

MASTERARBEIT



BAULOGISTIK VON BETONFERTIGTEILEN

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer
Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler

Mitbetreuende Assistentin
Dipl.-Ing. Roswitha Marius

Graz am 23. März 2015

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

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

Graz,

date

.....

(signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Doz. Dr.techn. Dipl.-Ing. Christian Hofstadler und Frau Dipl.-Ing. Roswitha Marius.

Besonderer Dank gebührt meiner Familie und meinen Freunden, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützten.

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

Die Verwendung von Betonfertigteilen in den verschiedensten Bereichen des Bauwesens erfordert eine Vielzahl von logistischen Maßnahmen und stellt somit große Anforderungen an die Baulogistik. Diese Masterarbeit mit dem Titel „Baulogistik von Betonfertigteilen“ gibt im ersten Teil einen Überblick über die Grundlagen von Betonfertigteilen und der Baulogistik. Mithilfe dieser werden im zweiten Teil die erforderlichen Maßnahmen und Rahmenbedingungen des Einsatzes von Betonfertigteilen erläutert. Im Anschluss werden die einzelnen Einflussfaktoren auf die Hauptbereiche Produktion, Transport und Montage erarbeitet. Schlussendlich erfolgt eine grafische Darstellung der verschiedenen Kriterien und Herstellungsmöglichkeiten in Form eines morphologischen Kastens. Dieser ermöglicht einen Gesamtüberblick und dient als Unterstützung für die Bearbeitung von Projekten mit Betonfertigteilen.

Abstract

The use of precast concrete elements in various areas of civil engineering requires a variety of logistical measures and thus makes great demands on the construction logistics. This thesis, entitled "Construction logistics of precast concrete elements", in the first part gives an overview of the basics of precast concrete elements and construction logistics. In the second part it explains the necessary measures and conditions of the use of precast concrete parts. Following the individual influencing factors on the main areas of production, transportation and installation will be developed. Finally, there is a graphical representation of the various criteria and production opportunities in the form of a morphological box.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ziel der Arbeit	1
1.2	Aufbau der Arbeit.....	2
2	Grundlagen von Baukonstruktion und Baubetrieb	4
2.1	Bauweisen im Betonbau	4
2.2	Grundlagen Betonfertigteile	5
2.2.1	Geschichtliche Entwicklung	5
2.2.2	Vorteile von Betonfertigteilen	6
2.2.3	Einsatzgebiete	8
2.3	Baubetriebliche Grundlagen	9
2.3.1	Produktivität.....	10
2.3.2	Bedeutung der Arbeitsvorbereitung.....	12
2.3.3	Bauablaufplanung.....	13
2.3.4	Baustelleneinrichtung	14
3	Grundlagen der Logistik	15
3.1	Definition des Begriffes „Logistik“	15
3.1.1	Militärisch	15
3.1.2	Wirtschaftlich	16
3.2	Die historische Entwicklung der Logistik	17
3.3	Einordnung der Logistik	19
3.4	Aufgaben und Ziele.....	21
3.5	Logistische Systeme.....	24
3.5.1	Makrologistik.....	25
3.5.2	Mikrologistik.....	25
3.5.3	Unternehmenslogistik	25
3.6	Unterteilung der Unternehmenslogistik	26
4	Grundlagen der Baulogistik	27
4.1	Bedeutung der Baulogistik	27
4.1.1	Definition der Baulogistik	27
4.1.2	Besonderheiten der Baulogistik	29
4.2	Bereiche der Baulogistik	31
4.2.1	Beschaffungslogistik	32
4.2.2	Produktionslogistik (Baustellenlogistik)	33
4.2.3	Entsorgungslogistik.....	34
5	Betonfertigteile	35
5.1	Arten von Betonfertigteile.....	35
5.1.1	Säulenelemente.....	36
5.1.2	Balkenelemente.....	37
5.1.3	Wandelemente	38
5.1.4	Deckenelemente.....	39
5.1.5	Rohr- oder kastenförmige Bauelemente.....	40
5.1.6	Sonderbauelemente	41
6	Baulogistik von Betonfertigteilen	43
6.1	Bereiche der Betonfertigteillistik	43
6.2	Projektphasen der Betonfertigteillistik	44
6.3	Größen der Betonfertigteile.....	45

7	Herstellung von Betonfertigteilen	46
7.1	Erzeugung	46
7.1.1	Produktionsphasen	46
7.1.2	Herstellungsprozess	47
7.1.3	Fertigungsverfahren – Standfertigung	48
7.1.4	Fertigungsverfahren – Umlauffertigung	52
7.2	Bewehrung der Fertigteile	56
7.3	Beton für Fertigteile	57
7.3.1	Sichtbeton	59
7.3.2	Ultrahochleistungsbeton (UHPC)	62
8	Transport von Betonfertigteilen	64
8.1	Definition	64
8.2	Transportwege	65
8.2.1	Straßenverkehr	66
8.2.2	Eisenbahnverkehr	69
8.2.3	Wasserverkehr	70
8.3	Transportplanung	71
8.4	Transportmittel - Straße	73
8.4.1	Transportmittelauswahl für die Straße	73
8.4.2	Sondertransporte	75
8.4.3	Straßendimensionierung	76
8.4.4	Routenauswahl	79
8.4.5	Transportmittelarten	81
8.5	Transportmittel – Bahn	85
8.6	Baustraßen und Stellflächen	86
8.6.1	Planungsgrundsätze für Baustraßen	86
8.6.2	Wendemöglichkeiten	87
9	Montage von Betonfertigteilen	88
9.1	Montageplanung & Montage	89
9.1.1	Vorbereitungsmaßnahmen	89
9.1.2	Montage	92
9.2	Hebezeuge	95
9.2.1	Einteilung der Baustellenkrane	95
9.2.2	Kenngößen für Baustellenkrane	96
9.2.3	Turmdrehkrane	97
9.2.4	Fahrzeugkrane	98
9.3	Ankersysteme	99
9.4	Elementfugen und Verbindungstechniken	103
9.5	Gefahrenübergang	106
10	Auswahl von Betonfertigteilsystemen	107
10.1	Morphologischer Kasten	107
10.2	Verwendung des morphologischen Kastens	108
11	Zusammenfassung und Ausblick	110
11.1	Zusammenfassung	110
11.2	Ausblick	111
	Anhang – Morphologischer Kasten	112
	Literaturverzeichnis	117

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Aufbau der Arbeit – Teil 1	2
Abbildung 1-2 Aufbau der Arbeit – Teil 2	3
Abbildung 2-1 Dilemma der Arbeitsvorbereitung (in Anlehnung Hofstadler C.).....	9
Abbildung 2-2 Definition - Produktivität	10
Abbildung 2-3 Produktionsfaktoren	11
Abbildung 2-4 Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung.....	12
Abbildung 2-5 Zusammenhang – Kosten und Bauzeit	13
Abbildung 2-6 Einflüsse - Baustelleneinrichtung (in Anlehnung Schach R.)	14
Abbildung 3-1 Historische Entwicklung der Logistik (in Anlehnung - Gudehus T.)..	17
Abbildung 3-2 Einordnung der Logistik (in Anlehnung an Bauer U.)	19
Abbildung 3-3 Betrachtungsbereich des Logistikmanagements.....	22
Abbildung 3-4 Ziele der Logistik (in Anlehnung an Schuh G.; Stich V.)	23
Abbildung 3-5 Logistiksysteme (in Anlehnung an Pfohl H.).....	24
Abbildung 3-6 Übersicht - Unternehmenslogistik (in Anlehnung Pfohl H.)	26
Abbildung 4-1 Der Transformationsprozess der Baulogistik	28
Abbildung 4-2 Lieferketten der Bauindustrie	30
Abbildung 4-3 Bereiche der Baulogistik (in Anlehnung an Boenert L.).....	31
Abbildung 4-4 Arten von Baustellenabfällen (in Anlehnung an Günther W.).....	34
Abbildung 5-1 Stahlbetonfertigteilstütze.....	36
Abbildung 5-2 T – Satteldachträger	37
Abbildung 5-3 Hohlwandelement in der Produktion	38
Abbildung 5-4 Vorgespannte Hohlwanddecke	39
Abbildung 5-5 Fertigteil - Kanalsystem	40
Abbildung 5-6 Fertigteil - Brückenträger.....	41
Abbildung 5-7 Freivorbau mit Fertigteilen	41
Abbildung 5-8 Bogenklappverfahren	42
Abbildung 5-9 Fertigteil - Bogenbrücke	42
Abbildung 6-1 Bereiche der Betonfertigteillogistik.....	43
Abbildung 6-2 Einflussfaktoren auf die Größe von Betonfertigteilen	45
Abbildung 7-1 Übersicht der Teilprozesse	47
Abbildung 7-2 Fertigungsschritte - Standfertigung	48
Abbildung 7-3 Einzelform	49
Abbildung 7-4 Batterieformensystem	49
Abbildung 7-5 Strangform - Binder.....	50
Abbildung 7-6 Bahnsystem mit Gleitfertiger	51
Abbildung 7-7 Fertigungsschritte – Hohlwandproduktion	52
Abbildung 7-8 Schalungsroboter.....	53
Abbildung 7-9 Betoniervorgang.....	53

Abbildung 7-10 Kippeinrichtung	54
Abbildung 7-11 Transporteinheit	55
Abbildung 8-1 Übersicht der Hauptverkehrskorridore Österreichs	65
Abbildung 8-2 Anteile der Verkehrsträger nach Verkehrsart	66
Abbildung 8-3 Güterverkehr - Verteilung - Straße / Schiene	67
Abbildung 8-4 Beispielbild - Eisenbahnverkehr	69
Abbildung 8-5 Betonfertigteiltransport - Schiff	70
Abbildung 8-6 Einflussfaktoren auf die Dispositionsarbeit	71
Abbildung 8-7 Aufgaben der Disposition	72
Abbildung 8-8 Fahrzeugauswahl – Kriterien	73
Abbildung 8-9 Fahrzeugabmessungen	74
Abbildung 8-10 Autobahnknoten Graz-West	77
Abbildung 8-11 Kreisverkehr mit 26 m Durchmesser – RSV 03.05.14	78
Abbildung 8-12 Zuständigkeitsbereiche - ASFINAG	80
Abbildung 8-13 Semitiefelader	81
Abbildung 8-14 Tiefbetauflieger	82
Abbildung 8-15 Telesattel	82
Abbildung 8-16 Transport - Betonfertigteilträger	83
Abbildung 8-17 Transport – Fertigteil-Brückenträger	83
Abbildung 8-18 Transportgestell	84
Abbildung 8-19 Innenlader	84
Abbildung 8-20 Verladen der Betonfertigteile	85
Abbildung 8-21 Bahntransport von Fertigteilen	85
Abbildung 8-22 Baustraßen	86
Abbildung 8-23 Wendemöglichkeiten	87
Abbildung 9-1 Einflussfaktoren auf die Montage	88
Abbildung 9-2 Vorbereitungsmaßnahmen der Montage	89
Abbildung 9-3 Beispiel - Versetzplan	90
Abbildung 9-4 Auflagerpunkte und Anschlussbewehrung	91
Abbildung 9-5 Montageunterstellung bei Elementdecken	91
Abbildung 9-6 Montage von Betonfertigteilen	92
Abbildung 9-7 Beispielbild – Innenlader	93
Abbildung 9-8 Beispielbild – Heben einer Elementdecke	93
Abbildung 9-9 Montage eines Fertigteilbinders	94
Abbildung 9-10 Einteilung der Baustellenkrane (in Anlehnung an Schach R.)	95
Abbildung 9-11 Beispielbild – Versetzen von Elementdecken	97
Abbildung 9-12 Beispielbild – Versetzen von Fertigteilträgern	98
Abbildung 9-13 Begriffsdefinitionen	99
Abbildung 9-14 vertiefter Schlaufenanker	100
Abbildung 9-15 Stirnseitiger Einbau	101

Abbildung 9-16 Flächiger Einbau	101
Abbildung 9-17 Superankersysteme	102
Abbildung 9-18 Verbindungstechniken	103
Abbildung 9-19 Fugenabdichtungsband	104
Abbildung 9-20 Stützenschuh	105
Abbildung 9-21 Stützenkonsole	105
Abbildung 10-1 Ausschnitt – Kriterien (Beispiel)	107
Abbildung 10-2 Ausschnitt – wählbare Varianten (Beispiel).....	107
Abbildung 10-3 Anwendungsschritte – morphologischer Kasten	108
Abbildung 10-4 Ausschnitt – morphologischer Kasten	109

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Festigkeitsklassen	57
Tabelle 2 ASFINAG - Sondertransportklassen.....	75
Tabelle 3 Längsneigung von Baustraßen (Richtwerte)	87
Tabelle 4 Einteilung von Turmdrehkränen	97
Tabelle 5 Einteilung von Autokranen	98

Abkürzungsverzeichnis

UHPC	Ultrahochleistungsbeton
RVS	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau
ABGB	Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch

1 Einleitung

Die Bauwirtschaft unterliegt einem großen Wandel. Aufgrund des Rückganges von neuen Bauprojekten durch öffentliche und private Auftraggeber auf der einen Seite sowie durch die große Anzahl an Bauunternehmen am Markt auf der anderen Seite, sind die Unternehmen gefordert, effektiver und effizienter zu arbeiten. In diesem Zusammenhang fallen oft die Begriffe „Produktivität“ und „Baulogistik“, welche für den wirtschaftlichen Erfolg eine bedeutende Rolle spielen. Die Baulogistik ist neben der Ver- und Entsorgung der Baustelle mit Materialien, Geräten und Informationen auch für den logistischen Ablauf auf der Baustelle zuständig. Eine gut geplante und umgesetzte Baulogistik ist die Grundlage für die Steigerung der Produktivität und kann bei einem Bauvorhaben zwischen wirtschaftlichem Erfolg- und Misserfolg entscheiden.

Neben der Erhöhung der Produktivität und der Verbesserung der Baulogistik im Allgemeinen werden auch vorhandene Bauweisen und Bauverfahren optimiert und durch den Einsatz von Fertigteilen verbessert. Durch den Einsatz von Betonfertigteilen werden die Vorteile der stationären Industrie ausgenützt und somit können höhere Qualitäten, größere Mengen und kürzere Bauzeiten bei geringeren Herstellkosten erzielt werden. Der Einsatz von Betonfertigteilen bringt den wirtschaftlichen Erfolg unter Voraussetzung der erforderlichen Planungs- und Vorbereitungsmaßnahmen sowie der Erfüllung von vorhandenen projektbezogenen Rahmenbedingungen.

1.1 Ziel der Arbeit

Die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel „Baulogistik von Betonfertigteilen“ befasst sich mit den Besonderheiten und Anforderungen von Betonfertigteilen und gibt einen Überblick über die verschiedenen Planungs- und Vorbereitungsprozesse sowie deren Rahmenbedingungen bei der Produktion, dem Transport und der Montage der Betonfertigteile.

Ziel der Arbeit ist es, die erforderlichen Grundlagen zu den Betonfertigteilen und dem Bereich der Baulogistik zu erarbeiten und mit dem daraus gewonnen Wissen die Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen für die Produktion, den Transport und die Montage von Betonfertigteilen auszuarbeiten. Mithilfe dieser Informationen sollen die Zusammenhänge dargestellt werden, welche zur maximal möglichen Größe von Fertigteilen, den verschiedenen einsetzbaren Transportmitteln und Montageweisen führen. In einem weiteren Schritt soll ein morphologischer Kasten entwickelt werden, der die verschiedenen Kriterien auflistet, welche bei der Produktion, dem Transport und der Montage von Fertigteilen von Bedeutung sind.

1.2 Aufbau der Arbeit

Im ersten Teil dieser Arbeit werden die Grundlagen der Logistik, Baulogistik bearbeitet. Darüber hinaus werden baubetriebliche und bautechnische Informationen aufbereitet. Außerdem wird ein Überblick über die verschiedenen Betonfertigteile gegeben.

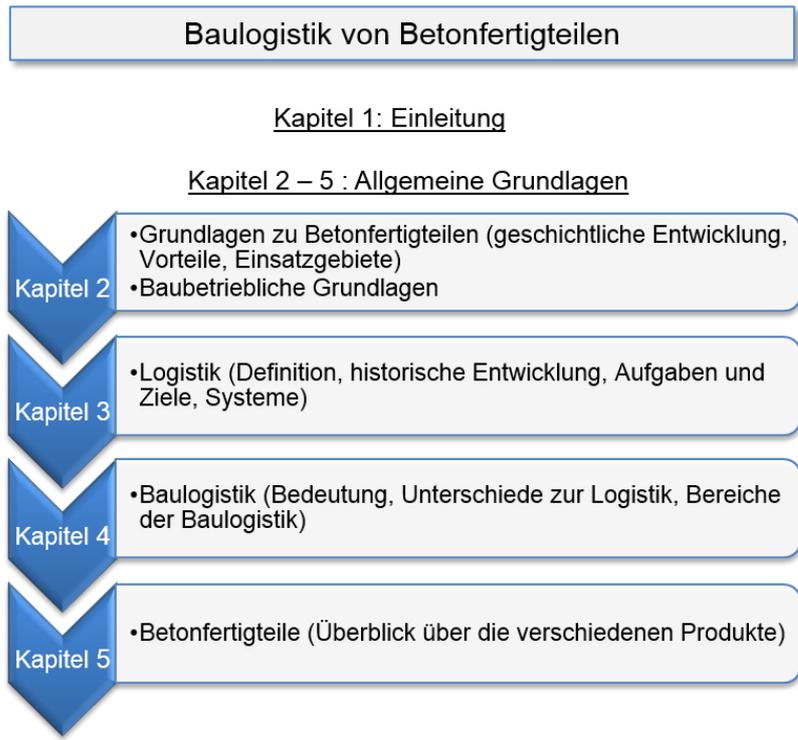
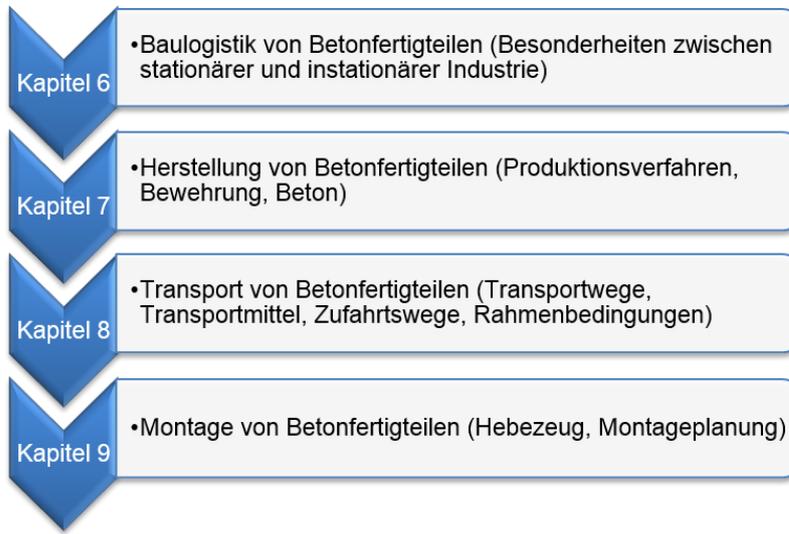


Abbildung 1-1 | Aufbau der Arbeit – Teil 1

Nachdem in den Kapiteln 2 – 5 alle benötigten Grundlagen aufgearbeitet werden, beschäftigen sich die Kapiteln 6 – 9 (siehe Abbildung 1-2) mit den Schwerpunkten dieser Arbeit. Neben den Besonderheiten der Betonfertigteilindustrie und den verschiedenen Produktionsverfahren wird auf die verschiedenen Einflussfaktoren von Transport und Montage eingegangen.

Mit dem daraus erarbeiteten Wissen wird in Kapitel 10 ein morphologischer Kasten entwickelt, welcher die verschiedenen Produktions-, Transport- und Montageweisen darstellt.

Kapitel 6 – 9 : Schwerpunkt - Baulogistik von Betonfertigteilen



Kapitel 10 : Morphologischer Kasten



Abbildung 1-2 | Aufbau der Arbeit – Teil 2

2 Grundlagen von Baukonstruktion und Baubetrieb

Das folgende Kapitel ermöglicht, als Einführung in das Thema des Betonfertigteilbaues, einen Überblick über die in der Praxis eingesetzten Bauweisen im Betonbau. Des Weiteren werden neben der geschichtlichen Entwicklung von Fertigteilen die baubetrieblichen Zusammenhänge und die Bedeutung der Logistik für den Bauablauf und die erfolgreiche Durchführung von Bauprojekten dargestellt.

2.1 Bauweisen im Betonbau

Die Bauweisen und Kombinationsmöglichkeiten im Betonbau sind vielfältig. Um eine grobe Einteilung treffen zu können, werden diese im Rahmen dieser Arbeit in folgende Kategorien eingeteilt:

- **Ortbetonbauweise**

Aufgrund der Vielseitigkeit ist diese klassische Bauweise die am meisten verbreitete Bauweise. Wie der Begriff „Ortbeton“ bereits vermuten lässt, werden hierbei sämtliche Vorgänge (Schalen, Bewehren, Betonieren) auf der Baustelle durchgeführt. Durch diese Bauweise können die verschiedensten Geometrien und Abmessungen hergestellt werden, jedoch benötigt dies neben geeignetem Personal, Material und Gerät, auch eine längere Bauzeit sowie eine günstige Witterung.

- **Fertigteilbauweise**

Die Fertigteilbauweise als klassische Skelettbauweise findet unter anderem im Industrie-, Sportstätten- und gewerblichen Hochbau Anwendung. Hierbei werden die benötigten Stützen, Träger, Binder, Riegel und Platten in stationären Betrieben gefertigt. Der Transport und die Montage auf der Baustelle sind weitgehend unabhängig, stellen jedoch erhöhte Anforderungen an die Logistik und somit an die Planung des Bauablaufes im Vorfeld. Weitere Einsatzgebiete finden sich unter anderem im Brücken- und Tunnelbau, sowie im Grund- und Wasserbau.

- **Mischbauweise**

Die Mischbauweise kennzeichnet sich durch die überwiegende Verwendung von Ortbeton und dem gezielten Einsatz von Fertigteilen. Neben Fertigteilstiegen und –podesten werden Balkonplatten, Träger und vieles mehr verwendet.

Unabhängig von diesen 3 Kategorien gibt es in der Praxis noch weitere Kombinations- und Einteilungsmöglichkeiten, welche in dieser Arbeit jedoch nicht weiter behandelt werden.

2.2 Grundlagen Betonfertigteile

Dieser Abschnitt bietet neben der geschichtlichen Entwicklung von Fertigteilen einen Überblick über daraus resultierende Vorteile und stellt mögliche Einsatzgebiete dieser dar.

2.2.1 Geschichtliche Entwicklung

Mit Stahlbetonfertigteilen wurden bereits Ende des 19. Jahrhunderts die ersten Versuche und Bauvorhaben durchgeführt. Als bekannte Beispiele für diese Zeit dienen das Casino in Biarritz (1891), sowie 1896 vorgefertigte Bahnwärterhäuser (Hennebique). Diese Entwicklung setzte sich im 20. Jahrhundert fort und nach dem 2. Weltkrieg erfolgte der endgültige Durchbruch. In den Jahren des Wiederaufbaues entstanden viele Bauprojekte, welche in möglichst kurzer Zeit umzusetzen waren. Als Reaktion auf den damals herrschenden Facharbeitermangel wurde die Werksfertigung und somit der Einsatz von Betonfertigteilen gefördert. Neben dem industrialisierten Wohnbau entstanden die Skelettbauweise, sowie der Industrie- und Sportstättenbau. In den folgenden Jahren gab es eine ständige Weiterentwicklung und Vergrößerung der Produktpalette. Neben der Erzeugung von Stahlbetonfertigteilen wurden ebenfalls Betonwaren, angefangen von der Anwendung im Infrastrukturbereich bis hin zur Gartengestaltung, etabliert. Im Bereich der Baustofftechnologie ist die Weiterentwicklung besonders stark ausgeprägt zu beobachten. Bestand der Beton anfangs noch aus den einfachen Bestandteilen Wasser, Zement und Gesteinskörnung, ist dieser heutzutage ein komplexes Gemenge mit herausragenden Eigenschaften. Mithilfe von Zusatzmitteln und Zusatzstoffen ist das Einsatzgebiet für Betonfertigteile nahezu uneingeschränkt. Die Verwendung von speziellen Gesteinskörnungen (z.B. Blähton, Leichtsand, Perlite) sowie der Einsatz von Faserbewehrung (z.B. Glas-, Kunststofffasern) und Spannstählen ermöglichen hohe Spannweiten und Tragfähigkeiten bei schlanken Querschnitten und geringem Gewicht. Die Fertigung im Werk kann größtenteils vollautomatisch erfolgen. Hebe- und Transportwerkzeuge wurden entsprechend der Anforderungen des Betonfertigteilbaues entwickelt.¹

Zusammenfassend hat sich die Fertigteilindustrie seit ihrer Entstehung sehr stark weiterentwickelt und ist heutzutage nicht mehr aus der Bauwirtschaft wegzudenken. Die Materialforschung und die Optimierung von Fertigteilen werden weiterhin vorangetrieben.

¹ Vgl. KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. S. 11 ff

2.2.2 Vorteile von Betonfertigteilen

Die Verwendung von Stahlbetonfertigteilen hat qualitative und wirtschaftliche Vorteile im Vergleich zur Herstellung mit Ortbeton. Um diese Vorteile jedoch tatsächlich nutzen zu können, müssen die Rahmenbedingungen für den Einsatz von Fertigteilen gegeben sein. Rahmenbedingungen können dabei neben Bauwerksbedingungen auch Baustellen- und Transportbedingungen sein.

Werden die Voraussetzungen für den Einsatz erfüllt, können folgende Vorteile erzielt werden²:

- Qualitätsverbesserung

Durch die Fertigung im Werk können die Vorteile der stationären Industrie ausgenutzt werden. Durch die Verbesserung der Arbeitsbedingungen und den Einsatz von Automatisierungstechnik kann die Arbeitsleistung erhöht und die Qualität verbessert werden. Aufgrund der Serienproduktion werden Stahlschalungen mit hoher Maßgenauigkeit eingesetzt. Durch werkseigene Mischanlagen und Transportsysteme kann der Beton vollautomatisch eingebracht und verdichtet werden. Somit können Betonfertigteile mit geringem Zusatzaufwand die geforderten Sichtbetonqualitäten erreichen.

- Verringerung der Herstellkosten

Die anfangs höheren Anschaffungskosten der Schalung werden durch die Serienproduktion von großen Mengen refinanziert. Die verschiedenen Schalungsformen sind Systeme, die leicht auf unterschiedliche Geometrien angepasst werden können. Durch den Wegfall von Rüstkosten und mithilfe der Automatisierungstechnik können eine Vielzahl der Arbeitsschritte ohne Einsatz von Personal durchgeführt werden. Die Kosten aufgrund von Arbeitsstunden reduzieren sich, die Produktivität steigt durch die mechanisierten Arbeitsschritte.

- Verkürzung der Bauzeit

Durch die Vorfertigung im Werk können verschiedene Elemente gleichzeitig produziert werden. Während die Produktion im Werk läuft, können auf der Baustelle die Vorbereitungsarbeiten durchgeführt werden. Somit kann die Bauzeit stark verkürzt und Finan-

² Vgl. BACHMANN, H.; STEINLE, A.; HAHN, V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. S. 5 ff

zierungskosten durch die frühzeitige Inbetriebnahme reduziert werden. Dabei ist jedoch der erhöhte Aufwand bei der Planung des Bauwerkes zu berücksichtigen. Dieser kann durch die Verwendung von standardisierten Fertigteilsystemen jedoch sehr stark verringert werden. Aufgrund der Vorfertigung im Werk ist die Montage auf der Baustelle wesentlich witterungsunabhängiger und die Kosten für die Baustelleneinrichtung können ebenfalls verringert werden.

Zusätzliche Merkmale der Werksfertigung sind³:

- Die witterungsunabhängige Fertigung
- Die Möglichkeit der Nachbehandlung und Vergütung
- Die Möglichkeit der Fertigung im 24-Stunden Takt, wenn dies benötigt wird. Somit kann die Bauzeit zusätzlich verkürzt werden.
- Der Einsatz von verschiedensten Bewehrungstechniken wird ermöglicht bzw. erleichtert. (Spannbetttechnik, Faserbewehrung)
- Die besonderen Anforderungen für den Einbau und die Nachbehandlung von UHPC – Bauteilen können durch die Abstimmung der Produktionsanlage erreicht werden.

³ Vgl. MORO, J.: Baukonstruktion vom Prinzip zum Detail - Band 2. S. 525

2.2.3 Einsatzgebiete

Die Einsatzgebiete von Betonfertigteilen sind vielfältig, angefangen im Grund- und Brückenbau, über den Wasser- und Tunnelbau bis hin zum Industrie- und Hochbau.

Für die Herstellung können die Produkte in folgende Bereiche gegliedert werden⁴:

- Säulenelemente (Säulen, Stützen, Masten)
- Balkenelemente (Deckenbalken, Binder)
- Wandelemente (Doppelwände, Sandwichelemente)
- Deckenelemente (Elementdecke, Hohldielendecke)
- Rohr- oder kastenförmige Bauelemente (Betonrohre, etc.)
- Sonderbauelemente (Stiegen, Fundamente, Brückenelemente)

Eine genauere Beschreibung der einzelnen Bauteile erfolgt in Kapitel 5. Im Rahmen dieser Arbeit werden vorwiegend Fertigteillemente für den Industrie- und Hochbau näher betrachtet.

⁴ Vgl. KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. S. 211

2.3 Baubetriebliche Grundlagen

Der Einsatz von Stahlbetonfertigteilen und die damit verbundenen Anforderungen an die Logistik sind bereits in der Kalkulation und in der Arbeitsvorbereitung zu berücksichtigen. Die Verwendung von Fertigteilen hat Auswirkungen auf die Logistik, die Baustelleneinrichtung, sowie auf die Bauablaufplanung. All diese Faktoren haben wiederum Auswirkungen auf die Produktivität und somit auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauvorhabens. Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über den Begriff „Produktivität“ und die Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung.

In der Bauwirtschaft ist man sich der Bedeutung der Arbeitsvorbereitung für den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauvorhabens bewusst, jedoch stehen in der Praxis für die Vorbereitung oft nicht genügend Zeit und Personal zur Verfügung. Während Bauprojekte über Jahre geplant werden, sollen Ausschreibungen und Arbeitsvorbereitungen innerhalb von weniger Monaten durchgeführt werden. Dadurch wird weniger Zeit in Verfahrensvergleiche, Bauablaufplanung und Ressourceneinteilung investiert. Besonders beim Einsatz von Betonfertigteilen kann durch die genaue und zweckgerechte Planung des Einsatzes und der logistischen Maßnahmen viel Geld gespart werden.⁵

Abbildung 2-1 zeigt die Problematik der vergleichsweise kurzen Vorbereitungszeit. Während die Kosten und die Bauzeit in Folge der Ausführung gesenkt werden sollen, wird eine Steigerung der Qualität erwartet. Um dies realisieren zu können, ist eine ständige Anpassung und Weiterentwicklung der Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen erforderlich.

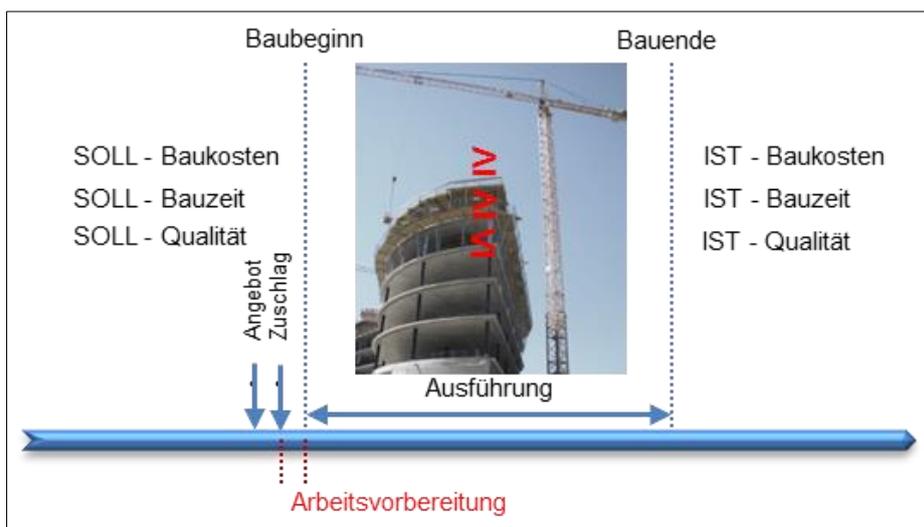


Abbildung 2-1 | Dilemma der Arbeitsvorbereitung (in Anlehnung Hofstadler C.⁶)

⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 37

⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 37

2.3.1 Produktivität

Der Begriff „Produktivität“ wird in der Wirtschaft sehr häufig als Überbegriff für die Beschreibung der Ergiebigkeit und des wirtschaftlichen Erfolges von Unternehmen und Prozessen verwendet. In der Bauwirtschaft und dem Baubetrieb hat die Produktivität in allen Projektphasen eine große Bedeutung. Während für den Teilbereich der Bauwirtschaft die Überlegungen vorrangig auf der Betrachtung der Kosten liegen, stehen im Baubetrieb der Arbeitsaufwand, die erzielbaren Leistungen und Bauzeiten im Mittelpunkt der Betrachtung. Für die Überlegungen im Zuge der Kalkulation stellt sich für die Angebotsphase die Frage, welche Produktivität erzielbar ist und für die Kontrolle und Nachkalkulation die Frage, welche Produktivität erzielt wurde. In der Praxis werden Bauprojekte häufig durch Bauablaufstörungen in zeitlicher und monetärer Sicht beeinflusst. Neben der Feststellung der Verursacher, ist auch festzustellen, welche Auswirkungen diese Störungen auf das Bauvorhaben haben. Durch den Vergleich der Soll(te)-Produktivität aus der Kalkulation und der IST-Produktivität, können Produktivitätsverluste erkennbar gemacht werden.⁷

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$


Abbildung 2-2 | Definition - Produktivität

Die Definition der Produktivität (Abbildung 2-2) variiert in der Wirtschaft angefangen von volkswirtschaftlichen bis hin zu unternehmens- oder prozessbezogenen Betrachtungen. Im Rahmen der Bauwirtschaft und des Baubetriebes ist die Produktivität die Verhältniszahl zwischen Output (ausgebrachter Menge) und Input (eingesetzten Ressourcen). Die Produktivität wird dabei in die elementare Produktivität (Arbeits-, Betriebsmittel- und Stoffproduktivität) und in die dispositive Produktivität (planen, steuern usw.) unterteilt. Beide beeinflussen sich gegenseitig und sind zusammen für den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauvorhabens verantwortlich. Besonders bei der Verwendung von Betonfertigteilen kann die Produktivität durch die gemeinsame Betrachtung der Planungs- und Ausführungsprozesse deutlich gesteigert werden.⁸

⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 1 ff

⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 9

Im Zuge der Arbeitsvorbereitung werden bei der Bauablaufplanung und Logistik die Produktionsfaktoren miteinander kombiniert, um eine wirtschaftliche Lösung für die Ausführung zu finden. Abbildung 2-3 zeigt einen Überblick über die verschiedenen Faktoren, welche für die Zusammensetzung der Gesamtproduktivität verantwortlich sind. Die Basis bilden die elementaren Produktionsfaktoren Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe. Dazu kommen die dispositiven Produktionsfaktoren, welche für die Planung, Steuerung und Organisation verantwortlich sind. Beide Faktoren sind im Zusammenwirken für die optimale Umsetzung eines Bauvorhabens verantwortlich und für jedes Projekt im Zuge der Arbeitsvorbereitung, sowie während der Ausführung, individuell anzupassen.

