



DIPLOMARBEIT

MASTER THESIS

Baustellenlogistik am Bsp. der ÖBB-Konzernzentrale

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

unter der Leitung von

O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg JODL

und als verantwortlich mitwirkend

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Lukas Steinschaden

E234

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Mathias Cerne
0726467

Kampstraße 8/1/4
A - 1200 Wien

Wien, am 8. April 2014

.....
(Mathias Cerne)

Danksagung

Mein Dank gilt meinem betreuenden Professor Herrn O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl. Das Interesse meinerseits am Baubetrieb wurde aufgrund seiner angebotenen Vorlesungen noch bestärkt und umso mehr hat es mich gefreut, meine Diplomarbeit in diesem Fachbereich zu verfassen. An dieser Stelle möchte ich mich zudem aufrichtig bei Herrn Dipl.-Ing. Lukas Steinschaden bedanken, der sehr viel Zeit und Engagement in die Korrekturen der vorliegenden Arbeit gesteckt hat.

Ein weiteres großes Dankeschön geht an die Firmen HABAU und ÖSTU-Stettin, die mir für meine Datenerhebungen die Baustelle ÖBB-Konzernzentrale ohne Einschränkungen zugänglich gemacht haben. Der vor Ort tätigen Bauleitung gilt besonderer Dank, da sie mir bei Fragen immer mit konstruktiven Antworten zur Seite gestanden ist. Im Speziellen möchte ich hier Herrn Dipl.-Ing.(FH) Klaus Zacherl nennen, der mein direkter Betreuer seitens der Baufirmen war und einen nicht unwesentlichen Beitrag zum Zustandekommen dieser Arbeit geleistet hat.

Eine wichtige Rolle während meines Studiums hat selbstverständlich meine Familie eingenommen. Ohne ihre moralische und auch finanzielle Unterstützung wäre es mir nicht möglich gewesen, das Studium erfolgreich abzuschließen. Vielen lieben Dank!

Meiner Freundin Stephanie möchte ich hier meinen besonderen Dank aussprechen, weil sie mich nicht nur während des Studiums stets unterstützt hat, sondern auch weil Sie für so manche grammatikalische Formulierungen die richtigen Worte fand.

Sehr großer Dank gebührt auch meinen Studienkollegen, die nach vielen intensiven Jahren an der Technischen Universität Wien zu sehr guten Freunden geworden sind.

Abschließend möchte ich mich bei der Fakultät für Bauingenieurwesen und der Technischen Universität Wien mit all ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedanken.

Danke!

Kurzfassung

Für alle am Bau Beteiligten hat es oberste Priorität bei der Abwicklung eines Bauvorhabens Kosten zu sparen, ohne dabei einen Qualitätsverlust hinnehmen zu müssen. Speziell im Hochbau wird der Optimierung von Baulogistikprozessen hohes Einsparpotential zugeschrieben. Das junge Forschungsgebiet der Baulogistik soll Möglichkeiten aufzeigen, wie Logistikprozesse optimiert und dabei Kosten gespart werden können.

Die vorliegende Diplomarbeit analysiert und diskutiert die Umsetzung von Baulogistikprozessen am Beispiel der ÖBB-Konzernzentrale in Wien. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die Logistikprozesse während der Ausbauphase des Bürogebäudes gesetzt, weil diesen Prozessen das größte Einsparpotential zugeschrieben wird. Dies beinhaltet beispielsweise Materialanlieferungen, Manipulationsprozesse, Materiallagerungen etc. Die Analyse der logistischen Prozesse erfolgte über umfangreiche Beobachtungen an der Baustelle und wurde durch Interviews mit den vor Ort beteiligten Personen ergänzt. Diese Beschreibungen wurden - in Abhängigkeit ihrer Dynamik - als *Istprozesse* oder *Istzustände* bezeichnet. Ausgehend davon wurden dann auf Basis des aktuellen wissenschaftlich-technischen Stands der Baulogistik Optimierungsvorschläge ausgearbeitet. Diese Optimierungsvorschläge wurden *Sollprozesse* oder *Sollzustände* genannt und ihre Umsetzung wurde im Rahmen der Möglichkeiten an der Baustelle diskutiert.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass der Optimierung logistischer Prozesse noch immer wenig Aufmerksamkeit gezollt wird. Die Gründe hierfür sind oft eingefahrene und konservative Arbeitsabläufe der ausführenden Kräfte gepaart mit der zögerlichen Risikobereitschaft seitens der Bauleitung, innovative Logistikkonzepte einzusetzen. Eine weitere Erkenntnis ist, dass auf großen Baustellen ein logistisches Gesamtkonzept fehlt: Einerseits werden z.B. große Investitionen für logistische Hilfsmittel getätigt, andererseits wird auf deren effiziente Nutzung wenig Wert gelegt. Des Weiteren werden die Vorteile kleiner logistischer Verbesserungsmaßnahmen oft nicht erkannt, wenngleich diese bei sich ständig wiederholenden Prozessen eine große Wirkung im Sinne von Arbeitserleichterung und Produktivitätssteigerung hätten.

Abstract

For the people involved in the management of construction projects it is of utmost importance to save costs while maintaining a high level of quality. Especially in the area of building construction, the improvement of construction logistics is attributed a high savings potential. The young field of research of construction logistics highlights the possibilities of how logistic processes can be optimized while saving costs.

This thesis analyzes and discusses the implementation of construction logistics on the basis of the Austrian Federal Railways Headquarter building in Vienna. The emphasis was placed on the logistics processes during the phase when the office building was finished as these processes have the largest savings potential. This includes, for example, material delivery, transport processes, material storage etc. The analysis of the logistic processes was performed by means of extensive observations on the building site and interviews of people involved in the construction process. Depending on their dynamics, these descriptions were called *current processes* or *current conditions*. Based both on these descriptions and the current scientific and technological state of art concerning construction logistics, suggestions for improvement were developed. These suggestions were called *target processes* or *target conditions* and their implementation was discussed on the construction site.

The present thesis shows that the optimization of logistic processes is still paid little attention. One of the reasons for this is that the responsible people's workflow is too conservative. Moreover, the site management is often too hesitant when it comes to introducing innovative logistics concepts. Another finding is that most large construction sites do not have a logistics concept: While investing heavily in logistical devices, site managers pay little attention to their efficient use. Furthermore, the advantages of small logistical improvements are often not recognized although they would have a big impact in terms of workload and increase the productivity of ever-repeating processes.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Aufbau der Arbeit	3
1.4 Methodik	4
2 Wissenschaftlich-technischer Stand	5
2.1 Begriffsbestimmungen	5
2.1.1 Logistik	5
2.1.1.1 Entwicklung der Logistik	5
2.1.1.2 Definitionen der Logistik	5
2.1.2 Baulogistik	6
2.1.2.1 Definition der Baulogistik	6
2.1.2.2 Teilbereiche der Baulogistik	7
2.1.3 Supply Chain Management	8
2.1.4 Just-in-time	8
2.1.5 Prozess	8
2.2 Konzepte des Zentralen Logistikmanagements	9
2.2.1 Zentrales Logistikmanagement nach Boenert & Blömeke	9
2.2.2 Zentrales Logistikmanagement nach Girmscheid	11
2.3 Simulation von Logistikprozessen	13
2.4 RFID in der Baulogistik	15
2.4.1 Allgemeines	15
2.4.2 Beispiele der RFID-Anwendung	15
2.5 Logistik im Abfallmanagement	16
2.5.1 Gesetzliche Grundlagen	16
2.5.2 Abfallentsorgungskonzepte	19
2.5.2.1 Stellflächenbedarf	19
2.5.2.2 Überschlägige Abfallberechnung	20
2.5.2.3 Umsetzung der Baurestmassentrennverordnung	20
2.5.2.4 Wichtige Hinweise	21
2.5.3 Entsorgungsdienstleister	22
2.6 Elemente der Baustelleneinrichtung	22
2.6.1 Bauaufzüge (Lasten- und Personenaufzüge)	23
2.6.2 Kräne in der Ausbauphase	23

2.6.3	Lagerflächen	23
2.6.4	Manipulationsflächen	24
2.7	Unterschiede zur stationären Industrie (Automobilindustrie)	24
2.7.1	Allgemeines	24
2.7.2	Lean Management	25
2.7.3	Lean Construction	26
3	Projektbeschreibung ÖBB-Konzernzentrale	27
3.1	Baufeldbeschreibung	27
3.1.1	Kenndaten	27
3.1.2	Standort	30
3.2	Projektabwicklung	30
3.3	Bauphasen	32
3.3.1	Rohbauphase	32
3.3.2	Ausbauphase	32
3.4	Baustelleneinrichtungsplan	33
4	Analyse der Baustellenlogistik anhand der ÖBB-Konzernzentrale mit Optimierungsvorschlägen	35
4.1	Materialanlieferung	35
4.1.1	Anlieferungskonzept der ARGE	35
4.1.2	Istprozess Materialanlieferung	36
4.1.3	Sollprozess Materialanlieferung	36
4.1.4	Diskussion	41
4.2	Materialmanipulation	42
4.2.1	Manipulationsflächen	42
4.2.1.1	Lager- und Manipulationsfläche A	43
4.2.1.2	Manipulationsfläche B und C	45
4.2.2	Manipulationsprozesse	46
4.2.2.1	Fallbeispiel 1: HKLS-Lüftungsmaterialien	46
4.2.2.2	Fallbeispiel 2: Fassadenfertigteile	51
4.2.2.3	Fallbeispiel 3: Doppelboden	52
4.2.2.4	Fallbeispiel 4: Transport mit Hubwägen	54
4.2.3	Diskussion	55
4.3	Materiallagerung	56
4.3.1	Lagerflächen	56
4.3.2	Fallbeispiel 1: Materiallagerung HKLS-Lüftungsteile	57
4.3.2.1	Istzustand	57
4.3.2.2	Sollzustand	58
4.3.3	Fallbeispiel 2: Materiallagerung Fassadenfertigteile	58
4.3.3.1	Istzustand	58
4.3.3.2	Sollzustand	59
4.3.3.3	Vergleich Istzustand - Sollzustand	59
4.3.4	Fallbeispiel 3: Materiallagerung Doppelboden	60

4.3.4.1	Istzustand	60
4.3.4.2	Sollzustand	60
4.3.5	Fallbeispiel 4: Materiallagerung diverser Bauprodukte	61
4.3.5.1	Istzustand	61
4.3.5.2	Sollzustand	62
4.3.6	Diskussion	62
4.4	Bauaufzüge	63
4.4.1	Auswahl der Bauaufzüge	64
4.4.2	Beschreibung der Aufzüge	64
4.4.3	Betriebstechnischer Ablauf	65
4.4.4	Auslastung und Leistungsgrenzen	66
4.4.4.1	Fahrzeitdauer	66
4.4.4.2	Istzustand (Personentransport)	67
4.4.4.3	Sollzustand (Personentransport)	71
4.4.4.4	Materialtransport	71
4.4.5	Kosten	75
4.4.5.1	Gerätekosten	75
4.4.5.2	Gerätekosten nach ÖBGL	76
4.4.5.3	Personalkosten	77
4.4.6	Diskussion	77
4.5	Kräne	79
4.5.1	Beschreibung der Kräne	79
4.5.1.1	Standort	79
4.5.1.2	Kenndaten der Kräne	79
4.5.2	Kräne in der Rohbauphase	79
4.5.3	Kräne in der Ausbauphase	80
4.5.4	Kostenvergleich Krantransport - Bauaufzugstransport	80
4.5.5	Diskussion	82
4.6	Abfallmanagement	82
4.6.1	Abfallentsorgungskonzept der ARGE	82
4.6.1.1	Istprozess	82
4.6.1.2	Sollprozess	84
4.6.2	Fallbeispiel 1: Abfallentsorgung Trockenbau	84
4.6.2.1	Istprozess	84
4.6.2.2	Sollprozess	84
4.6.2.3	Vergleich Istprozess-Sollprozess	87
4.6.3	Fallbeispiel 2: Bauabfallzwischenlagerung	87
4.6.3.1	Istprozess	87
4.6.3.2	Sollprozess	87
4.6.3.3	Vergleich Istprozess mit Sollprozess	89
4.6.4	Feldexperiment Restmüllentsorgung	89
4.6.4.1	Ausgangslage	89
4.6.4.2	Ziele des Feldexperiments	89

4.6.4.3	Auswertung	90
4.6.5	Diskussion	91
4.7	Personalkontrollen	92
4.7.1	Baustellenausweis	92
4.7.2	Zugangskontrollen zur Baustelle	93
4.7.2.1	Gesetzeslage	93
4.7.2.2	Umsetzung auf der Baustelle ÖBB-Konzernzentrale	93
4.7.3	Diskussion	94
4.8	Infrastrukturelle Anbindung der Baustelle	95
4.8.1	Zufahrtsstraßen	95
4.8.1.1	Istzustand	95
4.8.1.2	Sollzustand	96
4.8.2	Parkplätze	96
4.8.2.1	Istzustand	96
4.8.2.2	Sollzustand	96
4.8.3	Diskussion	96
5	Conclusio	97

Abkürzungsverzeichnis

AN	Arbeitnehmer
A. u. V.	Abschreibung und Verzinsung
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
ca.	circa
etc.	et cetera
GHPI	Großhandelspreisindex
GK	Gipskarton
GKP	Gipskartonplatten
GU	Generalunternehmer
HKLS	Heizung Klima Lüftung Sanitär
inkl.	inklusive
KW	Kalenderwoche
LKW	Lastkraftwagen
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖBGL	Österreichische Baugeräteliste
Rep.	Reparatur
RFID	Radio Frequency Identification
SU	Subunternehmer
TPS	Toyota Produktionssystem
TUL	Transport, Umschlag und Lagerung
u.v.m	und vieles mehr
z.B.	zum Beispiel
#	Anzahl

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Die Notwendigkeit Kosten zu sparen wird aufgrund der im Bauwesen in den letzten Jahren konjunkturell angespannten Lage immer wichtiger. Das hohe Optimierung- und Einsparpotential, das dem Bereich der Baulogistik zugeschrieben wird, führt dazu, dass diese zunehmend in das Interessensfeld der Bauwirtschaft gerückt ist.¹

Zeitstudien von Ausbaugewerken der Universität Dortmund ergaben, dass nur ca. 31% der Arbeitszeit von Handwerkern für die eigentliche wertschöpfende Tätigkeit aufgewendet wird (siehe Abbildung 1.1). Die restlichen zwei Drittel an Arbeitszeit werden als *schwachstellenverdächtige Zeit* bezeichnet.

