

DIPLOMARBEIT Master Thesis

FERTIGBETONELEMENTE IM HOCHBAU

KOSTENANALYSE MIT BESONDEREM AUGENMERK AUF GRÖSSE, LAGE UND STRUKTUR DES GEBÄUDES

unter der Leitung von

Univ.Prof. DI Dr.techn. Gerald GÖGER

und als verantwortlichen mitwirkenden Assistenten

Univ.Ass. DI Christoph WINKLER

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

von

Lydia Lehner

0825154

Lackengasse 38

7161 St.Andrä am Zicksee

Wien, am 11.03.2017

eigenhändige Unterschrift

Aufgabe einer Ingenieurausbildung muss es also sein, die Fähigkeit zu vermitteln, mit dem eigenen Nichtwissen umzugehen. Voraussetzung hierfür ist die Fähigkeit, mit anderen zusammenzuarbeiten. Daher ist ein neues Verständnis von Führung gerade jetzt so wichtig: Führung heißt dabei weniger, das zu wissen, was man selber kann, sondern, was man mit anderen zusammen besser kann.¹

¹ TU Braunschweig: Zitatsammlung – Zimmerli, 2015.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt meinem betreuenden Professor Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**. Die zahlreichen wirtschaftlichen Vorlesungen haben mein Interesse für den Baubetrieb und die gesamte Bauwirtschaft intensiviert. Es ist mir eine große Ehre, meine Diplomarbeit am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement zu verfassen.

An dieser Stelle möchte ich mich auch recht herzlich bei meinem Betreuer Herrn Dipl.-Ing. **Christoph Winkler** für sein Engagement und hilfreiches Feedback bedanken.

Ein weiteres großes Dankeschön gilt der Firma **STRABAG AG**, meinem Bereichsleiter Herrn Ing. Walter Schmidt und dem Direktionsleiter Herrn Heinz Sumper, für das entgegengebrachte Vertrauen und die Unterstützung, meine Diplomarbeit in Zusammenarbeit erarbeiten zu können. Bei der Firma **MISCHEK Systembau GmbH**, insbesondere Herrn Ing. Josef Neubauer, Herrn Ing. Daniel Doncsecs und allen weiteren Mitarbeitern in Gerasdorf, möchte ich mich für die Hilfe und investierte Zeit besonders bedanken.

Meine **Familie** hat während der gesamten Studienzzeit eine wichtige Rolle für mich gespielt und ist immer für mich da gewesen. Ein großes Dankeschön geht insbesondere an meine **Eltern**, welche mich nicht nur finanziell unterstützt haben, sondern mir immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Abschließend möchte ich mich bei all meinen **Freunden, Freundinnen und Studienkollegen/innen** bedanken, die einen großen Teil dazu beigetragen haben, dass die Studienzzeit eine wunderschöne und unvergessliche Zeit für mich gewesen ist. Ein großes Dankeschön geht auch an **Mag. Ulrike Haas**.

Danke!

Kurzfassung

Die Bauwirtschaft ist ein sehr fortgeschrittener Wirtschaftszweig. Ständige technologische Weiterentwicklungen der Bauverfahren, -techniken und -materialien sind unumgänglich geworden und die Massenproduktion hat – mit der Produktion von Betonfertigteilen – bereits seit Jahrzehnten Einkehr in der Bauindustrie gehalten.

Mit der Entwicklung der Betonfertigteilproduktion in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts können nun Wände, Decken, Säulen und Treppen in Fabriken vorgefertigt werden und dadurch die Arbeitszeit auf der Baustelle verkürzt, der Personalaufwand verringert und die Kosten gesenkt werden. Die Wirtschaftlichkeit derartiger Vorfertigungen ist jedoch von einigen Faktoren abhängig: Individuelle Teile werden durch standardisierte Elemente ersetzt, um größere Mengen wirtschaftlich produzieren zu können. Somit sind Form, Struktur und Architektur eines Bauwerks ausschlaggebend für die rentable Fertigung mittels Fertigteilelementen.

Des Weiteren nehmen Verkehr und Mobilität stets zu und sind wichtige Bestandteile einer wirtschaftlichen Planung. Die Transportkosten machen einen großen Anteil der Bauwerkskosten aus. Daher ist die Transportlogistik ein entscheidender Punkt für den Erfolg eines Bauprojektes. Auch der große Logistikaufwand innerhalb eines Fertigbetonwerkes sollte nicht vernachlässigt werden. Zahlreiche Materialien, welche normalerweise erst auf der Baustelle benötigt werden, müssen zum richtigen Zeitpunkt im Werk vorhanden sein, um das Fertigelement produzieren zu können.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wird das Fertigbetonelement von der Produktion im Fertigteilwerk bis hin zum Einbau auf der Baustelle beleuchtet. Begonnen wird mit den Ausgangsstoffen des einzelnen Elementes, deren Besonderheiten bei der Produktion, der Lagerung und dem Transport bis hin zum Versetzen auf der Baustelle und deren Nachbehandlung. Außerdem wird auf die Logistik im Fertigteilwerk ein besonderes Augenmerk gelegt. Um die Kosten der Fertigbetonelemente, bestehend aus Herstell-, Transport- und Einbaukosten, der unterschiedlichen Gebäudetypen vergleichen zu können, wird ein Kostentool entwickelt. Damit werden die entstehenden Kosten, bezogen auf Lage, Größe und Struktur des Gebäudes, aufgezeigt.

Mit Hilfe des selbst entwickelten Kostentools wird die Forschungsfrage *„Wie sieht die Kostenverteilung eines Bauvorhabens aus Fertigbetonelementen hinsichtlich Herstell-, Transport- und Einbaukosten aus? Sind die Kosten dieser drei Teilbereiche gleichmäßig verteilt und welche Auswirkungen haben Größe, Lage und Struktur sowie weitere Einflüsse auf die Kostenaufteilung?“* Die durchgeführten Projektstudien mittels Kostentool haben ergeben, dass rund 30% der Gesamtkosten auf die Herstellung anfallen, zirka 10% entstehen durch den Transport und der Großteil der Kosten entsteht auf der Baustelle beim Einbau und Versetzen der Fertigelemente. Diese Verteilung ändert sich auf Grund der Lage, Größe und Struktur nicht gravierend. Einflüsse wie Bestellmenge, Vorlaufzeit, Elementgröße, Einarbeitungszeit usw. können jedoch einen sehr großen Einfluss auf die Gesamtkosten und somit auf die Kostenverteilung haben. Die Kosten des Bauvorhabens je Nutzfläche sind sehr von Gebäudenutzung, -typ und Bauweise abhängig und können stark variieren.

Abstract

The building industry is a very fast moving industrial sector. Technological progress and continuous development of construction processes, -techniques and -materials became inevitable and made mass production – together with the fabrication of precast concrete elements – settle already some decades ago in this very sector.

As a result of the development of precast concrete elements during the fifties of the 20th century, walls, ceilings, columns and staircases can now be prefabricated, which reduces the working time on the construction site, staff expenses and costs. However, the economic efficacy of such precast units is dependent on the following factors:

Individual components are replaced by standardized ones in order to produce higher amounts in an economically profitable way. This leads to the fact that form, structure and architecture of a building are crucial for the viability of the assembly via precast concrete elements.

Furthermore, traffic and mobility are steadily increasing and are important components of profitable planning. The transport costs make up a great part of the whole construction costs, which indicates that the transport logistic is of vital importance for the success of each building project. In addition, the high logistical efforts within a precast concrete factory should not be neglected. Lots of materials, which normally are not needed until work starts at the construction site, have to be present in the factory at the right time for the production of the precast components in advance.

In the course of this diploma thesis, the journey of precast concrete elements is examined from their production in the precast factory to their inset at the construction site. First of all, the raw materials of the single elements are described, with all their special features, their storage and their transport up to putting them in place at the construction site and sealing. Another big chapter deals with the logistics within a precast element factory. In order to compare the different costs of precast concrete elements for different building types – composed out of production-, transport- and installation costs – a cost tool is being developed, which helps to show the evolving expenses with regards to size, site and structure of a building.

With the help of this self-developed cost tool, the research question *“What does the cost distribution of a building project with precast concrete elements concerning production, transport and installation costs look like? Are the expenses of these three parts equally distributed and what effects do size, location, structure and other influences have on the cost distribution?”* is being answered.

The results of the conducted project studies are that approximately 30% of the whole costs are used for the production, 10% for the transport and the majority arises on the construction site during installation of the precast elements. The distribution does not vary significantly due to location, size and structure, but parameters like ordered quantities, lead-time, element size, period of vocational adjustment and so on may have a large impact on the overall costs and therefore on the cost distribution. The costs per effective area of the construction project are dependent on the use of the building, its type and construction method and may vary a lot.

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	II
KURZFASSUNG	III
ABSTRACT	IV
INHALTSVERZEICHNIS	V
1 EINLEITUNG	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
2 DAS FERTIGBETONELEMENT	3
2.1 Geschichte	3
2.2 Statistik	3
2.3 Beton und seine Ausgangsstoffe	5
2.3.1 Begriffsbestimmung	5
2.3.2 Klasseneinteilung nach ÖNORM B 4710-1	7
2.3.3 Zement.....	10
2.3.4 Zugabewasser	11
2.3.5 Gesteinskörnungen (Zuschlag)	12
2.3.6 Zusatzstoffe	12
2.3.7 Zusatzmittel	12
2.4 Fertigbetonelemente	12
2.4.1 Vollfertigelemente	12
2.4.2 Halbfertigelemente.....	13
2.5 Verbindung von Fertigbetonelementen.....	14
2.5.1 Transportanker	14
2.5.2 Einbetonierte Verankerungen im Bauwerk.....	16
2.5.3 Nachträglich einzubauende Verankerungen	17
2.6 Vor- und Nachteile der Fertigbetonelemente	17
3 IM FERTIGTEILWERK	20
3.1 Fertigungsabschnitte	20
3.2 Arbeitsvorbereitung und Vorprodukte	21
3.3 Herstellung der Fertigteile	21
3.3.1 Herstellung der Schalung	22
3.3.2 Vorbereitung der Bewehrung.....	22
3.3.3 Einlegearbeiten.....	22
3.3.4 Betonierarbeiten	22
3.3.5 Betonverdichtung	22
3.3.6 Betonerhärtung	23
3.3.7 Ausschalung	23
3.3.8 Nachbearbeitung	23
3.3.9 Ausbaumaßnahmen	23
3.4 Fertigteilwerk in Gerasdorf	23
3.4.1 Umlaufanlage 1	24
3.4.2 Umlaufanlage 2.....	25
3.4.3 Standwerk	26
3.4.4 Nummerncode der Elemente.....	26
3.4.5 Zahlen und Fakten der Produktion	27
3.4.6 Geometrische Abmessungen der Fertigteile	27
3.5 Grundlagen der Logistik	28
3.5.1 Beschaffungslogistik	28

3.5.2	Produktionslogistik.....	29
3.5.3	Entsorgungslogistik.....	29
3.6	Logistiksystem im Fertigteilwerk.....	29
3.6.1	Logistikprogramm – GESYS.....	29
3.6.2	Logistikablauf der Firma Mischek Systembau GmbH	33
3.6.3	Ablaufdiagramm der Fertigteilproduktion.....	34
3.6.4	Verladung der Fertigteile	36
4	AUF DEM WEG ZUR BAUSTELLE.....	39
4.1	Definition – Transport.....	39
4.1.1	Transportkette.....	39
4.2	Vorschriften für Transporte.....	40
4.2.1	Österreichisches Kraftfahrzeuggesetz 1967	40
4.2.2	Sondertransporte	42
4.3	Transport von Fertigteilen	46
4.4	Abladen von Fertigteilen.....	46
4.4.1	Arbeiten auf oder neben Straßen	47
4.4.2	Kurzfristige Halteverbotszone.....	47
4.4.3	Fallweise Halteverbotszone	47
4.4.4	Baustofflagerungen.....	48
5	AUF DER BAUSTELLE.....	49
5.1	Baustelleneinrichtungsplanung.....	49
5.2	Lagerflächen	50
5.2.1	Lagerbedingungen für Fertigbetonelemente	50
5.2.2	Größe von Lagerflächen	51
5.3	Hebezeuge.....	51
5.3.1	Turmdrehkrane	51
5.3.2	Fahrzeugkrane.....	54
5.4	Montage der Fertigteile	55
5.4.1	VÖB-Richtlinien	56
5.4.2	Montageanleitung für Doppelwände	56
5.4.3	Montageanleitung für Elementdecken	59
5.5	Betonieren.....	60
5.5.1	Betonverarbeitung	61
5.5.2	Verdichten von Beton	61
5.5.3	Nachbehandlungsarbeiten.....	61
5.6	Arbeitssicherheit.....	62
6	BASISDATEN FÜR DAS KOSTENTOOL	63
6.1	Grundlagen der Kostenrechnung	63
6.1.1	Kosten vs. Preis.....	64
6.1.2	Fixe und variable Kosten	64
6.1.3	Einzelkosten und Gemeinkosten	66
6.1.4	Vollkostenrechnung und Teilkostenrechnung	66
6.2	Die Kalkulation	68
6.2.1	Die Stufen der Kalkulation	68
6.2.2	Aufwandswert vs. Leistungswert	69
6.3	Kalkulationsgrundlagen der Teilbereiche.....	69
6.3.1	Kostenverteilung	70
6.3.2	Kalkulation anhand von Beispielen.....	73
6.3.3	Einflüsse auf die Kosten	82
6.4	Projektstudie	89
6.4.1	Begriffsdefinitionen	89
6.4.2	Bebauungsbestimmungen	90

6.4.3	Wohnhausanlage Wien.....	91
6.4.4	Wohnhausanlage Gols	92
6.4.5	Einfamilienhaus Gols	93
6.4.6	Wirtschaftshalle Gols	94
6.4.7	Vergleich der Bauvorhaben	94
7	KOSTENTOOL.....	96
7.1	Grundlagen des Kostentools	96
7.1.1	Auswahl der Einflussfaktoren	97
7.2	Tabellenblätter	98
7.2.1	Eingabeblatt.....	98
7.2.2	Mengenblatt	100
7.2.3	Ausgabeblatt.....	100
7.2.4	Kostenblätter.....	101
7.2.5	Listenblatt	102
7.3	Ergebnisse	103
7.3.1	Kostenveränderung hinsichtlich des Transportweges	103
7.3.2	Kostenveränderung auf Basis der Größe des Bauwerks	104
7.3.3	Kostenentwicklung hinsichtlich Struktur, Form und Gestalt des Gebäudes.....	105
7.3.4	Kostenentwicklung anhand von Einflussvariationen	107
7.4	Resümee der berechneten Kennzahlen	108
8	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	109
8.1	Ausblick	110
9	LITERATURVERZEICHNIS.....	111
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	115
11	TABELLENVERZEICHNIS.....	117
12	ANHANG.....	118

1 Einleitung

„Beton ist der am häufigsten verwendete Bau- und Werkstoff der Gegenwart und wie kein anderes Material dazu geeignet, Visionen zu realisieren und Emotionen zu wecken. Vom ersten Bundespräsidenten der Bundesrepublik Deutschland, Theodor Heuss, wurde Beton einmal als „der Baustoff unseres Jahrhunderts“ bezeichnet. Und wir können heute hinzufügen, dass Beton nicht nur der Baustoff des 20. Jahrhunderts war, sondern mit Sicherheit auch der Baustoff des 21. Jahrhunderts sein wird.“²

1.1 Motivation

Die Bauwirtschaft ist wie viele andere Branchen ein schnelllebiger Industriezweig mit ständigen Fortschritten und Weiterentwicklungen. Der Beton ist auf Grund seines günstigen Preis-Leistungs-Verhältnisses bereits seit Entwicklung des Zements im Jahr 1843 der wichtigste Baustoff der Baubranche.³

Zeit und Geld nehmen in der heutigen Gesellschaft einen sehr wichtigen Stellenwert ein. Deswegen ist die Vorfertigung durch die Betonfertigteilproduktion ein wesentlicher Bereich der Bauwirtschaft worden. Hierbei werden sämtliche Betonelemente bereits im Fertigteilwerk produziert, mit Stahl bewehrt, gegebenenfalls mit Wärmedämmung ausgestattet, zur Baustelle transportiert und anschließend am endgültigen Platz versetzt. Diese Bauweise hat zahlreiche Vorteile, aber auch die Nachteile müssen berücksichtigt werden: Die Betonfertigteilproduktion führt zu einem erhöhten Koordinationsaufwand zwischen den Planungsorganen, dem Fertigteilwerk und der Baustelle und zu einer großen logistischen Herausforderung im Werk, auf dem Weg zur Baustelle und auf der Baustelle selbst. Sämtliche Materialien zur Betonherstellung wie Schalung, Bewehrung, Dämmstoff und vieles mehr müssen im Fertigteilwerk gelagert und zum richtigen Zeitpunkt vorhanden sein, um die richtigen Elemente vorproduzieren zu können. Dieser Materialbeschaffungsprozess wird von der Baustelle in das Fertigteilwerk verlagert, da das Produkt bereits (halb-)fertig zum Bauvorhaben gebracht und anschließend versetzt wird.

Nicht nur innerhalb des Fertigteilwerkes müssen zahlreiche logistische Hindernisse überwunden werden, auch die unterschiedlichsten Vorschriften für Sondertransporte, welche sich von Bundesland zu Bundesland unterscheiden, erschweren die Logistik.

Auf Grund der Fertigbetonbauweise verändern sich auf der Baustelle zahlreiche Arbeitsschritte sowie der Bedarf an Lagerflächen, Personal und Zeit variiert. Das Versetzen von Fertigelementen bedarf eines geringeren Zeit- beziehungsweise Personalaufwandes und geringerer Lagerflächen auf der Baustelle, da weniger Materialien direkt vor Ort benötigt werden als bei der Ortbetonbauweise. Dies führt vielfach zu geringeren Baustellengemeinkosten, welche sich positiv auf den Baustellenerfolg auswirken können.

Nicht nur die Bauweise selbst wirkt sich erheblich auf die Baustellenkosten aus: Die Entfernung des Bauprojektes zum Fertigteilwerk senkt beziehungsweise hebt die Transportkosten. Die Größe des Gebäudes kann, genauso wie Struktur, Architektur, Form und Gestalt

² Stark J. et. al.: Dauerhaftigkeit von Beton, 2013, S. V.

³ Vgl. Stark J. et. al.: Dauerhaftigkeit von Beton, 2013, S. V.

des Gebäudes, Einfluss auf die Herstellkosten haben. Diese Faktoren werden in dieser Diplomarbeit betrachtet und analysiert.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Im Zuge dieser Diplomarbeit werden die Tätigkeiten, welche mit der Fertigteilbauweise verbunden sind, Schritt für Schritt begleitet und beleuchtet. Begonnen wird mit dem **Fertigbetonelement** selbst. In diesem Kapitel werden die Geschichte der Betonfertigteilproduktion, deren Ausgangsstoffe, diverse Fertigbetonelemente inklusive deren Verbindungstechniken sowie die Vor- und Nachteile dieser Bauweise beschrieben.

Anschließend wird auf die anstehenden Arbeitsschritte **in einem Fertigteilwerk** eingegangen. Als Beispielwerk wird das Fertigteilwerk der Firma Mischek Systembau GmbH in Gerasdorf herangezogen. Zunächst werden die notwendigen Planungs- und Arbeitsvorbereitungen behandelt. Danach wird die Herstellung der einzelnen Fertigteile Schritt für Schritt beschrieben sowie die Grenzen und Zahlen der Produktionsstätte zusammengefasst. Der erhöhte Logistikaufwand im Fertigteilwerk stellt eine besondere Herausforderung dar. Das im Mischek-Werk eingesetzte Logistikprogramm sowie der Logistikablauf werden anschließend kurz behandelt.

Im vierten Kapitel, „**Auf dem Weg zur Baustelle**“, wird näher auf den Transport, die Vorschriften aufgrund des Österreichischen Kraftfahrzeuggesetzes und auf die Vorschriften von Sondertransporten eingegangen. Zusätzlich werden die Besonderheiten beim Transport und beim Abladen von Fertigteilen beschrieben.

Im fünften Kapitel werden Besonderheiten **auf der Baustelle**, wie etwa die Baustelleneinrichtung inklusive Lagerflächen und benötigter Hebezeuge, behandelt. Anschließend werden Montageanleitungen für Fertigteile des Verbandes Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke für das Versetzen von Fertigelementen, das anschließende Betonieren und die Nachbehandlungsarbeiten zusammengefasst. Ein wichtiger Punkt in diesem Kapitel ist auch die Arbeitssicherheit bei der Fertigteilmontage.

Im sechsten Kapitel werden die **Basisdaten für das Kostentool** erarbeitet. Zu Beginn werden die Grundlagen der Kalkulation erläutert und dargestellt. Anschließend werden die Kosten der Produktion, des Transportes sowie des Einbaues von Betonfertigteilen sowie mögliche Kosteneinflüsse ausgearbeitet. Die für das Kostentool geplanten Projekte, deren Lage, Struktur, Form, Gestalt und Größe sowie deren Gebäudekennzahlen werden ebenfalls erläutert.

Ein besonderer Schwerpunkt wird auf das abschließende siebente Kapitel gelegt, in dem die Basisdaten vom Vorkapitel in ein **Kostentool** eingearbeitet werden. Dabei wird die Forschungsfrage *„Wie sieht die Kostenverteilung eines Bauvorhabens aus Fertigbetonelementen hinsichtlich Herstell-, Transport- und Einbaukosten aus? Sind die Kosten dieser drei Teilbereiche gleichmäßig verteilt und welche Auswirkungen haben Größe, Lage und Struktur sowie weitere Einflüsse auf die Kostenaufteilung?“* untersucht und beantwortet. Die Kosten von drei unterschiedlichen frei geplanten Projekten werden ermittelt, in Herstell-, Transport- und Einbaukosten aufgeteilt und anschließend die Auswirkungen der einzelnen Faktoren auf die Gesamtkosten veranschaulicht.

2 Das Fertigbetonelement

In diesem Kapitel wird das Fertigbetonelement selbst Schritt für Schritt betrachtet. Begonnen wird mit der Geschichte des Betones beziehungsweise der Entstehung und Entwicklung des Fertigbetonelementes. Anschließend werden der Werkstoff Beton und dessen Ausgangsstoffe genauer beschrieben. Die unterschiedlichen Fertigbetonelemente und deren Verbindungsmöglichkeiten werden ebenfalls in diesem Kapitel behandelt. Abschließend werden die Vor- und Nachteile des Fertigteilbaus gegenübergestellt.

2.1 Geschichte

Die Entwicklung des Betones beziehungsweise die erste Verwendung von Mörtel als Bindemittel liegt weit zurück, etwa vor 14.000 Jahren in der heutigen Türkei. Bereits vor 3.000 Jahren mischen die Phönizier den Mörtel mit vulkanischem Gestein, um das Material sogar unter Wasser aushärten zu können. Im 1. Jahrhundert n. Chr. wird im damaligen Römischen Reich erstmals Mörtel mit Steinbrocken in einer Schalung gehärtet. Dieser Römische Beton, heute bekannt als „Opus Caementitium“, ist das Markenzeichen der späteren römisch-kaiserlichen Architektur. Das in Vergessenheit geratene und um 1700 wiederentdeckte Baumaterial wird durch ständige Weiterentwicklungen schließlich zum Baustoff unserer Zeit. Um Gebäude schneller und kostengünstiger bauen zu können, wird Anfang der 50er Jahre des 20. Jahrhunderts das Betonfertigteil entwickelt. Schnell und einfach können Wände, Decken, Balken und Treppen produziert werden. Im Hochbau werden vorerst hauptsächlich Typenbauten wie Industrie- und Lagerhallen, Bürogebäude, Krankenhäuser, Schulen oder Einkaufszentren aus vorgefertigten Elementen erbaut. *„Repräsentationsbauten [...] sowie anspruchsvolle Ein- und Mehrfamilienhäuser sind für den Bau mit vorgefertigten Elementen weniger geeignet“*.^{4,5,6}

Durch ständige Weiterentwicklungen und Qualitätsfortschritte konnte die Produktion von Betonfertigelementen verbessert und wettbewerbsfähig gemacht werden. Anfängliche Kritiken an den „brutalen“ Betonbauten, vermehrt in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts, konnten mittlerweile überwunden werden, sodass die Vorfertigung der Betonfertigteile aus der Bauwirtschaft nicht mehr wegzudenken ist.

2.2 Statistik

Während Fertigbetonelemente im Tief- und Tunnelbau sowie im Wohnungsbau heutzutage üblich und beinahe unumgänglich sind, ist der Einsatz für Privatbauten und Einfamilienhäuser noch eher unüblich. Laut einer Untersuchung des Informations-Zentrums Beton aus dem Jahr 2002 beträgt der Fertigteilanteil von Wand- und Deckenelementen im Eigenheim-

⁴ Vgl. InformationsZentrum Beton GmbH: Beton, 2016.

⁵ Vgl. Prilhofer Consulting GmbH & Co. KG: Prilhofer, 2016.

⁶ Bauer H.: Baubetrieb, 2007, S. 393.

bau lediglich 14%, bei Mehrfamilienhäusern 17%, während bereits 32% der Betriebsgebäude mittels Fertigelementen erbaut werden. Aktuellere vergleichbare Statistiken sind derzeit leider nicht bekannt.⁷

Um die Entwicklung des Fertigelementanteiles in der Baubranche veranschaulichen zu können, wird an dieser Stelle die Entwicklung des Bauindizes den Produktionsmengen von vorgefertigten Bauelementen und Gebäuden gegenübergestellt. Sämtliche Zahlen stammen aus Berichten und Tabellen der Statistik Austria.

Tabelle 1 fasst den Produktionsindex Bau sowie die Gesamtmengen und -werte von vorgefertigten Bauelementen aus Zement, Beton oder Kunststein aus den Jahren 2006 bis 2014 zusammen. Der Produktionsindex gibt die Produktionsleistung der gesamten Baubranche als Verhältnis der Produktionsmenge des Berichtsjahres zum Basisjahr 2010 wieder. Die Zahlenwerte der vorgefertigten Bauelemente beinhalten die Produktionsleistung sowohl für den Absatz als auch für unternehmensinterne Zwecke. Um die Werte miteinander vergleichbar zu machen, wird das Jahr 2010 einheitlich als Basisjahr ausgewählt und daher mit dem Indexwert 100,0 bewertet.

Jahr	Produktionsindex Bau	23.61.12. Vorgefertigte Bauelemente aus Zement, Beton oder Kunststein			
	Index [-]	Gesamtmenge [t]	Index [-]	Gesamtwert [1.000 EUR]	Index [-]
2006	102,9	1.290.130	99,4	264.070	99,5
2007	106,9	1.297.569	99,9	247.942	93,4
2008	106,1	1.437.828	110,7	292.179	110,1
2009	104,2	1.259.661	97,0	260.861	98,3
2010	100,0	1.298.455	100,0	265.386	100,0
2011	102,0	1.286.817	99,1	274.490	103,4
2012	105,5	1.187.987	91,5	252.075	95,0
2013	105,9	1.166.536	89,8	239.186	90,1
2014	104,0	1.239.966	95,5	264.437	99,6

Tabelle 1: Entwicklung des Produktionsindex, der Mengen und Werte von vorgefertigten Bauelementen der Jahre 2006 bis 2014⁸

In *Abbildung 1* werden die Zahlen der oben angeführten Tabelle grafisch dargestellt. Die grüne Linie stellt den Produktionsindex dar, mit dem Jahr 2010 als Basisjahr (Wert = 100). Die dunkelblauen Balken geben die produzierte Menge der Fertigelemente wieder, wobei auch hier das Jahr 2010 als Basiswert angenommen wird. Die hellblauen Balken stellen den Produktionsindex der vorgefertigten Elemente dar.

⁷ Vgl. Bauer H.: Baubetrieb, 2007, S. 394.

⁸ Statistik Austria: Statistiken, Tabellen und Publikationen, 2016.

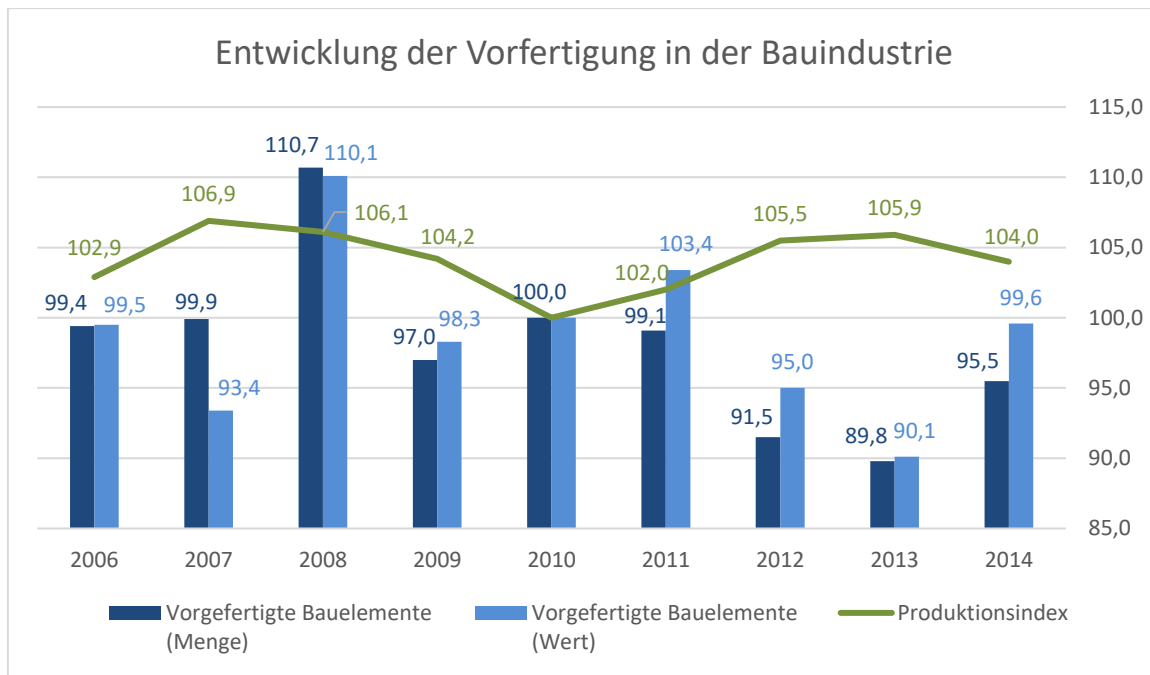


Abbildung 1: Entwicklung der Vorfertigung in der Bauindustrie

2.3 Beton und seine Ausgangsstoffe

Für die Herstellung von Beton gibt es zahlreiche Vorschriften wie ÖNORM B 4710-1 sowie einige Richtlinien und Merkblätter der Österreichischen Bautechnik Vereinigung (ÖBV).

2.3.1 Begriffsbestimmung

Im Allgemeinen ist Beton ein 3-Stoff-Gemisch aus Zement als Bindemittel, Wasser und groben sowie feinen Gesteinskörnungen. Durch die stetige Weiterentwicklung dieses Baustoffes wurden immer mehr Bestandteile hinzugefügt und so kann Beton heute als 5-Stoff-Gemisch aus Zement, Wasser, Gesteinskörnungen, Zusatzstoffen und Zusatzmitteln gesehen werden. Sowohl Zusatzstoffe als auch Zusatzmittel dienen der technologischen und wirtschaftlichen Optimierung des Betones. Die unterschiedlichsten Zusätze, Mischverhältnisse und Zusammensetzungen können verschiedenste Eigenschaften hervorrufen oder, wenn gewünscht, unterdrücken.⁹

In *Tabelle 2* werden die unterschiedlichsten Betone je nach Rohdichte, Erhärtungszustand, Ort der Herstellung und Bewehrung aufgelistet und kurz beschrieben. Zahlreiche Sonderbetone mit diversen Eigenschaften können ebenfalls hergestellt werden. Aufgrund der Vielzahl an Betonen dient *Tabelle 2* lediglich als Übersicht der gebräuchlichsten Betonbegrifflichkeiten.

⁹ Vgl. Zilch K., et. al.: Handbuch für Bauingenieure, 2012, S. 988.

	Begriff	Erläuterung
Rohdichte	Beton (Normalbeton)	Gemisch aus Zement, Wasser und Zuschlag Trockenrohddichte zw. 2,0–2,8 kg/dm ³ .
	Leichtbeton	Gemisch aus Zement, Wasser und Leichtzuschlag Trockendichte ≤ 2,0 kg/dm ³ .
	Schwerbeton	Gemisch aus Zement, Wasser und Schwerzuschlag Trockendichte > 2,8 kg/dm ³ .
Erhärtungszustand	Frischbeton	Beton, solange er verarbeitbar ist.
	Grüner Beton	Beton, unmittelbar nach dem Verarbeiten, ohne dass Erhärtung eingesetzt hat. (vor dem Erstarren)
	Junger Beton	Erhärtender Beton, der nicht mehr verarbeitbar ist. (nach dem Erstarren)
	Festbeton	Beton, der erhärtet ist.
Ort der Herstellung	Baustellenbeton	Beton, dessen Bestandteile auf der Baustelle zugegeben und gemischt werden.
	Transportbeton	Beton, dessen Bestandteile außerhalb der Baustelle gemischt werden und der auf der Baustelle einbaufertig übergeben wird.
	Ortbeton	Beton, der als Frischbeton in Bauteile in ihrer endgültigen Lage eingebracht wird und dort erhärtet.
	Betonfertigteil	Beton, der als erhärtetes Bauteil eingebaut wird.
Bewehrung	Stahlbeton	Verbundbaustoff aus Stahl und Beton. Das Zusammenwirken von Stahl und Beton ermöglicht die Aufnahme von Schnittgrößen.
	Spannbeton	Bewehrter Beton, dessen Bewehrung aus Betonstahl und Spannstahl besteht. Der vorgespannte Spannstahl verhindert schädliche Risse durch Zug- und Biegekräfte.
Sonderbetone	Faserbeton	Beton, mit Stahl-, Glas- oder Kunststofffasern. Das Ziel ist, definierte mechanische Eigenschaften für spezielle Anforderungen zu erhalten.
	Fließbeton	Beton mit gutem Fließ- und Zusammenhaltevermögen, dessen Konsistenz durch Fließmittel eingestellt wird.
	Hochleistungs- beton	Beton, der weitere über die Festigkeit und besonderen Eigenschaften hinausgehende Anforderungen erfüllt.
	Sichtbeton	Beton, dessen Ansichtsflächen gestalterische Funktionen erfüllen und ein vorbestimmtes Aussehen haben.

Tabelle 2: Begriffsdefinitionen verschiedener Betone¹⁰¹⁰ Vgl. Bayer E., et. al.: Beton-Praxis, 1999, S. 11f.

2.3.2 Klasseneinteilung nach ÖNORM B 4710-1

Die ÖNORM B 4710-1 ist eine nationale Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 und sorgt für eine einheitliche Klassifizierung des Betons. Eine einheitliche Betonbezeichnung ist unumgänglich. Die Betonsortenbezeichnung setzt sich immer aus dem Buchstaben „C“ für concrete (engl.) und folgenden weiteren Punkten zusammen:¹¹

- Festigkeitsklasse
- Expositionsklasse (Umweltklassen)
- Betonart (Zusätzliche Bezeichnung)
- Zementart
- Konsistenzklasse
- Größtkorn

Druckfestigkeitsklassen

In der folgenden *Tabelle 3* wird Beton nach seiner Druckfestigkeit in Klassen eingeteilt. Diese Unterteilung gilt für Normal- und Schwerbeton. Unterschieden wird nach der charakteristischen Festigkeit von Zylindern ($f_{ck,cyl}$) und Würfeln ($f_{ck,cube}$) nach 28 Tagen.

Druckfestigkeitsklasse	Charakteristische Druckfestigkeit von Zylindern $f_{ck,cyl}$ mindestens	Charakteristische Druckfestigkeit von Würfeln $f_{ck,cube}$ mindestens
	N/mm ²	N/mm ²
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Tabelle 3: Druckfestigkeitsklassen für Normal- und Schwerbeton¹²

Expositionsklassen (Umweltklassen)

Einwirkungen der Umgebung, wie etwa chemische oder physikalische Einflüsse, welche nicht in Zahlenwerten berücksichtigt werden können, werden in Expositionsklassen eingeteilt. Die Beachtung einer ausgewählten Expositionsklasse schließt jedoch weitere Schutzmaßnahmen nicht aus. Der Beton kann mehr als einer Einwirkung ausgesetzt sein.

- X0 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko
- XC Korrosionsrisiko ausgelöst durch Karbonatisierung
- XD Korrosionsrisiko ausgelöst durch Chloride
- XF Frostangriffsrisiko
- XA Risiko eines chemischen Angriffs
- XM Verschleißbeanspruchung

¹¹ ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 26ff.

¹² Vgl. ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 34f.

Die zusätzliche Zahl hinter einer Bezeichnung stellt die Intensität der Einwirkung dar. Hierbei kann beispielsweise das Korrosionsrisiko ausgelöst durch Chloride in folgende Abstufungen unterteilt werden:

- XD1 mäßige Feuchte
- XD2 nass, selten trocken
- XD3 wechselnd nass und trocken

Betonart (Zusätzliche Bezeichnung)

Bei den Betonarten gibt es folgende Abkürzungen und Bezeichnungen:

- UB1, UB2 Unterwasserbeton
- PB Pumpbeton
- SB Sichtbeton
- SCC Selbstverdichtender Beton

Zementart

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel und wird in der ÖNORM EN 197-1 geregelt. Die Vielzahl der unterschiedlichen Zementarten wird in *Kapitel 2.3.3* behandelt.

Konsistenzklassen

Die Konsistenz von Beton ist ausschlaggebend für seine Verarbeitung und kann ebenfalls in Klassen eingeteilt werden. Die ÖNORM B 4710-1 sieht als Regelkonsistenz F45 vor, eine abweichende Konsistenz muss angegeben werden. Bei den Konsistenzklassen kann außerdem nach dem Verdichtungsmaß und dem Ausbreitungsmaß unterschieden werden. Die Ermittlung des Verdichtungsmaßes ist in der ÖNORM EN 12350-4 Prüfung von Frischbeton geregelt und der Vorgang genau beschrieben: Der Frischbeton wird unverdichtet in einen Behälter gegeben und anschließend am Rand des Behälters bündig abgestrichen. Nach der Verdichtung mittels Vibration wird nun der Abstand zwischen der Oberfläche des verdichteten Betons und des Behälters gemessen. Das Verdichtungsmaß c wird folgendermaßen berechnet:

$$c = \frac{h}{h - s}$$

c ... Verdichtungsmaß [-]

h ... Höhe des Behälters [mm]

s ... Abstand zwischen verdichteter Oberfläche und Behälteroberfläche [mm]

Ist das Verdichtungsmaß kleiner als 1,04 oder größer als 1,46, so ist die Betonkonsistenz für die Prüfung nicht geeignet.¹³

¹³ Vgl. ÖNORM EN 12350-4: Prüfung von Frischbeton, 2009, S. 5., 7.

In *Tabelle 4* werden die diversen Verdichtungsmaßklassen von C0 bis C4 dargestellt.

Klasse	Verdichtungsmaß	Beschreibung
C0	mindestens 1,46	sehr steif
C1	1,45 bis 1,26	steif
C2	1,25 bis 1,11	steif plastisch
C3 ^a	1,10 bis 1,04	—
C4 ^a	unter 1,04	—

^a in Österreich nicht relevant

Tabelle 4: Verdichtungsmaßklassen¹⁴

In *Tabelle 5* werden die Ausbreitmaßklassen von F1 bis F6 beziehungsweise F38 bis F73 zusammengefasst. Diese sind jeweils auf 10 mm gerundet.

Klasse	Klassenbezeichnung in Österreich	Ausbreitmaß (Durchmesser)	Beschreibung
		mm	
F1 ^a	—	≤ 340	—
F2	F38	350 bis 410	plastisch
F3	F45	420 bis 480	weich
F4	F52	490 bis 550	sehr weich
F5	F59	560 bis 620	fließfähig
F6 ^a	—	≥ 630	—
	F66	630 bis 690	sehr fließfähig
	F73	700 bis 760	extrem fließfähig

^a in Österreich nicht relevant

Tabelle 5: Ausbreitmaßklassen¹⁵

Größtkorn

Die Nennung des Größtkorns, der größten Fraktion im Beton (D_{max}), wird in der ÖNORM EN 12620 geregelt und ist ein fixer Bestandteil der Betonsortenbezeichnung. Die Bezeichnung der Gesteinskörnung setzt sich aus der unteren (d) und der oberen (D) Siebgröße, ausgedrückt als d/D , zusammen. Laut Norm darf der Siebdurchgang maximal 10% der Masse betragen. In Österreich setzt sich die Bezeichnung jedoch aus dem Symbol GK und der Maßzahl D_{max} nach der ÖNORM zusammen (Beispiel: $GK 32$).¹⁶

In *Tabelle 6* sind die Siebgrößen der Korngruppen zusammengefasst. Die Bezeichnung setzt sich entweder aus dem Wert des Grundsiebsatzes, des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 1 oder des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 zusammen. Hierbei darf das Verhältnis D/d jedoch nicht kleiner als 1,4 sein.

¹⁴ ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 31.

¹⁵ ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 32.

¹⁶ Vgl. ÖNORM EN 12620: Gesteinskörnungen für Beton, 2014, S. 8f.

Grundsiebsatz mm	Grundsiebsatz plus Ergänzungs- siebsatz 1 mm	Grundsiebsatz plus Ergänzungs- siebsatz 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
—	5,6 (5)	—
—	—	6,3 (6)
8	8	8
—	—	10
—	11,2 (11)	—
—	—	12,5 (12)
—	—	14
16	16	16
—	—	20
—	22,4 (22)	—
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
—	—	40
—	45	—
63	63	63

ANMERKUNG Die in Klammern gesetzten gerundeten Größen können zur vereinfachten Bezeichnung der Korngruppen verwendet werden.

Tabelle 6: Siebgrößen zur Bezeichnung von Korngruppen¹⁷

Betonsortenbezeichnung – Beispiel

Ein Beispiel für eine Betonsortenbezeichnung könnte folgendermaßen lauten:

C 20/25 / XD2 / PB CEM II/A-S 42,5 R WT42 F 45 GK 32

- C Beton
- 20 Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit mindestens 20 N/mm²
- 25 Charakteristische Würfeldruckfestigkeit mindestens 25 N/mm²
- XD Expositionsklasse: Korrosionsrisiko ausgelöst durch Chloride
- XD2 Expositionsklasse: Schwimmbäder; Beton, der chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt ist
- PB Pumpbeton
- CEM Zementart (siehe *Kapitel 2.3.3*)
- F 45 Ausbreitmaß 420–480 mm (weich)
- GK 32 Größtkorn: Obere Siebgröße 32 mm

2.3.3 Zement

Nach der ÖNORM EN 197-1 ist Zement ein „*hydraulisches Bindemittel, d. h. ein fein gemahlener anorganischer Stoff, der, mit Wasser gemischt, Zementleim ergibt, welcher durch Hydratation erstarrt und erhärtet*“¹⁸. In der Norm wird Zement als CEM-Zement bezeichnet.

1824 kann als Geburtsjahr des Portlandzementes angesehen werden, als der Engländer Joseph Aspdin das Patent zur „*Verbesserung in der Herstellung künstlicher Steine*“ anmeldet und sein Produkt als Portlandzement bezeichnet. Im Jahr 1878 erscheint die erste Norm mit Vorschriften zur einheitlichen Lieferung und Prüfung von Zement.¹⁹

¹⁷ ÖNORM EN 12620: Gesteinskörnungen für Beton, 2014, S. 9.

¹⁸ ÖNORM EN 197-1: Zement, 2011, S. 10.

¹⁹ Vgl. Stark J., et. al.: Dauerhaftigkeit von Beton, 2013, S. 27.

Die unterschiedlichen Zementsorten werden nach folgendem Schema bezeichnet:

CEM II/A-S 42,5 R WT42

CEM	Zement
II	Typ II (Portlandkompositzement)
A	Zumahlstoffe 6–20%
S	Art der Zumahlstoffe
42,5	Festigkeitsklasse 42,5 N/mm ²
R	Festigkeitsentwicklung
WT42	besondere Eigenschaften (begrenzte frühzeitige Wärmeentwicklung)

Hauptbestandteile / Zumahlstoffe von Zement

Der Hauptbestandteil jedes Zementes ist der Portlandzementklinker, beim Portlandzement beträgt sein Anteil sogar 95–100%. Der Portlandzementklinker ist ein hydraulischer Stoff aus Calciumsilikaten. Er wird durch Mahlen und Brennen von Kalkstein, Kreide oder Ton hergestellt. Mit den Buchstaben A, B und C werden die prozentuellen Grenzen der maximalen Zumahlstoffmenge angegeben. A steht für 6–20%, B für 21–35% und C für >35% Zumahlstoffe, bei einem geringeren Zumahlstoffanteil fällt diese Bezeichnung weg.

Nach der ÖNORM EN 197-1 können die Normalzemente in folgende fünf Hauptzementarten eingeteilt werden:

- CEM I Portlandzement
- CEM II Portlandkompositzement
- CEM III Hochofenzement
- CEM IV Puzzolanzement
- CEM V Kompositzement

Die Art der Zumahlstoffe wird mit folgenden Buchstaben gekennzeichnet:

- D Silicastaub
- L/LL Kalkstein
- P/Q Puzzolan
- S Hüttensand
- T Gebrannter Schiefer
- V/W Flugasche

Festigkeitsklassen des Zementes

Die Festigkeit des Zementes wird in drei Klassen, 32,5 N/mm², 42,5 N/mm² und 52,5 N/mm², unterteilt. Hinsichtlich der Festigkeitsentwicklung wird grundsätzlich zwischen N (= normal) und R (= schnell) unterschieden.²⁰

2.3.4 Zugabewasser

Nach der ÖNORM EN 1008 ist die Eignung des Wassers als Zugabewasser für die Betonherstellung von der Herkunft abhängig. Trinkwasser wird generell als geeignet angesehen. Restwasser aus Wiederaufbereitungsanlagen der Betonherstellung muss den Anforderungen der ÖNORM entsprechen, um als Zugabewasser verwendbar zu sein. Grundwasser,

²⁰ Vgl. ÖNORM EN 197-1: Zement, 2011.

Oberflächenwasser und Meerwasser müssen vor der Verwendung geprüft werden und Abwasser gilt laut ÖNORM generell als nicht geeignet.²¹

2.3.5 Gesteinskörnungen (Zuschlag)

Gesteinskörnungen sind natürliche, künstliche oder recycelte Stoffe, die für die Herstellung von Beton geeignet sind. Generell wird zwischen Leicht-, Normal- oder Schwergesteinskörnung unterschieden, welche laut ÖNORM EN 12620 (gemäß ÖNORM B 3131) und ÖNORM EN 13055-1 (gemäß ÖNORM B 3136) geregelt werden.²²

2.3.6 Zusatzstoffe

Zusatzstoffe sind Materialien, die dem Beton während des Mischvorgangs zugeführt werden, um bestimmte Eigenschaften zu verbessern oder zu erreichen. Typische Zusatzstoffe sind Farbpigmente, Steinmehl, Flugasche etc.²³

2.3.7 Zusatzmittel

Zusatzmittel werden verwendet, um bestimmte Eigenschaften des Frisch- oder Festbetons zu verändern. Zu diesen zählen etwa Verflüssiger, Fließmittel, Luftporenbildner, Verzögerer und Beschleuniger.²⁴

2.4 Fertigbetonelemente

Werden Betonelemente in einer Fabrik hergestellt und anschließend zur Baustelle transportiert und eingebaut, spricht man von Fertigbetonelementen, wobei zwischen Vollfertig- und Halbfertigteilen unterschieden werden kann.²⁵ Im Zuge dieser Diplomarbeit wird lediglich auf Massivwände, Doppelwände und Elementdecken eingegangen. Sonderelemente und Massivdecken werden nicht genauer behandelt. **Sämtliche Anforderungsmerkmale beziehen sich auf die Produktionsmöglichkeiten des Mischek-Fertigbetonwerkes in Gerasdorf.** Zurzeit produziert die Mischek Systembau GmbH lediglich Massiv- und Doppelwände, Elementdecke, Loggiaelemente, Stiegenläufe und Aufzugschächte. Massivdecken sowie Sonderelemente werden aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr gefertigt.

2.4.1 Vollfertigelemente

Das Vollfertigelement wird im Werk produziert, anschließend auf die Baustelle gebracht und am endgültigen Ort mittels Anschlüssen verbunden. Das Element kann sofort nach Einbau und Anschluss voll belastet werden. Typische Vollfertigelemente sind Massivwände und Massivdecken, aber auch Sonderbauteile wie Stiegenläufe, Aufzugsschächte und vieles mehr können als Vollfertigteil produziert werden.

²¹ Vgl. ÖNORM EN 197-1: Zement, 2011.

²² Vgl. ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 19, 38.

²³ Vgl. ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 23.

²⁴ Vgl. ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 23.

²⁵ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, 2015.

Massivwände

Die Massivwand ist ein komplett im Fertigteilwerk hergestelltes Wandbauteil. Die Betonfertigteileplatte enthält bereits die gesamte erforderliche Bewehrung und muss auf der Baustelle lediglich versetzt und mit den anderen Bauteilen verbunden werden. Die Massivwände werden liegend produziert und anschließend in einer Härtekammer ausgehärtet. Die Wand hat eine schalungsglatte Seite (Stahlpalette) und eine abgezogene Seite (Einfüllseite). Für das Versetzen und Anschließen verfügt jede Wand über seitliche Stahllaschen, welche mittels Schraubstoß, Schlaufenstoß oder Schubtaschenstoß verschraubt und verbunden werden können. Die unterschiedlichen Verbindungsarten werden im *Kapitel 2.5* genauer beschrieben.²⁶

Massivdecken und Loggien

Die Massivdecke ist ein im Fertigteilwerk hergestelltes Deckenbauteil. Wie bei den Massivwänden enthält die Massivdecke bereits die im Endzustand erforderliche Bewehrung. Die Massivdecken werden liegend hergestellt und haben genau wie die Massivwände eine schalungsglatte und eine abgezogene Seite. Die Veränderung der Oberflächen ist durch die Zugabe von Hartkorneinstreuung möglich. Zur Verbindung der Elemente untereinander beziehungsweise zu benachbarten Bauteilen kann aus einer Vielzahl von Systemen, wie Gewinde-Ankern, Bügeltaschen, Stahlplatten als Schweißverbindung oder Ähnlichem, gewählt werden.²⁷

Sonderbauteile

Zu den typischen Sonderbauteilen zählen Aufzugsschächte, Stiegenläufe, Unterzüge, Säulen, Haustechnikschächte, aber auch Kragkonsolen und Rahmenkonstruktionen. Die Produktpalette reicht von Loggientrennwänden und Brüstungen über Knickwände und gekrümmte Elemente bis hin zu Blumentrögen und Betonmöbeln. Je nach Art der Geometrie und der gewünschten Oberfläche wird die Schalung aus Schaltafeln oder Stahl- bzw. Blechelementen hergestellt.²⁸

2.4.2 Halbfertigelemente

Halbfertigelemente bestehen zu einem Teil aus Fertigelementen, zum anderen müssen die Elemente nach der Montage auf der Baustelle noch mit Beton aufbetoniert oder gefüllt werden. Doppelwände und Elementdecken sind typische Halbfertigteile. Diese werden in einem Umlauf, größtenteils computer- und robotergesteuert, produziert und in einer Härtekammer über mindestens eine Schichtdauer ausgehärtet. Die Ein- und Ausschalung erfolgt vollautomatisch, die Bewehrung mittels Bewehrungsroboter. Aussparungen werden unter Zuhilfenahme von Styropor oder OSB-Platten hergestellt.

Doppelwände

Eine Doppelwand besteht aus zwei im Fertigteilwerk hergestellten Betonfertigteileplatten mit dazwischenliegendem Ortbetonkern. Die beiden Fertigteileplatten werden durch Stahlgitterträger miteinander verbunden. Neben der einfachen Doppelwand können auch Feuermauern und kerngedämmte Doppelwände hergestellt werden. Bei den Feuermauern handelt es

²⁶ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, Grundlagen Massiv FT, 2015, S. 4.

²⁷ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, Grundlagen Massiv FT, 2015, S. 26.