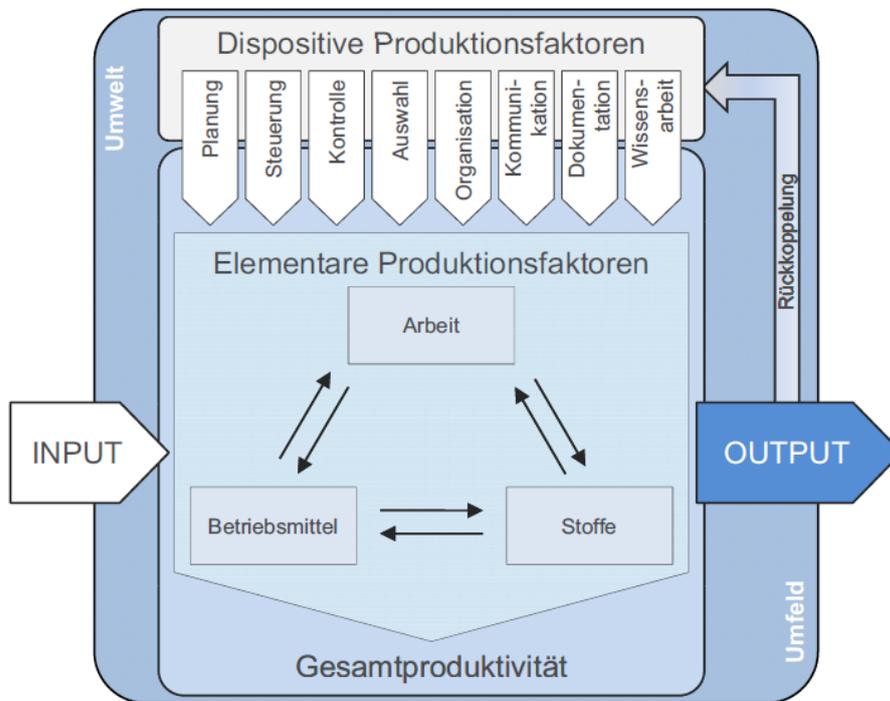


Abbildung 2-3 | Produktionsfaktoren⁹

⁹ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 15

2.3.2 Bedeutung der Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitung wird vor Beginn der Bauarbeiten durchgeführt und besteht aus folgenden Maßnahmen (Siehe Abbildung 2-4):

- Bauablaufplanung
- Baulogistik (Arbeitskräfte, Maschinen, Baustoffe)
- Verfahrensvergleich (Auswahl des wirtschaftlichsten Verfahrens)
- Baustelleneinrichtung
- Arbeitskalkulation
- Soll – Ist – Vergleich

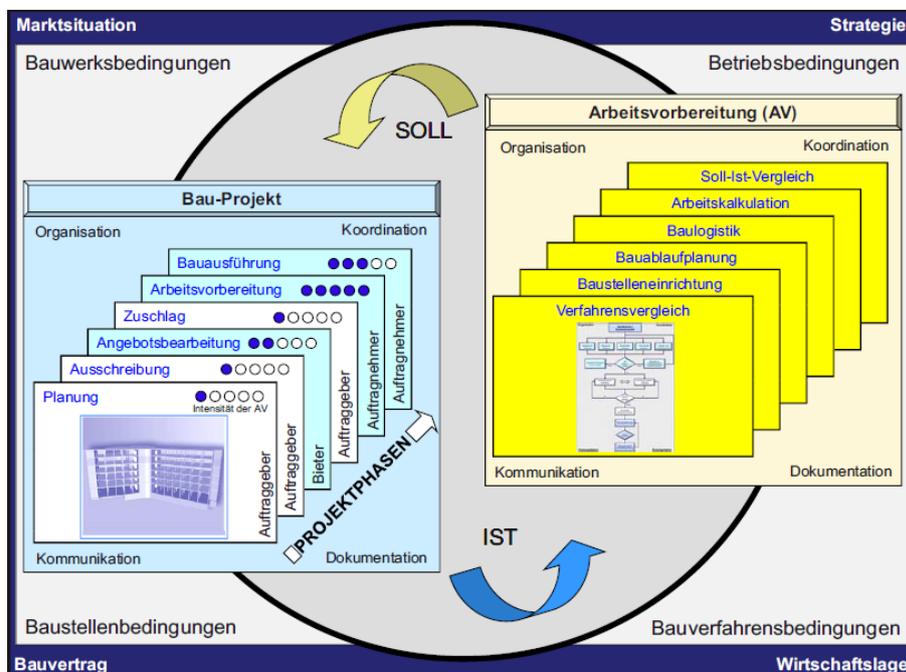


Abbildung 2-4 | Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung¹⁰

Die in Abbildung 2-4 dargestellten Maßnahmen und Überlegungen der Arbeitsvorbereitung werden in jeder Projektphase berücksichtigt. Beide Bereiche beeinflussen sich gegenseitig und somit können Überlegungen hinsichtlich der Logistik oder der Baustelleneinrichtung bereits Einfluss auf die Planung des Projektes haben. In welcher Projektphase und in welchem Umfang sich diese Bereiche gegenseitig beeinflussen, hängt zuletzt jedoch vom Bauvertrag und der Art der Ausschreibung ab.

¹⁰ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 16

2.3.3 Bauablaufplanung

Die Durchführung eines Bauvorhabens erfordert eine Vielzahl an verschiedenen, untereinander und voneinander abhängigen Arbeitsvorgängen. Die einzelnen Arbeitsvorgänge benötigen dabei die verschiedensten Kombinationen der Produktionsfaktoren Arbeit, Stoffe und Betriebsmittel. Die Bauablaufplanung als Teilaufgabe der Arbeitsvorbereitung hat somit das Ziel, die einzelnen Arbeitsvorgänge in der richtigen Reihenfolge und zeitlichen Anordnung zu setzen, um die wirtschaftlich optimale Durchführung eines Bauvorhabens zu ermöglichen. Bei der Betrachtung wird hierbei zwischen der lokalen und globalen Bauablaufplanung / Arbeitsvorbereitung unterschieden. Die globale Betrachtung zielt hierbei auf die optimale Verteilung von Arbeitskräften und Geräten innerhalb des Unternehmens, die lokale auf die einer einzelnen Baustelle ab.¹¹

Mithilfe dieser Planungsmaßnahmen und Optimierungen werden Auftragsschwankungen ausgeglichen, Kapazitäten gleichmäßig ausgenutzt, wirtschaftliche Fertigungsabschnitte und somit wirtschaftliche Bauzeiten erzielt. Abbildung 2-5 zeigt den Zusammenhang zwischen Bauzeit und Kosten. Der Abschnitt im Bereich des Kostenminimums gilt als optimale Bauzeit. Eine zu lange Bauzeit erhöht die zeitgebundenen Baustellenkosten, eine zu kurze Bauzeit vermindert die Produktivität.

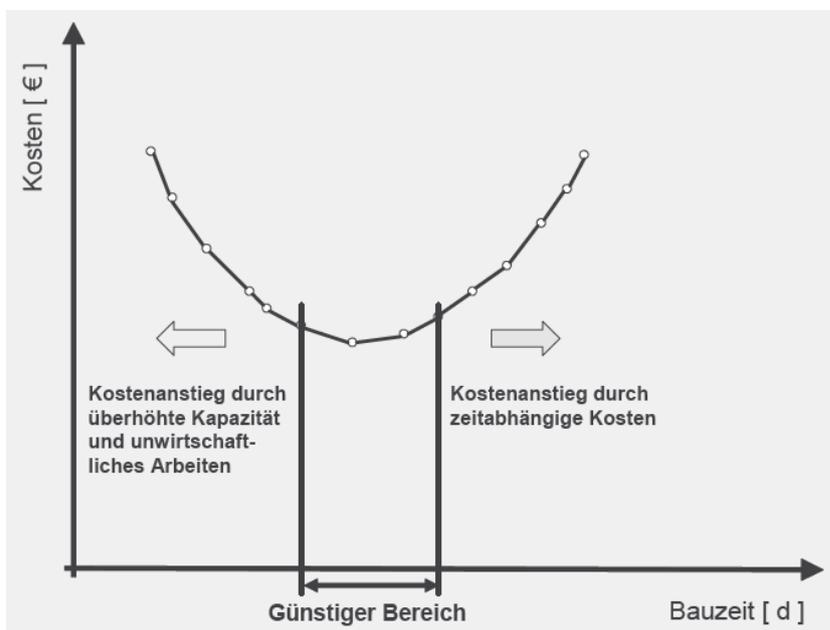


Abbildung 2-5 | Zusammenhang – Kosten und Bauzeit¹²

¹¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 33

¹² HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 35

2.3.4 Baustelleneinrichtung

Als weitere wichtige Maßnahme der Arbeitsvorbereitung hat die Baustelleneinrichtungsplanung zu erfolgen. In der Literatur werden die Begriffe „Baustelleneinrichtung“ und „Baustelleneinrichtungsplanung“ wie folgt definiert:

„Unter dem Begriff der Baustelleneinrichtung wird die Gesamtheit der im Bereich einer Baustelle erforderlichen Produktions-, Lager-, Transport- und Arbeitsstätten verstanden, die für die Errichtung, den Umbau oder die Sanierung einer baulichen Anlage erforderlich sind. Einzubeziehen sind alle dafür erforderlichen technischen Ausrüstungen.“¹³

Die Baustelleneinrichtungsplanung hat die Aufgabe der zeitlichen und räumlichen Anordnung der genannten Bestandteile, um einen störungsfreien und optimal ausgelegten Baubetrieb zu gewährleisten. Im Gegensatz zur stationären Industrie ist diese für jedes Bauvorhaben gesondert durchzuführen. Bei der Planung sind sämtliche Überlegungen der Arbeitsvorbereitung, sowie allgemeine und baustellenbezogene Einflussgrößen zu berücksichtigen.¹⁴

Abbildung 2-6 zeigt die Einflüsse auf die Baustelleneinrichtung. Bei dem Einsatz von Betonfertigteilen ist dabei auf den benötigten Platzbedarf der Hebe- und Transportfahrzeuge, sowie auf die Anforderungen an die Beschaffenheit des Bauplatzes zu achten.



Abbildung 2-6 | Einflüsse - Baustelleneinrichtung (in Anlehnung Schach R.¹⁵)

¹³ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 1

¹⁴ Vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 1 ff

¹⁵ Vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 3

3 Grundlagen der Logistik

Im folgenden Kapitel werden grundlegende Informationen über den Begriff „Logistik“, deren geschichtliche Entwicklung, Aufgaben und Ziele erläutert. Des Weiteren befasst sich dieser Abschnitt mit dem Aufbau logistischer Systeme. Auf die speziellen Anforderungen und Unterschiede zur Baulogistik wird im darauffolgenden Kapitel eingegangen.

3.1 Definition des Begriffes „Logistik“

Der Begriff „Logistik“ wird heutzutage allgegenwärtig als Überbegriff für den Transfer von Waren und Gütern in der Wirtschaft verwendet. Ursprünglich stammt der Begriff aus dem militärischen Bereich und wurde im Laufe der Zeit von der Wirtschaft übernommen, angepasst und erweitert. Somit finden sich unter dem Sammelbegriff verschiedene spezielle Definitionen, welche an die einzelnen Bereiche angepasst wurden.

3.1.1 Militärisch

Für den militärischen Bereich werden folgenden Definitionen verwendet:

Im Duden findet sich die Definition:

„Planung, Bereitstellung und Einsatz der für militärische Zwecke erforderlichen Mittel und Dienstleistungen zur Unterstützung der Streitkräfte.“¹⁶

Im Internet - Lexikon als:

„die materielle Versorgung der Truppe mit Waffen, Munition, Betriebsstoff, Fahrzeugen, Gerät, Verpflegung und Bekleidung sowie deren Pflege und Instandsetzung; außerdem das Transport- und Verkehrswesen der Streitkräfte.“¹⁷

¹⁶ <http://www.duden.de/rechtschreibung/Logistik>. Datum des Zugriffs: 11.08.2014

¹⁷ <http://www.wissen.de/lexikon/logistik-militaer>. Datum des Zugriffs: 11.08.2014

In der englischen Enzyklopädie Britannica:

„logistics, in military science, all the activities of armed-force units in roles supporting combat units, including transport, supply, signal communication, medical aid, and the like.“¹⁸

3.1.2 Wirtschaftlich

Für den wirtschaftlichen Bereich gibt es ebenfalls verschiedene Definitionen. Aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Definitionen und Bereichseingrenzungen ist es in der Logistik von besonderer Bedeutung, jeweils zu definieren, welche Bezeichnungen und Themeneingrenzungen verwendet werden. Angefangen von allgemeinen, bis hin zu detaillierten Begriffsbestimmungen finden sich folgende Bedeutungen:

Ten Hompel definiert in seinem Werk „Taschenlexikon Logistik“ die Logistik als:

„Die wissenschaftliche Lehre von Planung, Steuerung und Optimierung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen, Netzen und Prozessen. [...]“¹⁹

Im Duden wird die Logistik als:

„Gesamtheit aller Aktivitäten eines Unternehmens, die die Beschaffung, die Lagerung und den Transport von Materialien und Zwischenprodukten, die Auslieferung von Fertigprodukten, also den gesamten Fluss von Material, Energie und Produkt betreffen“²⁰

Im Internet findet sich unter anderem:

„Bezeichnung für Material- und Informationsprozesse, die der Optimierung der Raumüberwindung und Zeitüberbrückung sowie der Minimierung der Lagerhaltung dienen. Logistikcenter verknüpfen die Produktionsstätten mit den Verbrauchsorten eines Wirtschaftssystems und sollen einen besseren Informations- und Materialfluss gewährleisten.“²¹

¹⁸ <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/346423/logistics>. Datum des Zugriffs: 11.08.2014

¹⁹ HOMPEL, M.; HEIDENBLUT, V.: Taschenlexikon Logistik. S. 185

²⁰ <http://www.duden.de/rechtschreibung/Logistik>. Datum des Zugriffs: 11.08.2014

²¹ <http://www.wissen.de/lexikon/logistik-wirtschaft>. Datum des Zugriffs: 11.08.2014

3.2 Die historische Entwicklung der Logistik

Unabhängig vom Begriff „Logistik“ wurde diese im Sinne von den Bereichen Transport, Verkehr, Umschlag und Lagerung schon seit frühester Zeit durchgeführt. Unter Bezeichnungen wie Handel, Schifffahrt und Eisenbahn wurden logistische Dienstleistungen durchgeführt. Postgesellschaften, Fuhrgesellschaften und Kaufleute waren die Logistikkdienstleister der Vergangenheit und beförderten Waren um die ganze Welt.²²

Abbildung 3-1 zeigt die historische Entwicklung der Logistik von der Frühzeit bis zum Ende des 20. Jahrhunderts.

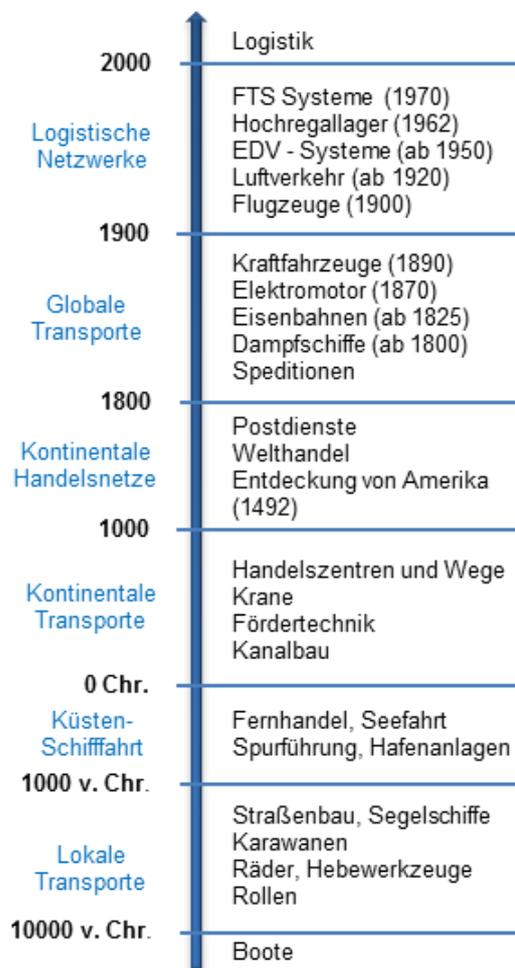


Abbildung 3-1 | Historische Entwicklung der Logistik (in Anlehnung an Gudehus T.²³)

²² Vgl. GUDEHUS, T.: Logistik. S. 1

²³ GUDEHUS, T.: Logistik. S. 1

Mit der Industrialisierung im 18. Jahrhundert erlangte die Logistik eine neue, wesentlich größere Bedeutung. Mit der Einführung von neuen Fabrikssystemen und Maschinen konnten große Kapazitäten hergestellt werden und somit wurden eine Weiterentwicklung und der Ausbau von Transportsystemen für die Ver- und Entsorgung der Industrien notwendig.²⁴

Im 19. Jahrhundert (Abbildung 3-1) erfolgte durch den Ausbau von Verkehrswegen und der Einführung von modernen Verkehrsmitteln die globale Vernetzung der einzelnen Wirtschaftszentren. Neben dem Bau des Suez - Kanals (1869) und des Panama - Kanals (1914) wurden europaweit Wasserstraßen und Eisenbahntrassen errichtet. Die dadurch gegebenen Möglichkeiten für den Transport von Gütern und Personen brachte die Zeit als bedeutenden Faktor in die Wirtschaft.²⁵

Die Anfänge des Begriffs „Logistik“ finden sich, wie bei vielen wirtschaftlichen und technologischen Gebieten, im militärischen Bereich. Im 19. Jahrhundert findet der Begriff „Logistik“ im Militärwesen für die Planung der Bewegung der Truppen, sowie für die Versorgung dieser Anwendung. Für die Herkunft des Wortes „Logistik“ gibt es verschiedene Ansätze und Theorien. Im militärischen Bereich wird der Ursprung auf das französische Wort „Logis“, für die Truppenunterkunft zurückgeführt. Der Begriff „Logistik“ wird in der Wirtschaft erst seit etwa 1950 in den USA und seit den 70er Jahren in Deutschland verwendet. Obwohl der Begriff noch relativ jung ist, hat dieser in der Wirtschaft in den letzten Jahrzehnten sehr an Bedeutung gewonnen. Es gibt kaum Unternehmen ohne Logistikabteilungen und die Anzahl an Logistikdienstleistern wächst. Aufgrund dieser großen Bedeutung wird außerdem Forschung und Lehre an Universitäten betrieben.²⁶

Die Logistik von heute ist mit den Anfängen von damals keineswegs mehr vergleichbar. Durch die zunehmende Vernetzung und die vielen verschiedenen technischen Möglichkeiten können wesentlich höhere Geschwindigkeiten und Kapazitäten erzielt werden. Neben Steuerungstechnik, Telematik und Informatik bilden die einzelnen Lager- und Umschlagplätze ein Logistiknetzwerk.²⁷

²⁴ Vgl. SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. S. 2

²⁵ Vgl. HEISERICH, O.-E.; HELBIG, K.; ULLMANN, W.: Logistik. S. 4

²⁶ Vgl. ARNOLD, D.: Handbuch Logistik. S. 3

²⁷ Vgl. GUDEHUS, T.: Logistik. S. 1

3.3 Einordnung der Logistik

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten auf den Begriff „Logistik“ und auf die historische Entwicklung eingegangen wurde, widmet sich dieser Abschnitt der Bedeutung und der Einordnung der Logistik in der Wissenschaft.

Aufgrund der bereits genannten Aufgabengebiete der Logistik wie der Transport, Umschlag und die Lagerung von Waren und Gütern, beschäftigen sich sowohl die Wirtschaftswissenschaften, sowie die Ingenieurwissenschaften mit diesem komplexen Fachgebiet. In Abbildung 3-2 ist der Zusammenhang und Aufbau der einzelnen Wissenschaftsgebiete grafisch dargestellt.

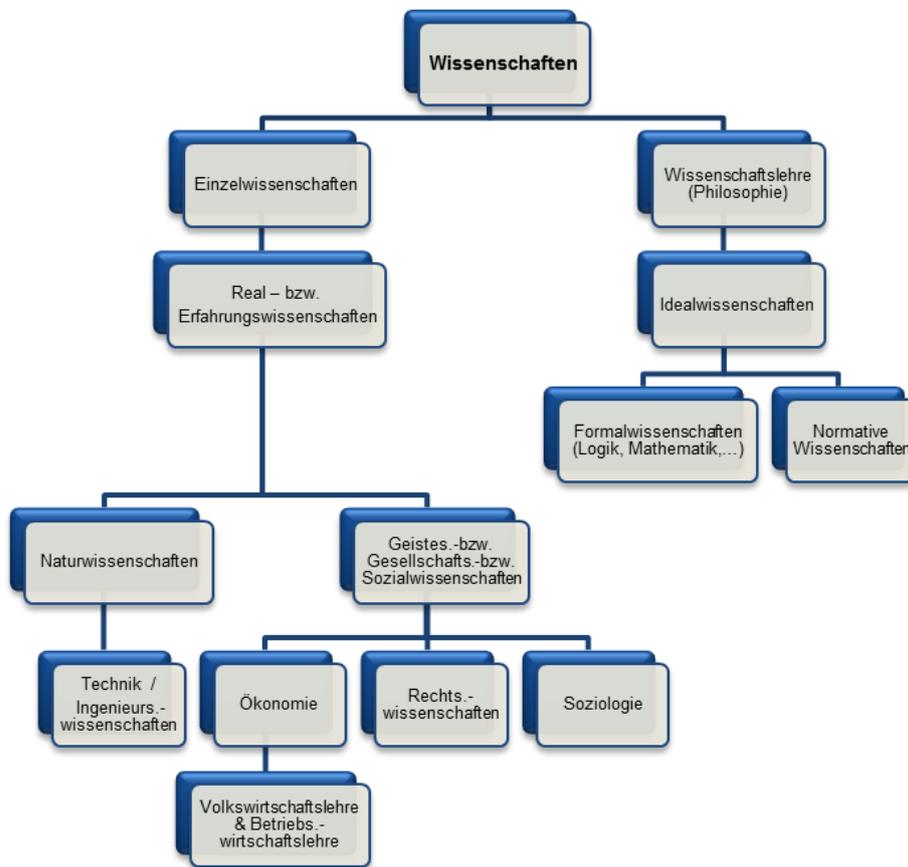


Abbildung 3-2 | Einordnung der Logistik (in Anlehnung an Bauer U.²⁸)

²⁸ Vgl. BAUER, U.: Betriebswirtschaftslehre Bau - Lehrveranstaltungsskriptum. S. 1-6

Wie in der vorrangegangenen Grafik (Abbildung 3-2) ersichtlich, können die Wissenschaften in Real- und Erfahrungswissenschaften, sowie in Idealwissenschaften eingeteilt werden. Eine weitere Unterteilung findet in Naturwissenschaften und Geistes-, Gesellschafts- und Sozialwissenschaften statt. Unter dem Punkt Naturwissenschaften werden mit den technischen Bereichen die Ingenieurwissenschaften eingegliedert. Die Wirtschaftswissenschaften werden mit dem Punkt Ökonomie, in Volks- und Betriebswirtschaftslehre unterteilt.

Die Wirtschaftswissenschaften beschäftigen sich im Bereich der Logistik mit den wirtschaftlichen Aspekten, Zusammenhängen und Kosten - Nutzen - Betrachtungen. Diese können bei der Logistik innerhalb eines Betriebes beginnen und bei der globalen Vernetzung von verschiedensten Unternehmen enden.

Die Ingenieurwissenschaften beschäftigen sich wiederum mit den technischen Aspekten, Aufgabenstellungen und der Umsetzung dieser in ein ausführbares Konzept. Angefangen von der Fördertechnik, dem Umschlag und der Lagerung von Waren und Gütern stehen die verschiedensten Transport- und Lagermöglichkeiten zur Verfügung.

Um ein geeignetes Logistiksystem entwickeln zu können, ist eine enge Zusammenarbeit dieser beiden Wissenschaftsbereiche notwendig. Des Weiteren nehmen bei globalen Systemen die Rechtswissenschaften, mit den jeweils geltenden gesetzlichen Bestimmungen, ebenfalls Einfluss auf die Logistik.

3.4 Aufgaben und Ziele

Mithilfe der bereits erfolgten Definitionen des Begriffs „Logistik“, sowie der historischen Entwicklung und der Bedeutung innerhalb der Wissenschaften, können nun die Aufgaben und Ziele der Logistik erläutert werden.

Die in der Wirtschaft benötigten Waren und Güter werden in der Regel nicht an ein und demselben Ort erzeugt. Die einzelnen Bestandteile werden an unterschiedlichen Orten produziert, wiederum an anderen Orten zu einem größeren Spezialteil zusammen gebaut und an einem dritten Ort zu einem komplexen Bauteil vereinigt. Zu diesen komplexen Abläufen kommt hinzu, dass sich der Markt und damit die Nachfrage ständig verändern. Dadurch sind die produzierten Mengen und die benötigten Mengen oft nicht ident.²⁹

Die Logistik hat deshalb folgende Kernaufgabe:

„Allgemein formuliert hat die Logistik die Aufgabe, dass die richtigen Produkte in der richtigen Menge und richtigen Qualität zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu den richtigen Kosten bereitgestellt werden.“³⁰

Um diese Aufgabe erfüllen zu können bedarf es einer Reihe von verschiedenen Teilprozessen. Angefangen vom Transport über den Umschlag bis hin zur Lagerung durchlaufen die Waren und Güter die Logistikkette. Bei den Transportprozessen unterscheidet man zwischen den innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Transporten. Während sich die außerbetriebliche Logistik mit der Beschaffung und der Distribution beschäftigt, fallen unter innerbetriebliche Logistik sämtliche Transporte des Produktionsprozesses. Unter Umschlag werden jene Vorgänge bezeichnet, bei denen entweder das Transportmittel gewechselt wird oder der Übergang von inner- und außerbetrieblicher Logistik erfolgt. Die Lagerung dient als Überbrückung von zeitlichen Differenzen im Produktions- bzw. Materialfluss. Durch die Lagerhaltungen werden vom Markt oder der Produktion ausgelöste Bedarfsschwankungen ausgeglichen und eine durchgehende Versorgung mit Betriebsstoffen, Materialien und Waren sichergestellt.³¹

²⁹ Vgl. GUDEHUS, T.: Logistik. S. 7

³⁰ SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. S. 8

³¹ Vgl. SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. S. 9ff

Das Logistikmanagement hat die Aufgabe, die Unternehmensziele umzusetzen, den Überblick über die gesamten ablaufenden Teilprozesse zu behalten und steuernd einzugreifen, um ein effizientes und wettbewerbsfähiges Logistiksystem betreiben zu können. Angefangen von der Auftragserteilung bis zur Auslieferung gestaltet und koordiniert das Logistikmanagement sämtliche Prozesse und somit den Güterfluss von Herkunft bis Zielort. Die Gesamtheit aller Aufgaben kann bei näherer Betrachtungsweise dabei in einen operativen und einen strategischen Bereich eingeteilt werden. Die operativen Aufgaben beinhalten dabei die zielgerichtete Lenkung von Informations- und Warenflüssen, während sich der strategische Bereich mit dem übergeordneten Gesamtsystem, dem Aufbau von Wertschöpfungssystemen und der Umsetzung der Unternehmensziele beschäftigt.³²

Das Logistikmanagement beschäftigt sich somit mit vielen verschiedenen Teilbereichen, welche jeweils unterschiedliche Aufgaben mit sich bringen. Abbildung 3-3 zeigt die einzelnen Teilbereiche, angefangen von der Beschaffungs- bis hin zur Distributionslogistik, sowie den Zusammenhang der einzelnen Disziplinen.

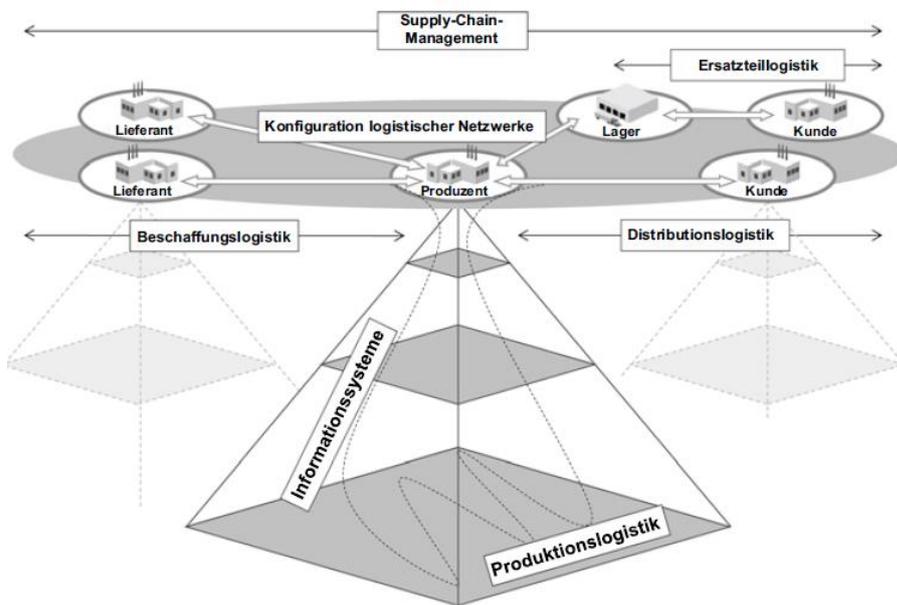


Abbildung 3-3 | Betrachtungsbereich des Logistikmanagements³³

³² Vgl. SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. S. 11

³³ SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. S. 12

Die Logistik hat durch ihren Einfluss auf die Bereiche Qualität, Kosten, Lieferung und Flexibilität eine große Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens. Deshalb werden je nach Ausrichtung und Spezialisierung eines Unternehmens verschiedene Einzelziele (siehe Abbildung 3-4) bestimmt und unterschiedlich gewichtet.³⁴

Abbildung 3-4 zeigt zusammenfassend die Aufgaben und Ziele der Logistik, welche im Rahmen dieses Abschnittes erläutert wurden.

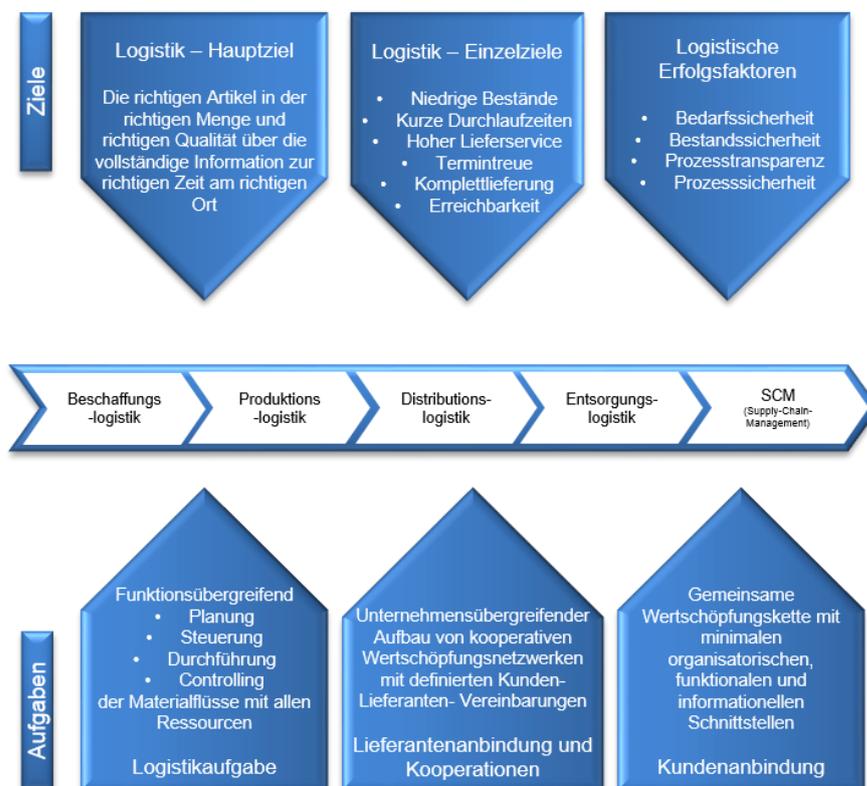


Abbildung 3-4 | Ziele der Logistik (in Anlehnung an Schuh G.; Stich V.³⁵)

Neben den direkten Logistikzielen stellt Abbildung 3-4 weitere Erfolgsfaktoren, wie Bedarfssicherheit und Bestandssicherheit, dar. Um heutzutage langfristig bestehen zu können, sind Kundenbindung und langfristige Partnerschaften und Kooperationen von großer Bedeutung.

³⁴ Vgl. SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. S. 16ff

³⁵ Vgl. SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. S. 21

3.5 Logistische Systeme

Bevor im folgenden Abschnitt auf die verschiedenen Arten von logistischen Systemen eingegangen werden kann, werden zuerst logistische Prozesse, Objekte und Systeme erläutert.

Alle Transport- und Lagerungsvorgänge, sowie der zugehörige Umschlag werden als logistische Prozesse bezeichnet. Als logistische Objekte werden Sachgüter, Materialien, Personen und Informationen bezeichnet. Ein logistisches System vereint sämtliche Prozesse und hat eine Netzwerkstruktur, bestehend aus Knoten (Lager) und Verbindungslinien (Transportwege). Die Größe und Abgrenzung dieser Systeme variieren stark, da jedes System in Verbindung mit einem anderen steht und kein System unabhängig ist. Für die genauere Betrachtung werden in Abbildung 3-5 die einzelnen Systeme in makrologistische und mikrologistische Systeme unterteilt. Während sich die Makrologistik mit gesamtwirtschaftlichen Themen beschäftigt, wird in der Mikrologistik die einzelwirtschaftliche Sicht betrachtet.³⁶

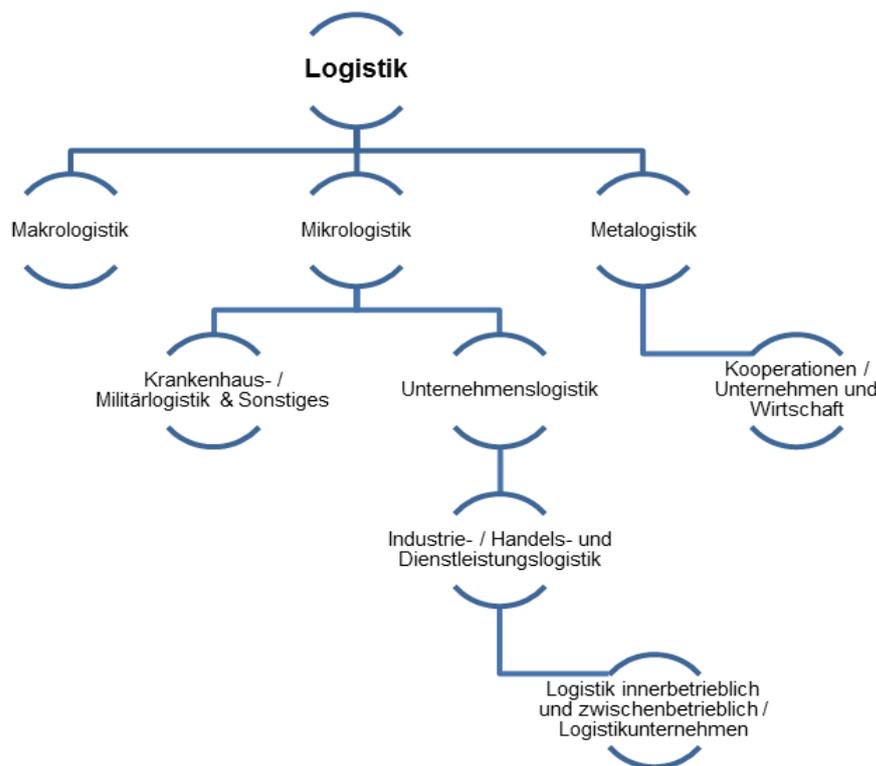


Abbildung 3-5 | Logistiksysteme (in Anlehnung an Pfohl H.³⁷)

³⁶ Vgl. ARNOLD, D.: Handbuch Logistik. S. 3ff

³⁷ Vgl. PFOHL, H.-C.: Logistiksysteme. S. 15

3.5.1 Makrologistik

Die Makrologistik beschäftigt sich wie bereits erläutert mit den gesamtwirtschaftlichen Zusammenhängen. Dabei fällt die Betrachtung einerseits auf die vorhandene Infrastruktur einer Region, eines Landes oder der Weltwirtschaft, andererseits auf die logistischen Zusammenhänge um eine effiziente Güterversorgung sicherzustellen. Für die optimale Entwicklung der Wirtschaft spielen der Aufbau einer leistungsfähigen Infrastruktur sowie die Entstehung von geeigneten Logistikzentren und Institutionen eine tragende Rolle.³⁸

3.5.2 Mikrologistik

Die Mikrologistik betrachtet die Versorgung von Unternehmen und Verbrauchern mit den benötigten Waren und Gütern. Durch Vereinbarungen und Verträge werden die Logistikleistungen langfristig gebunden, Versorgungsnetze aufgebaut und somit eine wirtschaftliche Beförderungskette gebildet.³⁹

3.5.3 Unternehmenslogistik

Die Unternehmenslogistik stellt den kleinsten Betrachtungsbereich dar. Dieser umfasst sämtliche Logistikvorgänge der Versorgung, Entsorgung und der Produktion.

Eine weitere Unterteilung erfolgt dabei in:⁴⁰

- Innerbetriebliche Logistik

Diese wird auch Werks- oder Betriebslogistik genannt und verbindet sämtliche Logistikmaßnahmen angefangen vom Wareneingang über die Produktion bis zum Warenausgang an einem Standort.