Zeitanteile wie *Abwesenheit*, *persönlich bedingte Unterbrechungen* und *Sonstiges* (siehe Abbildung 1.1) können durch eine verbesserte Baulogistik nicht direkt beeinflusst werden. Demgegenüber stehen jedoch insgesamt 34% an Zeitanteilen wie *störungsbedingte Unterbrechungen*, *Aufräumen und Umräumen*, *Materialsuche*, *Wege* und *Transporte* (siehe Abbildung 1.1), welche direkt durch die Baulogistik beeinflusst werden können.²

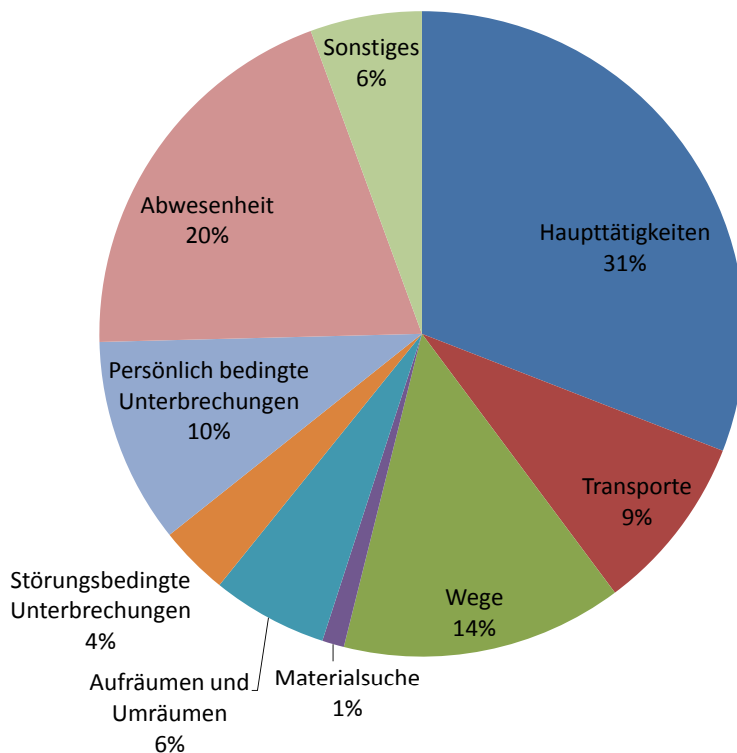


Abbildung 1.1: Prozent-Anteile der Tätigkeit gemessen an der Gesamtzeit Ausbau³

¹vgl. Zimmermann/Haas: Baulogistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 11.

²vgl. Boenert/Blömeke: Baulogistik - Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen (2006), S. 30ff.

³Boenert/Blömeke: Baulogistik - Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen (2006), S. 30

Die oben genannte Studie und Beispiele aus der stationären Industrie (z.B. aus der Automobilbranche), in der die Logistik bereits erfolgreich rationalisiert worden ist, bestätigen das vorhandene Einsparpotential durch eine verbesserte Logistik.

Aus diesem Grund beschäftigen sich immer mehr Universitäten und Institutionen mit dem Thema Baulogistik. Hier kann z.B. das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) in Dortmund genannt werden. Mit der Aussage, dass „*etwa zwei Drittel der Arbeitszeit auf Baustellen [...] auf Materialsuche, Wegstrecken, Transporte und Arbeitsunterbrechungen*“ entfällt, wird der Forschungsschwerpunkt des Instituts auf ihrer Homepage eingeleitet.⁴

Die beteiligten Subunternehmer auf Baustellen sind vornehmlich daran interessiert ihre eigene Wertschöpfung zu steigern. Dies bezeichnet Sullivan et al.⁵ als „*silo mentality*“: „*Furthermore, the fragmentation of the industry creates a silo mentality, where everyone is focused on their own area of expertise rather than investing their resources into achieving excellence in the project as a whole.*“ Diese „*silo mentality*“ wird von ihm als Hauptursache der fehlenden Effizienz im Baubetrieb bezeichnet.

Am Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung der TU München wurde eine umfragenbasierte Studie zum logistischen Potential im Bauwesen durchgeführt. Eine Grafik aus der Studie ist in Abbildung 1.2 zu sehen, die die Notwendigkeit unterstreicht sich mit einer professionellen Logistik auseinanderzusetzen.⁶

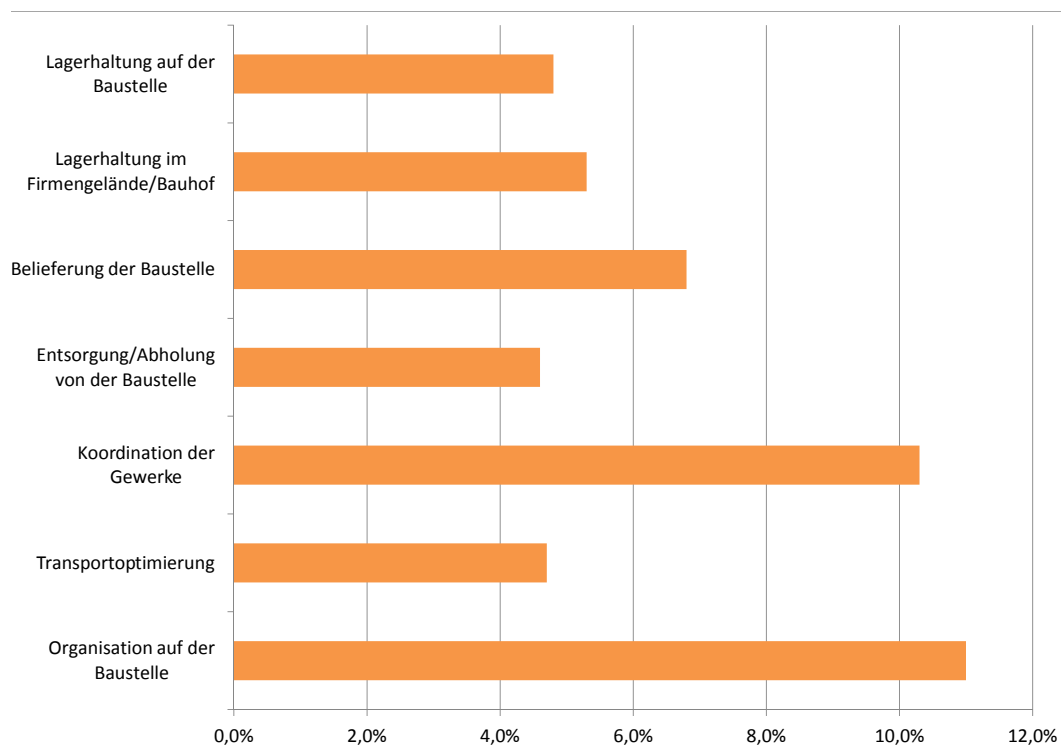


Abbildung 1.2: Erwartete Kosteneinsparungen in %⁷

An der ETH Zürich führt Professor Girmscheid in den Studienblättern der Baulogistikvorlesung den Grundsatz für einen Erfolg in der Bauproduktion ein: „*Kostenführerschaft ist das*

⁴Dörmann: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (2013).

⁵vgl. Sullivan/Barthorpe/Robbins: Managing Construction Logistics (2011), S. vii.

⁶vgl. Zimmermann/Haas: Baulogistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 12.

⁷Zimmermann/Haas: Baulogistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 12

einzig unternehmerische strategische Erfolgsziel in Leistungsbereichen mit hohem Wettbewerbs- und Margendruck, wie z.B. in der Rohbauerstellung, Heizungs-, Lüftungs- und Elektromontage, im Ausbau sowie Fassadenbau“. Eine „*Systematische Planung der Produktion und Logistik sowie des zielorientierten Umsetzen und Managen*“ ist der richtige Weg die Kostenführerschaft zu übernehmen.⁸

Abschließend ein Zitat von Herrn Prof. Hans Georg Jodl - Hauptbetreuer dieser Diplomarbeit und erfahrener Bauingenieur: „*Baustelleneinrichtung und Baustellenlogistik sind ein Stiefkind der Baustellenabwicklung*“, welches die weitläufig vorherrschende Problematik auf den Punkt bringt.⁹

1.2 Zielsetzung

Die Diplomarbeit „Baustellenlogistik am Bsp. der ÖBB-Konzernzentrale“ wurde in Kooperation zwischen der Technischen Universität Wien und den Baufirmen HABAU¹⁰ und ÖSTU-Stettin¹¹ durchgeführt.

Ziel der Diplomarbeit ist die Baustellenlogistik der Baustelle *ÖBB-Konzernzentrale* in Wien zu analysieren und anhand einer wissenschaftlichen Auswertung Optimierungsvorschläge auszuarbeiten. Diese Optimierungsvorschläge sollen für zukünftige Baustellen als Grundlage für eine Senkung der Herstellkosten durch eine verbesserte Baulogistik dienen.

Aufgrund der Vorgaben seitens des Wirtschaftspartners und des Projektfortschritts der Baustelle liegt der Schwerpunkt dieser Diplomarbeit in der Baustellenlogistik der Ausbauphase.

Die unter Punkt 1.1 genannten Potentiale die Baulogistik zu optimieren, um Kosten bei der Baustellenabwicklung einzusparen, sollen an der konkreten Baustelle *ÖBB-Konzernzentrale* veranschaulicht werden.

Abgrenzung Wie unter Punkt 2.1 (Begriffsbestimmungen) beschrieben, gibt es eine Unterteilung der Baulogistik in 4 Teilbereiche. Diese sind die:

- Versorgungslogistik,
- Baustellenlogistik (Produktionslogistik),
- Entsorgungslogistik und
- Informationslogistik.

Der Titel dieser Diplomarbeit lautet „Baustellenlogistik“, weil dieser Bereich den Schwerpunkt der Arbeit ausmacht. Es werden zudem auch Gebiete der Versorgungs- und Entsorgungslogistik behandelt.

1.3 Aufbau der Arbeit

Unter Punkt 2 wird der wissenschaftlich-technische Stand der Baulogistik im Allgemeinen und im Speziellen für die verwendeten Baulogistikgerätschaften der Baustelle *ÖBB-Konzernzentrale* ausgearbeitet. Punkt 3 beschreibt das Projekt *ÖBB-Konzernzentrale* vom Baufeld bis zum Bau-

⁸vgl. Girmscheid: Einführung in die Grundlagen der Logistik der Bauwirtschaft (2011), S. 15.

⁹Aussage von Prof. Hans Georg Jodl im Rahmen der ersten Diplomarbeitsbesprechung (Oktober 2013)

¹⁰HABAU Hoch- und Tiefbaugesellschaft m.b.H.

¹¹ÖSTU-Stettin Hoch- und Tiefbau GmbH

stelleneinrichtungsplan. Die Analyse der Baustellenlogistik erfolgt unter Punkt 4 über eine umfangreiche Datenerhebung und -auswertung mit anschließenden Optimierungsvorschlägen die ausführlich diskutiert werden. Abschließend werden unter Punkt 5 die wichtigsten Erkenntnisse in einem Conclusio zusammengefasst.

1.4 Methodik

Aufgrund der Größe des Projektes ÖBB-Konzernzentrale (bis zu 60 verschiedene Gewerke gleichzeitig) war es nicht möglich die Datenerhebungen auf der Baustelle ganzheitlich zu erfassen. Aus diesem Grund wurden umfangreiche Beobachtungen auf der Baustelle angestellt, um gezielt geeignete Fallbeispiele (teilweise durch Fotos) zu beschreiben. Dadurch konnten die Istzustände auf der Baustelle erhoben werden. Dessen Beschreibungen wurden - in Abhängigkeit ihrer Dynamik - als *Istprozesse* oder *Istzustände* bezeichnet. Ausgehend davon wurden auf Basis des aktuellen wissenschaftlich-technischen Stands der Baulogistik Optimierungsvorschläge ausgearbeitet. Diese Optimierungsvorschläge wurden *Sollprozesse* oder *Sollzustände* genannt und ihre Umsetzung wurde im Rahmen der Möglichkeiten an der Baustelle diskutiert. Des Weiteren wurden die beobachteten Istprozesse und die optimierten Sollprozesse, wenn für eine Auswertung sinnvoll, mittels Visualisierungsprogramm abgebildet und - in Einzelfällen - mit Kosten hinterlegt und verglichen um das Einsparpotential zu verdeutlichen.