²⁸ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, Grundlagen Massiv FT, 2015, S. 35.

sich um Doppelwände mit direkt im Fertigteilwerk aufgebracht Steinwollplatte. Diese Feuerschutzplatten werden in einem eigenen Arbeitsschritt manuell an der Wandaußenseite angebracht. Die kerngedämmte Doppelwand ist eine Doppelwand mit innenliegender Dämmung. Dabei wird die Dämmung an der ersten Schale angebracht, indem die Dämmplatte direkt auf den frischen Beton aufgelegt wird. Um eine Verbindung der zwei Fertigbetonplatten herstellen zu können, werden Anker in einem Raster von 40x40 cm angebracht. Durch zusätzliche Gitterträger und eine Mattenbewehrung im Hohlraum wird der Verbund des Füllbetons mit den Fertigelementteilen verbessert.²⁹

Elementdecken

Eine Elementdecke ist eine Halbfertigteildecke, welche nachträglich auf der Baustelle mit Ortbeton ergänzt wird. Sie besteht aus einer Betonfertigteildecke mit einer für die Montage erforderlichen biegesteifen Bewehrung. Im ersten Arbeitsschritt wird die Querbewehrung und anschließend die Längsbewehrung verlegt. Außerdem sind eine bauseitige Bewehrung und eine Unterstellung unbedingt erforderlich. Durch die aufgeraute Oberfläche der Fertigteilplatte wird eine gute Verbindung zwischen Fertigteilelement und Ortbeton sichergestellt.³⁰

2.5 Verbindung von Fertigbetonelementen

Um die fertigen Betonelemente transportieren, versetzen und anschließend kraftschlüssig miteinander verbinden zu können, gibt es unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten. In diesem Kapitel wird ein Überblick über gebräuchliche Befestigungssysteme gegeben. Alle verwendeten Verbindungen müssen ingenieurmäßig geplant und erforderliche Standsicherheitsnachweise erbringen. Zusätzlich gibt es eine Normenreihe der CEN, welche als Nachweiskonzept herangezogen werden kann. Für alle Konstruktionsmethoden sind Nachweise zu erbringen.³¹

Generell kann zwischen Transportankern, einbetonierten Verankerungen und nachträglich einzubauenden Verankerungen unterschieden werden.

2.5.1 Transportanker

Für wiederholte Transportvorgänge von Fertigteilen werden eigene Transportanker herangezogen, welche jedoch nicht für dauerhafte Verbindungen geeignet sind. Transportanker werden im Fertigteil einbetoniert und dienen als direkter Anschlagpunkt zum Befestigen. Folgende Transportanker werden unterschieden:³²

²⁹ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, Produktionsvorgaben Elementdecke und Doppelwand, 2015, S. 11.

³⁰ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, Produktionsvorgaben Elementdecke und Doppelwand, 2015, S. 3.

³¹ Vgl. Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 302.

³² Vgl. Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 305f.

Einbetonierte Seilschlaufen

Für den Transport können Seilschlaufen in den Fertigteilkörper einbetoniert werden. Hierbei kann zwischen herausstehender und versenkter Seilschleufe unterschieden werden (siehe *Abbildung 2*).

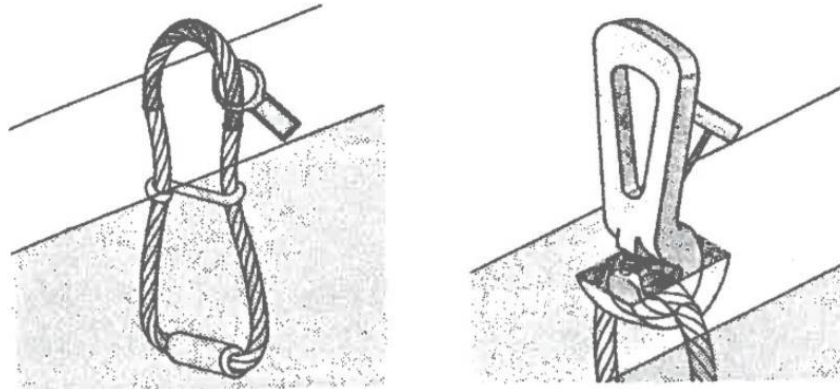


Abbildung 2: Seilschlaufen als Transportanker (li.: herausstehende, re.: versenkte Schleufe)³³

Einbetonierte Schraubhülse

Eine weitere Transportankervariante ist das bündige Einbetonieren von Schraubhülsen, deren Gewinde vor Verschmutzungen und Beschädigungen geschützt werden sollen. Versetzt und transportiert wird das Fertigteil mittels einschraubbarer Seilschlaufen oder Ösen (siehe *Abbildung 3*).

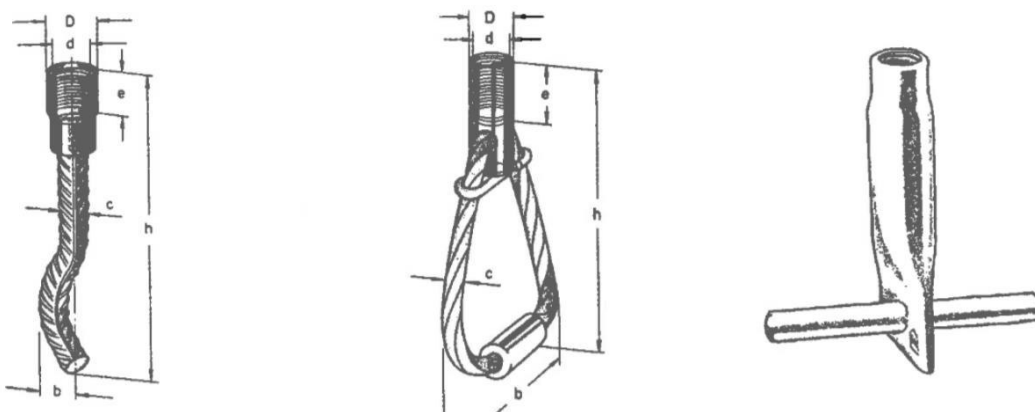


Abbildung 3: Einbetonierte Schraubhülsen als Transportanker (li.: Wellenanker, Mitte: Schraubhülse mit Seilschleufe, re.: Gewindehülse)³⁴

Versenkt angeordnete Anker für schwere Lasten

Der sogenannte Kugelkopfanter ist eine Form des versenkt angeordneten Ankers. Hierbei ist der Kopf in einer halbkugelförmigen Betonaussparung voll versenkt. Zum Heben der Fertigteile dient ein leicht über den Kopf schiebbares und arretierbares Formstück (siehe *Abbildung 4*).

³³ Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 307.

³⁴ Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 307.

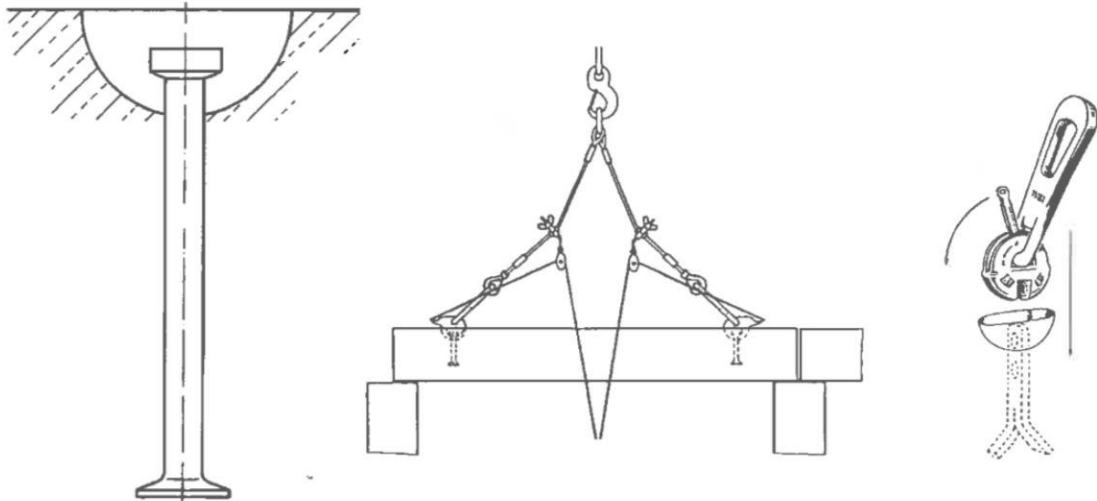


Abbildung 4: Versenkte Transportanker (li.: Kugelkopfanke, re.: Ringanker)³⁵

2.5.2 Einbetonierte Verankerungen im Bauwerk

Einbetonierte Verankerungen dienen häufig als Befestigungstechnik im Fertigteilbau, da das Risiko der Beschädigung der Bewehrung minimiert werden kann, die Positionierung präzise erfolgen kann und somit die Einleitung von höheren Lasten auf Grund von möglichen Zusatzankern ermöglicht wird. Ankerschienen, Ankerplatten mit Kopfbolzen und die bereits erwähnten Schraubhülsen sind die am häufigsten ausgeführten Systeme, aber es gibt zahlreiche weitere Befestigungssysteme der unterschiedlichen Erzeuger.³⁶

Ankerschienen

Eine Ankerschiene besteht aus mindestens zwei Anker, welche an einem C-förmigen Profil angebracht sind. Diese Schienen werden oberflächenbündig einbetoniert und durch Schrauben mit Hammerkopf kraftschlüssig verbunden. Verankert werden die Schienen meist mit angeschweißten T-förmigen Anker oder Kopfbolzen (siehe *Abbildung 5*).

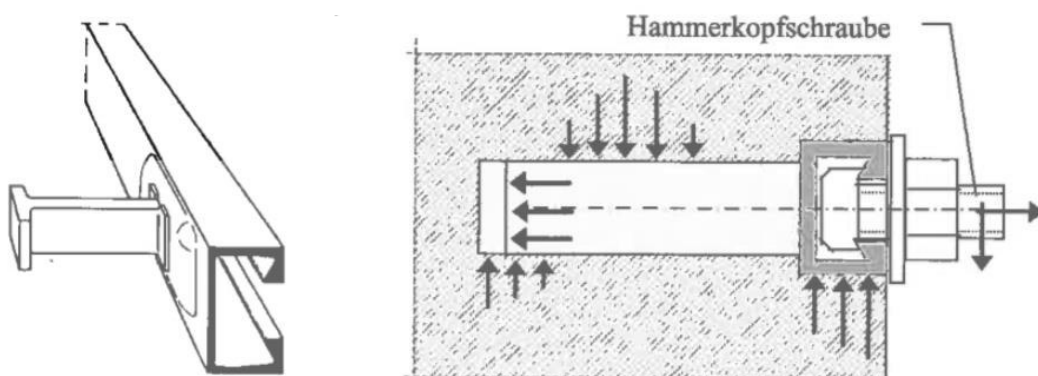


Abbildung 5: Ankerschienen (li.: Ankerschiene, re.: Lasteinleitung in den Beton)³⁷

³⁵ Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 308.

³⁶ Vgl. Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 309ff.

³⁷ Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 310.

Ankerplatten mit Kopfbolzen

Mit Ankerplatten können deutlich höhere Lasten eingeleitet werden als mit Ankerschienen. Hierbei werden die Kopfbolzen durch Lichtbogenschweißung mit Hubzündungen an die Rückseite der Platten angeschweißt (siehe *Abbildung 6*).

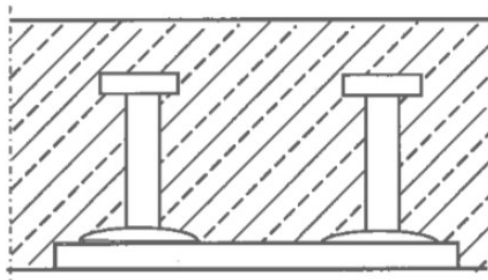


Abbildung 6: Ankerplatten mit Kopfbolzen³⁸

2.5.3 Nachträglich einzubauende Verankerungen

Wurden bei der Planung benötigte Verankerungen vergessen oder falsch angeordnet, so gibt es die Möglichkeit, diese nachträglich einzubauen. Spreizende Dübel, verankerte Dübel, aber auch Verbundanker sind typische nachträgliche Verankerungen.³⁹

2.6 Vor- und Nachteile der Fertigbetonelemente

Das Bauen mit Fertigbetonelementen hat nicht nur zahlreiche Vorteile, sondern auch Nachteile, welche in diesem Unterkapitel kurz zusammengefasst werden. In *Tabelle 7* und *Tabelle 8* werden die Vor- und Nachteile aus vier ausgewählten Fachpublikationen einander gegenübergestellt. Auf den ersten Blick ist ersichtlich, dass die genannten Vorteile der Fertigbetonelemente überwiegen und größtenteils miteinander übereinstimmen. So werden die Verkürzung der Bauzeit, eine gleichbleibende beziehungsweise verbesserte Qualität sowie die witterungsunabhängige und maßgenaue Produktion bei fast allen einheitlich als Vorteile genannt.

³⁸ Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 311.

³⁹ Vgl. Bindseil P.: Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 311.

Vorteile				
Kriterium	Koncz ⁴⁰	Krispel ⁴¹	Petzschmann ⁴²	Bauer ⁴³
Bauzeit	Verkürzung der Bauzeit	Verkürzung der Bauzeit	Kürzere Bauzeiten	Verkürzung der Bauzeit
Materialbedarf	Materialbedarf wird herabgesetzt	Geringerer Materialbedarf	--	--
Arbeitsaufwand	Reduktion des Arbeitsaufwandes durch erhöhten Maschineneinsatz	--	--	--
Arbeitskräfte	Weniger Arbeitskräfte erforderlich	--	--	Senkung der Lohnkosten
Qualität	Qualitätsverbesserung durch fabrikmäßige Produktion	Gleichbleibende bzw. bessere Qualität	Gleichbleibende Produktqualität	Gleichbleibende Qualität
Witterung	Produktion von Witterung unabhängig	Witterungsunabhängigkeit durch Vorproduktion	--	Weitgehende Witterungsunabhängigkeit
Kosten	--	Geringere Kosten bei großen Serien	Geringere Herstellkosten	--
Genauigkeit	--	Produktions- und Maßgenauigkeit	Hohe Maßgenauigkeit	Hohe Maßgenauigkeit

Tabelle 7: Vorteile der Fertigbetonbauweise

Drei der vier Experten sind sich einig, dass der erhöhte Transport- und erschwerte Montageaufwand die beiden größten Nachteile beim Bauen mittels Fertigelementen sind. Bauer hingegen betont, dass sich sämtliche genannte Vorteile nicht automatisch einstellen, sondern von der Zusammenarbeit der Beteiligten in Planung, Arbeitsvorbereitung, Herstellung der Elemente und anschließender Montage abhängig sind.

⁴⁰ Vgl. Koncz T.: Handbuch der Fertigteile-Bauweise, 1973, S. 5.

⁴¹ Vgl. Krispel S.: Vortrag Beton, TU Wien, 2010, Folie 83.

⁴² Vgl. Zilch K., et. al.: Handbuch für Bauingenieure, 2012, S. 941ff.

⁴³ Vgl. Bauer H.: Baubetrieb, 2007, S. 399.

Nachteile				
Kriterium	Koncz	Krispel	Petzschmann	Bauer
Transportaufwand	Erhöhte Transportschwierigkeiten	Aufwändiger Transport (evtl. Sondertransporte)	Sorgfältige Transportplanung erforderlich	Vorteile stellen sich nicht automatisch ein, sondern sind von eingespielten Teams in Planung, Arbeitsvorbereitung, Herstellung und Montage abhängig
Montageaufwand	Erhöhter Montageaufwand	Aufwändiger Einbau (evtl. schwerer Kran)	Zahlreiche Vorschriften und technische Maßnahmen für die Montage zu beachten	
Techn. Schwierigkeiten	Technische Probleme bei der Vorfabrikation	--	--	
Anwendung	--	Beschränkte Anwendung	--	
Planungsaufwand	--	--	Erhöhter Planungsaufwand	

Tabelle 8: Nachteile der Fertigbetonbauweise

3 Im Fertigteilwerk

Im folgenden Kapitel wird nun näher auf das Fertigteilwerk und die Produktion der einzelnen Fertigelemente eingegangen. Zu Beginn wird ein genereller Überblick über den Produktionsprozess gegeben und die einzelnen Arbeitsschritte werden genau beschrieben. Anschließend folgt eine Beschreibung des Werkes in Gerasdorf. Die Grenzen der Produktion werden zusammengefasst und die Zahlen und Fakten der Produktion werden behandelt. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Logistik innerhalb des Fertigteilwerkes gelegt.

3.1 Fertigungsabschnitte

Fertigteile werden in einem Fertigteilwerk hergestellt, wobei zwischen stationären Werken und Feldfabriken unterschieden werden kann. Es gibt zahlreiche Standardbauteile, aber auch Sonderelemente können je nach Gegebenheiten produziert werden. Durch den Einsatz von CAD-Programmen können nicht nur Massenwaren erzeugt, sondern Einzelstücke eingelesen und mechanisiert hergestellt werden.

Im Allgemeinen kann die Herstellung von Fertigteilen in folgende Fertigungsabschnitte unterteilt werden:⁴⁴

- Herstellung von Vorprodukten
 - Frischbetonherstellung
 - Vorfertigung von Bewehrungskörben
 - Vorfertigung von Einbauteilen
- Herstellung der Fertigteile
 - Formgebung (Schalung)
 - Einbau der Vorprodukte (Einbauteile, Bewehrungskörbe, Frischbeton)
 - Betonierarbeiten
 - Betonverdichtung
 - Betonhärtung
 - Ausschalung
 - Nachbearbeitung
 - Ausbaumaßnahmen (Fenster, Türen, Fliesen, Sanitärinstallationen)
- Hilfsprozesse
 - Transport und Umschlagvorgänge
 - Lagerung (Silos, Magazine, Lagerplätze)
 - Formenbau (Holz, Stahl, Kunststoff) im Werk
 - Energieerzeugung (Dampf, Druckluft)
 - Qualitätssicherung (Labor, Überwachung)

Umlauffertigung, Aggregatfertigung und Standfertigung

In der Praxis werden die Verfahren der Umlauffertigung und der Aggregatfertigung am häufigsten angewandt. Der Unterschied zwischen diesen beiden Verfahren ist die Transportweise des Fertigteilelements während des Produktionsprozesses. Bei der *Umlauffertigung* werden die Elemente auf den Arbeitspaletten von einem zum nächsten Arbeitsschritt transportiert. Ein willkürlicher Arbeitsablauf ist nicht möglich, da die Geräte auf ihrer Position

⁴⁴ Vgl. Bindseil P.: Stahlbetonfertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 39.

bleiben und alle Fertigteile einen einheitlichen Produktionsweg haben. Bei der *Aggregatfertigung* hingegen werden die einzelnen Elemente mittels Zentralschiebeebühnen flexibel von Gerät zu Gerät transportiert. Der Produktionsablauf jedes Fertigteiltes kann somit individuell bestimmt werden. Dies erfolgt ohne Zwangstakt und wird für die Produktion von Elementen mit unterschiedlichen Arbeitsschritten verwendet.⁴⁵

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Fertigbetonelementen ist die *Standfertigung*. Hier erfolgen alle Produktionsschritte der Hauptprozesse an einer Position. Erhebliches Materialtransportaufkommen innerhalb des Werks und erhöhter Geräteeinsatz sind Nachteile dieser Fertigungsverfahren.⁴⁶

3.2 Arbeitsvorbereitung und Vorprodukte

Im Mischek-Werk wird für die Planung und Arbeitsvorbereitung ein CAD-Programm der Firma Nemetschek Group mit dem Namen „PLANBAR“ verwendet. Hierbei werden sämtliche Pläne des Bauprojektes, von den Schalungsplänen bis hin zu den Elektro- und HKLS-Plänen, eingespielt und in 3D aufbereitet. Alle Aussparungen und Einlegearbeiten der Elemente müssen eingearbeitet werden, um ein korrektes Fertigelement produzieren zu können. Leider ist es zurzeit nicht möglich, die einzelnen Pläne zusammenspielen. Daher müssen für die Produktion neue 3D-Pläne erstellt werden. Derzeit wird an einem Programm gearbeitet, damit sämtliche Pläne einfacher verknüpft und zeitsparend zusammengefügt werden können. Ist die 3D-Planung vervollständigt, wird das gesamte Gebäude in einzelne Elemente (Wand-, Deckenelemente, Loggiaplatten etc.) unterteilt und mehrere Fertigteile zu einem Paket gebündelt. Diese Pakete werden umgangssprachlich *Stapel* genannt, die Paketzuteilung wird als *stapeln* bezeichnet. Anschließend wird die jeweilige Datei in ein weiteres Programm namens GESYS eingespielt. GESYS ist ein Logistikprogramm zur Ermittlung aller benötigten Materialien für die Fertigteilproduktion, um die Beschaffungslogistik im Fertigteilwerk zu erleichtern. Verfügt dieses Programm über alle notwendigen Stammdaten und ist der Liefertermin fixiert, so kann ein Produktionstermin ermittelt werden, die Schalung kann gebaut und die logistischen Planungen sowie die Materialbeschaffungen können durchgeführt werden. Sämtliche Angaben bezüglich Betontonnage, Bewehrungsmenge sowie Position der Aussparungen und Einlegearbeiten können automatisch der jeweiligen GESYS-Datei entnommen werden.

3.3 Herstellung der Fertigteile

Sind alle Informationen ordnungsgemäß in die CAD-Pläne und die GESYS-Datei eingetragen, alle Vorprodukte hergestellt und die zusätzlich notwendigen Materialien bereitgestellt, so kann mit der Herstellung des Fertigteils begonnen werden.

⁴⁵ Vgl. Bindseil P.: Stahlbetonfertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 40.

⁴⁶ Vgl. Bindseil P.: Stahlbetonfertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 42.

3.3.1 Herstellung der Schalung

Wichtig bei der Herstellung der Schalung ist eine hohe Maßhaltigkeit, aber auch, dass die Formen volumenbeständig und wiederverwendbar sind. Eine geringe Betonhaftung und die Transportierbarkeit auf Fließbändern sollten ebenfalls berücksichtigt werden. Die meistverwendeten Materialien für Schalungsformen sind Stahl, Holz und Kunststoff.⁴⁷

Im Mischek-Fertigteilwerk werden für den Bau der Schalung je nach Geometrie, Größe und gewünschter Oberfläche Holz-Schaltafeln oder Stahl- bzw. Blechelemente verwendet.

3.3.2 Vorbereitung der Bewehrung

Für die Vorbereitung der Bewehrung muss der benötigte Stahl ermittelt und beschafft werden. Eine werksinterne Biegerei und die notwendigen Lagerflächen müssen in der Werkslogistik berücksichtigt werden. Aus den bereits erwähnten Bewehrungsplänen können die benötigten Stahlmengen, Stabstahlformen und Bewehrungskörbe entnommen und für die Produktion der Elemente vorbereitet werden.

3.3.3 Einlegearbeiten

Sind alle Einbauteile und Bewehrungselemente vor Ort, so können diese in die Schalungsform eingelegt werden. Je nach Produktionsvorgang und Fertigelement werden die einzelnen Vorprodukte entweder computerunterstützt mittels Roboter verlegt oder gegebenenfalls auch händisch eingelegt.

3.3.4 Betonierarbeiten

Sind die Bewehrungselemente platziert und alle Einlegearbeiten erledigt, so kann der Frischbeton, bereits in der richtigen Tonnage, in die Schalung gegossen und somit alle Materialien zu einem Fertigelement vereint werden. Sämtliche Informationen bezüglich Betonart, Betongüte und Menge werden computerunterstützt auf Basis der GESYS-Datei ermittelt. Oberflächenbehandlungen wie flächiges Verfärben, das Herstellen von Hartkornoberflächen, geglättete Oberflächen, Besenstrich oder das Kantenausbilden sind bei Fertigelementen ebenfalls möglich.

3.3.5 Betonverdichtung

Der Beton kann mittels Rüttler, Schleuder, Walze oder durch Ausstoßen des Wassers mit Pressen verdichtet werden, auch eine Kombination dieser Verfahren ist möglich. Für das Rütteln des Betons stehen Innen-, Tauch-, Oberflächen-, Außen- oder Schalungsrüttler sowie Rüttelbänke zur Verfügung. Besonders Rüttelbänke können große Leistungen erbringen.⁴⁸

⁴⁷ Vgl. Koncz T.: Handbuch der Fertigteil-Bauweise, 1973, S. 46f.

⁴⁸ Vgl. Koncz T.: Handbuch der Fertigteil-Bauweise, 1973, S. 50f.

3.3.6 Betonerhärtung

Die Betonerhärtung wird meist durch Wärmebehandlung, unter anderem mittels Dampf, Warmwasser, warmer Luft, Heißöl oder mittels elektrischen Stroms, beschleunigt.⁴⁹

Das Mischek-Werk verfügt über eine Härtekammer, in der die Fertigteile rund 24 Stunden gelagert werden. Die dabei freiwerdende Hydrationswärme beheizt die Kammer und fördert dadurch die Härtingsbedingungen.⁵⁰

3.3.7 Ausschalung

Ab einer 70%igen Festigkeit des Fertigelementes kann ausgeschalt werden. Hierbei kann entweder die Schalungsform geöffnet oder das Element aus der Form gehoben werden.

3.3.8 Nachbearbeitung

Als Letztes wird jedes Element nochmals einzeln überprüft und dann entweder freigegeben oder – nachdem mögliche Mängel aufgenommen wurden – zur Nachbearbeitung weitergeleitet. Nur durch genaue, exakte und saubere Arbeit kann auch der Vorteil der erhöhten Genauigkeit erzielt werden.

3.3.9 Ausbaumaßnahmen

Bei der Produktion von Fertigelementen ist es nicht nur möglich Aussparungen für spätere Installationen oder Öffnungen herzustellen, sondern auch gewisse Einbauelemente direkt einzuarbeiten. Stahlfenster oder Türzargen aus Stahl werden häufig direkt bei der Produktion in das Fertigteil eingearbeitet. Dies ist jedoch nur möglich, wenn sich das Einbauelement vollständig im Fertigteil befindet und die Elementgröße nicht überschritten wird. Aufhängevorrichtungen für später geplante Hänge- oder Brückenkrane können ebenfalls direkt in das Fertigelement eingelegt und somit einbetoniert werden. Auch Wassernasen oder Entwässerungsröhre können in Deckenelemente eingesetzt werden.

3.4 Fertigteilwerk in Gerasdorf

Die Mischek Systembau GmbH, heute 100%-ige Tochter der Strabag AG, wird 1946 von Herrn Hugo Konrad Mischek gegründet. Im Jahr 1968 erbaut er in Gerasdorf das Fertigteilwerk der Mischek Bau AG, welches 1969 in Betrieb genommen wird und bis heute Produktionsstandort sämtlicher Fertigbetonelemente der Mischek Systembau GmbH ist. Das Areal erstreckt sich auf über 107.000 m² und auf einer ca. 30.000 m² verbauten Fläche werden jährlich ca. 28.000 bis 30.000 Fertigteile produziert.^{51,52}

Zurzeit beschäftigt der Standort Gerasdorf rund 120 Arbeiter und 35 Angestellte in den Abteilungen Kalkulation, Elementierung (CAD-Aufbereitung), Produktion, Lagerung, Fuhrpark und kaufmännische Verwaltung. Die Produktionsstätte setzt auf modernste Technologien

⁴⁹ Vgl. Koncz T.: Hanbuch der Fertigteil-Bauweise, 1973, S. 51.

⁵⁰ Vgl. Mischek Systembau GmbH: Das Mischek Fertigteilwerk Gerasdorf, 2002.

⁵¹ Sämtliche Informationen über das Mischek Werk wurden vom Gruppenleiter zur Verfügung gestellt und im persönlichen Gespräch berichtet.

⁵² Vgl. Mischek Systembau GmbH: Das Mischek Fertigteilwerk Gerasdorf, 2002.

wie etwa computergesteuerte Prozesse. Der gesamte Produktionsprozess wird immer wieder aktualisiert, überarbeitet und modernisiert. Im Gegensatz dazu verfügt das Werk im Jahr 1969 über ein Fließband, zwei Standwerke und eine sogenannte Batterieschalung. Heute werden rund 95.000 Tonnen Fertigteile pro Jahr, in drei verschiedenen Produktionsstätten produziert. Es gibt die *Umlaufanlage 1* für Vollwände und Volldecken, die *Umlaufanlage 2* für Elementdecken, Doppelwände und kerngedämmte Doppelwände sowie das *Standwerk* mit Standard- und Sonderschalungen für die Produktion von Sonderelementen wie Treppenläufen, Säulen, Unterzügen, Aufzugschächten, Loggien etc.

3.4.1 Umlaufanlage 1

Die Umlaufanlage 1 wird 1996 zum ersten Mal in Betrieb genommen und bis heute zur Produktion von Vollwänden und Volldecken verwendet. Im ersten Schritt wird die Schalungsform, meist aus Stahl oder Holz, hergestellt. Anschließend werden sämtliche Einbauteile wie Elektrotassen und Bewehrungen händisch in den Schalungskörper eingelegt. Danach wird der Frischbeton mittels Betonverteiler in die Formen gegossen und verdichtet. Die Oberseite der Elemente wird händisch abgezogen und grob geglättet. Nachdem das Fertigteil in einer Härtekammer nach ca. 10 bis 12 Stunden ausreichend ausgehärtet worden ist, kann die Schalung entfernt werden und das Element mittels Kipptisch und Kran verladen, zwischengelagert oder ausgeliefert werden.

In *Abbildung 7* werden Fotos der Umlaufanlage 1 dargestellt. Das erste Bild der Abbildung zeigt einen Überblick der Produktionshalle. Auf dem zweiten Foto ist zu sehen, dass die Bewehrungen händisch zugeschnitten und in die Schalungsformen eingelegt werden. Das dritte Foto zeigt das händische Abziehen und Glätten der Elemente, und auf dem vierten Bild ist eine noch eingeschaltete Massivwand mit zwei Aussparungen für Türen zu sehen.



Abbildung 7: Fotos der Umlaufanlage 1⁵³

⁵³ Alle Fotos ©Lydia Lehner

An der Umlaufanlage 1 arbeiten pro Schicht 15 Personen, das ergibt bei einem 2-Schichtbetrieb 30 Personen pro Tag. Dabei kann eine Tagesleistung von ca. 700 m² Vollfertigelementen erzielt werden.

3.4.2 Umlaufanlage 2

Die Umlaufanlage 2 wird im Dezember 2008 in Betrieb genommen und ist somit die modernste Anlage des Mischek-Werks sowie jene Anlage mit dem höchsten Automatisierungsgrad. In dieser Produktionsstätte werden Elementdecken, Doppelwände und kerngedämmte Doppelwände produziert. Zu Beginn des Produktionszyklus werden die Paletten (Arbeitsplatten) computergesteuert gereinigt und die Schalungselemente versetzt sowie fixiert. Anschließend werden die Formen ebenfalls vollautomatisch bewehrt. Lediglich Aussparungskörper, Einlegeelemente und Sonderbewehrungen werden per Hand in der Schalungsform platziert, danach wird per Computersteuerung das Element betoniert. Wird eine Doppelwand hergestellt, so wird eine bereits ausgehärtete Wand inklusive Bewehrung mittels Saugknöpfen einer Hydraulikhebeanlage angehoben, gedreht und auf ein anderes frischbetoniertes Wandelement gesetzt. Darüber hinaus verfügt diese Produktionsstraße ebenfalls über eine Härtekammer, um den Erhärtungsprozess zu beschleunigen.

Auf folgenden Fotos der *Abbildung 8* ist der Produktionsprozess der Umlaufanlage 2 dargestellt. Auf dem ersten Bild werden die Aussparungen händisch platziert. Das zweite Foto zeigt die Bewehrungsanlage, bei der der Stabstahl geschnitten und anschließend verlegt wird. Das dritte Bild zeigt ein bereits gehärtetes Wandelement einer Doppelwand, inklusive Bewehrung und Stahlzarge, welches anschließend auf den im Bild 4 sichtbaren zweiten Teil des Elementes gehoben wird.

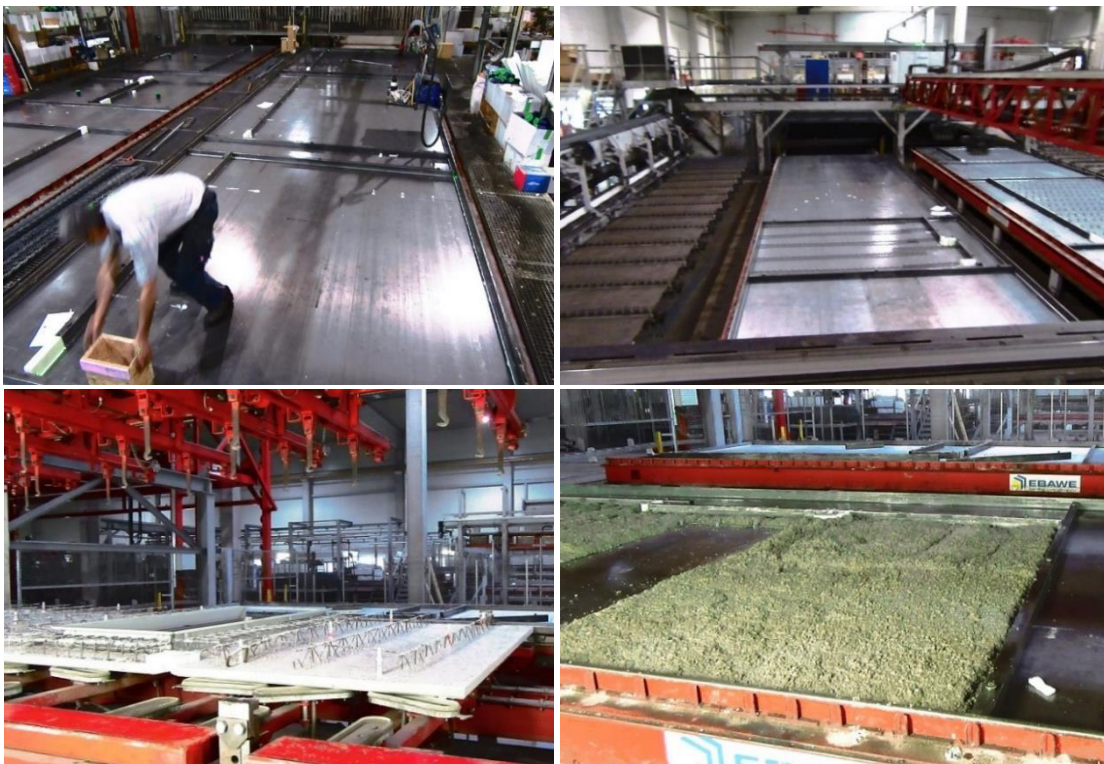


Abbildung 8: Fotos der Umlaufanlage 2

An der Umlaufanlage 2 wird im 3-Schichtbetrieb mit je 8–9 Personen, also insgesamt rund 25 Personen pro Tag, gearbeitet. An einem Tag können somit durchschnittlich 1.800 m² Elementdecken und Doppelwände hergestellt werden.

3.4.3 Standwerk

Die dritte Produktionsstätte des Mischek-Werks ist das Standwerk. Hier werden sämtliche Treppenläufe, Säulen, Schächte, Aufzüge, Loggien und alle weiteren Sonderelemente hergestellt. Diese Anlage ist jene mit dem geringsten Automatisierungsgrad und dem größten Personaleinsatz. Für Aufzugselemente gibt es bereits vorgefertigte Schalungsformen, welche wiederverwendet werden können. Auch bei den Schalungsformen der Treppenläufe können die Steigungsverhältnisse verstellt und diese somit wiederverwendet werden.

Auf folgenden beiden Bildern der *Abbildung 9* sieht man eine Loggienplatte und einen Treppenlauf während der Produktion im Standwerk. Das erste Bild zeigt die Betonierarbeiten einer Loggienplatte, auf dem zweiten Foto ist die Stahlschalungskonstruktion für die Produktion von Treppen zu sehen. Die betonierten Elemente werden meist über Nacht gelagert und können bereits am nächsten Tag ausgeschalt, gehoben und gelagert werden.



Abbildung 9: Fotos einer Loggienplatte und einer Treppe im Standwerk

Im Standwerk wird im 1-Schichtbetrieb zu je 25 Personen gearbeitet, pro Tag können somit ca. 25–30 Elemente produziert werden.

3.4.4 Nummerncode der Elemente

Jedes Element, das im Mischek-Fertigteilwerk visualisiert und produziert wird, bekommt einen Nummerncode zugewiesen, um das Element einfacher zuordnen zu können. Bereits in der CAD-Planung werden diese nichtwiederkehrenden Nummern den Elementen zugeschrieben.

Der Code setzt sich wie folgt zusammen:

- 4 Stellen für die Projektbezeichnung
 - ABCD mit Korrespondenz zur Baustellenadresse
 - 1234 für Kleinprojekte
- 2 Stellen für den Montage- bzw. Bauabschnitt
- 2 Stellen für das jeweilige Stockwerk

- 3 Stellen für das Element selbst (fortlaufende Nummerierung)
 - 001 bis 199 Grundelemente
 - 201 bis 399 Loggiatrennwände
 - 501 bis 599 Aufzugelemente
- 2 Stellen für den Elementtyp
 - ED Elementdecken
 - DW Doppelwände
 - TW Kerngedämmte Doppelwände
 - WA Massivwände
 - UZ Unterzüge
 - LD Loggiadecken (Massivdecken)
 - LW Loggiawände
 - BW Brüstungswände
 - SA Säulen
 - Etc.

Beispiel – Nummerncode:

Der Nummerncode einer Doppelwand kann folgendermaßen lauten:

WAGY 01 04 028 DW

Wagramer Straße 116, Bauteil 1, 4.OG, Grundelement 028, Doppelwand

3.4.5 Zahlen und Fakten der Produktion

An dieser Stelle werden nun, mithilfe von *Tabelle 9*, die Zahlen und Fakten der drei unterschiedlichen Produktionsstätten gegenübergestellt:

	Umlaufanlage 1	Umlaufanlage 2	Standwerk
<i>Produkte</i>	Vollwände und Volldecken mit max. 48 cm Stärke	Elementdecken, Doppelwände und kerngedämmte Doppelwände	Treppenläufe, Säulen, Schächte, Unterzüge, Loggien und alle Sonderbauteile
<i>Arbeitszeit</i>	2-Schichtbetrieb	3-Schichtbetrieb	1-Schichtbetrieb
<i>Personen/Schicht</i>	15 Personen	8–9 Personen	25 Personen
<i>Palettengröße</i>	720 / 400 / 24 cm	1400 / 350 / 8 cm	unterschiedlich
<i>Palettenanzahl</i>	80 Paletten	70 Paletten	--
<i>Taktzeit</i>	15 min	10 min	--
<i>Härtezeit</i>	10–12 h	ca. 8 h	unterschiedlich
<i>Tagesleistung</i>	700 m ²	1.800 m ²	25–30 Elemente/Tag

Tabelle 9: Zahlen und Fakten der Mischek-Produktionsstätten⁵⁴

3.4.6 Geometrische Abmessungen der Fertigteile

Bei der Herstellung von Fertigbetonelementen gibt es auf Grund der Produktionsanlagen bestimmte maximale und minimale Abmessungen, welche nicht über- bzw. unterschritten werden können.

⁵⁴ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, Grundlagen Massiv FT, 2015, S. 2.

In *Tabelle 10* wird ein Überblick über die Produktionsparameter der einzelnen Elemente gegeben.

	Massivwand	Massivdecke	Doppelwand	Element- decke
<i>Produktion</i>	Anlage 1	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 2
<i>Max. Gewicht</i>	12,6 to	12,6 to	12,6 to	5,0 to
<i>Max. Länge</i>	700 cm	700 cm	780 cm	1.300 cm
<i>Min. Länge</i>	30 cm	--	65 cm	--
<i>Max. Höhe</i>	360 cm	360 cm	340 cm	250 cm
<i>Min. Höhe</i>	15 cm	--	65 cm	65 cm
<i>Max. Elementstärke</i>	--	--	8 cm	8 cm
<i>Min. Elementstärke</i>	--	--	5 cm	5 cm

Tabelle 10: Abmessungen der Fertigteile⁵⁵

3.5 Grundlagen der Logistik

Bereits seit der griechischen Antike findet die Logistik ihre Anwendung und ist bis heute weiterentwickelt worden. Im Militärwesen hat die Logistik von Beginn an eine große Rolle gespielt, sie findet aber schließlich in der Wirtschaft ihre Anwendung zur Optimierung einzelner Produktionsprozesse.

Ziel der Logistik ist,

- das richtige Objekt,
- in der richtigen Qualität und
- in der richtigen Menge,
- am richtigen Ort,
- zum richtigen Zeitpunkt,
- zu richtigen (minimalen) Kosten und
- ökologisch richtig

bereitzustellen. Für das Bauwesen ist hierzu der Begriff der Baulogistik entwickelt worden. Diese kann generell in folgende drei Bereiche unterteilt werden:

- Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Entsorgungslogistik⁵⁶

3.5.1 Beschaffungslogistik

Die Beschaffungslogistik dient dazu, den Baustoffbedarf auf der Baustelle und die erforderliche Transportanzahl zu ermitteln, die Abfolge der Transporte sowie die Beschaffung der Baustoffe zu koordinieren und ermittelte Transportspitzen zu entschärfen. Die Beschaf-

⁵⁵ Vgl. Doncsesc D.: Mischek Systembau GmbH, Grundlagen Massiv FT, 2015, S. 4.

⁵⁶ Vgl. Hofstadler C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S. 41ff.

Logistik beinhaltet einerseits die zeitliche Koordination, da viele Transporte mit unterschiedlichen Baustoffen und Baugeräten zur gleichen Zeit benötigt werden, und andererseits die räumliche Koordination, da Lagerflächen beschränkt vorhanden sind.

3.5.2 Produktionslogistik

Die Produktionslogistik beschäftigt sich mit der Planung der Transporte innerhalb der Lagerflächen. Nach Anlieferung der Materialien werden diese mittels Fördermitteln zum Produktionsort transportiert, dabei können folgende Fördermittel unterschieden werden:

- Räumliche Ebene (wie Turmdrehkran, Mobilkran, Autokran)
- Vertikale Ebene (wie Betonpumpe mit Ausleger oder Verteilermast)
- Horizontale Ebene (wie LKW, Gabelstapler, Muldenfahrzeug)
- Eindimensionale Ebene (wie Förderband, Aufzug, Seilbahn, Zementschnecke)

3.5.3 Entsorgungslogistik

Die Organisation und Planung des Abtransports von angefallenen Baurestmassen zählen zu den Aufgaben der Entsorgungslogistik. Hierbei kann zwischen Aushubmaterial, Bauschutt, Straßenaufbruch, Baustellenabfällen und Sonderabfällen unterschieden werden. Besonders der Entsorgungslogistik wird immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt, da die Abfallmengen immer mehr steigen und die Deponieflächen immer knapper werden.

3.6 Logistiksystem im Fertigteilwerk

Im Mischek Fertigteilwerk in Gerasdorf werden täglich

- ca. 700 m² Vollwände und Voldecken (bei 2-Schichtbetrieb zu je 8 Stunden),
- ca. 1.800 m² Elementdecken und Doppelwände (bei 3-Schichtbetrieb zu je 8 Stunden) sowie
- 25–30 Sonderelemente wie Treppenläufe, Säulen, Aufzugsschächte etc. (bei 1-Schichtbetrieb zu je 8 Stunden)

produziert. Hinter diesen Produktionszahlen steckt ein aufwendiges, gut funktionierendes, aber auch ausbaufähiges Logistikprogramm.⁵⁷

3.6.1 Logistikprogramm – GESYS

Das Fertigteilwerk verwendet für die Logistikorganisation ein ERP-System der Firma GESYS. Die Firma GESYS stellt eine Software für alle Bereiche und Prozesse der Beton- und Fertigteilindustrie sowie des Baustoffhandels zur Verfügung.⁵⁸

Ein Enterprise-Resource-Planning-System, kurz ERP-System, dient zur Unterstützung sämtlicher Geschäftsprozesse in einem Unternehmen. Ein ERP-System soll einen Überblick über vorhandene Ressourcen und Prozesse geben, dient somit der Ressourcenoptimierung und kann in den diversesten Branchen und Bereichen angewendet werden.⁵⁹

⁵⁷ Informationen vom Disponent der Fa. Mischek im persönlichen Gespräch erhalten.

⁵⁸ Vgl. GESYS GmbH & Co. KG: GESYS – Die Software für Beton, Fertigteile, Baustoffe, 2016.

⁵⁹ Vgl. Weclapp GmbH: erp-system.de, 2016.

Das Startfenster der Software ist in Abbildung 10 dargestellt.



Abbildung 10: "GESYS" Startfenster⁶⁰

Das Programm verfügt über zahlreiche Funktionen, wobei nicht alle davon vom Unternehmen Mischek verwendet werden. Mit folgenden Softwareanwendungen wird am häufigsten gearbeitet:

1. *Stammdaten*: Kundendaten, Produkte, Personal, Bonität, Konditionen
2. *Vertrieb*: Objektverwaltung, Nachtragsmanagement
3. *Auftragsverwaltung*: Übersichtsfenster für Teilaufträge

In *Abbildung 11* ist die Auftragsübersicht abgebildet, in der alle aktuellen Aufträge aufgelistet sind. Jedes Projekt besteht aus einer Projektnummer, der Bezeichnung des Bauvorhabens, dem Auftraggeber, dem Bauunternehmen, der Lieferadresse, dem Betreuer, der Auftragsgröße und der zuletzt ausgeführten Auslieferung. Die Farben der Auftragsverwaltung sind einheitlich und ebenfalls in der untenstehenden Abbildung dargestellt.

⁶⁰ Sämtliche Abbildungen des Programmes „GESYS“ wurden direkt in der Software mittels Screenshots erzeugt.

Legende

- 6 Auftrag angelegt, Warteschlange
- 5 Technische Bearbeitung begonnen
- 4 Produktion begonnen
- 3 Auslieferung begonnen
- 2 Produktion abgeschlossen
- 1 Auslieferung abgeschlossen
- 0 Auftrag vollständig abgerechnet

Abbildung 11: "GESYS" Auftragsübersicht

4. **Produktion:** Hier werden die produzierten Elemente nach Produktionstyp auf einem Produktionsplan dargestellt.

In *Abbildung 12* ist der Produktionsplan der Umlaufanlage 2 dargestellt. Jede Spalte stellt einen Produktionstag dar und die Farbe eines Vorganges symbolisiert den Produktionsstatus. Als Beispiel ist ein Stapel mit Doppelwänden eines Projektes in der Breitenfurterstraße ausgewählt. Dieser Stapel besteht aus 82,16 m² Wänden, die Freigabe erfolgte bereits und die Elemente sind bereit für die Produktion.

Legende

- 16 Position angelegt, Warteschlange, fehlende Unterlage
- 15 Warteschlange, Unterlagen vorhanden
- 14 Zeichner zugewiesen, in technischer Bearbeitung
- 13 Plan gezeichnet, kein Planversand erfolgt
- 12 Planversand erfolgt, fehlende Statik, keine Freigabe
- 11 Planversand erfolgt, Statik vorhanden, keine Freigabe
- 10 Freigabe erfolgt, noch nicht produzierbar
- 9 Freigabe erfolgt, produzierbar
- 8 Produktionseinplanung erfolgt, an LR übergeben
- 7 An Produktion übergeben (in Produktion)
- 6 Produziert
- 5 Produziert, für Auslieferung gesperrt
- 4 Produziert, zur Auslieferung freigegeben
- 3 Zur Auslieferung vorgesehen
- 2 Lieferschein erstellt, zur Beladung eingeteilt
- 1 Auslieferung abgeschlossen
- 0 Rechnung geschrieben

Abbildung 12: "GESYS" Produktion Umlaufanlage 2

In *Abbildung 13* ist die Plantafel des Standwerkes dargestellt. Im Gegensatz zur Umlaufanlage sind hier die Farben nicht statusabhängig, sondern projektspezifisch, indem für jedes Projekt eine eigene Farbe gewählt wird. Jede Spalte stellt in der Grafik einen Produktionstag, jede Zeile einen Produktionsstandort dar. Das ausgewählte Element ist ein Stiegenlauf, der am Standort 3 des Standwerkes produziert wird.

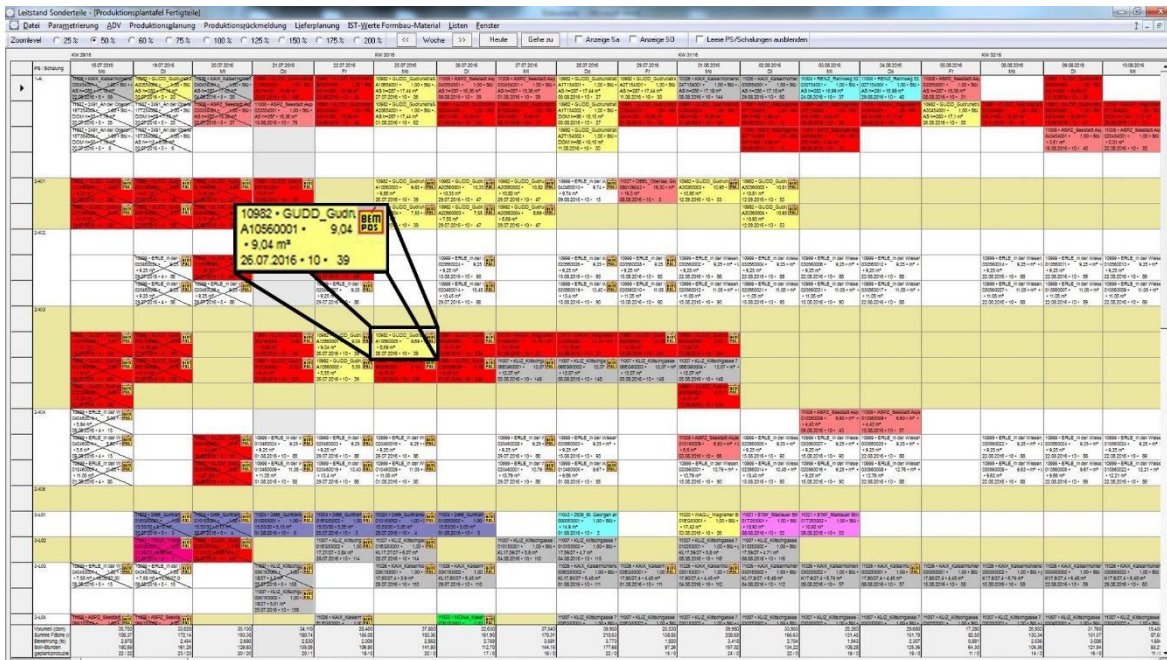


Abbildung 13: "GESYS" Produktion Standwerk

5. **Auslieferung:** Die Auslieferung dient zur Terminübersicht und Verwaltung des Eigenfuhrparkes bzw. der Fremdfahrzeuge. Der Status der Lieferung kann abgefragt und Lieferscheine können gedruckt werden.
6. **Kalkulation:** Kalkulationen mittels Stammdaten und Ist-Wert-Erfassungen nach der Produktion können einfach und schnell durchgeführt werden.
7. **Lagerhaltung – Logistik:** Die Lagerorganisation ist mittels Barcode-Scanner möglich. In *Abbildung 14* ist das gesamte Mischek-Gelände zu sehen. Die unterschiedlich eingefärbten Punkte symbolisieren je einen Elementstapel, welcher mit einem Barcode versehen und in die Lagerorganisation aufgenommen wurde. Früher wurden die Stapel mit überlangen Elementen mit der Farbe Rot gekennzeichnet. Dies ist jedoch nicht mehr üblich. Heute haben die Farben keine bestimmte Bedeutung mehr, sondern dienen lediglich der Übersicht und werden von der Lagerhaltung frei gewählt.

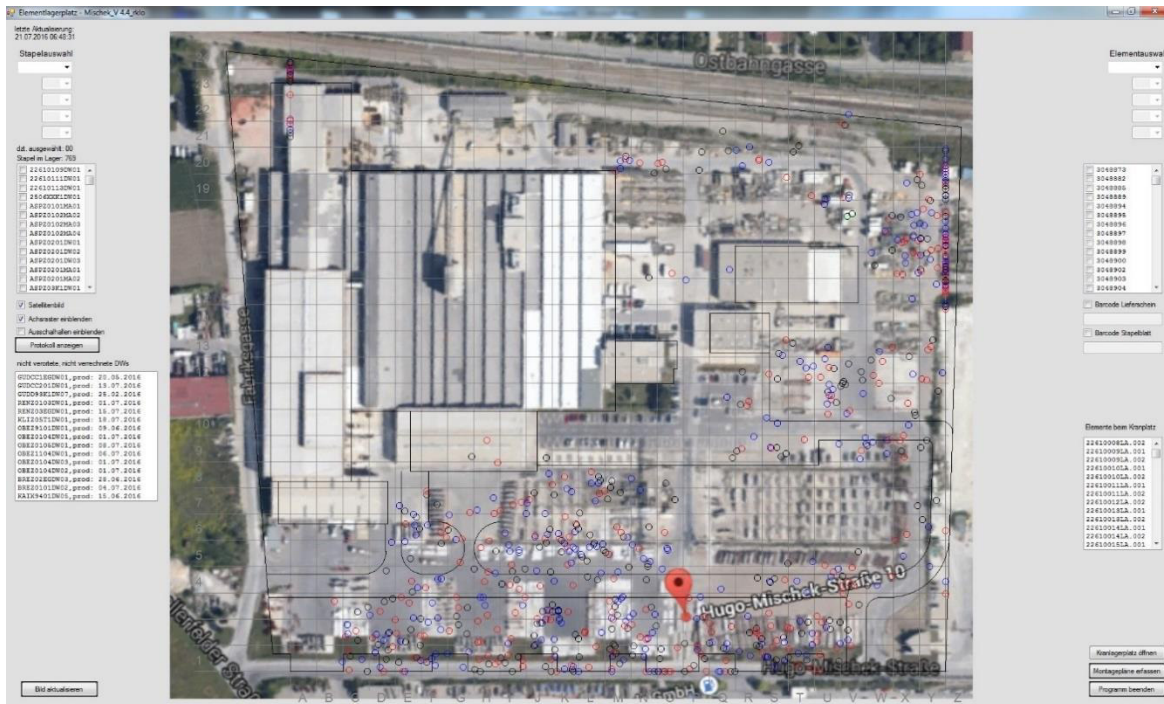


Abbildung 14: "GESYS" Lagerplatzvisualisierung

3.6.2 Logistikablauf der Firma Mischek Systembau GmbH

In diesem Unterkapitel wird der Logistikablauf eines Fertigbetonelementes von der Planung bis hin zur Auslieferung beschrieben. Generell muss mit einer Vorlaufzeit von zirka 4 Wochen, vom Planeingang bis zur Auslieferung des Elementes, gerechnet werden.