- Außerbetriebliche Logistik

Diese bezeichnet sämtliche Vorgänge zwischen Warenausgang und Wareneingang zwischen den verschiedenen Standorten. Je nach Verwendungsart und Ziel wird zwischen Beschaffungslogistik, Distributionslogistik und Entsorgungslogistik unterschieden.

³⁸ Vgl. GUDEHUS, T.: Logistik. S. 11

³⁹ Vgl. GUDEHUS, T.: Logistik. S. 11

⁴⁰ Vgl. GUDEHUS, T.: Logistik. S. 11

3.6 Unterteilung der Unternehmenslogistik

Nachdem die verschiedenen Betrachtungsstufen der Logistik in Makro-, Mikro- und Unternehmenslogistik eingeteilt wurden, wird in diesem Abschnitt auf die Unternehmenslogistik und deren Bereiche der innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Logistik eingegangen.

Abbildung 3-6 zeigt die Unterteilung der Unternehmenslogistik in die Bereiche Beschaffung, Produktion und Distribution sowie die bereichsübergreifende Entsorgungslogistik.

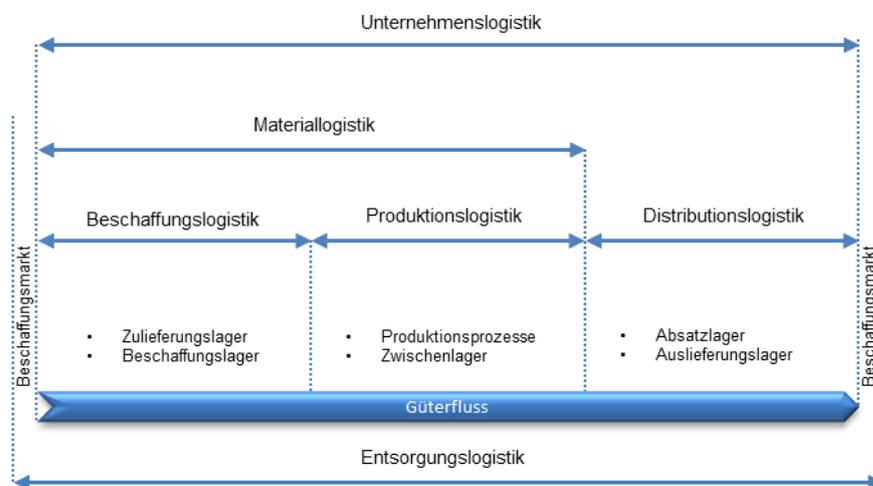


Abbildung 3-6 | Übersicht - Unternehmenslogistik (in Anlehnung Pfohl H.⁴¹)

Die Aufgabe der Beschaffungslogistik ist die Versorgung des Industrieunternehmens mit den für die Produktion benötigten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen. Um diese gewährleisten zu können, sind Strukturen und Netzwerke notwendig, welche die mengen-, termin- und qualitätsgerechte Versorgung durch den Lieferanten sicherstellen. Die Produktionslogistik befasst sich mit den einzelnen Vorbereitungs- und Durchführungsschritten der Produktion. Um eine optimale Versorgung der Produktion gewährleisten zu können ist die Steuerung und Kontrolle des Materialflusses erforderlich. Die Distributionslogistik hat die Aufgabe, die Verteilung der hergestellten Waren zu deren Endabnehmern zu steuern und zu kontrollieren. Die hierfür erforderlichen Netze von Transportwegen, Lager- und Umschlagpunkten werden häufig durch Logistikdienstleister geschaffen. Die Entsorgungslogistik hat die Aufgabe, sämtliche während der Prozesskette anfallenden Reststoffe zu sammeln, vorschriftsgemäß zu entsorgen und recyceln.⁴²

⁴¹ Vgl. PFOHL, H.-C.: Logistiksysteme. S. 19

⁴² Vgl. PFOHL, H.-C.: Logistiksysteme. S. 11ff

4 Grundlagen der Baulogistik

In den bisherigen Kapiteln wurden neben den baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Grundlagen die Zusammenhänge und Bedeutung der Logistik für die Maßnahmen der Kalkulation und der Arbeitsvorbereitung erläutert. Des Weiteren wurden der Aufbau und die einzelnen Teilbereiche sowie Ziele der Logistik allgemein beschrieben. Aufbauend auf diese Grundlagen widmet sich das folgende Kapitel den Besonderheiten und somit den Unterschieden der Baulogistik im Vergleich zur Logistik.

4.1 Bedeutung der Baulogistik

Die Forschung und Weiterentwicklung logistischer Maßnahmen findet besonders stark im industriellen Bereich statt. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu halten und die wirtschaftlichen Ziele erreichen zu können, werden die einzelnen Versorgungs- und Entsorgungs-, sowie Produktionsprozesse laufend optimiert. In der Bauindustrie wurde der Bereich der Logistik über die Jahrzehnte nur unzureichend betrachtet. Durch die wirtschaftliche Entwicklung und die Vielzahl an Mitbewerbern findet ein starker Preiskampf am Markt statt. Deshalb sind die Unternehmen gefordert, die vorhandenen Strukturen, Arbeitsweisen und Bauabläufe zu optimieren. Die Baulogistik bietet hierfür ein großes Optimierungspotenzial in den Fragen der Ver- und Entsorgung der Baustellen sowie der Baustellenlogistik selbst.

4.1.1 Definition der Baulogistik

Die Definition der Baulogistik leitet sich von der allgemeinen Logistik ab und hat wie die stationäre Industrie oder im militärischen Bereich das Ziel, die ausführende Stelle mit den benötigten Gegenständen zu versorgen. Die Baulogistik hat die Aufgabe der Ver- und Entsorgung der Baustelle mit Material, Geräten und Informationen. Für die Umsetzung der Baustellenlogistik ist es von Bedeutung, dass Material, Geräte und Informationen im richtigen Zustand, in der richtigen Menge, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und den richtigen Kosten zur Verfügung stehen.⁴³

⁴³ Vgl. LESSMANN, H.; RIESER, A.; GEHRI, M.: Logistik in der Bauwirtschaft. In: Bauingenieur, 69/1994. S. 166

Die Baulogistik plant und steuert einen Transformationsprozess (Abbildung 4-1) der Materialien, Geräte, Energie und Informationen von einem Zustand X (Zustand bei der Beschaffung), über die Produktionslogistik (Baustellenlogistik), in einen Endzustand Y (Bauwerk). Durch diese Prozesse kommt es zu räumlichen, zeitlichen, mengenveränderten und besitzveränderten Transfers.⁴⁴

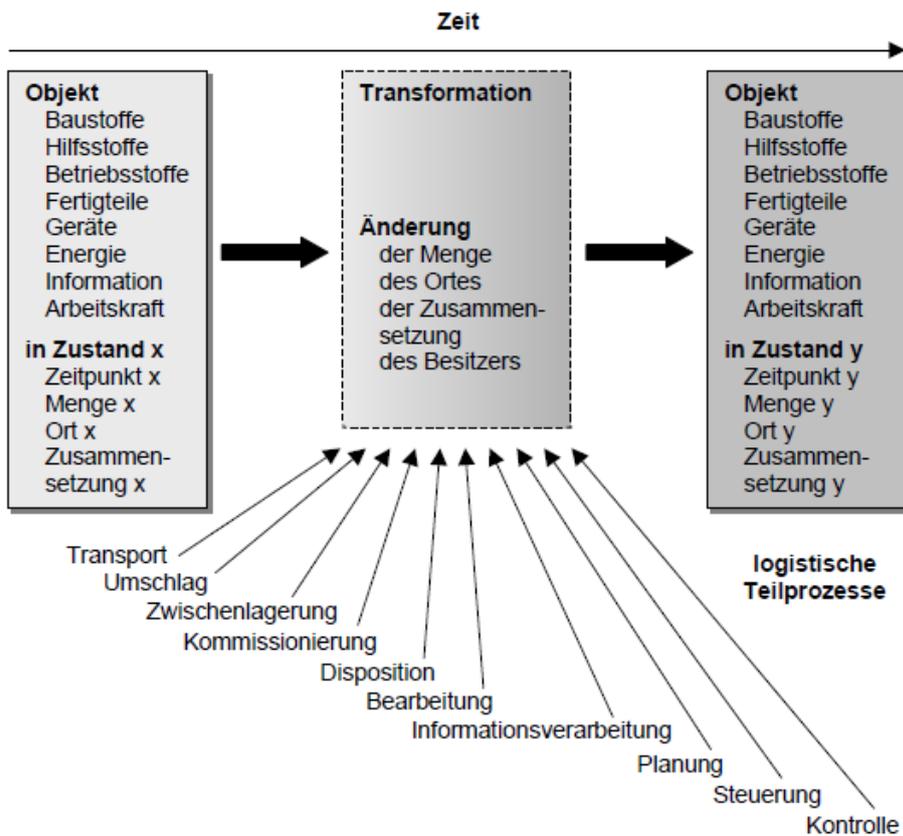


Abbildung 4-1 | Der Transformationsprozess der Baulogistik⁴⁵

⁴⁴ Vgl. : Definition der Baulogistik. http://www.bauingenieur24.de/sharedpics/pdf_diploma/1028_1.pdf. Datum des Zugriffs: 30.09.2014

⁴⁵ : Definition der Baulogistik. http://www.bauingenieur24.de/sharedpics/pdf_diploma/1028_1.pdf. Datum des Zugriffs: 30.09.2014

4.1.2 Besonderheiten der Baulogistik

Die logistischen Ansätze und Strukturen der Industrie sind nicht direkt auf die Bauwirtschaft zu übertragen. Diese unterliegen aufgrund der vorhandenen Strukturen und Bauabläufen verschiedenen Randbedingungen.

Folgend werden einige dieser Aspekte aufgelistet:⁴⁶

- Im Vergleich zur stationären Massenfertigung ist jedes Bauprojekt ein Unikat (bis auf einige Ausnahmen). Die gesamte Planung sowie Kalkulation und Arbeitsvorbereitung muss jeweils neu durchgeführt bzw. angepasst werden. Die Ver- und Entsorgung der Baustelle erfolgt aufgrund des Ortswechsels über verschiedene Versorgungsnetze und Zulieferer.
- Der Bauablauf kann zeitlich durch Vorfertigung und den Einsatz von Fertigteilen nur begrenzt und in Abhängigkeit des Bauverfahrens von der Baustelle entkoppelt werden. Die einzelnen Gewerke sind somit an die Baustelle und an Vorleistungen anderer gebunden. Aufgrund von baustofftechnologischen Bedingungen sind Wartezeiten infolge von Aushärten oder Trocknung nur bedingt zu vermeiden.
- Aufgrund des relativ geringen Platzangebotes zur Lagerung und Einrichtung der Baustelle, im Vergleich zum Bauvolumen, ist der Einsatz von Geräten und Materialien genau zu planen. Größere Mengen können somit nur bedingt auf der Baustelle vorgehalten werden. Besonders im innerstädtischen Bereich stehen oft nur Aufstellflächen für Krane und Ladeflächen zur Verfügung. Die Anlieferung von Materialien hat daher „Just in Time“ zu erfolgen.
- Der Transport der verschiedenen Güter bringt unterschiedliche Anforderungen mit sich und benötigt verschiedene Transportmittel. Angefangen von Beton, Asphalt, Ziegel, Holz und Silomaterialien bis hin zu den Schüttgütern ist der Großteil der Materialien getrennt zu transportieren. Die Transportplanung hat deshalb die Aufgabe, Transporte zu kombinieren und Leerfahrten zu vermeiden.
- Bauvorhaben sind vom Wetter und der Jahreszeit abhängig. Neben dem Bauablauf und der Bauweise unterliegt die Baulogistik somit auch den saisonalen Bedarfsschwankungen aufgrund von Auftragsrückgängen im Winter und hohen erforderlichen Kapazitäten im Sommer.

⁴⁶Vgl. GÜNTNER, W.; KESSLER, S.; SANLADERER, S.: Transportlogistik am Bau. Forschungsbericht. S. 25ff

- Bei Bauprojekten gibt es je nach Größe und Art viele verschiedene Beteiligte. Angefangen bei Großprojekten mit Arbeitsgemeinschaften über Generalunternehmer mit Subunternehmer bis hin zur Einzelvergabe und Einzelunternehmer. Durch diese Vielzahl an verschiedenen Konstrukten ist es derzeit noch nicht möglich ein durchgehendes Logistikkonzept für eine Baustelle zu entwickeln. Die verschiedenen Gewerke, von Rohbau bis Ausbau, betreiben für ihren Teilbereich jeweils eine eigene Ver- und Entsorgungslogistik. Aufgrund der dadurch entstehenden Abstimmungsschwierigkeiten kollidieren die einzelnen Logistikleistungen der Firmen oft untereinander. Dies kann zu Bauablaufstörungen, Produktivitätsverlusten und somit zu wirtschaftlichen Nachteilen führen.

All diese verschiedenen Aspekte sind mitunter ein Grund dafür, dass sich im Baugewerbe die logistische Entwicklung verzögert hat und die Forschung erst seit einigen Jahren vorangetrieben wird. Dabei beschränkt sich die Betrachtung bei Großbaustellen oftmals nur auf die Optimierung des baustelleninternen Materialflusses. Die baustellenübergreifende Planung der Ver- und Entsorgung, somit der vielen verschiedenen Lieferketten (siehe Abbildung 4-2) von Bauindustrie bis zur Baustelle, wird dabei aufgrund von wirtschaftlichen Kostengründen vernachlässigt. Der erhöhte Planungsaufwand wird oftmals nur bei besonders kritischen Zeit- und Kostenzielen in Kauf genommen.⁴⁷

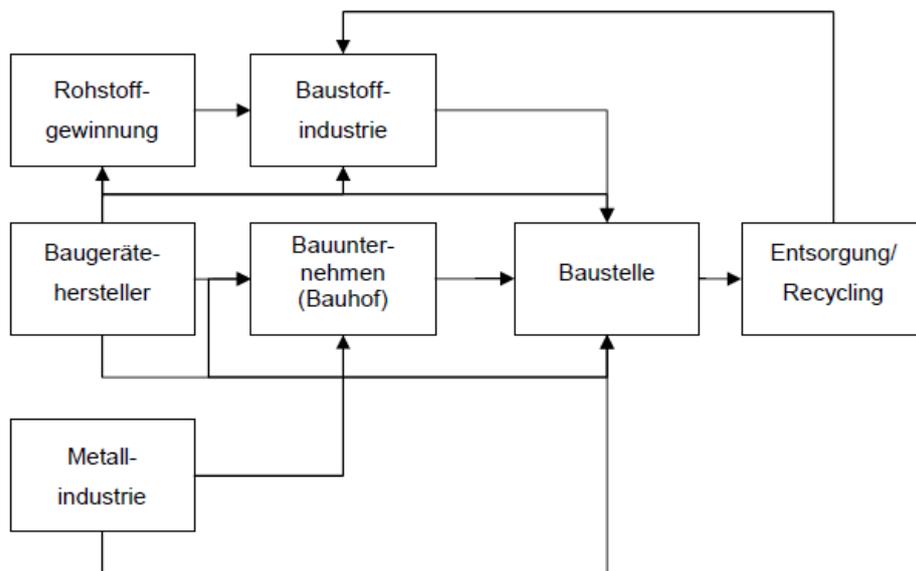


Abbildung 4-2 | Lieferketten der Bauindustrie⁴⁸

⁴⁷ Vgl. GÜNTNER, W.; KESSLER, S.; SANLADERER, S.: Transportlogistik am Bau. Forschungsbericht. S. 23

⁴⁸ GÜNTNER, W.; KESSLER, S.; SANLADERER, S.: Transportlogistik am Bau. Forschungsbericht. S. 24

4.2 Bereiche der Baulogistik

In den vorherigen Abschnitten wurden bereits die Besonderheiten der Baulogistik im Vergleich zur Logistik allgemein aufgezeigt. Diese Unterschiede sind dadurch auch in der Unterteilung der Baulogistik zu sehen. Die Logistik der stationären Industrie (Abbildung 3-6) wird in die Bereiche Beschaffung, Produktion, Distribution und Entsorgung unterteilt. Die Entsorgungslogistik wirkt dabei über alle Bereiche übergreifend, die Distribution als klassisches Merkmal der Industrie ist für die Verteilung der produzierten Güter zuständig.

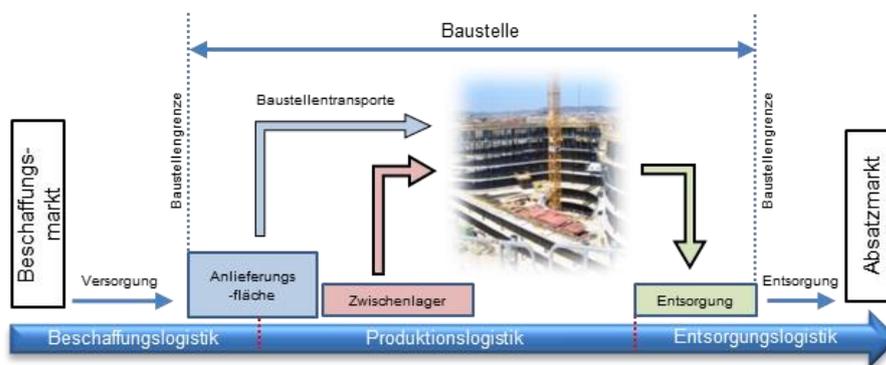


Abbildung 4-3 | Bereiche der Baulogistik (in Anlehnung an Boenert L.⁴⁹)

Die Baulogistik wird aufgrund ihrer speziellen Anforderungen in die Bereiche der Beschaffungslogistik, der Produktionslogistik und in die Entsorgungslogistik eingeteilt. Abbildung 4-3 zeigt die Anordnung und Zusammenhänge der einzelnen Teilbereiche. Die Beschaffungslogistik hat die Aufgabe, die benötigten Güter und Informationen auf dem Beschaffungsmarkt zu besorgen und den Transport auf die Baustelle zu organisieren. Mithilfe von Anlieferungsflächen auf der Baustelle können der Umschlag, die Übergabe und der Übergang von der Beschaffungs-, hin zur Produktionslogistik erfolgen. Die Produktions- bzw. Baustellenlogistik sorgt für den planungsgemäßen Ablauf des Bauvorhabens. Die während der Baumaßnahmen anfallenden Reststoffe werden in geeigneten Containern und Sammelbehältern sortiert. Hier beginnt die Entsorgungslogistik mit der fachgerechten Entsorgung und dem Recycling von Reststoffen. In der Regel (außer bei Fertigteilen) werden die Bauteile an Ort und Stelle des Bedarfes produziert, eine Distributionslogistik gibt es somit nicht.

⁴⁹ Vgl. BOENERT, L.: Wege für den besten Weg. In: Deutsches Ingenieurblatt, Okt./2012. S. 30

4.2.1 Beschaffungslogistik

Die Beschaffungslogistik ist für die Versorgung der Baustelle verantwortlich und verbindet die Baustoffindustrie bzw. den Baustoffhersteller und die Bauhöfe der Bauunternehmen mit der Baustelle. Je nach Bedarf werden die benötigte Baustoffe und Baugeräte auf die Baustelle gebracht. Abhängig von der Größe und der Struktur der Unternehmen, sowie des Versorgungsnetzes und der Transportmöglichkeiten, werden diese Maßnahmen selbst oder durch Logistikdienstleister durchgeführt.

Die Hauptaufgaben in der Vorbereitung der Beschaffungslogistik sind:⁵⁰

- Die Ermittlung des Baustoffbedarfs und der Baugeräte
- Ermittlung der Gesamtanzahl der erforderlichen Transporte
- Zeitliche und terminliche Steuerung der Transporte
- Das Aufzeigen und Entflechten von Transportspitzen
- Sondierung möglicher Bezugsquellen
- Zeitliche und räumliche Koordination des Materialflusses

Die Anforderungen an die Beschaffungslogistik unterscheiden sich neben dem gewählten Bauverfahren und den eingesetzten Materialien auch hinsichtlich des Baufortschrittes. Während in der Rohbauphase oft nur wenige Baustoffe in großen Mengen benötigt werden, steigt mit der Ausbauphase neben der Anzahl von verschiedenen Gewerken, auch der Bedarf an unterschiedlichste Materialien und Geräten. Die Anordnung von Anlieferungsflächen ist abhängig von dem vorhandenen Bauplatz und der Gestaltung des Bauwerks. Jedoch sollte bei der Planung der Baustelleneinrichtung berücksichtigt werden, dass Anlieferungsflächen gut erreichbar sind, die vorhandenen Transportmittel zu den Geräten und Hebewerkzeugen auf der Baustelle passen und dass der Bauablauf durch die Lieferungen nicht gestört wird.⁵¹

Diese genannten Aspekte zeigen die Bedeutung der Beschaffungslogistik und die damit verbundenen Aufwände für die Koordinierung dieser. Eine effiziente Versorgung der Baustelle unterliegt somit verschiedenen Kriterien, angefangen von der geografischen Lage der Bezugsquellen und der vorhandenen Infrastruktur, sind die örtlichen Rahmenbedingungen auf der Baustelle, sowie die Art, Größe und Umfang der zu transportierenden Güter entscheidend.⁵²

⁵⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 42

⁵¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 43 ff

⁵² Vgl. BOENERT, L.; BLÖMEKE, M.: Logistikkonzepte im Schlüsselfertigbau zur Erhöhung der Kostenführerschaft. In: Bauingenieur, Band 78/2003. S. 278

4.2.2 Produktionslogistik (Baustellenlogistik)

Die Baustellenlogistik hat die Aufgabe, den Transport auf der Baustelle zu planen und zu überwachen. Die Schnittstellen hierbei bilden die Anlieferungsflächen, welche den Übergang der Beschaffungslogistik zur Baustellenlogistik darstellen. Der Transport auf der Baustelle erfolgt zwischen den Lagerflächen und dem Bauwerk oder kann auch direkt von der Anlieferungsstelle auf das Bauwerk erfolgen. Die Lagerflächen haben dabei die Aufgabe, neben den benötigten Geräten, Baustoffe zwischen zu lagern, um Kapazitätsschwankungen ausgleichen zu können. Die dabei eingesetzten Hebewerkzeuge bzw. Fördermittel sind entsprechend der benötigten Transportkapazitäten auszuwählen, um einen ungestörten und optimalen Bauablauf zu ermöglichen. Neben den erforderlichen Kapazitäten ist bei der Auswahl, auf die vorhandenen Transportmitteln der Beschaffungslogistik Rücksicht zu nehmen. Werden für die Entladung der Materialien Krankapazitäten benötigt, ist dies in der Bauablaufplanung zu berücksichtigen um Störungen zu vermeiden.

Der Baustofftransport kann in den vertikalen und den horizontalen Transport unterteilt werden. Zu den vertikalen Transporten zählen unter anderem (in Anlehnung an den Hochbau) Baustellenaufzüge und Baustellenkrane. Zu den horizontalen Transporten zählen Gabelstapler, Hubwagen und ähnliches. Folgende Aspekte sind bei der Auswahl des Hebewerkzeuges und des Aufstellungsortes zu berücksichtigen:⁵³

- Die Anlieferungsflächen sind auf den Standort der Vertikaltransportmittel abzustimmen.
- In den jeweiligen Stockwerken sind Übergabebühnen für den Horizontaltransport anzubringen.
- Die jeweiligen Stockwerke haben die Möglichkeit, Stoffe zwischen zu lagern.
- Der Umschlag zwischen Vertikal- und Horizontaltransport kann in einem Vorgang erfolgen.

Besonders bei Baustellen im innerstädtischen Gebiet fehlen oft die benötigten Plätze für Lagerflächen. Durch die Vielzahl an verschiedenen Gewerken erfordert die Baustellenlogistik hohen Planungsbedarf und eine durchgehende, Gewerke übergreifende, Organisationsstruktur.

⁵³ Vgl. BOENERT, L.; BLÖMEKE, M.: Logistikkonzepte im Schlüsselfertigbau zur Erhöhung der Kostenführerschaft. In: Bauingenieur, Band 78/2003. S. 280

4.2.3 Entsorgungslogistik

Als dritten und letzten Teilbereich der Baulogistik bildet die Entsorgungslogistik das Bindeglied zwischen den Baurestmassen der Baustelle und der Abfall- und Recyclingwirtschaft. Die genaue Grenze für den Übergang zwischen Baustellen- und Entsorgungslogistik ist in der Literatur nicht genau definiert. Im Rahmen dieser Arbeit beginnen die Entsorgungsmaßnahmen innerhalb des Bauwerkes bereits in der Baustellenlogistik, die Fortsetzung der Entsorgungslogistik beginnt ab dem Übergang der Restmassen in die jeweiligen Entsorgungscontainer auf der Baustelle.

Die Entsorgungslogistik hat dabei die gleichen Aufgaben wie die Beschaffungslogistik, der Materialfluss erfolgt jedoch von der Baustelle zu den Abnehmern. Durch die immer knapper werdenden Ressourcen von Rohstoffen und der großen Mengen an Abfallstoffen, hat die Verwertung und das Recycling von Baurestmassen eine immer größere Bedeutung. Dies wird sich in Zukunft auch immer mehr in der Preispolitik abzeichnen. Die Entsorgungslogistik ist und wird eine nicht zu vernachlässigende Planungsmaßnahme sein.⁵⁴

Abbildung 4-4 gibt ein Überblick über die verschiedenen Arten von Baurestmassen die während der Bauabwicklung eines Projektes anfallen. Durch die fachgerechte Trennung auf der Baustelle, können der Recycling – Anteil erhöht, die Umwelt geschont und die Kosten gesenkt werden.

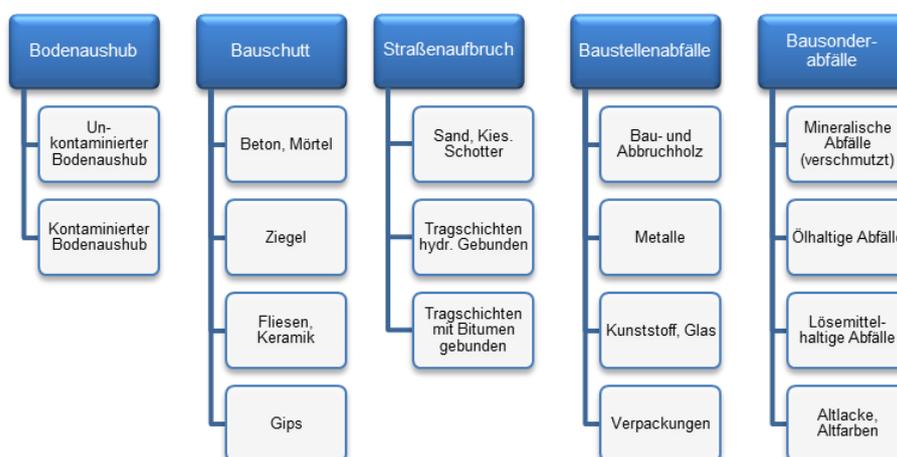


Abbildung 4-4 | Arten von Baustellenabfällen (in Anlehnung an Günther W.⁵⁵)

⁵⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 47

⁵⁵ Vgl. GÜNTNER, W.; KESSLER, S.; SANLADERER, S.: Transportlogistik am Bau. Forschungsbericht. S. 31

5 Betonfertigteile

Bevor auf die Baulogistik von Betonfertigteilen im Detail eingegangen wird, bietet der folgende Abschnitt einen Überblick über die derzeit vorhandenen Arten von Fertigteilen und deren möglichen Produktabmessungen. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Betonfertigteilprodukten einer Gruppe, sind die nachfolgenden Elemente als Beispiele zu sehen. Ein vollständiger Überblick über alle am Markt befindlichen Produkte wird im Rahmen dieser Arbeit nicht gegeben. Die Abmessungen beziehen sich auf vorhandene Standardkonstruktionen, Sonderkonstruktionen können größere Dimensionen erreichen.

5.1 Arten von Betonfertigteile

Im Nachfolgenden werden die Betonfertigteile in folgende Erzeugnisgruppen unterteilt:⁵⁶

- Säulenelemente (Säulen, Stützen, Masten)
- Balkenelemente (Deckenbalken, Binder)
- Wandelemente (Doppelwände, Sandwichelemente)
- Deckenelemente (Elementdecke, Hohldielendecke)
- Rohr- oder kastenförmige Bauelemente (Betonrohre, etc.)
- Sonderbauelemente (Stiegen, Fundamente, Brückenelemente)

⁵⁶ vgl. KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. S. 211

5.1.1 Säulenelemente

Stahlbetonfertigteilstützen sind in der Gruppe der Säulenelemente die am häufigsten eingesetzten Elemente im Industrie- sowie Gewerbebau. Zusammen mit den verschiedensten Träger- und Binderkonstruktionen bilden diese die Tragstruktur des Bauwerkes. Aufgrund der Fertigung im Werk können eine hohe Qualität und kurze Bauzeiten erzielt werden.

Die Stützen können mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt hergestellt werden. Je nach statischem und planerischem Erfordernis können die Abmessungen von 0,20 m bis 1,30 m Seitenlänge, sowie bis zu 34 m Stützenlänge erreichen. Mit den Betongütern C 30/37 – 50/60 können die Bauteile ein Gewicht von bis zu 80,0 Tonnen erreichen. Für den Anschluss von Träger und Kranbahnen können Konsolen an allen vier Seiten ausgebildet werden.⁵⁷ Jedoch aus fertigungstechnischen Gründen sind Stützen mit 2-3 seitigen Konsolen zu bevorzugen.

Schleuderbetonstützen sind eine besondere Art von Stahlbetonfertigteilen. Die Herstellung erfolgt im Schleuderverfahren, somit weisen diese Elemente im Inneren einen Hohlraum auf. Aufgrund des Fertigungsverfahrens werden hohe Festigkeiten und eine gute Sichtbetonqualität erzielt. Die häufigsten Einsatzgebiete dieser Elemente befinden sich im Hochbau, wenn hohe Tragfähigkeiten und eine entsprechende Sichtbetonqualität gefordert sind.

Abbildung 5-1 zeigt als Beispiel eine Stahlbetonfertigteilstütze mit Konsolen.



Abbildung 5-1 | Stahlbetonfertigteilstütze⁵⁸

⁵⁷ vgl. OBERNDORFER: Typenblatt Stütze.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/images/products/Fertigteil_Bau/05.01_Stuetze_Eckig.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

⁵⁸ vgl. OBERNDORFER: Typenblatt Stütze.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/images/products/Fertigteil_Bau/05.01_Stuetze_Eckig.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

5.1.2 Balkenelemente

Zusammen mit den Stahlbetonstützen bilden Stahlbetonfertigteilträger und Binder die Tragstruktur des Bauwerkes. Stahlbetonträger dienen dabei als horizontale Tragelemente zur Auflagerung von Deckenelementen, Stahlkonstruktionen sowie als Aussteifung im Inneren der Konstruktion.

Stahlbetonträger können die verschiedensten Querschnittsformen, angefangen von rechteckig, L-förmig, bis hin zu Kreuzträgern, haben. Um die Führung von haustechnischen Leitungen zu erleichtern, können die verschiedensten rechteckigen oder runden Aussparungen hergestellt werden. Die maximalen Abmessungen sind 1,50 m in der Breite, 1,80 m in der Höhe und 34 m in der Länge.⁵⁹

Stahlbetonbinder (Abbildung 5-2) werden als Dachträger für große Spannweiten als I - oder T – Querschnitte ausgeführt. Je nach statischen Anforderungen können die Abmessungen bis zu 0,5 m in der Breite, 2,5 m in der Höhe und mithilfe der Spannbetontechnik rund 38 m Länge erreichen. Ausbildungen als Satteldachträger sind mit beiden Querschnittsformen bis zu 12° Dachneigung möglich.⁶⁰



Abbildung 5-2 | T – Satteldachträger⁶¹

⁵⁹ vgl. <http://www.oberndorfer.at/produkte/fertigteil-bau/stahlbetontraeger/>. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

⁶⁰ vgl. OBERNDORFER: Typenblatt I -Binder. http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/images/products/Fertigteil_Bau/10.01_I-Binder.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

⁶¹ <http://www.habau.at/leistungsbereiche/fertigteilbau/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

5.1.3 Wandelemente

Wandelemente sind universell einsetzbar und werden vorwiegend als Hohlwandelemente ausgeführt. Diese bestehen aus zwei mit Gitterträgern verbunden Betonschalen, welche auf der Baustelle versetzt und ausbetoniert werden. Durch die Fertigung im stationären Werk entstehen porenarme und glatte Betonoberflächen, welche direkt endbeschichtet werden können.

Abbildung 5-3 zeigt die Hohlwandelemente, welche eine Höhe von bis zu 3,4 m und eine Länge von bis zu 8,9 m aufweisen können. Die Wandstärken variieren von 0,18 – 0,5 m bei einer Schalendicke von 5,5 bis 7 cm.⁶²

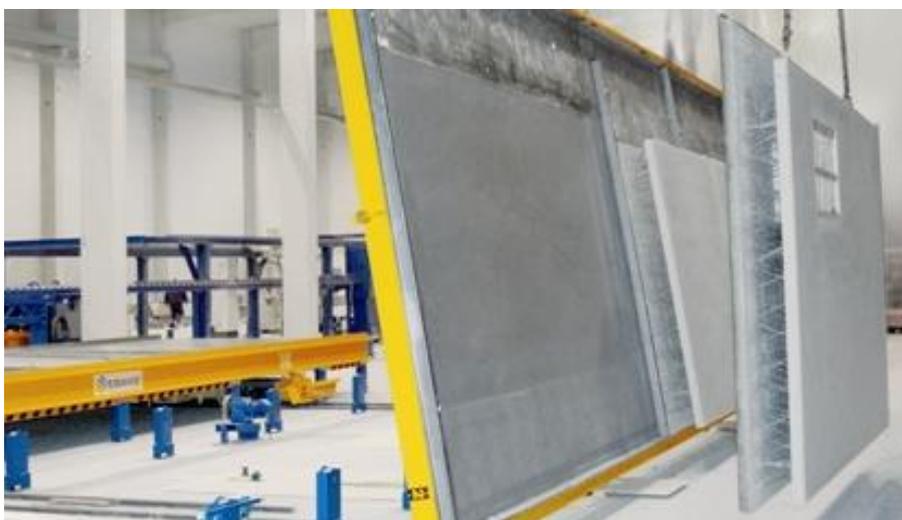


Abbildung 5-3 | Hohlwandelement in der Produktion⁶³

Des Weiteren gibt es Hohlwandelemente mit integrierter Aussendämmung, sowie mit Kerndämmung. Sämtliche Einbauten (Fenster- Türzargen, sowie Elektroinstallationen) und Wanddurchführungen werden bereits im Werk eingebaut.

⁶² vgl. OBERNDORFER: Oberndorfer - Produktkatalog.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/documents/Download/Produktinformationen/AT_DS_VER_0001-06_Produktkatalog.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

⁶³ <http://www.ebawe.de/de/produkte/paletten-umlauf-anlagen/kipp-einrichtung>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

5.1.4 Deckenelemente

Deckenelemente werden als schlaff oder vorgespannte Hohldielendecke, vorgespannte Elementdecke oder schlaff bewehrte Elementdecke, als Voll- oder Teilmontageelement hergestellt. Durch die Vorspannung können größere Spannweiten, geringere Verformungen und dünnere Querschnitte erzielt werden.

Während Hohldielendecken vorwiegend für Gewerbe- und Industriebauten eingesetzt werden, finden Elementdecken immer mehr Anwendung im Wohnungsbau. Die Elementdecke benötigt keine Schalung, Unterstellungen je nach statischer Berechnung und wird durch zusätzliche Bewehrung und Aufbeton ergänzt.

Abbildung 5-4 zeigt die vorgespannte Hohldielendecke mit Elementlängen bis zu 23,5 m und einer Breite von 1,2 m. Die Deckenstärke variiert von 0,16 – 0,5m. Das Eigengewicht der Decke beträgt für den Montagezustand zwischen 245 und 650 kg/m².⁶⁴



Abbildung 5-4 | Vorgespannte Hohldielendecke⁶⁵

Die vorgespannte Elementdecke wird in Längen bis 10,0 m und Breiten bis zu 1,2 m hergestellt, die schlaff bewehrte Elementdecke in Breiten bis zu 3,0 m. Das Eigengewicht der Platten liegt zwischen 130 – 300 kg/m², somit kann die Decke auch mit kleinerem Hebewerkzeug verlegt werden.⁶⁶

⁶⁴ Vgl. OBERNDORFER: Oberndorfer - Produktkatalog.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/documents/Download/Produktinformationen/AT_DS_VER_0001-06_Produktkatalog.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

⁶⁵ Vgl. OBERNDORFER: Oberndorfer - Produktkatalog.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/documents/Download/Produktinformationen/AT_DS_VER_0001-06_Produktkatalog.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

⁶⁶ OBERNDORFER: Oberndorfer - Produktkatalog.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/documents/Download/Produktinformationen/AT_DS_VER_0001-06_Produktkatalog.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

5.1.5 Rohr- oder kastenförmige Bauelemente

Betonfertigteilrohre und -schächte haben ihr Hauptanwendungsgebiet im Siedlungswasserbau und sind sowohl für die Ableitung von Oberflächenwasser, als auch von Schmutzwasser verantwortlich. Die verschiedenen Typen von Betonrohren, Betonschächten und Sonderformen bilden komplette Kanalsysteme. Abbildung 5-5 zeigt als Beispiel die verschiedenen Komponenten eines Betonfertigteil – Kanalsystems. Angefangen bei den Schachtkomponenten von Unterteil bis Schachtkonus, zu den verschiedenen Rohrprofilen.

