projektdatenblatt – Zankhof - Haus F

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: Wolfgang Gappmaier

Datum: 20.03.2009

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Projekt Zankhof Gösting, Wienerstrasse 264
Bauherr: A & N Planungs- u. Verwaltungs GmbH & Co. KEG.
Auftragnehmer: Sterlinger & Co. Baugesellschaft m.b.H.
Ausschreibungsart: Öffentliche Ausschreibung
Vertragsart: Aufmaß Vertrag
Beschreibung des Bauwerks: Wohnungsbau, Klima: normal
(Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse,...)

Standort: 8051 Graz **Seehöhe [m.ü.A.]:** 359,5 m.ü.A.

Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw.

Grundstücksfläche:	<u>1628 m²</u>	Baustelleneinrichtungsfaktor:	
Bauwerksgrundrissfläche:	<u>1020 m²</u>	<small>(BE-Fläche / Bauwerksgrundrissfläche)</small>	
Baustelleneinrichtungsfäche:	<u>750 m²</u>		<u>0,74 -</u>

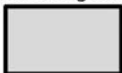







Gebäudeabmessungen:	L= <u>32 m</u>	Geschoßanzahl:	<u>4 -</u>
	B= <u>32 m</u>	Geschoßhöhe 1:	<u>3,4 m</u>
	H= <u>14,2 m</u>	Geschoßhöhe (2-n):	<u>2,7 m</u>

Bruttorauminhalt: 8373 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:

<input type="radio"/> Büro	<input type="radio"/> Gewerbe und Industrie	<input type="radio"/> Lehre und Forschung
<input checked="" type="radio"/> Wohnbauten	<input type="radio"/> Schulen und Kindergärten	<input type="radio"/> Gesundheitswesen
<input type="radio"/> Geschäft	<input type="radio"/> Gasthaus/ Hotel	<input type="radio"/>

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:

<input checked="" type="radio"/> 	<input type="radio"/> 	<input type="radio"/> 	<input type="radio"/> 
<input type="radio"/> 	<input type="radio"/> 	<input type="radio"/> 	<input type="radio"/> 

Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):

<input checked="" type="radio"/> Bauzeitplan	<input type="radio"/> Baustelleneinrichtungsplan	<input type="radio"/> Ansichten
<input checked="" type="radio"/> Grundriss(e)	<input checked="" type="radio"/> Schnitt(e)	<input type="radio"/>
<input type="radio"/> Schalungsplan	<input type="radio"/> Bewehrungsplan	<input type="radio"/>

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	<u> </u> d	<u> </u> Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	<u> </u> d	<u> </u> 3 Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	<u> </u> 155 d	<u> </u> Mo	
Pufferzeit - gesamt:	<u> </u> 30 d	<u> </u> Mo	<u> </u> 0 % der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Baustelleneinrichtung:	<u> </u> 5 d	<u> </u> Mo	
Erdarbeiten:	<u> </u> 6 d	<u> </u> Mo	
Gründung:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	<u> </u> 85 d	<u> </u> 4 Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	<u> </u> d	<u> </u> Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	<u> </u> 1 Stk.	<u> </u> 90 m ²
- Magazin:	<u> </u> 2 Stk.	<u> </u> 13 m ²
- Sanitär:	<u> </u> 2 Stk.	<u> </u> 18 m ²
- Bauleitung	<u> </u> 1 Stk.	<u> </u> 24 m ²
- AN:	<u> </u> Stk.	<u> </u> m ²
- AG:	<u> </u> Stk.	<u> </u> m ²

Krane:		Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	Conducta 3410/11	<u> </u> 1 Stk.	<u> </u> 34 tm
	Liebherr 71 EC	<u> </u> 1 Stk.	<u> </u> 67,5 tm
	Potain HDT 80	<u> </u> 1 Stk.	<u> </u> 70 tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:

- Krananzahl über Arbeitskräfte:	<u> </u> 3 Stk.
- Krananzahl über Kranbelegungswerte:	<u> </u> Stk.
- Krananzahl über Bruttorauminhalt:	<u> </u> Stk.
- _____:	<u> </u> Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl
- _____	<u> </u> Stk.
- _____	<u> </u> Stk.
- _____	<u> </u> Stk.
- _____	<u> </u> Stk.