1. Voraussetzung für den Arbeitsbeginn im Fertigteilwerk ist die Vollständigkeit der Pölier-, Schalungs-, Bewehrungs-, Elektro- und HKLS-Pläne und deren Freigabe. Sind alle Pläne vorhanden und freigegeben, so kann mit der sogenannten Elementierung begonnen werden.
2. Im ersten Schritt wird das Fertigelement mit dem Programm „PLANBAR“ der Firma Nemetschek visualisiert, in 3D aufbereitet und im CAD-Format digitalisiert. Alle notwendigen Informationen wie Betongüte, Bewehrung, Einbauteile, Aussparungen oder Ähnliches müssen beinhaltet sein. Wie bereits erwähnt, gibt es zurzeit leider keine Möglichkeit, die unterschiedlichen Pläne in das Programm „PLANBAR“ einzulesen. Das Arbeiten aller Akteure an einer gemeinsamen Projektdatei mittels BIM (Building Information Modeling) wird zwar immer häufiger, ist jedoch noch nicht ausgereift und kommt leider erst selten zur Anwendung. Daher muss jedes Projekt von Grund auf neu in 3D aufbereitet werden. Im Zuge der 3D-Aufbereitung wird auch die bereits erwähnte Stapelung durchgeführt. Hierbei wird das Projekt in zahlreiche Stapel, abhängig von der Elementart, unterteilt. Die ideale Zuteilung setzt sich aus der Lieferreihenfolge, der Produktionskapazität im Werk, den Transportvorschriften und den Lagerungsmöglichkeiten im Werk und auf der Baustelle zusammen.
3. Im nächsten Schritt erfolgt der Import der CAD-Datei in das Programm „GESYS“ durch die GESYS-CAD-Schnittstelle, welche im Programm integriert ist. Aus 3D-Plänen wird eine Logistikdatei erzeugt, bestehend aus Stammdaten des Bauvorhabens, Materialien, Mengen, Terminen und allen notwendigen Informationen für eine einwandfreie Logistik.

4. Ist der gewünschte Liefertermin bekannt, so kann nun der Produktionstermin festgelegt werden.
5. Durch die Verknüpfung der Elementinformationen aus dem CAD-Programm (Dimensionierung, Gewicht, Betongüte, Einbauteile, Bewehrung), der Projektdaten und dem Produktionstermin können nun die benötigten Materialien beschafft und vorbereitet werden. Auf Grund von beschränkten Lagerflächen sollte die Lagerzeit so kurz wie möglich gehalten werden. Bei der Beschaffungslogistik müssen jedoch unterschiedliche Vorlaufzeiten berücksichtigt werden. Zum Beispiel benötigt die firmeneigene Eisenbiegerei eine Vorlaufzeit von 24 Stunden für das Vorbereiten sämtlicher Bewehrungselemente.
6. Stehen alle benötigten Einbauteile und Materialien zur Verfügung, kann das Element zur Produktion freigegeben werden. Wird ein Element produziert, so werden die verbrauchten Materialien automatisch vom Materiallager abgebucht, um immer einen aktuellen Lagerstand dokumentieren und sicherstellen zu können.
7. Der Produktionsprozess eines Betonfertigelementes setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:
 - a. Arbeitspalette säubern und vorbereiten
 - b. Schalung herstellen
 - c. Einbauteile positionieren
 - d. Bewehrung einlegen
 - e. Betonieren
 - f. Beton verdichten und kontrollieren
 - g. Härten (gegebenenfalls in der Härtekammer)
 - h. Ausschalen
8. Nach der Fertigstellung wird jedes Element mit einem Barcode versehen, seinem Stapel zugeordnet und am Lagerplatz bis zur Auslieferung zwischengelagert.
9. Am Lagerplatz wird jedes Element bzw. jeder Stapel mittels des eingescannten Barcodes mit einem Mobiltelefon aufgenommen. Jeder Punkt symbolisiert einen Stapel und wird in der Lagerplatzvisualisierung dargestellt. Da sich die Platzierung eines Elementstapels bis zur Auslieferung nicht verändert, wird der Standort beim Einscannen des Barcodes gespeichert. Erst wenn das Fertigbetonelement den Lagerplatz verlässt, wird dies mittels Ausgangsbestätigung, ebenfalls über das Mobiltelefon, auf die Lagerplatzvisualisierung übertragen und das Elementsymbol vom Standort entfernt.
10. Im Fuhrpark wird nun die Auslieferung der Elemente organisiert. Hierbei werden die Fertigteile in Liefereinheiten eingeteilt und der Transport vom Fertigteilwerk zur Baustelle koordiniert.

3.6.3 Ablaufdiagramm der Fertigteilproduktion

In *Abbildung 15* wird die bereits beschriebene Fertigteilproduktion Schritt für Schritt, vom Einarbeiten der einzelnen Pläne über die Dateneingabe und die Materialbeschaffung bis hin zur Produktion und Lagerung, dargestellt.

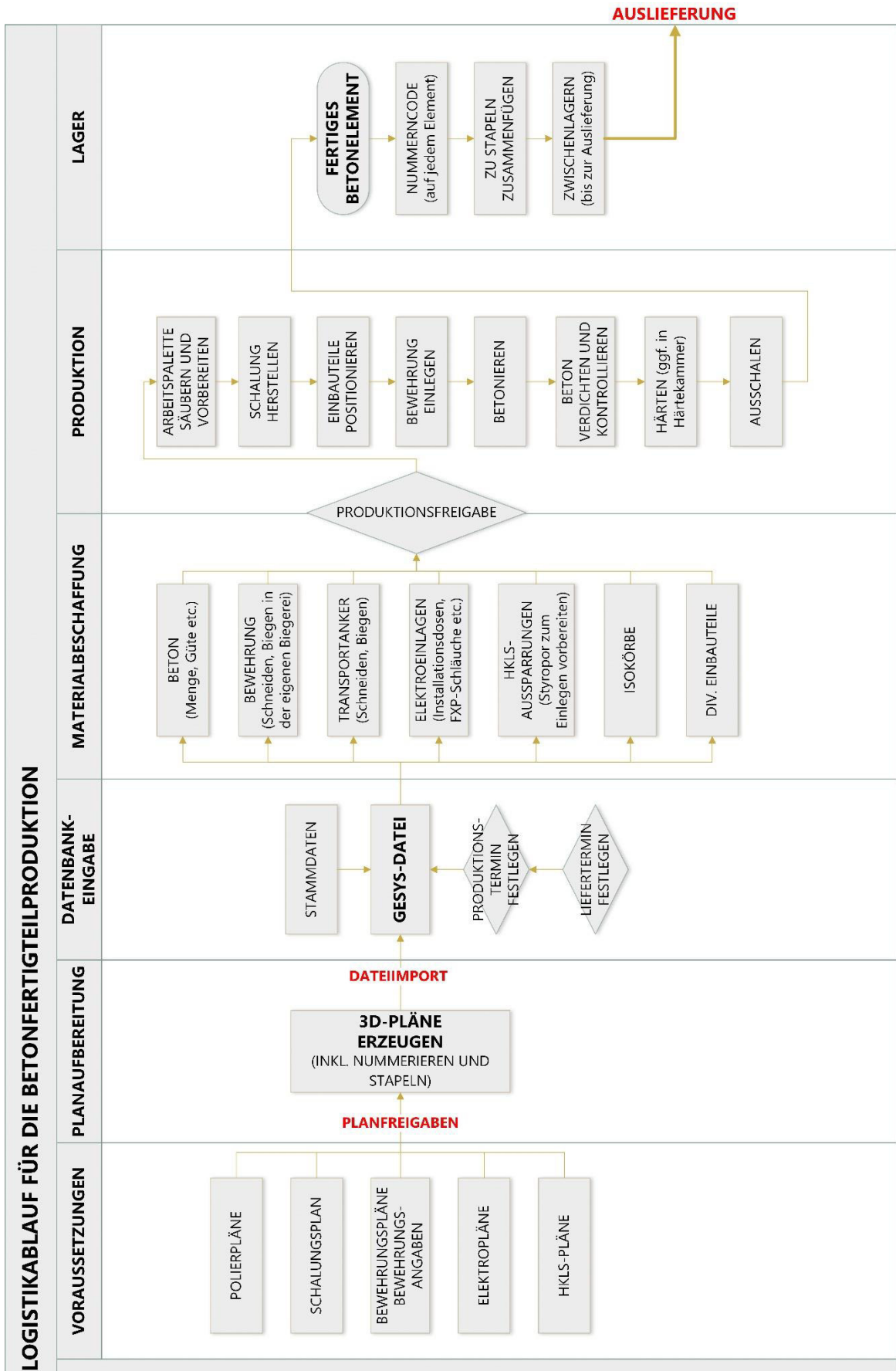


Abbildung 15: Logistikkablauf für die Betonfertigteileproduktion

3.6.4 Verladung der Fertigteile

Sind die Fertigteile produziert und ausreichen ausgehärtet, können sie verladen und auf die Baustelle transportiert werden. Die Organisation des Transportes vom Mischek-Werk bis hin zur Baustelle wird vom Fuhrpark durchgeführt. Im Idealfall sollten sämtliche Stapel mit den Fertigbetonelementen mittels Portalkran vom Lagerplatz direkt auf den LKW verladen werden. Da dies jedoch nicht immer möglich ist, kann ein Gabelstapler ebenfalls zur Verladung auf die LKWs herangezogen werden. Der Transport der Fertigelemente auf die Baustellen erfolgt ausschließlich über Subunternehmer. Mit rund 8 Innenladern und 5 weiteren Sattelauflegern werden im Durchschnitt wöchentlich 135 Fuhren ausgeliefert, wobei eine durchschnittliche LKW-Ladung ca. 17 Tonnen wiegt. In *Abbildung 16* sind Bilder eines Innenladers und eines Sattelauflegers zu sehen.



Abbildung 16: oben – Innenlader, unten – Sattelaufleger⁶¹

⁶¹ UHL: Uhl Spezial- und Schwertransporte, 2016.

Das Fertigteilwerk wählt die Lastkraftwagen so aus, dass die gesetzlichen Vorgaben eingehalten und Ausnahmegenehmigungen von Sondertransporten umgangen werden können. In *Unterkapitel 4.2.1* wird das Österreichische Kraftfahrzeuggesetz 1967 mit den maximalen zulässigen Gesamtgewichten je Achsanzahl gegenübergestellt.

Wie bereits in *Kapitel 3.6.2* erwähnt, erfolgt die Stapelung des gesamten Projektes bereits am Beginn der Projektplanung, im Zuge der 3D-Aufbereitung mit dem CAD-Programm PLANBAR. Jedes Element wird hier einem Stapel zugeordnet, indem der Zeichner das gesamte Projekt in die unterschiedlichen Elementarten einteilt, anschließend in einzelne Elemente unterteilt und danach mehrere zu einem Stapel zusammenfügt. Die Zuteilung erfolgt manuell und setzt sich aus der Lieferreihenfolge, der Produktionskapazität, den Transportvorschriften und den Lagerungsmöglichkeiten zusammen. Je nach Abmessungen bzw. Gewicht der einzelnen Elemente und der Stapel kann eine LKW-Ladung sehr unterschiedlich aussehen. Die durchschnittliche Beladung des Fertigteilwerkes Mischek besteht aus entweder einem Wandstapel oder 1–2 Deckenstapel. Sonderelemente wie Stiegenläufe oder Aufzugelemente werden meist gesondert transportiert.

In *Abbildung 17* und *Abbildung 18* sind Stapellisten sowie dazugehörige 3D-Darstellungen von Massivwänden und Elementdecken abgebildet. Die Stapelliste beinhaltet Elementnummer, Elementtyp, Höhe, Abmessung, Dicke und Gewicht. Diese beiden Darstellungen werden im Mischek-Werk als Vorlage und Richtwert für die Stapelung verwendet.

STAPELLISTE		EBTA 0202 MA			
AUFTRAG-in CAD.: EBTA_Einbauteilprojekt-2		Auftragsnummer: 10317			
Auftraggeber: Bauvorhaben: Montageabschnitt: Geschloß:					
RECHNUNGSANSCHRIFT:			LIEFERANSCHRIFT:		
Plannummer	Typ	Ebene	Abmessungen [m]	d [cm]	Gewicht [t]
EBTA0202WA.1	WA	1	5.000 x 2.600	15.00	4.78
EBTA0202WA.3	WA	2	4.000 x 2.600	15.00	3.82
EBTA0202WA.4	WA	3	3.000 x 2.600	15.00	2.87
EBTA0202WA.5	WA	4	3.000 x 2.600	15.00	2.87
EBTA0202WA.2	WA	5	5.000 x 2.600	15.00	4.78
Anzahl: 5					19.12
1	1				
2	3				
3	4				
4	5				
5	2				
STAPEL-Nr.: 1					

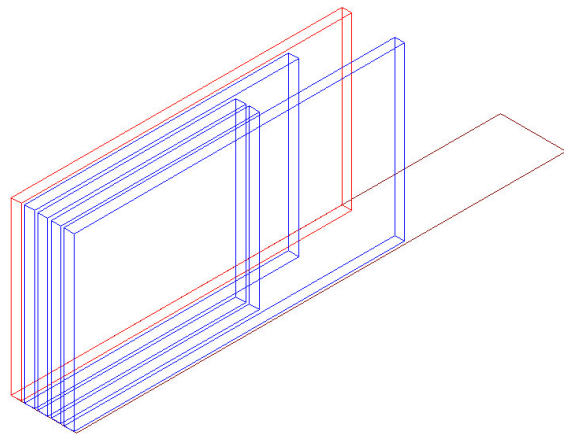


Abbildung 17: Stapelliste und 3D-Ansicht eines Massivwände-Stapels

STAPELLISTE		EBTA 16K1ED			
AUFTRAG-In CAD.: EBTA_E_inbauteilprojekt-2			Auftragsnummer: 10317		
Auftraggeber:					
Bauvorhaben:					
Montageabschnitt:					
Geschloß:					
RECHNUNGSANSCHRIFT:			LIEFERANSCHRIFT:		
Pos.Nr.	Element-Typ	Höhe	Abmessungen [m]	d [cm]	Gewicht [to]
EBTA16K1 1	Elementdecke	1	4.000 x 2.500	6.00	1.47
EBTA16K1 2	Elementdecke	2	4.000 x 2.500	6.00	1.47
EBTA16K1 3	Elementdecke	3	4.000 x 2.500	6.00	1.47
EBTA16K1 4	Elementdecke	4	4.000 x 2.500	6.00	1.47
EBTA16K1 5	Elementdecke	5	4.000 x 2.500	6.00	1.47
EBTA16K1 6	Elementdecke	6	4.000 x 2.500	6.00	1.47
EBTA16K1 7	Elementdecke	7	4.000 x 1.283	6.00	0.75
EBTA16K1 8	Elementdecke	-7	4.000 x 0.940	6.00	0.55
EBTA16K1 9	Elementdecke	8	4.000 x 0.810	6.00	0.48
Gesamt	Stück:	9			10.60
					
STAPEL-Nr.: 1					

Abbildung 18: Stapelliste und 3D-Ansicht eines Elementdecken-Stapels

4 Auf dem Weg zur Baustelle

Dieser Transport muss ordnungsgemäß organisiert und durchgeführt werden. Prinzipiell achtet das Fertigteilwerk darauf, Sondertransporte zu vermeiden. Dies ist jedoch, auf Grund von größeren Abmessungen oder bei Sonderelementen, nicht immer möglich. Die Vorschriften für Sondertransporte sind sehr umfangreich, der Organisationsaufwand wird erschwert und auch die Transportkosten erhöhen sich erheblich. In diesem Kapitel wird auf den Transport, seine Besonderheiten, Organisationsmerkmale, Möglichkeiten und Grenzen sowie auf gesetzliche Bestimmung genauer eingegangen.

4.1 Definition – Transport

„Unter Transport versteht man die Raumüberbrückung oder Ortsveränderung von Transportgütern mit Hilfe von Transportmitteln. Jedes Transportsystem besteht aus dem Transportgut, dem Transportmittel und dem Transportprozess.“⁶²

Die ordnungsgemäße Ausführung des Transportes von Gütern setzt einerseits die Wahl des richtigen Transportmittels und andererseits die Organisation des günstigsten Transportprozesses voraus. Für die Transportausführung stehen unterschiedliche Transportketten zur Verfügung. Die möglichen Transportketten werden in *Abbildung 19* dargestellt. Anschließend werden die in der Abbildung aufgelisteten Begriffe kurz erläutert.

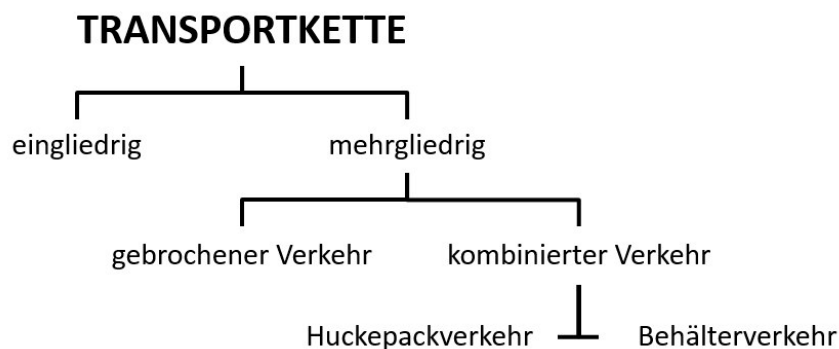


Abbildung 19: Möglichkeiten zum Aufbau einer Transportkette⁶³

4.1.1 Transportkette

Es gibt zahlreiche unterschiedliche Transportketten, welche an dieser Stelle genauer erklärt werden.⁶⁴

Eingliedrige vs. mehrgliedrige Transportkette

Bei der *eingliedrigen Transportkette* findet kein Wechsel des Transportmittels statt, sondern das Transportgut wird direkt vom Liefer- zum Empfangspunkt gebracht. Findet jedoch ein Wechsel des Transportmittels statt, so spricht man von einer *mehrgliedrigen Transportkette*. Werden die Fertigteile per LKW vom Fertigteilwerk direkt zur Baustelle transportiert, so fällt dies unter die Kategorie des eingliedrigen Transportes. Da es jedoch auch Werke

⁶² Pfohl H.C.: Logistiksysteme, 2010, S. 149.

⁶³ Vgl. Pfohl H.C.: Logistiksysteme, 2010, S. 152.

⁶⁴ Vgl. Pfohl H.C.: Logistiksysteme, 2010, S. 151.

mit einem direkten Gleisanschluss gibt, werden Fertigteile gelegentlich mittels Bahn transportiert. Dabei ist es notwendig, die Transportgüter am Zielbahnhof auf Lastkraftwagen zu verladen, um an den Endbestimmungsort zu gelangen. Hierbei spricht man von einer mehrgliedrigen Transportkette. Bei dieser kann zwischen gebrochenem Verkehr und kombiniertem Verkehr unterschieden werden.

Gebrochener vs. kombinierter Verkehr

Beim *gebrochenen Verkehr* kommt es zu einem Wechsel der Transportgefäße. Wird das Transportgefäß selbst, das ganze Transportmittel oder lediglich Teile des Transportmittels von einem Transportmittel auf das andere verladen, so spricht man vom *kombinierten Verkehr*. Werden Güter zum Beispiel mit Hilfe von Paletten von einem Transportcontainer in einen anderen verladen, so handelt es sich um gebrochenen Verkehr. Wird jedoch der gesamte Container oder sogar der ganze LKW verladen, so spricht man von kombiniertem Verkehr, welcher wiederum in Huckepack- und Behälterverkehr unterteilt werden kann.

Huckepackverkehr vs. Behälterverkehr

Der Unterschied zwischen Huckepackverkehr und Behälterverkehr ist, dass beim *Huckepackverkehr* das gesamte Verkehrsmittel auf ein anderes verladen wird. Beim *Behälterverkehr* hingegen werden lediglich die Ladungseinheiten, wie Container oder Anhänger, ohne begleitendes Motorfahrzeug auf ein anderes Transportmittel verladen. Typische Huckepackverkehrssysteme sind der Roll-on-roll-off-Verkehr oder der Swim-on-swim-off-Verkehr, wo ganze LKWs auf Zügen oder auf Schiffen transportiert werden.

4.2 Vorschriften für Transporte

Bei der Organisation und Ausführung von Transporten gibt es zahlreiche Vorschriften und Verordnungen, welche eingehalten werden müssen. Als zentrales Regelwerk kann das Österreichische Kraftfahrzeuggesetz von 1967 angesehen werden. Auch die Straßenverkehrsordnung muss bei der Planung und Organisation des Transportes und der Baustelleneinrichtung berücksichtigt werden.

4.2.1 Österreichisches Kraftfahrzeuggesetz 1967

Das Kraftfahrzeuggesetz ist mit 23. Juni 1967 als Bundesgesetz vom Nationalrat beschlossen worden und hat bis heute für alle Kraftfahrzeuge und Anhänger, die auf Straßen mit öffentlichem Verkehr fahren, seine Gültigkeit. Da das KFG 1967 sehr umfangreich ist, werden an dieser Stelle nur die für diese Arbeit relevanten Inhalte näher erläutert.⁶⁵

§ 3. Einteilung der Kraftfahrzeuge und Anhänger

In Abschnitt I, § 3 des Bundesgesetzes werden sämtliche Kraftfahrzeuge und Anhänger folgendermaßen eingeteilt:

⁶⁵ Vgl. Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Kraftfahrzeuggesetz 1967, 2016.

Achtung: Da eine komplette Auflistung zu umfangreich wäre, sind die oben angeführten Daten nicht vollständig, sondern legen ihr Augenmerk ausschließlich auf den Gütertransport.

1. Krafträder
2. Kraftwagen, das sind
 - 2.1. Kraftwagen für Personenbeförderung mit mindestens vier Rädern (Klasse M)
 - 2.2. Kraftfahrzeuge für Güterbeförderung mit mindestens vier Rädern (Klasse N)
 - 2.2.1. zulässige Gesamtmasse < 3.500 kg (Klasse N1)
 - 2.2.2. zulässige Gesamtmasse > 3.500 kg und < 12.000 kg (Klasse N2)
 - 2.2.3. zulässige Gesamtmasse > 12.000 kg (Klasse N3)
3. Sonderkraftfahrzeuge
4. Anhänger, das sind
 - 4.1. Anhängewagen
 - 4.2. Einachsanhänger
 - 4.3. Sattelanhänger
 - 4.4. Zentralachsanhänger
 - 4.5. Starrdeichselanhänger
 jeweils unterteilt in:
 - Klasse O1: zulässige Gesamtmasse ≤ 750 kg
 - Klasse O2: zulässige Gesamtmasse > 750 kg ≤ 3.500 kg
 - Klasse O3: zulässige Gesamtmasse > 3.500 kg ≤ 10.000 kg
 - Klasse O4: zulässige Gesamtmasse > 10.000 kg
5. Sonderanhänger

§ 4. Allgemeines (Bauart und Ausrüstung der Kraftfahrzeuge und Anhänger)

In Abschnitt II, § 4 werden unter anderem die Abmessungen von Kraftfahrzeugen und Anhängern sowie deren Gesamtgewicht folgendermaßen beschränkt:

- (6) Abmessungen von Kraftfahrzeugen und Anhängern dürfen nicht überschreiten:
1. eine größte Höhe von 4,00 m
 2. eine größte Breite von
 - a) bei klimatisierten Fahrzeugen 2,60 m
 - b) bei allen anderen Kraftfahrzeugen und Anhängern 2,55 m
 3. eine größte Länge von
 - a) bei Kraftfahrzeugen und Anhängern 12,00 m
 - b) bei Gelenkkraftfahrzeugen 18,00 m
- (7) Das Gesamtgewicht eines Kraftwagens oder Anhängers darf nicht überschreiten:
1. bei Fahrzeugen mit zwei Achsen 18.000 kg
 2. bei Kraftfahrzeugen mit mehr als zwei Achsen 25.000 kg
 3. bei Kraftfahrzeugen mit mehr als zwei Achsen
 - b) jede Antriebsachse mit Doppelbereifung und max. Achslast von 9.500 kg nicht überschritten 26.000 kg
 4. bei Kraftfahrzeugen mit mehr als drei Achsen 32.000 kg
 - 4a. bei Kraftfahrzeugen mit Betonmischeraufbau mit mehr als drei Achsen 36.000 kg
 5. bei Gelenkkraftfahrzeugen 38.000 kg

(7a) „Bei Kraftwagen mit Anhängern darf die Summe der Gesamtgewichte sowie die Summe der Achslasten 40.000 kg, im Vorlauf- und Nachlaufverkehr 44.000 kg [...] nicht überschreiten.“

§ 101. Beladung

(1) Auch die Beladung von Kraftfahrzeugen und Anhängern wird im Kraftfahrzeuggesetz geregelt und ist nur zulässig, wenn unter anderem

- a) *„das höchste zulässige Gesamtgewicht, die höchsten zulässigen Achslasten und die größte Breite des Fahrzeuges sowie die Summe der höchsten zulässigen Gesamtgewichte eines Kraftfahrzeuges mit Anhänger, [...] durch die Beladung nicht überschritten werden,“*
- b) die größte Höhe nicht überschritten wird,
- c) die größten Längen nicht überschritten werden,
- d) alle erteilten Auflagen eingehalten werden,
- e) *„die Ladung und auch einzelne Teile dieser, auf dem Fahrzeug so verwahrt oder durch geeignete Mittel gesichert sind, dass sie den im normalen Fahrbetrieb auftretenden Kräften standhalten und der sichere Betrieb des Fahrzeuges nicht beeinträchtigt und niemand gefährdet wird.“* Die Ladung darf den Laderaum nicht verlassen können.

(4) *„Ragt die Ladung um mehr als 1 m über den vordersten oder hintersten Punkt des Kraftfahrzeuges, bei Kraftfahrzeugen mit Anhängern des letzten Anhängers, hinaus, so müssen die äußersten Punkte der hinausragenden Teile der Ladung anderen Straßenbenutzern gut erkennbar gemacht sein.“*

(5) *„Transporte, bei denen die [...] festgesetzten Voraussetzungen nicht erfüllt werden, und Langgutfuhren, bei denen die Länge des Kraftfahrzeuges oder des letzten Anhängers samt der Ladung mehr als 16 m beträgt, sind nur mit Bewilligung des Landeshauptmannes, in dessen örtlichem Wirkungsbereich der Transport durchgeführt werden soll, zulässig.“*

4.2.2 Sondertransporte

„Bei Sondertransporten - kurz Sotra - handelt es sich um Transporte, deren Abmessungen die erlaubten Grenzwerte (für Gewicht, Breite, Länge und Höhe) laut Kraftfahrzeuggesetz überschreiten.“⁶⁶

Werden die im Kraftfahrzeuggesetz geregelten Abmessungen, das Gesamtgewicht oder andere Bestimmungen überschritten beziehungsweise nicht erfüllt, so ist eine Erlaubnis zur Durchführung eines Sondertransportes erforderlich. Die Bearbeitung der Anträge für Sondertransporte obliegt für Bundesstraßen in Österreich dem Straßenerhaltungsunternehmen ASFINAG und für Landesstraßen der jeweiligen Landesregierung. Als Hilfestellung gibt es unter www.sondertransporte.gv.at ein E-Governmentportal für Sondertransporte aller Bundesländer der Republik Österreich, mit allen Unterlagen, Informationen und Vorschriften bezüglich Antragstellung und Bewilligung in Österreich. Als aktuelle Rechtsgrundlage für Sondertransporte ist der SOTRA-Gesamterlass vom März 2015 gültig.

SOTRA-Gesamterlass (Version 1 – Stand: März 2015)⁶⁷

Im SOTRA-Gesamterlass werden alle gültigen Erlässe bezüglich Sondertransporte zusammengefasst und vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie zur Verfügung gestellt.

⁶⁶ Vgl. ASFINAG AG: Sondertransporte, 2016.

⁶⁷ Vgl. BMVIT: Verkehr – Erlässe – Sondertransporte, 2016.

In Kapitel 1 des Erlasses wird die Rechtsgrundlage von Sondertransporten zusammengefasst und Begriffe werden definiert. In *Abbildung 20* ist ein Ausschnitt aus dem SOTRA-Gesamterlass zu sehen. Gemäß §101 bedürfen Transporte, welche die im KFG festgelegten Voraussetzungen nicht erfüllen und eine Gesamtlänge von 16 m überschreiten, einer Bewilligung des örtlichen Landeshauptmannes. §104 beschränkt die Bewilligungsdauer auf maximal ein Jahr, wenn die Ladung unteilbar ist und die Beförderung auf dem größten Teil der Strecke mit einem anderen, umweltverträglicheren Verkehrsträger nicht durchgeführt werden kann.

1. § 101 Abs. 5 KFG 1967

Gem. § 101 Abs. 5 KFG 1967 sind Transporte, bei denen die im Abs. 1 lit. a bis c angeführten oder die gemäß Abs. 6 festgesetzten Voraussetzungen nicht erfüllt werden, und Langgutfahren, bei denen die Länge des Kraftfahrzeuges oder des letzten Anhängers samt der Ladung mehr als 16 m beträgt, nur mit Bewilligung des Landeshauptmannes, in dessen örtlichem Wirkungsbereich der Transport durchgeführt werden soll, zulässig.

2. § 104 Abs. 9 KFG 1967

Gem. § 104 Abs. 9 KFG 1967 ist das Ziehen von Anhängern oder das Verwenden von Sattelkraftfahrzeugen, wenn die für die Summe der Gesamtgewichte und für die größte Länge festgesetzten Höchstgrenzen überschritten werden, nur mit Bewilligung des Landeshauptmannes zulässig, in dessen örtlichem Wirkungsbereich die Anhänger gezogen oder die Sattelkraftfahrzeuge verwendet werden sollen. Diese Bewilligung darf höchstens für die Dauer eines Jahres und nur zum Zwecke der Erprobung oder nur bei Vorliegen folgender Voraussetzungen erteilt werden:

Abbildung 20: Ausschnitt aus dem SOTRA-Gesamterlass S. 2.

Kapitel 2 erläutert das Verfahren bei der Behörde und definiert die Zuständigkeiten. Generell ist im KFG 1967 festgelegt, dass die Erteilung von Ausnahmegewilligungen dem Landeshauptmann obliegt. Bei Transitfahrten ist jener Landeshauptmann zuständig, in dessen Land die Einreise der ersten zu bewilligenden Fahrt erfolgt. Die Behörden sind verpflichtet, die Anträge ohne unnötigen Aufschub, spätestens aber innerhalb von drei Monaten, zu bearbeiten. Da eine Einheitlichkeit der Auflagen angestrebt wird, werden die Transporte nach Breite, Höhe, Länge und Gewicht in Stufen eingeteilt. In *Tabelle 11* werden diese Stufen hinsichtlich Fahrzeugabmessungen auf Autobahnen, Schnellstraßen und sonstigen Straßen dargestellt. Mittels dieser Einteilung werden vereinheitlichte Vorschriften wie Brückenaufgaben, Bewilligungen, geforderte Transportbegleitungen und andere Vorgaben geregelt.

Transportbegleitung Bundesstraßen A und S				
	Stufe 1 Eigenbegleitung	Stufe 2 1 vereidigtes Straßen- aufsichtsorgan	Stufe 3 2 vereidigte Straßen- aufsichtsorgane	Stufe 4 3 vereidigte Straßenauf- sichtsorgane + Stufe 1
Breite	3,01-3,20 m	3,21-4,50 m	4,51-5,00 m	ab 5,01 m
Höhe	-----	ab 4,31 m	-----	-----
Länge	22,01-25,00 m	25,01-40,00 m	ab 40,01 m	-----
Gewicht	individuell, je nach Gewicht, Achslast und Vorgabe des Gutachtens der Straßenverwaltung (Brückensachverständigen)			ab 140,01 t

Diese Tabelle geht von einer voll ausgebauten Straße ohne Gegenverkehrsbereiche, Baustellen und Tunnel aus.

Sonstige Straßen				
Breite	3,01-3,20 m	3,21-4,00 m	4,01-4,50 m	ab 4,51 m
Höhe	-----	4,21-4,50 m	ab 4,51 m	
Länge	22,01-25,00 m	25,01-30,00 m	30,01-40,00 m	ab 40,01 m
Gewicht	Individuell, je nach Gewicht, Achslast und Vorgabe des Gutachtens der Straßenverwaltung (Brückensachverständigen)			ab 140,01 t

Tabelle 11: Anlage IV. Tabelle für Grenzwerte aus dem SOTRA-Gesamterlass, S. 51.

Sperrzeiten

Unter *Punkt 12* des SOTRA-Gesamterlasses ist angeführt, dass die jeweiligen Regelungen der Fahr- und Sperrzeiten im Autobahn- und Schnellstraßennetz den Stellungnahmen der ASFINAG zu entnehmen sind. ASFINAG teilt alle Sondertransporte je nach Breite, Gewicht und Höhe ebenfalls in vier Klassen ein, welche sich nur gering von der Stufung des SOTRA-Gesamterlasses unterscheiden. In *Tabelle 12* sind die vier verschiedenen Stufen (von 0 bis 3) dargestellt. Sobald eines der genannten Kriterien zutrifft, gilt die jeweilige Klasse für die Sperrzeiten.⁶⁸

	Breite	Gewicht	Höhe	Sperrung des Gegenverkehrs
Klasse 0	kleiner/gleich 3,5m	- kleiner/gleich 80t; - 80,01t - 90t (wenn Fahrzeuglänge größer/gleich 20 m); - 90,01t - 100t (wenn Fahrzeuglänge größer/gleich 22 m);	-	nein
Klasse 1	3,51m bis 4,50m	- größer 80t; - 80,01t - 90t (wenn Fahrzeuglänge kleiner 20 m); - 90,01t - 100t (wenn Fahrzeuglänge kleiner 22 m);	-	nein
Klasse 2	4,51m bis 5,00m	100,01 bis 140t	-	nein
Klasse 3	größer/gleich 5,01m	größer/gleich 140,01t	tatsächliche Höhe des Transports größer/gleich 4,50m	ja

Tabelle 12: Kriterien für die Zuordnung der Sperrzeiten für Sondertransporte⁶⁹

Die große Schwierigkeit bei den Sperrzeiten ist, dass die Regelungen einerseits sehr umfangreich und andererseits nicht in allen Bundesländern Österreichs einheitlich sind. Generell gibt es in Österreich einheitliche Sperrzeiten. Der Großraum Wien, das Burgenland und Niederösterreich haben jedoch zusätzliche Einschränkungen beziehungsweise Sonderregelungen. Soll ein Sondertransport in Ferien, an Tagen vor Feiertagen und in den Wintermonaten November bis Mitte April ausgeführt werden, muss ebenfalls mit weiteren Vorschriften gerechnet werden. Fährt der Transporter zum Beispiel vom Fertigteilwerk in Niederösterreich zu einer Baustelle in Wien, so können bereits bei kurzen Entfernungen erhebliche Schwierigkeiten auf Grund von unterschiedlichen Sperrzeiten und Nachtfahrverboten entstehen. In *Tabelle 13* werden die regulären Sperrzeiten für Sondertransporte dargestellt und die Zusatzregelungen für Niederösterreich und das Burgenland zusammengefasst.

⁶⁸ Vgl. ASFINAG AG: Einheitliche Sperrzeiten für Sondertransporte, 2016.

⁶⁹ ASFINAG AG: Einheitliche Sperrzeiten für Sondertransporte, 2016.

Klasse 0 (Breite bis 3,5m, Gewicht wie bei generellen Vorschriften bis 100t)

→ Keine Sperrzeiten!

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
MO																									
DI																									
MI																									
DO																									
FR																									
SA																									
SO																									

Sperrzeiten alle Bundesländer
Sperrzeiten NÖ/Bgld zusätzlich
Keine Sperrzeiten

Klasse 1 (Breite 3,51-4,50m ODER Gewicht größer 80t und nicht innerhalb der Kriterien der generellen Stellungnahmen)

Für NÖ/Bgld:

Montag 06:00 – 09:00 Uhr

Freitag 14:00 – 20:00 Uhr

Für die anderen Bundesländer

Montag 06:00 – 08:00 Uhr

Freitag 14:00 – 20:00 Uhr

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
MO																									
DI																									
MI																									
DO																									
FR																									
SA																									
SO																									

Sperrzeiten alle Bundesländer
Sperrzeiten NÖ/Bgld zusätzlich
Keine Sperrzeiten

Klasse 2 (Breite 4,51-5,00m ODER Gewicht 100,01-140t)

Für NÖ/Bgld:

Mo-Do 06:00 - 09:00 Uhr und 15:00 - 19:00 Uhr

FR 12:00 – 20:00 Uhr

Für die anderen Bundesländer

Mo-Do 06:00 - 08:00 Uhr und 16:00 - 19:00 Uhr

(Für Kärnten A2 RFB Arnoldstein: Ab Ast. Klagenfurt West (km 328) Ausdehnung des Tagzeitfensters bis 17:00 Uhr.)

(Für Oberösterreich A8 RFB Suben: Ab Ast. Meggenhofen (km 31) Ausdehnung des Tagzeitfensters bis 17:00 Uhr.)

FR 14:00 – 20:00 Uhr

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
MO																									
DI																									
MI																									
DO																									
FR																									
SA																									
SO																									

Sperrzeiten alle Bundesländer
Sperrzeiten NÖ/Bgld zusätzlich
Keine Sperrzeiten

Klasse 3 (Breite ab 5,01m ODER Gewicht ab 140t ODER tatsächliche Höhe ab 4,50m ODER Sperre des Gegenverkehrs notwendig)

→ Generell Nachtfahrt 20:00 – 06:00 Uhr

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
MO																									
DI																									
MI																									
DO																									
FR																									
SA																									
SO																									

Sperrzeiten alle Bundesländer
Sperrzeiten NÖ/Bgld zusätzlich
Keine Sperrzeiten

Tabelle 13: Reguläre Sperrzeiten für Sondertransporte⁷⁰

⁷⁰ ASFINAG AG: Einheitliche Sperrzeiten für Sondertransporte, 2016.

Die Komplexität der Vorschriften und Regelungen im SOTRA-Gesamterlass verdeutlicht den erhöhten Planungs- und Organisationsaufwand für Sondertransporte. Daher ist jedes Unternehmen darauf bedacht, derartige Großtransporte zu vermeiden. Da im Mischek-Werk hauptsächlich Elemente für den Wohnungsbau produziert werden, deren Abmessungen geringer sind, können Sondertransporte meist vermieden werden. Fertigelemente für den Brücken- und Tunnelbau oder andere Spezialgebiete haben jedoch oft größere Abmessungen, was die Durchführung von Sondertransporten unumgänglich macht.

4.3 Transport von Fertigteilen

Auf Grund der hohen Gewichte und großen Abmessungen der Fertigteile sind eine sorgfältige Planung und Organisation des Transportes zur Baustelle sehr wichtig. Nicht nur die Wahl des richtigen Transportmittels, sondern eines geeigneten Hebezeuges ist sehr kostenintensiv und somit ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauvorhabens. Die Optimierung des Transportweges erfordert umfangreiches Wissen bezüglich der unterschiedlichen Transportmöglichkeiten und umfasst folgende Punkte:

- die örtliche Lage der Baustelle
- die vorhandenen Transportwege zur Baustelle
- die Abmessungen und Gewichte der Fertigteile
- die verfügbaren Hebezeuge bzw. Montagegeräte
- die Stabilisierung der Fertigteile auf den Transportmitteln
- besondere Sicherungsmaßnahmen beim Transportvorgang
- die Entladung auf der Baustelle
- die gesetzlichen Bestimmungen der StVO
- die Transportkosten

Da das Straßennetz bis hin zur kleinsten Ortschaft und nahezu jedem Zielort gut ausgebaut ist und der Straßentransport verglichen mit anderen Transportmitteln eine große Flexibilität aufweisen kann, dominiert im Allgemeinen der Transport von Fertigteilen über die Straße. Verfügt das Fertigteilwerk jedoch über einen Gleisanschluss, so können auch Schienentransporte kostengünstig durchgeführt werden. In Ausnahmefällen können Stahlbetonfertigteile auch mittels Wasser- und Lufttransporten ausgeführt werden.⁷¹

4.4 Abladen von Fertigteilen

Die Erschließung der Baustelle und das Abladen der Fertigteile muss so organisiert werden, dass der angrenzende Verkehr nicht behindert wird. Hierbei müssen die Rechtsvorschriften der *Straßenverkehrsordnung von 1960* eingehalten werden. Sowohl Arbeiten auf oder neben der Straße sowie Halteverbote oder das Nutzen des Gehsteiges bedürfen einer Bewilligung. Die Vollziehung dieser Bewilligung liegt im Wirkungsbereich der Gemeinde, in Wien somit der zuständigen Magistratsabteilung. Hierbei müssen Bewilligungen für die Ausführung der Arbeiten, benötigte Halteverbote und Lagerflächen eingeholt werden. Die Anträge müssen zirka vier bis acht Wochen vor dem beabsichtigten Termin gestellt werden und sind

⁷¹ Vgl. Zilch K., et. al.: Handbuch für Bauingenieure, 2012, S.947ff.

teilweise mit hohen Bearbeitungsgebühren und -kosten verbunden. Nach einer positiven Bewilligung müssen die genehmigten Maßnahmen eingehalten werden. Wurde ein Halteverbot zum Zweck von Anlieferungen gewährt, so darf diese Fläche auch wirklich nur für Ladetätigkeiten genutzt werden und nicht als Parkplatz für Baustellenfahrzeuge. Auf der Homepage der Stadt Wien können alle Informationen, Voraussetzungen, Fristen und Termine, zuständigen Stellen, Verfahrensablauf inklusive benötigter Unterlagen sowie die Kosten und Zahlungsbedingungen der unterschiedlichen Bewilligungen nachgelesen werden. Nachfolgend werden die wichtigsten Anträge für das Bauen in Wien zusammengefasst.^{72,73}

4.4.1 Arbeiten auf oder neben Straßen

Zuständigkeit:	MA 46
Allg. Informationen:	Für Baustellen und Baustofflagerungen im Straßenraum.
Voraussetzungen:	Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs müssen gewährleistet werden.
Fristen/Termine:	ca. 4–8 Wochen
Kosten:	Bundesgebühren: € 14,30 (für den Antrag) € 3,90 (je Blatt, max. €21,80) € 14,30 (für Verhandlungsschrift) Verwaltungsabgabe (Höhe richtet sich nach Bewilligungsart) Kommissionsgebühr (Höhe richtet sich nach Verhandlungsdauer) Gebrauchsabgaben (Höhe richtet sich nach Nutzungsdauer)

4.4.2 Kurzfristige Halteverbotszone

Zuständigkeit:	MA 46
Allg. Informationen:	Zum Zweck von Übersiedlungen oder Ähnlichem für max. 1 Woche.
Voraussetzungen:	Vorhandensein eines regulären Parkstreifens.
Fristen/Termine:	Antrag muss zeitgerecht eingelangt sein.
Kosten:	€ 52,08

4.4.3 Fallweise Halteverbotszone

Zuständigkeit:	MA 46
Allg. Informationen:	Zum Zweck von Transporten oder Anlieferungen für max. 2 Jahre.
Voraussetzungen:	Vorhandensein eines regulären Parkstreifens.
Fristen/Termine:	Antrag muss mind. 4 Wochen vor Gültigkeitsbeginn eingelangt sein.
Kosten:	€ 52,08 bis zirka € 120,00

⁷² Vgl. Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Straßenverkehrsordnung 1960, 2016.

⁷³ Vgl. Stadt Wien: wien.at, 2016.

4.4.4 Baustofflagerungen

Zuständigkeit:	MA 46
Allg. Informationen:	Für die Lagerung von Baustoffen und das Aufstellen von Gerüsten, Containern und Kränen.
Voraussetzungen:	Eine ordnungsgemäße Durchführung der Baustelle und der Beschilderung ist zu gewährleisten.
Fristen/Termine:	Antrag muss mind. 8 Wochen vor Gültigkeitsbeginn eingelangt sein.
Kosten:	Bundesgebühren: € 14,30 (für den Antrag) € 3,90 (je Blatt, max. € 21,80) € 14,30 (für Niederschrift) Verwaltungsabgabe: € 3,99 (für Niederschrift) € 6,54 (für Gebrauchserlaubnis) € 1,81 (je m ² , mind. € 35,97) Kommissionsgebühr (Höhe richtet sich nach Verhandlungsdauer) Gebrauchsabgaben (Höhe richtet sich nach Nutzungsdauer)

5 Auf der Baustelle

Nach erfolgreicher Produktion der Fertigelemente und anschließendem Transport befindet sich das Fertigteil nun auf der Baustelle. Jede Baustelle ist, aufgrund der individuellen Größe, Lage, Umgebung, den Anrainern und diversen anderen Beschaffenheiten ein Unikat. Sowohl für die Arbeitsvorbereitung als auch für die Baustelleneinrichtung dienen zwar unzählige Erfahrungsberichte und Hilfswerke als Richtlinie, jedoch sind alle Arbeitsschritte auf das jeweilige Projekt spezifisch abzustimmen. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Bestandteile der Baustelleneinrichtungsplanung behandelt und es wird auf die Montage der Fertigteile, die Nachbehandlungsarbeiten und die Arbeitssicherheit bei den Versetzarbeiten eingegangen.

5.1 Baustelleneinrichtungsplanung

Ziel der Baustelleneinrichtungsplanung ist die Auswahl, Planung und Optimierung der räumlichen und zeitlichen Anordnung aller Produktions-, Lager-, Transport- und Arbeitsstätten. Neben der Baustelleneinrichtungsplanung kommt der Fabrikplanung eine vergleichbare Aufgabe zu. Ziel dieser Fabrikbetriebsplanung ist die Sicherstellung

- eines optimalen Produktionsprozesses (günstiger Produktions- und Fertigungsfluss durch eine optimale Anordnung der Maschinen, Anlagen, Transport- und Lagereinrichtungen),
- menschengerechter Arbeitsbedingungen,
- einer guten Flächen- und Raumausnutzung sowie
- einer hohen Flexibilität der Bauten, Anlagen und Einrichtungen.

Die Unterschiede der Fabrikplanung zur Baustelleneinrichtungsplanung besteht darin, dass die Fabrikplanung standortgebunden, witterungsunabhängig und auf Dauer ausgelegt ist. Die Baustelleneinrichtungsplanung hingegen geht davon aus, dass die Produktionseinrichtungen auf dem Grundstück des Auftraggebers errichtet werden und anschließend wieder entfernt werden müssen.⁷⁴

Die Ermittlung der benötigten Baustelleneinrichtung und der benötigten Flächen ist nicht immer leicht. Vielfach werden Erfahrungswerte herangezogen. In engen und stark besiedelten Ballungsräumen ist es jedoch meist noch schwerer, die benötigten Freiflächen oder freistehenden Räume zu finden. Wurde eine mögliche Aufstellungsfläche für die gesamte Baustelleneinrichtung gefunden, muss als nächster Schritt die Ver- und Entsorgung der Baustelle geplant werden. Diese benötigt während der gesamten Bauzeit eine Strom- und Wasserleitung sowie einen Kanalanschluss. Die Bedarfsmenge der unterschiedlichen Ressourcen kann je nach Projekt und Größe sehr stark variieren.

Diverse Bescheide und Genehmigungen der unterschiedlichen Behörden müssen rechtzeitig berücksichtigt werden. Besonders Verkehrsmaßnahmen oder Gehwegsperrungen müssen behördlich genehmigt werden und können einige Zeit in Anspruch nehmen.⁷⁵

⁷⁴ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 1.

⁷⁵ Vgl. Duschel M., et. al.: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, 2013, S. 99.

5.2 Lagerflächen

Nicht nur für sämtliche Baumaterialien wie Sand, Kies, Mauersteine, Stahl, Schalungsmaterial, Holz usw., sondern insbesondere für Fertigelemente, Mulden und Silos werden genügend Lager- und Stellflächen im Baustellenbereich benötigt. Dabei kann zwischen Zwischenlagerung und langfristiger Vorratslagerung unterschieden werden. Aus Kostengründen werden jedoch eine kurze Lagerzeit und – wenn möglich – eine Just-in-time-Lieferung bevorzugt. Die richtige Platzierung, eine gute Erreichbarkeit und die Wahl der benötigten Größe der Lagerfläche sind sehr wichtig für den reibungslosen Ablauf eines Bauprojektes. Die Platzierung der Lagerflächen innerhalb des Schwenkbereiches des Kranes sowie eine ausreichend dimensionierte Zufahrt für den An- und Abtransport sind von Vorteil.^{76,77}

Grundsätzlich wird empfohlen, große Fertigteile wie Stützen, Gitterträgerplatten oder Ähnliches direkt vom Transportfahrzeug einzubauen. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Anlieferfläche des LKWs im Schwenkbereich des Kranes liegt. Ist dies jedoch nicht möglich, müssen Fertigteile mittels Autokran abgeladen und anschließend zwischengelagert werden. Außerdem sollten sich die Auflagerbedingungen im Lagerungszustand nicht gravierend von jenen im eingebauten Zustand unterscheiden. Dies ist der Grund, warum Deckenelemente im liegenden und Wände im stehenden Zustand transportiert und gelagert werden.

5.2.1 Lagerbedingungen für Fertigbetonelemente

Ist das Einbauen von großen Fertigteilen direkt vom Transportfahrzeug aus nicht möglich, so müssen diese auf der Baustelle zwischengelagert werden. Beim Transport und der Lagerung sollten folgende Grundregelungen eingehalten werden:⁷⁸

- Fassaden- und Wandelemente sollen stehend in Gestellen gelagert werden. Jedes Element soll dabei unterstützt und verkeilt werden. Dadurch können die Elemente in einer beliebigen Reihenfolge verladen und abgehoben werden. *Abbildung 21* zeigt die Sicherung von Wandelementen mittels Bolzen und eine Transportbox für Doppelwände.



Abbildung 21: Sicherungsbolzen und Transportbox für Doppelwände⁷⁹

⁷⁶ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 116.

⁷⁷ Vgl. Duschel M., et. al.: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, 2013, S. 111.

⁷⁸ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 122f.

⁷⁹ VÖB: Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke, 2016.

- Deckenelemente, Treppenläufe oder Träger sollen liegend gelagert werden. Sollen mehrere Elemente übereinandergestapelt werden, so müssen gleich starke Stapelhölzer verwendet werden, welche genau bei den Auflagern positioniert sind und genau übereinanderliegen. *Abbildung 22* zeigt die ideale Lagerung von horizontalen Fertigelementen mit genau übereinanderliegenden Stapelhölzern.