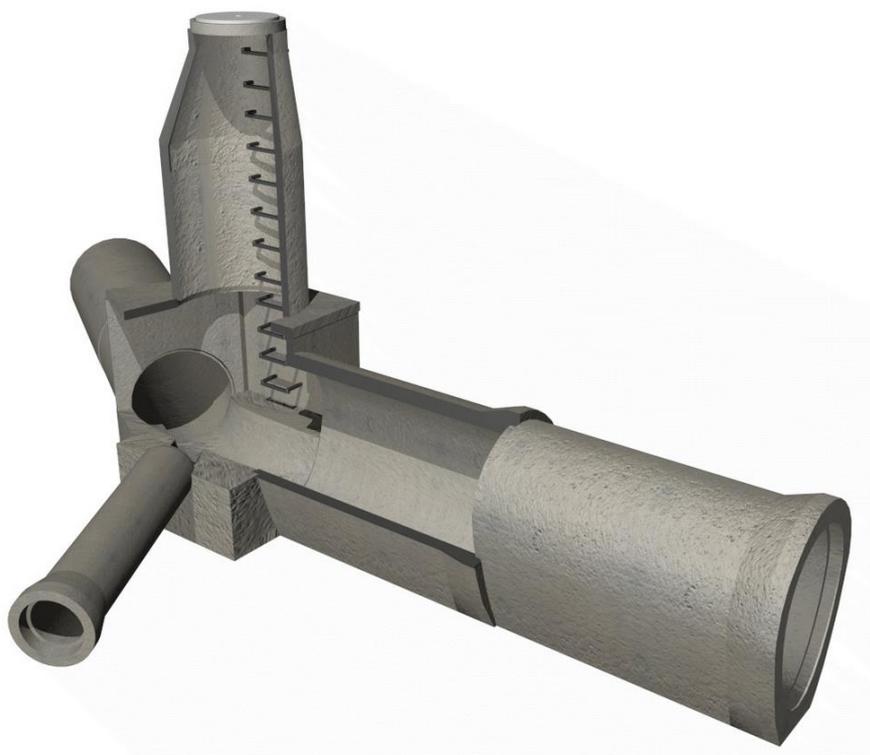


Abbildung 5-5 | Fertigteil - Kanalsystem⁶⁷

⁶⁷ <http://www.koch-beton.ws/de/schachteile>. Datum des Zugriffs: 05.01.2015

5.1.6 Sonderbauelemente

Unter die Kategorie Sonderbauelemente fallen unter anderem Betonfertigteilstiegen, Betonfundamente und Brückenelemente. Betonfertigteilstiegen werden im Gewerbe- und Wohnbau eingesetzt und können die verschiedensten Geometrien aufweisen. Aufgrund der Fertigung im Werk wird eine hohe Qualität hinsichtlich der Abmessungen und Oberfläche erzielt. Betonfertigteilstiegen werden vor allem im Industrie- und Gewerbebau in Kombination mit Betonfertigteilstützen eingesetzt.

Eine besondere Betrachtung in dieser Kategorie gilt Betonfertigteilelementen, welche im Brückenbau eingesetzt werden können. Neben dem Einsatz von normal- und hochfestem Beton beschäftigt sich die Forschung mit Brückenbauteilen aus ultrahochfestem faserbewehrten Beton. Durch die unterschiedlichen Materialeigenschaften (siehe 7.3.2) werden verschiedene Konstruktionsprinzipien und Bauweisen eingesetzt.

Als klassische Fertigteile im Brückenbau können vorgefertigte Längsträger (siehe Abbildung 5-6) von Balkenbrücken gesehen werden, welche auf der Baustelle von Auflager zu Auflager verlegt werden und anschließend mit Ortbeton zu einem Gesamtragsystem verbunden werden.



Abbildung 5-6 | Fertigteil - Brückenträger⁶⁸

Im Bereich des Ultrahochleistungsbetons gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Bauweisen, welche bisher nur mit Ortbeton umgesetzt wurden. Neben dem Freivorbau und dem feldweisen Freivorbau mit Segmentfertigteilen kann aufgrund des geringeren Gewichtes von „UHPC“ – Elementen ebenfalls das Taktschiebverfahren eingesetzt werden.

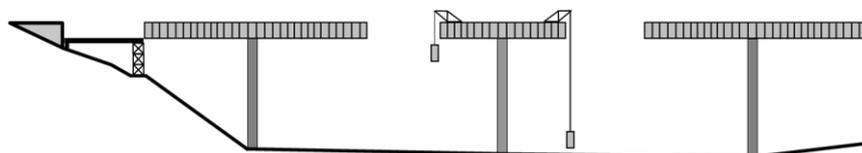


Abbildung 5-7 | Freivorbau mit Fertigteilen⁶⁹

⁶⁸ <http://www.universal-transport.com/unternehmen/fuhrpark/>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

⁶⁹ REICHEL, M.: Dünnwandige Segmentfertigteilebauweise im Brückenbau aus gefasertem Ultrahochleistungsbeton. S. 34

Bei Bogenbrücken können ebenfalls Betonfertigteile für den tragenden Bogen eingesetzt werden. Abbildung 5-8 zeigt den schematischen Zusammenbau des Bogens. Die einzelnen Fertigteilelemente werden nahezu vertikal aufeinander gesetzt und durch Vorspannung verbunden. Anschließend werden beide Hälften abgesenkt bis im Scheitel des Bogens der Zusammenschluss erfolgt.

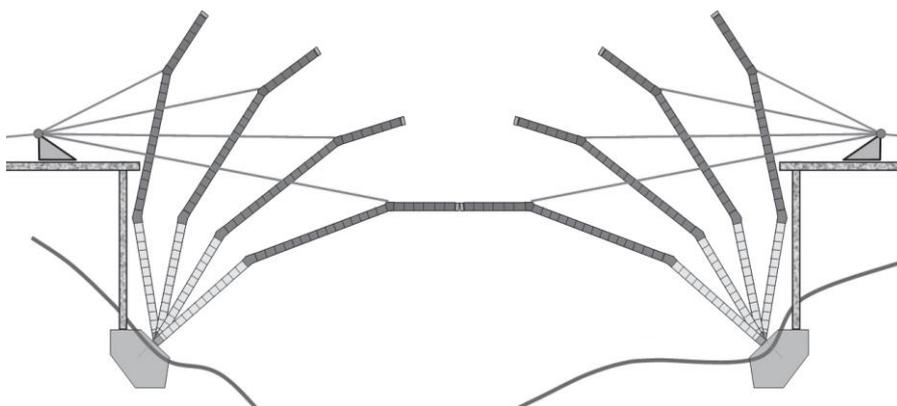


Abbildung 5-8 | Bogenklappverfahren⁷⁰

Abbildung 5-9 zeigt eine mit Fertigteilen aus faserbewehrtem Ultrahochleistungsbeton hergestellte Wildbrücke in Österreich.



Abbildung 5-9 | Fertigteil - Bogenbrücke⁷¹

⁷⁰ REICHEL, M.: Dünnwandige Segmentfertigteilebauweise im Brückenbau aus gefasertem Ultrahochleistungsbeton. S. 36

⁷¹ BETONWERK - INTERNATIONAL: Bogenklappbrücke aus Ultrahochleistungs-Faserbeton. In: Betonfertigteile, 1/2011. S. 194

6 Baulegistik von Betonfertigteilen

In den bisherigen Kapiteln wurden die Grundlagen der Baulegistik sowie die vielen verschiedenen Arten von Fertigteilen erläutert. In diesem Kapitel wird auf die Besonderheiten der Betonfertigteillegistik eingegangen. Im Schwerpunkt der Betrachtung liegen hierbei, welchen Rahmenbedingungen hinsichtlich Produktion, Transport und Montage, die Betonfertigteile unterliegen. Des Weiteren wird auf die Besonderheiten und Verknüpfungen der logistischen Maßnahmen bei dem Einsatz von Fertigteilen eingegangen.

6.1 Bereiche der Betonfertigteillegistik

Im Zuge dieser Arbeit wurden bereits die Unterschiede der Logistik im Vergleich zu der Baulegistik aufgezeigt. Beide logistischen Bereiche unterscheiden sich in ihrer Gliederung. Bei der Verwendung von Betonfertigteilen kommt es in Folge der Herstellung dieser, in stationären Fertigteilwerken, zu der Überschneidung beider Systeme. Abbildung 6-1 zeigt die Bereiche der stationären Industrie und die der Baulegistik. Die Distributionslogistik des Fertigteilwerkes überschneidet sich mit der Beschaffungslogistik der Baustelle. Der Transport der Betonfertigteile stellt somit die Verbindung der stationären Industrie und der Baustelle dar. Je nach Art und Menge der Fertigteile, sowie der vorhandenen Distanz und Infrastruktur kommen unterschiedliche Transportmittel (siehe Kapitel 8) zum Einsatz.

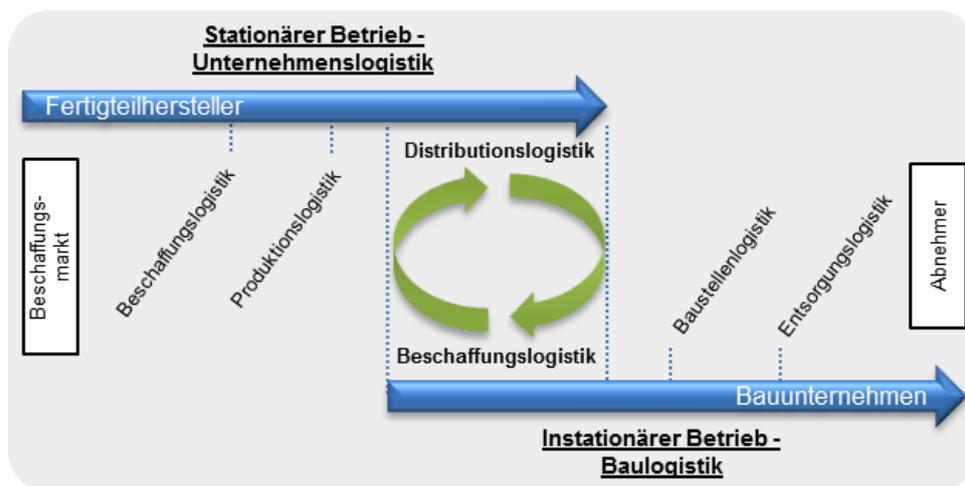


Abbildung 6-1 | Bereiche der Betonfertigteillegistik

6.2 Projektphasen der Betonfertigteillistik

In Abschnitt 2.3 wurde auf die Bedeutung der Arbeitsvorbereitung und die damit verbundene Planung der Logistik eingegangen. Dieser Abschnitt erläutert die Möglichkeiten, in welchen Projektphasen der Einsatz von Betonfertigteilen berücksichtigt werden kann. In der Praxis gibt es die verschiedensten Varianten, zu welchem Zeitpunkt (Projektphase) diese Überlegungen durchgeführt werden.

- Der Einsatz von Betonfertigteilen wird bereits in der Planungsphase des Projektes berücksichtigt. Dadurch besteht die Möglichkeit, Standardprodukte der Hersteller mit wirtschaftlichen Abmessungen hinsichtlich Transport und Montage zu verwenden. Eine gut durchdachte Planung erleichtert die Angebotsbearbeitung und die Arbeitsvorbereitung trägt dazu bei, Fehler zu reduzieren und die Kosten für alle Beteiligten zu senken. Nachteil bei dieser Planungsvariante sind die Einschränkungen in der Geometrie und den Abmessungen des Bauwerks.
- Eine weitere Möglichkeit ist der Zeitpunkt der Angebotsbearbeitung. Wird der Einsatz erst in dieser Projektphase überlegt, unterliegen die Einsatzmöglichkeiten den Rahmenbedingungen des Bauwerks. Je nachdem, welche geometrischen Anforderungen und Abmessungen gefordert werden, kann der Einsatz von Fertigteilen nur mehr teilweise oder gar nicht erfolgen. Können Fertigteile eingesetzt werden, können Auswirkungen auf die Angebotssumme, sowie den Bauvertrag erfolgen.
- Wird der Einsatz von Fertigteilen erst im Zuge der Arbeitsvorbereitung als Optimierungsschritt des Auftragnehmers oder aufgrund von Leistungsänderungen des Auftraggebers eingesetzt, besteht aufgrund des bereits festgelegten Vertrages nur mehr wenig Spielraum. Verwendete Fertigteile müssen somit genau den Rahmenbedingungen des Bauwerks und des Bauvertrages entsprechen. Neben dem Bauvertrag sind sämtliche Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung auf den Einsatz von Fertigteilen zu optimieren und abzustimmen.

Diese genannten Punkte zeigen die verschiedenen Aufgaben und Probleme in Abhängigkeit der Projektphase. Generell ist es die beste Variante, wenn bereits fertigteilgerecht geplant wird. Dadurch können Standardelemente verwendet werden und die gesamten Überlegungen des Transportes und der Montage bereits in der Anfangsphase berücksichtigt und optimiert werden. Inwieweit diese Planungsmaßnahmen in der Praxis umgesetzt werden können, hängt dabei immer von den beteiligten Planern, der Vergabe- und der Ausschreibungsart ab.

6.3 Größen der Betonfertigteile

Der Einsatz und die Größen der Fertigteilelemente sind abhängig von den verschiedensten, in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen, Randbedingungen. Neben der Planung und somit Auslegung des Bauwerkes spielen Faktoren wie die geplante Bauweise und die vorgeschriebenen Vertragsbedingungen eine große Rolle. Bei der Umsetzung bilden die Produktion, der Transport und die Montage weitere Randbedingungen, welche Auswirkungen auf den Einsatz der Fertigteile haben.

Im Rahmen dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt der Betrachtung auf den Abhängigkeiten, die durch die Produktion, den Transport und die Montage auf der Baustelle entstehen. Abbildung 6-2 zeigt zusammengefasst einen Überblick über die einzelnen Einflussfaktoren, welche Auswirkungen auf die Größe der Fertigteile haben.

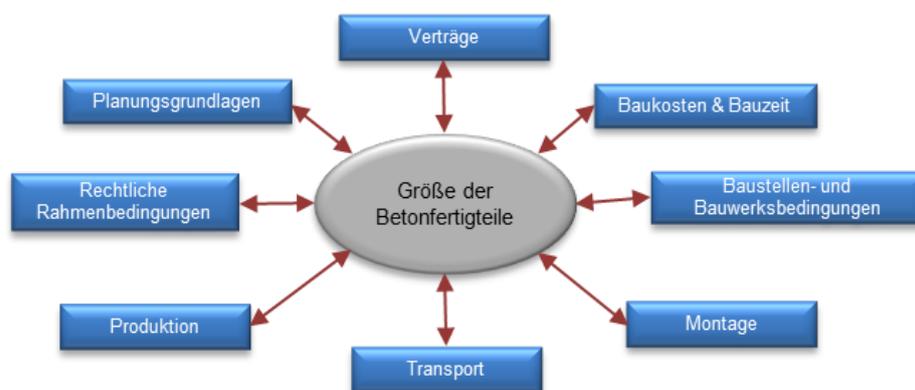


Abbildung 6-2 | Einflussfaktoren auf die Größe von Betonfertigteilen

7 Herstellung von Betonfertigteilen

Der folgende Abschnitt beschreibt die verschiedenen Fertigungsverfahren, eingesetzte Betonsorten und die Bearbeitung der Bewehrung.

7.1 Erzeugung

Die Erzeugung von Stahlbetonfertigteilen wird in drei verschiedene Bereiche unterteilt. Angefangen mit der Vorbereitung, über die Produktion bis hin zur Montage auf der Baustelle. Im nachfolgenden Kapitel wird speziell auf die Produktion dieser Elemente eingegangen, welche Produktionsprozesse gibt es, welche Fertigungsverfahren werden angewendet. Die Herstellungsphasen der Vorbereitung und der Montage werden im folgenden Kapitel der Baulogistik detailliert erläutert.

7.1.1 Produktionsphasen

Wie bereits die Erzeugung der Stahlbetonelemente selbst, kann der Produktionsprozess, nach *Bauer*⁷² ebenfalls in drei Bereiche eingeteilt werden:

- 1. Arbeiten an der Nebenstelle

In diesen Abschnitt fallen die Beschaffung oder Anfertigung der Schalungselemente, der benötigten Einbauteile (Tür- und Fensterzargen, Elektroteile und Rohrdurchführungen), die Vorfertigung der Bewehrung, sowie die Herstellung des Betons.

- 2. Arbeiten an der Fertigungsstelle

Der zweite Abschnitt besteht aus der eigentlichen Produktion. Zuvor wurden sämtliche Bestandteile vorbereitet, in diesem Schritt erfolgt die Fertigung der Stahlbetonelemente. Dieser Vorgang kann halb – oder vollautomatisch ohne Einsatz von Personal durchgeführt werden.

- 3. Nacharbeiten und Lagerung

Im dritten und letzten Abschnitt werden die produzierten Elemente von der Werkshalle übernommen und nachbearbeitet. Neben Oberflächenbehandlungen und eventuellen Ausbesserungsmaßnahmen finden auch Qualitätskontrollen statt. Anschließend werden die Stahlbetonfertigteile zwischengelagert oder direkt abtransportiert.

⁷²Vgl. BAUER, H.: Baubetrieb. S. 395

7.1.2 Herstellungsprozess

Die Produktion von Stahlbetonfertigteilen stellt einen Prozess dar, der aus einer Funktion und einer Struktur besteht. Die Funktion steht hierbei für eine Zustandsänderung von Eingangsgrößen wie Stoff, Energie und Informationen in bestimmte Ausgangsgrößen. Die Struktur des Prozesses ist für die Erfüllung der Funktion von Bedeutung und umfasst eine Menge von Elementen, die durch Beziehungen verbunden sind.⁷³

Abbildung 7-1 zeigt eine Übersicht der bei der Herstellung von Betonfertigteilen durchlaufenden Teilprozesse.

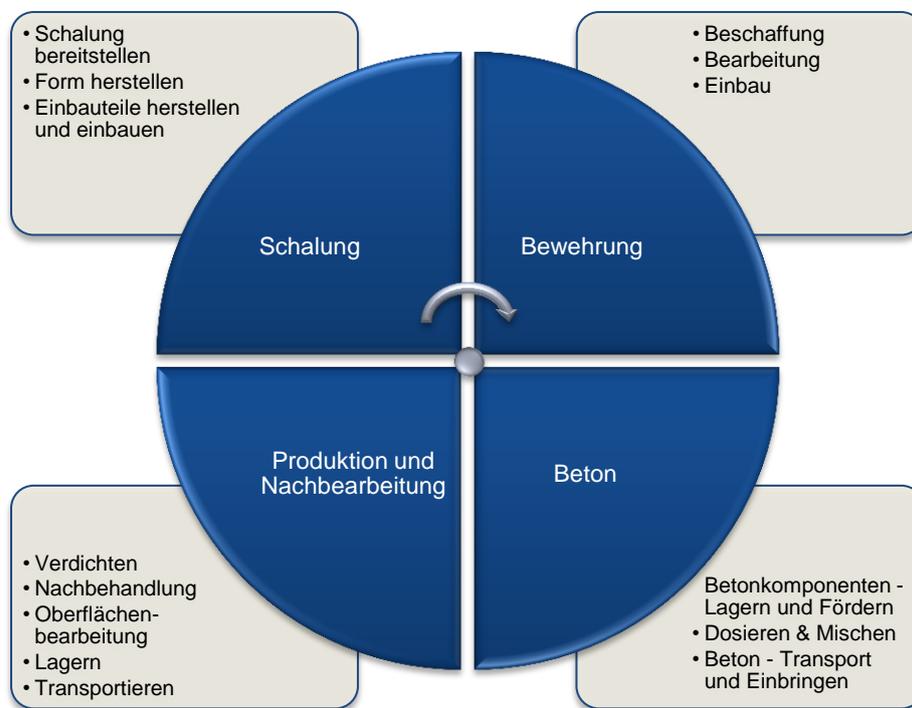


Abbildung 7-1 | Übersicht der Teilprozesse

Je nach Anordnung der einzelnen Fertigungsabläufe wird zwischen der Standfertigung und der Umlauffertigung unterschieden. Bei der Standfertigung verbleibt das Element am Fertigungsplatz, bei der Umlauffertigung durchläuft das Element verschiedene Produktionsstufen. Die Herstellung unterliegt wie bei jeder Produktion verschiedenen Rahmenbedingungen und ist einerseits begrenzt durch die Abmessungen der Fertigungsanlage, andererseits durch die baustofftechnologischen Einsatzgrenzen, sowie dem Transport der Fertigteile.

⁷³ Vgl. KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. S. 15

7.1.3 Fertigungsverfahren – Standfertigung

Die Standfertigung kann für eine Vielzahl von verschiedenen Fertigteil-elementen eingesetzt werden. Bei diesem Herstellungsverfahren werden sämtliche Arbeitsvorgänge an ein und demselben Fertigungsplatz durchgeführt. Arbeitskräfte, -mittel und -plätze wandern, während die Elemente stationär sind.

Folgende Systeme werden in die Gruppe der Standfertigung eingeteilt:⁷⁴

- Einzelformensysteme
- Batterieformensysteme
- Bahnenformensysteme
- Strangformensysteme
- Spannbahnsysteme

Abbildung 7-2 zeigt den Fertigungsablauf, der sich bei diesen Systemen in eine Reihe hintereinander ablaufender Produktionsschritte gliedert. Der jeweils nächste Schritt beginnt, nachdem der vorangegangene abgeschlossen ist.



Abbildung 7-2 | Fertigungsschritte - Standfertigung

⁷⁴ Vgl. KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. S. 25

Einzelformensysteme (Abbildung 7-3) werden für die verschiedensten räumlichen und konstruktiven Elemente verwendet. Anfängen von Betonfertigteilträgern und –bindern, über Stützen und Stiegen, bis hin zur Produktion von anspruchsvollen Großelementen des Brückenbaus.



Abbildung 7-3 | Einzelform⁷⁵

Batterieformensysteme (Abbildung 7-4) werden für die Herstellung von einschichtigen, schaff bewehrten Betonfertigteilen (Balkenelemente, Innenwandteile etc.) verwendet. Die Herstellung erfolgt in vertikal stehenden, nebeneinander liegenden Formen. Die erforderliche Bewehrung, sowie der Beton werden von oben eingebracht, die Verdichtung erfolgt durch Vibration der Batterieform.



Abbildung 7-4 | Batterieformensystem⁷⁶

⁷⁵ <http://www.ebawe.de/de/produkte/schalungs-systeme/>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

⁷⁶ <http://www.ebawe.de/de/produkte/batterie-formen/>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

Strangformen werden für die Fertigung von langgestreckten Elementen, wie Riegel, Stützen und Binder verwendet. Diese Formen sind seitlich und in der Höhe verstellbar und ermöglichen dadurch die verschiedensten Querschnittsabmessungen. In der Regel wird die Schalung als Stahlblech ausgeführt, für Passflächen und Sonderformen werden jedoch auch Holzschalungsteile verwendet. Der Betoneinbau erfolgt mittels Betonverteiler und die Verdichtung durch Außenvibratoren. Um den Aushärtungsvorgang zu unterstützen werden Wärmeleitungsträger unter der Schalung angebracht.⁷⁷

Aufgrund der universal einsetzbaren Möglichkeit dieses Systems erfolgt eine Unterteilung in:

- Riegel- und Stützenformen
- Binderformen
- TT – Deckenformen

Abbildung 7-5 zeigt die Schalung für einen Stahlbetonbinder mit einem I – Profil.



Abbildung 7-5 | Strangform - Binder⁷⁸

⁷⁷ Vgl. KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. S. 226 ff

⁷⁸ <http://www.ebawe.de/de/produkte/schalungs-systeme/>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

Bahnen- und Spannbahnsysteme bestehen aus langen Bahnen (> 100m) und werden unter anderem für die Fertigung von vorgespannten Hohldielen, Unterzügen, Massivdecken etc. verwendet. Dabei wird zwischen der Fertigung mithilfe des Gleitfertigers und des Extruders unterschieden.

Abbildung 7-6 zeigt den schematischen Aufbau eines Bahnsystems mit Gleitfertiger. Bei der Fertigung mithilfe des Extruders ergeben sich nur geringfügige Unterschiede in der Einbringart des Betons. Der Gleitfertiger wird über die Fertigungsbahn gezogen, bringt den Beton ein und ist gleichzeitig für die Verdichtung zuständig. Der Extruder drückt sich am bereits gefertigten Betonstrang ab. Für die kontinuierliche Betonversorgung ist die Anlage mit einem Betontransportsystem versehen, welche den Beton von der Mischanlage direkt zur Fertigungsstelle befördert.

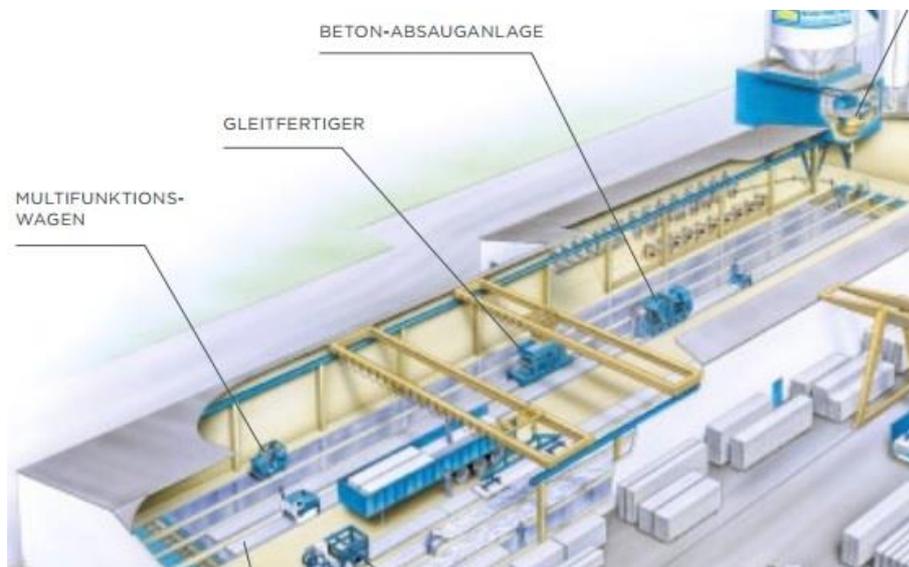


Abbildung 7-6 | Bahnsystem mit Gleitfertiger⁷⁹

Die weiteren Bestandteile der Anlage bilden der Multifunktionswagen für die Reinigung und den Auftrag von Schalöl, die Spannanlage zur Herstellung von vorgespannten Stahlbetonelementen, sowie ein Heizungssystem für die kontinuierliche Aushärtung. Des Weiteren sorgt eine Betonabsauganlage für die Entfernung von Betonrückständen, eine Betonsäge für die individuellen Längen der Fertigteile und ein Plotter für die Beschriftung. Mit dieser Anlage können Hohldielendecken mit einer Stärke von 6 – 60 cm hergestellt werden.⁸⁰

⁷⁹ ECHO PRECAST ENGINEERING: Produktkatalog .
<http://www.echoprecast.de/fileadmin/content/Downloads/Produktkatalog.pdf>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

⁸⁰ Vgl. ECHO PRECAST ENGINEERING: Produktkatalog .
<http://www.echoprecast.de/fileadmin/content/Downloads/Produktkatalog.pdf>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

7.1.4 Fertigungsverfahren – Umlauffertigung

Im Gegensatz zur Standfertigung durchlaufen bei der Umlauffertigung die zu bearbeitende Elemente im Umlauf verschiedene Produktionsstationen. Somit wird an jeder dieser Stationen ein Produktionsschritt durchgeführt. Die Herstellung erfolgt ähnlich wie in der Automobilindustrie am „Fließband“. Im nachfolgenden Abschnitt wird auf die Produktionsmöglichkeiten und auf die einzelnen Arbeitsschritte eingegangen.

Mithilfe der Umlauffertigung können Elementdecken, nicht vorgespannte Hohldielecken, Hohlwände, Sandwichwände und Massivwände gefertigt werden. Die eingesetzten Maschinen, Hilfsmittel und Materialien verbleiben stationär an einem Ort. Dadurch kann die Fertigung und die Logistik der benötigten Stoffe optimal angepasst werden.

In Abbildung 7-7 werden die einzelnen Fertigungsschritte bei der Produktion von Hohlwänden dargestellt. Die Produktion kann bis auf wenige Arbeitsschritte vollautomatisch erfolgen. Welche Arbeitsschritte von Personal durchgeführt werden müssen und welche vollautomatisch ablaufen, hängt von den geforderten Aufgaben der Anlage ab. Die technischen Möglichkeiten für eine vollautomatisierte Produktion dieser Elemente sind gegeben.



Abbildung 7-7 | Fertigungsschritte – Hohlwandproduktion

Die Produktion von Elementdecken und Sandwichelementen erfolgt ebenfalls nach diesem Ablaufschema. Deshalb werden im folgenden Abschnitt einige dieser Fertigungsschritte detailliert betrachtet, um einen Einblick in die Produktion zu bekommen.

In Abbildung 7-8 wird die Serienschalung, auf die gereinigte und bereits geölte Palette, vollautomatisch aufgebracht. Sonderformen und Einbauteile werden vom Plotter zuvor gekennzeichnet und zusammen mit weiteren Einbauteilen manuell adaptiert.



Abbildung 7-8 | Schalungsroboter⁸¹

Im nächsten Schritt wird die Bewehrungslage eingelegt und spezielle Zusatz- und Verbindungselemente bei Bedarf manuell hinzugefügt. Nach der anschließenden Qualitätskontrolle beginnen der vollautomatische Betoniervorgang (Abbildung 7-9) und das Verdichten des Betons.



Abbildung 7-9 | Betoniervorgang⁸²

⁸¹ <http://www.ebawe.de/de/produkte/paletten-umlauf-anlagen/plotter-schalungs-roboter>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

⁸² <http://www.ebawe.de/de/produkte/paletten-umlauf-anlagen/beton-verteiler>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

Der nachfolgende Aushärtungsprozess der Fertigteile stellt einen wesentlichen Zeitfaktor bei der Produktion dar und benötigt dementsprechend große Lagerflächen. Für diesen Vorgang kann zwischen Behandlungstunnel, Behandlungsgestelle und Behandlungstellflächen unterschieden werden. Bei der Verwendung eines Behandlungstunnels werden die Fertigteile taktweise durch den Tunnel geführt und mithilfe von Heb- und Senkeinrichtung durch mehrere Etagen transportiert. Bei Systemen mit Gestelle oder Stellflächen werden die Elemente stationär gelagert. Durch die externe Wärmebehandlung und die Nutzung der eigenen Hydratationswärme wird der Erhärtungsprozess der Fertigteile beschleunigt.⁸³

Nach dem Erhärten im geheizten Lagerbereich verlassen die Fertigteilelemente im nächsten Schritt die Produktionshalle und sind für den Transport bereit. Hierfür werden die Elemente mithilfe einer Kippeinrichtung (Abbildung 7-10) nahezu vertikal aufgerichtet und können mit dem Portalkran angehoben werden. An diesem Punkt endet die vollautomatische Produktion, die Schalpaletten werden gereinigt und zurück in den Fertigungsprozess gebracht.



Abbildung 7-10 | Kippeinrichtung⁸⁴

⁸³ Vgl. KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. S. 234

⁸⁴ <http://www.ebawe.de/de/produkte/paletten-umlauf-anlagen/kipp-einrichtung>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

Abbildung 7-11 zeigt die verschiedenen fertigen Hohlwandelemente für den Transport je Baustelle zusammengestellt und gesichert. Der Transport erfolgt vertikal, stehend per Sattelzug mit Innenlader. Auf der Baustelle werden die Elemente samt Ständerkonstruktion rasch entladen.



Abbildung 7-11 | Transporteinheit⁸⁵

⁸⁵ <http://www.vollert.de/produkte/baustoffanlagen/maschinen-anlagen-und-komponenten-fuer-die-betonfertigteilindustrie/produktionsverfahren-fuer-betonfertigteile/palettenumlaufanlage/>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

7.2 Bewehrung der Fertigteile

Ein weiterer wichtiger Vorgang in der Produktionskette ist die Herstellung der Bewehrung. Dieser Vorgang kann gegliedert werden in den Bereich der Beschaffung, der Bearbeitung des Grundmaterials, sowie in den Einbau der Bewehrung bei der Produktion. In diesem Abschnitt wird speziell die Bearbeitung und der Einbau der Bewehrung während der Herstellung erläutert.

Aufgrund der stationären Fertigung und der Möglichkeit der Serienfertigung von Bauteilen, wird auf den wirtschaftlichen Einsatz der Bewehrungen hohen Wert gelegt. Je nach Fertigungselement und Ausstattung bzw. Automatisierung der Anlage unterscheiden sich die Bewehrungsarten und Produktionsvorgänge. Angefangen von einzelnen Stäben und Bewehrungsmatten, über Gitterträger bis hin zu vorgefertigte Bewehrungskörben gibt es eine Vielzahl von Ausführungsmöglichkeiten. Während bei der Fertigung von Stützen, Bewehrungskörbe eine bedeutende Rolle spielen, werden bei Elementdecken Matten- und Stabstahl eingesetzt.

Die Bewehrung kann auf folgende Arten für die Produktion vorbereitet werden:

- Anlieferung von Stab- und Mattenstahl
Die Bearbeitung und Produktion von Bewehrungskörben erfolgt durch das Personal im Fertigteilwerk.
- Anlieferung von vorgefertigten Bewehrungskörben
Bewehrungskörbe werden mit Vorlauf bestellt, geliefert und direkt dem Produktionsvorgang zugeführt.
- Anlieferung des „Rohmaterials“ / eigene Verarbeitung
Neben der Stahlbetonfertigungsanlage gibt es einen eigenen Bereich für die Herstellung der Bewehrung. Diese kann mithilfe einer Vielzahl von Maschinen vollautomatisch hergestellt werden. Vorlaufzeiten entfallen und die verschiedenen Produkte können jederzeit geändert und angepasst werden.

7.3 Beton für Fertigteile

Neben der Schalung und der Bewehrung bildet der Beton die dritte wichtige Komponente für die Herstellung. Der nachfolgende Abschnitt bietet einen Überblick, in welchen Anlagen der Beton hergestellt wird und welche Betonarten und Festigkeitsklassen im Allgemeinen für die Fertigteile verwendet werden.

Beton als Gemenge aus Wasser, Zement und Gesteinskörnungen, modifiziert durch Betonzusatzstoffe und Zusatzmitteln, wird in Mischanlagen je nach Bedarf erzeugt und im Werk über Beförderungsanlagen (z.B. Betonverteiler) direkt zur Einbaustelle geliefert. Für die Herstellung der verschiedensten Betonfertigteile können angefangen von Leichtbeton über Normalbeton bis hin zu Ultrahochleistungsbeton die verschiedensten Festigkeitsklassen eingesetzt werden.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der derzeit in der Fertigteilindustrie verwendeten Festigkeitsklassen nach Elementart aufgegliedert. Die angegebenen Werte sind jedoch nur als Richtwerte zu sehen und können in der Praxis voneinander abweichen.

Angaben lt. Hersteller ⁸⁶		
<i>Elementbezeichnung</i>	<i>Betonfestigkeitsklasse</i>	<i>Expositionsklasse</i>
Hohlwandelemente	C 25/30 (C20/25 Kern mind.)	XC2
Elementdecke	C 25/30 (Aufb. mind. C 20/25)	XC2
Vorgespannte Elementdecke	Spannbeton C 40/50 (Aufb. mind. C 25/30)	B4
Spannbeton Hohldielendecke	Spannbeton C 50/60 (Aufb. mind. C 25/30)	B2
FT - Treppen	C 30/37 – C 40/50	B2/B7
Balkonplatten	C 30/37 – C 40/50	B7
Stahl- /Spannbetonbinder	C 30/37 – C 50/60	k.A.
Stahlbetonstützen	C 30/37 – C 50/60	k.A.
Köcherfundamente	C 30/37 – C 50/60	k.A.