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung: 1 AK

Zeit für die Arbeitsvorbereitung: 16 d
% der Bauzeit

Arbeitszeitmodell: Regelarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche

Arbeitszeit: 40 h/Wo

Angestellte: Anzahl eigen Sub.
- Bauleiter: 1 AK
- Techniker: 1 AK
- Polier: 1 AK
- Controller: 1 AK

Arbeiter: Anzahl eigen Sub.
- Schaler: AK
- Bewehrter: AK
- Betonierer: AK
- Maurer: AK
- : AK
- : AK

Stammpersonal: %
Ausländeranteil: %
Frauenanteil: %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}): 25 AK/d

Ø - Arbeitsfläche je AK: 40,8 m²/AK

Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}): 30 AK/d

Minimale Arbeitsfläche je AK: 34,0 m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:

- Anlaufphase (D_{AN}): d
% der Bauzeit
- Hauptbauzeit (D_{HP}): d
% der Bauzeit
- Auslaufphase (D_{AUS}): d
% der Bauzeit

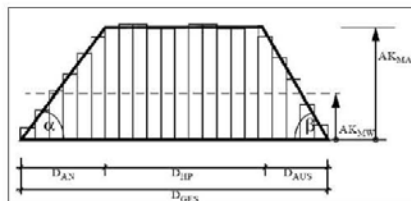


Abb. Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit

MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse: 3
Erdarbeiten: 3100 m³
Gründung: m³
Rohbau:
- Schalung: 2400 m²
- Bewehrung: 38,7 to
- Beton: 500 m³

	Anzahl der Transporte		
	Antransporte	Abtransporte	Gesamt
	-	-	0 -
	-	-	-
	-	-	0 -
	-	-	0 -
	-	-	0 -

Version 3

Seite 3

KENNZAHLEN FÜR STAHLBETONARBEITEN ANWENDUNG BEI HOCHBAUPROJEKTEN

12 Anhang

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement



PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

BAUTEILSPEZIFISCHE PROJEKTDATEN

DECKEN

Fertigung: Ortbetondecken Elementdecken Fertigteildecken

Deckenfläche - gesamtes Bauwerk: 1700 m²

Deckenstärke: 0,2 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: Peri Skydeck

Schalungsfläche Decken - gesamtes Bauwerk: 1700 m²

Vorhaltemenge - Deckenschalung: 750 m²

Vorhaltemengenfaktor - Decke: 3,2 -

Fertigungsrhythmus: d

Schalflächen:

- Regelfläche: 2200 m²

- Passfläche: 200 m²

- Aussparungen und Einbauten: 30 m²

Geschoßanzahl: 4 -

Anzahl der Abschnitte je Geschoß: 1 -

Abschnittsfläche: m²

Ausschalfrist: 28 d

Aufwandswerte Schalung - Decke:

- Einschalen: Std/m²

- Ausschalen: Std/m²

- Umsetzen: Std/m²

Tägliche Schalungsleistung: m²/d

Anzahl der AK für Schalarbeiten: 4 AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Decke - gesamt: 35 to

Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: to

Bewehrungsleistung: to/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: d

Aufandswert Bewehrung: Std/to

Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 4 AK

Betonieren:

Betonmenge Decke - gesamt: 411 m³

Betonmenge je Fertigungsabschnitt: m³

Betonierleistung: m³/d

Dauer je Fertigungsabschnitt: d

Aufandswert Betonieren: Std/m³

Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 5 AK

Betonförderung : Krankübel Inhalt: m³

Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt: 4,14 m²/m³

Bewehrungsgrad - gesamt: 85,16 kg/m³

Version 3

Seite 4