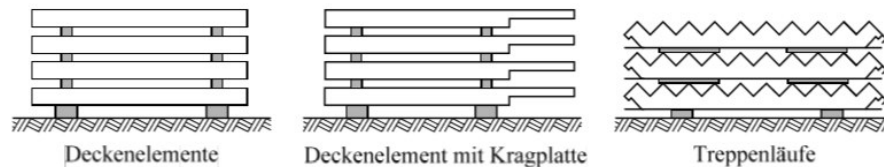


Abbildung 22: Lagerung von Deckenelementen und Treppenläufen⁸⁰

5.2.2 Größe von Lagerflächen

Bei der Lagerung der einzelnen Fertigteilstapel bzw. -boxen sollte darauf geachtet werden, dass das Arbeiten und Anschlagen für das Versetzen der Elemente ungehindert möglich ist. Als Richtwert für die Zwischenräume kann ein Faktor von 1,2 bis 1,4 der eigentlichen Lagerfläche der Fertigteile angesetzt werden. Werden Stützen oder Wandplatten auch horizontal gelagert, so müssen diese vor dem Versetzen erst vertikal aufgerichtet werden. Um hierbei die Ecken zu schonen, werden meist Holz- oder Gummiplatten als Unterlage verwendet und der erhöhte Flächenbedarf für den Aufrichtvorgang muss berücksichtigt werden. Als Richtwert für die erforderliche Lagerfläche kann ein Wert von 1–2 m² Lagerfläche pro m³ Fertigteil angenommen werden.⁸¹

5.3 Hebezeuge

Neben zahlreichen Werkzeugen und Kleingeräten werden auf Baustellen viele Großgeräte wie Turmdrehkrane, Fahrzeugkrane, Autobetonpumpen, Bagger, Hebebühnen oder Ähnliches benötigt. Da der Einsatz von Großgeräten sehr kostenintensiv und maßgeblich für die Qualität und Geschwindigkeit der Bauleistung ist, müssen die Wahl der geeigneten Geräte sowie der Einsatzort, der Standplatz und der Einsatzzeitpunkt bzw. die -dauer ermittelt und geplant werden. Sicherheitstechnische Abstände zu anderen Geräten sowie die gegenseitigen Abhängigkeiten müssen eingehalten und berücksichtigt werden. Der Kommunikation zwischen mehreren Geräteführern und den einweisenden Personen kommt dabei eine große Bedeutung zu, um die notwendige Sicherheit und die Gesundheit der Arbeiter auf der Baustelle gewährleisten zu können.⁸²

5.3.1 Turmdrehkrane

Das zentrale und am häufigsten verwendete Hebezeug auf einer Baustelle ist der Turmdrehkran. Die richtige Anzahl und Dimensionierung sowie die Positionierung der Krane sind wichtig und ausschlaggebend für einen reibungslosen Bauablauf.

⁸⁰ Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 123.

⁸¹ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 123.

⁸² Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 13.

Konstruktionsformen und Elemente

Im Allgemeinen besteht ein Turmdrehkran aus einem Turm, einem Unterbau und einem Ausleger, wobei der Auslegertyp bei der Wahl des idealen Kranes ausschlaggebend ist. Bei der Wahl des richtigen Auslegers kann zwischen Katz-, Nadel-, Biegebalken- und Knickausleger sowie zwischen Untendreher beziehungsweise Obendreher unterschieden werden. Während sich beim Untendreher der Turm samt Ausleger dreht, drehen sich beim Obendreher ausschließlich der Aus- und Gegenausleger. Vorteile des Untendrehers sind die schnelle und einfache Montage und Demontage, jedoch können nur kleinere Lasten und Auslegerlängen gehoben werden. Die erforderliche Stellfläche ist größer, da sich das Gegengewicht mitdreht. Die Vorteile des Obendrehers sind die größere Lastbeanspruchung und die größere Auslegerlänge, Auf- und Abbau gestalten sich jedoch aufwendiger.⁸³

Anzahl und Dimensionierung

Es gibt zahlreiche unterschiedliche Methoden zur Auswahl beziehungsweise Dimensionierung von Kranen.

Nach Hofstadler sind Krangröße, -art und -anzahl von folgenden Faktoren abhängig:⁸⁴

- Bauzeit
- Anzahl der Arbeitskräfte
- Grund- und Aufrissgestaltung des Bauwerks
- Bauweise
- Erforderliche Reichweite
- Traglast bei größter Ausladung
- Größte zu hebende Einzellast
- Größte erforderliche Hubhöhe
- Notwendigkeit des Kletterns mit dem Baufortschritt
- Vorhandene Platzverhältnisse
- Montage- und Demontagezeiten
- Spielzeit
- An- und Abtransport
- Verkehrsanbindung
- Kosten

Nach *Seeling* gibt es drei Möglichkeiten zur Bestimmung der optimalen Krananzahl:⁸⁵

1. Kennzahlen
 - Arbeitskräfteanzahl (Krananzahl ist abhängig von der Arbeitskräfteanzahl)
 - Bruttorauminhalt (Bruttorauminhalt ist ausschlaggebend für Krananzahl)
 - Bruttostoffgewicht (Das pro Monat zu transportierende Baustoffgewicht ist ausschlaggebend für die Anzahl der benötigten Krane)
 - Kranbelegungswert (Der Kranbelegungswert gibt die benötigte Kranzeit je Einheit an)

⁸³ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 17.

⁸⁴ Vgl. Hofstadler C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S. 157ff.

⁸⁵ Vgl. Hofstadler C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S. 158ff.

2. Leistungsabschätzungen über die Kranspielzeit
Mittels Kransdaten (Geschwindigkeit der Kranbewegungen), des Aufstellungsstandortes und den transportierten Lasten kann die Kranspielzeit ermittelt werden.
3. Warteschlangenmodell
Das Warteschlangenmodell ist ein Rechenmodell, in dem das System Mensch-Kran betrachtet wird, um die optimale Anzahl an Kranen ermitteln zu können.

Grundrissfläche und Kranradius

Sowohl der Grundriss als die vorhandene Baustelleneinrichtungsfläche beeinflussen die mögliche Anzahl der Krane. Die Platzierung ist ebenfalls ausschlaggebend für die notwendige Krananzahl. Liegt der Kranstandort im Bauwerk und reicht der Schwenkbereich über das Baufeld und die Lagerflächen, so kann die Anzahl der Krane gesenkt werden.

In *Tabelle 14* werden Richtwerte zur erforderlichen Krananzahl dargestellt. Je nachdem, ob mit Krankübel oder Betonpumpe gearbeitet wird, kann mit 13 bis 25 Arbeitskräften pro Kran gerechnet werden. Bei der Fertigteilmontage gilt ein Richtwert von 3 bis 5 Arbeitern je Kran.

	Mischbauweise ⁸⁶	STB-Bauweise
Arbeitskräfte/Kran, Betoneinbau mit Kran	≤ 15	≤ 13
Arbeitskräfte/Kran, Betoneinbau mit Pumpe	≤ 25	≤ 25
Arbeitskräfte/Kran, Fertigteilmontage	3–5	

Tabelle 14: Richtwerte üblicher Krankapazitäten⁸⁷

Ist die Anzahl der Krane und deren Position bestimmt, so muss ein ausreichend dimensionierter Kran ausgewählt werden. Ausschlaggebend dafür ist das maximal erforderliche Traglastmoment des Kranes. Dies ergibt sich aus dem Produkt der erforderlichen Traglast und der zugehörigen Entfernung der Last zur Turmachse. Bei der Bemessung des Transportes von Fertigteilen wird empfohlen, eine Tabelle mit den schwersten Bauteilen und deren Entfernung des Einbauortes von der Turmachse zu erstellen und somit die Dimensionierung durchzuführen. Um den Turmdrehkran nicht für wenige schwere Fertigteillemente überdimensionieren zu müssen, können in Einzelfällen Fahrzeugkrane herangezogen werden.⁸⁸

In *Tabelle 15* werden gängige Parameter von Turmdrehkränen als Richtwerte zusammengefasst. Für die konkretere Planung werden für jeden Krantyp Produktdatenblätter mit genaueren Traglastangaben, Auslegerlängen, Kranfundamentabmessungen und allen weiteren erforderlichen Maßangaben vom Kranhersteller zur Verfügung gestellt.

Art	Größe des Kranes	Erforderliche Stellfläche	Max. Ausladung	Max. Traglast	Max. Lastmoment
Unterdreher	Klein	Ø 5,0 m	25 m	2,5 t	20 tm
	Mittel	Ø 8,0 m	40 m	5,0 t	50 tm
	Groß	Ø 9,0 m	50 m	8,0 t	100 tm
Oberdreher	Klein	4,0 x 4,0 m	40 m	5,0 t	70 tm
	Mittel	7,5 x 7,5 m	60 m	8,0 t	150 tm
	Groß	10 x 10 m	75 m	16,0 t	350 tm

Tabelle 15: Parameter von kleinen bis großen Turmdrehkränen⁸⁹

⁸⁶ Bauweise aus Stahlbeton, Mauerwerk und eventuell Holz

⁸⁷ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 18.

⁸⁸ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 27.

⁸⁹ Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 29.

Abbildung 23 zeigt die typische Traglastkurve eines Turmdrehkranes. Die Traglast unterteilt sich in zwei Bereiche, einen konstanten und einen abfallenden Bereich. Die maximale Tragfähigkeit im 1. Bereich wird durch die Tragfähigkeit der Krankonstruktion, im 2. Bereich durch das maximale Traglastmoment (Produkt aus Traglast und Ausladung) des Kranes bestimmt.

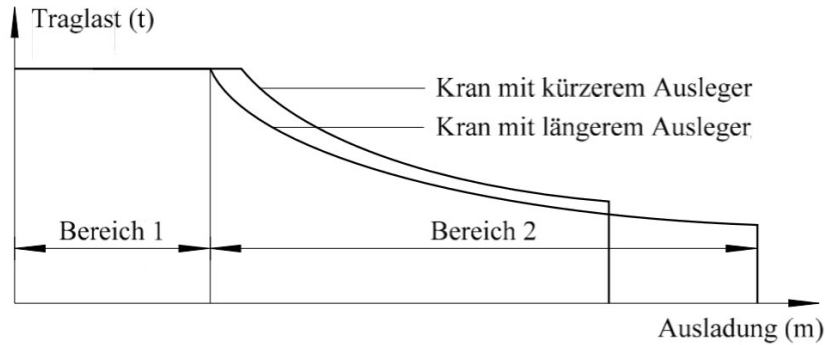


Abbildung 23: Typische Traglastkurve eines Turmdrehkranes⁹⁰

In *Abbildung 24* ist beispielhaft ein vom Kranhersteller erzeugtes Datenblatt abgebildet, das die maximalen Traglasten in Abhängigkeit zur Auslegerlänge eines *81 K Schnelleinsatzkranes* darstellt. Je größer die Ausladung, desto geringer wird das maximal beförderbare Tragvermögen.

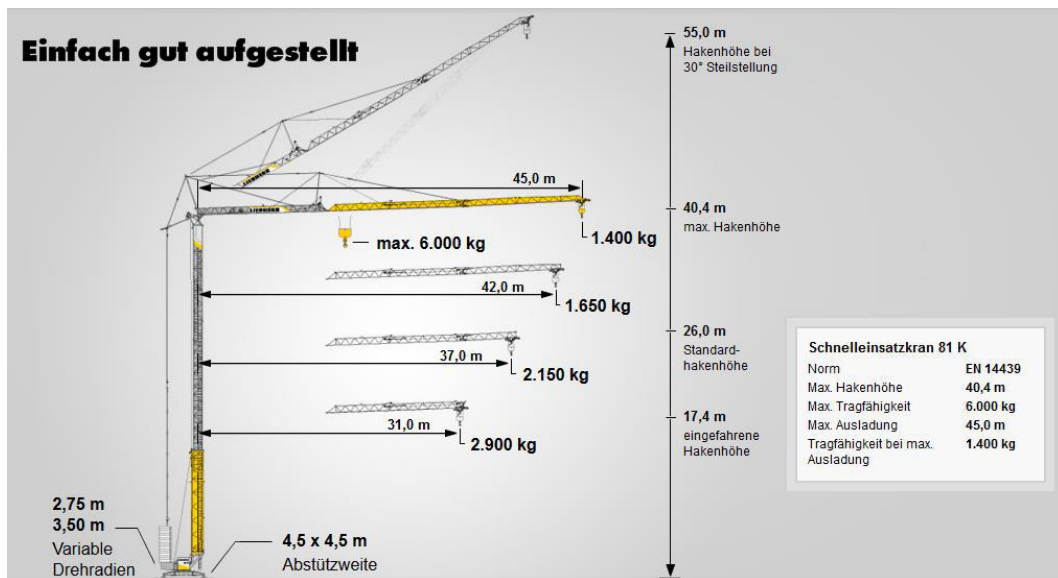


Abbildung 24: Traglastübersicht eines Turmdrehkranes⁹¹

5.3.2 Fahrzeugkrane

Neben Turmdrehkränen kommen häufig Fahrzeugkrane – fahrbare Auslegerkrane mit Radfahrwerk oder mit Kettenfahrwerk – zum Einsatz. Die beiden großen Vorteile von Fahrzeugkränen im Vergleich zu Turmdrehkränen sind die deutlich höheren Traglasten und die Flexibilität des Standortes. Als Nachteil sind hingegen die geringere Reichweite und die deutlich größere Stellfläche zu berücksichtigen. Kommt es auf einer Baustelle zum Einsatz von

⁹⁰ Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 26.

⁹¹ Liebherr: 81K Schnelleinsatzkran, 2016.

Fahrzeugkranen, so muss dies bereits bei der Baustelleneinrichtungsplanung berücksichtigt werden. Für einen gleichzeitigen Einsatz von mehreren Kranen muss unbedingt ein Kraneinsatzplan in Form eines Lageplanes mit Standorten und Schwenkbereichen erstellt werden.⁹²

5.4 Montage der Fertigteile

Befinden sich nun die ersten Fertigelemente auf der Baustelle und das optimale Hebegerät kommt zum Einsatz, so kann mit der Montage der Fertigteile begonnen werden. Die Montageart und die gewählte Verbindungstechnik beeinflussen die Montagezeit und somit auch die Gesamtkosten eines Bauwerkes direkt. Größe und Form der Elemente müssen bereits bei der Planung mit dem vorhandenen Hebezeug abgestimmt werden. Auch die Montagefolge sowie ein Element- und Verlegeplan sind ausschlaggebend für einen reibungslosen Ablauf auf der Baustelle.

In *Abbildung 25* sind beispielhaft Exemplare eines Element- und eines Verlegeplanes dargestellt. Der Elementplan besteht aus dem Grundriss und der Ansicht des ausgewählten Elementes, inklusive Elementnummer, Rostschalung, Richtgewicht, Ausrichtung (Innen- und Außenseite sind beschriftet), Einbauteilsymbole und Bewehrungsüberstand. Der Verlegeplan dient als Orientierungshilfe, welches Element wo verlegt werden muss.

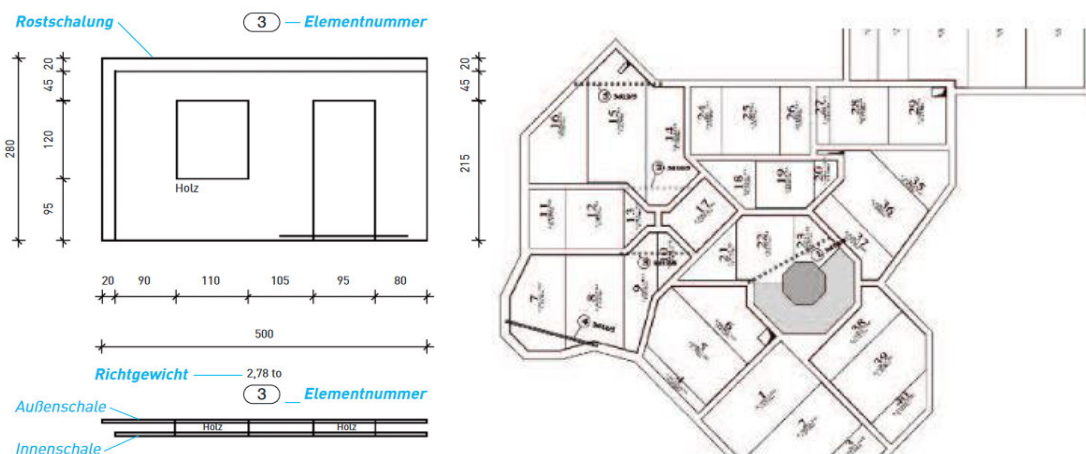


Abbildung 25: Element- und Verlegeplan⁹³

Bei der Montagerihenfolge kann zwischen vertikaler und horizontaler Montage unterschieden werden. Eine Kombination beider Techniken kommt häufig zur Anwendung. Bei der *vertikalen Montage* wird der Gebäudegrundriss in mehrere, meist achsweise Bauabschnitte geteilt. Erst nachdem die ganze Gebäudehöhe eines Abschnittes montiert ist, wird mit dem nächsten Bauabschnitt begonnen. Bei der *horizontalen Montage* hingegen wird das Gebäude geschoßweise über den gesamten Grundriss errichtet. Eine Kombination der beiden Montagearten kommt meist bei über die ganze Gebäudehöhe reichenden mehrgeschossigen Stützen zum Einsatz. Beim Einsatz von Elementdecken kommt nur die horizontale Montageart in Frage, da hier nach der Montage das Aufbringen von Ortbeton erfolgt. Erst

⁹² Vgl. Schach R., et. al.: Baustelleneinrichtung, 2011, S. 32ff.

⁹³ VÖB-Richtlinie: Montageanleitung für Doppelwände, S. 8.

nach einer ausreichenden Erhärtung des Ortbetons kann mit der Montage des nächsten Stockwerkes fortgesetzt werden.⁹⁴

5.4.1 VÖB-Richtlinien

Der Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke hat als Hilfestellung diverse Broschüren mit Montageanleitungen für Fertigelemente herausgegeben. Die VÖB-Richtlinien wurden von den Mitgliedsbetrieben des Verbandes erarbeitet und sollen als unverbindliche Empfehlung dienen. Auf der Homepage des VÖB können Montageanleitungen für Doppelwände, Elementdecken, stabförmige Bauteile, Treppen sowie viele weitere Richtlinien und Verlegevorschläge diverser Betonelemente bezogen werden.

Alle Montageunterlagen beginnen einheitlich mit der vorhandenen Grundausrüstung, dem benötigten Material und den notwendigen Maschinen. Anschließend werden die Vorbereitungsarbeiten, Liefer- und Montagevoraussetzungen beschrieben. Nachdem die wichtigsten Informationen bezüglich Kranverladung zusammengefasst worden sind, wird in jeder Broschüre auf die Montagearbeiten des jeweiligen Fertigelementes eingegangen. Die Betonvorschriften und die notwendigen Nachbehandlungen werden in den beiden nachfolgenden Unterkapiteln behandelt.



Abbildung 26: VÖB-Richtlinien: Montageanleitung für Doppelwände⁹⁵

5.4.2 Montageanleitung für Doppelwände

An dieser Stelle werden die wesentlichen Punkte der „VÖB-Richtlinie Montageanleitung für Doppelwände“ zusammengefasst.⁹⁶

Grundausrüstung von benötigtem Material und notwendigen Maschinen

Im ersten Kapitel wird zusammengefasst, welche Materialien und Maschinen für die Montage von Doppelwänden notwendig sind. Unter anderem werden folgende Maschinen empfohlen: Schlagbohrmaschine, Nivellierstativ, Schlagschrauber mit Stecknuss usw.

⁹⁴ Vgl. Bindseil P.: Stahlbeton Fertigteile nach Eurocode 2, 2012, S. 50f.

⁹⁵ VÖB: Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke, 2016.

⁹⁶ Vgl. VÖB: Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke, 2016.

Vorarbeiten zum Setzen der Wände

Um Wände ordnungsgemäß versetzen zu können wird eine Höhengenaugigkeit der Bodenplatte von +/- 1 cm vorausgesetzt. Auch die Ausrichtung und Genauigkeit der Steckeisen sind ausschlaggebend für die Versetzarbeiten. Bevor mit dem Versetzen begonnen werden kann, muss der Grundriss aller Wände, Türen und Durchlässe aufgetragen und der höchste Punkt der Bodenplatte ausnivelliert werden. Auf einen Abstand von ≥ 9 cm zwischen Wandflucht und Steckeisen muss geachtet werden. Pro Element sollten mindestens 4 Unterlagspunkte verwendet werden, neben den Öffnungen sind eventuell zusätzliche Unterlagen notwendig.

Die in *Abbildung 27* dargestellte Kontrollliste der VÖB kann für die Vorarbeiten zum Versetzen von Doppelwänden herangezogen werden.

KONTROLLISTE <i>Vor Lieferung die folgenden Punkte überprüfen!</i>	
Bauseitige Leistungen <ul style="list-style-type: none"> • Höhengenaugigkeit der Bodenplatte +/- 1 cm. • Steckeisen systemgerecht eingebaut (siehe Bild 2 bzw. Bild 3). • Grundriss aller maßgeblichen Wände geeignet aufgetragen (zusätzliche Maße auftragen, Türen, Aussparungen, etc.). • Schutz- und Arbeitsgerüst bei aufgehender Wand und Schächten. • Betonfestigkeit der Bodenplatte für Montage ausreichend (Dübel setzen, etc.). • Bodenplatte frei von Eis, Schnee, Schutt usw. • Werkzeugsatz vorhanden (siehe Bild 1). • Fugen- / Quelfugenband: <ul style="list-style-type: none"> • vorhanden • eingebaut 	<ul style="list-style-type: none"> • Kettenverkürzung vorhanden. • Genügend lange Ketten vorhanden. • Versetzrichtung bekanntgeben. • Versetzabschnitte bekanntgeben. • Baustromanschlüsse betriebsbereit. • Wenn erforderlich Zwischenlagerplatz für Wandelemente angelegt und mit Polsterhölzern ausgelegt. • Wände stehend lagern und sichern! • Umlegeplatz für hohe Wände in der Nähe des Mobilkrans errichtet (Staffeln, Polsterhölzer). • Störende Ver- und/oder Entsorgungsleitungen stillgelegt bzw. beseitigt. • Werksseitig eingebaute Aussparungen aussteifen. • Außenecken mit Montagewinkeln sichern.
	<ul style="list-style-type: none"> • Montagetrupp eingewiesen (4 Mann): <ol style="list-style-type: none"> 1. Mann: Vorarbeiter (am Element) 2. Mann: Am Element 3. Mann: Arbeitsvorbereitung 4. Mann: Anhängen
	Innenlader oder Tiefbettsattel und Kran <ul style="list-style-type: none"> • Mobilkran / Hochbaukran. • Baustellenzu- und abfahrt sowie Fahrtroute und Aufstellplätze für Innenlader oder Tiefbettsattel und Mobilkran frei und bekanntgeben (Hindernisse wie enge Kurven, parkende Autos, Höhen- und Gewichtsbeschränkungen, Oberleitungen, Äste, Rampen etc. beseitigt). • Waagrechte ebene Fläche für Aufstellplatz bereit. • Kran mit zwei Hubwerken für das Drehen hoher Elemente in der Luft bestellt.

Abbildung 27: Kontrollliste für die Vorarbeiten zum Setzen von Doppelwänden⁹⁷

Abladen der Elemente

Je nach Verlegeplan und Elementnummer kann ein Element nach dem anderen an die vorgesehenen Anschlagmittel angehängt und versetzt werden. Beim Verladen muss darauf geachtet werden, dass nicht an den Gitterträgern angehoben werden darf, dass die Wände langsam und senkrecht aus der Transportbox gehoben werden sollen und dass die restlichen Elemente gesichert sein müssen.

In *Abbildung 28* wird der ordnungsgemäße Transport einer Doppelwand mit dem dafür vorgesehenen Anschlaganker dargestellt.

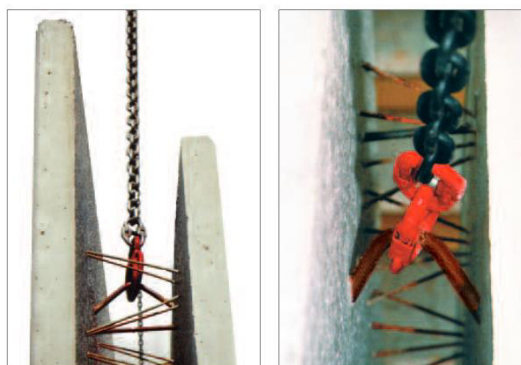


Abbildung 28: Bilder von Anschlagmitteln⁹⁸

⁹⁷ VÖB-Richtlinie: Montageanleitung für Doppelwände, S. 7.

⁹⁸ VÖB-Richtlinie: Montageanleitung für Doppelwände, S. 3.

Zwischenlagerung

Müssen Elemente zwischengelagert werden, so ist eine geeignete und ebene Lagerfläche bereitzustellen. Auf eine ausreichende Sicherung muss geachtet werden.

Das Element am Kran

Das Element muss an den dafür vorhergesehenen Anschlagmitteln angehängt sein. Der Anschlagwinkel am Element darf 60° (siehe *Abbildung 29*) nicht unterschreiten, dies entspricht einem Höhen-/ Breitenverhältnis von $\geq 1,7$. Als Höhe wird hier die vertikale Distanz zwischen Ausleger und Fertigelement, als Breite der Abstand zwischend den beiden Anschlagpunkten verstanden. Plötzliche Bewegungen sind zu vermeiden.

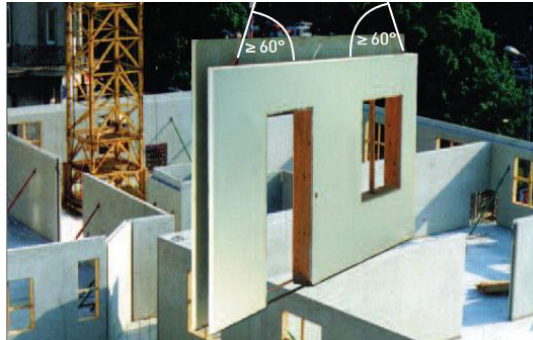


Abbildung 29: Das Element am Kran⁹⁹

„Drehen“ hoher Elemente aus der liegenden Transportlage

Prinzipiell wird empfohlen, dass sich der Lagerungszustand nicht gravierend von dem eingebauten Zustand unterscheiden soll. Daher wird angestrebt, Doppelwände bereits in stehendem Zustand zu befördern und zu lagern. Ist dies jedoch nicht möglich und das Wandelement wird liegend transportiert, so muss das Element vor der Montage um 90° gedreht werden. Das „Drehen“ oder „Umlegen“ wird in der VÖB-Broschüre ebenfalls genau beschrieben. Hierbei kann zwischen „Drehen in der Luft“ und „Umlegen und Aufdrehen auf waagrechtem Umlegeplatz“ unterschieden werden. Beim „Drehen in der Luft“ werden 2 Krane bzw. Hubwerke benötigt. Steht nur ein Kran zur Verfügung, kann das Fertigteil auf einem waagrechten mit Polsterhölzern ausgelegten Umlageplatz umgelegt werden.

Versetzen des Elementes

Im Kapitel „Versetzen des Elementes“ werden alle wichtigen Punkte zusammengefasst, um ein Doppelwandelement einwandfrei versetzen zu können. Die wichtigsten Inhalte dabei sind:

- Auf bereits gestellte Elemente achten, diese nicht verrücken oder beschädigen.
- Das Element langsam absenken, um Beschädigungen der Gitterträger und Einbauteile zu vermeiden.
- Element auf Unterlagspunkte stellen.
- Senkrechte Elementfuge von ca. 1 cm einhalten.
- Element mit Schrägstützen (mind. 2 Stück pro Element) am Element und auf der Bodenplatte sichern.
- Kranhaken erst aushängen, wenn beide Schrägstützen befestigt und gesichert sind.
- Bügelkorb bzw. Mattenstreifen als Stoßfugenbewehrung einsetzen.
- Durchlaufende Elementoberkante kontrollieren.

⁹⁹ VÖB-Richtlinie: Montageanleitung für Doppelwände, S. 3.

5.4.3 Montageanleitung für Elementdecken

Die Montageanleitung für Elementdecken ist grundsätzlich genauso aufgebaut wie die Anleitung für Doppelwände. Auch die Grundausstattung an benötigten Werkzeugen und Materialien ist ähnlich.¹⁰⁰

Liefervoraussetzungen

Bei den Liefervoraussetzungen gibt es einen gravierenden Unterschied zwischen Doppelwänden und Elementdecken. Elementdecken werden im Normalfall aufeinandergestapelt transportiert und müssen auch in dieser Reihenfolge vom LKW gehoben werden. Auf Grund der stehenden Lagerung der Doppelwände ist eine gewisse Flexibilität innerhalb einer Lieferung möglich, welche bei Elementdecken nicht gegeben ist. Daher sollte bereits bei der Produktion und anschließend bei der Beladung des Transportmittels die Verlegereihenfolge bekannt sein und eingehalten werden. Auch die Tatsache, dass Deckenelemente im Allgemeinen direkt vom Transportfahrzeug verlegt werden, muss berücksichtigt werden.

Vorarbeiten – Montageunterstellung

Vor dem Verlegen der Deckenelemente müssen ausreichend tragsichere und standsichere Unterstellungen errichtet werden. Große Aussparungen und Vorsprünge sind zusätzlich zu stützen und abzusichern.

Abbildung 30 stellt eine Zusammenfassung der wichtigsten Eckpunkte für die Vorarbeiten zum Verlegen von Elementdecken dar.

KONTROLLISTE Vor Lieferung die folgenden Punkte überprüfen!	
Bauseitige Leistungen	
• Montageunterstellung gem. Pkt. 3 vorbereitet	
• Arbeits- und Schutzgerüste vorhanden	
• Werkzeugsatz gem. Pkt. 1 vorhanden	
• Genügend lange Ketten vorhanden	
• Verlegerichtung bekanntgegeben	
• Verlegeabschnitte bekanntgegeben	
• Entladestelle(n) für Transportfahrzeuge bekanntgegeben	
	<ul style="list-style-type: none"> • Zwischenlagerplatz gem. Pkt. 5 vorbereitet • Zu- und Abfahrt für Transportfahrzeuge frei • Spannungsführende Leitungen gesichert und andere Hindernisse beseitigt • Mobil-/Hochbaukran bauseits, falls nicht anders vereinbart • Montagetrupp eingewiesen (3 Personen) <ul style="list-style-type: none"> 1. Person: Anschlagen der Elemente 2.+3. Person: Verlegen der Deckenelemente falls erforderlich: Kraneinweiser

Abbildung 30: Kontrollliste für die Vorarbeiten zum Verlegen von Elementdecken¹⁰¹

Abladen und Anhängen der Deckenelemente

Die Kranhaken müssen in die Knotenpunkte der Gitterträger eingehängt werden. Dabei muss auf genügend Abstand bei Aussparungen geachtet werden. Die Einhängpunkte sollen je ca. 1/5 der Deckenelementlänge vom Plattenende entfernt sein. Wie bei den Doppelwänden darf der Winkel zwischen dem Gehänge und dem Deckenelement auf keinen Fall 60° unterschreiten.

Lagerung der Deckenelemente

Auf die richtige Lagerung von Fertigelementen wurde bereits in *Kapitel 5.2.1* näher eingegangen.

Verlegen der Deckenelemente

Als Grundlage für die Position und Lage der Deckenelemente steht ein Verlegeplan zur Verfügung. Wichtig bei den Versetzarbeiten ist, dass die Stöße zwischen den Deckenelementen auf die gesamte Fugenlänge hinweg an der Unterseite keine Höhenunterschiede aufweisen. Wurden die Elektrodosen nicht schon im Werk eingebaut,

¹⁰⁰ VÖB: Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke, 2016.

¹⁰¹ VÖB-Richtlinie: Montageanleitung von Elementdecken, S. 5.

so können die erforderlichen Öffnungen auf der Baustelle nach dem Verlegen der Deckenelemente von unten gebohrt werden. In *Abbildung 31* werden die Versetzarbeiten von Elementdecken abgebildet.



Abbildung 31: Versetzen von Elementdecken¹⁰²

Fugenstoßbewehrung, Zusatz- und obere Bewehrung

Sind alle Deckenelemente verlegt, so müssen diese von sämtlichen Verunreinigungen befreit werden, um die Zusatz- und/oder obere Bewehrung verlegen zu können. Als erster Schritt wird die Fugenbewehrung an den Plattenstößen aufgelegt. Die obere Bewehrung ist nun entsprechend der erstellten Bewehrungspläne zu verlegen.

5.5 Betonieren

Sind die Fertigelemente versetzt, gegebenenfalls unterstellt bzw. gesichert und ist die gesamte Bewehrung verlegt, kann betoniert werden. Für das ordnungsgemäße Betonieren sollten folgende Punkte beachtet werden:¹⁰³

- Sicherer Standplatz erforderlich
- Sicherstellen, dass die Elemente frei von Verunreinigungen wie Eis und Schnee sind
- Unterstellung bzw. Schrägstützen sowie Lage der Fertigelemente vor dem Betonieren kontrollieren
- Beton muss in der angegebenen Güte in einem Arbeitsgang aufgebracht und verdichtet werden
- Vornässen
- Maximale Steiggeschwindigkeit: 1,00 m/h (bei Wänden)
- Gleichmäßig und lageweise einfüllen
- Nie lange punktweise verdichten
- Maximaler Rüttelflaschendurchmesser von 3,5–4,0 cm
- Bestimmungen gemäß ÖNORM B 4710-1 müssen eingehalten werden

¹⁰² VÖB-Richtlinie: Montageanleitung von Elementdecken, S. 5, 6.

¹⁰³ Vgl. VÖB-Richtlinie: Montageanleitung von Elementdecken, S. 6.

5.5.1 Betonverarbeitung

Der Frischbeton wird vom Betonwerk angeliefert und muss zur Einbaustelle gefördert, auf die Elementdecke oder in die Doppelwand eingebracht und anschließend verdichtet werden. Die Entmischung des Betons muss dabei verhindert werden. Die im Einzelfall notwendigen Nachbehandlungsarbeiten schließen das Betonieren ab.

Der erste Arbeitsschritt bei der Betonverarbeitung ist das Befördern des Betons. Hierbei kann zwischen Schütten, Krankübel-, Pumpen- und Bandförderung unterschieden werden. Beim *Schütten* des Betons wird der Frischbeton durch direktes Abkippen oder über Schüttrinnen am Einbauort bzw. in die Schalung eingebracht. Diese Methode ermöglicht jedoch nur eine relativ geringe Einbauleistung und ist für größere Bauobjekte unrentabel. Mittels Krankübel, Pumpen oder durch Bandförderung können die in der Praxis notwendigen größeren Förderleistungen erreicht werden. Beim Einsatz von *Kran und Betonkübel* wird der Beton aus einem Fahrmischer in einen Kübel entleert und anschließend mittels Hebezeug an die Einbaustelle gebracht. Durch den am Kübel vorhandenen Siloverschluss kann der Beton gezielt entleert werden. Für das Betonieren von engen Querschnitten, wie es bei Doppelwänden der Fall ist, kann ein Kunststoffschlauch an dem Siloverschluss angebracht werden, um die maximal zulässige freie Fallhöhe des Betons von 1,50 m gewährleisten zu können. Bei der Anwendung von *Pumpen* oder Rohrleitungen kann der Beton über Ausleger verteilt werden, dies ermöglicht eine kontinuierliche Fördermenge. Für die Pumpförderung muss der Frischbeton jedoch eine gleichmäßige plastisch bis weiche Konsistenz aufweisen, welche durch den Zusatz „Pumpbeton“ auf dem Lieferschein gewährleistet wird. Bei der *Bandförderung* muss wegen Entmischungsgefahr auf die Fördergeschwindigkeit geachtet und ein Abstreifer für Zementleim vorgesehen werden. Das Fördern von Beton über Bänder stellt nicht den Regelfall dar.¹⁰⁴

5.5.2 Verdichten von Beton

Befindet sich der Beton nun auf bzw. im Halbfertigteil, kann dieser verdichtet werden. Beim Stahlbeton ist eine sorgfältige Verdichtung besonders wichtig, um die vollständige Umhüllung der Bewehrung ermöglichen zu können. Je nach Konsistenz des Frischbetons können unterschiedliche Verdichtungsarten und -methoden durchgeführt werden. Die übliche Betonverarbeitung von Auf- bzw. Füllbeton bei Fertigteilen erfolgt mittels Rüttelverdichtung. Hierbei werden die Zuschlagkörner mit periodischen Stößen in Schwingungen versetzt, Luftblasen und überschüssiger Zementleim verdrängt und somit der Beton verdichtet.¹⁰⁵

5.5.3 Nachbehandlungsarbeiten

Nachdem die Betonfertigelemente betoniert worden sind, werden von der VÖB Nachbehandlungsarbeiten empfohlen. Wie bei der Ortbetonbauweise sollte der Aufbeton in den ersten Tagen durch geeignete Maßnahmen (Abdecken, Befeuchten, Schutzfilm usw.) vor dem Austrocknen geschützt werden. Die VÖB empfiehlt außerdem, sämtliche Fugen oder Wandabschlüsse nach dem Betonieren zu säubern. Da erst mit dem erhärteten Beton die notwendige Stabilität der Elemente erreicht ist, dürfen die Montageunterstellung bzw. die

¹⁰⁴ Vgl. Bauer H.: Baubetrieb, 2007, S. 201ff.

¹⁰⁵ Vgl. Bauer H.: Baubetrieb, 2007, S. 249f.

Schrägstützen erst bei ausreichender Härte entfernt werden. Hier gelten ebenfalls die Bestimmungen gemäß ÖNORM B 4710-1.¹⁰⁶

In *Tabelle 16* wird die empfohlene Ausschallfrist in Tagen für tragende Schalungen bei einer mittleren Tagestemperatur von +12°C bis +20°C dargestellt. Diese Richtwerte gelten nicht nur für die Ortbetonbauweise, sondern auch für Elementdecken.

Festigkeitsentwicklung gemäß Tabelle 12 ^a	Betonfestigkeitsklasse					
	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50
EL	21	20	19	17	15	–
EM	18	17	15	12	10	10
ES	14	13	12	10	8	6

^a wenn am Lieferschein des Betons nicht anders angegeben gilt Klasse EM

Tabelle 16: Ausschallfristen in Tagen für tragende Schalungen bei mittleren Tagestemperaturen von +12°C bis +20°C¹⁰⁷

5.6 Arbeitssicherheit

Arbeitssicherheit ist ein sehr wichtiges Thema auf jeder Baustelle. Um Unfälle und Sachschäden bestmöglich zu vermeiden, gibt es die Mappe „Sicherheit am Bau“, welche von der Bundesinnung Bau, der AUVA (Allgemeine Unfallversicherungsanstalt) und der BUAk (Bauarbeiter-Urlaubs- und Abfertigungskasse) gemeinsam erarbeitet und herausgegeben worden ist. In dieser Mappe wird auf jedem Blatt ein Thema zur Arbeitssicherheit behandelt, auch die Arbeit mittels Fertigteilen wird behandelt. Das Merkblatt „D 13 Fertigteilmontage“ beinhaltet die folgenden vier Punkte: Montageanweisung, Arbeitsplätze, Transport und Lagerung. Die wesentlichen Aussagen des Merkblattes sind:¹⁰⁸

- Gewicht der Elemente nicht unterschätzen
- Ordnungsgemäßer Gebrauch der Anschlagpunkte, -mittel
- Richtige Sicherung der Arbeitskräfte während der Arbeit
- Geeignete Lastaufnahmemittel einsetzen
- Gefahrenbereiche absichern
- Absprache aller Beteiligten
- Fachkundige Absicherung der Elemente
- Teile auf Mängel überprüfen

¹⁰⁶ Vgl. VÖB-Richtlinie: Montageanleitung für Elementdecken, S. 6.

¹⁰⁷ ÖNORM B 4710-1: Beton, 2007, S. 122.

¹⁰⁸ Vgl. Arbeitsgemeinschaft Sicherheit am Bau: Sicherheit am Bau, Ausgabe 2012, D.13.

6 Basisdaten für das Kostentool

In diesem Kapitel werden zu Beginn die Grundlagen der Kostenrechnung und der Kalkulation beschrieben. Anschließend werden die Kalkulationsgrundlagen der Bereiche Herstellung, Transport und Einbau einzeln behandelt. Mittels K7-Blatt werden die gesammelten Informationen und Ansätze erarbeitet sowie die Kosten der drei Bereiche berechnet. Danach werden deren Einflussparameter zusammengefasst und gegenübergestellt. Die Grundlagen der unterschiedlichen Projektparameter für das Kostentool werden ebenfalls in diesem Kapitel beschrieben. Die Lage der Beispielprojekte, deren Umgebung, die Größe sowie die Form und Struktur der Gebäude werden kurz zusammengefasst und mittels Plänen veranschaulicht.

6.1 Grundlagen der Kostenrechnung

Die Kostenrechnung ist ein Teilbereich der Kosten- und Leistungsrechnung (KLR) und somit ein Segment des betrieblichen Rechnungswesens. Die Aufgaben der KLR sind vielfältig und reichen von der Preisbildung, über die Kostenzuordnung, die Ermittlung der Preisober- und Preisuntergrenzen bis hin zu Soll-Ist-Vergleichen und der Kontrolle der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens, Bereiches oder Produktes. Im Gegensatz zur Unternehmensrechnung mit der Finanzbuchhaltung unterliegt die KLR keinen rechtlichen Vorschriften. Die ÖNORM B 2061 „Preisermittlung für Bauleistungen“ enthält Begriffsbestimmungen über die Kostenzuordnung und Formblätter zur Preisermittlung (K-Blätter). Diese K-Blätter dienen der einfacheren Prüfbarkeit der Kalkulationen.¹⁰⁹

Die Kosten- und Leistungsrechnung (KLR) dient als Ziel-, Entscheidungs- und Führungsinstrument eines Unternehmens. Die Aufgabenbereiche der KLR werden in *Abbildung 32* dargestellt und unterteilen sich in Bauauftragsrechnung, Baubetriebsrechnung, Soll-Ist-Vergleichsrechnung und Kennzahlenrechnung. Die Kostenrechnung, bestehend aus Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung, ist neben der Leistungs- und der Ergebnisrechnung wiederum ein Teilbereich der Baubetriebsrechnung.¹¹⁰

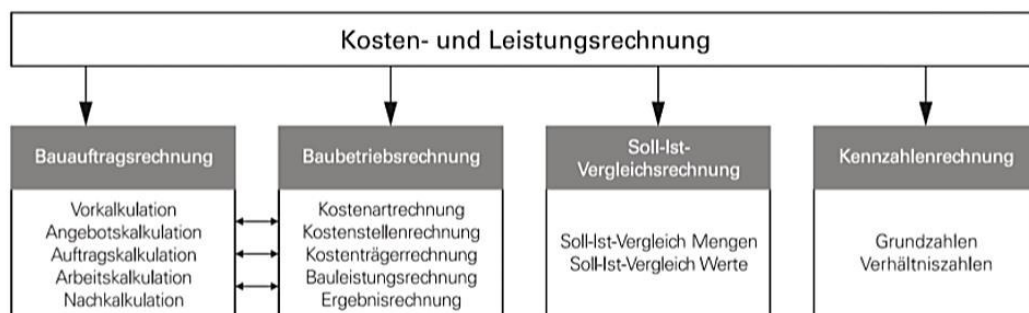


Abbildung 32: Aufgaben der Kosten- und Leistungsrechnung im Bauunternehmen¹¹¹

¹⁰⁹ Vgl. Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 14, 15.

¹¹⁰ Vgl. Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 111.

¹¹¹ Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 112.

Im Rahmen der Kostenrechnung werden folgende drei Fragen analysiert:

- Welche Kosten entstehen? Kostenartenrechnung
- Wo entstehen die Kosten? Kostenstellenrechnung
- Wer/Was verursacht die Kosten? Kostenträgerrechnung

Um ein Betriebsergebnis zu ermitteln, Produktionsentscheidungen zu treffen und Prozesse zu optimieren, müssen alle Kosten eines Unternehmens den betreffenden Produkten oder Leistungen, nach dem Verursacherprinzip, zugeordnet werden.¹¹²

Für das Verständnis der Kostenrechnung bzw. der Kalkulation ist es wichtig, Begriffe wie Kosten und Preis, Fixkosten und variable Kosten sowie Einzel- und Gemeinkosten unterscheiden zu können.

6.1.1 Kosten vs. Preis

Umgangssprachlich werden die beiden Begriffe Kosten und Preis häufig verwechselt oder falsch verwendet. Eine Differenzierung der beiden ist jedoch in der Betriebswirtschaft unumgänglich.

Kosten

„Unter Kosten wird der Werteeinsatz zur Leistungserstellung bezeichnet. Kosten sind der monetär bewertete Einsatz von Produktionsfaktoren zur Erstellung und Erzeugung von Sach- und Dienstleistungen.“¹¹³ Die Kosten sind somit das Produkt aus dem Verbrauch (Stück, Kilogramm etc.) und dem Einsatz der Produktionsfaktoren (€/Stk, €/kg etc.). Sie entstehen erst beim Verbrauch der Güter oder Dienstleistung, nicht bereits beim Kauf.

Preis

„Unter Preis wird der Tauschwert einer Ware oder Dienstleistung am Markt verstanden.“¹¹⁴ Sämtliche Materialien eines Unternehmens haben somit laut Kostenrechnung keinen Preis, sondern Materialkosten. Die Höhe der Kosten entsteht auf Grund des tatsächlichen Werteverzehrs einer Produktion, während der Preis durch Angebot und Nachfrage, Wettbewerb oder Kundenbindung beeinflusst wird. Daher kann nicht festgelegt werden, ob der Preis einer Leistung immer niedriger oder höher als die ermittelten Kosten ist.¹¹⁵

6.1.2 Fixe und variable Kosten

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, den Kostenbegriff zu unterteilen, eine davon ist die Trennung in fixe und variable Kosten. Hierbei wird die Abhängigkeit zwischen den Gesamtkosten und einer bestimmten Kosteneinflussgröße, meist Beschäftigungszahl oder Kapazitätsausnutzung, wiedergegeben.

¹¹² Vgl. Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 113.

¹¹³ Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 21.

¹¹⁴ Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 31.

¹¹⁵ Vgl. Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 80.

Fixe Kosten

Die Höhe der Fixkosten ist unabhängig von der betrachteten Kosteneinflussgröße, wobei weiters zwischen absolut- und intervall-fixen Kosten unterschieden werden kann. Die absolut-fixen Kosten bleiben konstant und sind unabhängig von den Leistungszahlen und dem Beschäftigungsgrad. Die intervall-fixen, oder auch sprung-fixen, Kosten bleiben innerhalb einer Kapazitätsstufe unverändert. Wird diese Stufe jedoch überschritten, so steigen die Fixkosten um einen bestimmten Betrag an. In *Abbildung 33* wird der Unterschied der beiden Fixkosten grafisch dargestellt.

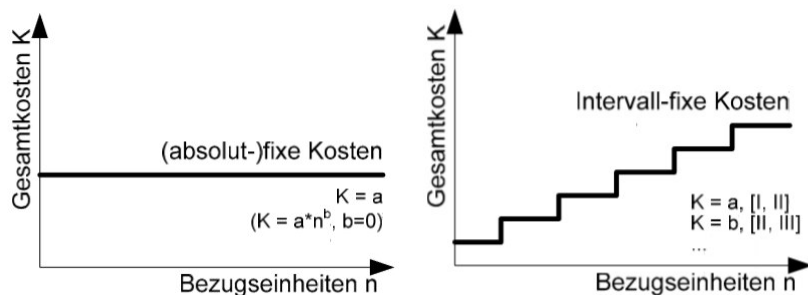


Abbildung 33: Unterschied zwischen absolut- und intervall-fixe Kosten¹¹⁶

Variable Kosten

Die variablen Kosten ändern sich, im Gegensatz zu den Fixkosten, in Abhängigkeit zur Kosteneinflussgröße. Hierbei kann zusätzlich zwischen proportionalen (Kosten ändern sich im gleichen Ausmaß wie die Kosteneinflussgröße), progressiven (Kosten steigen stärker), degressiven (Kosten steigen langsamer) und regressiven (Kosten fallen bei zunehmender Bezugseinheit) Kosten unterschieden werden. In *Abbildung 34* werden die unterschiedlichen variablen Kosten grafisch dargestellt.¹¹⁷

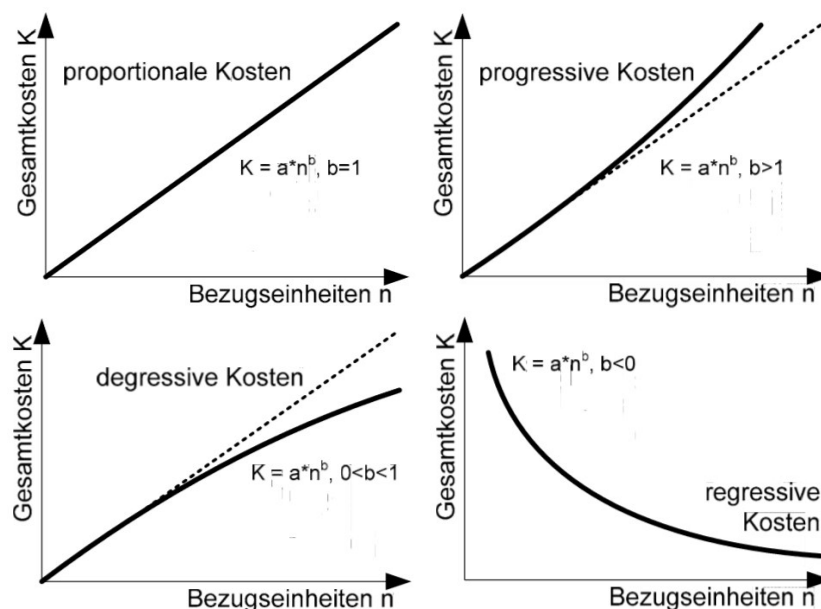


Abbildung 34: Proportionale, progressive, degressive und regressive Kosten¹¹⁸

¹¹⁶ Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 141, 142.

¹¹⁷ Vgl. Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 140f.

¹¹⁸ Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 143, 144.

6.1.3 Einzelkosten und Gemeinkosten

Der Unterschied zwischen Einzelkosten und Gemeinkosten beruht auf dem Verursacherprinzip der Kosten und der Zurechenbarkeit auf einen Kostenträger (Produkt). Eine strenge Trennung der Begriffspaare „fixe und variable Kosten“ und „Einzel- und Gemeinkosten“ ist sehr wichtig, da beide einen anderen Sachverhalt beschreiben.¹¹⁹

Einzelkosten

Einzelkosten können einer einzelnen Leistungseinheit direkt zugerechnet werden, da sie mit der Leistungserstellung in einem unmittelbaren Zusammenhang stehen. Fertigungskosten und -löhne sind typische Einzelkosten.

Gemeinkosten

Im Gegensatz zu den Einzelkosten können Gemeinkosten keiner Leistungseinheit zugerechnet werden, da sie meist für mehr als ein Erzeugnis anfallen. Da die Gemeinkosten keinem Produkt direkt zugerechnet werden können, werden im Zuge der Kostenstellenrechnung mittels Betriebsabrechnungsbogen Zuschlagssätze ermittelt.

6.1.4 Vollkostenrechnung und Teilkostenrechnung

Bei der Herstellkostenermittlung eines Produktes gibt es zwei unterschiedliche Systeme, die Vollkosten- und die Teilkostenrechnung.

Vollkostenrechnung

Bei der Vollkostenrechnung werden dem Kostenträger alle verursachten Kosten, sowohl direkte als auch indirekte Kosten (anteilmäßig), zugerechnet. Handelt es sich bei der Produktion um eine Einzel- bzw. Serienfertigung, so ist die Zuschlagskalkulation eine übliche Berechnungsvariante der Vollkostenrechnung. Hierbei werden die Kosten in Kostenträger-einzel- und Kostenträgergemeinkosten getrennt, die Einzelkosten den Kostenträgern direkt zugerechnet und die Gemeinkosten mittels Zuschlagssätzen aufgeteilt.¹²⁰

Die einheitliche Gliederung der Zuschlagskalkulation ist in *Abbildung 35* dargestellt. Hierbei werden die Einzelkosten, bestehend aus Materialeinzelkosten, Fertigungseinzelkosten sowie Sonderkosten, ermittelt, mittels Zuschlagssätze werden die Gemeinkosten aufgerechnet, somit erhält man die Herstellkosten.

$$\begin{array}{r}
 \text{Einzelkosten der Teilleistungen} \\
 + \quad \text{Gemeinkosten der Baustelle} \\
 \hline
 = \quad \text{Herstellkosten}
 \end{array}$$

Abbildung 35: Standardaufbau einer Zuschlagskalkulation¹²¹

¹¹⁹ Vgl. Plinke W., et. al.: Industrielle Kostenrechnung, 2015, S. 36.

¹²⁰ Vgl. Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 67, 101.

¹²¹ Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 154.

Teilkostenrechnung

Im Gegensatz zur Vollkostenrechnung werden bei der Teilkostenrechnung nur jene Kosten dem Kostenträger zugerechnet, welche durch die Leistungserstellung bedingt sind. Die Gemeinkosten werden gesondert erfasst und in variable und fixe Kosten unterschieden. Die Grenzkostenrechnung, in der die variablen Kosten als unterste Preisgrenze dienen, ist ein typisches Teilkostenrechnungssystem für die Preisgestaltung. Da die fixen Gemeinkosten dem Kostenträger nicht zugerechnet werden, entsteht hiermit für die Preisgestaltung ein größerer Spielraum. Der Preis muss jedoch so gewählt werden, dass die Deckungsbeiträge zumindest die Fixkosten decken.¹²²

Der Deckungsbeitrag ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Erlös und den variablen Kosten. Er soll alle fixen Kosten eines Unternehmens abdecken und auch einen Gewinn beinhalten. Der Punkt, an dem Erlös und Gesamtkosten einer Produktionsmenge gleich sind, wird als Break-Even-Point bezeichnet und gilt als Gewinnschwelle. Jede Produktion über diesen Punkt hinaus führt zu einem Gewinn. In *Abbildung 36* ist das Prinzip der Grenzkostenrechnung grafisch dargestellt. Die Menge M_0 entspricht der Produktionsmenge, in der die Kosten (fixe und variable Kosten) und die Erlöse gleich sind. Erst wenn diese Menge überschritten wird, kann auch Gewinn erzielt werden.