Tabelle 1 | Festigkeitsklassen

⁸⁶ OBERNDORFER: Oberndorfer - Produktkatalog.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/documents/Download/Produktinformationen/AT_DS_VER_0001-06_Produktkatalog.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014

Selbstverdichtender Beton (SVB oder Englisch SCC: „self compacting concrete) ist ein Beton mit spezieller Zusammensetzung und Fließeigenschaften. Im Vergleich zu Normalbeton besitzt dieser, bei gleichen Festigkeitseigenschaften, alleine infolge der Schwerkraft selbstverdichtende Eigenschaften und sorgt somit für Niveauausgleich und Entlüftung selbst. Bei der Verwendung ist jedoch auf eine dichte Schalhaut und auf den entstehenden Frischbetondruck zu achten. Die Vorteile für die Fertigung im Werk bestehen in der Oberflächenqualität und dem Entfall des Verdichtungsvorganges.⁸⁷

Faserbeton hat die gleichen Bestandteile wie Normalbeton, bekommt aber zusätzlich Stahl-, Kunststoff- oder Glasfasern beigemischt. Diese Fasern wirken als Bewehrung und verbessern die Betoneigenschaften hinsichtlich der Zugfestigkeit, des Schwind- und Rissverhaltens. Während Kunststofffasern vorwiegend dazu dienen, die Rissbildung zu reduzieren, werden Stahlfasern in verschiedenen Teilbereichen bereits als Ersatz für die Bewehrung eingesetzt, jedoch treten in diesen Bereichen nur geringfügig Zugspannungen auf. Im Gegensatz dazu wird in der Materialforschung besonders im Bereich der ultrahochfesten Betone häufig mit Faserbewehrung gearbeitet, um möglichst schlanke Bauteile mit sehr dichter Oberfläche erzeugen zu können.

Mischanlagen haben die Aufgabe die Komponenten zu lagern, die Dosierung in den richtigen Mengen vorzunehmen und den Mischer zu beschicken. Neben den Lagerungsstätten für Gesteinskörnungen, Bindemittel und Zusätzen verfügen die Anlagen über eine Wasser- und Stromversorgung, sowie eine Entsorgungseinrichtung. Je nach Anordnung der Lagerstätten wird zwischen einer Sternanlage, Reihenanlage oder Turmanlage unterschieden. Für die Betonherstellung in Fertigteilwerken bieten Turmanlagen wesentliche Vorteile hinsichtlich der Stundenleistung (> 100 m³/h), des Platzbedarfs sowie der Heizungsmöglichkeit der Komponenten im Winter.⁸⁸

Die Qualitätssicherung der hergestellten Waren erfolgt durch eine werkseigene Produktionskontrolle.

⁸⁷ Vgl. BACHMANN, H.; STEINLE, A.; HAHN, V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. S. 223

⁸⁸ BAUER, H.: Baubetrieb. S. 181

7.3.1 Sichtbeton

Dieser Abschnitt widmet sich dem Thema „Sichtbeton bei Betonfertigteilen“ und gibt einen Überblick über die vorhandenen Regelwerke, sowie Besonderheiten bei der Ausführung von Sichtbeton.

Der Begriff „Sichtbeton“ wird in der Literatur wie folgt definiert:

„Sichtbeton ist ein Beton, an den besondere Anforderungen an das Aussehen gestellt werden. Diese Anforderungen ergeben sich aus der vertraglichen Vereinbarung und beziehen sich u.a. auf die Struktur, Farbe, Farbgleichheit, Flächengliederung und Kantenausbildung.“⁸⁹

Diese Definition lässt erkennen, dass für die Herstellung von Sichtbeton eine Vielzahl von Kriterien und Maßnahmen festgelegt werden müssen, um ein gewünschtes und somit vorab definiertes Qualitätsziel erreichen zu können. Im Vergleich zu Ortbeton haben Betonfertigteile aufgrund der stationären Fertigung in Fertigteilwerken einen großen Vorteil hinsichtlich der erzielbaren Qualität. Durch die verbesserten Arbeitsbedingungen und klimatischen Bedingungen können Betonoberflächen mit erhöhten Anforderungen an das Aussehen wesentlich einfacher hergestellt werden als direkt vor Ort auf der Baustelle.

Für den Entwurf und die Umsetzung von Betonkonstruktionen gelten in Österreich folgende Regelwerke⁹⁰:

ÖNORM B 4710-1: 2007 10 01

- Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis (Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Normal- und Schwerbeton)

ÖNORM B 4710-2: 2008 09 01

- Beton - Teil 2: Gefügedichter Leichtbeton mit einer Mindesttrockenrohdichte von 800 kg/m³ - Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis - Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Leichtbeton

ÖNORM B 2211: 2009 06 01

- Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten – Werkvertragsnorm

⁸⁹ VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014 S.1

⁹⁰ <https://www.austrian-standards.at>. Datum des Zugriffs: 28.11.2014

Diese Normen regeln den Einsatz von Konstruktionen aus Beton. Neben dem Entwurf und somit der statischen Dimensionierung und der Herstellung enthält die ÖNORM B 2211 auch vertragliche Regelungen. Wie bereits erwähnt unterscheidet sich der Sichtbeton durch erhöhte Anforderungen an das Aussehen der Betonoberfläche. In diesen Bereich enthalten die vorhandenen ÖNORMEN jedoch keine Regelungen, welche detailliert genug sind, um die vertraglich gewünschten Ziele des Auftraggebers definieren zu können. Somit besteht besonders bei dem Einsatz von Sichtbeton die Gefahr, dass das vom Planer gewünschte Aussehen aufgrund von fehlenden Beschreibungen und Erläuterungen zur architektonischen Gestaltung in der Realität nicht umgesetzt werden kann.

Um dieses Problem zu lösen und damit verbundene Konflikte zwischen den Vertragsparteien zu vermeiden, wurde von der ÖBV (Österreichische Bautechnik Vereinigung) die Richtlinie „Sichtbeton“ erarbeitet. In dieser Richtlinie wird neben der technischen Ausführung vor allem auf die architektonische Gestaltung von Sichtbeton eingegangen. Dazu wird der gesamte Prozess des Einsatzes von Sichtbeton erläutert und jene Maßnahmen beschrieben, welche durchzuführen sind. Zu den einzelnen Kriterien werden Beispielbilder angeführt, um die Klassifizierung für den Bearbeitenden zu erleichtern. Diese Richtlinie unterstützt somit den Planer und die ausführenden Unternehmen, um den gewünschten Projekterfolg zu erzielen.

Für den Sichtbeton gibt es bis zu 19 verschiedene Einzelkriterien, welche maßgebend werden können. Aufgrund dieser Tatsache wurden im Rahmen dieser Richtlinie verschiedene Anforderungen in Anforderungsklassen, mit zusätzlich wählbaren Einzelkriterien, zusammengefasst. Dadurch entstanden die drei Sichtbetonklassen SB1, SB2 und SB3, welche die Gesamtanforderungen für den überwiegenden Teil regeln. Für Sonderfälle wurde die Klasse SBS geschaffen in der sämtliche 19 Kriterien selbst festgelegt und kombiniert werden können.⁹¹

⁹¹ ÖSTERREICHISCHEN VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 1

Für Betonfertigteile mit Sichtbetonqualität wurde vom VÖB (Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke) die „Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton“ herausgegeben. Die Anwendung dieser Richtlinie muss zwischen den Vertragsparteien ausdrücklich vereinbart werden, sonst gelten die Bestimmungen der ÖNORM B 2211. Diese Richtlinie unterscheidet sich in Umfang und Detaillierungsgrad deutlich von der vorher genannten und ist als beratender Leitfaden und Zusatz bei Betonfertigteilen zu sehen. Enthalten sind dabei grundlegende Maßnahmen, welche bei der Planung und Erstellung der Ausschreibung durch den Planer und bei der Bearbeitung und Herstellung der Fertigteile durch den Produzenten, berücksichtigt werden sollen. Des Weiteren wird die empfohlene Vorgangsweise bei der Abnahme und der Beurteilung der Betonfertigteile beschrieben.

Im Nachfolgenden werden einige dieser Punkte zusammengefasst. Der Planer bzw. Ausschreibende hat die Aufgabe, sämtliche Anforderungen an die Betonfertigteile zu definieren. Neben der Leistungsbeschreibung sind durch Schalungs- und Bewehrungspläne folgende Punkte vorzugeben⁹²:

- Bauteilabmessungen
- Lage der Bewehrung, von Aussparungen und Einbauteilen
- Ausbildung von Kanten, Betonier- oder Arbeitsfugen

Des Weiteren sind Kriterien und deren Bewertung für die Abnahme festzulegen. Der Auftragnehmer hat die Aufgabe, alle Unterlagen zu prüfen und bei Unklarheiten Aufklärung zu verlangen. Hat der Auftragnehmer Bedenken hinsichtlich der Ausführung, so hat er diese dem Auftraggeber bekannt zu geben (Prüf- und Warnpflicht). Bei der Prüfung sollten folgende Punkte beachtet werden⁹³:

- Ausgeschriebene Betonsorte – Sichtbetonqualität
- Anforderungen hinsichtlich Struktur, Farbgleichheit, Porigkeit, Kanten und Ebenheit
- Bewehrung (Bewehrungsdichte, Betondeckung, Abstandshalter)
- Nachbehandlungsmaßnahmen

Bei Sichtbetonfertigteilen empfiehlt es sich, Musterfertigteile zu erstellen, um eventuell ungewünschte Effekte, durch Veränderung der Geometrie oder des Produktionsprozesses, vermeiden zu können.

⁹² Vgl. VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014 S.2

⁹³ Vgl. VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014 S.3

Abnahmekriterien sind für die Bewertung der Qualität und von eventuell auftretenden Abweichungen vom definierten Aussehen von großer Bedeutung. Bei der Beurteilung ist dabei jeweils auf den Betrachtungsabstand zu achten. Neben Einzelbetrachtungen sind auch Gesamtbetrachtungen für die Beurteilung der Gleichmäßigkeit von Farbe und Struktur entscheidend. Einige Kriterien sind besonders abhängig von Wetter- und Lichtverhältnissen, andere wiederum vom Alter des Betonfertigteiles. Werden Betonfertigteile mit vorhandenen Musterfertigteilen verglichen, ist besonders darauf zu achten, dass die Fertigteile vergleichbare Abmessungen, Betonsorten und Bewehrungsgrade aufweisen. Das Alter der Fertigteile sowie die fachgerechte Lagerung stellen zusätzliche Anforderungen um solche Vergleiche möglich zu machen.⁹⁴

Diese Kriterien und Maßnahmen zeigen wie wichtig es ist, sich mit dem Thema Sichtbeton und dessen Besonderheiten zu beschäftigen.

7.3.2 Ultrahochleistungsbeton (UHPC)

Die bisher beschriebenen Betonsorten und deren Betonfestigkeiten werden für den Großteil der hergestellten Betonfertigteile eingesetzt. Diese bilden den Stand der Technik ab und werden durch die zuvor genannten Normenwerke geregelt. Neben diesen standardisierten Produkten wird seit Jahren daran geforscht, die Leistung des Werkstoffes zu verbessern. Dieser bei den Forschungen, Entwicklungen und ausgeführten Pilotprojekten verwendete Beton wird als Ultrahochleistungsbeton (UHPC) bezeichnet.

Die Bezeichnung „UHPC“ entstand aufgrund einer Vielzahl von verbesserten Materialeigenschaften gegenüber dem normalen Beton. Ultrahochleistungsbeton besitzt eine 5- bis 10-mal höhere Druckfestigkeit und verbesserte Dauerhaftigkeitseigenschaften. Die mit diesem Beton erreichten Druckfestigkeiten von 150 bis 250 N/mm² werden durch eine sehr gut abgestimmte und dichte Kornmatrix erzielt. Die Größe der Zuschlagstoffe (Korndurchmesser 1 – 8 mm) und der W/B – Wert (0,15 – 0,25) unterscheiden sich deutlich von Normalbeton. Aufgrund der hohen Druckfestigkeiten und der damit verbundenen dichten Betonmatrix weisen diese Betone ein sehr sprödes Materialverhalten auf. Durch die Zugabe von Stahlfasern kann die Duktilität erhöht werden.⁹⁵

⁹⁴ Vgl. VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014 S.4

⁹⁵ Vgl. REICHEL, M.: Dünnwandige Segmentfertigteilibauweise im Brückenbau aus gefasertem Ultrahochleistungsbeton. S. 5 ff

Ultrahochleistungsbeton bietet eindeutige Vorteile hinsichtlich der Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften gegenüber Normalbeton. Neben einer hohen Druckfestigkeit, einem hohen Widerstand gegen Frost, mechanischen und chemischen Angriffen weist dieser Beton ein besonders günstiges Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und Gewicht auf. Somit können ähnlich wie im Stahlbau sehr schlanke Querschnitte mit geringem Gewicht realisiert werden. Dies bietet vor allem für den Betonfertigteilbau diverse Vorteile und Einsatzmöglichkeiten. Der Einsatz von „UHPC“ verursacht jedoch auch Nachteile hinsichtlich der Kosten. Die Konstruktion muss an die besonderen Eigenschaften und Randbedingungen des Betons angepasst werden. Die Produktion verursacht ebenfalls höheren Aufwand über die ganze Produktionskette. Des Weiteren sind keine standardisierten Normenwerke vorhanden, die Bemessung hat durch bereits realisierte Projekte und Forschungen zu erfolgen.⁹⁶

Für den Betonfertigteilbau ist der Einsatz von Ultrahochleistungsbeton vor allem im Bereich des Brückenbaues von Interesse. Durch das geringe Gewicht, die schlanken Querschnitten und die großen Druckfestigkeiten können verschiedenste Konstruktionen vorgefertigt und auf der Baustelle zusammengesetzt werden. Dadurch können für die Produktion die Vorteile der stationären Industrie ausgenutzt werden und der Zusammenbau vor Ort kann je nach Konstruktionsart mithilfe des Einsatzes von Ortbeton oder externer Vorspannung erfolgen.

Die erhöhten Investitionskosten von „UHPC“ – Projekten sollen in Zukunft durch Materialeinsparungen, effizientere Konstruktionsweisen und lange technische Lebensdauern die gesamten Lebenszykluskosten eines Brückenbauprojektes reduzieren.

⁹⁶ Vgl. REICHEL, M.: Dünnwandige Segmentfertigteilbauweise im Brückenbau aus gefasertem Ultrahochleistungsbeton. S. 12 ff

8 Transport von Betonfertigteilen

Der Transport von Betonfertigteilen hat als Schnittstelle zwischen dem Fertigteilwerk und der Baustelle eine große Bedeutung. Die logistische Planung der räumlichen Überbrückung, auf Basis der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur, sowie die zeitlichen Abhängigkeiten mit den Produktionsschritten auf der Baustelle erfordern eine genaue Abstimmung zwischen den Produzenten und den Abnehmern. Dieses Kapitel stellt die grundlegenden Transportmöglichkeiten und Abhängigkeiten bei dem Transport von Betonfertigteilen dar.

8.1 Definition

Bevor in den nachstehenden Abschnitten auf den Transport der Betonfertigteile eingegangen wird, werden einige Grundlagen zum Thema Transport erläutert.

Unter dem Begriff „Transport“ wird die Raumüberbrückung oder die Ortsveränderung von Gütern mithilfe von Transportmitteln verstanden. Hierbei bilden das Transportgut, das Transportmittel und der Transportprozess ein Transportsystem. Die Fachliteratur unterscheidet in innerbetrieblichen Transport, dem Transport innerhalb eines Werkes oder einer Baustelle und dem außerbetrieblichen Transport, dem Transport von einem Werk zum Kunden oder von einem Lieferanten zur Baustelle. Des Weiteren besteht der Transport aus primären und sekundären Funktionen. Als primäre Funktionen zählen dabei die Beförderungsfunktion und die Umschlagfunktion. Als sekundäre Funktion zählt die Wegsicherungsfunktion, die Erstellung und Erhaltung von Straßen, Wegen usw.⁹⁷

Pfohl definiert das Transportproblem wie folgt:

„Das Transportproblem in einem logistischen Netzwerk ist gekennzeichnet durch das Transportgut, die Struktur und Beschaffenheit des Liefergebietes, die Standorte der Liefer- und Empfangspunkte sowie durch die Art des Angebots und der Nachfrage seitens dieser Punkte.“⁹⁸

Diese Definition zeigt die komplexen Zusammenhänge und Überlegungen bei der Auswahl von Transportmitteln und Transportwegen.

⁹⁷ Vgl. PFOHL, H.-C.: Logistiksysteme. S. 149 ff

⁹⁸ PFOHL, H.-C.: Logistiksysteme. S. 150

8.2 Transportwege

Für den Transport der Betonfertigteile stehen verschiedene Verkehrsträger zur Verfügung. Je nach Standort, vorhandener Infrastruktur und Transportgut stehen die folgenden Transportwege zur Verfügung:

- Landverkehr
 - Darunter fallen der Straßentransport und der Eisenbahntransport.
- Wasserverkehr
 - Darunter fallen die Binnenschifffahrt sowie die Seeschifffahrt.
- Luftverkehr

All diese Verkehrsträger haben ihre Vor- und Nachteile. Bei der Auswahl des geeigneten Transportmittels sind sämtliche Aspekte, angefangen vom Umschlag, über den Transport bis hin zur Anbindung und Entladung auf der Baustelle zu berücksichtigen. Abbildung 8-1 zeigt eine Übersicht der in Österreich bestehenden, grenzübergreifenden Hauptkorridore für den Straßen-, Schienen- und Wasserverkehr.

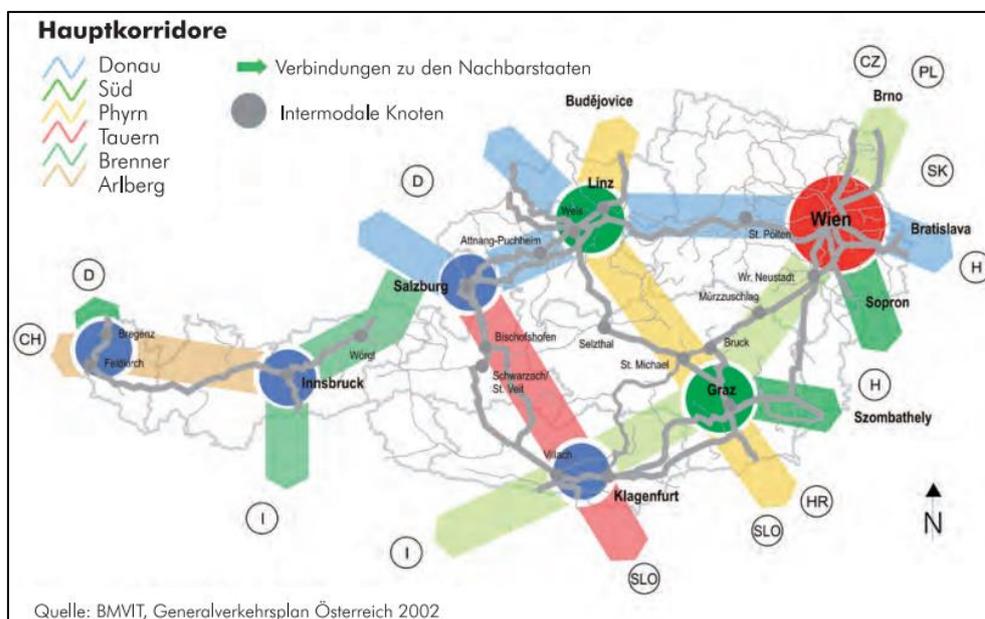


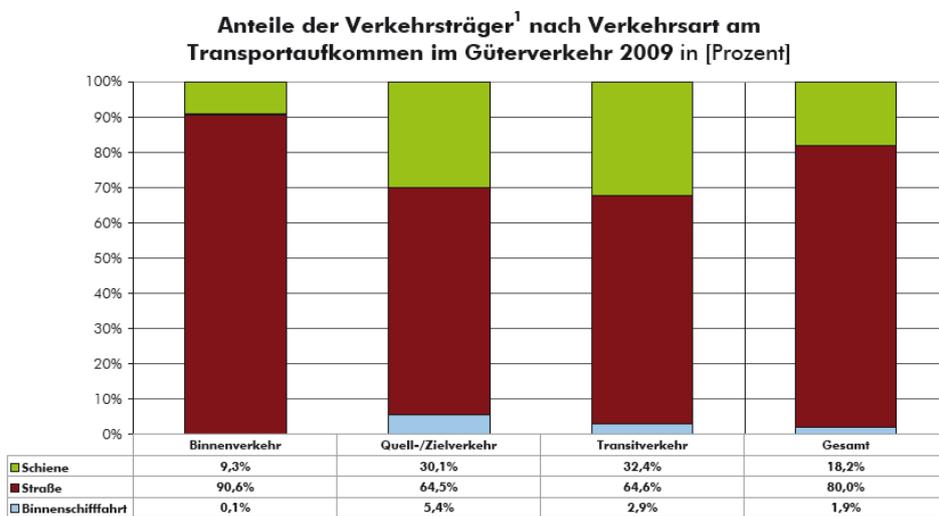
Abbildung 8-1 | Übersicht der Hauptverkehrskorridore Österreichs⁹⁹

⁹⁹ BUNDESMINISTERIUM FÜR VEKEHR, I. u.: Verkehr in Zahlen - Ausgabe 2011.
http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz_2011_gesamtbericht.pdf. Datum des Zugriffs: 08.10.2014, S.37

8.2.1 Straßenverkehr

Für den Transport von Betonfertigteilen spielt der LKW – Transport eine große Rolle. Der Großteil der Fertigteile wird zwischen Hersteller und Baustelle mittels Lastkraftwagen transportiert. Ausnahmen stellen hier natürlich Fertigteile, die im Bahn- oder Tunnelbau zum Einsatz kommen, dar. Diese werden oft direkt über den bestehenden Bahnanschluss transportiert.

Die große Bedeutung des Güterverkehrs auf der Straße zeigen statistische Auswertungen eines Berichtes des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. In dieser Statistik (siehe Abbildung 8-2) sind die Anteile der Verkehrsträger nach Verkehrsart am Transportaufkommen im Güterverkehr dargestellt. Deutlich ersichtlich stellt der Straßenverkehr den größten Anteil dar. Der Schiffsverkehr ist aufgrund der einzigen Verbindungsader, der Donau, in der Statistik mit unter 2% abgeschlagen. Diese Verteilung steht für sämtliche Güter, die in Österreich transportiert wurden und kann somit nicht direkt auf die Bauwirtschaft und den Transport von Betonfertigteilen übertragen werden. Jedoch können die Tendenzen und die Verteilung in der Baubranche daran abgeleitet und plausibel nachvollzogen werden.



¹ Auf die Darstellung der Relationen der Rohrleitungen wurde verzichtet, da keine Daten über Binnen- und Transitverkehr verfügbar sind.
Anmerkung: Da mit Nachkommastellen gerechnet wurde, können in der Summe Rundungsdifferenzen auftreten.

Quelle: Statistik Austria; Eurostat; BMVIT; eigene Berechnungen

HERRY 2011

Abbildung 8-2 | Anteile der Verkehrsträger nach Verkehrsart¹⁰⁰

¹⁰⁰ BUNDESMINISTERIUM FÜR VEKEHR, I. u.: Verkehr in Zahlen - Ausgabe 2011.
http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz_2011_gesamtbericht.pdf. Datum des Zugriffs: 08.10.2014, S. 121

Die Vorteile am Straßenverkehr liegen an dem dichten und gut ausgebauten Straßennetz. Besonders im Nahverkehr entsteht durch die hohe Flexibilität und den kürzeren Transportwegen ein großer Vorteil im Gegensatz zu dem Eisenbahnverkehr. Die verschiedenen Betonfertigteile haben unterschiedliche Abmessungen und Gewichte, deshalb ist es notwendig, das Transportmittel darauf abzustimmen. Durch die vielen verschiedenen Bauarten von Lastkraftwagen sind diese sehr anpassungsfähig und können von Standardtransporten bis zu Sondertransporten alles befördern. Aufgrund der vorhandenen Infrastruktur werden LKW auch bei dem Transport per Bahn oder Schiff benötigt, da diese Versorgungsnetze in der Regel nur Hauptverbindungspunkte (Bahnhöfe, Häfen) bedienen können. Die Mehrheit der Baustellen kann durch diese Versorgungsnetze somit nicht bedient werden und der Umschlag auf Lastkraftwagen wird erforderlich.

Abbildung 8-3 zeigt die Aufteilung der Verkehrsträger - Straße und Schiene je nach Verkehrsart, für den gesamten Güterverkehr in Österreich. Der Binnenverkehr wird entsprechend der vorhandenen Infrastruktur vom Straßenverkehr beherrscht. Im Quell- und Zielverkehr, sowie im Transitverkehr, ist der Bahntransport besonders bei größeren Entfernungen und wenn die notwendige Infrastruktur vorhanden ist, eine gute Alternative.

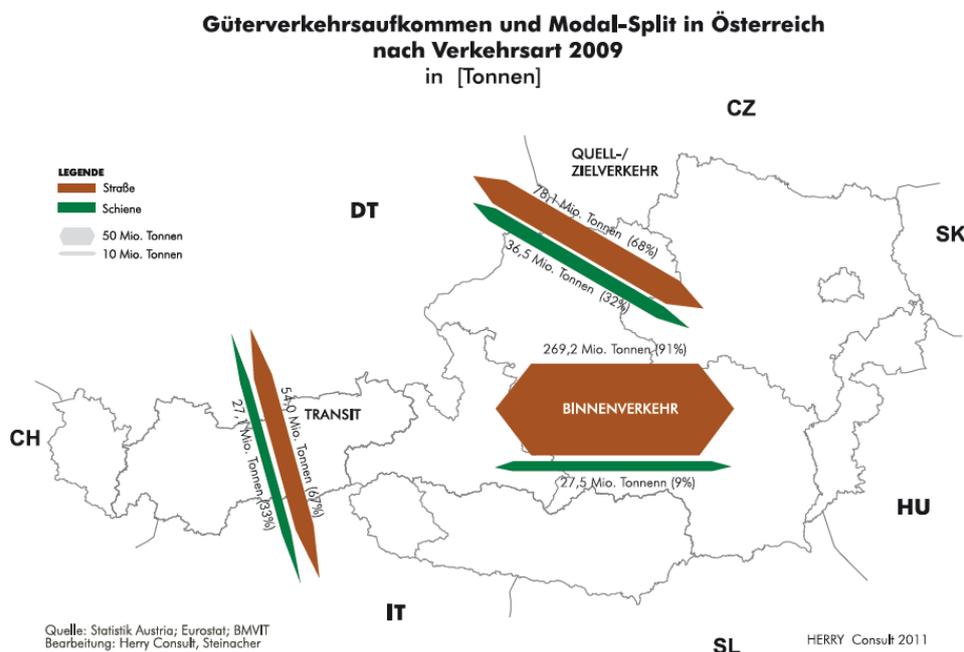


Abbildung 8-3 | Güterverkehr - Verteilung - Straße / Schiene¹⁰¹

¹⁰¹ BUNDESMINISTERIUM FÜR VEKTR, I. u.: Verkehr in Zahlen - Ausgabe 2011.
http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz_2011_gesamtbericht.pdf. Datum des Zugriffs: 08.10.2014, S. 125

Nachteile des Straßenverkehrs entstehen bei größeren Transportentfernungen aufgrund der vergleichsweise geringen Transportmenge und der hohen Transportkosten, sowie der Umweltbelastung. Des Weiteren werden die Transporte von der Witterung und der Verkehrsbelastung beeinflusst. Letztere ist besonders in den größeren Städten und deren Umland von Bedeutung. Der Grenzbereich, ab wann der Eisenbahnverkehr wirtschaftlicher ist, wird in der Literatur nicht genau festgelegt. Tatsache ist jedoch, dass die Transportwege innerhalb Österreichs aufgrund der Vielzahl an Produzenten relativ kurz sind und das Eisenbahnnetz relativ grobmaschig ist. Aus wirtschaftlicher Sicht wird deshalb der Großteil der Betonfertigteile per LKW transportiert.

Beschränkungen und Grenzen im Straßenverkehr

Der Transport von Gütern allgemein und insbesondere von Betonfertigteilen unterliegt in Österreich und der EU verschiedenen Gesetzen. Diese haben Auswirkungen auf die vorhandenen zulässigen Transportmittel, deren Beladung und Betriebszeiten. Nachfolgend werden die in Österreich geltenden Gesetze aufgelistet. Die Unterschiede zwischen Standard- und Sondertransport werden im Abschnitt der Transportmittel (8.4.2) aufgezeigt.

Als Quelle dieser Gesetze dient die Homepage des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie¹⁰². Folgende Gesetze bilden die Rahmenbedingungen für den Transport:

- StVO – Straßenverkehrsordnung (1960 mit Änderungen 2010)
Bundesgesetz, mit dem Vorschriften über die Straßenpolizei erlassen werden BGBl 1960/159 idF BGBl I 2010/116
- Kraftfahrzeuggesetz (KFG) samt Novellen
- Gefahrgutbeförderungsgesetz – (Bundesgesetz über die Beförderung gefährliche Güter) BGBl. I Nr. 145/1998 idF BGBl. I Nr. 91/2013

¹⁰² <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/recht/index.html>. Datum des Zugriffs: 08.10.2014

8.2.2 Eisenbahnverkehr

Der Bahntransport spielt für den Binnenverkehr in Österreich laut Statistik (siehe Abbildung 8-3) eine untergeordnete Rolle. Aufgrund des grobmaschigen Schienennetzes und der geringen Distanzen, ist der Straßenverkehr flexibler und wirtschaftlicher. Ausnahmen entstehen jedoch, sobald es sich um größere Distanzen im Quell-/Zielverkehr und dem Transitverkehr handelt. In diesem Bereich erfolgen ca. 1/3 der Transporte mit der Bahn.



Abbildung 8-4 | Beispielbild - Eisenbahnverkehr¹⁰³

Die Vorteile liegen in der Möglichkeit große Mengen zu transportieren, unabhängig von der Verkehrsbelastung der Straße zu sein und es werden die Umweltbelastungen im Vergleich zu dem Straßentransport reduziert. Des Weiteren besteht eine größerer Witterungsunabhängigkeit und Verkehrssicherheit.

Nachteile sind jedoch das relativ grobmaschige Netz, hohe Kosten bei geringer Transportmenge und die oft nicht vorhandenen Anschlüsse, von Lieferanten und Abnehmern, an das Bahnnetz. Aufgrund der vorgegebenen Fahrzeiten und Time Slots im Eisenbahnverkehr sind diese Transporte rechtzeitig und mit Vorlauf zu planen und können nicht kurzfristig geändert oder verschoben werden. Die zu transportierenden Fertigteile müssen zudem auf die vorhandenen Abmessungen der Transportwagone abgestimmt werden, somit können nicht beliebig große Bauteile transportiert werden.

¹⁰³ http://www.oebb.at/de/Services/Download-Bereich/Hintergrundbilder/railjet_1680x1050.jpg. Datum des Zugriffs: 14.10.2014

8.2.3 Wasserverkehr

In Österreich besteht der Wasserverkehr aus der Binnenschifffahrt entlang der Donau. Neben Schüttgütern können Betonfertigteile in großen Mengen und unter Einsatz eines umweltfreundlichen Transportmittels transportiert werden.



Abbildung 8-5 | Betonfertigteiltransport - Schiff¹⁰⁴

Die Vorteile der Schifffahrt liegen dabei in den großen Mengen, der Unabhängigkeit von der Straße, sowie der „natürlich“ vorhandenen Infrastruktur. Aufgrund der Bauform der Binnenschiffe können Fertigteile mit den verschiedensten Abmessungen transportiert werden. Im Vergleich dazu müssten im Straßenverkehr Sondertransporte durchgeführt werden.

Die Nachteile ergeben sich aufgrund der geographischen Rahmenbedingungen und der Gebundenheit an Häfen mit entsprechenden Umschlagmöglichkeiten. Der Einsatz ist daher wirtschaftlich nur sinnvoll, wenn große Distanzen zurückgelegt und dementsprechende Infrastruktur für den Umschlag und Weitertransport vorhanden ist. Im Vergleich zu dem Bahntransport, unterliegt die Schifffahrt damit noch mehr den geographischen Randbedingungen.

¹⁰⁴ http://max-boegl.de/fileadmin/content/download-center/bereichsbroschueren/B_DE_Fertigteile.pdf. Datum des Zugriffs: 14.10.2014

8.3 Transportplanung

Die Transportplanung hat die Aufgabe, die Transportrouten und Varianten zu prüfen und sämtliche Vorbereitungsmaßnahmen zu treffen. Die Variantenauswahl und Prüfung erfolgt dabei unter den jeweils festgelegten Auswahlkriterien. In einem ersten Schritt ist dabei zu prüfen, welche Verkehrsträger für den geplanten Transport in Frage kommen. Diese Auswahl unterliegt wiederum den in Abschnitt 8.2 erläuterten Randbedingungen der einzelnen Verkehrsträger. Als nächster Schritt erfolgen die detaillierte Betrachtung der Transportstrecke und die Auswahl des Transportmittels. Im letzten Schritt erfolgt die Planung der technischen und zeitlichen Durchführung des Transportes.

Neben den technischen Problemstellungen unterliegt der Transport innerhalb eines Unternehmens einer Vielzahl an organisatorischen und ressourcenbedingten Einflüssen. Abbildung 8-6 listet die externen und internen Einflussfaktoren auf die Dispositionsarbeit auf.

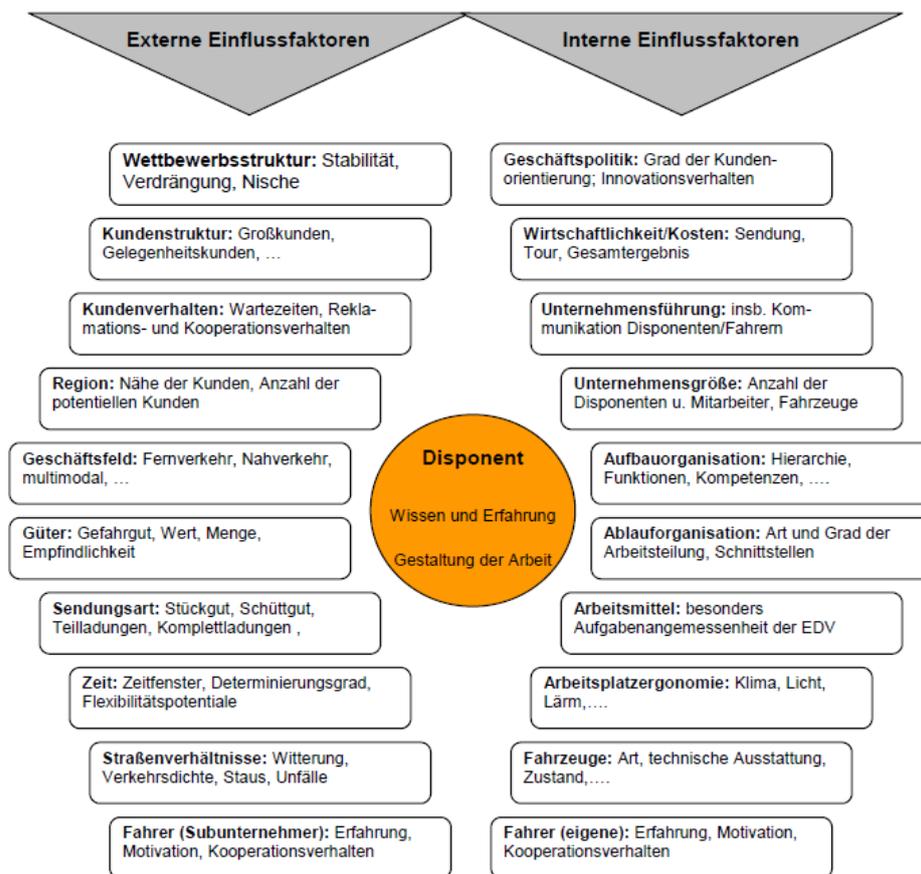


Abbildung 8-6 | Einflussfaktoren auf die Dispositionsarbeit¹⁰⁵

¹⁰⁵ GÜNTNER, W.; KESSLER, S.; SANLADERER, S.: Transportlogistik am Bau. Forschungsbericht. S. 38

Unter den Punkt interne Einflussfaktoren fallen unter anderem die Wirtschaftlichkeit, die Unternehmensgröße und die Fahrzeugauswahl. Diese Faktoren führen zur Entscheidung ob ein Unternehmen die Transporte selbst durchführen kann oder Subunternehmer beauftragt werden müssen. Unter externe Einflussfaktoren fällt unter anderem der Faktor Zeit. Besonders im Fertigteilbau werden die einzelnen Komponenten aufgrund des Bauablaufes und eventuell fehlender Lagerplätze oft Just-in-Time geliefert und auf der Baustelle sofort versetzt. Dies setzt voraus, dass der Transport in zeitlich richtiger Abfolge ohne Verzögerungen erfolgt.