In einigen Fällen, z.B. bei den Bauaufzügen, fand die Bestandsaufnahme durch Zählungen statt und wurde mittels Diagrammen veranschaulicht.

Die Auswertung von Prozessen und logistisch interessanten Situationen erfolgte mittels Beobachtungen und Beschreibungen.

2 Wissenschaftlich-technischer Stand

2.1 Begriffsbestimmungen

Die Logistik im Allgemeinen hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem aktiven Forschungsfeld für Wissenschaftler entwickelt. Aufgrund des hohen Wettbewerbsdrucks am Markt hat die Bauwirtschaft die Logistik als eine Möglichkeit zur Effizienzsteigerung und somit zur Kosteneinsparung im Baubetrieb entdeckt. Das verhältnismäßig junge Forschungsgebiet der Baulogistik führt dazu, dass viele Begriffe der Logistik in der Praxis noch falsch interpretiert werden oder gar nicht bekannt sind.

2.1.1 Logistik

2.1.1.1 Entwicklung der Logistik

Der Ausdruck *Logistik* stammt ursprünglich aus dem militärischen Bereich. Dort wird die Logistik als Sammelbegriff für die Aufgaben benutzt, die der Unterstützung und Versorgung der Streitkräfte dienen.¹²

Die drei Stufen der Logistik fasst Hasenclever wie folgt zusammen:¹³

1. Die unterste Ebene der Logistik kann auch als die klassische Logistik bezeichnet werden. Hier stehen die sogenannten TUL-Aktivitäten sowie das Kommissionieren im Vordergrund. Mit Transportieren, Umschlagen und Lagern wird den elementaren logistischen Aktivitäten genüge getan.
2. In der nächsten Ebene steht die Koordination logistischer Aktivitäten mit dem Ziel einer maximalen Güterverfügbarkeit im Mittelpunkt. Die Logistik wird als Planung, Realisierung, Steuerung und Kontrolle logistischer Flüsse und Prozesse verstanden.
3. Die letzte Begriffsauffassung sieht die Logistik als eine ganzheitliche Optimierung der unternehmensübergreifenden Fließsysteme (Logistik als Management von Fließsystemen). Ein solches Fließsystem ist beispielsweise das Supply Chain Management.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Logistik von den reinen TUL-Aktivitäten zu einem ganzheitlichen Managementansatz entwickelt hat. Im Bauwesen befindet man sich immer noch in der untersten Ebene.¹⁴ Im Gegensatz dazu fassen Unternehmen in der stationären Industrie Logistik bereits als Managementansatz auf.

2.1.1.2 Definitionen der Logistik

Der Begriff Logistik wird in einer Vielzahl von Büchern und Publikationen beschrieben. Im Folgenden wird eine Definition vorgestellt, wie sie in der Betriebswirtschaftslehre verwendet

¹²vgl. Pfohl: Logistiksysteme (2010), S.11 und die dort aufgeführte Literatur.

¹³vgl. Hasenclever u. a.: Digitale Baustelle-Innovativer Planen, Effizienter Ausführen (2011), S. 205ff.

¹⁴vgl. Hasenclever u. a.: Digitale Baustelle-Innovativer Planen, Effizienter Ausführen (2011), S. 205ff.

wird. Dazu unterscheidet Pfohl drei verschiedene Ansätze. Zum Ersten die *flussorientierte*, zum Zweiten die *lebenszyklusorientierte* und zum Dritten die *dienstleistungsorientierte* Definition.¹⁵

Flussorientierte Definition Die flussorientierte Definition baut auf der inhaltlichen Konkretisierung des Logistikbegriffes auf und lautet wie folgt:

„Zur Logistik gehören alle Tätigkeiten, durch die die raumzeitliche Gütertransformation und die damit zusammenhängenden Transformationen hinsichtlich der Gütermengen und –sorten, der Güterhandhabungseigenschaften sowie der logistischen Determiniertheit der Güter geplant, gesteuert, realisiert oder kontrolliert werden. Durch das Zusammenwirken dieser Tätigkeiten soll ein Güterfluss in Gang gesetzt werden, der einen Lieferpunkt mit einem Empfangspunkt möglichst effizient verbindet.“

Das Wort *effizient* kann hier mit den „Vier R“ veranschaulicht werden, die auch zur Charakterisierung der Anforderungen an die Logistik dienen:¹⁶

- *„Das richtige Produkt (in Menge und Sorte),*
- *im richtigen Zustand,*
- *zur richtigen Zeit,*
- *am richtigen Ort,*

zu den dafür minimalen Kosten.“

Lebenszyklusorientierte und dienstleistungsorientierte Definition Die lebenszyklusorientierte Definition betrachtet die Logistik nicht nur auf eine Phase beschränkt, z.B. die Realisierungsphase, sondern auch die Initiierungs-, Planungs-, Betriebs- und Stilllegungsphase. Auf diese Definition wird hier verzichtet, ebenso wie auf die dienstleistungsorientierte Definition, weil beide sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis selten verwendet werden.

2.1.2 Baulogistik

Während die betriebswirtschaftliche Auseinandersetzung mit der Logistik schon seit einigen Jahrzehnten stattfindet, ist die Baulogistik im Vergleich dazu eine junge Disziplin. Bei einer genaueren Betrachtung fällt auf, dass heute viele Themen unter den Begriff Baulogistik fallen, die schon seit jeher wissenschaftlich im Bauwesen bearbeitet wurden. Nur wurden diese Themen unter den Titeln Arbeitsvorbereitung und Baustelleneinrichtung abgearbeitet. Dass die Baulogistik - im Vergleich zur stationären Industrie - praktisch wie auch wissenschaftlich noch in den Anfängen steckt, hängt auch mit den branchenüblichen Eigenheiten des Baugewerbes zusammen. **„Jedes Bauwerk ist ein Prototyp.“**¹⁷

2.1.2.1 Definition der Baulogistik

Eine allgemein gültige Definition der Baulogistik gibt es nicht. Eine plausible und des Öfteren zitierte Definition nach Zimmermann lautet:¹⁸

¹⁵vgl. Pfohl: Logistiksysteme (2010), S. 12ff.

¹⁶Pfohl: Marketing-Logistik (1972), S. 28ff.

¹⁷vgl. Zimmermann/Haas: Baulogistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 12.

¹⁸Zimmermann/Haas: Baulogistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 12.

„Die Baulegistik umfasst alle nicht produktionstechnischen Prozesse im Zusammenhang mit der Planung, Steuerung, Koordination, Durchführung und Kontrolle raumzeitlicher Transformationsvorgänge von logistischen Gütern, die in direktem Zusammenhang mit der Realisierung eines oder mehrerer Bauvorhaben steht.“

Zu den logistischen Gütern gehören dabei:

- *„Personal (eigen und fremd),*
- *Baustoffe,*
- *Fertigteile,*
- *Bauhilfsstoffe,*
- *Geräte und Maschinen (inkl. Materialflussmittel),*
- *Betriebsstoffe,*
- *Werkzeuge,*
- *Technische Medien (Wasser, Gase, etc.),*
- *Energie,*
- *Informationen (inkl. Informationsflussmittel).“*

2.1.2.2 Teilbereiche der Baulegistik

Genau betrachtet kann die Baulegistik in 4 Teilbereiche unterteilt werden (siehe Abbildung 2.1):¹⁹

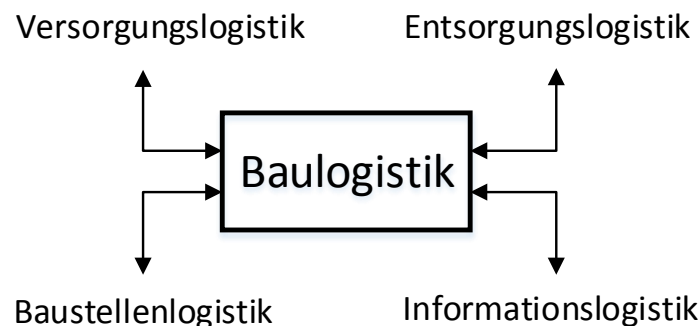


Abbildung 2.1: Teilbereiche der Baulegistik²⁰

Unter der **Versorgungslogistik** wird die Versorgung der Baustelle mit den logistischen Gütern unter Berücksichtigung der projektspezifischen Randbedingungen betrachtet. Wie bereits oben erwähnt sind hier die „Vier R“ (das richtige Produkt, im richtigen Zustand, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort) zu berücksichtigen.²¹

Die **Baustellenlogistik** ist für die Vorgänge direkt auf der Baustelle verantwortlich. Oberste Priorität ist hierbei einen konfliktfreien Produktionsablauf auf der Baustelle zu gewährleisten. In anderen Veröffentlichungen wird auch der Begriff Produktionslogistik anstatt der Baustellenlogistik verwendet.

¹⁹vgl. Zimmermann/Haas: Baulegistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 12.

²⁰Zimmermann/Haas: Baulegistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 12

²¹vgl. Pfohl: Marketing-Logistik (1972), S. 28ff.

Die **Entsorgungslogistik** setzt sich vornehmlich mit der Entsorgung von Abfällen und der Rückführung von Gebrauchsmaterialien auf der Baustelle auseinander.

Durch die zunehmende Wichtigkeit von Informationen und deren Handhabung hat es Sinn, diese unter einem eigenen Punkt - der **Informationslogistik** - aufzuführen. Die grundlegenden Anforderungen an die Informationslogistik sind:²²

- „Eindeutige Zuweisung von Verantwortlichkeiten (auf Firmen und Projektebene),
- Ständige Pflege relevanter Kontaktdaten,
- Nutzung von Projektkommunikationssystemen,
- Klare Datenablagestrukturen (auf Firmen und Projektebene),
- Einrichtung eines regelmäßigen Besprechungswesens,
- Festlegen eindeutiger Informations- und Entscheidungsprozeduren,
- Penible Dokumentation relevanter Informationen und Daten.“

2.1.3 Supply Chain Management

In Zusammenhang mit dem Begriff Logistik fällt oftmals der Ausdruck *Supply Chain Management*. Darunter ist die Betrachtung einer Lieferkette vom Anfang bis zum Ende zu verstehen. Eine häufig zitierte Auffassung nach Thaler lautet wie folgt:²³

„Supply Chain Management ist die unternehmensübergreifende Koordination der Material-, Informations- und Wertflüsse über den gesamten Wertschöpfungsprozess von der Rohstoffgewinnung über die einzelnen Veredelungsstufen bis hin zum Endkunden mit dem Ziel, den Gesamtprozess sowohl zeit- als auch kostenoptimal zu gestalten“

Im Bauwesen ist die Lieferkette von Materialien, bis diese auf die Baustelle gelangen, oft sehr professionell und aufwendig gestaltet. Demgegenüber stehen die weiteren logistischen Prozesse auf der Baustelle die im Regelfall alles andere als professionell und aufwendig gestaltet werden.

2.1.4 Just-in-time

Der Begriff Just-in-time (JIT) hat seinen Ursprung in der KAIZEN-Ära bei Toyota. Er kann mit „gerade zur rechten Zeit“ übersetzt werden. Kern des Prinzips ist es, einen möglichst verschwendungsfreien Produktionsfluss entlang einer Wertschöpfungskette zu ermöglichen.²⁴

Unter JIT-Produktion auf der Baustelle versteht man, dass die Arbeitsprozesse nicht beliebig terminiert sondern bedarfsgerecht (Just-in-time) ausgeführt werden. Dies erfordert ein Umdenken in der Baustellenabwicklung, weg vom planerischen Bauprojektmanagement in einzelnen Arbeitspaketen hin zu einer prozessorientierten Produktionsplanung.²⁵

2.1.5 Prozess

Dieser Begriff wird durch die International Organisation of Standardisation (ISO) in dem Schriftwerk ISO 9000:2005 definiert als „...Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt“.

²²Zimmermann/Haas: Baulogistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung (2009), S. 12.

²³Thaler: Supply Chain Management: Prozessoptimierung in der logistischen Kette (2007), S. 18.

²⁴vgl. Hasenclever u. a.: Digitale Baustelle-Innovativer Planen, Effizienter Ausführen (2011), S. 207ff.

²⁵vgl. Gehbauer/Kirsch: Lean Construction - Produktionssteigerung durch "schlanke" Bauprozesse (2006), S. 504ff.

Anmerkung 1: Hierbei sind Eingaben üblicherweise Ergebnisse von anderen Prozessen.

Anmerkung 2: In einer Organisation werden Prozesse üblicherweise geplant. Die Durchführung erfolgt unter beherrschten Bedingungen, um einen Mehrwert zu schaffen.²⁶

2.2 Konzepte des Zentralen Logistikmanagements

2.2.1 Zentrales Logistikmanagement nach Boenert & Blömeke

Der folgende Abschnitt beschreibt, wie nach Boenert & Blömeke²⁷ eine Kostensenkung durch ein zentrales Logistikmanagement erreicht werden kann. Wenn nicht anders angegeben, dann sind alle Inhalte aus dem Artikel *Kostensenkung durch ein zentrales Logistikmanagement*, herausgegeben im Sammelband *Baulogistik - Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen*.

Im Hochbau wird die Logistik für die Materialbewirtschaftung der Baustelle meistens den Subunternehmern (SU) selbst überlassen. Wie unter Punkt 2.1.1 beschrieben, ist es Aufgabe der Logistik die Baustelle mit Material in der richtigen Menge, im richtigen Zustand, in der richtigen Zeit und am richtigen Ort zu minimalen Kosten zu versorgen. Um eine funktionierende Baulogistik aufzubauen, sollte man die Logistikprozesse der einzelnen Nachunternehmer zentral planen, ausführen und kontrollieren. Dies führt zu einem gewerkeübergreifenden Logistikkonzept - dem sogenannten *Zentralen Logistikmanagement*.