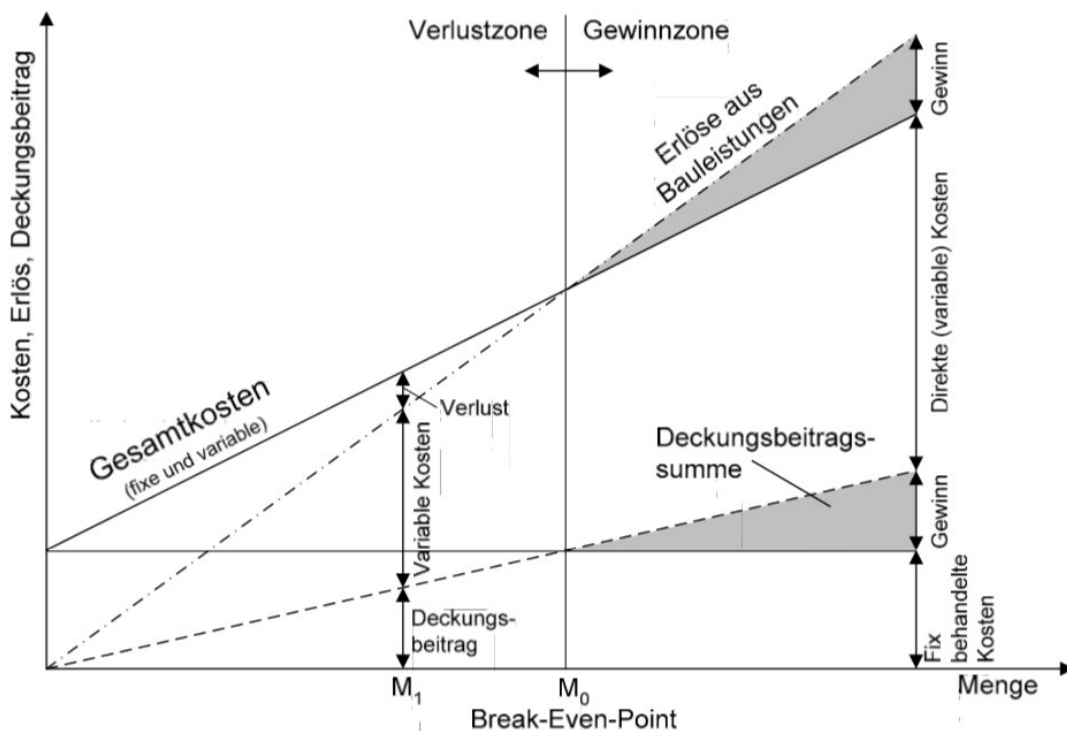


Abbildung 36: Prinzip der Grenzkostenrechnung¹²³

¹²² Vgl. Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 101.

¹²³ Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 382.

6.2 Die Kalkulation

Nachdem die Grundbegriffe der Kostenrechnung erläutert sind, wird nun ein Augenmerk auf die Kalkulation gelegt. Die Kalkulation lässt sich in mehrere Phasen unterteilen und ist ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauunternehmens. Eine genaue und zuverlässige Kalkulation erleichtert die Preisfindung und verringert das Kalkulationsrisiko.

6.2.1 Die Stufen der Kalkulation

Die Kalkulation besteht aus der Vor-, Angebots-, Auftrags-, Arbeits- und Nachtragskalkulation. In *Abbildung 37* werden die Stufen grafisch dargestellt.



Abbildung 37: Stufen der Kalkulation¹²⁴

Vorkalkulation

Der Kalkulationsablauf beginnt mit der Vorkalkulation. Diese dient der Berechnung voll kostendeckender Preise. Alle Chancen und Risiken der Leistungserstellung werden berücksichtigt, um nachfolgende Preisüberlegungen durchführen zu können.

Angebotskalkulation

Die Angebotskalkulation ist eine Modifikation oder Anpassung der Vorkalkulation. Sowohl die Chancen eines Auftrages als auch die Gewinnmaximierung als Unternehmensziel sollen angestrebt werden, was einen Zielkonflikt mit sich bringt. „*Um die Auftragschancen zu erhöhen, sind niedrige, um den Gewinn zu maximieren sind höhere Preise notwendig.*“¹²⁵ Es gibt mehrere Gründe für eine Differenz in den Ergebnissen zwischen der Angebots- und der Vorkalkulation. Preisspekulationen, Chancen auf Mehrkostenforderungen, aber auch unternehmenspolitische Entscheidungen, zum Beispiel der Verzicht auf die Deckung gewisser Fixkosten (wie bei der Teilkostenrechnung), können den Angebotspreis erheblich verändern. Wichtig dabei ist jedoch zu beachten, dass der angebotene Preis bindend ist und nachträglich nicht mehr verhandelt werden kann.

Auftragskalkulation

Nach einer erfolgreichen Angebotskalkulation folgt die Auftragskalkulation. Hierbei werden Leistungsänderungen, Alternativangebote, Zusatzleistungen oder Ähnliches, welche im Zuge der Verhandlungen ausgearbeitet wurden, eingearbeitet.

Arbeitskalkulation

Die Arbeitskalkulation zerlegt die Ansätze der Auftragskalkulation in einzelne, nachvollziehbare Arbeitsabläufe. Zu Beginn der Bauarbeiten werden alle Kosten für die Leistungserbringung realistisch ermittelt. Die gesamte Bauleistung wird mit machbaren Aufwands- und Leistungswerten sowie aktuellen Lohn-, Geräte- und Materialkosten bewertet. Sie dient als Zielvorstellung des Baustellenergebnisses und wird bis zur Fertigstellung regelmäßig aktualisiert und somit bis zum Ende immer genauer.

¹²⁴ Vgl. Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 115f.

¹²⁵ Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 115.

Nachtragskalkulation

Die Nachtragskalkulation dient der Kostenermittlung von Leistungsentwicklungen entgegen des Hauptvertrages.^{126,127,128}

6.2.2 Aufwandswert vs. Leistungswert

Mittels Aufwandswerten und Leistungsansätzen werden die Arbeitsleistungen mit den Kosten verknüpft und sind somit ein wesentlicher Bestandteil der Kalkulation.

Aufwandswert

Wird die Arbeitszeit durch die Mengeneinheit dividiert, so erhält man den Aufwandswert.

$$AW = \text{Arbeitszeit/Mengeneinheit [h/EH]}$$

Dieser gibt den Zeitaufwand für eine hergestellte Leistungseinheit wieder. Der Aufwandswert hat keine Aussagekraft über die Qualität und wird meist für manuelle Leistungen verwendet. Übliche Einheiten für den Aufwandswert sind h/m², h/m³, h/to, h/Stk etc.

Leistungswert

Der Leistungswert errechnet sich aus der erbrachten Leistungsmenge je Arbeitszeit.

$$LW = \text{Mengeneinheit/Arbeitszeit [EH/h]}$$

Er wird meist bei maschinenintensiven Arbeiten angewandt. Dieser Wert besagt, wie viele Leistungseinheiten pro Stunde hergestellt werden können. Übliche Einheiten sind m²/h, m³/h, to/h, Stk/h etc. Mathematisch gesehen ist der Leistungswert der Kehrwert des Aufwandswertes.^{129,130}

6.3 Kalkulationsgrundlagen der Teilbereiche

Nachdem die allgemeinen Grundlagen der Kostenkalkulation zusammengefasst sind, wird nun genauer auf die Kostenverteilung der drei Teilbereiche Herstellung, Transport und Einbau einer Massivwand und einer Elementdecke näher eingegangen. Im Zuge dieser Kalkulation werden alle verursachten Kosten dem jeweiligen Erzeugungsprodukt zugerechnet und somit eine *Vollkostenrechnung* durchgeführt. Im ersten Schritt werden die Kosten der unterschiedlichen Tätigkeiten zusammengefasst und zugeordnet. Anschließend wird mittels K7-Formblatt versucht, die Kosten der unterschiedlichen Bereiche exemplarisch zu berechnen. Danach werden deren Einflüsse erarbeitet und grafisch dargestellt.

¹²⁶ Vgl. Kropik A., et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 114ff.

¹²⁷ Vgl. Jodl H.G., et. al.: Einrichtung & Betrieb von Baustellen, SS 2015, S. 29f.

¹²⁸ Vgl. Girmscheid G., et. al.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauw., 2013, S. 121.

¹²⁹ Vgl. Kropik A. et. al.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 299.

¹³⁰ Vgl. Jodl H.G., et. al.: Einrichtung & Betrieb von Baustellen, SS 2015, S. 39.

6.3.1 Kostenverteilung

Die Erarbeitung der Kosten im Zuge dieses Tools wird in drei Teile,

- Herstellung der Fertigelemente im Fertigteilwerk,
- Transport der Elemente auf die Baustelle und
- Einbau der Fertigbetonelemente auf der Baustelle,

unterteilt, um die Größenordnung der unterschiedlichen Bereiche je Bauvorhaben in Beziehung setzen zu können.

Herstellkosten

Die Herstellkosten beinhalten alle im Fertigteilwerk anfallenden Kosten. Diese Kosten können einerseits in fixe und variable Kosten, andererseits in Einzel- und Gemeinkosten unterteilt werden.

In *Tabelle 17* werden die Herstellkosten der Fertigelemente in fixe und variable Kosten unterteilt. Kosten, die nicht eindeutig den fixen oder variablen Kosten zugeordnet werden können, stehen in der mittleren Spalte unter „nicht zuordenbar“. Gebäudekosten, sämtliche EDV-Anlagen sowie die Gehälter der Projektleitung, Technik, Disposition und Lagerhaltung sind fixe Kosten. Bei den Gerätekosten jedoch muss zwischen besitzbedingten und betriebsbedingten Kosten unterschieden werden. Besitzbedingte Kosten mindern den Wert einer Maschine infolge des Besitzes, dazu zählen Wartungskosten, Versicherungsprämien, Verwaltungsaufwendungen sowie Steuern, und zählen somit zu den Fixkosten. Betriebsbedingte Kosten hingegen mindern den Wert durch dessen Betrieb, hierzu zählen Reparatur- und Betriebskosten. Diese Kosten können, wie auch die Energiekosten, nicht eindeutig zugeordnet werden und stehen in der mittleren Spalte, da sie weder eindeutig zu den Fixkosten noch zu den variablen Kosten gezählt werden können. Ein gewisser Anteil der Energiekosten ist unabhängig von der Produktionsmenge und zählt somit zu den Fixkosten. Ein Teil der Energiekosten steigt jedoch auch auf Grund erhöhter Produktionsmengen und zählt somit zu den variablen Kosten. Die Materialkosten und die Löhne der Arbeiter hingegen sind variable Kosten.

HERSTELLKOSTEN		
Fixkosten	Nicht zuordenbar	Variable Kosten
Gebäudekosten	Energiekosten	Materialkosten
Besitzbedingte Gerätekosten	Betriebsbedingte Gerätekosten	Personalkosten (Fertigungslöhne)
EDV-Anlagen		Hilfsstoffe
Gehälter		

Tabelle 17: Fixe und variable Kosten der Fertigteilherstellung

In *Abbildung 38* wird die Aufteilung der Herstellkosten in Einzel- und Gemeinkosten grafisch dargestellt. Die Einzelkosten unterteilen sich in Material- und Personalkosten. Einzelkosten können der Herstellung eines Produktes direkt zugerechnet werden. Sowohl Materialien wie Beton, Bewehrungsstahl, Anker als auch andere Einbauteile können eindeutig einem produzierten Fertigelement zugeordnet werden und zählen somit zu den Materialeinzelkosten. Auch die Arbeitszeiten, und somit die Fertigungslöhne, können der Herstellung direkt zugerechnet werden und gehören zu den Fertigungslöhnen der Einzelkosten. Die Gemeinkosten bestehen aus Material- und Fertigungsgemeinkosten. Zu den Materialgemeinkosten zählen sowohl Schmieröle für die Anlagen als auch Hilfsstoffe für den Bau und das Warten

der Schalungsmaterialien. Die Fertigungsgemeinkosten beinhalten die Gebäude-, Energie- und Gerätekosten. Die Kosten der EDV-Anlagen sowie die Gehälter der Angestellten zählen ebenfalls dazu.

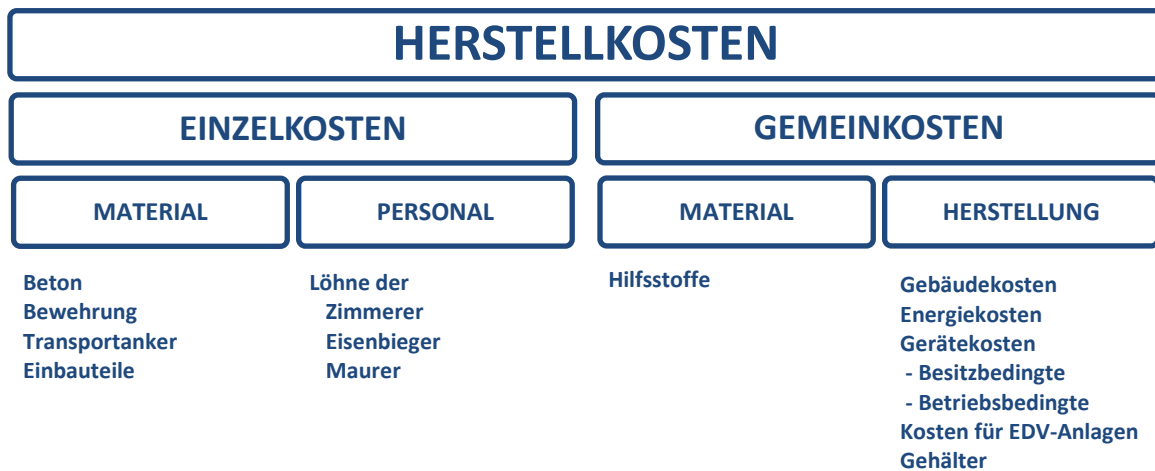


Abbildung 38: Bestandteile der Herstellkosten

Transportkosten

Die Transportkosten (siehe *Tabelle 18*) beinhalten alle Kosten für den Transport eines Fertigbetonelementes vom Fertigteilwerk bis zur Baustelle. Die Kosten verstehen sich „frei Bau“. Die Entladung der Elemente vor Ort ist meist nicht inkludiert und erfolgt beispielsweise durch den vorhandenen Baustellenkran. Auch hier zählen die besitzbedingten Gerätekosten (LKW, Anhänger etc.) sowie die Gehälter der Logistik, Buchhaltung oder Ähnliches zu den Fixkosten der Transportkosten. Bei den Transportkosten sind nicht alle betriebsbedingten Kosten „nicht zuordenbar“. Lediglich Reparatur- und Wartungskosten können weder den fixen noch den variablen Kosten zugeteilt werden, da gewisse Wartungsintervalle unabhängig von den Transportmengen durchgeführt werden müssen. Kosten für Reparaturarbeiten können von den gefahrenen Kilometern abhängig sein, müssen aber nicht. Die Treibstoffkosten hingegen zählen zu den variablen Kosten, ebenso die Lohnkosten des Fahrers.

TRANSPORTKOSTEN		
Fixkosten	Nicht zuordenbar	Variable Kosten
Besitzbedingte Gerätekosten	Reparatur- und Wartungskosten	Lohn des Fahrers
Gehälter (Logistik)		Treibstoffkosten

Tabelle 18: Fixe und variable Kosten des Transports

In *Abbildung 39* werden die Transportkosten hinsichtlich Einzel- und Gemeinkosten unterteilt. Die Einzelkosten bestehen aus den Treibstoffkosten des LKWs als Materialeinzelkosten und den Lohnkosten des Fahrers als Personalkosten. Die Gemeinkosten hingegen beinhalten sowohl besitzbedingte Gerätekosten als auch Reparatur- und Wartungskosten sowie Gehälter der Projektleitung, Techniker und Disponenten.



Abbildung 39: Bestandteile der Transportkosten

Einbaukosten

Die Einbaukosten beginnen mit dem Abladen der Fertigteile vom Lastkraftwagen und enden mit dem Ausschalen und Entfernen der Unterstellung. Die Fixkosten beinhalten somit die besitzbedingten Gerätekosten, die Kosten der gesamten Baustelleneinrichtung sowie die Gehälter aller Baustellenangestellten. Lohnkosten der Arbeiter sowie Materialkosten zählen hingegen zu den variablen Kosten. Die betriebsbedingten Gerätekosten können weder den Fixkosten noch den variablen Kosten zugeordnet werden und stehen somit in der mittleren Spalte. Die Zuordnung der Kosten des Einbaues werden in *Tabelle 19* zusammengefasst.

EINBAUKOSTEN		
Fixkosten	Nicht zuordenbar	Variable Kosten
Besitzbedingte Gerätekosten	Betriebsbedingte Gerätekosten	Materialkosten
Baustelleneinrichtung		Lohnkosten
Gehälter		Hilfsstoffe

Tabelle 19: Fixe und variable Kosten des Einbaus

In *Abbildung 40* werden die Bestandteile der Einbaukosten hinsichtlich Einzel- und Gemeinkosten getrennt dargestellt. Die Einzelkosten des Einbaus sind gleich der Einzelkosten der Herstellung und unterteilen sich in Material- und Personalkosten. Die Gemeinkosten sind ebenfalls sehr ähnlich den Herstellkosten. Hierbei kann zwischen Material, hierzu zählen alle benötigten Hilfsstoffe, und den Baustellengemeinkosten unterschieden werden. Die Gemeinkosten der Baustelle beinhalten alle benötigten Gerätekosten, die gesamte Baustelleneinrichtung, die Gehälter aller Angestellten und den Lohn des Kranfahrers.

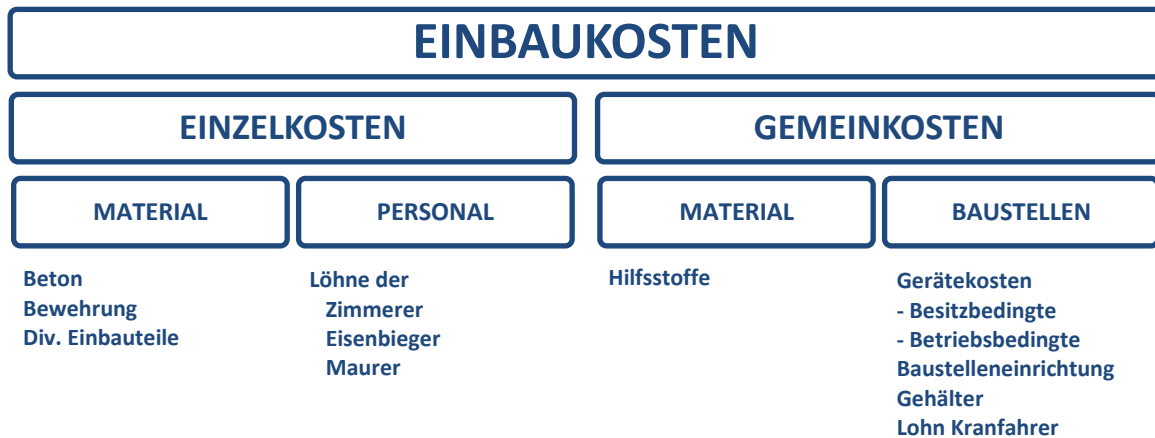


Abbildung 40: Bestandteile der Einbaukosten

6.3.2 Kalkulation anhand von Beispielen

In diesem Unterkapitel werden nun die Einheitskosten und daraus schließend die Einheitspreise der Produktion, des Transportes und des Einbaus einer Massivwand und einer Elementdecke ermittelt. Im ersten Schritt wird das K7-Blatt „Preisermittlung“ beschrieben. Anschließend werden die benötigten Informationen wie Kosten, Zeit- und Wertansätze für die Produktion, den Transport und das Einbauen ermittelt oder mittels Fachliteraturrecherche festgelegt und die Kalkulation mittels K7-Blatt durchgeführt.

K7-Blatt

Das Formblatt K7 aus der ÖNORM B 2061 dient der zweckmäßigen Preisermittlung von Bauleistungen. Die Durchführung der Preisermittlung kann sowohl als Kosten- als auch als Preiskalkulation erfolgen. Bei der Kostenkalkulation werden im ersten Schritt die Kosten der Einzelleistung eruiert und anschließend der Preis mittels Gesamtzuschlag errechnet. Bei der Preiskalkulation hingegen wird zu jeder Kostenkomponente der Gesamtzuschlag einzeln hinzugerechnet, um den Preis auf direktem Weg ermitteln zu können. Neben dem K7-Blatt werden noch folgende Formblätter zur Verfügung gestellt:¹³¹

- Formblatt K 3 Mittellohnpreis, Regielohnpreis, Gehaltspreis
- Formblatt K 4 Materialpreise
- Formblatt K 5 Preise für Produkte, Leistungen
- Formblatt K 6 Gerätepreis
- Formblatt K 6A Gerätepreise (Ergänzung)

Diese oben genannten Formblätter dienen der Ermittlung der Basisdaten für die Preisermittlung mittels K7-Blatt.

Wert- und Preisansätze

In den folgenden drei Tabellen werden die für die Preisermittlung benötigten und verwendeten Werte und Preisansätze zusammengefasst. Einerseits werden in diesen Tabellen Preisansätze, Leistungswerte, Produktionswerte der Fertigungsanlagen, Zeitansätze, aber auch Ausschnitte aus der Österreichischen Baugeräteliste angeführt, um die notwendigen Basisinformationen für die Kalkulation zusammenzufassen. Alle Werte ohne Quellenangabe beruhen auf Nachkalkulationen und Gesprächen mit Bauleitern und Polieren.

¹³¹ Vgl. ÖNORM B 2061: Preisermittlung für Bauleistungen, 1999, S. 14.

Ansätze für die Ermittlung der Herstellkosten	
Beton (C25/30) ¹³²	84,00 €/m ³
Bewehrung (inkl. schneiden und biegen) ¹³³	0,49 €/kg
Einbauteile (in % zu Betonkosten) ¹³⁴	20%
Bewehrungswerte ¹³⁵	
- Massivwand (15 cm)	8,30 kg/m ²
- Elementdecke (6 cm)	8,20 kg/m ²
Leistungswerte ¹³⁶	
- Produktion Massivwand (ohne Bewehrung)	4,00 m ² /h
- Produktion Elementdecke (ohne Bewehrung)	14,00 m ² /h
- Bewehrung verlegen	83,00 kg/h
Produktionsleistung	
- Umlaufanlage 1	ca. 700 m ² /Tag
- Umlaufanlage 2	ca. 1.800 m ² /Tag
Zusätzliche Annahmen	
- Fixkosten je Produktionsstätte (pro Jahr)	ca. 3.600.000 €
Allgemeine Annahmen	
- Mittellohnkosten	32,48 €
- Grundarbeitszeit	172 h/Mo
- Gesamtzuschlag Sonstiges	9,75%
- Gesamtzuschlag Lohn	11,50%

Tabelle 20: Wertansätze für die Ermittlung der Herstellkosten

Ansätze für die Ermittlung der Transportkosten	
Durchschnittliche Beladung pro LKW	17,0 to
- Massivwand	ca. 45 m ² /LKW
- Elementdecke	ca. 120 m ² /LKW
P.2.02.0320: Lastkraftwagen 8 x 4 ¹³⁷	
- Mtl. Reparaturkosten	2.870,00 €
- Mtl. Abschreibungs- und Verzinsungsbeitrag	3.780,00 €
- Motorleistung	330,00 kW
Abminderungsfaktor ÖBGL	
- für A&V	0,60
- für Reparatur	0,70
Treibstoffkosten ¹³⁸	0,95 €/l
Schmiermittelkosten (in % zu Treibstoffkosten)	10%
Zeitansätze	
- Durchschnittliche Beladezeit	10 min
- Durchschnittliche Entladezeit	60 min
- Durchschnittsgeschwindigkeit	
o Innerhalb von Wien	30 km/h
o Außerhalb von Wien	60 km/h

Tabelle 21: Wertansätze für die Ermittlung der Transportkosten

¹³² Wopfinger Transportbeton: Preisliste 2016: Österreich OST/SÜD Onlineversion, 2016, S. 5.

¹³³ Jodl H.G., et. al.: Einrichtung & Betrieb von Baustellen, SS 2015, S. 176.

¹³⁴ Bei der Produktion von Fertigteilen können Einbauteile und Kleinteile in das Element eingelegt werden. Dieser Kostenfaktor wird in % der Betonkosten zugerechnet.

¹³⁵ Durchschnittswerte der Mischek Systembau GmbH

¹³⁶ Durchschnittswerte der Mischek Systembau GmbH; Die Leistungswerte verstehen sich pro Person bei einer Partiebelegung von 15 Personen (Umlaufanlage 1) und 8 Personen (Umlaufanlage 2) pro Schicht.

¹³⁷ Vgl. BGL 2015: bgl-online, 2016.

¹³⁸ Bei 0,10 l/kWh Durchschnittsverbrauch

Ansätze für die Ermittlung der Einbaukosten	
Bewerungswerte ¹³⁹ Obere Bewehrung bei Elementdecke (12 cm)	7,84 kg/m ²
Schalung ¹⁴⁰ Schal tafeln – Kaufpreis	17,99 €/m ²
Leistungswerte – Massivwand ¹⁴¹ - Massivwand versetzen	4,00 m ² /h
Leistungswerte – Elementdecke ¹⁴² - Randabschalung (bei ca. 0,2 m/m ²)	5,00 m/h
- Bewehrung verlegen	83,00 kg/h
- Elementdecke versetzen	10,00 m ² /h
- Betonieren der Elementdecke	2,00 m ³ /h
C.0.10.0140: Turmdrehkran mit Laufkatzausleger ¹⁴³ - Mtl. Reparaturkosten	3.010,00 €
- Mtl. Abschreibungs- und Verzinsungsbeitrag	5.750,00 €
- Motorleistung	63,00 kW
C.0.20.0140: Turmstück, kletterbar (20 lfm) ¹⁴⁴ - Mtl. Reparaturkosten	31,50 €/lfm
- Mtl. Abschreibungs- und Verzinsungsbeitrag	60,50 €/lfm
Stromberechnung Kran - Wirkungsgrad η	0,85
- Scheinleistung $\cos\varphi$	0,60
- Stromkosten	0,20 €/kWh
Schmiermittelkosten (in % zu Stromkosten)	3%

Tabelle 22: Wertansätze für die Ermittlung der Einbaukosten

Herstellkosten /-preis

In *Tabelle 23* ist die Ermittlung der Herstellkosten einer Massivwand mittels K7-Blatt dargestellt. In diesem Berechnungsbeispiel wird von einer Wand mit den Abmessungen 3,0 x 6,0 x 0,15 m ausgegangen und diese als Bezugsgröße für sämtliche Wertansätze herangezogen. Die Produktionskosten setzen sich aus den Material-, Lohn- und Fixkosten zusammen. Die Materialkosten errechnen sich aus dem aktuellen Marktpreis der Materialien multipliziert mit den benötigten Mengen. Zur Ermittlung der Lohnkosten werden die Mittelohnkosten durch die Leistungswerte der Produktion dividiert. Um die Fixkosten pro m² Wandelement berechnen zu können, müssen im ersten Schritt die Fixkosten der Umlaufanlage ermittelt werden. Diese beinhalten alle Kosten der Produktionsstätte wie Geräte, Miete, Abschreibung, Verzinsung, Reparatur, Gehälter, CAD-Kosten, Betriebskosten etc. Diese Fixkosten werden anschließend durch die geplante Produktionsmenge dividiert. Werden nun Material-, Lohn- und Fixkosten summiert, erhält man die Herstellkosten. Der Gesamtzuschlag auf die Herstellkosten beinhaltet die Geschäftsgemeinkosten, die Bauzinsen, das Wagnis und den Gewinn und ergibt somit den Herstellpreis. Im Zuge dieser Berechnung wurde ein Herstellpreis von **56,41 €/m²** für eine Massivwand ermittelt.

¹³⁹ Durchschnittswerte der Mischek Systembau GmbH

¹⁴⁰ Eine Schal tafel kann bis zu 10 mal eingesetzt werden. Je 1 m² Elementdecke kann durchschnittlich mit ca. 0,1 m² Randabschalung kalkuliert werden.

¹⁴¹ Durchschnittswerte der Mischek Systembau GmbH

¹⁴² Die Leistungswerte verstehen sich pro Person. Es wird jedoch von durchschnittlich 4 Personen pro Partie ausgegangen.

¹⁴³ Vgl. BGL 2015: bgl-online, 2016.

¹⁴⁴ Vgl. BGL 2015: bgl-online, 2016.

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
HERSTELLKOSTEN - MASSIVWAND (3,0 x 6,0 x 0,15 m)				
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. Materialkosten				
Beton: 84,00 €/m ³ * 0,15 m	€/m ²		12,60	
Bewehrung: 0,49 €/kg * 8,30 kg/m ²	€/m ²		4,07	
Einbauteile: 20% v. Beton	€/m ²		2,52	
02. Lohnkosten				
Produktion (ohne Bewehrung):				
32,48 €/h / 4,00 m ² /h	€/m ²	8,12		
Bewehrung verlegen:				
32,48 €/h / 83,00 kg/h * 8,30 kg/m ²	€/m ²	3,25		
03. Fixkosten				
auf ca. 3.600.000 € geschätzt				
Produktion ca. 700 m ² /Tag				
700 m ² /Tag * 5 Tage/Wo. * 4,3 Wo./Mo.				
* 12 Mo./Jahr => 180.600 m ²				
3.600.000 € / 180.600 m ² (50/50)	€/m ²	9,97	9,97	
Herstellkosten				
	€/m ²	21,33	29,15	50,49
GZ _{Sonstiges} 9,75%	€/m ²		3,15	
GZ _{Lohn} 11,50%	€/m ²	2,77		
Herstellpreis				
	€/m ²	24,11	32,30	56,41
Als Vergleich Preise aus der Preisliste				
der Firma Mischek 01/2016:				
Wandplatte bis 20 cm dick < 1.000 m ²	€/m ²			62,14
Wandplatte bis 20 cm dick > 1.000 m ²	€/m ²			60,37

Tabelle 23: Ermittlung des Herstellpreises einer Massivwand mittels K7-Formblatt

Tabelle 24 veranschaulicht die Berechnung der Herstellkosten einer Elementdecke. Die Vorgehensweise ist gleich der Preisermittlung in Tabelle 23. Die Kostenaufstellung der Elementdecke hat Herstellkosten von 23,35 €/m² und somit einen Herstellpreis von **26,08 €/m²** ergeben.

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
HERSTELLKOSTEN - ELEMENTDECKE (2,5 x 7,0 x 0,06 m)				
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. Materialkosten				
Beton: 84,00 €/m ³ * 0,06 m	€/m ²		5,04	
Bewehrung: 0,49 €/kg * 8,20 kg/m ²	€/m ²		4,02	
Einbauteile: 20% v. Beton	€/m ²		1,01	
02. Lohnkosten				
Produktion (ohne Bewehrung):				
32,48 €/h / 14,00 m ² /h	€/m ²	2,32		
Bewehrung verlegen:				
32,48 €/h / 83,00 kg/h * 8,20 kg/m ²	€/m ²	3,21		
03. Fixkosten				
auf ca. 3.600.000 € geschätzt				
Produktion ca. 1.800 m ² /Tag				
1800 m ² /Tag * 5 Tage/Wo. * 4,3 Wo./Mo.				
* 12 Mo./Jahr => 464.400 m ²				
3.600.000 € / 464.400 m ² (50/50)	€/m ²	3,88	3,88	
Herstellkosten				
	€/m ²	9,40	13,94	23,35
GZ _{Sonstiges} 9,75%	€/m ²		1,51	
GZ _{Lohn} 11,50%	€/m ²	1,22		
Herstellpreis				
	€/m ²	10,63	15,45	26,08
Als Vergleich Preise aus der Preisliste				
der Firma Mischek 01/2016:				
Elementdecke < 2.000 m ²	€/m ²			15,29
Elementdecke > 2.000 m ²	€/m ²			12,94

Tabelle 24: Ermittlung des Herstellpreises einer Elementdecke mittels K7-Formblatt

Transportkosten /-preis

In *Tabelle 25* werden die Transportkosten bzw. der Transportpreis innerhalb von Wien, für eine Baustelle in einer Entfernung von 7 km zum Fertigteilwerk, berechnet. Im ersten Schritt werden sowohl Steh- als auch Fahrtkosten eines Lastkraftwagens inklusive Fahrer für eine Stunde berechnet und anschließend in Kosten pro LKW-Fahrt umgerechnet. Dabei wird die durchschnittliche Dauer für Beladung, Entladung und die Fahrt selbst berücksichtigt. Dieser Preis kann danach beliebig auf €/to oder €/m² umgerechnet werden. Die Kalkulation ergibt für den Transport innerhalb von Wien einen Preis von **7,23 €/to**.

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
TRANSPORTKOSTEN - INNERHALB VON WIEN (7 km)				
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. KOSTEN LKW STEHZEIT				
P.2.02.0320 Lastkraftwagen 8x4				
A&V: 3780,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		13,19	
Rep.: 2870,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	5,84	5,84	
Fahrer: 32,48 €/h	€/h	32,48		
Stehkosten inkl. Fahrer	€/h	38,32	19,03	57,35
02. KOSTEN LKW FAHRZEIT				
P.2.02.0320 Lastkraftwagen 8x4				
A&V: 3780,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		13,19	
Rep.: 2870,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	5,84	5,84	
Diesel: 330 kW * 0,1 l/kWh * 0,95 €/l	€/h		31,35	
Schmiermittel: 10% v. Diesel	€/h		3,14	
Fahrer: 32,48 €/h	€/h	32,48		
Fahrtkosten inkl. Fahrer	€/h	38,32	53,51	91,83
03. TRANSPORT IN WIEN (7 km)				
Beladezeit: 10 Min. / 60 Min. * Stehkosten	€/LKW	6,39	3,17	9,56
Entladezeit: 60 Min. / 60 Min. * Stehkosten	€/LKW	38,32	19,03	57,35
Fahrzeit: (7 km / 30 km/h) * 2 * Fahrtkosten	€/LKW	17,88	24,97	42,85
Transportkosten inkl. Fahrer	€/LKW	62,59	47,17	109,76
GZ _{Sonstiges} 9,75%	€/LKW		5,10	
GZ _{Lohn} 11,50%	€/LKW	8,13		
Transportpreis inkl. Fahrer	€/LKW	70,72	52,26	122,99
/17 to (durchschnittliche Beladung)	€/to			7,23
/45 m ² Massivwand	€/m ²			2,73
/120 m ² Elementdecke	€/m ²			1,02
Als Vergleich Preise aus der Preisliste der Firma Mischek 01/2016:				
LKW-Transport Zone Wien, unabeladen	€/to			18,41

Tabelle 25: Ermittlung des Transportpreises innerhalb von Wien mittels K7-Formblatt

In *Tabelle 26* wird die Kalkulation des Transportpreises auf eine Baustelle nach Gols, Burgenland, mit einer Entfernung von 75 km dargestellt. Hier erfolgt der Berechnungsvorgang gleich zum Vorbeispiel. Der große Preisunterschied entsteht durch die sehr lange Fahrzeit, durch die höheren Fahrtkosten. Die Kalkulation ergibt einen Transportpreis nach Gols von **19,51 €/to**.

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
TRANSPORTKOSTEN - NACH GOLS (75 km)				
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. KOSTEN LKW STEHZEIT				
P.2.02.0320 Lastkraftwagen 8x4				
A&V: 3780,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		13,19	
Rep.: 2870,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	5,84	5,84	
Fahrer: 32,48 €/h	€/h	32,48		
Stehkosten inkl. Fahrer	€/h	38,32	19,03	57,35
02. KOSTEN LKW FAHRZEIT				
P.2.02.0320 Lastkraftwagen 8x4				
A&V: 3780,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		13,19	
Rep.: 2870,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	5,84	5,84	
Diesel: 330 kW * 0,1 l/kWh * 0,95 €/l	€/h		31,35	
Schmiermittel: 10% v. Diesel	€/h		3,14	
Fahrer: 32,48 €/h	€/h	32,48		
Fahrtkosten inkl. Fahrer	€/h	38,32	53,51	91,83
03. TRANSPORT NACH GOLS (75 km)				
Beladezeit: 10 Min. / 60 Min. * Stehkosten	€/LKW	6,39	3,17	9,56
Entladezeit: 60 Min. / 60 Min. * Stehkosten	€/LKW	38,32	19,03	57,35
Fahrzeit: (75 km / 60 km/h) * 2 * Fahrtkosten	€/LKW	95,80	133,78	229,58
Transportkosten inkl. Fahrer	€/LKW	140,51	155,98	296,48
GZ _{Sonstiges} 9,75%	€/LKW		16,85	
GZ _{Lohn} 11,50%	€/LKW	18,26		
Transportpreis inkl. Fahrer	€/LKW	158,77	172,83	331,59
/17 to (durchschnittliche Beladung)	€/to			19,51
/45 m² Massivwand	€/m ²			7,37
/120 m² Elementdecke	€/m ²			2,76
Als Vergleich Preise aus der Preisliste der Firma Mischek 01/2016:				
LKW-Transport Zone Wien, unabeladen	€/to			18,41
AZ LKW-Transport außerhalb Wien	€/to			4,72

Tabelle 26: Ermittlung des Transportpreises nach Gols mittels K7-Formblatt

In *Abbildung 41* werden die zuvor ermittelten Transportkosten, aufgeteilt in Stehkosten, bestehend aus Kosten für Belade- und Entladung, und Fahrtkosten, dargestellt. Das erste Diagramm zeigt die Transportkosten innerhalb von Wien. Hier fallen 9% der Kosten auf das Beladen, 52%, und somit der Großteil der Kosten, entstehen durch das Entladen und die Fahrtkosten betragen rund 39% der gesamten Transportkosten innerhalb von Wien. Beim Kalkulationsbeispiel mit dem Transport nach Gols überwiegen jedoch die Kosten für die Fahrt mit rund 78% der Gesamtkosten. Die Stehkosten, bestehend aus Be- und Entladung, betragen gemeinsam rund 22%.

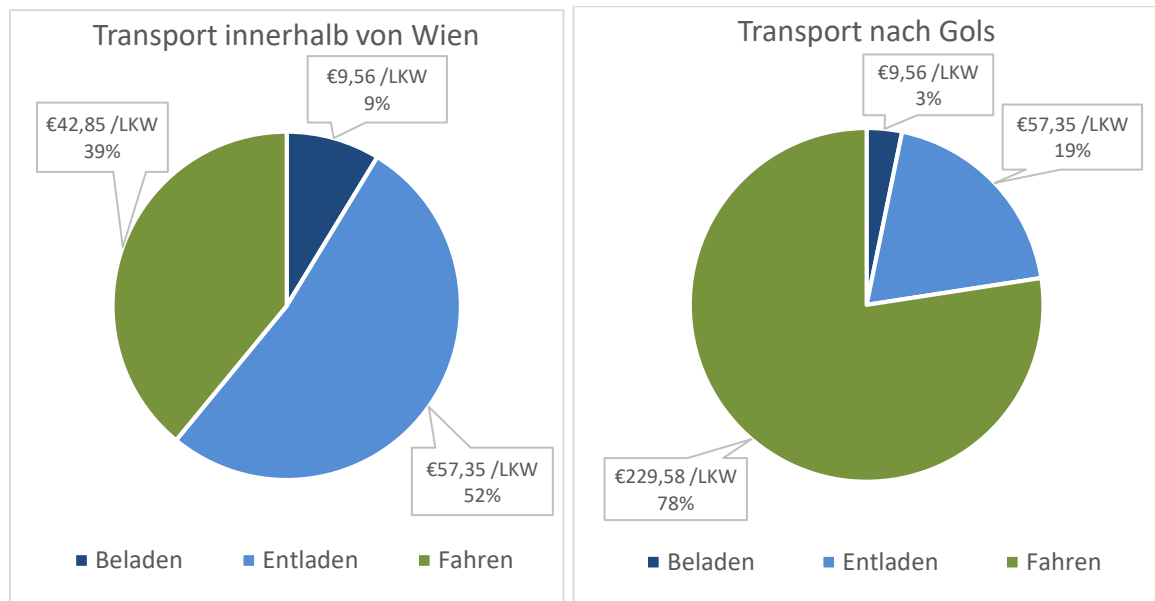


Abbildung 41: Aufspaltung der Transportkosten in Steh- und Fahrtkosten

Einbaukosten /-preis

In *Tabelle 27* werden die Einbaukosten bzw. der Einbaupreis einer Massivwand ermittelt. Im ersten Schritt werden die Krankosten, bestehend aus Abschreibung und Verzinsung, Reparaturkosten, Stromverbrauch und Schmiermittel, für den Turmdrehkran inkl. Ausleger und Turmstück sowie Kranfahrer ermittelt. Die Kosten des Einbaus bestehen lediglich aus Lohnkosten und Krankkosten. Beide Kostenanteile werden mit dem Zeitanatz für die Vernetzungen dividiert, um die Kosten je m² Massivwand errechnen zu können. Anschließend wird der Gesamtzuschlag, bestehend aus Geschäftsgemeinkosten, Bauzinsen, Wagnis und Gewinn, hinzugerechnet, um den Einbaupreis einer Massivwand von **15,95 €/m²** zu erhalten. Die angenommenen Leistungswerte verstehen sich pro Person. Es wird jedoch von durchschnittlich 4 Personen pro Partie ausgegangen.

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
EINBAUKOSTEN - MASSIVWAND (3,0 x 6,0 x 0,15 m)				
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. KOSTEN KRAN				
C.0.10.0140 Turmdrehkran m. Laufk.				
A&V: 5750,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		20,06	
Rep.: 3010,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	6,13	6,13	
Strom: (63 kW / 0,85 / 0,60) * 0,20 €/kWh	€/h		24,71	
Schmiermittel: 3% der Stromkosten	€/h		0,74	
C.0.20.0140 Turmstück, kletterbar				
Kosten für 20 lfm				
A&V: 60,50 €/Mo. * 20 lfm / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		4,22	
Rep.: 31,50 €/Mo. * 20 lfm / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	1,28	1,28	
Kranfahrer: 32,48 €/h	€/h	32,48		
KRAN-Kosten inkl. Fahrer	€/h	39,89	57,13	97,02
02. VERSETZEN EINER MASSIVWAND				
Lohn: 32,48 €/h / 4,00 m²/h	€/m²	8,12		
Kran: Kosten / 4,00 m²/h / 4 Mann	€/m²	2,49	3,57	
EINBAUKOSTEN	€/m²	10,61	3,57	14,18
GZ _{Sonstiges} 9,75%	€/m²		0,39	
GZ _{Lohn} 11,50%	€/m²	1,38		
EINBAUPREIS	€/m²	11,99	3,96	15,95

Tabelle 27: Ermittlung des Einbaupreises einer Massivwand mittels K7-Formblatt

In *Tabelle 28* wird der Preis für die Einbauarbeiten einer Elementdecke berechnet. Die Krankosten werden identisch zur *Tabelle 27* ermittelt. Die Einbaukosten einer Elementdecke lassen sich in drei Bereiche trennen: Versetz-, Material- und Lohnkosten. Im ersten Schritt wird die Elementdecke am endgültigen Einbauort verlegt. Diese Kosten setzen sich aus Personal- und Krankosten zusammen. Anschließend müssen die Materialkosten der oberen Bewehrung, des Aufbetons und der Schalung ermittelt und die Lohnkosten für deren Einbau berechnet werden. Die Summe aller Kosten ergibt die Kosten für das Versetzen einer Elementdecke pro m². Wird nun der Gesamtzuschlag aufgerechnet, so erhält man einen Einbaupreis von **29,14 €/m²**.

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
EINBAUKOSTEN - ELEMENTDECKE (2,5 x 7,0 x 0,18 m)				
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. KOSTEN KRAN				
C.0.10.0140 Turmdrehkran m. Laufk.				
A&V: 5750,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		20,06	
Rep.: 3010,00 €/Mo. / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	6,13	6,13	
Strom: (63 kW / 0,85 / 0,60) * 0,20 €/kWh			24,71	
Schmiermittel: 3% der Stromkosten	€/h		0,74	
C.0.20.0140 Turmstück, kletterbar				
Kosten für 20 lfm				
A&V: 60,50 €/Mo. * 20 lfm / 172 h/Mo. * 0,6	€/h		4,22	
Rep.: 31,50 €/Mo. * 20 lfm / 172 h/Mo. * 0,7	€/h	1,28	1,28	
Kranfahrer: 32,48 €/h	€/h	32,48		
KRAN-Kosten inkl. Fahrer	€/h	39,89	57,13	97,02
02. VERSETZEN EINER ELEMENTDECKE				
Lohn: 32,48 €/h / 10,00 m ² /h	€/m ²	3,25		
Kran: Kosten / 10,00 m ² /h / 4 Mann	€/m ²	1,00	1,43	
03. MATERIALKOSTEN				
Obere Bewehrung: 7,84 kg/m ² * 0,49 €/kg	€/m ²		3,84	
Aufbeton: 84,00 €/m ³ * 0,12 m	€/m ²		10,08	
Schalung: 17,99 €/m ² / 10 x 0,1 m ² /m ²	€/m ²		0,18	
04. LOHNKOSTEN				
Randabschalung				
0,2 m/m ² / 5,00 m/h * 32,48 €/h	€/m ²	1,30		
Bewehrung verlegen				
7,84 kg/m ² / 83,00 kg/h * 32,48 €/h	€/m ²	3,07		
Betonieren				
0,12 m / 2,00 m ³ /h * 32,48 €/h	€/m ²	1,95		
EINBAUKOSTEN	€/m ²	10,56	15,53	26,09
GZ _{Sonstiges} 9,75%	€/m ²		1,68	
GZ _{Lohn} 11,50%	€/m ²	1,37		
EINBAUPREIS	€/m ²	11,93	17,21	29,14

Tabelle 28: Ermittlung des Einbaupreises einer Elementdecke mittels K7-Formblatt

6.3.3 Einflüsse auf die Kosten

In diesem Unterkapitel wird zusammengefasst, welche Faktoren die Kosten der drei Bereiche sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können. Hierbei werden die Abschnitte einzeln betrachtet und deren Einflussfaktoren ermittelt und visualisiert.

Herstellkosten

Um die Einflüsse auf die Herstellkosten ermitteln zu können, ist es wichtig, alle entstehenden Kosten zu berücksichtigen. Im Kapitel 6.3.1 sind diese bereits zusammengefasst und sowohl in fixe und variable als auch in Einzel- und Gemeinkosten gegliedert. Nun werden

Einflussfaktoren zusammengefasst, welche den Herstellprozess und dessen Kosten beeinflussen können:

- Bestellmenge
Bei größeren Bestellmengen können die Fixkosten gesenkt werden, da sich der Fixkostenanteil auf eine größere Produktionsmenge aufteilt. Vor allem der Aufwand der Arbeitsvorbereitung, wie das Zeichnen der Produktionspläne, ist bei jedem Projekt, unabhängig von der Größe, gegeben. Der Aufwand, und somit auch die Kosten, können bei einem größeren Bauvorhaben, bezogen auf die Produktionsmenge, gesenkt werden.
- Lieferzeit / Vorlaufzeit
Bei einer längeren Lieferzeit bzw. einer längeren Vorlaufzeit können die Herstellkosten ebenfalls minimiert werden, da der Produktionszeitpunkt der einzelnen Fertigelemente freier gewählt werden kann und somit die Produktionsmengen optimiert werden können. Die Herstellung der Elemente kann eventuell so eingeteilt werden, dass Produktionslücken gefüllt werden und die Auslastung optimiert wird.
- Lagerzeit
Können die Fertigbetonelemente so produziert werden, dass sie direkt nach dem Aushärten ausgeliefert werden, so kann das Zwischenlagern entfallen. Dies hat zur Folge, dass der Lagerungsaufwand und Koordinationsaufwand verkleinert werden können. Durch kürzere Lagerzeiten kann gegebenenfalls auch der Lagerplatz verkleinert werden, eventuell Anlagevermögen (Grundfläche) verkauft oder die Miete für Lagerflächen eingespart werden.
- Einbauteile
Einbauteile wie Elektro- oder HKLS-Einlagen müssen nach wie vor manuell eingelegt werden. Der Automatisierungsgrad von Elementen ohne Einbauteile ist somit größer als von Elementen mit Einbauteilen. Können Einlegearbeiten umgangen oder eventuell automatisiert werden, so können Elemente schneller und einfacher produziert werden.
- Gebäudestruktur / Spannweiten
Die gesamte Gebäudestruktur und vor allem die benötigten Spannweiten der Fertigbetonelemente haben großen Einfluss auf die Aufbauhöhen und Bewehrungswerte der Elemente. Kann ein Gebäude so geplant werden, dass geringere Spannweiten vorhanden sind, so können die Elemente mit einer geringeren Stärke und weniger Bewehrung produziert und Material eingespart werden.

In *Abbildung 42* werden die oben zusammengefassten und erklärten Einflüsse auf die Herstellkosten grafisch dargestellt.

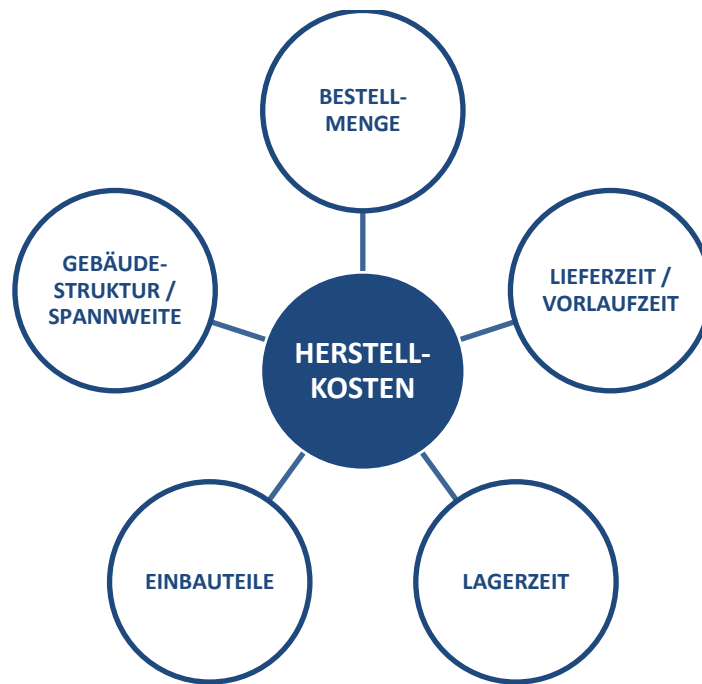


Abbildung 42: Einflüsse auf die Herstellkosten

Transportkosten

Die Transportkosten enthalten die Anfahrtszeit ab Werk bis zur Baustelle. Außerdem sind je nach Unternehmen unterschiedliche Stehzeiten für das Abladen der Fertigteile vor Ort in den Fertigelementkosten inkludiert. Wird diese Zeit überschritten, so werden vom Fertigteilwerk zusätzliche Stehkosten verrechnet. Die Abladearbeiten jedoch sind nicht in den Kosten inbegriffen. Es können folgende Faktoren zusammengefasst werden, welche die Transportkosten beeinflussen können:

- Entfernung zwischen Fertigteilwerk und Baustelle
Die Entfernung und somit die gefahrenen Kilometer haben einen direkten Einfluss auf den variablen Anteil der Transportkosten. Sowohl der Kraftstoffverbrauch als auch die Betriebszeit und Arbeitszeit des Fahrers sind bei kürzeren Distanzen geringer.
- Organisation der Baustelle (Kran)
Die Organisation des Baustellenbetriebes hat vor allem Einfluss auf die benötigte Zeit der Abladung und somit die Stehzeit der LKWs. Sind die Lieferungen sämtlicher Baustoffe gut koordiniert und der Kran bei Anlieferung der Fertigteile einsatzbereit, so kann die Abladezeit verkürzt und somit Stehzeiten minimiert werden.
- Lieferzeit / Vorlaufzeit
Die Lieferzeit beziehungsweise Vorlaufzeit der Fertigelemente hat nicht nur Einfluss auf die Produktions-, sondern auch auf die Transportkosten. Wird ein Element spontan nachbestellt und muss schnellstmöglich ausgeliefert werden, so kann der Transport nicht optimal ausgelastet werden und es kann vorkommen, dass ein LKW mit nur geringen Mengen beladen wird. Dies wirkt sich erheblich auf die Transportkosten aus und kann zum Beispiel mittels Expresszuschlag gegenverrechnet werden.