Der Disponent hat eine Vielzahl von Aufgaben vor und während des Transportes zu erfüllen. Abbildung 8-7 zeigt die Aufgaben, angefangen von der Annahme des Auftrages, über die Vorbereitung bis hin zur Überwachung des Transportes. Eine termingerechte Lieferung der Betonfertigteile hat für den gesamten Bauablauf höchste Priorität.

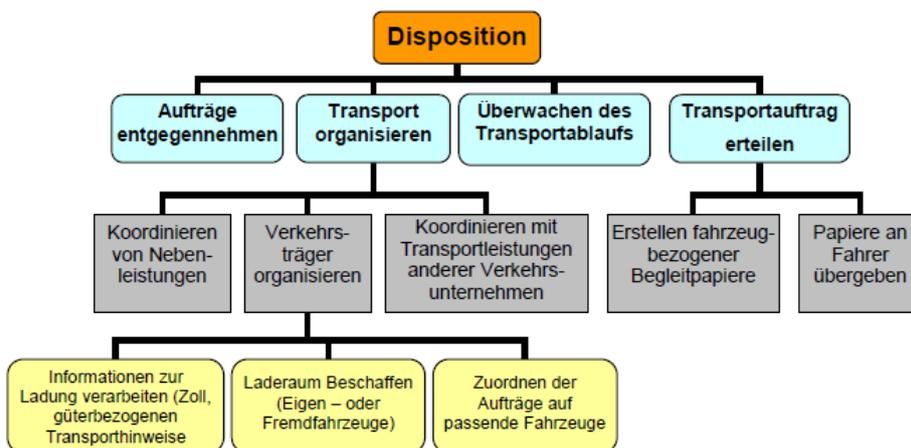


Abbildung 8-7 | Aufgaben der Disposition¹⁰⁶

¹⁰⁶ GÜNTNER, W.; KESSLER, S.; SANLADERER, S.: Transportlogistik am Bau. Forschungsbericht. S. 39

8.4 Transportmittel - Straße

In den folgenden Abschnitten wird auf die verschiedenen Transportmittel der einzelnen Verkehrsträger eingegangen. Für die detailliertere Betrachtung wird im Rahmen dieser Arbeit auf den Straßen- und Bahntransport eingegangen.

8.4.1 Transportmittelauswahl für die Straße

Aus den vorangegangenen Abschnitten ist die Bedeutung des Straßentransportes für die Wirtschaft und die Betonfertigteilindustrie deutlich erkennbar. Der Transport von Betonfertigteilen stellt eine wesentliche Rahmenbedingung für die Abmessungen dieser Teile dar. Der Aufgabenbereich des Transportes beginnt mit dem Umschlag der Fertigteile bei den Produzenten und endet mit der Übergabe auf den Baustellen.

Die Auswahl des richtigen Fahrzeuges unterliegt mehreren Kriterien. In Abbildung 8-8 werden diese angefangen von der Art der Fertigteile über die vorhandenen Abmessungen und Gewichte bis hin zu den Rahmenbedingungen, welche sich aus der Transportstrecke ergeben, aufgelistet. Die einzelnen Kriterien können sich auch untereinander beeinflussen, deshalb sind besonders bei der Vorbereitung und der Streckenstudie die einzelnen Abhängigkeiten der Kriterien untereinander zu prüfen.



Abbildung 8-8 | Fahrzeugauswahl – Kriterien

Der Gesetzgeber gibt ebenfalls Rahmenbedingungen für die maximalen zulässigen Abmessungen (siehe Abbildung 8-9) vor und unterscheidet zwischen einem normalen Transport und einem Sondertransport. Für Sondertransporte sind eigene Genehmigungen samt Auflagen erforderlich.

Die Straßenverkehrsordnung (siehe 8.2.1) regelt unter anderem die Betriebszeiten von Lastkraftwagen und schränkt den Transport somit an Wochenenden und Feiertagen ein. Das Kraftfahrzeuggesetz (KFG) samt Novellen liefert Vorschriften für die Güterbeförderung und den zulässigen Abmessungen, sowie Gesamtgewicht (max. 40t.).

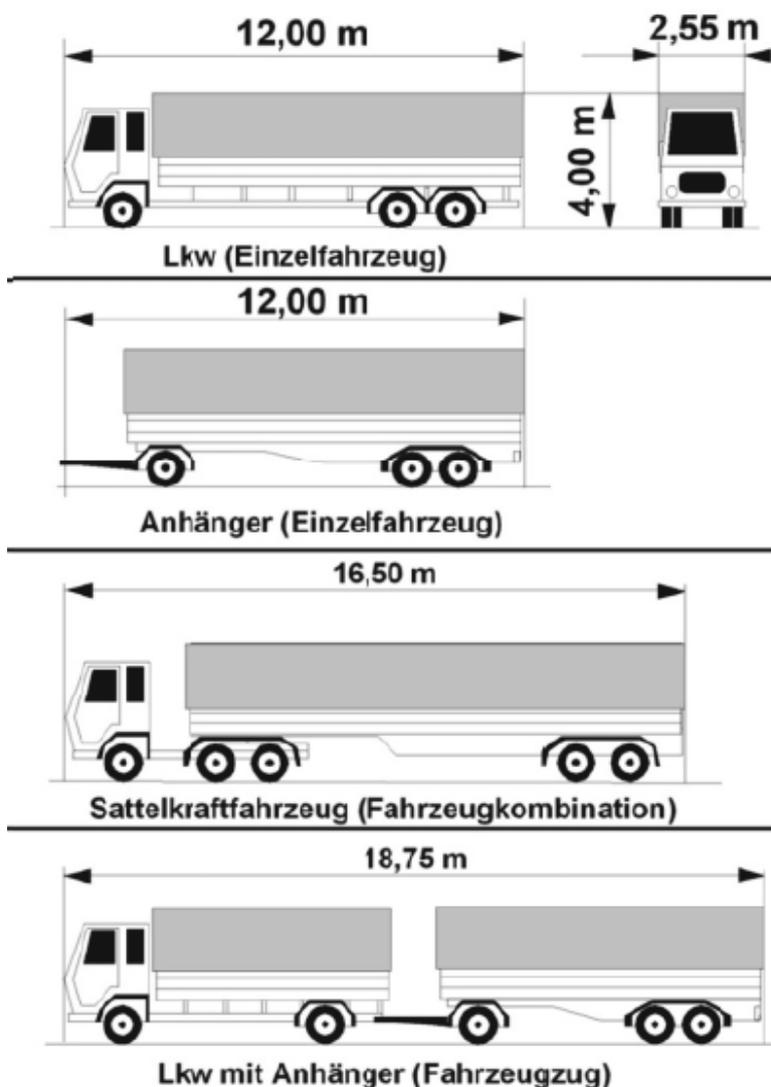


Abbildung 8-9 | Fahrzeugabmessungen¹⁰⁷

¹⁰⁷ KOETHER, R.: Distributionslogistik. S. 191

8.4.2 Sondertransporte

Sämtliche Transporte, welche die in Abbildung 8-9 festgelegten Abmessungen überschreiten, sind Sondertransporte und bewilligungspflichtig. Aufgrund der großen Abmessungen von Fertigteilen, speziell für den Industriebau, sind eine Vielzahl von diesen Transporten Sondertransporte. In Österreich erfolgt die Anmeldung dieser Transporte online über die Internetseite „<http://www.sondertransporte.gv.at>“. In Abhängigkeit der Größe und der Transportstrecke enthält der Bescheid verschiedene Auflagen hinsichtlich der Absicherung und der zeitlichen Durchführung.

Viele Fertigteilhersteller haben ihre Werke in unmittelbarer Nähe an das hochrangige Straßenverkehrsnetz. Die Benützung von Autobahnen und Schnellstraßen unterliegt dadurch zusätzlichen Bestimmungen der ASFINAG. (weitere Informationen unter „www.asfinag.at“)

Die Gesetzgebung regelt nur den Übergang zwischen Normal- und Sondertransport, während die ASFINAG die verschiedenen Sondertransporte in Klassen unterteilt und jeweils unterschiedliche Auflagen erteilt.

	Breite	Gewicht	Höhe	Sperre 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 2 | ASFINAG - Sondertransportklassen¹⁰⁸

¹⁰⁸ ASFINAG: Sperrzeiten. <http://www.asfinag.at/unterwegs/lkw-bus/sondertransporte>. Datum des Zugriffs: 21.10.2014

In Tabelle 2 werden die einzelnen Transportklassen dargestellt. Je nach zugeordneter Klasse unterliegen diese Transporte verschiedenen Auflagen und Sperrzeiten. Sperrzeiten sind jene Zeiträume, in denen keine Sondertransporte am hochrangigen Straßennetz durchgeführt werden dürfen. Mit einigen Ausnahmen von bestimmten Bundesländern sind diese österreichweit einheitlich festgelegt. Durch diese Regelung sind z.B. Transporte der Klasse 3 bis auf wenige Ausnahmen nur in den Nachtstunden möglich. Verläuft eine gewählte Sondertransportstrecke durch einen längeren Tunnel, besonders bei einröhriigen Strecken, ist das vorgegebene Zeitfenster für die Durchfahrt einzuhalten.

Sondertransporte unterscheiden sich hinsichtlich des Planungs- und Durchführungsaufwandes somit zum Großteil sehr stark von Standardtransporten. Bei dem Entwurf von Betonfertigteilen ist deshalb besonderes Augenmerk auch auf den Transport zulegen, um alle Kostenfaktoren und Risiken abschätzen zu können.

8.4.3 Straßendimensionierung

Die Planung und somit der Entwurf von Straßen unterliegt in Österreich der „RVS“ (Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau). Diese trifft Vorgaben für den Trassenverlauf (Linienführung) und den Querschnitt (Breite und Aufbau der Straße uvm.) einer Straße in Abhängigkeit von der Straßenkategorie. Diese Einteilung kann gegliedert werden von der Autobahn und Schnellstraße, bis hin zu regionalen Straßen innerhalb eines Ortes. Sondertransporte befördern die benötigten Betonfertigteile somit über die verschiedensten Straßenkategorien. Deshalb ist besonders auf die vorhandenen Abmessungen und Beschränkungen der Straßen zu achten.

Der Entwurf von Straßen unterliegt folgenden Einflussgrößen:¹⁰⁹

- Räumliche Funktion
- Verkehrliche Funktion (Geschwindigkeit, Verkehrsstärke)
- Umweltauswirkungen
- Verkehrssicherheit
- Umfeld- und Gestaltungsfunktion
- Wirtschaftlichkeit
- Betriebliche Erfordernisse

¹⁰⁹ Vgl. TU GRAZ, INSTITUT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN: Vorlesungsskriptum - Straßenwesen . S. 2-1

Diese Einflussfaktoren zeigen deutlich, dass das Hauptaugenmerk der Planung den Sondertransport nicht berücksichtigt. Jedoch enthalten die vorgeschriebenen Dimensionen zusätzliche Reserven, wodurch Sondertransporte möglich werden. Besonderes Augenmerk bei der Streckenauswahl ist vor allem auf Kreuzungspunkte und Knotenpunkte im Bereich von Autobahnanschlüssen zu legen. Während bei innerstädtischen Kreuzungspunkten Verkehrslichtsignalanlagen oft die vorhandenen Kurvenradien und Durchfahrthöhen einschränken, ist man bei Autobahnauffahrten und –abfahrten, sowie Autobahnknoten mit teilweise sehr engen Kurvenradien, Wegweisern und Vegetation konfrontiert.

In Abbildung 8-10 ist als Beispiel der Autobahnknoten Graz-West dargestellt. Für Sondertransporte ist bei der Planung besonders auf die gewünschte Fahrtrichtung zu achten, da die einzelnen Verbindungswege unterschiedliche Kurvenradien aufweisen können. Während die Anbindung von Süden in Richtung Osten ohne Probleme funktionieren würde, müsste der Anschluss von Süden nach Westen überprüft werden. Aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Knotenarten ist somit die gesamte Transportstrecke hinsichtlich Radien, Durchfahrthöhen und eventuell anderen Beeinträchtigungen zu prüfen.

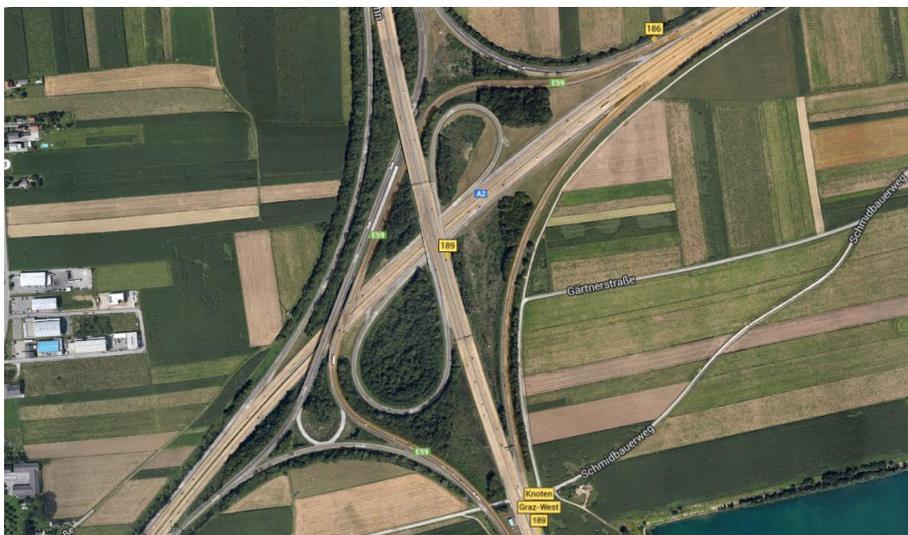


Abbildung 8-10 | Autobahnknoten Graz-West¹¹⁰

¹¹⁰ <https://www.google.at/maps>. Datum des Zugriffs: 21.10.2014

Im innerstädtischen Bereich bilden neben den vergleichsweise engen Straßen vor allem Kreuzungspunkte Erschwernisse aufgrund von vorhandenen Verkehrslichtsignalanlagen, Straßenbeschilderungen und Verkehrsinseln. Oftmals fehlen jedoch alternative Transportstrecken, somit müssen Sondertransporte durch diese Engstellen geführt werden und dies ist teilweise mit sehr hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Neben Verkehrslichtsignalanlagen und Oberleitungen sind viele Einrichtungen zu demontieren und anschließend wieder zu montieren. Abgesehen von den erforderlichen gesetzlichen Genehmigungen für diese Maßnahmen, haben diese Transporte eine große finanzielle Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit von Bauprojekten.

Auf Freilandstraßen und im speziellen bei Ortseinfahrten werden oftmals Kreisverkehre ausgebildet. Diese können mit ihren Abmessungen, besonders hinsichtlich der Radien, ein Hindernis für jeden Sondertransport darstellen. Abbildung 8-11 zeigt die Standardabmessungen eines Kreisverkehrs laut RVS (Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau).

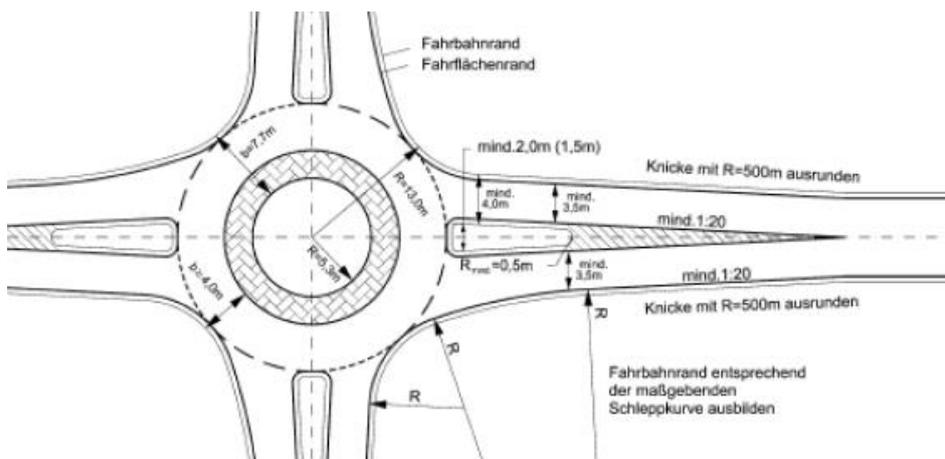


Abbildung 8-11 | Kreisverkehr mit 26 m Durchmesser – RSV 03.05.14¹¹¹

Im alltäglichen Geschäftsleben sind die Bedeutung der Transportplanung und deren Vorbereitungsmaßnahmen vor allem bei Logistikunternehmen, welche Sondertransporte durchführen, bekannt. Im Rahmen dieser Arbeit werden die wichtigsten Rahmenbedingungen und Maßnahmen für einen erfolgreichen Transport, unter Berücksichtigung der Kosten und Risiken, erläutert. In der Praxis ist bzw. kann sich jede Transportstrecke von der anderen unterscheiden. Deshalb ist es besonders wichtig die aufgezählten Kriterien jeweils zu prüfen und jene Maßnahmen zu setzen, die den technischen und wirtschaftlichen Erfolg des Transportes gewährleisten.

¹¹¹ TU GRAZ, INSTITUT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESSEN: Vorlesungsskriptum - Straßenwesen . S. 8-22

8.4.4 Routenauswahl

In den vorangegangenen Abschnitten wurden verschiedene Aspekte für die Auswahl des Transportmittels und der Transportroute erläutert. Im nachfolgenden wird beschrieben, welche Informationen benötigt werden und woher diese Informationen zu bekommen sind.

Bei Normaltransporten, welche die in Abbildung 8-9 festgelegten Abmessungen nicht überschreiten, sind auf dem öffentlichen Straßennetz (Autobahnen, Schnellstraßen und Straßen innerorts) keine Einschränkungen aufgrund von Kurvenradien, Durchfahrtshöhen und Gewichtsbeschränkungen zu erwarten. Nebenstraßen innerorts sowie Privatstraßen und Zufahrtswege sind jedoch hinsichtlich Gewichtsbeschränkungen und Platzbedarf zu überprüfen. In der Regel ist somit nur ein geringer Prozentsatz der gesamten Transportstrecke auf eventuelle Engstellen zu überprüfen und der Aufwand wird gering gehalten. Besondere Rücksicht ist jedoch auf Baustellen, Umleitungen und andere Verkehrsbehinderungen zu nehmen. Für die Planung der Route kann „Google Maps“¹¹² verwendet werden.

Bei Sondertransporten, welche die in Abbildung 8-9 festgelegten Abmessungen überschreiten, sind eine Reihe von Vorbereitungsmaßnahmen zu treffen. In einem ersten Schritt sind sämtliche Informationen über das Transportfahrzeug (Abmessungen, Gewicht, Radian) zu sammeln. Im nächsten Schritt erfolgt die Vorauswahl der Transportroute. Mithilfe von „Google Maps“ können verschiedene Varianten geprüft werden. Ebenfalls kann die gewählte Transportstrecke auf eventuelle Engstellen direkt online überprüft und Abmessungen der Straßen grob ermittelt werden. Grundsätzlich empfiehlt es sich die Transportroute so lang wie möglich über das hochrangige Straßennetz zu führen, um etwaige Hindernisse aufgrund von Durchfahrtshöhen und Kurvenradien zu vermeiden.

Sind diese Vorbereitungsmaßnahmen durchgeführt, muss ein Antrag an die zuständige Landesregierung gestellt werden. Dies erfolgt über ein Online-Portal (<http://www.sondertransporte.gv.at>). Der Antrag enthält Informationen über die geplante Transportstrecke, detaillierte Informationen zu den Lasten und Abmessungen sowie zum geplanten Durchführungszeitraum. Die Landesregierung hat die Aufgabe, diesen Antrag zu bearbeiten und einen Bescheid zu erstellen. In diesem ist die Stellungnahme der ASFINAG hinsichtlich der technischen und statischen Kriterien eingearbeitet. Durch diese Maßnahmen wird sichergestellt, dass alle Sicherheits- und Erhaltungsstandards eingehalten werden. Zusätzlich

¹¹² www.google.at/maps

erfolgt die Vorgabe von Sperrzeiten, in denen Schwertransporte unter Berücksichtigung der Streckenverfügbarkeit untersagt werden.¹¹³

Der Bescheid enthält somit alle Auflagen von Sperrzeiten bis hin zur Absicherung des Transportes. In Abhängigkeit der Transporte ist es erforderlich, den Transport vor der Durchführung der ASFINAG zu melden. Bei Sondertransporten durch Tunnel sind die planmäßige Anmeldung bei der zuständigen Verkehrsmanagementzentrale (siehe Abbildung 8-12) und die zeitliche Durchführung besonders bedeutsam.

Zuständigkeitsbereiche der regionalen Verkehrsmanagementzentralen

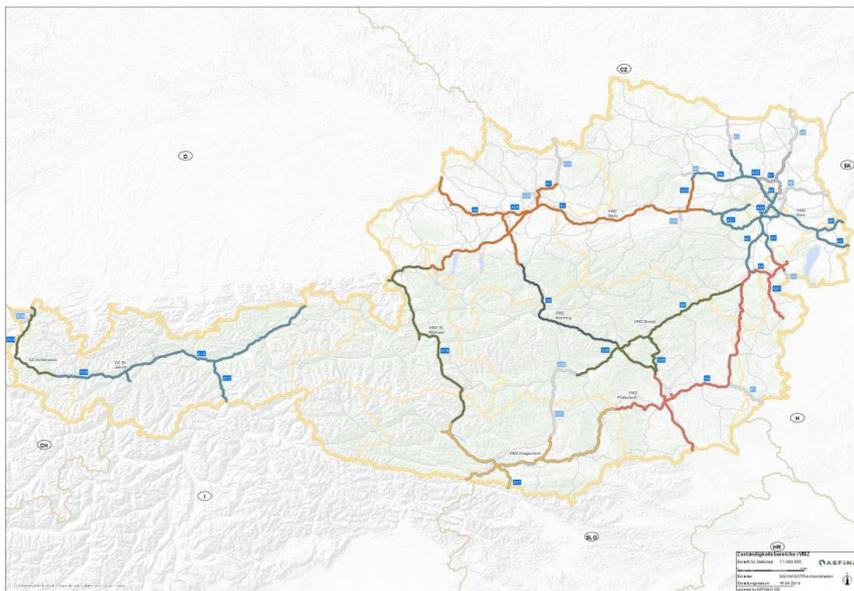


Abbildung 8-12 | Zuständigkeitsbereiche - ASFINAG¹¹⁴

Führen Transportstrecken durch innerstädtisches Gebiet stellen die vorhandenen Beschilderungen, Oberleitungen und Verkehrslichtsignalanlagen zusätzliche Hindernisse dar. Bei entsprechender Planung und den vorhandenen behördlichen Bescheiden müssen diese eventuell temporär entfernt werden.

Zusammengefasst erkennt man den bei Sondertransporten zusätzlich entstehenden Mehraufwand, der sich in der Wirtschaftlichkeit von Betonfertigteilen widerspiegelt.

¹¹³ Vgl. <http://www.asfinag.at/unterwegs/lkw-bus/sondertransporte>. Datum des Zugriffs: 25.11.2014

¹¹⁴ ASFINAG: Zuständigkeitsbereiche - VKMZ. <http://www.asfinag.at/unterwegs/lkw-bus/sondertransporte>. Datum des Zugriffs: 25.11.2014

8.4.5 Transportmittelarten

Die zu transportierenden Betonfertigteile haben die verschiedensten Abmessungen und Formen. Angefangen von langgestreckten Hohldieleckendecken über Binderkonstruktionen bis hin zu flächigen Elementen wie Hohlwände und Massivkonstruktionen. Deshalb benötigt der Transport von Betonfertigteilen verschiedene, auf das Bauteil abgestimmte Transportgeräte. Diese werden unter Berücksichtigung der Auswahlkriterien, welche bereits in Abbildung 8-8 aufgelistet sind, ausgewählt. Im Folgenden werden die am häufigsten eingesetzten Systeme angeführt. Diese bestehen in der Regel aus der Zugmaschine und einem entsprechend auf die Anforderungen abgestimmten Anhänger.

Semi-Tieflader

Semi-Tieflader kennzeichnen sich durch die, bis auf den vorderen Teil, durchgehende Ladefläche mit einer etwas erhöhten Ladekante im Vergleich zu Tiefbett-Anhängern. Mit Längen bis ca. 30 m können langgestreckte Betonfertigteile transportiert werden.



Abbildung 8-13 | Semitiefvlader¹¹⁵

¹¹⁵ <http://www.universal-transport.com/unternehmen/fuhrpark/>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

Tiefbettauflieger

Tiefbettauflieger werden neben dem Transport von Baugeräten unter anderem auch für den Transport von Betonfertigteilen eingesetzt. Die zu transportierende Last wird dabei zwischen den tragenden Achsen gelagert. Aufgrund dieser Bauform haben Tiefbettauflieger eine sehr niedrige Ladekante, eine große Länge (bis zu 45m) und ist für Fertigteile mit großen Volumen geeignet.



Abbildung 8-14 | Tiefbettauflieger¹¹⁶

Sattel- und Telesattelaufleger

Kennzeichnen sich durch eine erhöhte und durchgehende Ladefläche. Mithilfe des Telesattels kann dieser die Ausgangslänge fast verdoppeln und ist für langgestreckte Bauteile (Träger, Hohldielen, Elementdecken, usw.) gut geeignet.



Abbildung 8-15 | Telesattel¹¹⁷

¹¹⁶ <http://www.faymonville.com/vehicules.aspx>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

¹¹⁷ <http://www.universal-transport.com/unternehmen/fuhrpark/>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

Zugmaschine mit Nachläufer

Bei diesem Transportmittel ist die Zugmaschine von dem Nachläufer konstruktiv komplett getrennt. Der Nachläufer ist nur zur Steuerung mit der Zugmaschine verbunden.



Abbildung 8-16 | Transport - Betonfertigteilbinder¹¹⁸

Durch diese Technik können und werden die bisher längsten Betonfertigteile transportiert. Betonfertigteilbinder mit über 50 m Länge (Abbildung 8-16) können durch dieses flexible System, selbst über sehr enge Knotenpunkte und Passagen geführt werden. Ein weiteres Hauptanwendungsgebiet dieser Fahrzeuge ist der Fertigteil - Brückenbau (Abbildung 8-17).



Abbildung 8-17 | Transport – Fertigteil-Brückenträger¹¹⁹

¹¹⁸ <http://www.universal-transport.com/unternehmen/fuhrpark/>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

¹¹⁹ <http://www.universal-transport.com/unternehmen/fuhrpark/>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

Innenlader

Die bisher aufgelisteten Transportmittel finden ihren Einsatz vorwiegend bei Betonfertigteilen mit großen Längen. Einzige Ausnahme bildet der Sattelaufleger, welcher unter anderem besonders geeignet für den Transport von Elementdecken, Hohldielen, Träger und Stützen ist. Für den Transport von Fertigteilen mit vorwiegend vertikaler Ausrichtung (Hohlwände, Massivwände sowie Balkonfertigteilelemente) werden Innenlader verwendet.

Die Betonfertigteile werden im letzten Produktionsschritt (Abbildung 8-18) für den Abtransport in einem Transportgestell fixiert und für die Abholung durch den Innenlader vorbereitet.



Abbildung 8-18 | Transportgestell¹²⁰

Die Beladung erfolgt durch das Absenken des Anhängers und dem Einfädeln des Transportgestelles. Anschließend wird die Ladung zusätzlich gegen Kippen gesichert.



Abbildung 8-19 | Innenlader¹²¹

¹²⁰ <http://www.vollert.de/produkte/baustoffanlagen/maschinen-anlagen-und-komponenten-fuer-die-betonfertigteilindustrie/produktionsverfahren-fuer-betonfertigteile/palettenumlaufanlage/>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014

¹²¹ <http://www.faymonville.com/vehicules.aspx>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

8.5 Transportmittel – Bahn

Die Randbedingungen für den Einsatz des Bahntransportes wurden in Abschnitt 8.2.2 erläutert. Werden diese Randbedingungen erfüllt, erfolgt der Transport je nach vorhandener Infrastruktur entweder direkt vom Hersteller in Richtung des Einsatzortes oder es werden die Betonfertigteile erst bei der nächstgelegenen Anschlussstelle auf die Schiene umgeschlagen. Weitere Informationen zu den verschiedenen Transportmöglichkeiten finden sich im Internet unter „<http://www.railcargo.at/>“.

Abbildung 8-20 zeigt das Verladen von Hohldielen auf Flachwagen. Diese eignen sich besonders für langgestreckte Betonfertigteile. Für das Beladen kommen entweder Autokrane oder in stationären Werken Portalkrane zum Einsatz.



Abbildung 8-20 | Verladen der Betonfertigteile¹²²

Nach erfolgter Ladungssicherung kann der Transport beginnen. Die Vorteile hierbei liegen in der großen Transportmenge von langgestreckten Betonfertigteilen, wie in Abbildung 8-21 ersichtlich.



Abbildung 8-21 | Bahntransport von Fertigteilen¹²³

¹²² <http://www.vs-west.at/DE/vs-transport.asp>. Datum des Zugriffs: 28.10.2014

¹²³ http://www.hansgruener.de/docs_d/kanal_n_050/32_me_j.htm. Datum des Zugriffs: 28.10.2014

8.6 Baustraßen und Stellflächen

Baustraßen sind entsprechend den Anforderungen der Transportmittel herzustellen. Im Zuge der Planung der Baustelleneinrichtung ist besonders auf den Anschluss an das öffentliche Straßennetz, den erforderlichen Platzbedarf sowie auf die geforderte Tragfähigkeit des Untergrundes zu achten. Im Betonfertigteilterbau werden große Mengen von Fertigteilen oft in sehr kurzer Zeit eingebaut und es befinden sich mehrere Transportfahrzeuge im Einsatz. Stehen auf dem Baufeld nicht genügend Stellflächen zur Verfügung, so sind diese baustellenahne zur Verfügung zu stellen, um Stilliegezeiten bei der Montage zu vermeiden. Bei der Dimensionierung der Baustraße sind die besonderen Querschnittsanforderungen sowie Wendemöglichkeiten vorzusehen, um einen ungestörten Bauablauf zu ermöglichen. Die erforderlichen Hebezeuge sind neben den Abmessungen und Gewichten der Fertigteile an die Baustellenbedingungen und Reichweiten anzupassen. Werden mobile Hebezeuge erforderlich, sind zusätzliche Aufstellflächen, Anfahrts- und Aufstellkosten bei der Planung zu berücksichtigen.

8.6.1 Planungsgrundsätze für Baustraßen

Neben den allgemeinen Grundsätzen der Baustelleneinrichtung ist für den Betonfertigteilterbau die Ausbildung der Baustraße für den Transport von großer Bedeutung. Abbildung 8-22 zeigt die drei verschiedenen Grundarten von Baustraßen, angefangen von der Stichstraße bis hin zu einer Durchfahrt. Umfahrt und Durchfahrt bieten hierbei vor allem für Sondertransporte Vorteile, da diese nicht wenden oder rückwärts in die Baustelle einfahren müssen. Dies verkürzt die Entladezeit und verringert den benötigten Platzbedarf. Mithilfe von Schleppkurven werden die entsprechenden Kurvenradien bei der Planung berücksichtigt.

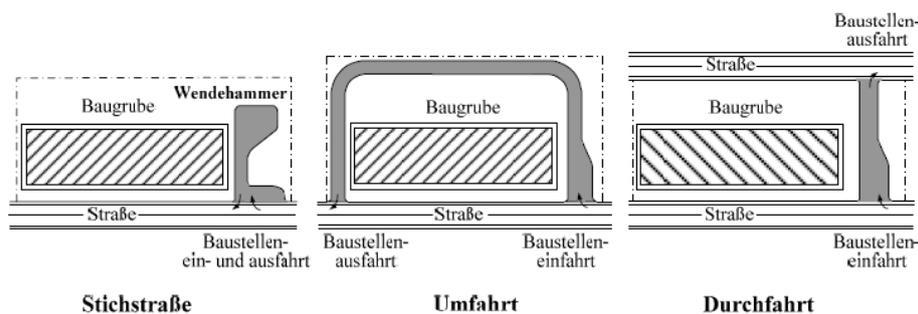


Abbildung 8-22 | Baustraßen¹²⁴

¹²⁴ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. S. 97

Bei dem Einsatz von mobilen Hebezeugen und Sondertransporten ist des Weiteren auf die Längsneigung der Baustraßen (siehe Tabelle 3) zu achten. Besonders bei sehr schweren Transporten kann diese die Durchführung behindern.

Geländeverhältnisse	maximale Längsneigung von Baustraßen
normal	5 % bis 10 %
extrem (z. B. Hochgebirge)	bis 15 %
sehr kurze Steigungen, z. B. Rampen (nur mit Allradfahrzeugen befahrbar)	circa 40 %

Tabelle 3 | Längsneigung von Baustraßen (Richtwerte)¹²⁵

8.6.2 Wendemöglichkeiten

Ist keine Durchfahrt oder Umfahrt des Baufeldes möglich sind Wendemöglichkeiten innerhalb der Baustelle erforderlich. Die Literatur unterscheidet dabei die in Abbildung 8-23 dargestellten Formen des Wendekreises, der Wendepalte und des Wendehammers.

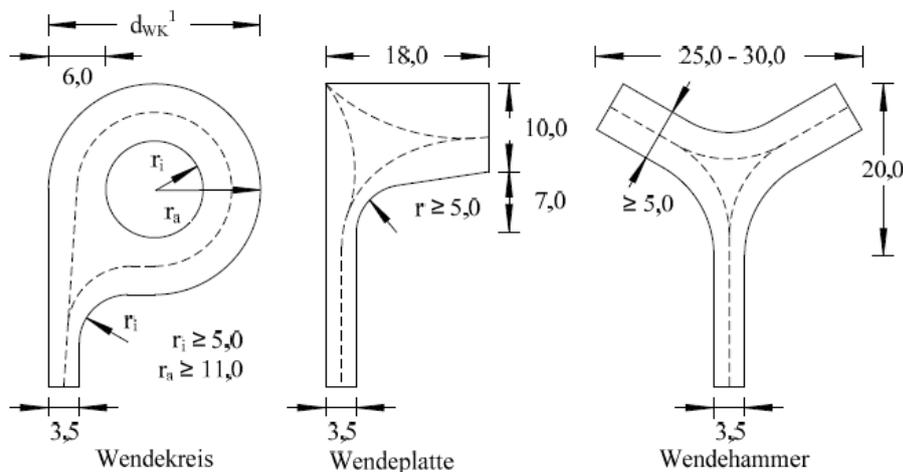


Abbildung 8-23 | Wendemöglichkeiten¹²⁶

Diese Grundformen sind Richtwerte für den allgemeinen Baustellenverkehr bis hin zu Sattelzügen. Für größere Abmessungen von Sondertransporten sind diese Abmessungen den Erfordernissen entsprechend anzupassen.

¹²⁵ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. S. 103

¹²⁶ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. S. 102

9 Montage von Betonfertigteilen

Nach der Produktion und dem Transport der Betonfertigteile bildet die Montage der Fertigteile auf der Baustelle den letzten Schritt im Fertigteilbau. Nachdem die verschiedensten Randbedingungen, welche durch die Produktion und den Transport der Fertigteile entstehen, bereits erläutert wurden, beschäftigt sich dieser Abschnitt mit den wichtigsten Maßnahmen für die erfolgreiche Montage auf der Baustelle.

In Abbildung 9-1 werden jene Faktoren aufgelistet, welche Einfluss auf die Montage von Betonfertigteilen haben. Die Art des Betonfertigteiles bestimmt die erforderlichen Hebezeuge, Hilfsmittel und einsetzbaren Fügetechniken. Neben der Komplexität des Bauwerkes und den spezifischen Bedingungen der Baustelleneinrichtung sind die Planung der Lieferung und der Montagereihenfolge von großer Bedeutung für den Erfolg der Baumaßnahme. In den nachstehenden Abschnitten wird auf einzelne Einflussfaktoren näher eingegangen.



Abbildung 9-1 | Einflussfaktoren auf die Montage

9.1 Montageplanung & Montage

Der Einsatz von Betonfertigteilen wird in der Regel entweder im Zuge der Planung oder im Zuge der Arbeitsvorbereitung und Optimierung des Bauablaufes berücksichtigt. Neben den Randbedingungen aus Konstruktion, Produktion und Transport werden in dieser Phase bereits Überlegungen zur Montage auf der Baustelle getätigt. Die detaillierte Ablaufplanung sowie der Versetzplan werden jedoch erst mit ausreichend Planvorlauf vor der Montage der Fertigteile erstellt. Der nachfolgende Abschnitt beschreibt die einzelnen Maßnahmen im Bereich der Planung und der Ausführung auf der Baustelle.