Eine unveröffentlichte Studie der Universität Dortmund aus dem Jahre 2001, zur Akzeptanz von Dienstleistungen zur Baulogistik ergab, dass Bauleiter von Generalunternehmern (GU) die Subunternehmer als Verantwortliche für die Materialbelieferung der Baustelle sehen. Von dieser Sichtweise sollte man sich jedoch lösen.

Bei der Gestaltung eines zentralen Logistikmanagements müssen die Beschaffungslogistik, die Produktionslogistik und die Entsorgungslogistik folgendermaßen aufgebaut werden:

Beschaffungslogistik Die Beschaffungslogistik kann nach Boenert & Blömeke unterschiedlich organisiert werden:

- „Der SU führt die Beschaffungen der Materialien durch, der GU bzw. der Logistikdienstleister koordiniert den Materialfluss auf der Baustelle.
- Der GU führt die Beschaffung der Materialien durch und koordiniert den Materialfluss.
- Der GU beauftragt einen externen Logistikdienstleister, der die Materialien beschafft sowie den Materialfluss koordiniert.“

Welche von den drei Varianten gewählt wird, hängt von mehreren Faktoren ab. Beispielsweise von den jeweiligen Einkaufsbedingungen am Markt des GUs oder des SUs.

Auf jeden Fall sollte der Materialbedarf bekannt sein, um unnötigen Baustellenverkehr zu vermeiden.

Bei dem Konzept des zentralen Logistikmanagements ist eine übergeordnete Stelle hilfreich, die die digitalisierten Informationen bezüglich des Materialbedarfs koordiniert. Außerdem kann sie Materialpreise beim Baustoffhändler abfragen und den gebündelten Transport auf die Baustelle koordinieren. Mit diesem Konzept lassen sich Just-in-time-Lieferungen auf die Baustelle

²⁶vgl. Schwaiger/Köszegi/Sihn: Grundlagen der Betriebs- und Unternehmensführung (2013), S. 38ff.

²⁷vgl. Boenert/Blömeke: Baulogistik - Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen (2006), S. 29ff.

realisieren und Transport- und Zirkulationskosten senken. Ein baustellenübergreifendes, zentrales Logistikmanagement könnte auch den Einkauf der Waren übernehmen und somit bessere Einkaufsbedingungen am Markt erhalten, weil Mengenrabatte zu erwarten sind.

Im Idealfall entsteht hierdurch eine Win-win-Situation, weil sowohl der GU als auch der SU von einem optimalen Materialfluss profitieren.

Für eine Umsetzung des zentralen Logistikmanagements muss ein Logistikkordinator gestellt werden, der die Planung, Ausführung und Kontrolle der Logistikprozesse inne hat. Er sollte bereits während der Arbeitsvorbereitung in das Projekt eingebunden werden.

Bei den Anlieferflächen der Baustelle findet der Übergang von der Beschaffungslogistik zur Produktionslogistik statt.

Produktionslogistik Für die Produktionslogistik ist die Planung der Baustellentransporte, der Lagerflächen, der Materialeinheiten sowie der Transportketten innerhalb der Baustelle von Interesse. Es müssen geeignete *Transportmittel* speziell für die Belange der jeweiligen Baustelle gewählt und zur Verfügung gestellt werden. Beispielsweise können Paletten und Behälter für einen besseren Transport eingesetzt werden. Für die Manipulation von Materialien (*Transportkette*) sind kurze Wege und kleine produktionsnahe Materiallager anzustreben.

Für den *Materialumschlag* bei den Anlieferungsflächen sollte ein geeignetes Abladegerät vorhanden sein. Des Weiteren ist es sinnvoll, die abgeladenen Materialien in geeignete Einheiten zur weiteren Manipulation einzuteilen.

Ein wichtiger Grundsatz für den *vertikalen Materialtransport* ist, dass die Anlieferungsflächen auf den Standort der Vertikaltransportmittel (z.B. Bauaufzug) abzustimmen sind.

Die *horizontale Verteilung* der Baustoffe sollte mittels geeignetem Gerät erfolgen, wie zum Beispiel mit Hubwägen oder im Ausnahmefall mit Gabelstaplern.

Für alle Lagerflächen auf der Baustelle sollte der Logistikkordinator ein *Lagerflächenmanagement* betreiben, um bei Bedarf koordinierend eingreifen zu können. Um den *mittleren Lagerflächenbedarf* ermitteln zu können, bedient man sich Erfahrungswerten oder berechnet diese überschlagsweise.

Der *Etagenflächenplan* hilft bei der Organisation, in dem Lagerflächen, Arbeitsplätze und Verkehrswege eingezeichnet und somit für die Arbeiter vorgegeben sind.

Entsorgungslogistik Auf die Entsorgungslogistik wird bei Boenert & Blömeke nur kurz eingegangen. Genauere Erläuterungen sind unter Punkt 2.5 zu finden.

In Abbildung 2.2 ist die Abgrenzung der oben beschriebenen Begriffe (Beschaffungslogistik, Produktionslogistik, Entsorgungslogistik) schematisch dargestellt.

Win-win-Situation Verwendet man das Konzept des Zentralen Logistikmanagements, dann sind einige Grundvoraussetzungen einzuhalten um eine Win-win-Situation für alle Beteiligten zu schaffen. Zu den Grundvoraussetzungen zählt, dass:

- die beteiligten SU frühzeitig in das Projekt eingebunden werden.
- das Logistikkonzept vor der Vergabe bekannt ist.
- die Umsetzung des Logistikkonzepts vertraglich vereinbart wird, damit die SU die kosten-senkenden Maßnahmen in ihre Kalkulation miteinfließen lassen können.

GU zum SU).

- Das **phasenabhängige Konzept** ist spezieller als das phasenunabhängige und befasst sich explizit mit einer Bauphase (z.B. mit dem Rohbau). Das phasenabhängige Konzept kann in eine Vielzahl von Phasen aufgeteilt werden. Für jede einzelne Bauphase ist die Versorgungslogistik, die Baustellenlogistik, die Entsorgungslogistik und die horizontale Informationslogistik gesondert von Bedeutung. Beim Übergang der Bauphasen (z.B. vom Rohbau zum Ausbau) ist das phasenabhängige Konzept wieder an die veränderten Gegebenheiten anzupassen beziehungsweise von vornherein zu planen.

Abbildung 2.3 zeigt das Logistikfeinkonzept mit dem übergeordneten Logistikkonzept (phasenunabhängig) und den einzelnen Ausführungsphasen (phasenabhängig).

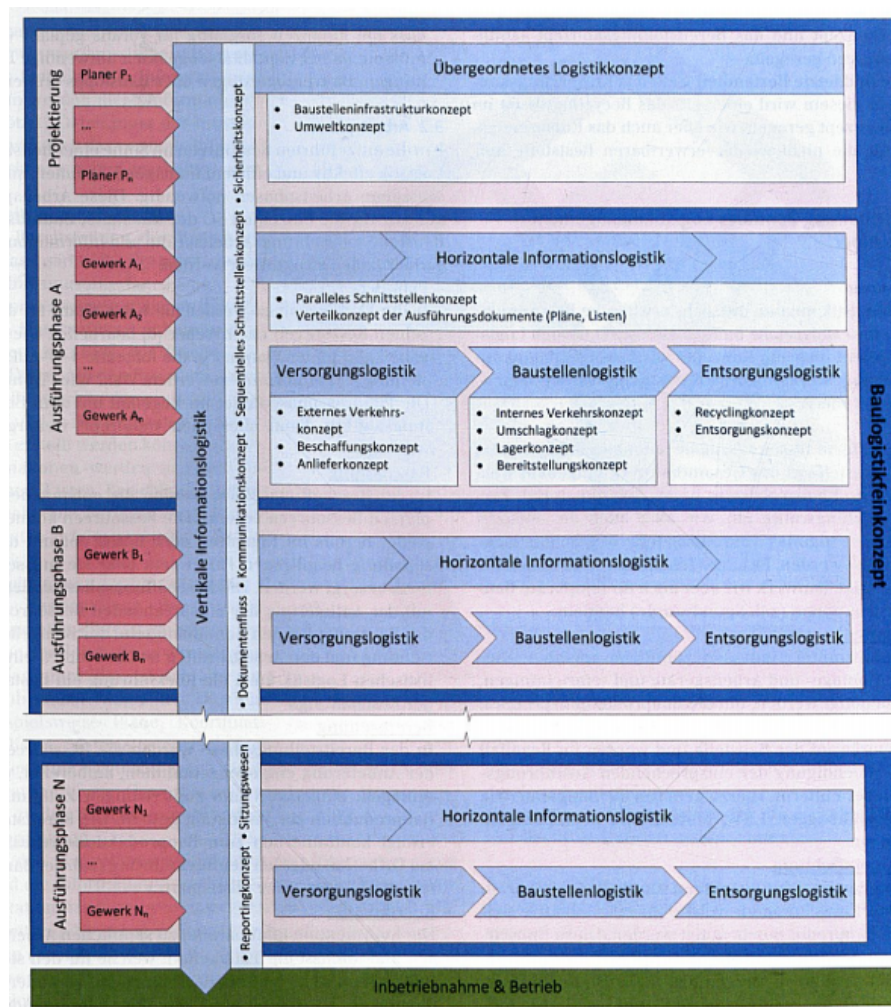


Abbildung 2.3: Logistikfeinkonzept nach Girmscheid³⁰

Im Unterschied zudem beschriebenen Konzept nach Boenert & Blömeke³¹ sind die Ausführungen nach Girmscheid wesentlich umfangreicher. Wie das Zentrale Logistikmanagement auf der Baustelle umgesetzt werden soll, ist in einer zweiten Publikation von Girmscheid in der Zeitschrift *Bauingenieur* veröffentlicht worden.³² Die inhaltlichen Ausführungen beschreiben alle Punkte von der Versorgungslogistik bis hin zur Entsorgungslogistik. Es werden verschiedene

³⁰Girmscheid/Etter: Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen (2012), S. 465

³¹vgl. Boenert/Blömeke: Baustellenlogistik - Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen (2006), S. 29ff.

³²vgl. Girmscheid/Etter: Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen (2012), S. 470ff.

Baustellenlayouts, Konzepte für Verkehrswege etc. vorgestellt. Beispielhaft wird hier die Bewertung zur Beschaffung von Materialien vorgestellt, um bei einem Bauvorhaben das Risiko bezüglich der Beschaffungslogistik zu minimieren. Abbildung 2.4 zeigt, dass Materialien einer Matrix zugeordnet werden können und daraus abgeleitet werden kann, wie kritisch sie aus logistischer Sicht sind.

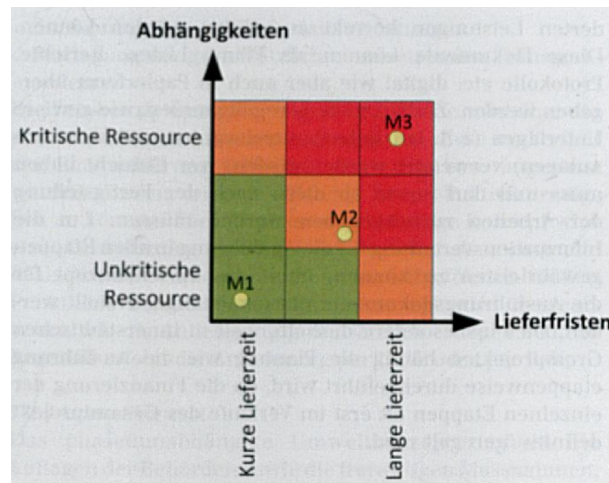


Abbildung 2.4: Bewertung zur Materialbeschaffung³³

2.3 Simulation von Logistikprozessen

In der wissenschaftlichen Forschung wird in jüngster Zeit auch in verschiedenen Publikationen über Simulationen im Bauwesen berichtet. Beispielsweise verfasste Weber seine Dissertation mit dem Titel „Simulation von Logistikprozessen auf Baustellen auf Basis von 3D-CAD Daten“ an der Universität Dortmund. Des Weiteren wurden im Fachmagazin *Bauingenieur* ab dem Jahr 2012 zwei Beiträge veröffentlicht, die die Simulationen von Prozessen im Bauwesen untersuchten. Ein Artikel wurde am Institut für Baubetriebslehre in Stuttgart verfasst und lautete „Simulation in der Fertigungsplanung von Bauwerken“. Der Zweite Artikel wurde am Institut für Bauwirtschaft an der Universität Kassel mit dem Titel „Simulation zur Unterstützung der Arbeitsvorbereitung im Hochbau“ verfasst und wird im Folgenden näher erläutert.

Simulation zur Unterstützung der Arbeitsvorbereitung³⁴ In diesem Artikel wird eine Modellierungsumgebung (CiSmo) vorgestellt, die Prozess- und Gebäudedaten zu einem ablauffähigen Simulationsmodell kombiniert. Damit ist es möglich mit vertretbarem Aufwand Simulationsstudien durchzuführen. Die Simulation mit „CiSmo“ bringt folgende Vorteile:

- „Durch die Simulation kann der prognostizierte Bauablauf nach verschiedenen, vom Benutzer definierten Kriterien vor Beginn der Ausführung umfassend untersucht werden.“
- Der Aufwand für die Datenerfassung, Modellierung und Parametrisierung während einer Simulationsstudie wird nachhaltig reduziert; der hohe Zeitaufwand einer Simulationsstudie ist bisher der Haupthinderungsgrund für den Einsatz der Simulation im Bauwesen.