- Lieferzeitpunkt
Die Uhrzeit und der Wochentag, an dem die Lieferung erfolgen soll, haben ebenfalls Einfluss auf die Transportkosten. Der Zeitpunkt beeinflusst vor allem die Personalkosten.
- Transportmenge
Die Transportmenge hat direkten Einfluss auf die Kosten, da ab einer bestimmten Menge die LKWs so beladen werden können, dass diese ausgelastet sind. Vollbeladene LKWs senken sowohl die variablen als auch die fixen Kosten des Transportes.
- Elementgröße
Die Größe der Elemente hat ebenfalls einen großen Einfluss auf den Beladungsfaktor der LKWs. Wie bereits in *Kapitel 3.6.4* und *5.2.1* erwähnt, werden Wände stehend in speziellen Transportboxen und Deckenelemente liegend transportiert und gelagert. Während auf einem LKW meist nur Platz für eine Transportbox mit Fertigteilwänden ist, können hingegen mehrere Deckenstapel gleichzeitig transportiert werden. Die Größe der Elemente ist somit ausschlaggebend, ob ein LKW optimal beladen werden kann oder nicht.
- Sondertransporte
Im *Kapitel 4.2.2* werden die Vorschriften und Grenzen der Sondertransporte zusammengefasst. Länge, Breite und Gewicht sind ausschlaggebend, ob es sich um einen Sondertransport handelt oder nicht. Für diesen gibt es jedoch zahlreiche Vorgaben, welche sich auf die Lieferzeit und auf die Kosten auswirken. Zusätzlich wird der Organisationsaufwand erheblich beeinflusst.

In *Abbildung 43* werden die zuvor erarbeiteten Einflüsse auf die Transportkosten veranschaulicht.

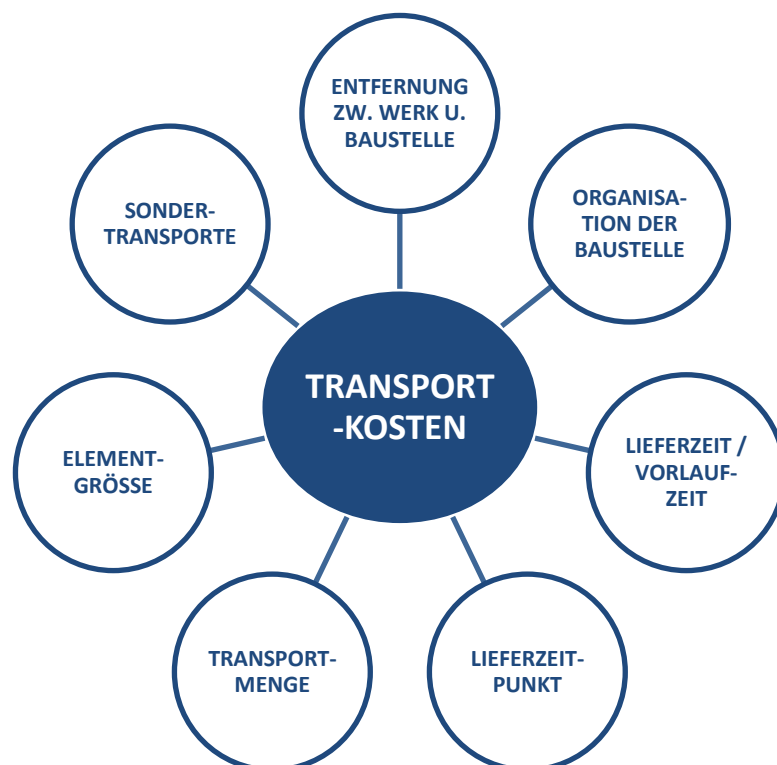


Abbildung 43: Einflüsse auf die Transportkosten

Einbaukosten

Die Einbaukosten sind insbesondere vom Elementtyp abhängig. Während die Einbaukosten der Massivwand stark von der Personalleistung beeinflusst werden können, ist der Materialkostenanteil ausschlaggebend für die Einbaukosten der Elementdecke. Zusammengefasst können die Einbaukosten von folgenden Faktoren beeinflusst werden:

- Eigen-/Fremdpersonal

Die Entscheidung, ob das Versetzen und der Einbau der Fertigbetonelemente mittels Eigenpersonal durchgeführt wird oder an Fremdpersonal vergeben wird, ist ausschlaggebend für die Einbaukosten. Die Anstellungsart des Personals kann einen großen Einfluss auf die Arbeitsmoral haben und wirkt sich somit auch auf die Einbaukosten aus. Diese Entscheidung hängt stark mit den beiden nachfolgenden angeführten Einflüssen, Entlohnung und Einarbeitungszeit, zusammen. Während das Eigenpersonal bereits ein eingespieltes Team ist, muss sich das Fremdpersonal gegebenenfalls erst kennenlernen, koordinieren und neu organisieren.

- Entlohnung

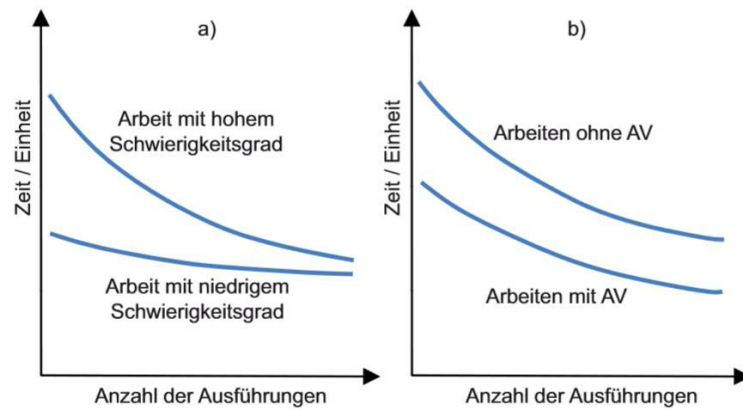
Die Höhe der Entlohnung hat nicht nur direkten Einfluss auf die Einbaukosten, sondern wirkt sich auch auf die Motivation der Arbeiter, deren Leistung und somit auf die Einbaukosten aus. Auch die Art der Entlohnung beeinflusst die Arbeitsmoral und somit die Leistung der Arbeiter. Generell kann zwischen zeitbezogenen, prämienbezogenen und leistungsbezogenen Entgelten unterschieden werden. Ist der Lohn zeitbezogen, so wird ein bestimmter Monats-, Wochen- oder Stundenlohn festgelegt, unabhängig von der erbrachten Leistung. Wird ein bestimmtes Leistungsziel oder Stundenziel mittels einer Prämie belohnt, so handelt es sich hierbei um ein prämienbezogenes Entgelt. Bei der leistungsbezogenen Bezahlung steht das Entgelt in einem direkten Zusammenhang zur erbrachten Leistung. Die Wahl des Entlohnungsbezuges kann somit die Motivation der Arbeiter, Leistungsqualität, Dauer und Höhe der Einbaukosten beeinflussen.¹⁴⁵

- Einarbeitungszeit

Erfolgt der Einbau der Fertigbetonelemente von einem eingeschulten Personal, das auf diese Arbeit spezialisiert ist, kann die Einarbeitungszeit vernachlässigt werden. Im Normalfall erfolgt die Montage jedoch von Bauarbeitern, welche nicht nur mit Fertigelementen arbeiten. Eine dementsprechende Einarbeitungszeit muss daher berücksichtigt werden. In *Abbildung 44* werden die Einflüsse des Schwierigkeitsgrades (Grafik a) und der Arbeitsvorbereitung (Grafik b) auf die Einarbeitungszeit grafisch dargestellt. Bei Arbeiten mit einem hohen Schwierigkeitsgrad ist der Einarbeitungseffekt wesentlich höher als bei Arbeiten mit niedrigerem Schwierigkeitsgrad, eine Verbesserung ist jedoch bei schwierigeren Arbeiten rascher und intensiver zu erkennen. Hinsichtlich der Arbeitsvorbereitung ist zu bemerken, dass der Einarbeitungseffekt geringer ausfällt, wenn eine Arbeitsvorbereitung stattgefunden hat. Arbeiten ohne Arbeitsvorbereitung benötigen mehr Einarbeitungszeit.¹⁴⁶

¹⁴⁵ Vgl. Kropik A.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb, WS 2015/16, S. 135f.

¹⁴⁶ Vgl. Hofstadler C.: Produktivität im Baubetrieb, 2014, S. 80.

Abbildung 44: Einflüsse auf die Einarbeitung¹⁴⁷

- Zusammenstellung der Partie

Wichtig für einen reibungslosen Arbeitsablauf ist auch die interne Organisation der Arbeitsgruppen. Je nach Aufgabe und Arbeitsaufwand wird eine unterschiedliche Anzahl an Arbeitskräften benötigt. Es ist sehr wichtig, dass die Personen innerhalb dieser Gruppe eingespielt sind und miteinander arbeiten können. Jede Gruppe benötigt einen Partieführer, der die Koordination innerhalb der Partie übernimmt. Alle Mitarbeiter dieser Gruppe benötigen ihre eigene Aufgabe, die Arbeiten müssen gerecht verteilt, Stärken des Einzelnen genutzt und Schwächen kompensiert werden. Besteht eine Partie aus zu wenigen Personen, führt dies ebenso zu negativen Einflüssen wie eine personelle Überbesetzung, mit unterforderten und unmotivierten Arbeitern.

- Größe der Elemente

Die Größe der Elemente hat einen direkten Einfluss auf den Aufwandswert der Versetzarbeiten. Da der Aufwandswert in benötigter Zeiteinheit pro Fertigungswert (h/m^2 , h/m^3 , h/to , h/Stk etc.) angegeben wird, kann der Aufwandswert durch größere Elemente positiv verringert werden. Die Verladung eines Elementes mit dem Kran vom LKW bis zur Einbauposition hat eine von der Größe unabhängige Dauer. Wird diese Dauer jedoch auf die Fläche des Elementes aufgeteilt, so ist der Aufwandswert (Hubhäufigkeit) bei kleinen Elementen größer und bei großen Elementen kleiner. Die maximale Größe der Elemente ist jedoch von der Leistung des Kranes abhängig und hat somit Einfluss auf die Dimensionierung und Kosten des Kranes.

- Verbindungsart

Es gibt zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten, Fertigbetonelemente miteinander zu verbinden. Diese Methoden werden immer wieder verändert und weiterentwickelt. Jede der Verbindungsart hat seine Vor- und Nachteile und nimmt somit auch Einfluss auf die Einbauzeit und -kosten.

- Lagerfläche

Die Größe und Lage der Lagerfläche üben ebenfalls Einfluss auf die Einbaukosten aus. Gibt es nur einen kleinen Lagerplatz und können die angelieferten Fertigelemente nicht zwischengelagert werden, so müssen diese direkt vom LKW versetzt werden.

¹⁴⁷ Hofstadler C.: Produktivität im Baubetrieb, 2014, S. 81.

Dies verursacht eine große Abhängigkeit zur Elementlieferung. Großer Zeitdruck, aber auch unerwartete Lieferlücken können den Bauablauf, und daher auch die Kosten, erheblich beeinflussen.

- Anzahl und Dimensionierung der Krane

Die Anzahl und Dimensionierung der Krane muss bereits bei der Produktion der Fertigelemente und anschließend bei der Lieferung berücksichtigt werden. Krane haben nicht nur einen direkten Einfluss auf die Baustellengemeinkosten, sondern beeinflussen auch die Einbaukosten. Wird zusätzlich ein Autokran für das Entladen benötigt, so verursacht dies ebenfalls Kosten, welche berücksichtigt werden müssen.

Die Einflüsse auf die Einbaukosten werden in *Abbildung 45* grafisch zusammengefasst.

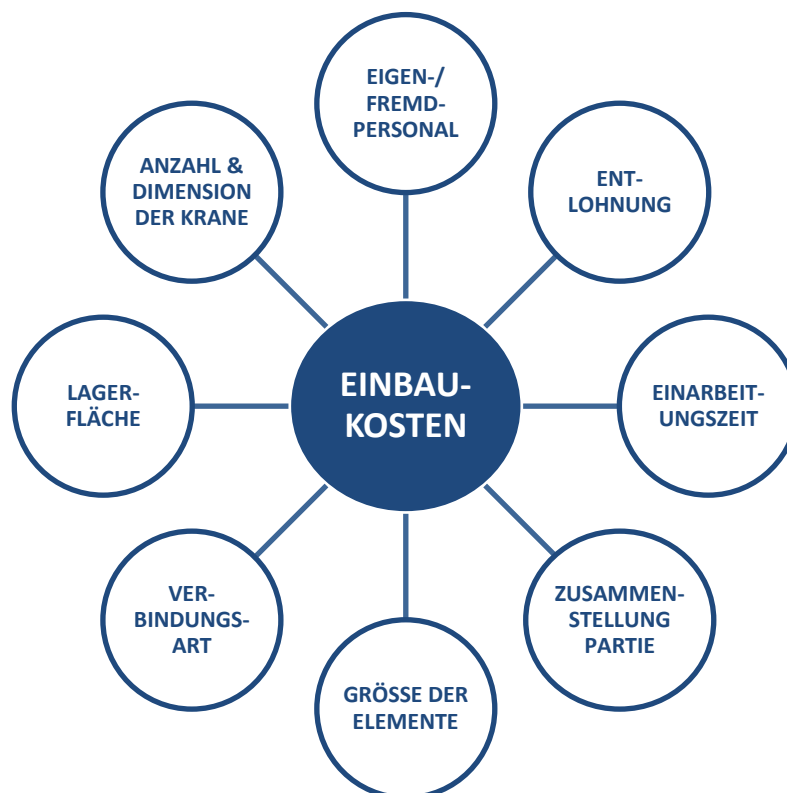


Abbildung 45: Einflüsse auf die Einbaukosten

Redundanz der Einflüsse

Wie bereits bei einigen Einflüssen angemerkt, können die einzelnen Einflüsse nicht immer separiert betrachtet werden, sondern hängen oft mit anderen Einflüssen eng zusammen oder beeinflussen einander. Bei den Herstellkosten wird die Lagerzeit direkt von der Liefer- bzw. Vorlaufzeit beeinflusst. Elemente mit geringer Vorlaufzeit haben auch eine geringe Lagerzeit. Kann ein Element jedoch bereits sehr früh produziert und erst verspätet abgerufen werden, so kommt es zu längeren Lagerzeiten. Die Gebäudestruktur sowie -größe hat wiederum einen direkten Einfluss auf die Bestellmenge.

Die Organisation der Baustelle hat großen Einfluss sowohl auf die Liefer- und Vorlaufzeit, die Transportmenge sowie den Lieferzeitpunkt. Bei einer gut organisierten Baustelle können spontane Liefertermine, Lieferzeitpunkte außerhalb der „normalen Arbeitszeit“ sowie Stehzeiten vermieden werden, die Transportmenge kann optimiert werden. Die Kosten für Sondertransporte hängen wiederum direkt mit den Elementgrößen zusammen.

Die Entscheidung, ob der Einbau mittels Eigen- oder Fremdpersonal erfolgen soll, beeinflusst nicht nur die Art und Höhe der Entlohnung, sondern auch die Einarbeitungszeit und die Zusammenstellung der Partie. Die Größe der Elemente hingegen beeinflusst die Größe der Lagerfläche sowie die Anzahl und Dimensionierung der Krane.

6.4 Projektstudie

Im Zuge der Berechnungen werden einander zwei Projekte je Kategorie gegenübergestellt, welche sich nach Lage (Entfernung zwischen Fertigteilwerk und Baustelle), Größe (Einfamilienhaus vs. Wohnhausanlage) sowie Form und Struktur (Wohnhausanlage vs. Wirtschaftshalle) voneinander unterscheiden. Im ersten Schritt werden die unterschiedlichen Projekte vorgestellt. Entwurfs- sowie Elementpläne befinden sich im Anhang. Im anschließenden *Kapitel 7* wird das erstellte Kostentool beschrieben, die Kosten für jedes Projekt berechnet, in Herstell-, Transport- und Einbaukosten unterteilt und grafisch gegenübergestellt.

Alle Wandelemente, sowohl Außen-, Innen-, Loggia- und Brüstungswände als auch Untergänge, werden als Massivwand mit einer Wandstärke von 15 cm angenommen. Alle Deckenelemente sowie Loggiaplatten werden als Elementdecke mit einer Stärke von 6 cm und einem 12 cm starken Aufbeton kalkuliert.

6.4.1 Begriffsdefinitionen

Um die Berechnungsparameter definieren zu können, müssen einige Begriffe definiert und festgelegt werden.

Bebaute Fläche

Die Wiener Bauordnung definiert bebaute Fläche als „*senkrechte Projektion des Gebäudes einschließlich aller raumbildenden oder raumergänzenden Vorbauten auf eine waagrechte Ebene; als raumbildend oder raumergänzend sind jene Bauteile anzusehen, die allseits baulich umschlossen sind oder bei denen die bauliche Umschließung an nur einer Seite fehlt. Unterirdische Gebäude oder Gebäudeteile bleiben bei der Ermittlung der bebauten Fläche außer Betracht.*“¹⁴⁸

Terrassen werden beispielsweise nicht zur bebauten Fläche hinzugezählt.

Brutto-Grundfläche (BGF)

In ÖNORM B 1800 wird bei den Ermittlungsregeln der Grundflächen auf die Begriffsbestimmungen gemäß ÖNORM EN 15221-6:2011, Abschnitt 5 verwiesen.

Nach ÖNORM EN 15221-6 wird der Begriff Brutto-Grundfläche folgendermaßen definiert: „*Die Brutto-Grundfläche ist die aus der Ebenenfläche (EF) abzüglich der unverwendbaren Grundfläche (UGF) berechnete Fläche.*“

$$EF - UGF = BGF^{149}$$

¹⁴⁸ Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Bauordnung für Wien. § 80.

¹⁴⁹ ÖNORM EN 15221-6: Flächenbemessung im Facility Management, 2011, S. 20.

„Die Ebenenfläche als eine Messfläche für eine Ebene, einschließlich aller innen liegenden Grundflächen, gemessen bis zur äußeren dauerhaften Fertigoberfläche.“¹⁵⁰

Die unverwendbare Grundfläche hingegen ist eine Fläche, die aus Öffnungen, Atrien und Hohlräumen besteht.¹⁵¹

Vereinfacht gesagt wird als Brutto-Grundfläche die *„Summe aller Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes, z. B. Keller-, Erd- und Dachgeschoß, oder auch die unterbaute Fläche“*, verstanden.¹⁵²

Terrassen und Rücksprünge zählen nur zur BGF wenn sie innerhalb des Bauwerksumrisses liegen.

Wohnnutzfläche (WNF)

Nach ÖNORM EN 15221-6 wird lediglich der Begriff *„Nutzfläche“* als *„Teil der Netto-Raumfläche, der zur Unterstützung der Erfordernisse des Kerngeschäftes und der Arbeitsprozesse verwendet wird.“* definiert.¹⁵³

Laut dem Leitfaden der MA 25 zur Berechnung der Nutzfläche nach dem MRG / WEG¹⁵⁴ wird die Wohnnutzfläche folgendermaßen definiert:

„Die Wohnnutzfläche ist jene Fläche, die als Grundlage für die Nutzwerte, die Berechnung der Miete (des Nutzungsentgeltes) usw. ermittelt wird. [...] Gemeinsam genutzte Flächen [...] zählen nicht zur Nutzfläche, da eine alleinige Nutzungsmöglichkeit gegeben sein muss.“¹⁵⁵

Balkone, Terrassen, Einlagerungsräume, Dachbodenräume, Stiegen/Treppen sowie Podeste zählen laut MA 25 ebenfalls nicht zur Nutzfläche.

6.4.2 Bebauungsbestimmungen

Es gibt zahlreiche Gesetze und Verordnungen, welche bei Bauvorhaben zwingend eingehalten werden müssen. Darüber hinaus sind einige Empfehlungen von Behörden, welche als Richtwerte angesehen werden können, zu beachten. Je nach Bundesland können sich diese Vorgaben erheblich unterscheiden. An dieser Stelle werden nun die wichtigsten Vorgaben für Wien und Gols zusammengefasst.

Bauvorgaben in Wien

Für das Bauvorhaben in Wien gibt es die Wiener Bauordnung inklusive Flächenwidmungs- und Bebauungsplan sowie das Wiener Garagengesetz, welche eingehalten werden müssen. Die OIB Richtlinien, herausgegeben vom Österreichischen Institut für Bautechnik, sind bereits in allen Bauordnungen für verbindlich erklärt worden und müssen somit berücksichtigt werden.^{156,157,158}

¹⁵⁰ ÖNORM EN 15221-6: Flächenbemessung im Facility Management, 2011, S. 16.

¹⁵¹ Vgl. ÖNORM EN 15221-6: Flächenbemessung im Facility Management, 2011, S. 16ff.

¹⁵² Jodl H. G., et. al.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, 2010, S. 80.

¹⁵³ ÖNORM EN 15221-6: Flächenbemessung im Facility Management, 2011, S. 41.

¹⁵⁴ MRG (Abk. Mietrechtgesetz); WEG (Abk. Wohnungseigentumsgesetz)

¹⁵⁵ MA 25 – Stadt Wien: Leitfaden der MA 25 zur Berechnung der Nutzfläche, 2013, S. 4.

¹⁵⁶ Vgl. Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Bauordnung für Wien.

¹⁵⁷ Vgl. Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Wiener Garagengesetz 2008.

¹⁵⁸ Vgl. Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinien 2015.

Die wichtigsten Parameter für das Bauvorhaben in Wien lauten:

- Bauland: Wohngebiet
- Bauklasse: 1 (max. Gebäudehöhe: 6,5 m)
- Bauweise: Offene oder Gekuppelte Bauweise
- Baufluchtlinie: 5 Meter innerhalb der Baulinie
- Garagengesetz: Je 100 m² Wohnnutzfläche ist ein Stellplatz zu schaffen

Bauvorgaben in Gols

Gesetzliche Grundlage im Burgenland bilden das Burgenländische Baugesetz 1997, die Burgenländische Bauverordnung 2008 und das Burgenländische Raumplanungsgesetz. Soll das Bauvorhaben vom Land gefördert werden, so müssen das Wohnbauförderungsgesetz und die -verordnung ebenfalls berücksichtigt werden.^{159, 160, 161}

Die wichtigsten Parameter für das Grundstück in Gols lauten:

- Bauland: Bauland – Gemischtes Baugebiet
- Gebäudehöhe: Bei 2 Geschoßen bis max. 7,0 m
- Bauweise: Offene oder Halboffene Bauweise
- Zwingende Baulinie: 3–6 m von der Grundstücksgrenze
- Stellplatzverordnung: 1 Stellplatz je Wohneinheit (von Gemeinde Gols festgelegt)

6.4.3 Wohnhausanlage Wien

In der ersten Gegenüberstellung wird der Schwerpunkt der Betrachtung auf die Entfernung zwischen Fertigteilwerk und Baustelle gelegt. Das Mischek-Werk verrechnet für jeden Transport innerhalb der Zone einen einheitlichen Preis je ausgelieferter Tonne (fixer Einheitspreis). Für Baustellen in Niederösterreich oder im Umkreis von 80 km um Gerasdorf wird ein Aufschlag, bei Vollfertigteilen Euro je Tonne, bei Halffertigteilen Euro je m², verrechnet.

Die ausgewählten Bauplätze bestehen aus zwei oder drei Grundstücken. Für die Planung der Wohnhausanlagen werden die Parzellen als ein verbundener Bauplatz angesehen.

Der Bauplatz in Wien befindet sich in der Markomannenstraße 50–52 im 22. Wiener Gemeindebezirk. Die Anlieferung der Fertigteile erfolgt vom Mischek-Werk in Gerasdorf über die Seyringer Straße, den Kagraner Platz, über die Wagramer Straße und Lieblgasse bis zur Ecke Markomannenstraße.

Alle Straßen weisen eine ausreichende Breite auf, auch die Markomannenstraße selbst, und alle Kreuzungen beziehungsweise Kurven verfügen über einen ausreichenden Kurvenradius, um den kontinuierlichen Verkehrsfluss sicherstellen zu können.

In *Abbildung 46* werden die Situierung der Baustelle und die Entfernung zum Mischek-Werk veranschaulicht. Die Entfernung zwischen Fertigteilwerk und Baustelle beträgt lediglich ca. 7 km. Das Bauvorhaben ist 36 m lang, 47 m breit und somit fast 1.700 m² groß.

¹⁵⁹ Vgl. Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Burgenländisches Baugesetz 1997.

¹⁶⁰ Vgl. Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Burgenländische Bauverordnung 2008.

¹⁶¹ Vgl. Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Burgenländisches Raumplanungsgesetz.

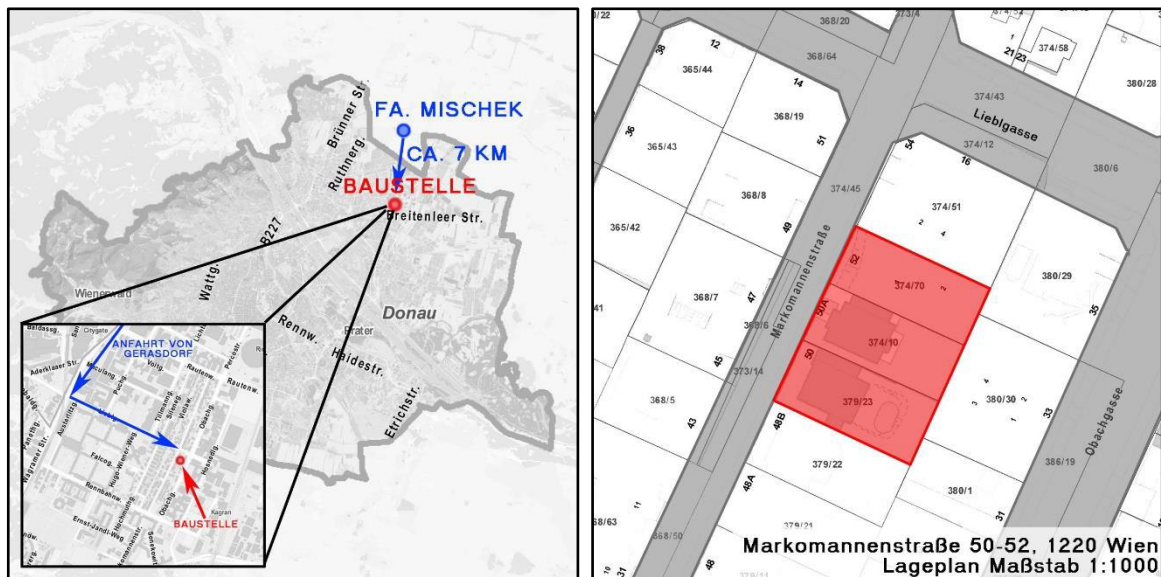


Abbildung 46: Situierung der Baustelle in Wien

Der Gebäudekomplex hat folgende Kennzahlen:

- Geschoße: 1 Erdgeschoß, 1 Obergeschoß und 1 Dachgeschoß
- Wohneinheiten: 10 Wohnungen mit Terrasse oder Balkon
- Allgemeinräume: Fahrrad-, Kinderwagen-, Technik-, Müllraum und Kellerabteile
- Stellplätze: 12 PKWs, 4 Motorräder, 1 Barrierefreier Stellplatz
- Bebaute Fläche: 372,06 m²
- BGF: 1.116,18 m²
- WNF: 598,93 m²

Grundrisse, Schnitt und Ansichten der Wohnhausanlage sowie die Elementierungspläne für die Massenermittlung befinden sich im Anhang.

6.4.4 Wohnhausanlage Gols

Die zweite Wohnhausanlage befindet sich am Alten Satz 45–47 in der Gemeinde Gols, einer kleinen Ortschaft im Nordburgenland. Der Transport der Fertigteile führt über die Bundesstraße zur Wiener Nordrand Schnellstraße (S2), auf die Wiener Südosttangente (A23) und anschließend auf die Ostautobahn (A4) bis zur Abfahrt Weiden/Gols. Nach weiteren 8,0 km auf der Bundesstraße ist das Ziel, die Ortschaft Gols, erreicht. Insgesamt muss jedes Fertigteile rund 75 km zurücklegen, um auf die Baustelle zu gelangen.

Der Anfahrtsweg von Gerasdorf bis nach Gols stellt, mit Ausnahme der unterschiedlichen Landeszuständigkeiten für Sondergenehmigungen, keine besonderen Schwierigkeiten dar, da alle Straßen eine Mindestbreite von 8 m gewährleisten und über einen ausreichenden Kurvenradius verfügen. Die Anlieferung in Gols selbst stellt jedoch eine Herausforderung dar. Die erste Schwierigkeit ist der hochfrequentierte Kreisverkehr mit einem Innenradius von nur knapp 8 m. Die zweite und noch größere Herausforderung ist die sehr schmale Gasse, in der sich die Baustelle befindet. Die Straße selbst weist lediglich eine Breite von 5,5 m auf, auch parkende Autos am Fahrbahnrand sind hier Normalität. Ein Grünstreifen von knapp 3 m auf beiden Straßenseiten könnte jedoch für die Baustelleneinrichtung verwendet werden.

In *Abbildung 47* werden die Lage und Anfahrt des Baugrundes in Gols beschrieben, außerdem ist das ausgewählte Grundstück abgebildet. Der Bauplatz ist ca. 36 m lang, 45 m breit und somit 1.620 m² groß.

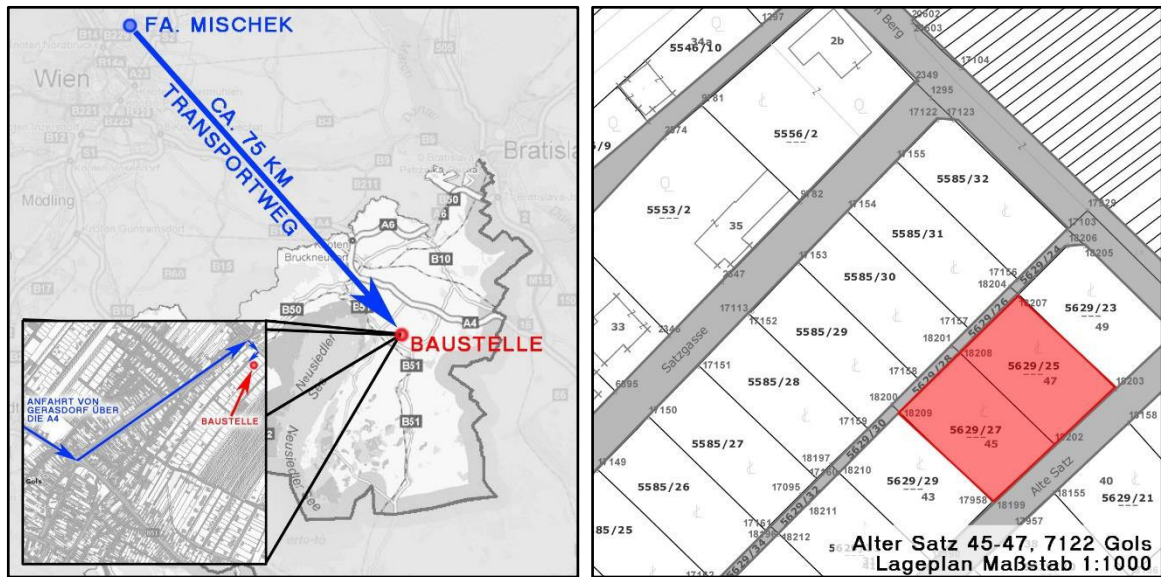


Abbildung 47: Situierung der Baustelle in Gols

Der Gebäudekomplex hat folgende Kennzahlen:

- Geschoße: 1 Erdgeschoß, 1 Obergeschoß und 1 Dachgeschoß
- Wohneinheiten: 10 Wohnungen mit Terrasse oder Balkon
- Allgemeinräume: Fahrrad-, Kinderwagen-, Technik-, Müllraum und Kellerabteile
- Stellplätze: 12 PKWs, 4 Motorräder, 1 Barrierefreier Stellplatz
- Bebaute Fläche: 372,06 m²
- BGF: 1.116,18 m²
- WNF: 598,93 m²

6.4.5 Einfamilienhaus Gols

In der zweiten Gegenüberstellung wird das Augenmerk auf die Größe des Bauprojektes gelegt. Das Einfamilienhaus befindet sich wie die Wohnhausanlage in der Gemeinde Gols, in einer Gasse parallel zur Wohnhausanlage. In *Abbildung 48* wird die Position des Einfamilienhauses dargestellt. Das Grundstück ist 45 m lang, 18,9 m breit und 850,5 m² groß. Bei der Planung des Einfamilienhauses sind alle Vorgaben des Burgenländischen Baugesetzes von 1997 eingehalten worden.

Das Gebäude hat folgende Kennzahlen:

- Geschoße: 1 Erdgeschoß und 1 Obergeschoß
- Wohneinheiten: 1 Wohneinheit mit 2 Terrassen
- Nebenräume: Lager mit ca. 31 m²
- Garage: 2 Stellplätze mit einer Fläche von 36,78 m²
- Bebaute Fläche: 228,63 m²
- BGF: 339,89 m²
- WNF: 208,91 m²

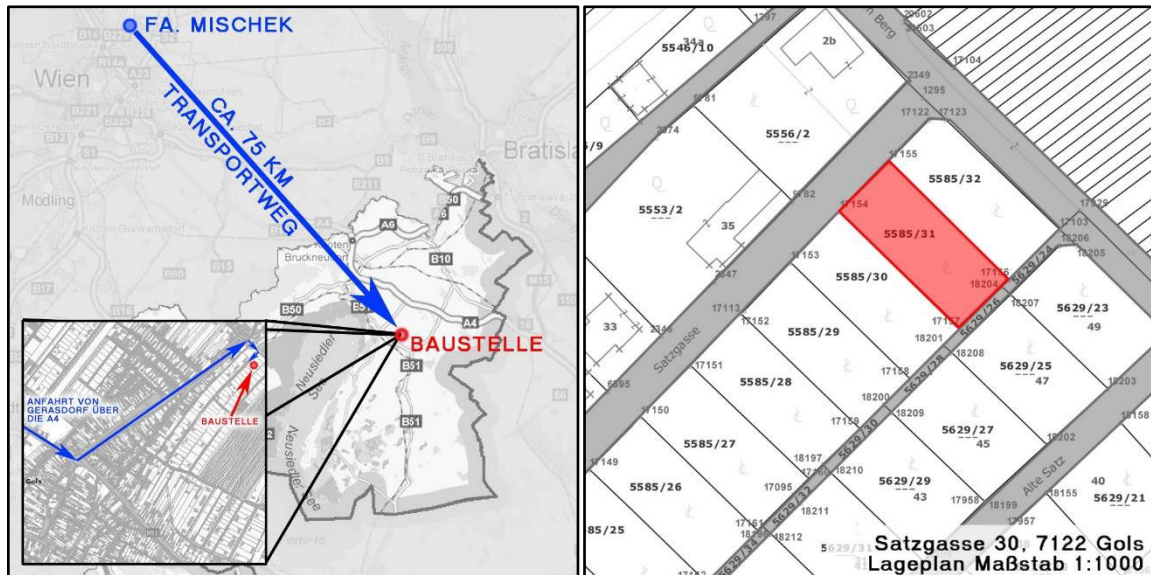


Abbildung 48: Grundstück des Einfamilienhauses in Gols

6.4.6 Wirtschaftshalle Gols

In der dritten Berechnung werden die Gebäude hinsichtlich ihrer Struktur verglichen. Hierbei wird die bereits beschriebene Wohnhausanlage mit einer Wirtschaftshalle in Gols verglichen.

Die Wirtschaftshalle besteht lediglich aus den Außenwänden, wenigen Innenwänden und einer Deckenkonstruktion. Durch diese einfache Bauweise soll ein Maximum an Nutzfläche erreicht werden.

Als Basis für die bebaute Fläche wird die maximale Bebauungsdichte von einem Drittel der Grundfläche voll ausgeschöpft. Da die Wirtschaftshalle für Wirtschaftsgeräte geeignet sein soll, ist eine Raumhöhe von 5,0 m geplant.

Die Wirtschaftshalle hat folgende Kennzahlen:

- Geschoße: 1 Geschoß
- Räume: Toilettenanlagen, Gästestube, Büro, Lagerhalle, Geräteraum, Kühlhaus
- Bebaute Fläche: 524,96 m²
- BGF: 524,96 m²
- NF: 476,94 m²

6.4.7 Vergleich der Bauvorhaben

In *Tabelle 29* werden die beiden Gebäudekennzahlen BGF und NF zusammengefasst und in Relation gebracht. Die Nutzfläche wird in Prozent zur Brutto-Geschoßfläche berechnet.

	Wohnhausanlage		Einfamilienhaus		Wirtschaftshalle	
	Fläche	Prozent	Fläche	Prozent	Fläche	Prozent
BGF	1.116,18 m ²	100,0%	349,89 m ²	100,0%	524,96 m ²	100,0%
NF	598,93 m ²	53,7%	208,91 m ²	59,7%	476,94 m ²	90,9%

Tabelle 29: Gegenüberstellung BGF und NF der drei Projekte

In *Abbildung 49* werden die zuvor ermittelten Gebäudekennzahlen grafisch gegenübergestellt. Die Grafik zeigt deutlich, dass der Nutzflächenanteil der Wohnhausanlage mit 53,7% im Vergleich zu den anderen Gebäudetypen sehr gering ist, da die Wohnhausanlage über zahlreiche Allgemeinräume verfügt, welche nicht zu den Nutzflächen zählen. Das Einfamilienhaus verfügt über einen Nutzflächenanteil von fast 60%. Die zum gesamten Gebäude proportional große Garage und Lagerfläche sind Hauptgrund dafür, dass der Anteil nicht höher ist. Bei der Wirtschaftshalle wird eine Nutzfläche von fast 91% erreicht. Lediglich die Fläche des Mauerwerks wird bei der Berechnung der Nutzfläche von der Brutto-Geschoßfläche abgezogen.

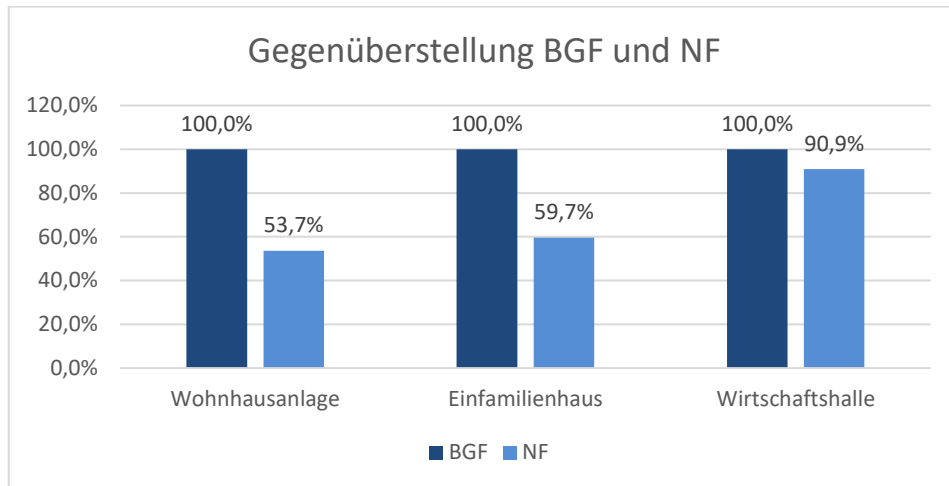


Abbildung 49: Grafische Gegenüberstellung BGF und NF der drei Projekte

7 Kostentool

In diesem Kapitel wird das mit Microsoft Excel entwickelte Kostentool vorgestellt. Im ersten Schritt werden die Grundlagen des Tools kurz beschrieben und der entwickelte und angewandte Formelapparat, inklusive interaktive Auswahlelemente zur Steuerung der Kosteneinflüsse, erklärt. Anschließend werden die einzelnen Tabellenblätter dargestellt und erläutert. Abschließend werden die Ergebnisse der Berechnungen gegenübergestellt und analysiert.

7.1 Grundlagen des Kostentools

Das mit Microsoft Excel entwickelte Kostentool orientiert sich an der rS1-Methode. Die rS1-Methode wurde von Herrn Reinhold Scheck (Excel-Experte und Herausgeber zahlreicher Bücher über die Anwendung von Microsoft Excel) entwickelt und soll sowohl den Aufbau als auch das Arbeiten mit einer Excel-Datei vereinfachen. Das Kostentool besteht aus den folgenden Tabellenblättern:

- Focus1 Eingabe (Eingabe der Basisdaten und Auswahl der Kosteneinflüsse)
- Focus2 Mengen (Mengenermittlung)
- Basis1 Ausgabe (Ausgabe der Kosten und grafische Darstellung)
- Daten1 Kosten (Kostenansätze)
- Daten2 Herstellung WA (K7-Blatt: Herstellkosten Massivwand)
- Daten3 Herstellung ED (K7-Blatt: Herstellkosten Elementdecke)
- Daten4 Transport (K7-Blatt: Transportkosten)
- Daten5 Einbau WA (K7-Blatt: Einbaukosten Massivwand)
- Daten6 Einbau ED (K7-Blatt: Einbaukosten Elementdecke)
- Listen1 (Grundlage für Steuerelemente: Einflüsse und Faktoren)

Die einzelnen Tabellenblätter werden später noch genauer beschrieben und dargestellt.

Die **Summe der Kosten K [€]** beinhaltet Herstell-, Transport- sowie Einbaukosten. Auch die jeweiligen Einflussfaktoren werden in der Berechnung berücksichtigt.

$K = k_H + k_T + k_E$	[€]
$k_H = m_W * (w_1 * f_1 + w_2 * f_2 + w_3 * f_3) + m_d * (d_1 * f_1 + d_2 * f_2 + d_3 * f_3)$	[€]
$k_T = m_W * (w_4 * f_4 + w_5 * f_5 * a) + m_d * (d_4 * f_4 + d_5 * f_5 * a)$	[€]
$k_E = m_W * (w_6 * f_6 + w_7 * f_7 + w_8 * f_8) + m_d * (d_6 * f_6 + d_7 * f_7 * d_8 * f_8)$	[€]
$f_n = n_1 * n_2 * \dots * n_i$	[-]
<i>K ... Summe der Kosten</i>	[€]
<i>k_H ... Summe der Herstellkosten</i>	[€]
<i>k_T ... Summe der Transportkosten</i>	[€]
<i>k_E ... Summe der Einbaukosten</i>	[€]
<i>m_W ... Menge Massivwand</i>	[m ²]
<i>m_d ... Menge Elementdecke</i>	[m ²]
<i>w₁ ... Massivwand Herstellkosten Materialkosten</i>	[€/m ²]
<i>w₂ ... Massivwand Herstellkosten Lohnkosten</i>	[€/m ²]
<i>w₃ ... Massivwand Herstellkosten Fixkosten</i>	[€/m ²]

w_4 ... Massivwand Transportkosten Stehkosten	[€/m ²]
w_5 ... Massivwand Transportkosten Fahrtkosten	[€/m ²]
w_6 ... Massivwand Einbaukosten Materialkosten	[€/m ²]
w_7 ... Massivwand Einbaukosten Lohnkosten	[€/m ²]
w_8 ... Massivwand Einbaukosten Fixkosten	[€/m ²]
d_1 ... Elementdecke Herstellkosten Materialkosten	[€/m ²]
d_2 ... Elementdecke Herstellkosten Lohnkosten	[€/m ²]
d_3 ... Elementdecke Herstellkosten Fixkosten	[€/m ²]
d_4 ... Elementdecke Transportkosten Stehkosten	[€/m ²]
d_5 ... Elementdecke Transportkosten Fahrtkosten	[€/m ² *km]
d_6 ... Elementdecke Einbaukosten Materialkosten	[€/m ²]
d_7 ... Elementdecke Einbaukosten Lohnkosten	[€/m ²]
d_8 ... Elementdecke Einbaukosten Fixkosten	[€/m ²]
a ... Entfernung zwischen Baustelle und Fertigteilwerk	[km]
f_1 ... Einflussfaktor Herstellkosten Materialkosten	[-]
f_2 ... Einflussfaktor Herstellkosten Lohnkosten	[-]
f_3 ... Einflussfaktor Herstellkosten Fixkosten	[-]
f_4 ... Einflussfaktor Transportkosten Stehkosten	[-]
f_5 ... Einflussfaktor Transportkosten Fahrtkosten	[-]
f_6 ... Einflussfaktor Einbaukosten Materialkosten	[-]
f_7 ... Einflussfaktor Einbaukosten Lohnkosten	[-]
f_8 ... Einflussfaktor Einbaukosten Fixkosten	[-]
n ... Einflussfaktor der Steuerelemente	[-]

7.1.1 Auswahl der Einflussfaktoren

Die im *Kapitel 6.3.3* ermittelten Einflüsse auf die Kosten fließen mittels Auswahl durch mehrere Scrollleisten (siehe *Abbildung 50*) in die Berechnung ein. Als Ausgangspunkt steht jeder Balken in der Mitte und ist somit neutral. Durch das Verändern der Einflüsse wird im ersten Schritt ein Wert und im zweiten Schritt ein Faktor des jeweiligen Einflusses ermittelt.

Einflüsse auf die Kosten			
Bestellmenge	gering	<  >	hoch
Vorlaufzeit	gering	<  >	lang
Lagerzeit	gering	<  >	lang
Einbauteile	wenige	<  >	viele
Gebäudestruktur	einfach	<  >	komplex

Abbildung 50: Auswahl der Einflüsse auf die Kosten

In *Abbildung 51* ist der Berechnungsvorgang der *Einflussfaktoren f* dargestellt.

1. Jeder Einflussfaktor hat eine eigene Scrollleiste, welche beliebig verschoben und variiert werden kann.
2. Die erste Matrix gibt den mittels Scrollleiste ausgewählten Wert wieder. Jede Leiste hat ein Auswahlpektrum von 1 bis 5, wobei der mittlere Standpunkt als Wert 3 und somit als neutraler Wert definiert ist.
3. Die zweite Matrix dient der Festlegung, wie intensiv ein Einfluss die Kosten verändert. Eine geringe Vorlaufzeit hat in diesem Beispiel einen Kosteneinflussfaktor von

- 1,2, während eine lange Vorlaufzeit einen Faktor von 0,8 aufweist. Die Auswahl der etwas längeren Vorlaufzeit ergibt somit einen Einflussfaktor von 0,9.
- Dieser Faktor wirkt sich jedoch nicht auf alle drei Kostenbereiche aus, sondern nur auf, in diesem Fall, die Lohn- und Fixkosten, da die Materialkosten unabhängig von der Vorlaufzeit sind.
 - Anschließend werden die einzelnen Faktoren multipliziert. Der *Einflussfaktor Herstellkosten Lohnkosten* f_2 , zum Beispiel ist das Produkt aus *Faktor Bestellmenge* n_1 , *Faktor Vorlaufzeit* n_2 , *Faktor Lagerzeit* n_3 , *Faktor Einbauteile* n_4 und *Faktor Gebäudestruktur* n_5 .

$$f_2 = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5 [-]$$

Einflüsse auf die Kosten					
Bestellmenge	gering	<		>	hoch
Vorlaufzeit	gering	<		>	lang
Lagerzeit	gering	<		>	lang
Einbauteile	wenige	<		>	viele
Gebäudestruktur	einfach	<		>	komplex

Projekt A Wohnhausanlage Wien												
Herstellkosten												
	Wert	1	2	3	4	5		Materialk.	Lohnkosten	Fixkosten		
Bestellmenge	2	gering	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	hoch	1,0	1,0	1,0	
Vorlaufzeit	4	gering	1,2	1,2	1,2	0,9	0,8	lang	1,0	0,9	0,9	
Lagerzeit	2	gering	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	lang	1,0	1,0	0,8	
Einbauteile	5	wenige	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	viele	1,2	1,2	1,0	
Gebäudestruktur	1	einfach	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	komplex	0,6	1,0	1,0	
									Faktor	f₁	f₂	f₃
									0,7	1,1	0,7	

Abbildung 51: Ermittlung der Einflussfaktoren

- Sind die einzelnen Einflussfaktoren ermittelt, so werden diese mit dem dazugehörigen Kostenanteil (siehe *Abbildung 52*) und anschließend mit der Menge multipliziert. Die *Massivwand Herstellkosten Materialkosten* w_1 werden mit dem *Einflussfaktor Herstellkosten Materialkosten* f_1 multipliziert.

$$k_H = m_W * (w_1 * f_1 + w_2 * f_2 + w_3 * f_3) + m_d * (d_1 * f_1 + d_2 * f_2 + d_3 * f_3)$$

Kosten Massivwand			Kosten Elementdecke		
Herstellkosten	Materialkosten	W₁ 19,19 €/m ²	Materialkosten	d 10,07 €/m ²	
	Lohnkosten	W₂ 11,37 €/m ²	Lohnkosten	d₁ 5,53 €/m ²	
	Fixkosten	W₃ 19,93 €/m ²	Fixkosten	d₂ 7,75 €/m ²	
Transportkosten	Stehkosten	W₄ 1,49 €/m ²	Stehkosten	d₃ 1,49 €/m ²	
	Fahrtkosten	W₅ 0,09 €/m ² *km	Fahrtkosten	d₄ 0,03 €/m ² *km	
Einbaukosten	Materialkosten	W₆ 0,00 €/m ²	Materialkosten	d₅ 14,10 €/m ²	
	Lohnkosten	W₇ 8,12 €/m ²	Lohnkosten	d₆ 9,56 €/m ²	
	Fixkosten	W₈ 6,06 €/m ²	Fixkosten	d₇ 2,43 €/m ²	

Abbildung 52: Kostenanteile Massivwand und Elementdecke

7.2 Tabellenblätter

An dieser Stelle werden nun alle Tabellenblätter kurz beschrieben und dargestellt.

7.2.1 Eingabeblatt

Das erste Tabellenblatt des Kostentools hat den Namen *Focus1 Eingabe* und dient der Eingabe der allgemeinen Informationen und der Gebäudekennzahlen. In *Abbildung 53* ist der erste Teil des Tabellenblattes zu sehen. Bei den allgemeinen Informationen werden

Projektbezeichnung, Adresse sowie die Entfernung der Baustelle zum Fertigteilwerk in Gerasdorf eingegeben. Die Mengenangaben der Massivwände und Elementdecken werden vom darauffolgenden Tabellenblatt übernommen. Die Gebäudekennzahlen werden ebenfalls hier eingegeben und für die spätere Berechnung herangezogen.

Dateneingabe für das Kostentool

Allgemeine Informationen	
Projekt	A
Name des Bauvorhabens	Wohnhausanlage Wien
Adresse	Markomannenstraße 50-52, 1220 Wien
Entfernung zu Gerasdorf in km	7,00 km
Mengenangaben	
Massivwände in m ²	1638,99 m ²
Elementdecken in m ²	867,58 m ²
Gebäudekennzahlen	
Bebaute Fläche in m ²	372,06 m ²
Brutto-Grundfläche in m ²	1116,18 m ²
(Wohn)Nutzfläche in m ²	598,93 m ²

Abbildung 53: Tabellenblatt Focus1 Eingabe (Teil1)

In *Abbildung 54* ist der zweite Teil des Eingabeblattes mit den Einflüssen der Kosten zu sehen. Hier können sämtliche Einflüsse mittels Scrollleiste bestimmt und verändert werden. Als Ausgangspunkt sind alle Balken in der Mitte positioniert und haben somit keinen Einfluss auf die Kosten. Je nach positivem oder negativem Einfluss kann der Balken beliebig bewegt werden. Die Festlegung der Faktorhöhe erfolgt auf dem Tabellenblatt *Listen1*.

Einflüsse auf die Kosten					
Bestellmenge	gering	<	<input type="range"/>	>	hoch
Vorlaufzeit	gering	<	<input type="range"/>	>	lang
Lagerzeit	gering	<	<input type="range"/>	>	lang
Einbauteile	wenige	<	<input type="range"/>	>	viele
Gebäudestruktur	einfach	<	<input type="range"/>	>	komplex
Abladezeit	kurz	<	<input type="range"/>	>	lang
Vorlaufzeit	gering	<	<input type="range"/>	>	lang
Lieferzeitpunkt	sehr früh	<	<input type="range"/>	>	sehr spät
Transportmenge	gering	<	<input type="range"/>	>	groß
Elementgröße	klein	<	<input type="range"/>	>	groß
Sondertransporte	wenige	<	<input type="range"/>	>	viele
Personalleistung	sehr gut	<	<input type="range"/>	>	sehr schlecht
Lohnanreiz	niedrig	<	<input type="range"/>	>	hoch
Einarbeitungszeit	kurz	<	<input type="range"/>	>	lang
Partiezusammensetzung	ideal	<	<input type="range"/>	>	schlecht
Elementgröße	klein	<	<input type="range"/>	>	groß
Verbindungsart	gut	<	<input type="range"/>	>	schlecht
Lagerfläche	klein	<	<input type="range"/>	>	groß
Baustellenorganisation	gut	<	<input type="range"/>	>	schlecht

Focus1 Eingabe | Focus2 Mengen | Basis1 Ausgabe | Daten1 Kosten | Daten2 Herstellung WA

Abbildung 54: Tabellenblatt Focus1 Eingabe (Teil2)

7.2.2 Mengenblatt

In *Abbildung 55* ist das Tabellenblatt *Focus2 Mengen* für die Mengenermittlung zu sehen. Hier wird jedes Element mit Länge, Breite, Höhe eingegeben und somit die Massen der Fertigelemente ermittelt und automatisch auf das Blatt *Focus1 Eingabe* übernommen.