9.1.1 Vorbereitungsmaßnahmen

Die Vorbereitungsmaßnahmen (siehe Abbildung 9-2) für die Montage von Betonfertigteilen betreffen die Organisation und die technische Umsetzung auf der Baustelle. Die Beteiligten, angefangen bei dem Produzenten bis hin zum ausführenden Unternehmen, sind für diese Vorbereitungsmaßnahmen zuständig. Welche Aufgaben und Zuständigkeiten der Vertragspartner besitzt, regelt der Vertrag. In Nachfolgendem werden allgemeine, für den Fertigteilbau geltende Vorbereitungsmaßnahmen aufgelistet. In Abhängigkeit der Art der Fertigteile unterscheiden sich die Anforderungen in Art und Umfang.

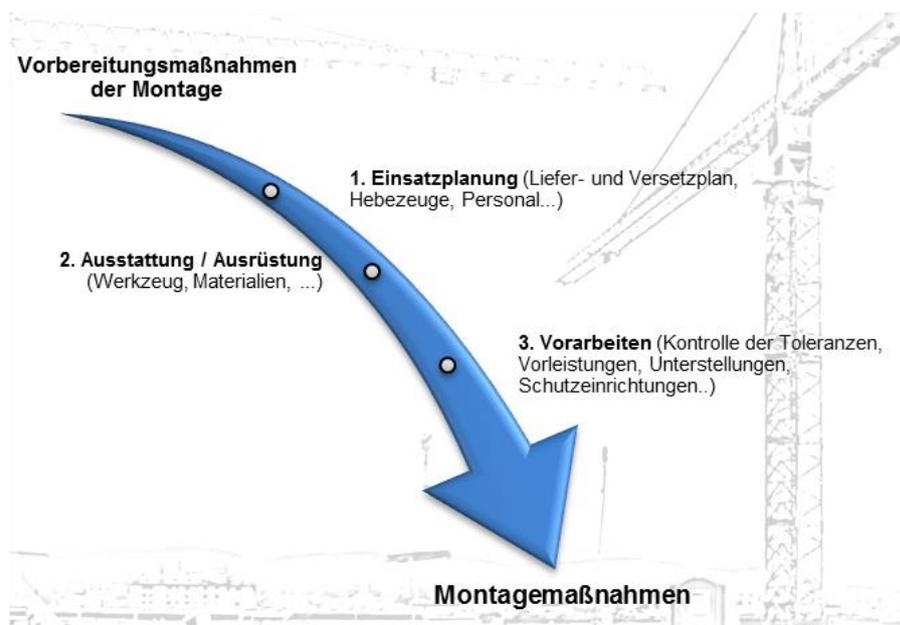


Abbildung 9-2 | Vorbereitungsmaßnahmen der Montage

Unter dem Punkt Vorarbeiten werden jene Maßnahmen aufgelistet, welche in kurzen zeitlichen Abstand vor der Montage durchgeführt werden. Die Vorleistungen werden auf Tragfähigkeit und Standsicherheit sowie auf Einhaltung der geforderten Toleranzen überprüft. Des Weiteren ist die korrekte Lage der eventuell vorhandenen Anschlussbewehrung (siehe Abbildung 9-4) zu prüfen und die Auflagerpunkte der Fertigteile einzumessen.

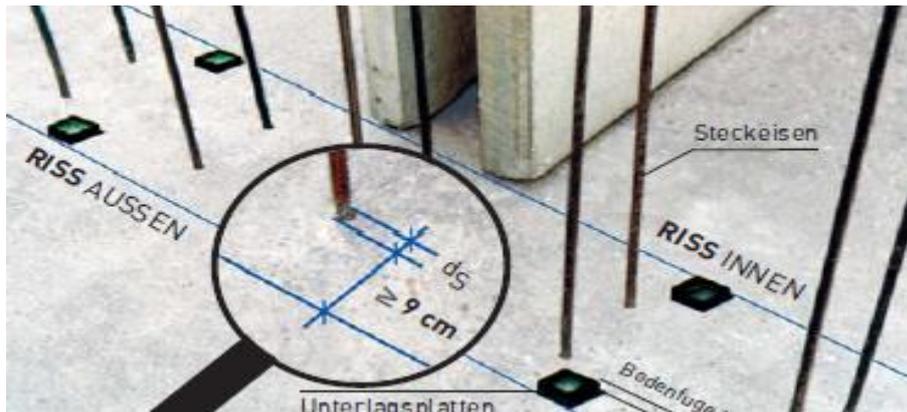


Abbildung 9-4 | Auflagerpunkte und Anschlussbewehrung¹²⁸

Je nach Art der Betonfertigteile sind Montageunterstellungen (siehe Abbildung 9-5) und Stützeinrichtungen erforderlich. Um die Arbeitssicherheit zu gewährleisten sind Arbeits- und Schutzgerüste dem Bauvorhaben entsprechend herzustellen. Zufahrten und Stellflächen müssen den Anforderungen der Transportfahrzeuge und Hebezeuge entsprechen. Besondere Rücksichtnahme bei der Planung ist auf Oberleitungen und vorhandene Bäume zu nehmen.



Abbildung 9-5 | Montageunterstellung bei Elementdecken¹²⁹

¹²⁸ VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Montageanleitung für Doppelwände. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

¹²⁹ VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Montageanleitung für Elementdecken. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

9.1.2 Montage

Nachdem sämtliche Vorbereitungsmaßnahmen getroffen wurden, erfolgt die Montage der Betonfertigteile. Diese beinhaltet die in Abbildung 9-6 dargestellten Maßnahmen bzw. Arbeitsschritte. Als Grundlage dienen hierfür ebenfalls die „VÖB-Richtlinien“ (Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke) für die Montage von Fertigteilen.¹³⁰

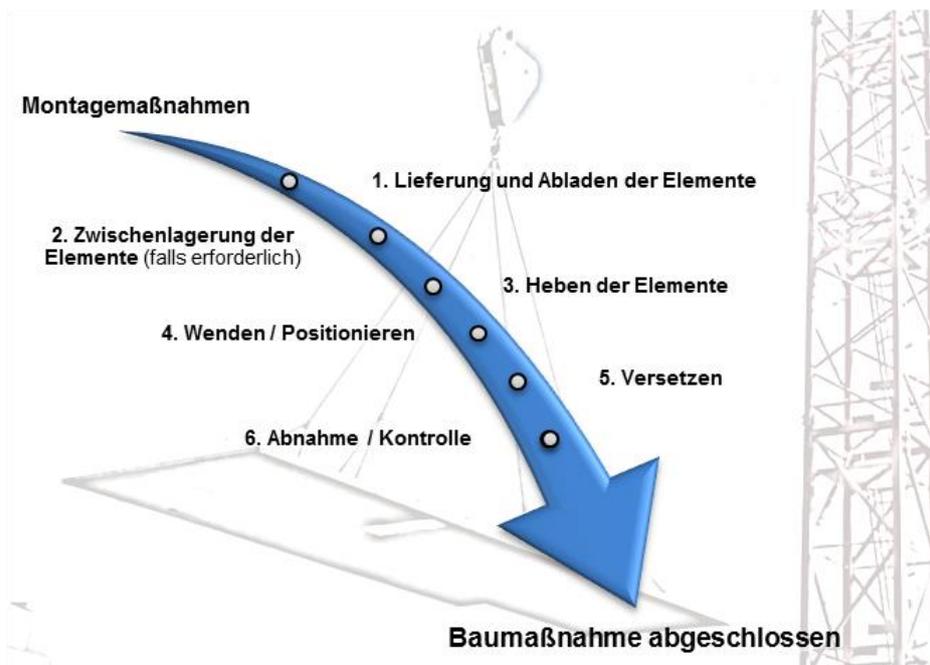


Abbildung 9-6 | Montage von Betonfertigteilen

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Bereich der Montagemaßnahmen vom Eintreffen der Fertigteile auf der Baustelle, bis zur Abnahme bzw. Kontrolle der versetzten Fertigteile definiert. Im ersten Schritt werden die auf der Baustelle eintreffenden Betonfertigteile hinsichtlich Lieferplanung und Versetzplanung kontrolliert, um mögliche Verwechslungen aufgrund der Vielzahl an Fertigteilen zu vermeiden. Stimmen die Elementnummern mit dem Verlegeplan überein, kann mit dem Abladevorgang begonnen werden. Die Betonfertigteile werden je nach geplante Bauablauf direkt versetzt oder zwischengelagert. Bei der Zwischenlagerung von Elementen ist auf die spezifischen Anforderungen hinsichtlich der Lagerpunkte, Standsicherheit und den Schutz vor Witterungseinflüssen zu achten. Grundsätzlich empfiehlt es sich jedoch, aufgrund des verringerten Arbeitsaufwandes, die Betonfertigteile in der Regel direkt vom Transportfahrzeug zu versetzen. Ausnahmen hierbei stellen Fertigteile, welche mithilfe einer Transportbox und eines Innenladers angeliefert werden.

¹³⁰ VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Montageanleitung für Doppelwände. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

Diese können direkt auf der Baustelle abgestellt und somit mit ausreichend zeitlichem Vorlauf angeliefert werden. Abbildung 9-7 zeigt einen Innenlader, welcher unter anderem für den Transport von Wandelementen eingesetzt wird.



Abbildung 9-7 | Beispielbild – Innenlader¹³¹

Das Heben der Elemente (siehe Abbildung 9-8) erfolgt mit dem geeigneten Hebezeug (in der Regel Fahrzeugkran oder Turmdrehkran) unter Berücksichtigung der vorhandenen, gekennzeichneten Ankerstellen. Der für den Anschlag zuständige Monteur hat neben der Kontrolle des Fertigteiltes die Aufgabe, sämtliche vom Hersteller vorgegebene Ankerstellen unter Berücksichtigung des geeigneten Gehänges zu verwenden. Besonders bei Fertigteilen stellt der Montagezustand außergewöhnliche Einwirkungen dar. Die vorhandenen Ankerstellen werden nach statischem Erfordernis dimensioniert und sind unbedingt einzuhalten.

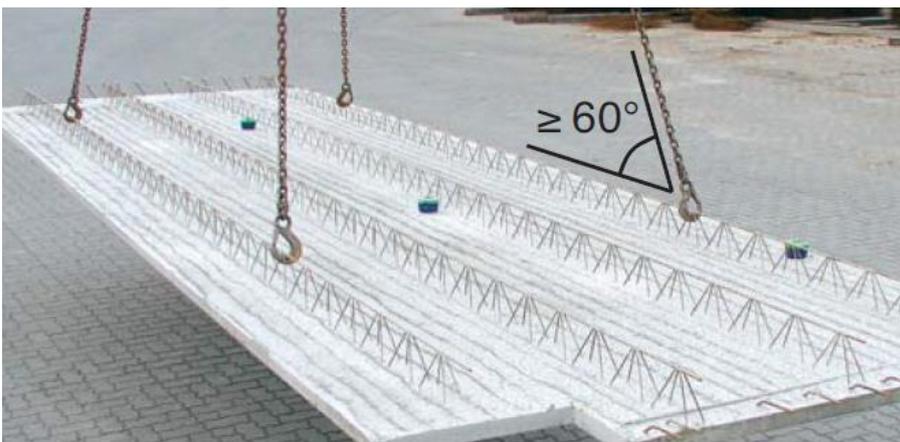


Abbildung 9-8 | Beispielbild – Heben einer Elementdecke¹³²

¹³¹ <http://www.faymonville.com/vehicules.aspx>. Datum des Zugriffs: 23.10.2014

¹³² VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Montageanleitung für Elementdecken. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

In Abhängigkeit der Art des Fertigteiltes und dessen Transportes kann das Wenden des Betonfertigteiles notwendig sein. In diesen Fällen ist besonders auf die Angaben des Produzenten zu achten, um Schäden zu vermeiden. Ist das Element entsprechend positioniert, erfolgt der Transport zur Einbaustelle. Für das Versetzen der Betonfertigteile werden je nach Größe, Gewicht und Komplexität mehrere Arbeitskräfte und Hilfsmittel benötigt. Die Abstimmung der Werkzeuge und die Einweisung des Personals erfolgen deshalb während den Vorbereitungsmaßnahmen. Als Beispiel zeigt Abbildung 9-9 das Versetzen eines Betonfertigteildbinders mittels Autokran im Industriebau. Aufgrund großer Höhen benötigen Monteure zusätzliche Hubwagen und Schutzeinrichtungen.



Abbildung 9-9 | Montage eines Fertigteilbinders¹³³

Im letzten Schritt erfolgt die Kontrolle der versetzten Fertigteile hinsichtlich Lage, Toleranzen und eventuell erforderlichen Montagestützungen während des weiteren Bauablaufes. Je nach Vertrag und Beteiligten erfolgt die Abnahme und somit der Gefahrenübergang bereits vor oder erst nach der Montage der Betonfertigteile.

¹³³ <http://www.habau.at/leistungsbereiche/fertigteilbau/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

9.2 Hebezeuge

Als Hebezeuge werden auf den Baustellen vor allem Krane eingesetzt. Diese sind für den gesamten Bauablauf von größter Bedeutung, angefangen bei dem Umschlag von Lieferungen, bis hin zur Versorgung der Arbeitskräfte mit den verschiedensten Materialien und Stoffen. Die Auswahl des Kranes unterliegt dabei den verschiedensten Bedingungen. Neben der Bauweise und den damit verbundenen erforderlichen Krankapazitäten, sind vor allem Randbedingungen aus der Geometrie des Bauwerkes und den Abmessungen der zu befördernden Bauteile zu berücksichtigen. Bei dem Einsatz von Betonfertigteilen ist deshalb bei der Baustelleneinrichtungsplanung besonders auf die Auswahl der Krane zu achten. Während Fertigteile wie Elementdecken mit dem Turmdrehkran versetzt werden können, werden für Betonfertigteilträger Fahrzeugkrane erforderlich. Im Rahmen dieser Arbeit fällt die Betrachtung der Hebezeuge auf Turmdrehkrane und Fahrzeugkrane.

9.2.1 Einteilung der Baustellenkrane

Abbildung 9-10 zeigt die Unterteilung der für den Betonfertigteilbau eingesetzten Krane. Unter den Punkt Sonderformen fallen unter anderem Kabelkrane und Portalkrane, welche vollständigshalber angeführt werden.

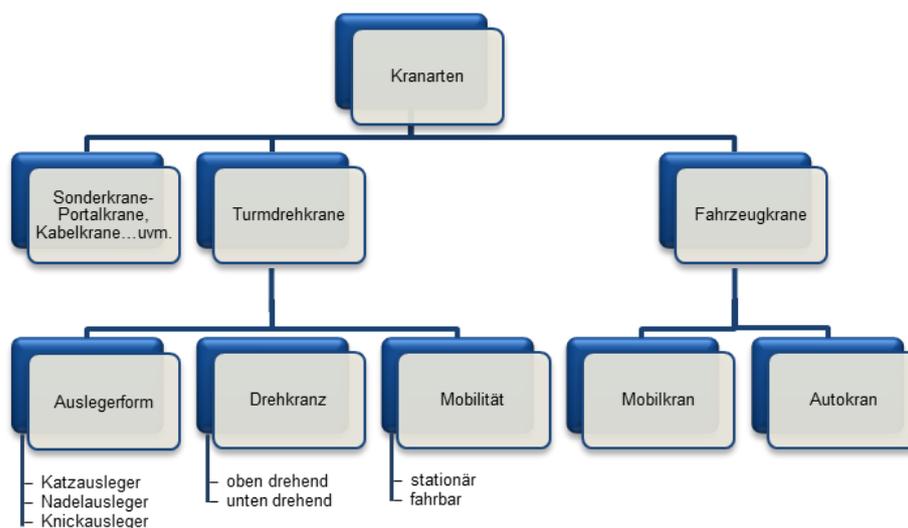


Abbildung 9-10 | Einteilung der Baustellenkrane (in Anlehnung an Schach R.)¹³⁴

¹³⁴ Vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. S. 16 ff

9.2.2 Kenngrößen für Baustellenkrane

Als Kenngrößen für die Auswahl des entsprechenden Kranes dienen folgende Faktoren:

- Traglast und Lastmoment
- Ausladung
- Hakenhöhe
- Geschwindigkeit
- Gerätekosten

Die Auswahl des Kranes kann aufgrund dieser Kenngrößen des Weiteren in bauverfahrenstechnische, gerätespezifische und wirtschaftliche Kriterien gegliedert werden. Unter bauverfahrenstechnische Kriterien fallen das eingesetzte Bauverfahren, die zu versorgende Baufläche sowie das Bauvolumen und kranegebundene Arbeitsvorgänge. Die erforderliche Traglast, Ausladung und Hakenhöhe fallen unter gerätespezifische Kriterien, welche besonders bei dem Einsatz von Betonfertigteilen zu berücksichtigen sind. Als drittes Auswahlkriterium ist die Wirtschaftlichkeit des eingesetzten Hebezeuges hinsichtlich der zu erwartenden Betriebskosten, des Transportes, der Montage und Demontage zu prüfen.¹³⁵

Aufgrund dieser genannten Kriterien ist der Turmdrehkran das universell einsetzbare Hebewerkzeug im Hochbau. Die im Wohnungs- und Gewerbebau verwendeten Betonfertigteile, angefangen von Elementdecken und Hohlwänden, bis hin zu Fertigteilstiegen können mit einem entsprechenden Turmdrehkran versetzt werden. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch das relativ hohe Gewicht von Fertigteilen und somit die Wirtschaftlichkeit eines Turmdrehkranes mit dieser Traglast. Fahrzeugkrane haben ihre Vorteile in der viel höheren Traglast und den flexiblen Aufstellungsmöglichkeiten. Aufgrund dieser Möglichkeiten werden Fahrzeugkrane für größere Betonfertigteile im Industrie- und Infrastrukturbau sowie als zusätzliches Hebezeug im Hochbau eingesetzt.

¹³⁵ Vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. S. 18

9.2.3 Turmdrehkrane

Turmdrehkrane können wie bereits in Abbildung 9-10 dargestellt in den verschiedensten Varianten ausgeführt werden. Aufgrund der Bauform werden unten drehende und oben drehende Krane unterschieden. Die Auslegerart von Laufkatzausleger bis Knickausleger beeinflusst zusätzlich den Schwenkbereich und somit die Funktionalität.

Die Abbildung 9-11 zeigt als Beispiel für den Einsatz eines Turmdrehkranes das Verlegen von Elementdecken.



Abbildung 9-11 | Beispielbild – Versetzen von Elementdecken

In Tabelle 4 wird eine grobe Einteilung der Krangrößen vorgenommen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Werte nur Richtgrößen darstellen und in der Praxis die Produktdaten des Herstellers zu verwenden sind. Die angegebenen Werte hinsichtlich Abmessungen und Traglasten stellen ebenfalls nur häufig vorkommende Durchschnittswerte dar. Die größten am Markt befindlichen Krane überschreiten die Werte dieser Tabelle erheblich. Weiterführende Informationen hierzu unter <http://www.liebherr.com/> oder <http://www.wolffkran.at/>.

Art	Größe des Kranes	Gründungsarten	erforderl. Stellfläche ²⁵	max. Hakenhöhe	max. Ausladung	max. Traglast	max. Traglast (Spitze) ²⁶	max. Lastmoment
Unten-dreher	klein	Betonplatten,	Ø 5,0 m	20 m	25 m	2,5 t	1,0 t	20 tm
	mittel	Stahlplatten,	Ø 8,0 m	30 m	40 m	5,0 t	1,7 t	50 tm
	groß	Kanthölzer, Gleis	Ø 9,0 m	35 m	50 m	8,0 t	2,0 t	100 tm
Oben-dreher	klein	Betonplatten,	4,0 x 4,0 m	40 m	40 m	5,0 t	1,7 t	70 tm
	mittel	Block-fundament,	7,5 x 7,5 m	70 m ²⁷	60 m	8,0 t	2,4 t	150 tm
	groß	Gleis	10 x 10 m	80 m ²⁷	75 m	16,0 t	2,8 t	350 tm

Tabelle 4 | Einteilung von Turmdrehkranen¹³⁶

¹³⁶ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. S. 29

9.2.4 Fahrzeugkrane

Fahrzeugkrane werden, wie in Abbildung 9-10 dargestellt, in Mobilkrane und Autokrane unterteilt. Mobilkrane stellen dabei die kleinere Untergruppe mit geringerer Leistung und vereinfachtem Aufbau dar. Für den Umschlag und die Montage von Betonfertigteilen werden vorwiegend Autokrane eingesetzt. Die Vorteile dieser Hebezeuge liegen in der wesentlich höheren Traglast und den flexiblen Aufstellungsmöglichkeiten. Die Abbildung 9-12 zeigt als Einsatzbeispiel das Versetzen von Betonfertigteilträgern im Industriebau.



Abbildung 9-12 | Beispielbild – Versetzen von Fertigteilträgern¹³⁷

In Tabelle 5 erfolgt in Anlehnung zu den Turmdrehkranen ebenfalls eine Einteilung. Die am Markt vorhandenen Größen überschreiten auch hierbei die Werte dieser Tabelle.

Größe/Art des Kranes	Abstützung auf	max. erforderl. Stellfläche ³²	max. Hubhöhe	max. Ausladung	max. Traglast	Traglast bei max. Ausladung	Stützkraft pro Pratte
<u>kleiner</u> Fahrzeugkran (35-Tonner, 2-Achser, 24 t Einsatzgewicht)		1 x b 11 x 7 m	45 m	40 m	35 t bei 3,0 m Ausladung	0,5 t bei 40 m Ausladung	maximal circa 300 kN (= 30 t)
<u>mittlerer</u> Fahrzeugkran (100-Tonner, 4-Achser, 50 t Einsatzgewicht)	Stahlplatten, Kant-hölzer, Bohlen	1 x b 13 x 8 m	75 m	60 m	100 t bei 3,0 m Ausladung	1,0 t bei 50 m Ausladung	maximal circa 700 kN (= 70 t)
<u>großer</u> Fahrzeugkran (300-Tonner, 6-Achser, 75 t Einsatzgewicht)		1 x b 20 x 10 m	115 m	90 m	300 t bei 3,0 m Ausladung	1,0 t bei 70 m Ausladung	maximal circa 1.300 kN (= 130 t)

Tabelle 5 | Einteilung von Autokrane¹³⁸

¹³⁷ <http://www.habau.at/leistungsbereiche/fertigteilbau/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

¹³⁸ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. S. 34

9.3 Ankersysteme

Für den Umschlag, das Versetzen und die Montage von Betonfertigteilen sind verschiedene Ankersysteme und Anschlagpunkte notwendig. Welche Systeme im Detail zum Einsatz kommen, hängt von den jeweiligen Betonfertigteilen, deren Abmessungen und Statik ab.

In der Fachliteratur werden viele verschiedene Begriffe verwendet. Abbildung 9-13 zeigt einen Überblick über die Begriffe Anschlagmittel, Anker, Ankersysteme und Tragmittel anhand einer Skizze.

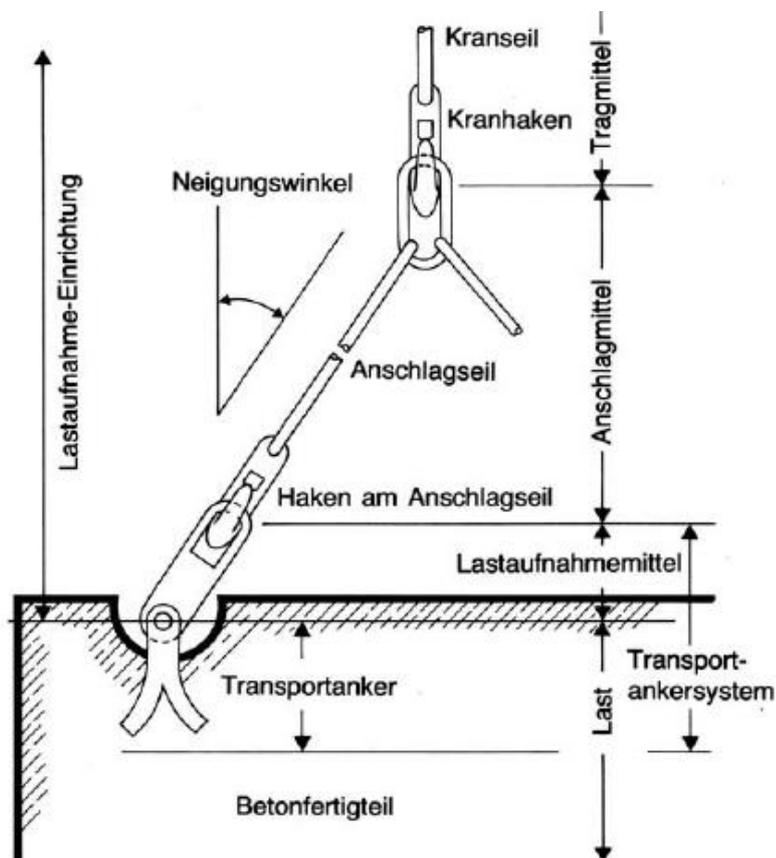


Abbildung 9-13 | Begriffsdefinitionen¹³⁹

Unter den Begriff Transportanker fallen hierbei einbetonierte und mit der Bewehrung verbundene Seilschlaufen oder Anker. Transportankersysteme beinhalten zusätzlich die benötigten Lastaufnahmemittel. Als Beispiel hierfür dienen unter anderem Gewindehülsen und einschraubbare Seilschlaufen oder Kupplungen.¹⁴⁰

¹³⁹ (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, 1992) S.3

¹⁴⁰ Vgl. (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, 1992) S.2

Der nachfolgende Abschnitt gibt einen Überblick über die derzeit eingesetzten Transportankersysteme. Diese können in folgende Kategorien unterteilt werden¹⁴¹:

- Ankersysteme
- Gewindesysteme
- Superankersysteme

In die Kategorie „Ankersysteme“ fallen unter anderem Seilschlaufen und Winkelschlaufen. Diese werden für massive Betonfertigteile an später nicht sichtbaren Stellen eingesetzt. Die Anker werden mit der konstruktiven Bewehrung verbunden und können herausstehend oder vertieft (Abbildung 9-14) eingebaut werden. Nach dem Versetzen können herausstehende Schlaufen entfernt werden. Aufgrund der konstruktiven Ausbildung dieser Systeme ist ein mehrfacher Anschlag und Umschlag der Betonfertigteile nicht angedacht. Bei der Verwendung dieser Systeme ist stets auf die Anwendungshinweise des Herstellers und besonders auf die Belastungsrichtung während der Montage zu achten.¹⁴²



Abbildung 9-14 | vertiefter Schlaufenanker¹⁴³

¹⁴¹ <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

¹⁴² Vgl. PFEIFER: BS-Systeme. <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

¹⁴³ PFEIFER: BS-Systeme. <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

„Gewindesysteme“ können für sämtliche Betonfertigteilsysteme eingesetzt werden. Angefangen vom stirnseitigen bis hin zum flächigen Einbau in Scheiben, können diese in Stützen und Binder ebenfalls eingesetzt werden. Möglich gemacht wird dies durch die eine Vielzahl von verschiedenen Ankerarten, die je nach Betonfertigteil eingesetzt werden. Aufgrund der vorhandenen Gewinde wird sichergestellt, dass nur die passenden Systemkomponenten miteinander verbunden werden können. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit verschiedene Lastaufnahmemittel einzusetzen.¹⁴⁴

Abbildung 9-15 zeigt die für den stirnseitigen Einbau geeigneten Anker. Neben dem Wellenanker werden Stabanker, Hülsenanker und Sonderanker eingesetzt.

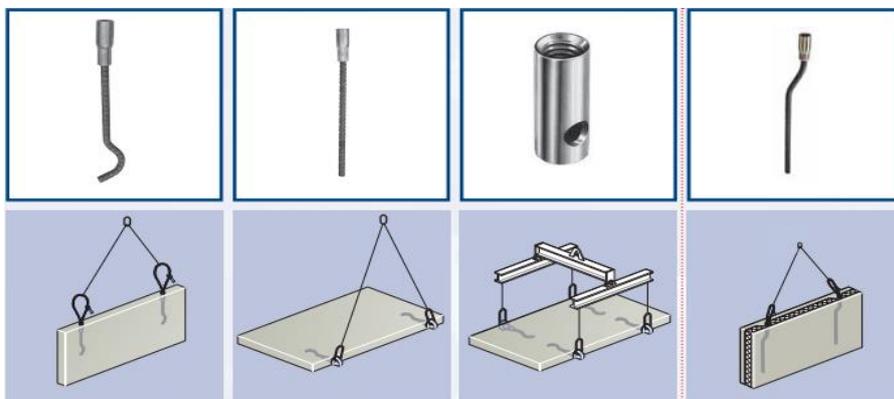


Abbildung 9-15 | Stirnseitiger Einbau¹⁴⁵

Abbildung 9-16 zeigt die für den flächigen Einbau verwendeten kurzen Wellenanker, Schraubanker und Flachstahlanker.

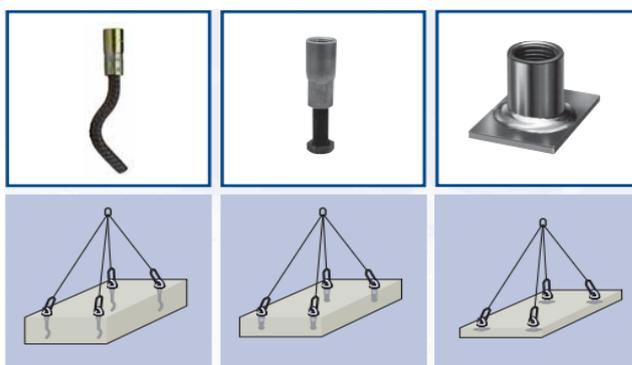


Abbildung 9-16 | Flächiger Einbau¹⁴⁶

¹⁴⁴ Vgl. PFEIFER: Gewindesysteme. <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

¹⁴⁵ PFEIFER: Gewindesysteme. <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

¹⁴⁶ PFEIFER: Gewindesysteme. <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

„Superankersysteme“ werden für besonders dünnwandige und schwere Betonfertigteile eingesetzt. Neben den geringeren Durchmessern werden Bauteile mit höheren Materialfestigkeiten eingesetzt. Durch diese Maßnahmen wird besonders der Einbau in bestehende Bewehrungskörbe erleichtert, jedoch ist besonders auf die Statik und Ableitung der auftretenden Kräfte zu achten. Neben den verschiedenen Anker ist bei diesem System besonders auf die dazugehörigen Lastaufnahmemittel zu achten.¹⁴⁷



Abbildung 9-17 | Superankersysteme¹⁴⁸

Dieser Überblick zeigt die Vielzahl an unterschiedlichen Systemen, welche eingesetzt werden können. Bei der Planung und Dimensionierung von Fertigteilen ist deshalb ein besonderes Augenmerk auf die Montageschritte zu legen. Jeder Hersteller bietet verschiedene Ankersysteme an, deshalb ist es wichtig, das Komplettsystem von einem Hersteller zu verwenden und das Hebezeug ebenfalls darauf abzustimmen.

¹⁴⁷ Vgl. PFEIFER: Superankersysteme. <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

¹⁴⁸ PFEIFER: Superankersysteme. <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

9.4 Elementfugen und Verbindungstechniken

Bauwerke benötigen aufgrund der eingesetzten Bauweisen und Baumaterialien Setzungs-, Dehnungs- und Arbeitsfugen. Je nach Anwendungs-ort und Anwendungsfall müssen diese Fugen dicht ausgeführt werden, Bewegungen ermöglichen und bzw. oder eine kraftschlüssige Verbindung darstellen. Bei dem Einsatz von Betonfertigteilen gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Elementen, welche zu einem Tragsystem und einer Gebäudehülle zusammengesetzt werden. Neben den Anforderungen einer dichten Gebäudehülle müssen die Verbindungen unter anderem Druck-, Zug- und Schubkräfte von einem zum anderen Element übertragen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Verbindungstechniken (siehe Abbildung 9-18) in zwei Unterkategorien eingeteilt. Als „kraftschlüssig“ werden dabei sämtliche Verbindungen genannt, welche die Aufgabe haben Kräfte von einem auf das andere Fertigteilelement zu übertragen. Neben der Übertragung von reinen Druckkräften mittels Kontaktstoß, bis hin zu biegesteifen Anschlüssen zur Übertragung von Druck-, Zug- und Schubkräften gibt es dafür die verschiedensten Systemlösungen. Welche Kräfte zu übertragen sind, hängt in erster Linie von der Planung und dem damit festgelegten statischen System ab. Als „formschlüssig“ wird im Rahmen dieser Arbeit die optische Verbindung von Betonfertigteilelementen bezeichnet. Diese hat die Aufgabe die vorhandenen Fugen zwischen den einzelnen Elementen zu schließen und eine dichte Gebäudehülle zu erzeugen.

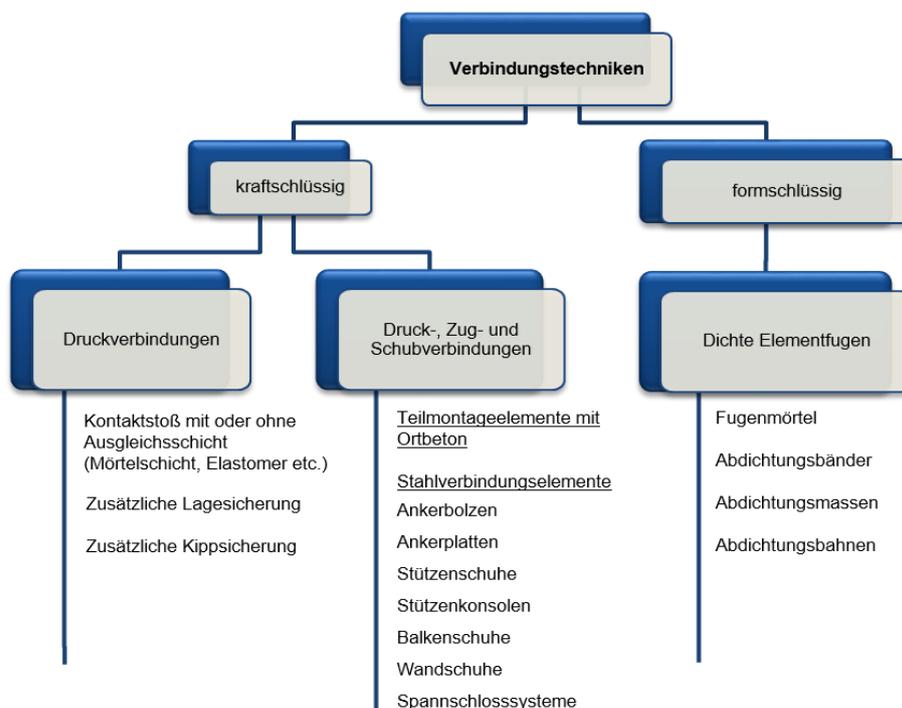


Abbildung 9-18 | Verbindungstechniken

Im Betonfertigteiltbau ist es großteils notwendig eine Verbindung herzustellen, die sowohl „kraftschlüssig“, als auch „formschlüssig“ ist. Die Unterteilung in diese beiden Kategorien findet jedoch statt, da es verschiedene Fertigteilelemente gibt, bei denen die Elementfugen nur dicht verschlossen werden müssen. Ein Beispiel hierfür stellen Vollmontagedecken dar. Nachdem die einzelnen Fertigteile verlegt wurden, werden die Längsfugen mit Fugenmörtel vergossen.

Für sämtliche Elementfugen, die dicht ausgeführt werden müssen, gibt es neben dem Verguss mit Fugenmörtel (zB. Fugen von Vollmontagedecken) die Möglichkeit verschiedene Bitumen- oder kunststoffbasierende Abdichtungsmassen sowie Abdichtungsbänder zu verwenden.



Abbildung 9-19 | Fugenabdichtungsband¹⁴⁹

Kraftschlüssige Verbindungen können in zwei verschiedene Kategorien unterteilt werden. Neben den Verbindungssystemen aus Stahl, kann der Verbund speziell bei Teilmontagesystemen durch die Zulage von Bewehrung und dem anschließenden Ausbetonieren hergestellt werden. Dies betrifft vor allem Elementdecken und Hohlwandsysteme.

Für die kraftschlüssige Verbindung von Vollmontagesystemen gibt es wiederum verschiedene Möglichkeiten. Während auf Druck beanspruchte Elementverbindungen zusätzliche Lage und Kippsicherungen benötigen, bedarf es für die Übertragung von Druck-, Zug- und Schubkräfte Systemverbindungen aus Stahl. Diese werden bei der Herstellung der Betonfertigteile mit einbetoniert, vor Ort wird der Anschlusspunkt verschraubt oder verschweißt und danach wird die Elementfuge bzw. die Verbindungsstelle ausbetoniert oder abgedichtet.