³³Girmscheid/Etter: Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen (2012), S. 474

³⁴vgl. Kugler/Kordi/Franz: Simulation zur Unterstützung der Arbeitsvorbereitung im Hochbau (2012), S. 396ff.

- *Es erfolgt eine Vereinfachung und Standardisierung der Modellierung von Simulationsmodellen im Hochbau, so dass auch „Laien“ auf dem Gebiet der Simulation durch „CiSmo“ in die Lage versetzt werden, Simulationsmodelle zu erstellen und entsprechende Experimente durchzuführen.“*

Simulation der Fertigungsplanung³⁵ In der Bauindustrie wird unter Planung oftmals nur der Bauwerksentwurf verstanden. Dabei wird vergessen, dass der bauliche Herstellungsprozess für den ganzheitlichen Projekterfolg auch geplant werden muss. Außer bei der Herstellung von Fertigteilhäusern erfolgt eine ganzheitliche Planung in der Baubranche bisher nicht. Die Herstellung eines Bauwerks ist ein komplexes, zusammengesetztes logistisches System von Personen, Maschinen, Werkzeugen und Materialien. Daher treten in der Umsetzung häufig Defizite auf, die zu vielen Problemen führen.

Erfahrungen aus anderen Bereichen der Industrie, die mit Unikatprodukten (beispielsweise der Schiffbau) zu tun haben, zeigen, dass eine feingliedrige Planung der Fertigungsabläufe erhebliches Potential zur Kostensenkung zugeschrieben werden kann. Grundvoraussetzung hierfür ist eine fundierte Datenbasis.

Die Simulation ist im Bauwesen kaum vorhanden. Jedoch können Beispiele aus der Schiffbauindustrie gezeigt werden, wo die Simulation von Fertigungsprozessen bereits stark etabliert ist und dadurch die Termintreue und Produktivität nachweislich erhöht werden konnte.

Eine Simulation kann schon in der Angebotsphase verwendet werden, um Mengenströme und Zeitabschätzungen zu generieren um bereits erstellte Logistikkonzepte auf Engpässe zu prüfen. Die Ergebnisse einer Simulation können wie folgt zusammengefasst werden:

- Start und Endtermine einzelner Prozesse können bestimmt werden.
- Die Ausführbarkeit bestehender Terminpläne kann überprüft werden.
- Mithilfe der Simulation können Terminpläne erstellt werden.
- Die Auslastung des Personals oder sonstiger Ressourcen kann bestimmt werden.

Simulationen von Logistikprozessen³⁶ Der Anteil an logistischen Tätigkeiten auf Baustellen ist sehr hoch. Speziell in der Logistik zeigen sich oft Mängel, welche die Produktivität sinken lassen. Einhergehend mit der höheren Stellung der Baulogistik, steigt auch in der wissenschaftlichen Forschung der Einsatz von Simulationen, um Logistikprozesse zu optimieren.

Weber entwickelte auf Grundlage der Simulationsumgebung „Enterprise Dynamics“ mit Basis von 3D-CAD Daten eine Simulation von Logistikprozessen auf Baustellen. Er führte die Simulation an einem Praxisbeispiel durch und bewertete die hergeleitete Logistikstrategie wie folgt:

- *„Das Logistiksystem sollte bezüglich des Materialtransports eher flexibel als mit hoher Leistungsfähigkeit ausgelegt sein.*
- *Eine Lieferentzerrung ist einer Liefersteuerung vorzuziehen.*
- *Etagenlager sind gegenüber einem Hauptlager von Vorteil.“*

³⁵vgl. Berner u. a.: Simulation in der Fertigungsplanung von Bauwerken (2013), S. 89ff.

³⁶vgl. Weber: Simulation von Logistikprozessen auf Baustellen auf Basis von 3D-CAD Daten (2007), S. 135ff.

2.4 RFID in der Baulogistik

2.4.1 Allgemeines

Seit Jahren gewinnt die RFID-Technologie (Radio Frequency Identification) in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen an Bedeutung. Beispielsweise wird sie bereits erfolgreich in der Warenlogistik, der stationären Produktionssteuerung oder in der Medizin eingesetzt. Das Ziel, dass mit der Anwendung der RFID-Technologie verfolgt wird ist, dass Prozesse einfacher, transparenter und sicherer gemacht werden können. Diese Vorteile lassen sich auch auf das Bauwesen übertragen.³⁷

Die bekannteste Autoidentifikationstechnik (Auto-ID) ist das Barcodesystem, zu denen auch die RFID-Technologie zählt. Der Unterschied zwischen Barcodesystem und RFID-System liegt in der Auslesbarkeit der Daten. Für die Auslesung eines Barcodes muss eine Sichtverbindung zwischen Auslesegerät und Barcode vorhanden sein. Dies ist bei der RFID-Technologie nicht notwendig, weil die Übertragung über Funkwellen funktioniert.

Ein RFID-System besteht prinzipiell aus:

- einem RFID-Transponder,
- einem Lese- und Schreibgerät mit Antenne,
- einer Middleware und
- einem Applikationsserver.

Abbildung 2.5 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines RFID-Systems. Die Kommunikation zwischen dem Transponder und dem Lese- und Schreibgerät funktioniert über Funkwellen, die in verschiedenen Richtlinien und Normen geregelt sind. Die weiteren Schnittstellen des Systems sind herstellerabhängig, wobei ein USB-Anschluss oder ein Netzwerkanschluss häufig zur Anwendung kommen.

Auf dem RFID-Transponder können Daten gespeichert werden, die über Funk mit einem Lesegerät ausgelesen werden können. Dabei beträgt die Reichweite zwischen ca. 1 m und 100 m. Diese ist abhängig davon, ob aktive (mit Stromversorgung) oder passive (ohne Stromversorgung) Systeme und welche Frequenzen eingesetzt werden.

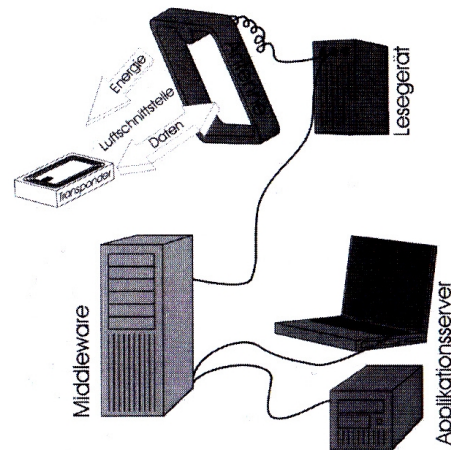
2.4.2 Beispiele der RFID-Anwendung

Die Verladung großformatiger, metallischer Rohrleitungselemente auf Sattelzüge und deren Durchfahrt durch ein RFID-Gate wurde in einem Pilotprojekt untersucht. Eingesetzte passive Transponder brachten keine Vorteile gegenüber dem bewährten Barcodesystem, weil der Einfluss des Metalls die Reichweite stark reduzierte. Es wurde auf wiederverwendbare aktive Transponder umgestellt. Dadurch konnte eine durchgängige Dokumentation bis zum Einbauprozess ohne aufwändige manuelle Datenerfassung umgesetzt werden.

Die Firma Hilti hat ein RFID-basiertes Diebstahlschutzsystem an ihren Werkzeugmaschinen installiert, die nur mit einer speziellen Kundenkarte aktiviert werden können. Dieses System wird bereits erfolgreich am Markt vertrieben.

Ein weiteres Beispiel ist die Dokumentation von Ort- und Frischbeton beim Bau des Burj Dubai. Dabei wurden die Transportbetonmischer mit RFID-Transpondern ausgestattet, um so

³⁷ vgl. Jehle/Seyffert/Wagner: Anwendbarkeit der RFID-Technologie im Bauwesen (2011), S. vff.

Abbildung 2.5: Prinzipieller Aufbau eines RFID-Systems³⁸

die Fahrt- und Standzeit dieser zu dokumentieren.

Die Firma Sateco kennzeichnet ihr Schalungssystem mit RFID-Transpondern. Dadurch erhält das Schalungssystem, mittels Nummerierung, eine eindeutig Identifikation. Zusätzlich können auch individuelle Einträge auf den Transponder (Schalungselement) gespeichert werden.³⁹

2.5 Logistik im Abfallmanagement

2.5.1 Gesetzliche Grundlagen

Das Abfallmanagement auf der Baustelle verlangt eine allgemeine Auseinandersetzung mit dem Umweltschutz. Generell werden Bestimmungen zum Umweltschutz zuerst in der Europäischen Gemeinschaft ausgearbeitet und dann in österreichisches Recht übertragen. Die österreichische Gesetzgebung hat keinen eigenen Kompetenztatbestand Umweltschutz. Dieser wird - sehr vereinfacht dargestellt - über das Wasserrecht, den Bodenschutz, die Luftreinhaltung etc. geregelt. Der Umweltschutz ist eine Querschnittsmaterie, der über die Kompetenzverteilungen zwischen dem Bund und den Ländern beziehungsweise zwischen den verschiedenen Ministerien geregelt wird.⁴⁰

Für den Umweltschutz und daher für das Abfallmanagement auf der Baustelle sind mehrere Gesetze und Verordnungen von Interesse. Um die dahinterstehende Logistik nicht aus den Augen zu verlieren, werden im Folgenden nur die relevanten Gesetze und Verordnungen aufgezeigt, die vor allem für die anfallenden Abfälle im Ausbau eines Bauwerks zu beachten sind.

Die grundlegende Begriffsbestimmung - die Definition von *Abfall* - wird im **Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002)** unter §2 getätigt:⁴¹

Abfall im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetz 2002 sind bewegliche Sachen,

1. „deren sich der Besitzer oder Inhaber entledigen will oder entledigt hat (subjektiver Abfallbegriff), oder

³⁸Jehle/Seyffert/Wagner: Anwendbarkeit der RFID-Technologie im Bauwesen (2011), S. 7ff

³⁹vgl. Günthner/Schneider: RFID-Einsatz in der Baubranche (2014), S. 10ff.

⁴⁰Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013).

⁴¹(Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002), BGBl. I Nr. 102

2. *deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen. (objektiver Abfallbegriff)*“.

Eine zentrale Herangehensweise, wie mit Abfall umgegangen werden soll, ist durch die fünfstufige Abfallhierarchie im *AWG 2002* vorgegeben:

1. *„Abfallvermeidung*
2. *Vorbereitung zur Wiederverwendung*
3. *Recycling*
4. *Sonstige Verwertung*
5. *Abfallbeseitigung*“

Wie diese Aufzählung zeigt, ist es gesetzlich nicht erlaubt Abfälle (jeglicher Art) in erster Linie einer Abfallbeseitigung zuzuführen. In diesem Zusammenhang fasst Car et al. Punkte aus dem *AWG 2002* speziell für das Bauwesen folgendermaßen zusammen:⁴²

1. *„Verwertbare Materialien sind einer Verwertung zuzuführen, sofern dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist und dies nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist.*
2. *Nicht verwertbare Abfälle sind einer Behandlung im Sinne des §1 Abs. 2 Z3 zuzuführen.“*

Weitere wichtige Begriffsbestimmungen nach *AWG 2002* §2 wurden ebenfalls von Car et al. zusammengefasst:

- *„Abfallerzeuger ist jede Person, durch deren Tätigkeit Abfälle anfallen, jede Person, die Vorbehandlungen, Mischungen [...] vornimmt, die eine Veränderung der [...] Zusammensetzungen bewirken.*
- *Abfallbesitzer ist der Abfallerzeuger oder jede Person, die den Abfall innehat.*
- *Abfallsammler ist, wer von Dritten erzeugte Abfälle abholt, entgegennimmt oder rechtlich über die Abholung/Entgegennahme verfügt.*
- *Abfallbehandler ist jede Person, die Abfälle verwertet oder beseitigt.“*

Fallen auf der Baustelle **gefährliche Abfälle** an, dann gilt das *Bundesgesetzblatt Nr. 227/1997*. Anwenderfreundlicher als das Bundesgesetzblatt ist die ÖNORM mit der Bezeichnung S 2100 „Abfallkatalog“, die gefährliche Abfälle mit Schlüsselnummern und Spezifikationen auflistet. Zum Beispiel sind Altöle (Schlüsselnummer: 54102) oder ölverunreinigte Putzlappen (Schlüsselnummer: 54930) gefährliche Abfälle und werden mit einer eindeutigen Schlüsselnummer zugeordnet. Für die Entsorgung dieser Abfälle braucht ein Entsorgungsunternehmen spezielle Genehmigungen.

Die **Baurestmassentrennverordnung** schreibt vor, dass Materialien/Abfälle, die bei Bautätigkeiten anfallen, getrennt gesammelt und verwertet werden müssen. Das Besondere dieser Verordnung ist, dass der Bauherr für deren Einhaltung verantwortlich ist. Diese Verantwortung wird üblicherweise vertraglich den Bauunternehmern übertragen. Die Trennung der Materialien kann auf der Baustelle oder in Behandlungsanlagen geschehen, jedoch muss die Trennung so erfolgen, dass eine Verwertung in den einzelnen Stoffgruppen möglich ist. Fallen die Materialien unterhalb der jeweiligen Mengenschwelle (siehe Tabelle 2.1) an, müssen sie nicht getrennt werden. Für die Behörden gilt der *Baurestmassennachweis* für nicht gefährliche Abfälle oder die *Begleitscheine* für gefährliche Abfälle als Nachweis.⁴³

⁴²Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013).