Mengenermittlung						Summen
Element	Fortl.Nr.	Länge	Breite	Höhe	Fläche	
WA	1	6,21	0,15	2,68	16,64 m ²	Elementdecke 867,58 m ² Massivwand 1638,99 m ²
WA	2	4,35	0,15	2,68	11,66 m ²	
WA	3	4,00	0,15	2,68	10,72 m ²	
WA	4	6,50	0,15	2,68	17,42 m ²	
WA	5	4,38	0,15	2,68	11,74 m ²	
WA	6	4,38	0,15	2,68	11,74 m ²	
WA	7	6,50	0,15	2,68	17,42 m ²	
WA	8	4,00	0,15	2,68	10,72 m ²	
WA	9	4,35	0,15	2,68	11,66 m ²	
WA	10	4,50	0,15	2,68	12,06 m ²	
WA	11	4,50	0,15	2,68	12,06 m ²	
WA	12	8,96	0,15	2,68	24,01 m ²	
WA	13	6,70	0,15	2,68	17,96 m ²	
WA	14	4,48	0,15	2,68	12,01 m ²	
WA	15	4,48	0,15	2,68	12,01 m ²	

s1 Eingabe | **Focus2 Mengen** | Basis1 Ausgabe | Daten1 Kosten | Daten2 Herstellung WA | Daten3 Hei

Abbildung 55: Tabellenblatt Focus2 Mengen

7.2.3 Ausgabeblatt

Im Tabellenblatt *Basis1 Ausgabe* werden die Ergebnisse des Kostentools dargestellt. In *Abbildung 56* werden die zahlenmäßigen Ergebnisse ausgegeben. Sowohl die Summe der Kosten als auch die Aufteilung in Herstell-, Transport- und Einbaukosten werden hier berechnet. Außerdem wird die prozentuelle Aufteilung der drei Bereiche ermittelt sowie die Kosten je BF, BGF und NF ausgegeben.

Ergebnis des Kostentools

Projekt A Wohnhausanlage Wien		
Summe Kosten	€	153 862,08
Herstellkosten	€	103 005,37
Transportkosten	€	4 973,77
Einbaukosten	€	45 882,94
Kosten in Prozent		
Herstellkosten		67%
Transportkosten		3%
Einbaukosten		30%
Kosten/BF		413,54 €/m ²
Kosten/BGF		137,85 €/m ²
Kosten/NF		256,89 €/m ²

Focus1 Eingabe | Focus2 Mengen | **Basis1 Ausgabe** | Daten1 Kosten

Abbildung 56: Tabellenblatt Basis1 Ausgabe (Zahlen)

Zusätzlich zu den Zahlenwerten werden im Tabellenblatt zwei Balkendiagramme konstruiert. In *Abbildung 57* ist ein Balkendiagramm mit den Kosten, aufgeteilt in Herstellungs-, Transport- und Einbaukosten, dargestellt. Die zweite Grafik gibt die prozentuelle Aufteilung wieder.

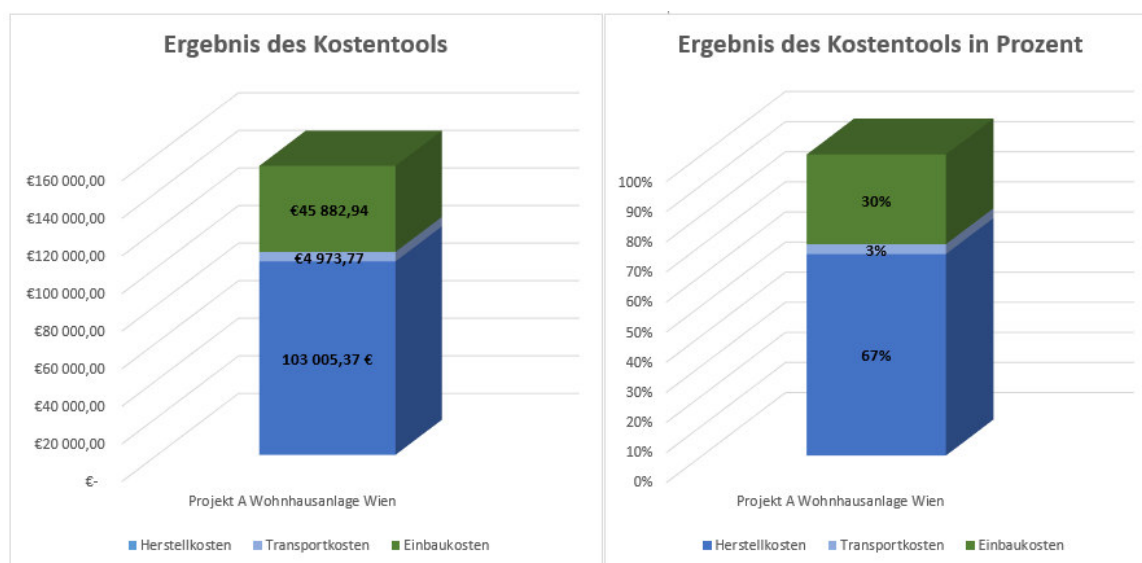


Abbildung 57: Tabellenblatt Basis1 Ausgabe (Diagramme)

7.2.4 Kostenblätter

In *Abbildung 58* werden die Kosten der Massivwand und Elementdecke ermittelt. Diese nehmen Bezug auf die K7-Blätter aus *Kapitel 6.3.2*. Hierbei werden die Herstellkosten in Material-, Lohn- und Fixkosten aufgeteilt und die Zahlenwerte von den bereits erwähnten K7-Blättern übernommen. Die Aufteilung der Transportkosten in Steh- und Fahrtkosten ist ebenfalls ident mit den dazugehörigen Preisermittlungsblättern aus *Kapitel 6.3.2*. Während sich die Einbaukosten der Massivwand aus lediglich Lohn- und Fixkosten (Krankkosten) zusammensetzen, beinhalten die Einbaukosten der Elementdecke zusätzliche Materialkosten. Die Materialkosten bestehen aus Schalmaterial, Bewehrung und Beton, die Lohnkosten beinhalten sowohl den Kranfahrer als auch Zimmerer-, Bewehrungs- und Maurerarbeiten und die Fixkosten geben die Krankkosten wieder.

Kosten Massivwand			Kosten Elementdecke			
Herstellkosten	Materialkosten	19,19 €/m ²	Herstellkosten	Materialkosten	10,07 €/m ²	
	Lohnkosten	11,37 €/m ²		Transportkosten	Lohnkosten	5,53 €/m ²
	Fixkosten	19,93 €/m ²			Fixkosten	7,75 €/m ²
Transportkosten	Stehkosten	1,49 €/m ²	Einbaukosten	Materialkosten	14,10 €/m ²	
	Fahrtkosten	0,09 €/m ² *km		Lohnkosten	9,56 €/m ²	
Einbaukosten	Materialkosten	0,00 €/m ²	Einbaukosten	Fixkosten	2,43 €/m ²	
	Lohnkosten	8,12 €/m ²				
	Fixkosten	6,06 €/m ²				

Focus1 Eingabe	Focus2 Mengen	Basis1 Ausgabe	Daten1 Kosten	Daten2 Herstellung WA	Daten3 Herstellung ED	Daten4 Transp
----------------	---------------	----------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------

Abbildung 58: Tabellenblatt Daten1 Kosten

In *Abbildung 59* werden exemplarisch zwei K7-Formblätter der Herstellkosten dargestellt, auf welche bei der Kostenermittlung im Excel-Tool Bezug genommen wird.

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
HERSTELLKOSTEN - MASSIVWAND (3,0 x 6,0 x 0,15 m)				
Pos.-Nr. Menge Einheit, Positionsschwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. Materialkosten				
Beton: 84,00 €/m³ * 0,15 m	€/m²		12,60	
Bewehrung: 0,49 €/kg * 8,30 kg/m²	€/m²		4,07	
Einbauteile: 20% v. Beton	€/m²		2,52	
02. Lohnkosten				
Produktion (ohne Bewehrung):				
32,48 €/h / 4,00 m²/h	€/m²	8,12		
Bewehrung verlegen:				
32,48 €/h / 83,00 kg/h * 8,30 kg/m²	€/m²	3,25		
03. Fixkosten				
auf ca. 3.600.000 € geschätzt				
Produktion ca. 700 m²/Tag				
700 m²/Tag * 5 Tage/Wo. * 4,3 Wo./Mo.				
* 12 Mo./Jahr => 180.600 m²				
3.600.000 € / 180.600 m² (50/50)	€/m²	9,97	9,97	
Herstellkosten	€/m²	21,33	29,15	50,49
GZ _{sonstiges} 9,75%	€/m²		3,15	
GZ _{lohn} 11,50%	€/m²	2,77		
Herstellpreis	€/m²	24,11	32,30	56,41
Als Vergleich Preise aus der Preisliste der Firma Mischek 01/2016:				
Wandplatte bis 20 cm dick < 1.000 m²	€/m²			62,14
Wandplatte bis 20 cm dick > 1.000 m²	€/m²			60,37

PREISERMITTLUNG		FORMBLATT K7		
HERSTELLKOSTEN - ELEMENTDECKE (2,5 x 7,0 x 0,06 m)				
Pos.-Nr. Menge Einheit, Positionsschwort, Kostenentwicklung je Einheit	h/EH	Anteil Lohn Betrag	Anteil Sonstiges Betrag	Einheitspreis Betrag
01. Materialkosten				
Beton: 84,00 €/m³ * 0,06 m	€/m²		5,04	
Bewehrung: 0,49 €/kg * 8,20 kg/m²	€/m²		4,02	
Einbauteile: 20% v. Beton	€/m²		1,01	
02. Lohnkosten				
Produktion (ohne Bewehrung):				
32,48 €/h / 14,00 m²/h	€/m²	2,32		
Bewehrung verlegen:				
32,48 €/h / 83,00 kg/h * 8,20 kg/m²	€/m²	3,21		
03. Fixkosten				
auf ca. 3.600.000 € geschätzt				
Produktion ca. 1.800 m²/Tag				
1800 m²/Tag * 5 Tage/Wo. * 4,3 Wo./Mo.				
* 12 Mo./Jahr => 464.400 m²				
3.600.000 € / 464.400 m² (50/50)	€/m²	3,88	3,88	
Herstellkosten	€/m²	9,40	13,94	23,35
GZ _{sonstiges} 9,75%	€/m²		1,51	
GZ _{lohn} 11,50%	€/m²	1,22		
Herstellpreis	€/m²	10,63	15,45	26,08
Als Vergleich Preise aus der Preisliste der Firma Mischek 01/2016:				
Elementdecke < 2.000 m²	€/m²			15,29
Elementdecke > 2.000 m²	€/m²			12,94

Abbildung 59: K7-Blatt: Herstellkosten

7.2.5 Listenblatt

Das letzte Tabellenblatt *Listen1* dient der Ermittlung der Einflussfaktoren. Die genaue Vorgangsweise ist bereits im *Unterkapitel 7.1.1* beschrieben. Die sich in der jeweils dritten Matrix befindlichen grauen Zahlenwerte bleiben unverändert, da der jeweilige Einfluss keine Auswirkung auf diesen Kostenanteil hat. (*Die Zahlenwerte der Einflussfaktoren sind willkürlich gewählt und beispielhaft dargestellt.*)

Projekt A Wohnhausanlage Wien												
Herstellkosten												
	Wert		1	2	3	4	5			Materialk.	Lohnkosten	Fixkosten
Bestellmenge	3	gering	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	hoch		1,0	1,0	1,0
Vorlaufzeit	4	gering	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	lang		1,0	0,9	0,9
Lagerzeit	2	gering	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	lang		1,0	1,0	0,8
Einbauteile	5	wenige	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	viele		1,2	1,2	1,0
Gebäudestruktur	1	einfach	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	komplex		0,6	1,0	1,0
									Faktor	0,7	1,1	0,7

Transportkosten												
	Wert		1	2	3	4	5			Stehkosten	Fahrtkosten	
Abladezeit	4	kurz	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	lang		1,2	1,0	
Vorlaufzeit	5	gering	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	lang		0,8	0,8	
Lieferzeitpunkt	2	sehr früh	1,2	1,1	1,0	1,1	1,2	sehr spät		1,1	1,1	
Transportmenge	1	gering	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	groß		1,2	1,2	
Elementgröße	2	klein	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	groß		0,9	0,9	
Sondertransporte	4	wenige	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	viele		1,2	1,2	
									Faktor	1,4	1,1	

Einbaukosten												
	Wert		1	2	3	4	5			Materialk.	Lohnkosten	Fixkosten
Personalleistung	4	sehr gut	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	schlecht		1,0	1,1	1,1
Lohnanreiz	2	niedrig	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	hoch		1,0	1,1	1,1
Einarbeitungszeit	1	kurz	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	lang		1,0	0,8	0,8
Partiezusammensetzung	2	ideal	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	schlecht		1,0	0,8	0,8
Elementgröße	4	klein	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	groß		0,9	0,9	0,9
Verbindungsart	5	gut	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	schlecht		1,2	1,2	1,2
Lagerfläche	4	klein	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	groß		1,0	0,9	0,9
Baustellenorganisation	2	gut	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	schlecht		1,0	0,9	0,9
									Faktor	1,1	0,7	0,7

Daten1 Kosten	Daten2 Herstellung WA	Daten3 Herstellung ED	Daten4 Transport	Daten5 Einbau WA	Daten6 Einbau ED	Listen1
---------------	-----------------------	-----------------------	------------------	------------------	------------------	----------------

Abbildung 60: Tabellenblatt Listen1

7.3 Ergebnisse

In diesem Unterkapitel werden nun die bereits beschriebenen Projektvarianten mit dem Kostentool berechnet und miteinander verglichen. Die Ergebnisse werden zunächst ohne Veränderung der Einflüsse ermittelt. Im ersten Kostenvergleich werden die Entwicklungen auf Grund der Entfernung der Baustelle zum Fertigteilwerk dargestellt. Die zweite Kostenveränderung basiert auf der Größe der Bauwerke und die dritte Kostenvergleichsvariante untersucht die Entwicklung der Kosten hinsichtlich Struktur, Form und Gestalt der Gebäude. Anschließend wird ein vierter Kostenvergleich, durch Veränderung der Einflussfaktoren eines Basisprojektes, durchgeführt.

7.3.1 Kostenveränderung hinsichtlich des Transportweges

In diesem Beispiel werden die Kosten einer Wohnhausanlage in Wien jenen einer gleichen Wohnhausanlage in Gols, einer Gemeinde im Burgenland, gegenübergestellt. Somit wird das Augenmerk auf die Transportkosten gelegt. In *Abbildung 61* werden die Dateneingaben der beiden Projekte in Wien und Gols dargestellt. Sowohl Mengen als auch Kennzahlen sind bei beiden Objekten ident. Lediglich die Entfernung zwischen Fertigteilwerk und Baustelle unterscheidet sich und fließt in die Berechnung ein.

Dateneingabe für das Kostentool		Dateneingabe für das Kostentool	
Allgemeine Informationen		Allgemeine Informationen	
Projekt	A	Projekt	B
Name des Bauvorhabens	Wohnhausanlage Wien	Name des Bauvorhabens	Wohnhausanlage Gols
Adresse	Markomannenstraße 50-52, 1220 Wien	Adresse	Alter Satz 45-47, 7122 Gols
Entfernung zu Gerasdorf in km	7,00 km	Entfernung zu Gerasdorf in km	75,00 km
Mengenangaben		Mengenangaben	
Massivwände in m ²	1638,99 m ²	Massivwände in m ²	1638,99 m ²
Elementdecken in m ²	867,58 m ²	Elementdecken in m ²	867,58 m ²
Gebäudekennzahlen		Gebäudekennzahlen	
Bebaute Fläche in m ²	372,06 m ²	Bebaute Fläche in m ²	372,06 m ²
Brutto-Grundfläche in m ²	1116,18 m ²	Brutto-Grundfläche in m ²	1116,18 m ²
(Wohn)Nutzfläche in m ²	598,93 m ²	(Wohn)Nutzfläche in m ²	598,93 m ²

Abbildung 61: Dateneingabe: Transportweg

In *Abbildung 62* werden die Ergebnisse der beiden Projektvarianten gegenübergestellt und anschließend in *Abbildung 63* veranschaulicht. Auf Grund der veränderten Transportdistanz erhöhen sich die Transportkosten für das Objekt in Gols zu dem in Wien um über 12.000 €. Daher werden die einzelnen Anteile verschoben. Die Kosten der Wohnhausanlage in Wien bestehen zu 67% aus Herstellkosten, zu 3% aus Transportkosten und zu 30% aus Einbaukosten, während sich das Projekt in Gols aus 62% Herstellkosten, 10% Transportkosten und 28% Einbaukosten zusammensetzt.

Ergebnis des Kostentools

Projekt A Wohnhausanlage Wien			
Summe Kosten	€		153 862,08
Herstellkosten	€		103 005,37
Transportkosten	€		4 973,77
Einbaukosten	€		45 882,94
Kosten in Prozent			
Herstellkosten			67%
Transportkosten			3%
Einbaukosten			30%
Kosten/BF			
			413,54 €/m ²
Kosten/BGF			
			137,85 €/m ²
Kosten/NF			
			256,89 €/m ²

Ergebnis des Kostentools

Projekt B Wohnhausanlage Gols			
Summe Kosten	€		165 976,97
Herstellkosten	€		103 005,37
Transportkosten	€		17 088,65
Einbaukosten	€		45 882,94
Kosten in Prozent			
Herstellkosten			62%
Transportkosten			10%
Einbaukosten			28%
Kosten/BF			
			446,10 €/m ²
Kosten/BGF			
			148,70 €/m ²
Kosten/NF			
			277,12 €/m ²

Abbildung 62: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Transportweg

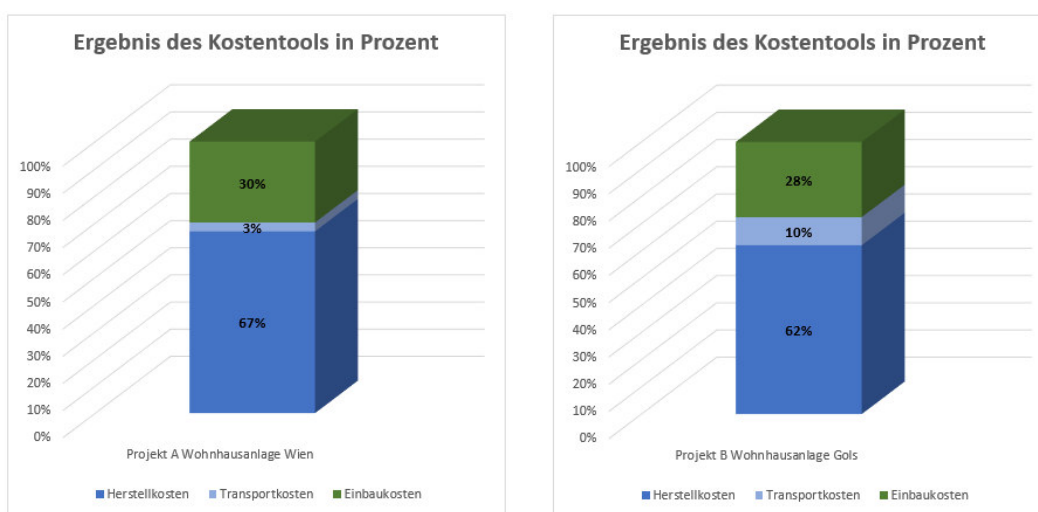


Abbildung 63: Balkendiagramme: Transportweg

7.3.2 Kostenveränderung auf Basis der Größe des Bauwerks

Im zweiten Kostenvergleich wird eine Wohnhausanlage mit einem Einfamilienhaus, beide Objekte befinden sich in Gols, behandelt. In dieser Berechnung sind sowohl die Mengenangaben als auch die Gebäudekennzahlen sehr unterschiedlich, in *Abbildung 64* werden diese gegenübergestellt. Die Mengen der Fertigelemente für die Wohnhausanlage sind mehr als 3-mal so hoch als beim Einfamilienhaus, so auch die Kennzahlen.

Dateneingabe für das Kostentool

Allgemeine Informationen	
Projekt	B
Name des Bauvorhabens	Wohnhausanlage Gols
Adresse	Alter Satz 45-47, 7122 Gols
Entfernung zu Gerasdorf in km	75,00 km
Mengenangaben	
Massivwände in m ²	1638,99 m ²
Elementdecken in m ²	867,58 m ²
Gebäudekennzahlen	
Bebaute Fläche in m ²	372,06 m ²
Brutto-Grundfläche in m ²	1116,18 m ²
(Wohn)Nutzfläche in m ²	598,93 m ²

Dateneingabe für das Kostentool

Allgemeine Informationen	
Projekt	C
Name des Bauvorhabens	Einfamilienhaus Gols
Adresse	Satzgasse 30, 7122 Gols
Entfernung zu Gerasdorf in km	75,00 km
Mengenangaben	
Massivwände in m ²	458,78 m ²
Elementdecken in m ²	300,21 m ²
Gebäudekennzahlen	
Bebaute Fläche in m ²	228,63 m ²
Brutto-Grundfläche in m ²	339,89 m ²
(Wohn)Nutzfläche in m ²	208,91 m ²

Abbildung 64: Dateneingabe: Größe

In *Abbildung 65* werden die Ergebnisse der beiden Berechnungen wiedergegeben und in *Abbildung 66* dargestellt. Während die Summe der Kosten für die Wohnhausanlage ebenfalls über 3-mal so hoch ist als die Kosten des Einfamilienhauses, so sind die Kosten pro BGF sehr ähnlich und die Kosten pro Nutzfläche des Einfamilienhauses sogar geringer. Die Wohnhausanlage ist zwar viel größer als das Einfamilienhaus, jedoch ist das Verhältnis zwischen Brutto-Geschoßfläche und Konstruktions-Geschoßfläche (Grundfläche der aufgehenden Bauteile wie Wände und Säulen) sehr unterschiedlich. Die prozentuelle Aufteilung der Kostenteile in Herstell-, Transport- und Einbaukosten sind jedoch bei beiden Projekten sehr ähnlich.

Ergebnis des Kostentools			Ergebnis des Kostentools		
Projekt B Wohnhausanlage Gols			Projekt C Einfamilienhaus Gols		
Summe Kosten	€	165 976,97	Summe Kosten	€	49 527,08
Herstellkosten	€	103 005,37	Herstellkosten	€	30 172,08
Transportkosten	€	17 088,65	Transportkosten	€	5 015,00
Einbaukosten	€	45 882,94	Einbaukosten	€	14 340,00
Kosten in Prozent		100%	Kosten in Prozent		100%
Herstellkosten		62%	Herstellkosten		61%
Transportkosten		10%	Transportkosten		10%
Einbaukosten		28%	Einbaukosten		29%
Kosten/BF		446,10 €/m ²	Kosten/BF		216,63 €/m ²
Kosten/BGF		148,70 €/m ²	Kosten/BGF		145,72 €/m ²
Kosten/NF		277,12 €/m ²	Kosten/NF		237,07 €/m ²

Abbildung 65: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Größe

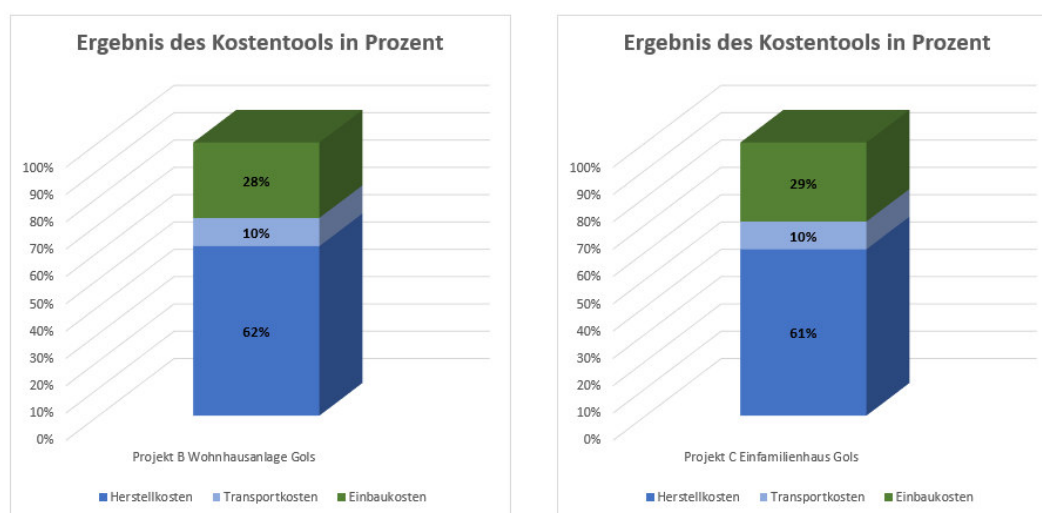


Abbildung 66: Balkendiagramme: Größe

7.3.3 Kostenentwicklung hinsichtlich Struktur, Form und Gestalt des Gebäudes

Im dritten und letzten Vergleich werden die Kosten einer Wohnhausanlage und einer Wirtschaftshalle ermittelt. In *Abbildung 67* sind sowohl allgemeine Informationen als auch Mengenangaben und Gebäudekennzahlen sichtbar. Die Wohnhausanlage besteht hier aus rund doppelt so vielen Fertigelementen wie die Wirtschaftshalle. Auch die Brutto-Geschoßfläche bei der Wohnhausanlage ist doppelt so groß. Die Nutzfläche hingegen ist bei der Wohnhausanlage um rund 25% größer als bei der Wirtschaftshalle.

Dateneingabe für das Kostentool

Allgemeine Informationen	
Projekt	B
Name des Bauvorhabens	Wohnhausanlage Gols
Adresse	Alter Satz 45-47, 7122 Gols
Entfernung zu Gerasdorf in km	75,00 km
Mengenangaben	
Massivwände in m ²	1638,99 m ²
Elementdecken in m ²	867,58 m ²
Gebäudekennzahlen	
Bebaute Fläche in m ²	372,06 m ²
Brutto-Grundfläche in m ²	1116,18 m ²
(Wohn)Nutzfläche in m ²	598,93 m ²

Dateneingabe für das Kostentool

Allgemeine Informationen	
Projekt	D
Name des Bauvorhabens	Wirtschaftshalle Gols
Adresse	Alter Satz 45-47, 7122 Gols
Entfernung zu Gerasdorf in km	75,00 km
Mengenangaben	
Massivwände in m ²	900,94 m ²
Elementdecken in m ²	486,51 m ²
Gebäudekennzahlen	
Bebaute Fläche in m ²	524,96 m ²
Brutto-Grundfläche in m ²	524,96 m ²
(Wohn)Nutzfläche in m ²	476,94 m ²

Abbildung 67: Dateneingabe: Struktur, Form und Gestalt

In *Abbildung 68* werden die Ergebnisse der beiden Berechnungen zusammengefasst. Bei beiden Projekten bestehen die Kosten aus 62% Herstellkosten, 10% Transportkosten und 28% Einbaukosten. Die Summe der Kosten verändert sich somit proportional zu den Mengen. Während die Kosten pro BGF bei der Wohnhausanlage mit 148,70 €/m² geringer als bei der Wirtschaftshalle sind, ergibt jedoch die Berechnung geringere Kosten pro Nutzfläche für die Wirtschaftshalle. Dies resultiert aus dem sehr hohen Nutzflächenanteil der Wirtschaftshalle. In *Abbildung 69* werden die Kostenverteilung der beiden Projekte hinsichtlich Herstellung, Transport und Einbau grafisch dargestellt.

Ergebnis des Kostentools

Projekt B Wohnhausanlage Gols		
Summe Kosten	€	165 976,97
Herstellkosten	€	103 005,37
Transportkosten	€	17 088,65
Einbaukosten	€	45 882,94
Kosten in Prozent		
Herstellkosten		100%
Transportkosten		62%
Einbaukosten		10%
Einbaukosten		28%
Kosten/BF		
Kosten/BF		446,10 €/m ²
Kosten/BGF		148,70 €/m ²
Kosten/NF		277,12 €/m ²

Ergebnis des Kostentools

Projekt D Wirtschaftshalle Gols		
Summe Kosten	€	91 750,16
Herstellkosten	€	56 845,61
Transportkosten	€	9 432,30
Einbaukosten	€	25 472,24
Kosten in Prozent		
Herstellkosten		100%
Transportkosten		62%
Einbaukosten		10%
Einbaukosten		28%
Kosten/BF		
Kosten/BF		174,78 €/m ²
Kosten/BGF		174,78 €/m ²
Kosten/NF		192,37 €/m ²

Abbildung 68: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Struktur, Form und Gestalt

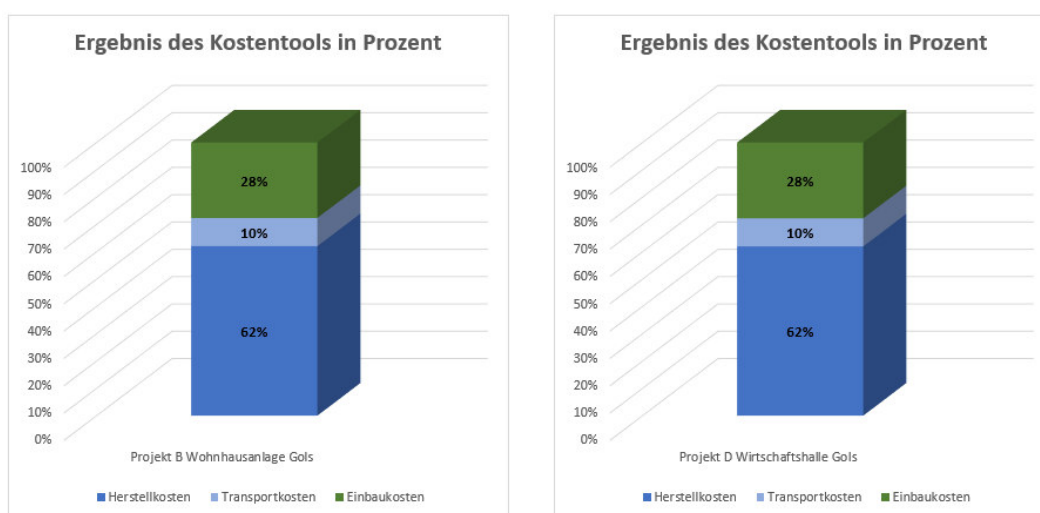


Abbildung 69: Balkendiagramme: Struktur, Form und Gestalt

7.3.4 Kostenentwicklung anhand von Einflussvariationen

Bei diesem Kostenvergleich werden die Einflüsse der Wohnhausanlage Gols (siehe vorhergehende Kostenberechnungen) variiert. In *Abbildung 70* ist die Auswahl der Einflüsse zu sehen. Die Grundparameter der beiden Projekte sind ident, die Einflüsse sind jedoch bei Variante 1 so gewählt, dass sie sich positiv auf die Herstellkosten und negativ auf die Transport- und Einbaukosten auswirken. Bei Variante 2 ist die Auswahl umgedreht und so wirken sich die Einflüsse negativ auf die Herstellkosten, aber positiv auf die Transport- und Einbaukosten aus.

Projekt B - Variante 1: Wohnhausanlage Gols				Projekt B - Variante 2: Wohnhausanlage Gols			
Einflüsse auf die Kosten				Einflüsse auf die Kosten			
Bestellmenge	gering	< >	hoch	Bestellmenge	gering	< >	hoch
Vorlaufzeit	gering	< >	lang	Vorlaufzeit	gering	< >	lang
Lagerzeit	gering	< >	lang	Lagerzeit	gering	< >	lang
Einbauteile	wenige	< >	viele	Einbauteile	wenige	< >	viele
Gebäudestruktur	einfach	< >	komplex	Gebäudestruktur	einfach	< >	komplex
Abladezeit	kurz	< >	lang	Abladezeit	kurz	< >	lang
Vorlaufzeit	gering	< >	lang	Vorlaufzeit	gering	< >	lang
Lieferzeitpunkt	sehr früh	< >	sehr spät	Lieferzeitpunkt	sehr früh	< >	sehr spät
Transportmenge	gering	< >	groß	Transportmenge	gering	< >	groß
Elementgröße	klein	< >	groß	Elementgröße	klein	< >	groß
Sondertransporte	wenige	< >	viele	Sondertransporte	wenige	< >	viele
Personalleistung	sehr gut	< >	sehr schlecht	Personalleistung	sehr gut	< >	sehr schlecht
Lohnanreiz	niedrig	< >	hoch	Lohnanreiz	niedrig	< >	hoch
Einarbeitungszeit	kurz	< >	lang	Einarbeitungszeit	kurz	< >	lang
Partiezusammensetzung	ideal	< >	schlecht	Partiezusammensetzung	ideal	< >	schlecht
Elementgröße	klein	< >	groß	Elementgröße	klein	< >	groß
Verbindungsart	gut	< >	schlecht	Verbindungsart	gut	< >	schlecht
Lagerfläche	klein	< >	groß	Lagerfläche	klein	< >	groß
Baustellenorganisation	gut	< >	schlecht	Baustellenorganisation	gut	< >	schlecht

Abbildung 70: Auswahl der Kosteneinflüsse: Einflussvariation

In *Abbildung 71* und *Abbildung 72* sind die Ergebnisse der beiden Einflussvariationen gegenübergestellt. Die so gewählten Einflüsse haben die Auswirkung, dass sich die Gesamtkosten der Wohnhausanlage in Gols erheblich erhöhen und sich die Kostenanteile stark verschieben. Bei Projektvariante 1 fallen nun lediglich 22% auf die Herstellkosten. Die Transportkosten haben einen Kostenanteil von 13% und der Großteil der Kosten fällt mit 65% auf den Einbau. Dieses Ergebnis unterscheidet sich erheblich von allen anderen bereits erhaltenen und beschriebenen Projekten. Bei Variante 2 werden die bereits zuvor erhaltenen Kostenverteilungen intensiviert. Der Großteil der Kosten bleibt hier bei den Herstellkosten mit 87%. Bei dieser Einflussvariante können jedoch die Einbaukosten stark gesenkt werden und betragen somit nur mehr 7% der Gesamtkosten. Die Transportkosten mit nur 6% haben den kleinsten Anteil.

Ergebnis des Kostentools			Ergebnis des Kostentools		
Projekt B - Variante 1: Wohnhausanlage Gols			Projekt B - Variante 2: Wohnhausanlage Gols		
Summe Kosten	€	208 925,15	Summe Kosten	€	223 470,47
Herstellkosten	€	45 627,09	Herstellkosten	€	193 900,43
Transportkosten	€	27 966,54	Transportkosten	€	13 979,43
Einbaukosten	€	135 331,52	Einbaukosten	€	15 590,62
Kosten in Prozent		100%	Kosten in Prozent		100%
Herstellkosten		22%	Herstellkosten		87%
Transportkosten		13%	Transportkosten		6%
Einbaukosten		65%	Einbaukosten		7%
Kosten/BF		561,54 €/m ²	Kosten/BF		600,63 €/m ²
Kosten/BGF		187,18 €/m ²	Kosten/BGF		200,21 €/m ²
Kosten/NF		348,83 €/m ²	Kosten/NF		373,12 €/m ²

Abbildung 71: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Einflussvariation

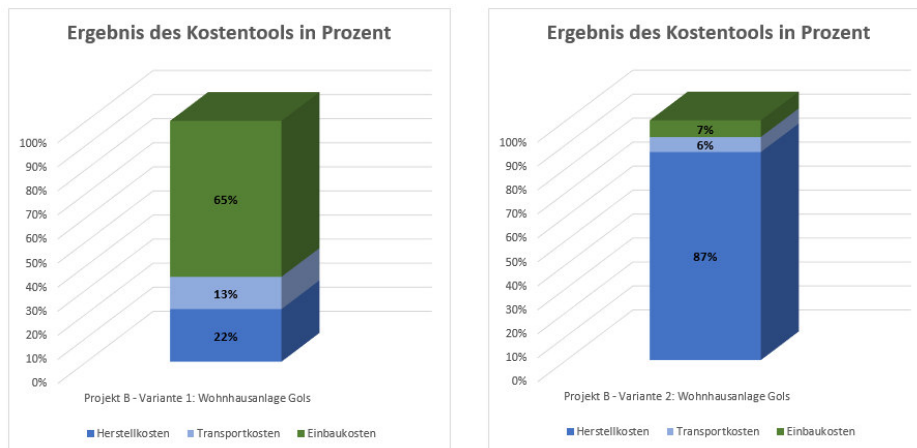


Abbildung 72: Balkendiagramme: Einflussvariation

7.4 Resümee der berechneten Kennzahlen

In *Abbildung 73* werden die Kennzahlen aller drei Projekte, Wohnhausanlage, Einfamilienhaus und Wirtschaftshalle, mit der Annahme, dass sie sich alle in Gols befinden gegenübergestellt. Während die Kostenverteilung sehr ähnlich ist, sind jedoch die Kosten pro BF, BGF und NF sehr unterschiedlich. Die Kosten pro Brutto-Geschoßfläche sind beim Einfamilienhaus mit nur 145,72 €/m², dicht gefolgt von der Wohnhausanlage mit 148,70 €/m², am niedrigsten. Die Wirtschaftshalle in Gols ergibt einen Kostenansatz pro BGF von 174,78 €/m² und ist somit bei dieser Betrachtungsweise am teuersten. Werden jedoch die Kosten je Nutzfläche betrachtet, so ergibt dies, dass die Wirtschaftshalle mit 192,37 €/m² am günstigsten und die Wohnhausanlage mit 277,12 €/m² am teuersten ist.

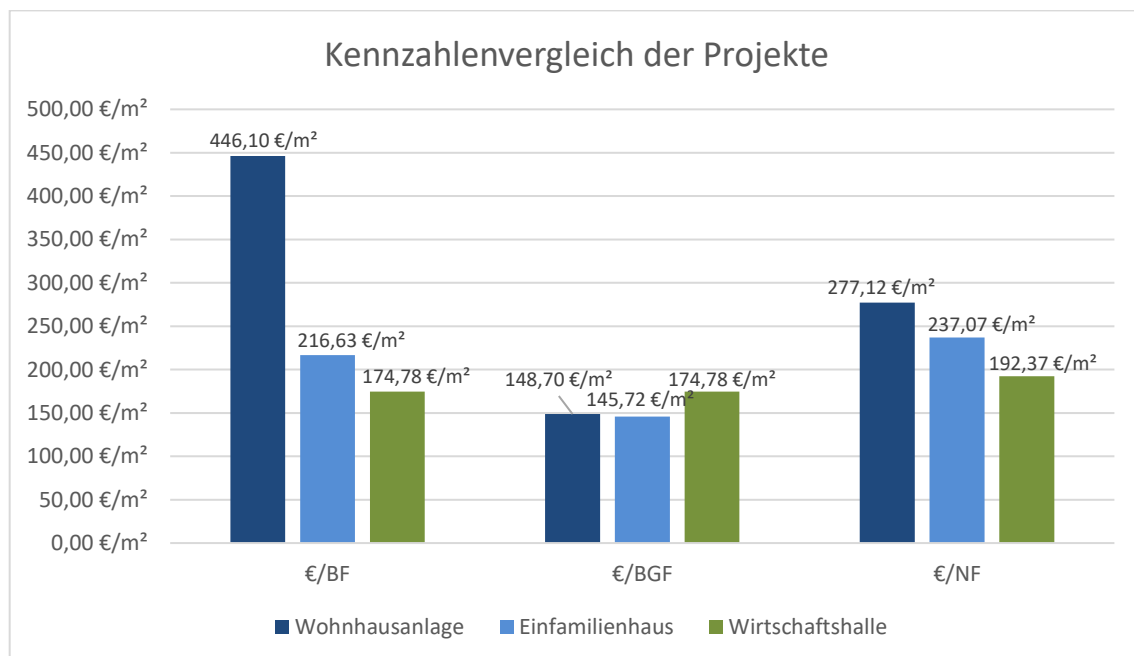


Abbildung 73: Kennzahlenvergleich der drei Projekte in Gols

8 Zusammenfassung und Ausblick

Größtmöglicher Gewinn ist in der heutigen Gesellschaft, und somit auch in der Bauwirtschaft, ein Zeichen für ein erfolgreiches Unternehmen, eine gute Baustelle und somit ein aufstrebendes Team. Bauwerke sollen hochwertiger, schneller und günstiger gebaut werden, um ein Gewinnmaximum zu erzielen.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wird das Fertigbetonelement selbst, begonnen mit den Ausgangsstoffen, und sein Produktionsvorgang beschrieben und zusammengefasst. Dabei wird auf die Besonderheiten der Firma Mischek Systembau GmbH eingegangen. Sowohl Planungs- bzw. Arbeitsvorbereitung als auch die Produktion und die anschließende Lagerhaltung werden erläutert. Anschließend werden die Anforderungen und Vorschriften für den Transport der Fertigbetonelemente vom Fertigteilwerk zur Baustelle betrachtet. Befindet sich schlussendlich das Fertigelement auf der Baustelle, gibt es auch hier zahlreiche Vorkehrungen, welche für einen reibungslosen Bauablauf getroffen werden müssen.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeit liegt im entwickelten Kostentool. Nach einer kurzen Erläuterung der Grundlagen der Kostenrechnung werden mittels Vollkostenrechnung die Kosten für die Herstellung, den Transport und den Einbau ermittelt. Dies wird mit Hilfe von K7-Formblättern durchgeführt. Die Kalkulation erfolgt für eine 15 cm dicke Massivwand und eine Elementdecke mit einer Stärke von 6 cm und 12 cm Aufbeton. Während die Herstellkosten einer Massivwand mehr als 3-mal so hoch wie die Einbaukosten sind, sind die Herstell- und Einbaukosten der Elementdecke ähnlich hoch. Die Transportkosten sind generell im Vergleich zur Herstellung und zum Einbau sehr niedrig. Darum sind auch die Ergebnisse der drei durchgeführten Kostenvergleiche nicht überraschend. Sowohl bei der Wohnhausanlage als auch beim Einfamilienhaus und der Wirtschaftshalle fallen rund 2/3 der Gesamtkosten für die Herstellung an. Ein sehr geringer Anteil von 10% zählt zu den Transportkosten, wobei dieser Anteil bei werksnahen Baustellen noch sinken kann. Rund 1/3 der Kosten entstehen beim Einbau der Fertigbetonelemente auf der Baustelle. Unabhängig von Struktur, Form, Gestalt und Größe verhält sich die Kostenverteilung von herstell-, Transport- und Einbaukosten sehr ähnlich. Dies wird jedoch mit der Praxis nicht übereinstimmen, da alle betrachteten Projekte ausschließlich aus 15 cm dicken Massivwände und 18 cm starken Elementdecken bestehen und dies ist in der Praxis eher unrealistisch ist. Auch zahlreiche Faktoren und Einflüsse, welche die Kosten sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können, fließen in die Berechnung nicht ein und müssen berücksichtigt werden.

Die Betrachtung der Gesamtkosten je Brutto-Geschoßfläche bzw. Nutzfläche zeigt ein anderes Ergebnis. Während die Kosten je BGF der Wohnhausanlage und des Einfamilienhauses am niedrigsten und der Wirtschaftshalle am höchsten sind, sind die Kosten je Nutzfläche bei der Wirtschaftshalle am geringsten und die der Wohnhausanlage am höchsten. Dies ist auf den hohen Flächennutzungsgrad der Wirtschaftshalle zurückzuführen.

Die in der Diplomarbeit ermittelten Einflüsse auf Herstell-, Transport- und Einbaukosten beeinflussen die Kostenverteilung und die Höhe der Kosten erheblich. Negative Einflüsse auf die Produktion sowie positive Einflüsse auf der Baustelle können somit die prozentuelle Aufteilung der Kosten erheblich verändern.

8.1 Ausblick

Stetige Weiterentwicklungen in der Baubranche durch innovative Bauweisen, veränderte Technologien oder verbesserte Baustoffe sind unumgänglich. Das Fertigbetonelement ist ein langlebiges und technisch ausgereiftes Baumaterial. Trotzdem gibt es in folgenden Bereichen Potential für Weiterentwicklungen:

Im Fertigteilwerk

Besonders in der Produktionstechnologie wird es immer wieder Weiterentwicklungen der Anlagen geben. Der Automatisierungsgrad der Produktionsstraßen kann noch erhöht, somit Personal und vor allem Personalkosten eingespart, die Genauigkeit erhöht und auch die Fehlerquote gesenkt werden. Auch die im Fertigteilwerk eingesetzte Programmsoftware zeigt noch Schwächen, welche durch ständige Weiterentwicklung bestimmt in naher Zukunft behoben werden. Das Arbeiten mit BIM (Building Information Modeling), eine auf 3D-Modellen basierende Planung, zur Verknüpfung aller notwendigen Informationen in einem Planungsobjekt, wird immer gängiger und erleichtert somit das interaktive Arbeiten.

Auf dem Weg zur Baustelle

Durch das immer höher werdende Verkehrsaufkommen werden die Vorgaben für Sondertransporte, welche als Behinderung des flüssigen Straßenverkehrs wahrgenommen werden, in Zukunft nicht erleichtert, sondern eher erhöht werden. Eine gute Transportlogistik sowie eine bereits in der Planungsphase gut durchdachte Elementierung ist somit ausschlaggebend für einen reibungslosen Transport. Dass in gewissen Baubereichen der Transport von Sonderelementen nicht verhindert werden kann, steht hierbei außer Frage.

Auf der Baustelle

Obwohl der Kostenanteil des Einbaues im Vergleich zur Herstellung sehr gering ist, ist dieser Bereich ausschlaggebend für eine positive Baustelle. Eine gute Organisation und eine starke Führungskraft haben großen Einfluss auf die Arbeitsmoral des Personals und somit auf die Höhe der Einbaukosten. Während in der Baubranche aus Kostengründen immer mehr auf Leihpersonal zurückgegriffen wird, ist jedoch festzuhalten, dass ein gut eingespieltes Team aus Eigenpersonal nicht nur positiv zum Baustellenerfolg beitragen kann, sondern auch zur gesamten Arbeitsmoral und -umfeld einer Baustelle.

Abschließend ist anzumerken, dass alle Arbeitsschritte zusammenhängend betrachtet werden müssen und nicht gesondert behandelt werden dürfen. Bereits im Fertigteilwerk müssen der Transport und der Einbau berücksichtigt und durchdacht werden. Eine gute Koordination und enge Zusammenarbeit aller Akteure sind unumgänglich und tragen zum Baustellen- bzw. Projekterfolg bei.

9 Literaturverzeichnis

- Arbeitsgemeinschaft Sicherheit am Bau:** Sicherheit am Bau; Mappe; Ausgabe 2012.
- ASFINAG AG:** Einheitliche Sperrzeiten für Sondertransporte; http://www.asfinag.at/documents/10180/35873/SOTRA_einheitliche+Sperrzeiten+Stand+Mai+2015/f8b78573-a812-462e-8ffc-e7930f7ec3a4; 25.04.2016.
- ASFINAG AG:** Sondertransporte; <http://www.asfinag.at/unterwegs/lkw-bus/sondertransporte>; 05.05.2016.
- Austrian Standards Institute:** ÖNORM B 2061 „Preisermittlung für Bauleistungen“; Ausgabe: 1999-09-01
- Austrian Standards Institute:** ÖNORM B 4710-1 „Beton – Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis“; Ausgabe: 2007-10-01
- Austrian Standards Institute:** ÖNORM EN 1008 „Zugabewasser von Beton“; Ausgabe: 2002-10-01
- Austrian Standards Institute:** ÖNORM EN 12350-4 „Prüfung von Frischbeton – Teil 4: Verdichtungsmaß“; Ausgabe: 2009-07-15
- Austrian Standards Institute:** ÖNORM EN 12620 „Gesteinskörnungen für Beton“; Ausgabe: 2014-02-15
- Austrian Standards Institute:** ÖNORM EN 15221-6 „Flächenbemessung im Facility Management“; Ausgabe: 2011-12-01
- Austrian Standards Institute:** ÖNORM EN 197-1 „Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement“; Ausgabe: 2011-10-15
- Bauer H.:** Baubetrieb; 3. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2007.
- Bauverlag BV GmbH:** BGL und ÖBGL Baugeräteliste; <http://www.bgl-online.info/BGL/frameset.html?start=5>; 19.09.2016.
- Bayer E.; Kampen R.:** Beton-Praxis; 8. Auflage; Verlag Bau+ Technik GmbH; Düsseldorf; 1999.
- Bindseil P.:** Stahlbeton-Fertigteile nach Eurocode 2; 4. Auflage; Werner Verlag; Köln; 2012.
- Bundeskanzleramt der Republik Österreich:** Gesamte Rechtsvorschrift für Bauordnung Wien; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006>; 19.09.2016.
- Bundeskanzleramt der Republik Österreich:** Gesamte Rechtsvorschrift für Burgenländisches Baugesetz 1997; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrB-gld&Gesetzesnummer=10000504>; 21.09.2016.
- Bundeskanzleramt der Republik Österreich:** Gesamte Rechtsvorschrift für Burgenländische Bauverordnung 2008; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrB-gld&Gesetzesnummer=20000684>; 21.09.2016.

Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Gesamte Rechtsvorschrift für Burgenländisches Raumplanungsgesetz; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrBgl&Gesetzesnummer=10000072>; 21.09.2016.

Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Gesamte Rechtsvorschrift für Kraftfahrge-
setz 1967; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011384>; 21.04.2016.

Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Gesamte Rechtsvorschrift für Straßenver-
kehrsordnung 1960; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011336>; 09.12.2016.

Bundeskanzleramt der Republik Österreich: Gesamte Rechtsvorschrift für Wiener Ga-
ragengesetz 2008; <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000052>; 19.09.2016.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: SOTRA-Gesamterlass; http://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/recht/kfgesetz/erlaesse/downloads/sotra_gesamterlass.pdf; 11.08.2016.

Doncsecs D. – Mischek Systembau GmbH: Bausystem Mischek; Informationsbroschüre; Gerasdorf; 2015.

Doncsecs D. – Mischek Systembau GmbH: Mischek Preisliste Wien/NÖ 01/2016; Preis-
liste; Gerasdorf; 01/2016.

Duschel M.; Plettenbacher W.: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb; 1. Auflage; Linde Verlag; Wien; 2013.

GESYS GmbH & Co. KG: GESYS – Die Software für Beton, Fertigteile, Baustoffe; <http://www.gesys-systeme.de/unternehmen/>; 28.06.2016.

Girmscheid G.; Motzko C.: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft; 2. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2013.

Hering Ekbert: Kostenrechnung und Kostenmanagement für Ingenieure; 1. Auflage; Springer Fachmedien; Wiesbaden; 2015.

Hofstadler C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; 1. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2007.

Hofstadler C.: Produktivität im Baubetrieb; 1. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2014.

InformationsZentrum Beton GmbH: Beton; <http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/geschichte-des-betons/>; 12.05.2016.

Jodl H.G.; Oberndorfer W.J.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft; 3. Auflage; Austrian Standards plus Publishing; Wien; 2010.

Jodl H.G.; Schönwälder A.: Einrichtung & Betrieb von Baustellen; Skriptum; TU Wien, SS 2015.

Koncz T.: Handbuch der Fertigteil-Bauweise; 3. Auflage; Bauverlag GmbH; Wiesbaden und Berlin; 1973.

Krispel S.: Einrichtung und Betrieb von Baustellen – Gastvortrag Beton; Studienunterlagen; TU Wien; 2010.

Kropik A.; Hadek M.A.: Kalkulation & Kostenrechnung im Betrieb; Skriptum; TU Wien; WS 2015/16.

Liebherr-International Deutschland GmbH: 81 K Schnelleinsatzkran; <http://www.81k.liebherr.com/de-DE/130562.wfw>; 18.08.2016.

Magistratsabteilung 25, Gruppe Miet- und Nutzwertberechnung, Stadt Wien: Leitfaden der MA 25 zur Berechnung der Nutzfläche nach dem MRG / WEG igF; <https://www.wien.gv.at/wohnen/wohnbautechnik/pdf/leitfaden-nutzflaeche-mnw.pdf>; 17.09.2016.

Mischek Systembau GmbH: Das Mischek Fertigteilwerk Gerasdorf; http://www.mischek.at/fileadmin/user_upload/oekologie/oekologienews/02-02.pdf; 13.05.2016.

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie; <https://www.oib.or.at/oib-richtlinien/richtlinien/2015>; 19.09.2016.

Pfohl H.C.: Logistiksysteme; 8. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2010.

Plinke W.; Rese M.; Utzig B.P.: Industrielle Kostenrechnung; 8. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2015.

Prilhofer Consulting GmbH & Co. KG: Prilhofer Consulting – Ihr Spezialist für Betonfertigteile; <http://www.prilhofer.com/de/bausystem/geschichte>; 13.05.2016.

Schach R.; Otto J.: Baustelleneinrichtung; 2. Auflage; Vieweg+Teubner Verlag; Wiesbaden; 2011.

Stadt Wien: wien.at: Virtuelles Amt; <https://www.wien.gv.at/amtshelfer/verkehr/>; 09.12.2016.