¹⁴⁹ <http://www.bt-innovation.de/abdichtungstechnik/rubberelast/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

Ein häufiges Einsatzgebiet dieser Verbindungsmittel ist der Industrie- und Gewerbebau mit dem Einsatz von Fertigteilfundamenten, Fertigteilstützen, Bindern und Trägern. Abbildung 9-20 zeigt die Verbindung des Fundamentes mit der Betonfertigteilstütze.

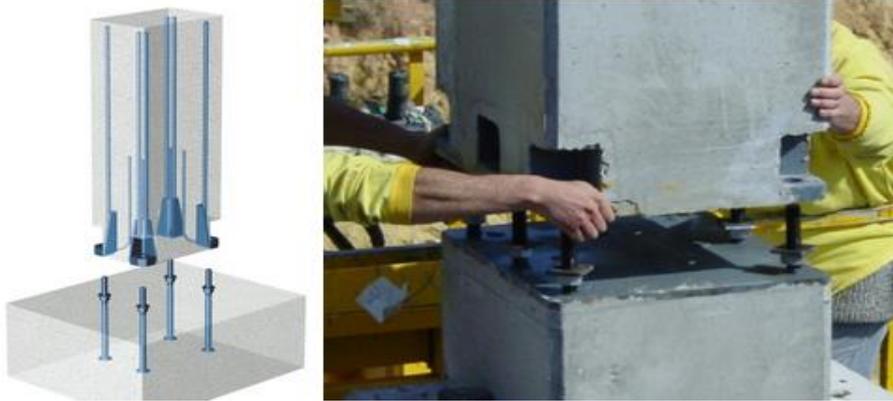


Abbildung 9-20 | Stützenschuh¹⁵⁰

Des Weiteren gibt es Wandschuhsysteme und Spanschlosssysteme für die kraftschlüssige Verbindung von Massivwänden sowie Stützenkonsolen (Abbildung 9-21) für die Verbindung von Fertigteilstützen und Trägern.

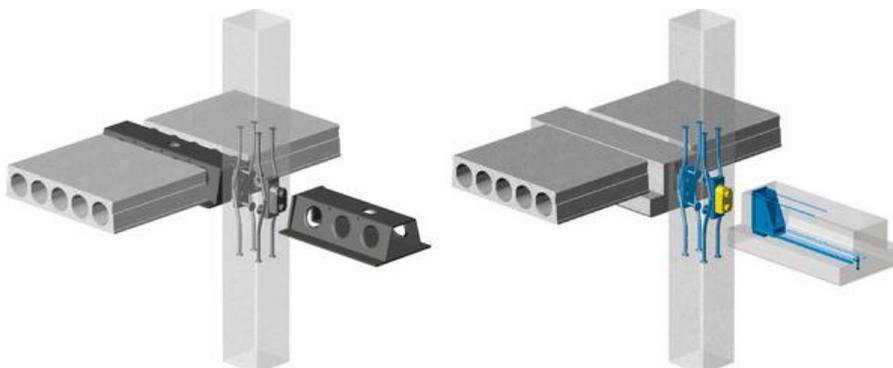


Abbildung 9-21 | Stützenkonsole¹⁵¹

Dieser Überblick zeigt die vielen verschiedenen Verbindungstechniken die auf das jeweilige Bauvorhaben und Fertigteilssystem abgestimmt werden müssen.

¹⁵⁰ <http://www.peikko.at/product-at/p=HPKM+-Stuetzenschuhe>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

¹⁵¹ <http://www.peikko.at/product-at/p=PCs+Konsole>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015

9.5 Gefahrenübergang

Das Thema „Gefahrenübergang“ und somit die Haftung von Schäden an bereits produzierten Betonfertigteilen wird durch den Vertrag zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber geregelt. Für Bauleistungen allgemein werden hierfür die entsprechenden Normenwerke (u.a. ÖNORM B 2110) eingesetzt. Die Betonfertigteilindustrie hat zusätzlich das besondere Merkmal, dass die benötigten Elemente nicht am Einbauort, sondern in stationären Fertigteilwerken hergestellt werden. Aufgrund des erforderlichen Transportes und eventueller Zwischenlagerungen auf der Baustelle besteht ein erhöhtes Risiko die Bauteile zu beschädigen.

Um den Gefahrenübergang vertraglich zu regeln, empfiehlt der VÖB (Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke) folgende Möglichkeiten¹⁵²: (*rechtliche Bestimmungen für Unternehmensgeschäfte*)

- Bei Lieferverträgen ab Werk erfolgt der Gefahrenübergang mit der Bekanntgabe der Lieferbereitschaft bzw. zum Liefertermin.
- Bei Lieferverträgen frei Baustelle erfolgt der Gefahrenübergang mit Ankunft oder abgeladen auf der Baustelle.
- Bei Bauleistungsverträgen mit inkludierter Montage erfolgt der Gefahrenübergang mit abgeschlossener Versetzung der Betonfertigteile.

Um eventuell vorhandene Mängel festzustellen sind im Zuge der Montage bzw. Lieferung Protokolle anzufertigen. Der Auftraggeber hat die ordnungsgemäße und mangelfreie Übernahme zu bestätigen und somit keinen Anspruch, sichtbare Mängel später geltend zu machen.

Die Regelung des Gefahrenüberganges sowie aller weiteren Vertragsbestimmungen sind wesentlicher Bestandteil jeder Baumaßnahme und mit großer Sorgfalt zu erstellen. Bei Verbrauchergeschäften sind besonders auf widersprechende Regelungen des ABGB und des Konsumentenschutzgesetzes zu achten.

¹⁵² Vgl. VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Allgemeine Liefer- und Montagebedingungen . <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014

10 Auswahl von Betonfertigteilssystemen

Die bereits in den vorangegangenen Kapiteln erarbeiteten Grundlagen zeigen die vielen verschiedenen Einflussfaktoren und Maßnahmen, welche bei der Verwendung von Betonfertigteilen zu berücksichtigen sind. Um den Projekterfolg zu gewährleisten und Risiken minimieren zu können ist es von entscheidender Bedeutung, bereits in der Planungsphase maßgebliche Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

10.1 Morphologischer Kasten

Um einen Gesamtüberblick zu geben bzw. zur Unterstützung in der Planungsphase wurde im Rahmen dieser Arbeit ein morphologischer Kasten, mit wesentlichen Kriterien der Betonfertigteilssysteme, erarbeitet. Der morphologische Kasten ist eine Technik für die grafische Lösungsfindung bzw. Darstellung von Lösungsvarianten verschiedenster Problemstellungen. Die Auswahlmatrix besteht hierbei zu einem Teil aus den einzelnen Kriterien (siehe Abbildung 10-1), welche untereinander in einer Spalte aufgelistet werden (siehe rote Markierung).

Technische Anforderungen	Betoneinteilung nach der Dichte	Leichtbeton [≤ 2000 kg/m³]				Normalbeton [≤ 2600 kg/m³]	
	Betonfestigkeit	Normalbeton				hochfester Beton	
	Festigkeitsklasse [N/mm²]	C8/10 - C50/60				C55/67 - C80/95 [C90/105 und C100/115]	
	Zementklasse	CEM I - Portlandzement		CEM II - Portlandkompositzement		CEM III - Hochofenzement	
	Zementfestigkeitsklasse [N/mm²]	22,5	32,5 L	32,5 N	32,5 R	42,5 L	42,5 N
	Größtkorn	≤ 4	8	11	16	22	32
	Konsistenz	C0 sehr steif	C1 steif	C2 steif plastisch	F38 plastisch	F45 weich	F52 sehr weich
	Expositionsklasse [ÖNORM B 4710-1]	nach Anforderungen festlegen [XC, XD, XF, XA, XM]					
	Zusatzmittel	Betonverflüssiger	Fließmittel	Stabilisierer	Luftporenbildner	Erstarrungsbeschleuniger	
	Zusatzstoffe	Gesteinsmehle		Pigmente		Puzzolane	

Abbildung 10-1 | Ausschnitt – Kriterien (Beispiel)

Der zweite Teil (siehe Abbildung 10-2) besteht aus den wählbaren Varianten bzw. Lösungsmöglichkeiten, welche jeweils zugehörig und horizontal angeordnet werden (siehe rote Markierung). Bei der Anwendung wird für jedes Kriterium eine zugehörige Variante ausgewählt und somit entsteht eine Lösungsmöglichkeit für das Betonfertigteilssystem.

Technische Anforderungen	Betoneinteilung nach der Dichte	Leichtbeton [≤ 2000 kg/m³]				Normalbeton [≤ 2600 kg/m³]	
	Betonfestigkeit	Normalbeton				hochfester Beton	
	Festigkeitsklasse [N/mm²]	C8/10 - C50/60				C55/67 - C80/95 [C90/105 und C100/115]	
	Zementklasse	CEM I - Portlandzement		CEM II - Portlandkompositzement		CEM III - Hochofenzement	
	Zementfestigkeitsklasse [N/mm²]	22,5	32,5 L	32,5 N	32,5 R	42,5 L	42,5 N
	Größtkorn	≤ 4	8	11	16	22	32
	Konsistenz	C0 sehr steif	C1 steif	C2 steif plastisch	F38 plastisch	F45 weich	F52 sehr weich
	Expositionsklasse [ÖNORM B 4710-1]	nach Anforderungen festlegen [XC, XD, XF, XA, XM]					
	Zusatzmittel	Betonverflüssiger	Fließmittel	Stabilisierer	Luftporenbildner	Erstarrungsbeschleuniger	
	Zusatzstoffe	Gesteinsmehle		Pigmente		Puzzolane	

Abbildung 10-2 | Ausschnitt – wählbare Varianten (Beispiel)

Mithilfe dieses Kastens (siehe Anhang – Morphologischer Kasten) können die verschiedenen Betonfertigteilssysteme und deren Einflussfaktoren tabellarisch dargestellt werden. Dadurch wird einerseits ein Überblick über die einzelnen Kombinationsmöglichkeiten gegeben, andererseits werden die wichtigsten Kriterien aufgelistet und somit bereits in der Planung umfassend berücksichtigt.

10.2 Verwendung des morphologischen Kastens

Die Verwendung des morphologischen Kastens kann digital mittels PC oder Tablet sowie in ausgedruckter Form erfolgen. Die Gliederung erfolgt nach Über- und Unterkriterien sowie den zugehörigen wählbaren Varianten.

Die Einteilung erfolgt in folgende Überkriterien:

- Allgemeine Projektinformationen
- Betonfertigteilart
- Betonanforderungen
- Produktion der Betonfertigteile
- Transport der Betonfertigteile
- Montage der Betonfertigteile

Die Anwendungsschritte des morphologischen Kastens werden mithilfe von Abbildung 10-3 aufgelistet und nachfolgend durch ein Beispiel erläutert.



Abbildung 10-3 | Anwendungsschritte – morphologischer Kasten

Anhand eines Ausschnittes des morphologischen Kastens (siehe Abbildung 10-4) wird die Anwendung erläutert. Der Aufbau gliedert sich in Über- und Unterkriterien mit den zugehörigen wählbaren Varianten. Je nach Kriterium gibt es verschieden viele, wählbare Varianten. Entscheidend ist, dass für jedes Kriterium jeweils nur eine Variante ausgewählt werden darf. Wird dieses Prinzip bis zum Ende des Kastens durchgeführt entsteht der Lösungsweg für ein Betonfertigteilssystem unter Berücksichtigung der Kriterien aus Produktion, Transport und Montage.

Als Beispiel zeigt Abbildung 10-4, mit den rot markierten Bereichen, eine mögliche Auswahl des morphologischen Kastens. Dieser Vorgang kann beliebig oft durchgeführt werden und liefert verschiedene Ausführungsmöglichkeiten. Durch den Vergleich der Varianten kann das technisch und wirtschaftlich geeignetste Betonfertigteilssystem ausgewählt werden.

Technische Anforderungen	Leichtbeton [$\leq 2000 \text{ kg/m}^3$]				Normalbeton [$\leq 2600 \text{ kg/m}^3$]	
	Betoneinteilung nach der Dichte	Normalbeton				hochfester Beton
Betonfestigkeit	C8/10 - C50/60				C55/67 - C80/95 [C90/105 und C100/115]	
Festigkeitsklasse [N/mm ²]	CEM I - Portlandzement		CEM II - Portlandkompositzement		CEM III - Hochofenzement	
Zementklasse	22,5	32,5 L	32,5 N	32,5 R	42,5 L	42,5 N
Zementfestigkeitsklasse [N/mm ²]	≤ 4	8	11	16	22	32
Größtkorn	C0 sehr steif	C1 steif	C2 steif plastisch	F38 plastisch	F45 weich	F52 sehr weich
Konsistenz	nach Anforderungen festlegen [XC, XD, XF, XA, XM]					
Expositionsklasse [ÖNORM B 4710-1]	Betonverflüssiger	Fließmittel	Stabilisierer	Luftporenbildner	Erstarrungsbeschleuniger	
Zusatzmittel	Gesteinsmehle		Pigmente		Puzzolane	
Zusatzstoffe						

Abbildung 10-4 | Ausschnitt – morphologischer Kasten

Bei der Anwendung ist jedoch zu berücksichtigen, dass dieser morphologische Kasten in erster Linie entwickelt wurde, um einen Gesamtüberblick über die verschiedenen Systeme und Kombinationen zu bekommen. Die Benützung dieses Kastens erfordert jedoch Fachwissen, um technisch richtige Kombinationen zu erhalten. Nicht alle Kombinationen würden zu technisch richtigen Systemen führen.

11 Zusammenfassung und Ausblick

Der letzte Abschnitt enthält eine Zusammenfassung mit den wichtigsten Inhalten und gewonnenen Erkenntnissen dieser Masterarbeit.

11.1 Zusammenfassung

Bisher wurde der Betonfertigteillogistik wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Im Vergleich zu den Entwicklungen der stationären Industrie wurde die Baulogistik hinsichtlich der Forschung und Optimierung wenig beachtet. Die Bauwirtschaft unterliegt aufgrund der Europäischen Union und der daraus entstehenden großen Anzahl an in- und ausländischen Mitbewerbern einem großen Preisdruck. Um die Wettbewerbsfähigkeit in der Bauwirtschaft zu erhalten bzw. zu verbessern sind die einzelnen Unternehmen gefordert ihre Bauleistungen effizienter und effektiver zu gestalten. Dadurch können die Kosten gesenkt und die Wettbewerbsfähigkeit erhöht werden. In diesem Zusammenhang sind die Bauunternehmen gefordert ihre Organisationsstrukturen und Bauabläufe zu optimieren. Neben der Erhöhung der Produktivität wird besonderes Augenmerk auf die Verbesserung der Baulogistik und der Bauverfahren gelegt. Durch den Einsatz von Betonfertigteilen können in Abhängigkeit des Bauprojektes die Vorteile der stationären Industrie ausgenutzt werden.

Im Rahmen dieser Masterarbeit fällt der Schwerpunkt der Betrachtung auf die Baulogistik von Betonfertigteilen. Dazu werden die erforderlichen Grundlagen und Definitionen zu den Themenbereichen der Betonfertigteile, des Baubetriebes und der Baulogistik erarbeitet. Besonderes Augenmerk wird dabei auf Betonfertigteillogistik gelegt, welche aus einer Kombination der Unternehmenslogistik des Fertigteilherstellers und der Baulogistik des Bauunternehmens besteht. Mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse werden die Hauptaufgaben der Produktion, des Transportes und der Montage betrachtet. Der Schwerpunkt fällt hierbei auf die vorhandenen Einflussfaktoren und Maßnahmen, welche berücksichtigt werden sollten, um den Erfolg der Baumaßnahmen zu gewährleisten.

Im Zuge dieser Arbeit wurde der gesamte Ablauf des Einsatzes von Betonfertigteilen betrachtet. Es ist gelungen die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Bereiche der Produktion, des Transportes und der Montage zu identifizieren. Durch diese Maßnahme sind sämtliche Kriterien bekannt, welche bei der Planung von Fertigteilen berücksichtigt werden sollten. Des Weiteren ergeben sich aus diesen Erkenntnissen die Rahmenbedingungen für die, in Abhängigkeit des Projektes, maximal möglichen Abmessungen der Fertigteile. Als Abschluss dieser Arbeit wurde ein morphologischer Kasten entwickelt, welcher sämtliche erarbeiteten Kriterien des Betonfertigteilbaues übersichtlich darstellt. In diesem werden die Hauptpunkte der Produktion, des Transportes und der Montage angeführt und die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten dargestellt.

Diese Informationen sollen dem Planer bzw. dem Bearbeiter als Unterstützung dienen und einen Gesamtüberblick über die verschiedenen Fertigteilssysteme und deren Herstellungs-, Transport- und Montagearten geben.

11.2 Ausblick

Die Bearbeitung dieses Themas zeigt, dass Betonfertigteile in Abhängigkeit des Bauprojektes eine gute Alternative zu der Ortbetonbauweise darstellen und darüber hinaus Möglichkeiten bieten, Kosten zu senken und Bauzeiten zu verkürzen. Im Industriebau und gewerblichen Hochbau ist der Einsatz von Betonfertigteilen alltäglich und auch im Wohnbau werden die verschiedensten Fertigteilssysteme verwendet. Die Entwicklung der Produktionsanlagen und der Automatisierungstechnik wird sehr stark vorangetrieben. Besonders im Bereich der Umlauffertigungsanlagen wäre eine vollautomatisierte Fertigung bereits heute möglich. Die Betrachtung der Baulogistik wurde in der Bauwirtschaft im Vergleich zu der stationären Industrie lange vernachlässigt. Diese Auswirkungen zeigen sich auch in dem Spezialgebiet der Betonfertigteillistik. Während in dem Bereich der Produktion und der verschiedenen Anlagen ausreichende Informationen und Literatur vorliegen, werden die Bereiche der Transportplanung und der Transportmöglichkeiten nur oberflächlich behandelt. Bei der Verwendung von Betonfertigteilen sollte immer berücksichtigt werden, dass die Vorteile der stationären Industrie nur erfolgreich ausgenutzt werden können, wenn die Rahmenbedingungen des Projektes, der Transport und die Montagemöglichkeiten dies zulassen. Deshalb sollten bei jedem Projekt zuerst die Kriterien der Produktion, des Transportes und der Montage überlegt und berücksichtigt werden.

Anhang – Morphologischer Kasten

Der morphologische Kasten ist auf den nachfolgenden Seiten dargestellt. Aufgrund der Größe ist der Kasten auf vier Seiten aufgeteilt.

Morphologischer Kasten für die Auswahl von Betonfertigteilen										
wählbare Varianten										
Überkriterium	Unterkriterium									
Allgemeine Projektinformationen	Einsatzgebiet der Fertigteile	Industriebau	gewerblicher Hochbau	Wohnbau	Brückenbau	Tunnelbau	Sonstiges			
	derzeitige Projektphase	Planungsphase		Angebotsphase		Ausführungsphase				
	Leistungsumfang	Planung und Produktion		Produktion und Transport		Produktion, Transport und Montage		Komplettleistung		
	Projektvorlaufzeit	ausreichend (Monat)		kurz (Wochen)		sehr kurz (Tage)				
	Gefahrenübergang	ab Werk		auf der Baustelle nach Lieferung		nach Abschluss der Montagearbeiten				
	Betonfertigteiltart	Fertigteilbauweise	Skelettbau		Großtafelbauweise		Mischbauweise und Sonderteile			
		Elementkategorie (Abmessungen, Geometrie, Gewicht)	Standardelement		Sonderelement		Sonderelement			
		Fertigungsmenge	1 - 4 Stück (Einzelfertigung)		≤ 20 Stück	≤ 50 Stück	≤ 100 Stück	> 100 Stück		
		Elementform	flächig		inlinenförmig		3D			
		Elementart	Wandelemente		Deckenelemente		Balkenelemente		Rohr- oder kastenförmige Elemente	
Elementbezeichnung		Massivwand / Sandwischwand	Elementdecke	Hohleleendecke	Stahlbetonstütze	Schleudbetonst. Träger / Binder	Brückenelemente	Treppen und Sonstiges	Betonchöre & Schächte	
Elementgeometrie		gerade		gekrümmt (einfach oder doppelt)		Freiform				
Einbauten		Türen	Fenster		Türen und Fenster		Haustechnik		Sonstige	
		Form der Einbauten	rechteckig		rund		polygonal		gekrümmt	
		Größe der Einbauten	klein		mittel		groß		keine	
Ausparungen	Form der Ausparung	rechteckig		klein		mittel		groß		
	Größe der Ausparung	ja		ja		ja		nein		
	Erweiterte Anforderungen an die Bauphysik	ja (erweiterte Anforderungen laut Auftraggeber)		mehrfache Anforder.		nein (Anforderungen laut OIB - Richtlinien und Normen)		über das gesamte Bauteil		
	Maßgenauigkeit	Toleranzen laut ÖNORM B 2211		Toleranzen laut ÖNORM B 2211		Toleranzen laut Auftraggeber				
Betonanforderungen	Technische Anforderungen									
	Betonerteilung nach der Dichte	Leichtbeton [≤ 2000 kg/m³]		Normalbeton [≤ 2600 kg/m³]		Schwerbeton [> 2600 kg/m³]				
	Betonfestigkeit	Normalbeton C8/10 - C50/60		hochfester Beton C55/67 - C80/95 [C90/105 und C100/115]		UHPCC - Ultrahochleistungsbeton 150 - 250 N/mm²				
	Festigkeitsklasse [N/mm²]	CEM I - Portlandzement		CEM II - Portlandkompositzement		CEM III - Hochofenzement		CEM IV - Puzzolanzement		
	Zementklasse	22,5	32,5 L	32,5 N	42,5 L	42,5 R	42,5 N	42,5 L	52,5 N	
	Zementfestigkeitsklasse [N/mm²]	≤ 4	8	11	16	22	32	32	52,5 R	
	Größtkorn	C0 sehr steif		C1 steif	C2 steif/plastisch	F38 plastisch	F45 weich	F52 sehr weich	F59 fließfähig	
	Konsistenz	nach Anforderungen festlegen [XC, XD, XF, XA, XM]		Luftporenbildner		Erstarungsbeschleuniger		Erstarungsverzögerer		
	Expositionsklasse [ÖNORM B 4710-1]	Fließmittel		Stabilisierer		Pigmente		Fasern		
	Zusatzmittel	Gesteinsmehle		Zusatzstoffe		Zusatzstoffe		Zusatzstoffe		



Überkriterium	Unterkriterium	wählbare Varianten																																																																	
Betonieren	Mischanlage	Tumanlage	Reihenanlage																																																																
	Mischer	Trommelmischer	Trogmischer																																																																
	Betonverteilungssystem	Betonierkübel	Betonmengeverteiler																																																																
	Verdichtung	manuell	automatisiert																																																																
	Verdichtungsarten	Innenrüttler	Außenrüttler																																																																
	Verdichtungseinrichtung	Vibrationsische	Fertiger mit Oberflächenvibration																																																																
	Aushärtung	Härtekammer	Tunnelsystem																																																																
	Nachbehandlung	Schutzmittel	Abdeckung																																																																
	Nachbearbeitung	Sandstrahlen	Schleifen und Polieren																																																																
	Zwischenlagerung im Werk	ja, Fertigteile werden produziert und im Werk gelagert	nein, Fertigteile werden Just-in-Time produziert und abtransportiert																																																																
	Hebezeug (Produktion)	Hallenkran	Portalcran																																																																
	Hebezeug (Umschlag & Lagerung)	Portalcran	Fahrzeugkran																																																																
	Allgemeine Informationen	Transporteur	Hersteller selbst	Logistikunternehmer (Frächter)																																																															
		Transportart	Standardtransport	Sondertransport																																																															
		Transportanmeldung	nicht erforderlich	erforderlich																																																															
		Transportplanung	nicht erforderlich	erforderlich																																																															
		Transportweg	Landverkehr	Wasserverkehr																																																															
		Verkehrsträger	Schiene	Binnenschifffahrt																																																															
Transportmittel		Bahn	Schiff																																																																
Transportmittel - LKW		Straßentransport mittels LKW	ja	nein																																																															
		Transportmittelart	Tiefbettaufleger	Sattelaufleger																																																															
		Transportroute (Großteil der Strecke)	Ausbahnen, Schnellstraßen	Landesstraßen																																																															
		Baustellenbedingungen	Besondere Bauwerke oder Engstellen	Tunnel	Brücken																																																														
			Zufahrtswege bzw. Baustraßen	Stichstraße	Umfahrt																																																														
			Neigung der Baustraße	keine	5 - 10 %																																																														
			Wendemöglichkeiten	Wendekreis	Wendepalte																																																														
			Stell- bzw. Warteflächen vorhanden	ja	nein																																																														
			Zwischenlagerung auf der Baustelle	nein, Lieferung Just-in-Time	Zwischenlagerung auf der Baustelle																																																														
			Lagerungsart	A-Bock	Innenladergestell																																																														
			Vorbereitung der Montage	Montageplanung	keine	erforderlich																																																													
	Vorarbeiten			Maßnahmen erforderlich (Ausrüstung, etc.)	keine Maßnahmen erforderlich																																																														
	Montagehilfen			Unterstellungen	Schrägstützen																																																														
	Montage der Betonfertigteile			Sternanlage	Teilmischer	Sonstige																																																													
							Sonstige	nicht erforderlich (SCC-Beton)	nicht erforderlich	Sonstige																																																									
											Innenrüttler	Aussenrüttler	Innenrüttler	ohne besondere Anforderungen																																																					
															Stapler	Stapler	Stapler	mehrere Hebezeuge																																																	
																			LKW - Ladekran	Stapler	LKW - Ladekran	mehrere Hebezeuge																																													
ausführendes Bauunternehmen																							Sondertransport	erforderlich	erforderlich																																										
																										Luftverkehr	Luftverkehr	Luftverkehr	Luftverkehr																																						
																														Luftfahrt	Luftfahrt	Luftfahrt	Luftfahrt																																		
		Frachtlflugzeug																																Helikopter	Frachtlflugzeug	Frachtlflugzeug																															
																																					Innenlader	Innenlader	Innenlader	Innenlader																											
																																									Transportroute variiert	Transportroute variiert	Transportroute variiert	Transportroute variiert																							
																																													keine	keine	keine	keine																			
																																																	Durchfahrt	Durchfahrt	Durchfahrt	Durchfahrt															
																																																					Sonstiges	Sonstiges	Sonstiges	Sonstiges											
																																																									keine Wendemöglichkeiten	keine Wendemöglichkeiten	keine Wendemöglichkeiten	keine Wendemöglichkeiten							
			nein																																																										nein	nein	nein				
																																																																Stapel (mit Distanzhalter)	Stapel (mit Distanzhalter)	Stapel (mit Distanzhalter)	Stapel (mit Distanzhalter)
	nicht erforderlich			nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich																																																													
							keine Maßnahmen erforderlich	keine Maßnahmen erforderlich	keine Maßnahmen erforderlich	keine Maßnahmen erforderlich																																																									
											Sonstiges	Sonstiges	Sonstiges	Sonstiges																																																					
															nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich																																																	

Überkriterium	Unterkriterium	wählbare Varianten									
Montage der Betonfertigteile	Fortsetzung										
	Schutzeinrichtungen	Fassadengerüst	Fangnetze	Absperrungen	mehrere Einrichtungen erforderlich	Sonstiges	nicht erforderlich				
	Zusatzausrüstung	Kran mit Korb	Leiter	Arbeitsgerüst	mehrere erforderlich	Sonstiges	nicht erforderlich				
	Hebezeug										
	Art des Hebezeug	stationär	mobil								
	Kranart	Sonderkran	Fahrzeugkran								
	Krantyp	Portal Kran	Kabelkran	Autokran	Mobilkran						
	Aufstellungsort	außerhalb des Bauwerkes									
	Aufstellungsniveau	innerhalb des Bauwerkes									
	Anschlagmittel	auf der Bauelebene									
	Verbindungstechnik										
	Verbindungsarten	Ketten	Gurte	Hebeboje		unterhalb der Bauelebene					Sonstige
	Art der Verbindung	Lage- und Kippssicherung									
	Verbindung	Schubverbindungen									
	Elementfugen - Abdichtung	Druck-, Zug- und Schubverbindungen									
	Zusätzliche Kriterien erforderlich										
		ja	nein								nein

Literaturverzeichnis

<http://www.oberndorfer.at/produkte/fertigteil-bau/stahlbetontraeger/>.

Datum des Zugriffs: 04.08.2014.

<http://www.ebawe.de/de/produkte/batterie-formen/>.

Datum des Zugriffs: 06.08.2014.

<http://www.ebawe.de/de/produkte/schalungs-systeme/>.

Datum des Zugriffs: 06.08.2014.

<http://www.ebawe.de/de/produkte/paletten-umlauf-anlagen/plotter-schalungs-roboter>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014.

<http://www.ebawe.de/de/produkte/paletten-umlauf-anlagen/beton-verteiler>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014.

<http://www.ebawe.de/de/produkte/paletten-umlauf-anlagen/kipp-einrichtung>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014.

<http://www.vollert.de/produkte/baustoffanlagen/maschinen-anlagen-und-komponenten-fuer-die-betonfertigteilindustrie/produktionsverfahren-fuer-betonfertigteile/palettenumlaufanlage/>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014.

<http://www.habau.at/leistungsbereiche/fertigteilbau/>.

Datum des Zugriffs: 07.08.2014.

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Logistik>.

Datum des Zugriffs: 11.08.2014.

<http://www.wissen.de/lexikon/logistik-militaer>.

Datum des Zugriffs: 11.08.2014.

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/346423/logistics>.

Datum des Zugriffs: 11.08.2014.

<http://www.wissen.de/lexikon/logistik-wirtschaft>. Datum des Zugriffs: 11.08.2014.

Definition der Baulogistik.

http://www.bauingenieur24.de/sharedpics/pdf_diploma/1028_1.pdf.

Datum des Zugriffs: 30.09.2014.

<http://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/recht/index.html>.

Datum des Zugriffs: 08.10.2014.

http://www.oebb.at/de/Services/Download-Bereich/Hintergrundbilder/railjet_1680x1050.jpg.

Datum des Zugriffs: 14.10.2014.

http://max-boegl.de/fileadmin/content/download-center/bereichsbroschueren/B_DE_Fertigteile.pdf.

Datum des Zugriffs: 14.10.2014.

<https://www.google.at/maps>. Datum des Zugriffs: 21.10.2014.

- <http://www.universal-transport.com/unternehmen/fuhrpark/>.
Datum des Zugriffs: 23.10.2014.
- <http://www.faymonville.com/vehicules.aspx>.
Datum des Zugriffs: 23.10.2014.
- http://www.hansgruener.de/docs_d/kanal_n_050/32_me_j.htm.
Datum des Zugriffs: 28.10.2014.
- <http://www.vs-west.at/DE/vs-transport.asp>.
Datum des Zugriffs: 28.10.2014.
- <http://www.faymonville.com>. Datum des Zugriffs: 19.11.2014.
- <http://www.asfinag.at/unterwegs/lkw-bus/sondertransporte>.
Datum des Zugriffs: 25.11.2014.
- <https://www.austrian-standards.at>. Datum des Zugriffs: 28.11.2014.
- <http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>.
Datum des Zugriffs: 02.01.2015.
- <http://www.bt-innovation.de/abdichtungstechnik/rubberelast/>.
Datum des Zugriffs: 02.01.2015.
- <http://www.peikko.at/product-at/p=HPKM+-Stuetzenschuhe>.
Datum des Zugriffs: 02.01.2015.
- <http://www.peikko.at/product-at/p=PCs+Konsole>.
Datum des Zugriffs: 02.01.2015.
- <http://www.koch-beton.ws/de/schachtteile>.
Datum des Zugriffs: 05.01.2015.
- ARNOLD, D.: Handbuch Logistik. Berlin. Springer, 2008.
- ASFINAG: Sperrzeiten. <http://www.asfinag.at/unterwegs/lkw-bus/sondertransporte>. Datum des Zugriffs: 21.10.2014.
- ASFINAG: Zuständigkeitsbereiche - VKMZ.
<http://www.asfinag.at/unterwegs/lkw-bus/sondertransporte>.
Datum des Zugriffs: 25.11.2014.
- BACHMANN, H.; STEINLE, A.; HAHN, V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. Berlin. Ernst, 2010.
- BAUER, H.: Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- Betriebswirtschaftslehre Bau - Lehrveranstaltungsskriptum. Graz. Hochschülerschaft TU Graz, 2012.
- Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (April 1992). Transportanker und-systeme von Betonfertigteilen. *BG-Regel*, (BGR106). Berlin.
- BETONWERK - INTERNATIONAL: Bogenklappbrücke aus Ultrahochleistungs-Faserbeton. In: Betonfertigteile, 1/2011.

- BETONWERK-INTERNATIONAL: Fertigteiltransport von Deutschland nach Litauen. In: Betonfertigteile, 1/2011.
- BOENERT, L.: Wege für den besten Weg. In: Deutsches Ingenieurblatt, Okt./2012.
- BOENERT, L.; BLÖMEKE, M.: Logistikkonzepte im Schlüsselfertigbau zur Erhöhung der Kostenführerschaft. In: Bauingenieur, Band 78/2003.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, I. u.: Verkehr in Zahlen - Ausgabe 2011.
http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz_2011_gesamtbericht.pdf. Datum des Zugriffs: 08.10.2014.
- ECHO PRECAST ENGINEERING: Produktkatalog .
<http://www.echoprecast.de/fileadmin/content/Downloads/Produktkatalog.pdf>. Datum des Zugriffs: 06.08.2014.
- GUDEHUS, T.: Logistik. Berlin [u.a.]. Springer, 2005.
- GÜNTNER, W.; KESSLER, S.; SANLADERER, S.: Transportlogistik am Bau. Forschungsbericht. München. Technische Universität München, 2006.
- HEISERICH, O.-E.; HELBIG, K.; ULLMANN, W.: Logistik. Wiesbaden. Gabler, 2011.
- HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer Vieweg, 2014.
- HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin. Springer, 2007.
- HOMPEL, M.; HEIDENBLUT, V.: Taschenlexikon Logistik. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
- KOETHER, R.: Distributionslogistik. Wiesbaden. Springer Gabler, 2011.
- KUCH, H.; SCHWABE, J.-H.; PALZER, U.: Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen. Düsseldorf. BAU+TECHNIK, 2009.
- LESSMANN, H.; RIESER, A.; GEHRI, M.: Logistik in der Bauwirtschaft. In: Bauingenieur, 69/1994.
- MORO, J.: Baukonstruktion vom Prinzip zum Detail - Band 2. Berlin - Heidelberg. Springer, 2009.
- OBERNDORFER: Typenblatt Stütze.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/images/products/Fertigteile_Bau/05.01_Stuetze_Eckig.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014.
- OBERNDORFER: Typenblatt I -Binder.
http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/images/products/Fertigteile_Bau/10.01_I-Binder.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014.

OBERNDORFER: Oberndorfer - Produktkatalog.

http://www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/documents/Download/Produktinformationen/AT_DS_VER_0001-06_Produktkatalog.pdf. Datum des Zugriffs: 04.08.2014.

ÖSTERREICHISCHEN VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. Wien. 2009.

PFEIFER: BS-Systeme.

<http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015.

PFEIFER: Superankersysteme.

<http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015.

PFEIFER: Gewindesysteme.

<http://www.pfeifer.de/bautechnik/transportankersysteme/>. Datum des Zugriffs: 02.01.2015.

PFOHL, H.-C.: Logistiksysteme. Berlin; Heidelberg. Springer, 2010.

REICHEL, M.: Dünnwandige Segmentfertigteilmontage im Brückenbau aus gefasertem Ultrahochleistungsbeton. Graz. Dissertation - TU Graz, 2010.

SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung. Wiesbaden.

Vieweg+Teubner Verlag, 2011.

SCHUH, G.; STICH, V.: Logistikmanagement. Berlin. Springer Berlin, 2012.

STANDOP, E.; MEYER, M. L.: Die Form der wissenschaftlichen Arbeit : ein unverzichtbarer Leitfaden für Studium und Beruf. Wiebelsheim. Quelle und Meyer, 2004.

TU GRAZ, INSTITUT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN: Vorlesungsskriptum - Straßenwesen . Graz. 2011.

VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Montageanleitung für Doppelwände. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014.

VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014.

VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE: Montageanleitung für Elementdecken. <http://www.voeb.com/>. Datum des Zugriffs: 07.08.2014.

VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE:
Allgemeine Liefer- und Montagebedingungen . <http://www.voeb.com/>.
Datum des Zugriffs: 07.08.2014.