⁴³vgl. Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013), S. 152ff.

Tabelle 2.1: Mengenschwellen der Stoffgruppen⁴⁴

Stoffgruppe	Mengenschwelle
Bodenaushub	20 t
Betonabbruch	20 t
Asphaltaufbruch	5 t
Holzabfälle	5 t
Metallabfälle	2 t
Kunststoffabfälle	2 t
Baustellenabfälle	10 t
mineralischer Bauschutt	40 t

Der Umgang mit der Baurestmassentrennverordnung wird anhand von zwei Beispielen veranschaulicht:⁴⁵

Beispiel 1:

„Metallabfälle: Bauteile aus Eisen- bzw. Nichteisen-Metallen und verschiedene Legierungen, die auch beschichtet oder lackiert sein können.

Beispiele: Bewehrungs- und Spannstähle, Profilstahl (z.B. Stahlträger), Kabel, Bleche, Gusseisenteile, Rohre, Metallzargen.

Abfallnachweis: Baurestmassennachweisformular: Stoffgruppe „Metalle“

Verwertungsmöglichkeiten: Rohstoff zur Metallherstellung“

Beispiel 2:

„Baustellenabfälle: Gemischte Abfälle aus Holz, Metalle, Kunststoffe, Pappe, organische Reste, Sperrmüll und geringem Anteil an mineralischem Bauschutt.

Beispiele: Heraklith, Gipskarton, Kehrricht, Verbundstoffe, Verschnitt, textile Abfälle, verunreinigte Verpackungen etc.

Abfallnachweis: Baurestmassennachweisformular: Stoffgruppe „Baustellenabfälle“

Verwertungsmöglichkeiten: Nur nach Sortierung gegeben.“

Als Schlussfolgerung zu den Beispielen kann gezogen werden, dass eine Mulde mit Metallabfällen kostengünstiger zu entsorgen ist als eine Mulde mit gemischten Baustellenabfällen. Die unterschiedlichen Kosten, die ein Entsorgungsunternehmen dafür verrechnen wird, ergeben sich durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen - unabhängig welche Preisnachlässe man beim Entsorgungsunternehmen bekommt.

Der Umgang mit Bauabfall wird in vielen gesetzlichen Vorschriften geregelt, weswegen die meisten Baufirmen ein externes Abfallentsorgungsunternehmen beauftragen.

Mit den oben genannten Erkenntnissen kann jedoch das Abfallkonzept auf der Baustelle so aufgebaut werden, dass minimale Kosten für die Abfallentsorgung anfallen.

⁴⁴Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013), S. 152

⁴⁵Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013), S. 187.

2.5.2 Abfallentsorgungskonzepte

Für den Abtransport von Baustellenabfällen wird zwischen Abrollcontainern und Absetzmulden unterschieden. Abrollcontainer sind in den Größen von 10 m^3 , 30 m^3 und 40 m^3 Fassungsvermögen vorhanden. Absetzmulden gibt es in den Größe von 2 m^3 , $5,5\text{ m}^3$, 7 m^3 , 10 m^3 , 15 m^3 und 18 m^3 Fassungsvermögen (siehe Abbildung 2.6).

Die Standardcontainer, mit denen Abfälle von der Baustelle abtransportiert werden, sind Absetzmulden mit $5,5\text{ m}^3$ oder $7,0\text{ m}^3$ Fassungsvermögen - offen oder geschlossenen mit einem Deckel.⁴⁶



Abbildung 2.6: Absetzmulde⁴⁷ und Abrollcontainer⁴⁸

2.5.2.1 Stellflächenbedarf

Der Stellflächenbedarf für die Abfallcontainer hängt von verschiedenen Rahmenbedingungen ab, wie z.B. von der Anzahl der verschiedenen Abfallfraktionen (Baumischabfälle, Metalle, Kunststoffabfälle etc.) und vom gesamten Volumen des Abfallaufkommens. Für die Aufstellung der Container sollten nach Schach & Otto folgende Grundsätze beachtet werden:⁴⁹

- „möglichst einen zentralen Standort für alle Sammelbehälter (Zufahrt beachten)
- Standort möglichst nah an der Baumaßnahme und bei den Bearbeitungsschwerpunkten sowie ggf. im Schwenkbereich der Krane,
- unter Umständen abschließbare Sammelbehälter verwenden,
- eindeutige, leicht erkennbare Kennzeichnung der Sammelbehälter je nach Fraktion“

Mit stapelbaren Containermulden (Absetzmulden) ist es im Leerzustand möglich Platz auf der Baustelle zu sparen. Des Weiteren können Rahmenbedingungen des Baustellenbetriebs erfordern, dass kranversetzbare Mulden eingesetzt werden müssen. Bei der Containeranordnung sollten zudem ausreichend Rangierflächen miteingeplant werden, um einen einfachen An- und Abtransport zu gewährleisten.

Die Tabellen 2.2 und 2.3 zeigen Kennwerte, die für die Planung der Stellflächen von Containern interessant sind:⁵⁰

⁴⁶vgl. Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 123ff.

⁴⁷<http://www.wuppenhorst.de/mulden.html>

⁴⁸<http://www.containeronlineshop.de/ctshop/seecontainer.asp?Bild=Abrollcontainer.png>

⁴⁹Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 124.

⁵⁰Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 125.

Tabelle 2.2: Kennwerte Abrollcontainer

Fassungsvermögen	10 m ³	30 m ³	40 m ³
Höhe des Containers	1,0 m	2,0 m	2,4 m
Breite des Containers	2,5 m	2,5 m	2,5 m
Länge des Containers	4,5 m	5,5 m	7,2 m
Durchfahrtshöhe LKW	3,7 m	3,7 m	4,0 m
Durchfahrtsbreite LKW	2,7 m	2,7 m	2,7 m
erforderliche Rangierfläche vor dem Container (l x b)	8,0 m x 4,0 m	10,0 m x 4,0 m	10,0 m x 4,0 m

Tabelle 2.3: Kennwerte Absetzmulde

Fassungsvermögen	2 m ³	5,5 m ³	7 m ³	10 m ³	15 m ³	18 m ³
Höhe der Mulde	1,1 m	1,3 m	1,4 m	1,7 m	2,3 m	2,5 m
Breite der Mulde	1,0 m	1,8 m	1,8 m	1,8 m	1,8 m	1,8 m
Länge der Mulde	1,3 m	3,2 m	3,6 m	4,1 m	4,7 m	4,5 m
Durchfahrtshöhe LKW	3,0 m	3,7 m	3,7 m	3,7 m	3,7 m	3,7 m
Durchfahrtsbreite LKW	2,5 m	2,7 m	2,7 m	2,7 m	2,7 m	2,7 m
erforderliche Rangierfläche vor dem Container (l x b)	5,0 m x 3,0 m	7,0 m x 4,0 m	7,0 m x 4,0 m	8,0 m x 4,0 m	8,0 m x 4,0 m	8,0 m x 4,0 m

2.5.2.2 Überschlägige Abfallberechnung

Für eine überschlägige Abfallberechnung sind nach Schach & Otto⁵¹ für Neubaumaßnahmen im Hochbau ungefähr 20 – 40 m³ Abfallaufkommen pro 1.000 m³ Bruttorauminhalt (BRI) anzusetzen.

2.5.2.3 Umsetzung der Baurestmassentrennverordnung

Eine mögliche Umsetzung der Baurestmassentrennverordnung auf der Baustelle kann mit mehreren Abfallcontainern nach Car et al. folgendermaßen aussehen:⁵²

Mulde 1: Einstoffmulde - enthält nur eine Sorte Material

- „Aushub
- Asphalt
- Beton
- Metall
- etc.“

Mulde 2: Bauschutt

- „Mehrstoffmulden für Gemische und Inertstoffe: Ziegel, Kies, Erde, Keramik, Naturstein, Ton, Zementwaren, Beton, Asphalt
- Beimengung von Kunststoff und sonstigen, mehr oder minder gut abbaubaren Stoffen nach Angabe des Übernehmers möglich.
- Beispiele für mehr oder minder gut abbaubare Anteile: Holz, Pressspanplatten, Hartfaserplatten, Holzwoleleichtbauplatten, Holzwole, Faserzemetplatten auf Zellulosebasis, Man-

⁵¹vgl. Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 124.

⁵²Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013), S. 185ff.

telsteine, aus Altpapier hergestellte Dämmstoffe, Gipskartonplatten, Tapeten, Kork, Rinde und Stroh.

- *Beispiele für Kunststoffanteile: PVC-Fensterrahmen, Kunststofffolien, -platten, -bahnen, Fußbodenbeläge, Rohre, Dachrinnen, Armaturen, Kabelisolierungen, ausgehärtete Fugenmassen und Dämmplatten.“*

Mulde 3: Baustellenabfälle (Sammelmulde) - Merhstoffmulde für nicht sortierte Baurestmassen jeglicher Art

- *„keine gefährlichen Abfälle*
- *kein ölhaltiges Material*
- *keine Chemikalien*
- *keine Verpackungen“*

Bei der Umsetzung des Muldenkonzepts nach Car et al. sind folgende Punkte zu beachten:⁵³

- *„Überprüfung der zu erwartenden Baurestmassen bezüglich Stoffgruppen und Massen.*
- *Sicherstellen, dass die geplante Muldenbefüllung den Übernahmebestimmungen der Behandlungsanlage (Sortieranlage, Recyclinganlage Deponie) entspricht.*
- *Bestellung von artgerechten Mulden.*
- *Kennzeichnung der Mulden mit [...] Beschriftungstafeln.*
- *Richtige Trennung.*
- *Sicherung der Mulde gegen Fremdmaterialien und unbefugte Befüllung.*
- *Klärung der Entsorgungsfrage von gefährlichen Abfällen.“*

2.5.2.4 Wichtige Hinweise

Im Folgenden sind einige wichtige Punkte im Zusammenhang mit einem Abfallentsorgungskonzept nach Schach & Otto zusammengefasst:⁵⁴

- Der Einsatz von tragbaren Abfallbehältern (Eimer und Säcke) hat sich als sinnvoll erwiesen.
- Für Gipskarton und Dämmplatten sollten eigene Container zur Verfügung stehen.
- Sonderabfälle wie Lacke und Lösungsmittel müssen getrennt in Containern gesammelt werden.
- Im besten Fall sollte ein Abfallcontainer für jede Abfallart zur Verfügung stehen.
- Die Art der Sammelbehälter sollte in Absprache mit dem Entsorgungsunternehmen erfolgen.
- Ein Verantwortlicher sollte für die Abfallentsorgung abgestellt werden (Polier, Vorarbeiter).
- Eine gemeinsame Nutzung von Abfallcontainern durch mehrere SU sollte vertraglich vereinbart werden.
- Wenn partikelförmige Gefahrenstoffe in der Luft auftreten, dann sind diese mit entsprechenden Nass- oder Trockensaugverfahren zu entfernen.

⁵³Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013), S. 185ff.

⁵⁴vgl. Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 185ff.

Umsetzung der Abfallhierarchie Folgender Praxishinweis von Schach & Otto zeigt eine mögliche Umsetzung der europäischen Abfallhierarchie:⁵⁵

1. „Abfälle vermeiden,
 - sparsam disponieren,
 - überschüssige Liefermengen zurücknehmen lassen.
2. Abfälle wiederverwenden,
 - innerhalb der Baustelle,
 - über Lieferanten/Nachunternehmer zurückgeben
 - verkaufen/verschenken frei Baustelle.
3. Abfälle entsorgen/beseitigen,
 - sortieren/trennen,
 - sortenrein sammeln.“

Bei Verwendung von mehreren Abfallcontainern sollte eine eindeutige Beschriftung die Zuordnung der Abfälle erleichtern. Dazu schlägt Schach & Otto folgende Beschriftung vor:⁵⁶

- „Bauschutt (Mörtel und Zement, Fliesen, Keramik, Mauerbruch und Betonreste usw.);
- Holzabfälle (Bretter, beschädigte Paletten, Verschnittreste usw.);
- Schrott (Rohrabschnitte, restentleerte Blechgebäude, Umreifungsbänder aus Stahl usw.);
- Baustellenabfälle (Baufolien, verschmutzte Verpackungen, Abdeckpapier, Gipskarton usw.);
- Sonderabfälle – Sammelstelle, Abgabe nur in Anwesenheit des Poliers;
- Verpackungsabfälle, ggf. noch getrennt nach Papier-Verpackungen, Styropor-Verpackungen, Folien-Verpackungen, Kunststoff-Umreifungen, Kunststoffgebäude (Fässer, Kanister usw.).“

Gefährliche Abfälle Der Umgang mit gefährlichen Abfällen erfordert immer besondere Umsicht. Daher empfiehlt es sich in der Praxis geeignete, dicht verschließbare, vor Regen geschützte und entsprechend gekennzeichnete Container zur Verfügung zu stellen.⁵⁷

2.5.3 Entsorgungsdienstleister

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen haben dazu geführt, dass sich am Markt Entsorgungsdienstleister etabliert haben, die auf die Entsorgung von Bauabfällen spezialisiert sind.

Auffallend ist, dass die Entsorgungsdienstleister meistens Teilunternehmen von mittleren und großen Bauunternehmen sind.

2.6 Elemente der Baustelleneinrichtung

Die Geräte, die auf der Baustelle *ÖBB-Konzernzentrale* im Einsatz waren, werden hier anhand von verschiedenen Literaturquellen mit ihren Vor- und Nachteilen beschrieben.