Stark J.; Wicht B.: Dauerhaftigkeit von Beton; 2. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2013.

Statistik Austria: Entwicklung ausgewählter Bauindizes seit 1995; Konjunkturstatistik im Produzierenden Bereich von 2005 bis 2014; http://www.statistik.at/web_de/nomenu/suchergebnisse/index.html; 28.07.2016.

TU Braunschweig: Zitatsammlung; <https://www.tu-braunschweig.de/ibb/service/zitate>; 15.04.2016. (Walther C. Zimmerli, Präsident der Volkswagen AutoUni, in VDI Nachrichten am 28. Mai 2004)

UHL GmbH & Co. KG: UHL Spezial- und Schwertransporte; https://www.google.at/search?q=uhl+spezial+%26+schwertransporte&biw=1366&bih=659&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiD68_7p-LPAh-WENxQKHV4EBJ0Q_AUIBygC#tbn=isch&q=uhl+innenlader&imgrc=P8vKSGRhjpoeeM%3A und https://www.google.at/search?q=uhl+spezial+%26+schwertransporte&biw=1366&bih=659&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiD68_7p-LPAh-WENxQKHV4EBJ0Q_AUIBygC#tbn=isch&q=uhl+offener+sattel&imgrc=1mYFsvnCk-G49M%3A; 17.10.2016.

VÖB – Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke: VÖB Richtlinien; <http://www.voeb.com/service/richtlinien.asp>; 17.06.2016.

Weclapp GmbH: erp-system.de; <http://www.erp-system.de/>; 28.06.2016.

Wopfinger Transportbeton: Preisliste 2016: Österreich OST/SÜD Onlineversion; <http://de.calameo.com/read/001102318e629bbf06d9e>; 11.11.2016.

Zilch K.; Diederichs C.J.; Katzenbach R.; Beckmann K.J.: Handbuch für Bauingenieure – Technik, Organisation und Wirtschaftlichkeit; 2. Auflage; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2012.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Vorfertigung in der Bauindustrie.....	5
Abbildung 2: Seilschlaufen als Transportanker (li.: herausstehende, re.: versenkte Schlaufe).....	15
Abbildung 3: Einbetonierte Schraubhülsen als Transportanker (li.: Wellenanker, Mitte: Schraubhülse mit Seilschlaufe, re.: Gewindehülse).....	15
Abbildung 4: Versenkte Transportanker (li.: Kugelkopfanke, re.: Ringanker).....	16
Abbildung 5: Ankerschienen (li.: Ankerschiene, re.: Lasteinleitung in den Beton).....	16
Abbildung 6: Ankerplatten mit Kopfbolzen.....	17
Abbildung 7: Fotos der Umlaufanlage 1.....	24
Abbildung 8: Fotos der Umlaufanlage 2.....	25
Abbildung 9: Fotos einer Loggienplatte und einer Treppe im Standwerk.....	26
Abbildung 10: "GESYS" Startfenster.....	30
Abbildung 11: "GESYS" Auftragsübersicht.....	31
Abbildung 12: "GESYS" Produktion Umlaufanlage 2.....	31
Abbildung 13: "GESYS" Produktion Standwerk.....	32
Abbildung 14: "GESYS" Lagerplatzvisualisierung.....	33
Abbildung 15: Logistikablauf für die Betonfertigteileproduktion.....	35
Abbildung 16: oben – Innenlader, unten – Sattelaufleger.....	36
Abbildung 17: Stapelliste und 3D-Ansicht eines Massivwände-Stapels.....	37
Abbildung 18: Stapelliste und 3D-Ansicht eines Elementdecken-Stapels.....	38
Abbildung 19: Möglichkeiten zum Aufbau einer Transportkette.....	39
Abbildung 20: Ausschnitt aus dem SOTRA-Gesamterlass S. 2.....	43
Abbildung 21: Sicherungsbolzen und Transportbox für Doppelwände.....	50
Abbildung 22: Lagerung von Deckenelementen und Treppenläufen.....	51
Abbildung 23: Typische Traglastkurve eines Turmdrehkrans.....	54
Abbildung 24: Traglastübersicht eines Turmdrehkrans.....	54
Abbildung 25: Element- und Verlegeplan.....	55
Abbildung 26: VÖB-Richtlinien: Montageanleitung für Doppelwände.....	56
Abbildung 27: Kontrollliste für die Vorarbeiten zum Setzen von Doppelwänden.....	57
Abbildung 28: Bilder von Anschlagmitteln.....	57
Abbildung 29: Das Element am Kran.....	58
Abbildung 30: Kontrollliste für die Vorarbeiten zum Verlegen von Elementdecken.....	59
Abbildung 31: Versetzen von Elementdecken.....	60
Abbildung 32: Aufgaben der Kosten- und Leistungsrechnung im Bauunternehmen.....	63
Abbildung 33: Unterschied zwischen absolut- und intervall-fixe Kosten.....	65
Abbildung 34: Proportionale, progressive, degressive und regressive Kosten.....	65
Abbildung 35: Standardaufbau einer Zuschlagskalkulation.....	66
Abbildung 36: Prinzip der Grenzkostenrechnung.....	67
Abbildung 37: Stufen der Kalkulation.....	68
Abbildung 38: Bestandteile der Herstellkosten.....	71
Abbildung 39: Bestandteile der Transportkosten.....	72
Abbildung 40: Bestandteile der Einbaukosten.....	73
Abbildung 42: Aufspaltung der Transportkosten in Steh- und Fahrtkosten.....	80

Abbildung 43: Einflüsse auf die Herstellkosten.....	84
Abbildung 44: Einflüsse auf die Transportkosten.....	85
Abbildung 45: Einflüsse auf die Einarbeitung	87
Abbildung 46: Einflüsse auf die Einbaukosten.....	88
Abbildung 47: Situierung der Baustelle in Wien.....	92
Abbildung 48: Situierung der Baustelle in Gols.....	93
Abbildung 49: Grundstück des Einfamilienhauses in Gols	94
Abbildung 50: Grafische Gegenüberstellung BGF und NF der drei Projekte	95
Abbildung 51: Auswahl der Einflüsse auf die Kosten	97
Abbildung 52: Ermittlung der Einflussfaktoren	98
Abbildung 53: Kostenanteile Massivwand und Elementdecke	98
Abbildung 54: Tabellenblatt Focus1 Eingabe (Teil1)	99
Abbildung 55: Tabellenblatt Focus1 Eingabe (Teil2)	99
Abbildung 56: Tabellenblatt Focus2 Mengen.....	100
Abbildung 57: Tabellenblatt Basis1 Ausgabe (Zahlen).....	100
Abbildung 58: Tabellenblatt Basis1 Ausgabe (Diagramme)	101
Abbildung 59: Tabellenblatt Daten1 Kosten.....	101
Abbildung 60: K7-Blatt: Herstellkosten.....	102
Abbildung 61: Tabellenblatt Listen1	102
Abbildung 62: Dateneingabe: Transportweg.....	103
Abbildung 63: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Transportweg	104
Abbildung 64: Balkendiagramme: Transportweg	104
Abbildung 65: Dateneingabe: Größe.....	104
Abbildung 66: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Größe	105
Abbildung 67: Balkendiagramme: Größe	105
Abbildung 68: Dateneingabe: Struktur, Form und Gestalt	106
Abbildung 69: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Struktur, Form und Gestalt	106
Abbildung 70: Balkendiagramme: Struktur, Form und Gestalt	106
Abbildung 71: Auswahl der Kosteneinflüsse: Einflussvariation	107
Abbildung 72: Gegenüberstellung der Ergebnisse: Einflussvariation	107
Abbildung 73: Balkendiagramme: Einflussvariation.....	108
Abbildung 74: Kennzahlenvergleich der drei Projekte in Gols.....	108

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung des Produktionsindex, der Mengen und Werte von vorgefertigten Bauelementen der Jahre 2006 bis 2014	4
Tabelle 2: Begriffsdefinitionen verschiedener Betone	6
Tabelle 3: Druckfestigkeitsklassen für Normal- und Schwerbeton	7
Tabelle 4: Verdichtungsmaßklassen	9
Tabelle 5: Ausbreitmaßklassen	9
Tabelle 6: Siebgrößen zur Bezeichnung von Korngruppen	10
Tabelle 7: Vorteile der Fertigbetonbauweise	18
Tabelle 8: Nachteile der Fertigbetonbauweise.....	19
Tabelle 9: Zahlen und Fakten der Mischek-Produktionsstätten	27
Tabelle 10: Abmessungen der Fertigteile	28
Tabelle 11: Anlage IV. Tabelle für Grenzwerte aus dem SOTRA-Gesamterlass, S. 51.	43
Tabelle 12: Kriterien für die Zuordnung der Sperrzeiten für Sondertransporte	44
Tabelle 13: Reguläre Sperrzeiten für Sondertransporte	45
Tabelle 14: Richtwerte üblicher Krankkapazitäten.....	53
Tabelle 15: Parameter von kleinen bis großen Turmdrehkränen	53
Tabelle 16: Ausschallfristen in Tagen für tragende Schalungen bei mittleren Tagestemperaturen von +12°C bis +20°C	62
Tabelle 17: Fixe und variable Kosten der Fertigteilherstellung.....	70
Tabelle 18: Fixe und variable Kosten des Transports	71
Tabelle 19: Fixe und variable Kosten des Einbaus.....	72
Tabelle 20: Wertansätze für die Ermittlung der Herstellkosten.....	74
Tabelle 21: Wertansätze für die Ermittlung der Transportkosten	74
Tabelle 22: Wertansätze für die Ermittlung der Einbaukosten.....	75
Tabelle 23: Ermittlung des Herstellpreises einer Massivwand mittels K7-Formblatt.....	76
Tabelle 24: Ermittlung des Herstellpreises einer Elementdecke mittels K7-Formblatt.....	77
Tabelle 25: Ermittlung des Transportpreises innerhalb von Wien mittels K7-Formblatt	78
Tabelle 26: Ermittlung des Transportpreises nach Gols mittels K7-Formblatt	79
Tabelle 27: Ermittlung des Einbaupreises einer Massivwand mittels K7-Formblatt.....	81
Tabelle 28: Ermittlung des Einbaupreises einer Elementdecke mittels K7-Formblatt.....	82
Tabelle 29: Gegenüberstellung BGF und NF der drei Projekte	94

12 Anhang

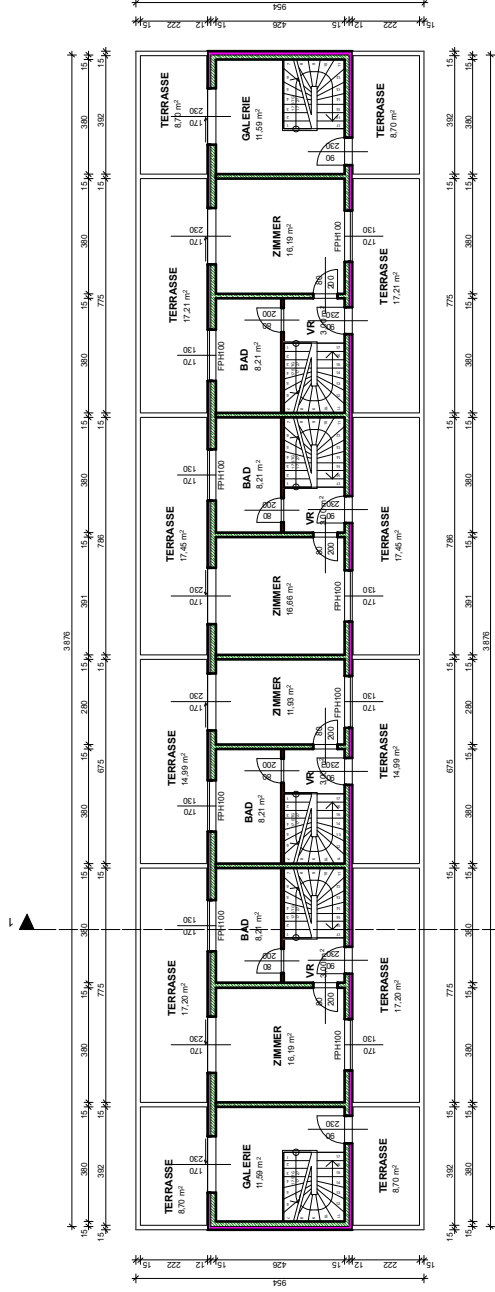
Im Anhang sind folgende Pläne enthalten:

- Wohnhausanlage
 - Grundriss EG
 - Grundriss OG + DG
 - Ansichten und Schnitt
 - Elementierung EG + OG
 - Elementierung DG + DD
- Einfamilienhaus
 - Grundriss EG + OG + DD
 - Ansichten und Schnitte
 - Elementierung EG + OG + DD
- Wirtschaftshalle
 - Grundriss EG
 - Ansicht und Schnitt
 - Elementierung EG + DD

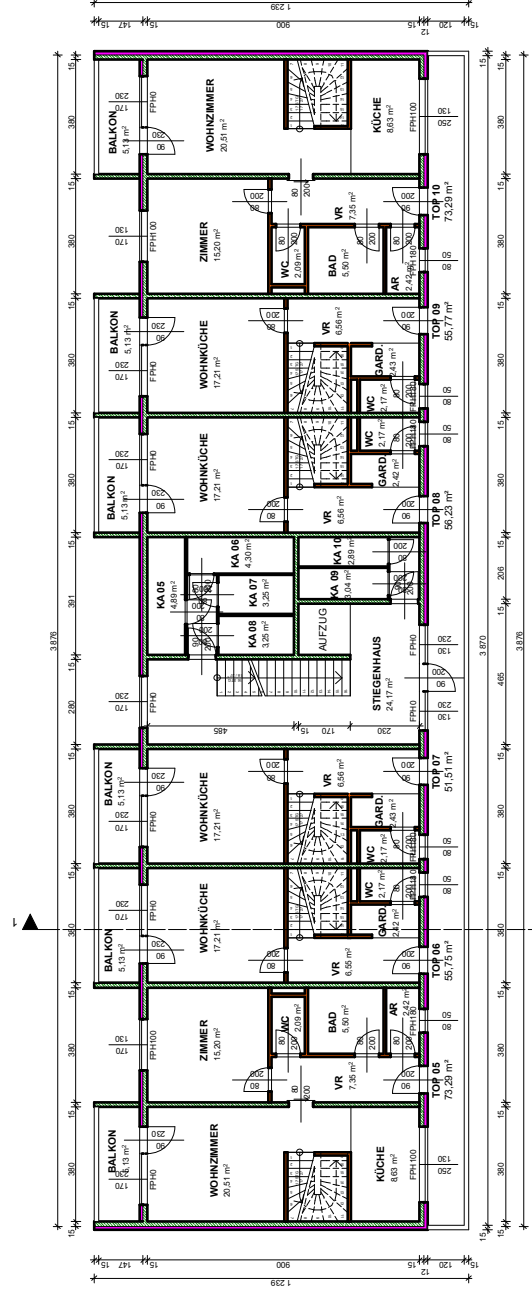


WOHNHAUSANLAGE

GRUNDRISS EG
 MASSSTAB 1:250



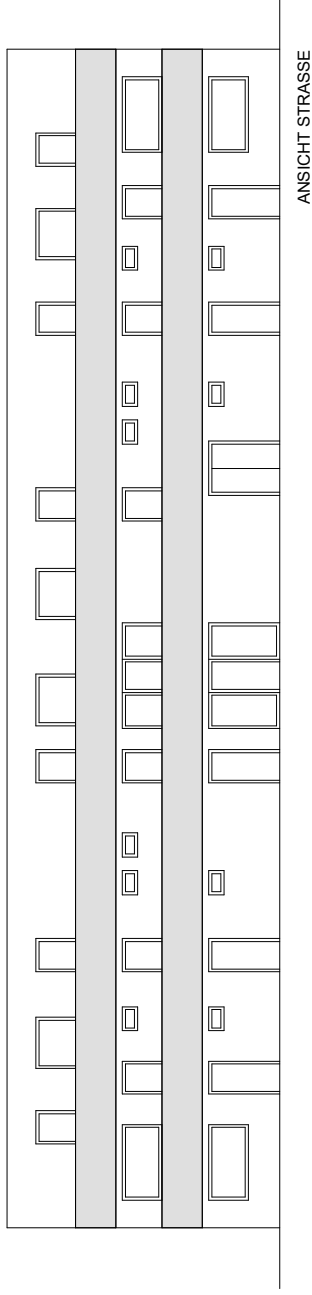
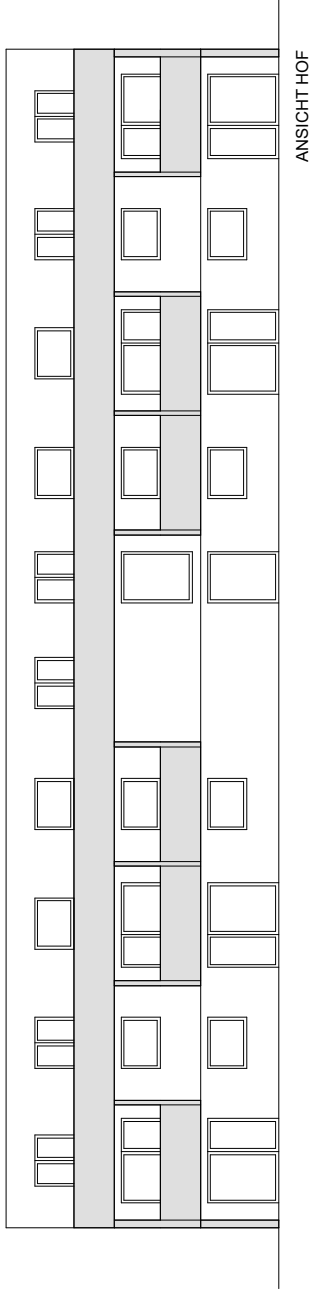
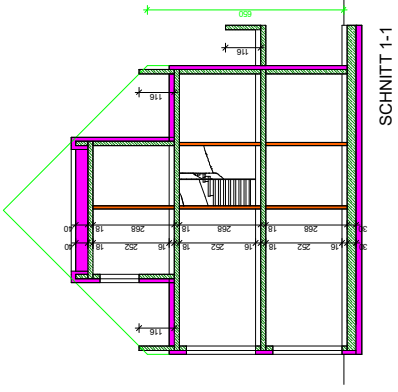
GRUNDRISS DACHGESCHOSS



GRUNDRISS OBERGESCHOSS

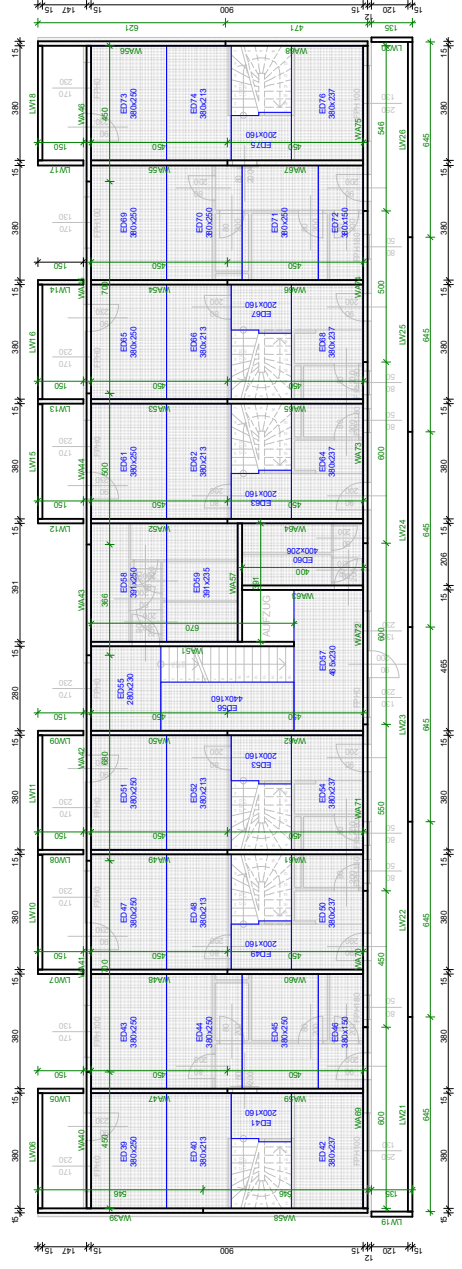
WOHNHAUSANLAGE

GRUNDRISS OG+DG
MASSSTAB 1:250

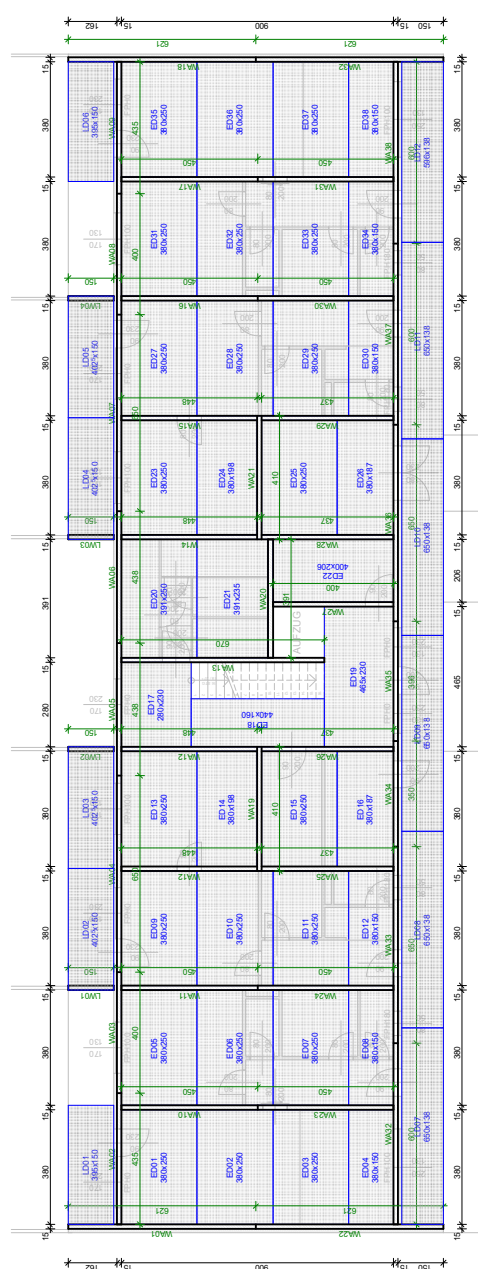


WOHNHAUSANLAGE

ANSICHTEN U. SCHNITT
MASSSTAB 1:250



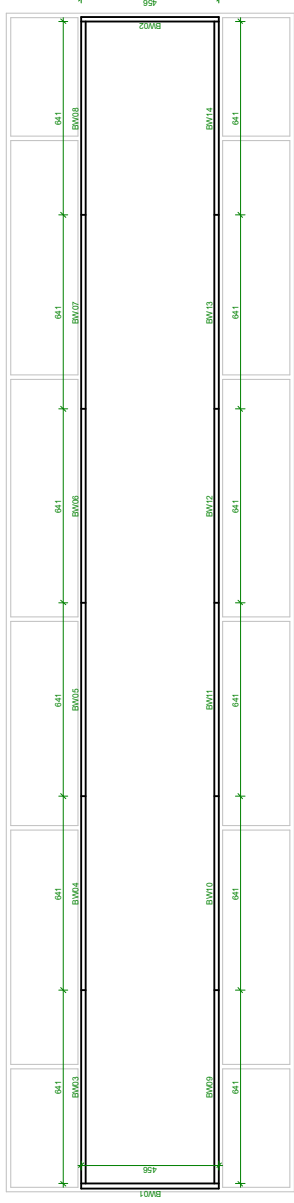
ELEMANTIERUNG OBERGESCHOSS



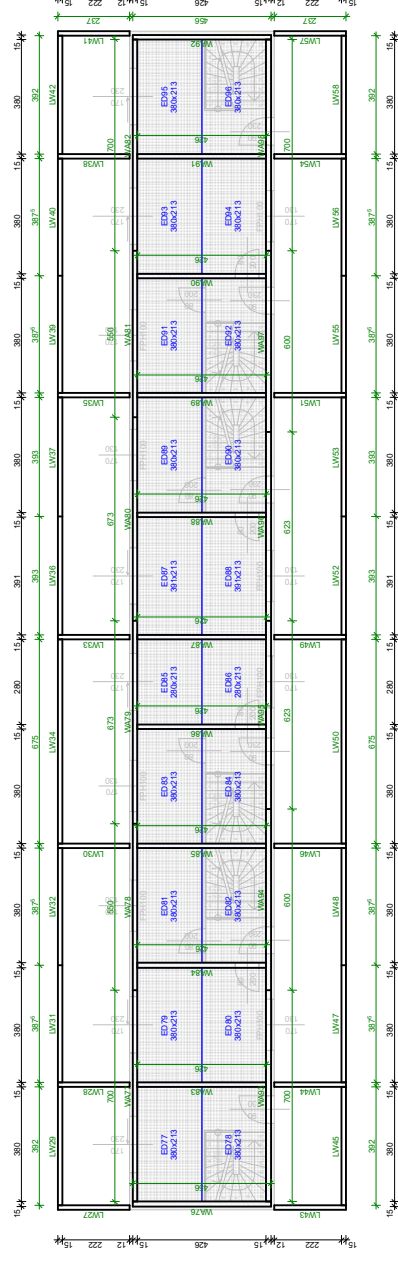
ELEMANTIERUNG ERDGESCHOSS

WOHNHAUSANLAGE

ELEMENTIERUNG EG+OG
 MASSSTAB 1:250



ELEMENTIERUNG DACHDRAUFSICHT

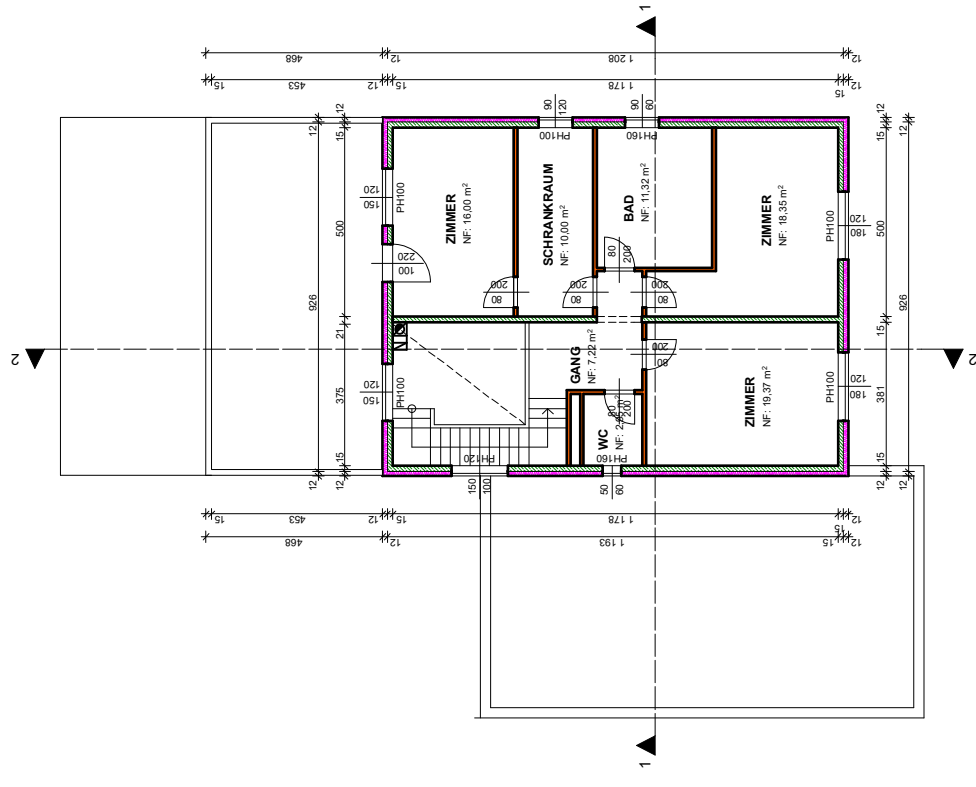
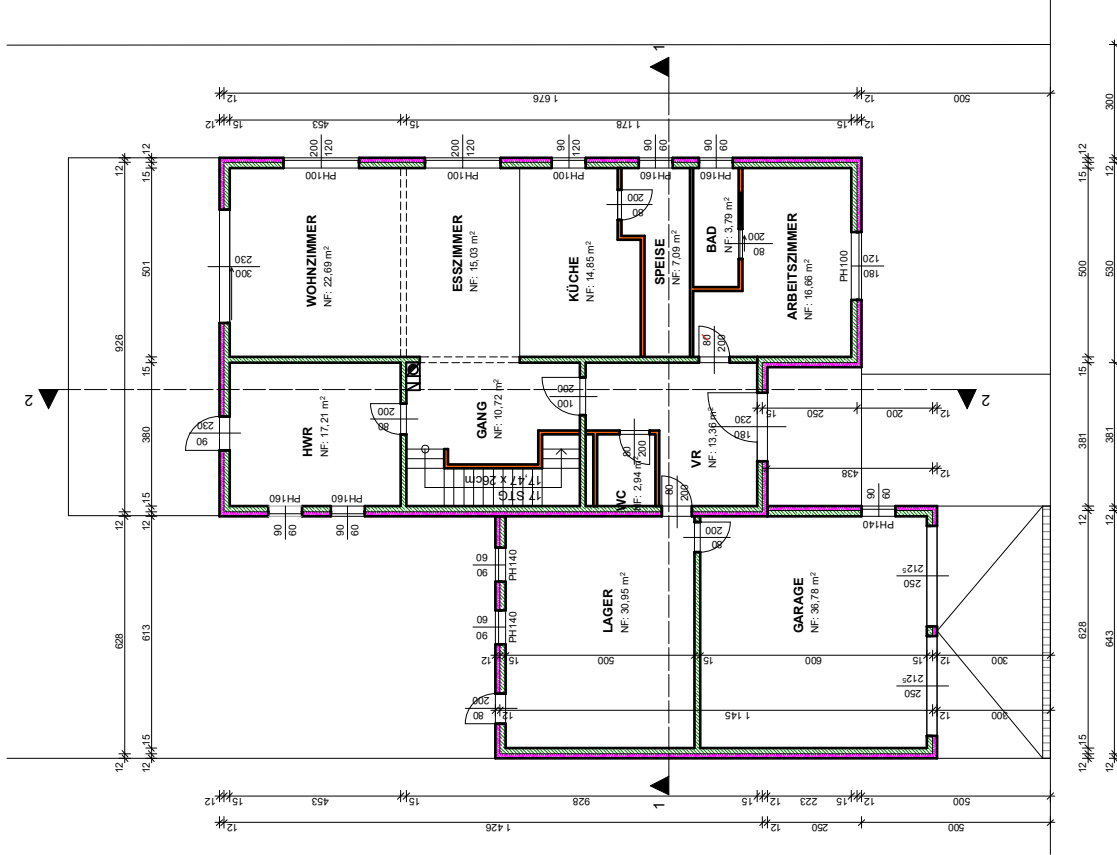


ELEMENTIERUNG DACHGESCHOSS

WOHNHAUSANLAGE

ELEMENTIERUNG DG+DD

MASSSTAB 1:250

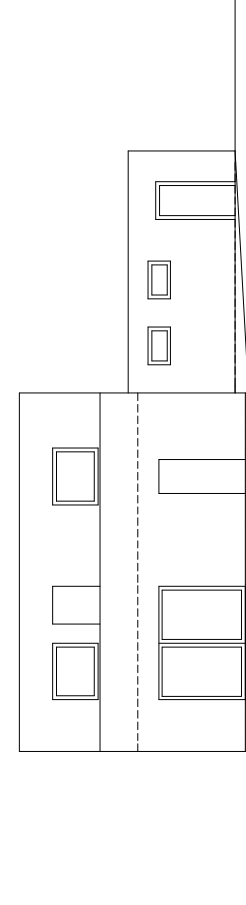


EINFAMILIENHAUS

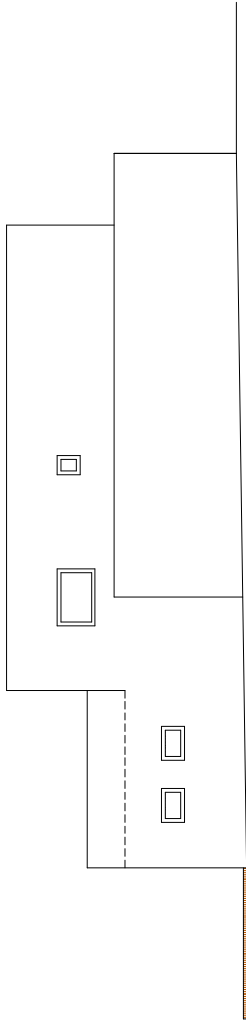
GRUNDRISS ERDGESCHOSS

GRUNDRISS OBERGESCHOSS

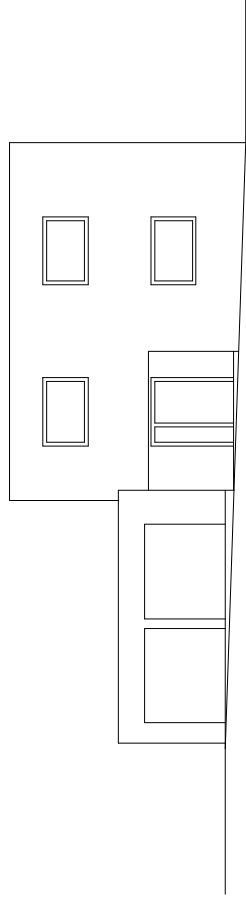
MASSSTAB 1:200



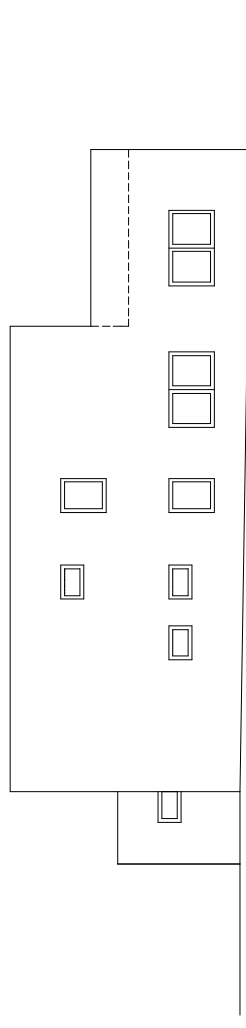
ANSICHT SÜDSÜD



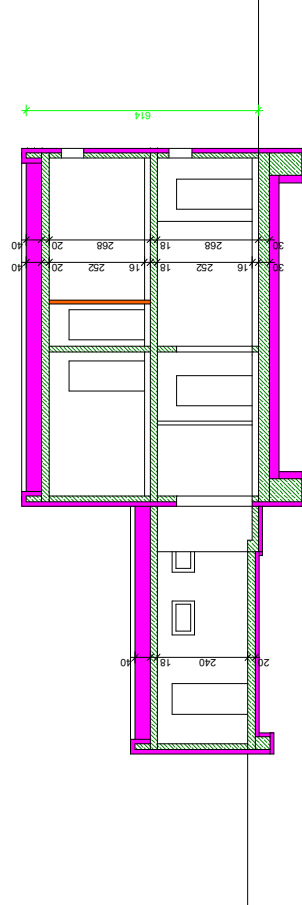
ANSICHT NORDNORD



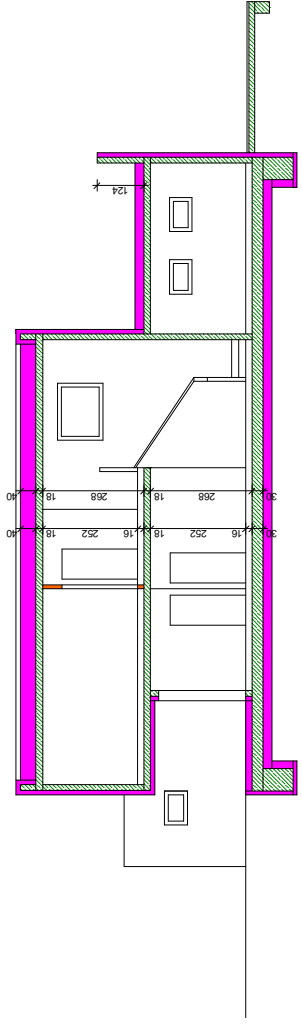
ANSICHT NORDWEST



ANSICHT SÜDWEST



SCHNITT 1-1

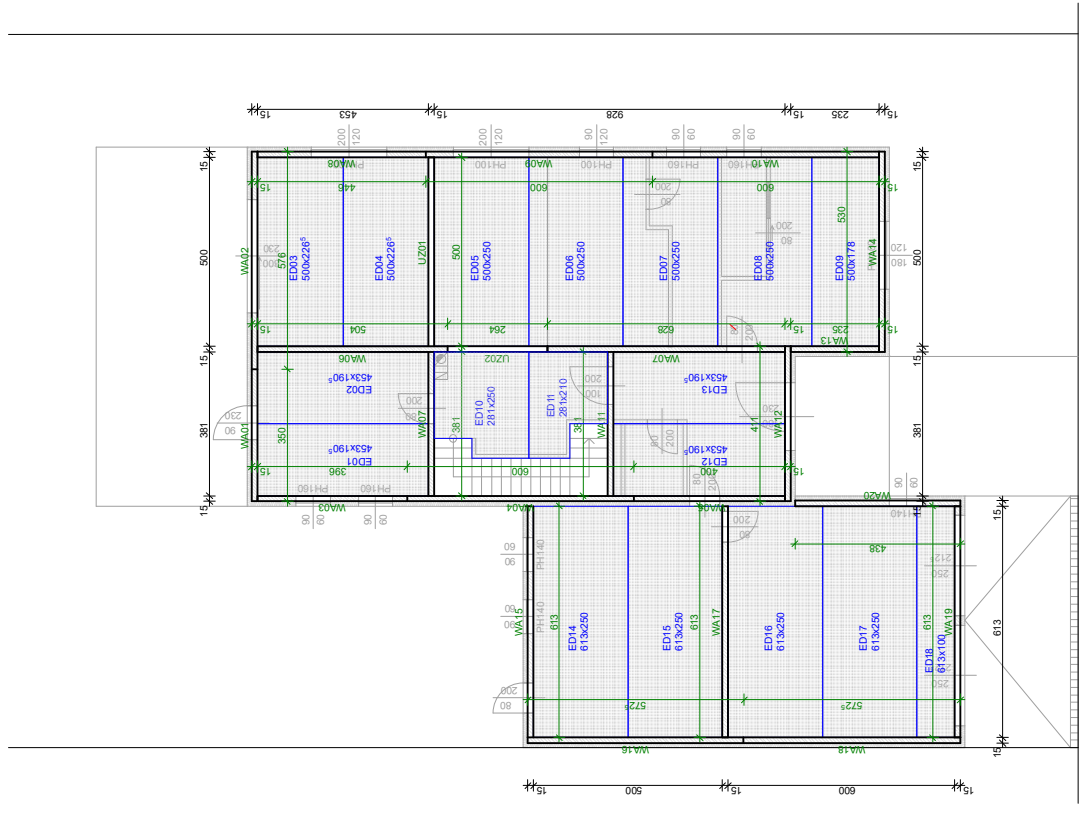


SCHNITT 2-2

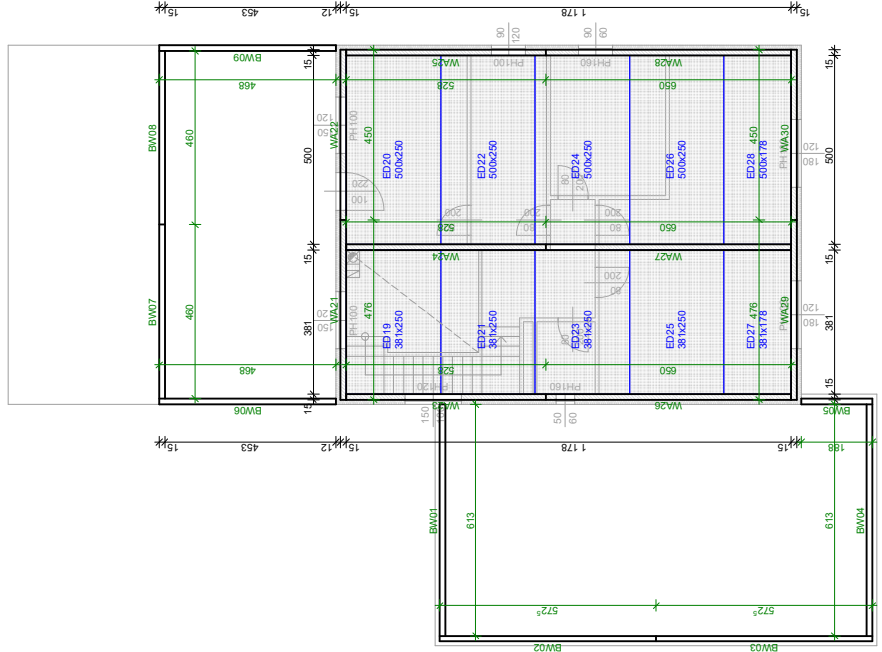
EINFAMILIENHAUS

ANSICHTEN + SCHNITTE

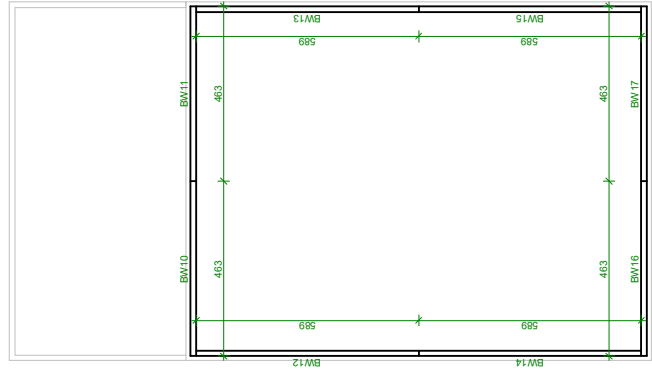
MASSSTAB 1:200



ELEMENTIERUNG ERDGESCHOSS



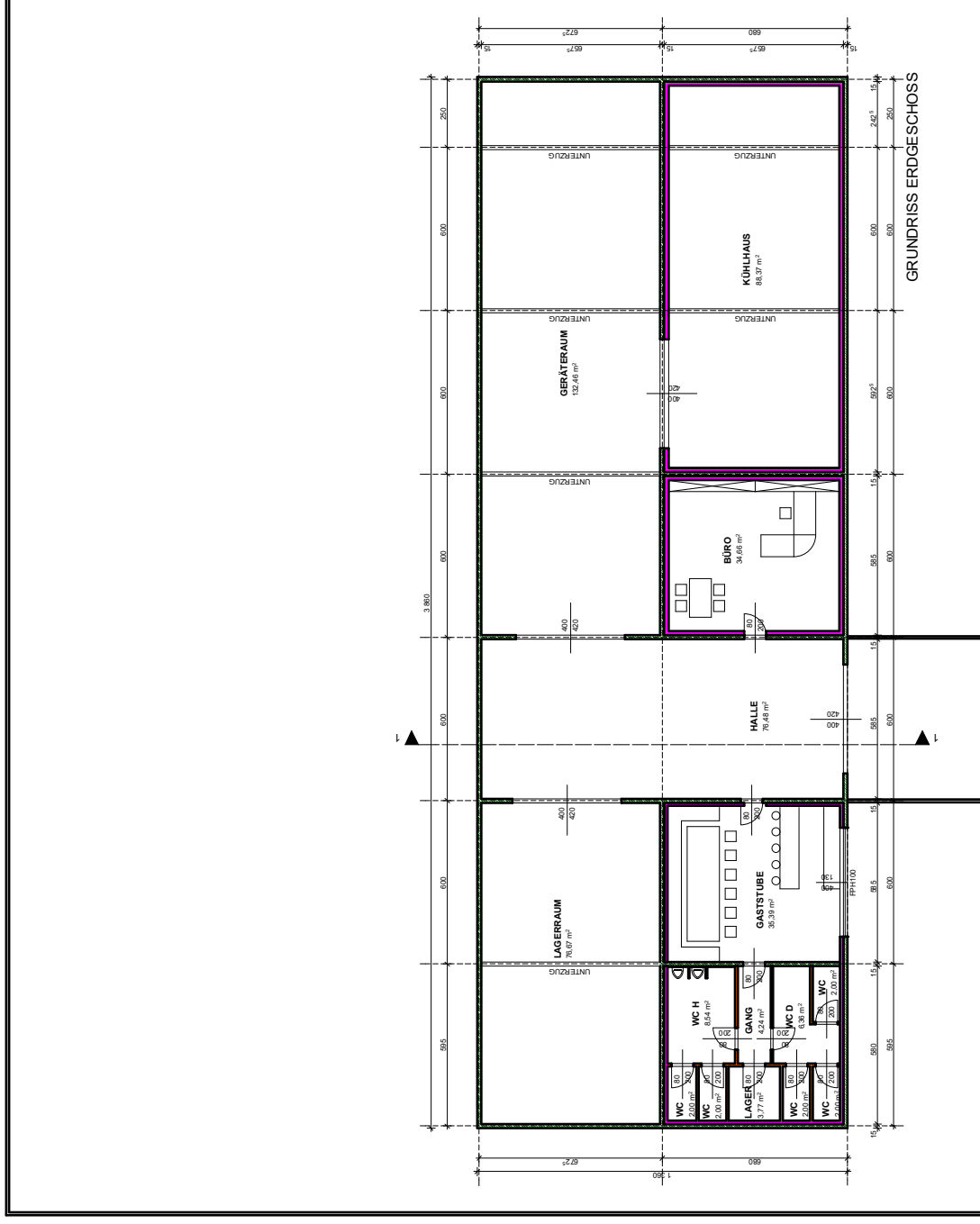
ELEMENTIERUNG OBERGESCHOSS



ELEMENTIERUNG DACHDRAUFSICHT

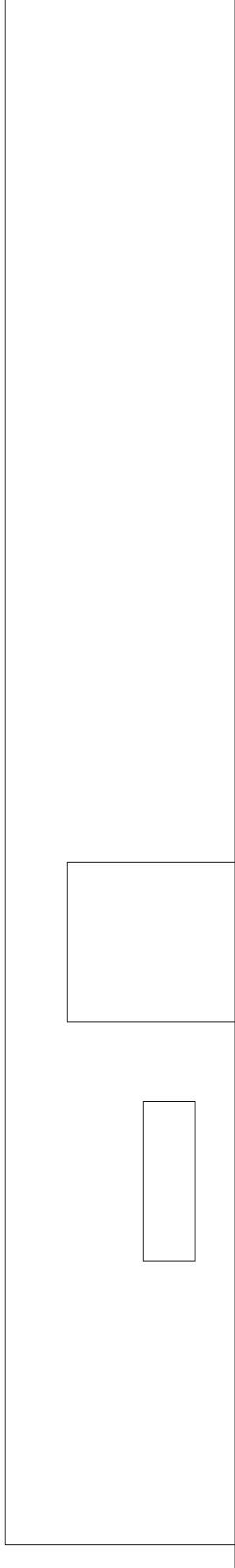
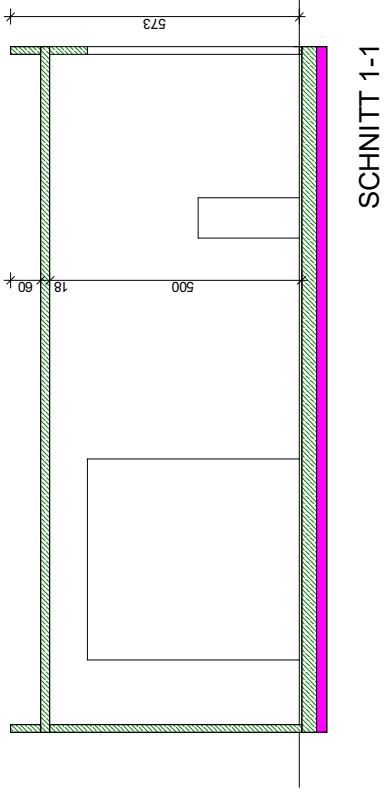
EINFAMILIENHAUS

ELEMENTIERUNG MASSSTAB 1:200



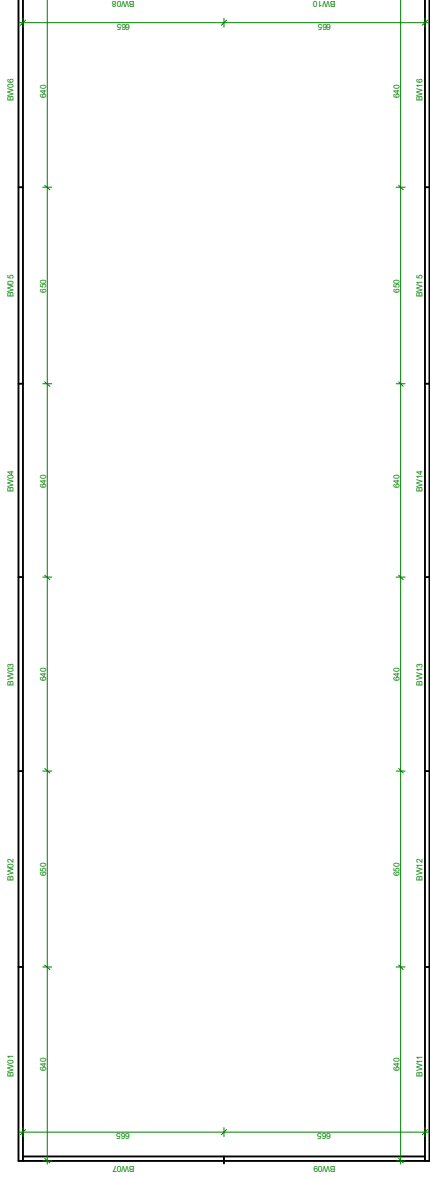
WIRTSCHAFTSHALLE

GRUNDRISS EG
MASSSTAB 1:250

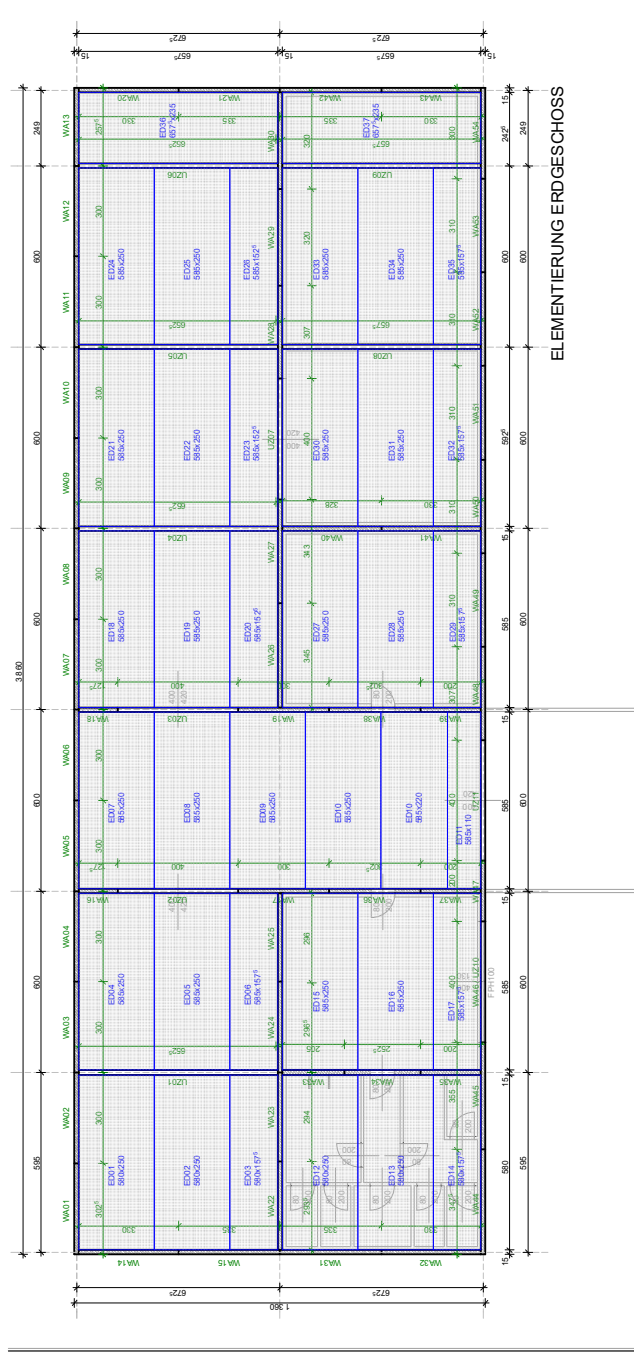


WIRTSCHAFTSHALLE

ANSICHT + SCHNITT
MASSSTAB 1:150



ELEMENTIERUNG DACHDRAUFSICHT



ELEMENTIERUNG ERDGESCHOSS

WIRTSCHAFTSHALLE

ELEMENTIERUNG EG+DD
 MASSSTAB 1:250