⁵⁵Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 191ff.

⁵⁶Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 192.

⁵⁷vgl. Car/Ritschel/Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen (2013), S. 181ff.

2.6.1 Bauaufzüge (Lasten- und Personenaufzüge)

Sie dienen der vertikalen Erschließung von Hochbauten und werden aufgrund ihrer Zulassung für den Material- und/oder Personentransport herangezogen. Sehr oft werden Bauaufzüge eingesetzt um Turmdreh- oder Fahrzeugkräne zu entlasten. Für die verschiedenen Anforderungen der Baustelle werden von den Aufzugsherstellern elektronische Aufzugssteuerungen und sichere Etagenaustritte angeboten. Bezüglich der technischen Kenndaten hält sich die Literatur sehr bedeckt. Es werden allgemeine Angaben gemacht, wie zum Beispiel: „Bauaufzüge können ab einer Höhe von 6-10 Geschoßen wirtschaftlich sein, abhängig von der Bauwerksgröße“. In den Aufzugskabinen können verschiedenste Materialien transportiert werden, unter der Voraussetzung, dass die Abmessung der Kabine bzw. die Traglast des Aufzuges nicht überschritten wird. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass Bauaufzüge, die Personen transportieren, spezielle Anforderungen erfüllen müssen. Bei der Errichtung des Aufzuges ist außerdem darauf zu achten, dass dieser auf ausreichend tragfähigem Untergrund stehen muss.^{58,59} Nach Schach & Otto richtet sich die Auswahl eines Bauaufzuges nach folgenden Kriterien:⁶⁰

1. „Soll der Aufzug nur für Material bzw. Personen und Material verwendet werden?“
2. Wie hoch ist die maximale Traglast?
3. Wie groß muss die Grundfläche des Aufzuges sein?“

2.6.2 Kräne in der Ausbauphase

Zum Einsatz von Kränen in der Ausbauphase eines Bauwerks wurde im Rahmen der Literaturrecherche keine Publikationen gefunden.

In der Baustellenpraxis ist die jedoch die Verwendung von auskragenden Arbeitsbühnen (umgangssprachlich Ausschussbühnen) in Verbindung mit Kränen üblich. Beim Bau der ÖBB-Konzernzentrale wurden auskragende Arbeitsbühnen der Firma Mägert G&C Bautechnik AG mit der Bezeichnung MS-Plattform eingesetzt.

Beschreibung der MS-Plattform Die MS-Plattform ist eine auskragende Arbeitsbühne (siehe Abbildung 2.7). Sie ist für die Materialmanipulation von diversen Bau- und Konstruktionsmaterialien für jedes Stockwerk im Hochbau geeignet.

Laut Herstellerfirma ist sie in 5 Minuten einsatzbereit und kann eine Nutzlast von 2 t aufnehmen.

Die Größe der Plattform ist modellabhängig. Das Standardmodell hat eine Abmessung von 4,00 m x 1,80 m.

2.6.3 Lagerflächen

Die vorhandene Literatur zu Lagerflächen setzt sich ausschließlich mit der Lagerung von Produkten in der Rohbauphase auseinander. Beispielsweise schreibt Berner et al.⁶¹, dass: „Lagerflächen [...] insbesondere für Schalung, Bewehrung, und sonstige Bau- und Bauhilfsstoffe sowie für Aus-

⁵⁸vgl. Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 61ff.

⁵⁹vgl. Duschel/Plettenbacher: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb (2013), S. 106ff.

⁶⁰Schach/Otto: Baustelleneinrichtung (2011), S. 63.

⁶¹vgl. Berner/Kochendörfer/Schach: Grundlagen der Baubetriebslehre 2 (2008), S. 239ff.



Abbildung 2.7: MS-Plattform (Mägert G&C Bautechnik AG)⁶²

hubmaterial benötigt [werden]“.

Die wichtigsten zu beachtenden Punkte können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Dimensionierung der Lagerflächen muss in der Planungsphase für die Baumaßnahme abgeschätzt werden.
- Die Lagerflächen sollen sich im Schwenkbereich der Kräne befinden.
- Wenn es der Umstand erfordert, dann können Lagerflächen im Baufeld oder im Bauwerk angemietet werden.
- Lagerplätze müssen eventuell geräumt werden, wenn dies der Baufortschritt erfordert.
- In den Subunternehmerverträgen sollte eine geregelte Anlieferung festgeschrieben sein.
- Eine Just-in-time Anlieferung sollte überdacht werden, auf eine langfristige Lagerung ist jedenfalls zu verzichten.

2.6.4 Manipulationsflächen

Der Begriff *Manipulationsfläche* ist in Österreich sehr gebräuchlich, aber nicht normiert. Der Begriff bezeichnet eine Fläche an der Materialien am Baufeld für eine weiter Verwendung umgeschlagen werden. Ein verwandter Begriff - *Manipulationskosten* - steht im „Handwörterbuch der Bauwirtschaft“ mit folgender Definition: „*Nicht normierter Begriff. Oft werden damit die Lohnkosten für das Auf-, Abladen und den Antransport von Baumaterial, Frachtspesen usw. bezeichnet.*“⁶³

2.7 Unterschiede zur stationären Industrie (Automobilindustrie)

2.7.1 Allgemeines

Die Herausforderungen für Unternehmen steigen aufgrund der Globalisierung und der Internationalisierung der Märkte ständig an. Aufgrund der modernen Verkehrs- und Kommunikationstechniken agieren Unternehmen weltweit und sind dadurch auch einem hohen Wettbewerbsdruck ausgesetzt. Um die Umsätze und Marktanteile zu erhöhen, müssen die Unternehmen schnell, effizient und kundennah handeln.⁶⁴

⁶²Mägert G&C Bautechnik AG: <http://www.mbt-bautechnik.ch/produkte/baustelleneinrichtungen>

⁶³Oberndorfer/Jodl (Hrsg.): Handwörterbuch der Bauwirtschaft (2010), S. 162.

⁶⁴vgl. Schmelzer/Sesselmann: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis (2004), S. 1ff.

Die Literatur und Praxis kennt viele Managementkonzepte und -methoden (*Produktionsmanagement*), um die Unternehmensprobleme zu lösen und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Beispiele dafür sind:⁶⁵

- Total Quality Management,
- Asset Management,
- Change Management,
- Customer Relationship Management,
- KAIZEN/KVP (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess),
- Supply Chain Management,
- Lean Management,
- u.v.m.

Wie unter Punkt 2.1.1.1 beschrieben, gibt es Unternehmen in der stationären Industrie, welche die Logistik als Managementansatz auffassen. Beispielsweise gilt derzeit das Supply Chain Management (siehe Punkt 2.1) sowohl in der Forschung als auch in der stationären Industrie als ein sehr häufig diskutiertes Produktionsmanagement.⁶⁶

Im Vergleich zum Supply Chain Management ist das Lean Management in der stationären Industrie (Automobilindustrie) bereits etabliert. Seit Mitte der 90er Jahre wird Lean Construction für die Bauindustrie weiterentwickelt und hat als Grundlage das international erprobte Konzept des Lean Managements.⁶⁷

Mit Lean Construction wird die Baulogistik von einer reinen TUL-Betrachtung (Transportieren, Umschlagen, Lagern) auf einen Managementansatz erweitert.

2.7.2 Lean Management

Der Begriff Lean Management wurde von den Wissenschaftlern James P. Womack, Daniel T. Jones und Daniel Roos geprägt. Sie untersuchten die Unterschiede in den Entwicklungs- und Produktionsbedingungen der Automobilindustrie in Japan, Europa und den USA. In diesem Zusammenhang wurden die Prinzipien eines auf Effizienz und Qualität überlegenen Entwicklungs- und Produktionssystems herausgearbeitet (Lean Produktion), welches dann auf das gesamte Unternehmen ausgeweitet wurde und als Lean Management (schlanke Unternehmensführung) bezeichnet wurde.⁶⁸

Die Philosophie von Lean Management ist, jegliche Art von Verschwendung in der Produktion und auch in den sonstigen Unternehmensprozessen zu vermeiden bzw. nachträglich zu eliminieren, um Raum für Innovationen, höhere Produktivität und bessere Qualität zu schaffen.

Die sechs Grundprinzipien des Lean Management können wie folgt zusammengefasst werden:⁶⁹

1. *„Mit der Definition des Kundennutzens wird erreicht, dass im Besonderen die Bereiche Verbesserungen/Innovationen vorangetrieben werden, die vom Kunden gewünscht werden.*
2. *Mit Prozessen, die speziell der Erreichung des Kundennutzens entgegenkommen, werden Prozesse vermieden (Verschwendung reduziert), die der Kunde nicht honoriert und nicht bereit ist zu bezahlen.*

⁶⁵vgl. Schmelzer/Sesselmann: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis (2004), S. 7ff.

⁶⁶vgl. Schwaiger/Köszegi/Sihn: Grundlagen der Betriebs- und Unternehmensführung (2013), S. 35ff.

⁶⁷vgl. Gehbauer/Kirsch: Lean Construction - Produktionssteigerung durch "schlanke" Bauprozesse (2006), S. 504.

⁶⁸vgl. Schmelzer/Sesselmann: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis (2004), S. 14ff.

⁶⁹Schwaiger/Köszegi/Sihn: Grundlagen der Betriebs- und Unternehmensführung (2013), S. 21.

3. *Alle Prozesse werden auf ihre Notwendigkeit und ihren Umfang analysiert und alle nicht notwendigen und nicht wertschöpfenden Prozesse werden eliminiert, um den Gesamtablauf effektiver und effizienter zu gestalten.*
4. *Die Materialien fließen lassen heißt, dass Liegezeiten (ein nicht wertschöpfender Prozess) eliminiert werden.*
5. *Die Materialien je nach Kundenanfrage in den Produktionsprozess einzuschleusen, reduziert die Kapitalbindung und die Liegezeiten und trägt somit zu einer optimierten Produktion bei. Dieser Gedanke wird beispielsweise bei der Just-in-sequence/Just-in-time Anlieferung von Bauteilen in der Automobilindustrie verfolgt.*
6. *Die kontinuierliche Analyse und Verbesserung von Prozessen findet sich in der KAIZEN-Philosophie wieder (KAIZEN kann als kontinuierliche Verbesserung übersetzt werden). Auch kleine Schritte tragen zu einem besseren Endergebnis bei.“*

2.7.3 Lean Construction

In der Bauindustrie wurde versucht die Wertschöpfung durch optimierte Maschinenteknik und Vorfertigung zu erhöhen. Im Vergleich dazu spielte der Produktionsprozess auf der Baustelle eine untergeordnete Rolle. Bei Lean Construction steht die durchgängige Betrachtung der Arbeitsprozesse (Workflow) im Mittelpunkt. Das Projektmanagement der Baustelle wird zum Produktionsmanagement auf der Baustelle. Ziel ist es, die in der Planung und Produktion beteiligten Personen anzuleiten ihre kreative Kraft in den verschiedensten Prozessen mit einzubringen.⁷⁰

Nach Erfahrungen von Lean Production in der stationären Industrie liegt das größte Verbesserungspotential in der Reduzierung des Anteils an nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten (Verschwendungen). Die bekanntesten Verschwendungsquellen sind nach Ohno:⁷¹

- *„Überproduktion,*
- *Reparatur und Nacharbeit,*
- *Transport,*
- *Prozess,*
- *Lagerung,*
- *Bewegung,*
- *Warten“*

Es soll kontinuierlich jeder Einzelprozess bis hin zum gesamten Produktionsprozess auf Verschwendungen geprüft werden. Werden Verschwendungen erkannt, dann sollen die Quellen davon beseitigt werden.

Das Ziel von Lean Construction ist:⁷²

- *„den Wert zu maximieren,*
- *die Verschwendung in den Prozessen zu minimieren und*
- *die Prozesse zu perfektionieren.“*

⁷⁰vgl. Gehbauer/Kirsch: Lean Construction - Produktionssteigerung durch "schlanke" Bauprozesse (2006), S. 504.

⁷¹Ohno: Toyota Production System, Beyond Large Scale Production (1988).

⁷²Gehbauer/Howell/Wiegand: Was ist Lean Construction? (2014).

3 Projektbeschreibung ÖBB-Konzernzentrale

3.1 Baufeldbeschreibung

Auf dem Bauplatz B.01 am neuen Hauptbahnhof Wien wird von der Arbeitsgemeinschaft HABAU Hoch- und Tiefbaugesellschaft m.b.H./ÖSTU-STETTIN Hoch- und Tiefbau GmbH ein Bürogebäude für die neue ÖBB-Konzernzentrale errichtet. Das Gebäude besteht aus einem 5-geschoßigen Sockelbereich mit darauf aufsetzendem Hochhaus, das sich in zwei verschieden hohe Gebäudeteile (88 m bzw. 67 m) gliedert. In drei Untergeschoßen werden die Tiefgarage, die Lagerflächen und die Haustechnik organisiert. Im Sockelbereich sind Räumlichkeiten für öffentliche Nutzungen vorgesehen und in den oberen Geschoßen (5. bis 23. OG) befinden sich Büros.⁷³

Abbildung 3.1 zeigt einen Lageplan der ÖBB-Konzernzentrale. Am oberen Ende der Abbildung ist der neue Hauptbahnhof mit dem Rautendach und dem Bahnhofsvorplatz zu sehen. Des Weiteren ist die Aufteilung des ÖBB-Bürogebäudes in 3 Bauteile mit Angabe der Höhenkoten erkennbar.

Abbildung 3.2 zeigt eine dreidimensionale Visualisierung des Bürogebäudes aus der Vogelperspektive von Nord-West. Der Gebäudeteil mit dem ÖBB-Logo ist der Bauteil 1 und links davon der etwas niedrigere Bauteil 2. Auch das Rautendach des neuen Hauptbahnhofs ist im unteren Bereich des Bildes zu sehen.

Abbildung 3.3 zeigt den Projektfortschritt am 22.01.2014. Links unten erkennt man das Dach des Bahnhofsvorplatzes und zentral im Bild die Bauteile 1 und 2 von Nord-West gesehen.

3.1.1 Kenndaten

In Tabelle 3.1 und 3.2 sind die wichtigsten Objektkennndaten sowie Flächenkennndaten dargestellt.

Tabelle 3.1: Objektkennndaten Bürogebäude⁷⁶

	Name	Gebäudehöhe	Geschoßanzahl oberirdisch	Geschoßanzahl unterirdisch
Bauteil 1	Turm 1	88 m	24	3
Bauteil 2	Turm 2	67 m	18	3
Bauteil 3	Sockelbereich	25 m	5	3

⁷³vgl. ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 6ff.

⁷⁴<http://www.hanslechner.at/projekte/347/ausstellung/>

⁷⁵<http://www.hanslechner.at/projekte/347/ausstellung/>

⁷⁶vgl. ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 6ff

⁷⁷vgl. ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 7

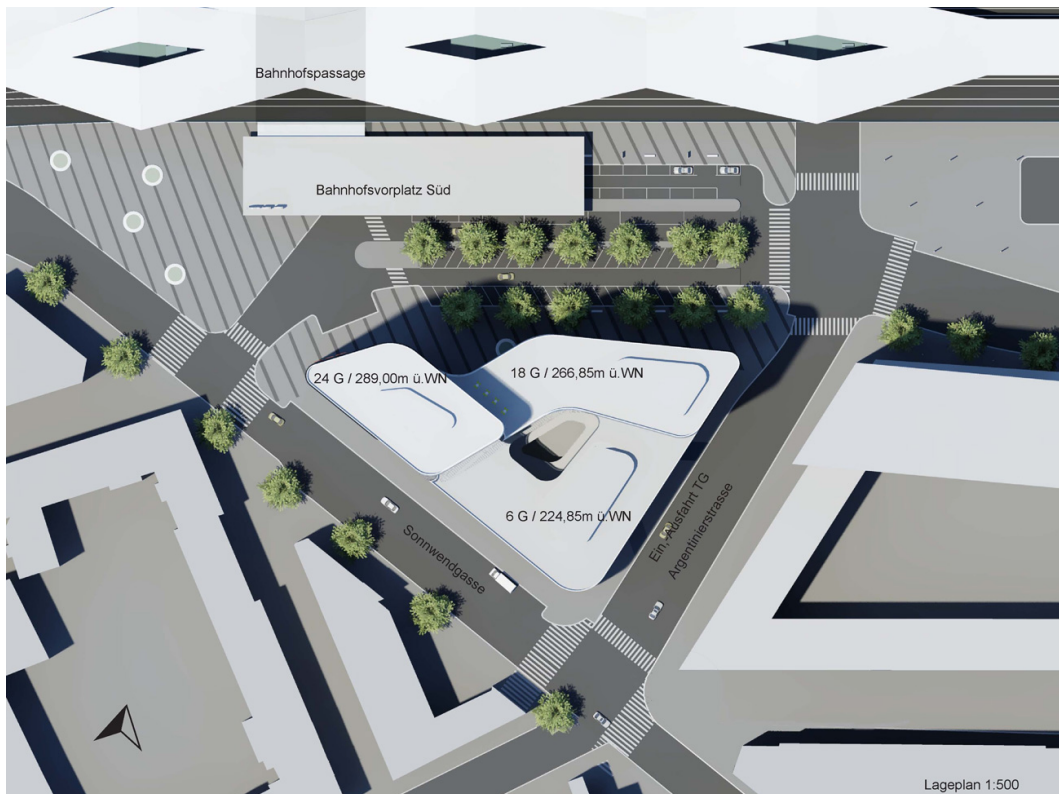


Abbildung 3.1: Lageplan ÖBB-Konzernzentrale⁷⁴



Abbildung 3.2: Vogelperspektive Nordwest⁷⁵



Abbildung 3.3: Projektfortschritt ÖBB-Konzernzentrale, Stand: 22.01.2014

Tabelle 3.2: Flächenkenndaten Bürogebäude⁷⁷

Bauplatzfläche:	ca.	3.618,00 m^2
Bebaute Fläche:	ca.	3.367,00 m^2
Unbebaute Fläche:	ca.	251,00 m^2
Bruttogeschossfläche über Terrain	ca.	45.904,60 m^2
Bruttogeschossfläche unter Terrain	ca.	10.774,50 m^2
Gebäudevolumen über Terrain	ca.	166.098,00 m^3
Gebäudevolumen unter Terrain	ca.	36.490,00 m^3

3.1.2 Standort

Am Hauptbahnhof 2
 (Sonnwendgasse 3)
 (Gertrude-Fröhlich-Sandner-Straße 10)
 A-1100 Wien

Das Baufeld wird einerseits von der Straße Am Hauptbahnhof, andererseits sowohl von der Sonnwendgasse als auch von der Gertrude-Fröhlich-Sandner-Straße umschlossen (siehe Abbildung 3.4).



Abbildung 3.4: Standort ÖBB-Konzernzentrale⁷⁸

3.2 Projektabwicklung

Das Bauprojekt ÖBB-Konzernzentrale wurde als Arbeitsgemeinschaft (ARGE) zwischen den Baufirmen HABAU und ÖSTU-Stettin abgewickelt. Die ARGE trat als Totalunternehmer auf und war für die termingerechte Fertigstellung verantwortlich (siehe Tabelle 3.3). Die Fertigstellung des Rohbaus wurde terminlich eingehalten. Die weiteren Termine lagen zeitlich nach der Fertigstellung dieser Diplomarbeit.

Die operative Umsetzung des Projektes erfolgte durch die Bauleitung. In Abbildung 3.5 werden

⁷⁸<http://www.wien.gv.at/stadtplan/>

die verschiedenen Akteure der Bauleitung - vom Oberbauleiter bis hin zum Hilfspolier - in einem Organigramm vorgestellt.

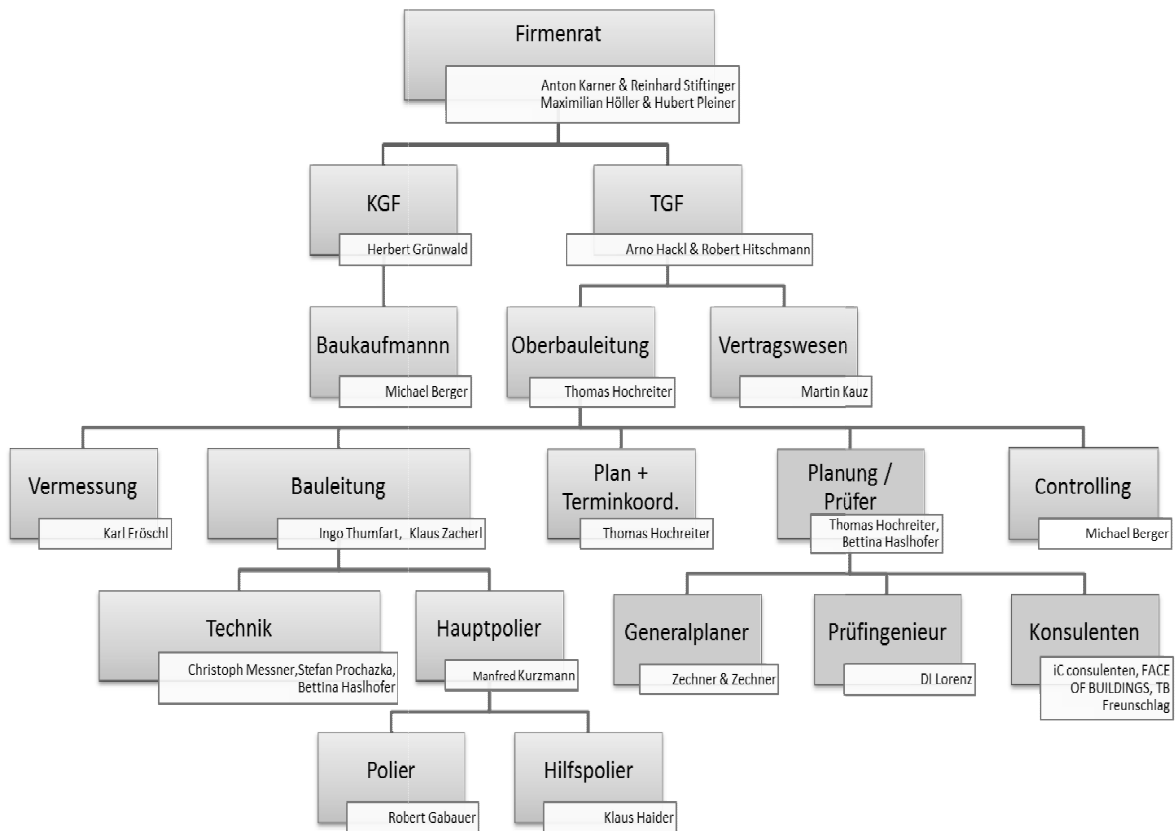


Abbildung 3.5: Organigramm der ARGE⁷⁹

Tabelle 3.3: Projekttermine⁸⁰

Rohbau Fertigstellung	06.12.2013
Fassade Fertigstellung	30.04.2014
Baufertigstellung	08.07.2014
Mietbeginn	19.08.2014

ÖBB-Projekthandbuch Das ÖBB-Projekthandbuch ist ein von der ARGE herausgegebener Leitfaden für die Projektabwicklung. Darin werden die Eckdaten des Projekts dargestellt und beispielsweise Angaben über:

- die Projektorganisation,
- die Planfreigaben,
- das Qualitätsmanagement,
- die Baustellenlogistik,
- etc.

gemacht.

⁷⁹ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 13

⁸⁰vgl. ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 9

3.3 Bauphasen

Die Herstellung des Gebäudes erfolgte in verschiedenen Bauphasen. Die zwei Hauptphasen waren die Rohbauphase und die Ausbauphase.

3.3.1 Rohbauphase

In der Rohbauphase wurden die klassischen Baumeisterarbeiten (Stahlbetonarbeiten) durchgeführt. Diese Phase war dadurch gekennzeichnet, dass wenige Gewerke (zwei bis ca. sechs) gleichzeitig im Einsatz waren. Somit war die Koordination der Gewerke untereinander einfacher und bauleistungslogische Herausforderungen wurden durch eine im Vorhinein durchdachte Baustellen-einrichtungsplanung auf ein Minimum reduziert.

3.3.2 Ausbauphase

Die Ausbauphase war dadurch gekennzeichnet, dass die klassischen Baumeisterarbeiten (Stahlbetonarbeiten) abgeschlossen waren und der Ausbau des Gebäudes begann. Der Gebäudeausbau erforderte eine hohe Anzahl an Gewerken (sechs bis ca. 12) die gleichzeitig auf der Baustelle tätig waren. Die Gewerke untereinander zu koordinieren war für die Bauleitung schwieriger und bauleistungslogische Herausforderungen wurden mehrheitlich durch Improvisieren als durch vorheriger Planung gemeistert.

Kern- und Vollausbauphase Der Ausbau des ÖBB-Bürogebäudes gliederte sich in eine *Kern-* und eine *Vollausbauphase*. Um Zeit während der Gebäudeherstellung zu sparen, wurde bereits vor Fertigstellung des Rohbaus mit dem Kernausbau begonnen.

Unter dem **Kernausbau** wurde der Bereich verstanden, der durch die Stiegenhäuser und die Haustechnik-Schürze umschlossen war (siehe Abbildung 3.6). Im Kernbereich wurden hauptsächlich Trockenbauarbeiten, HKLS-Arbeiten und Elektroarbeiten durchgeführt, und war aus logistischer Sicht einfacher abzuwickeln als der Vollausbau.

Unter dem **Vollausbau** wurde die geschossweise Fertigstellung des gesamten Bürogebäudes verstanden. Dabei war eine Vielzahl an Gewerken gleichzeitig im Einsatz.

Zu Beginn der vorliegenden Diplomarbeit befand sich das ÖBB-Projekt bereits im Kernausbau.

Abbildung 3.6: Kernausbauphase⁸¹

3.4 Baustelleneinrichtungsplan

Der vorliegende Baustelleneinrichtungsplan hat den Planstand 21. Jänner 2014 und war die letztgültige Version vor dem Abschluss der Diplomarbeit (siehe Abbildung 3.4).

Der Baustelleneinrichtungsplan ist soweit selbsterklärend. In den nächsten Kapiteln wird sukzessive der Plan analysiert und Optimierungsvorschläge werden gegeben.

⁸¹ARGE: interne Projektunterlagen (2013)

4 Analyse der Baustellenlogistik anhand der ÖBB-Konzernzentrale mit Optimierungsvorschlägen

4.1 Materialanlieferung

Unter der Materialanlieferung wird in dieser Arbeit die organisatorische Abstimmung (Prozess) mit den Lieferanten und Subunternehmern (SU) verstanden. Der physische Prozess des Be- und Entladens eines Transportgerätes am Baufeld der ÖBB-Konzernzentrale wird unter Punkt 4.2 Materialmanipulation beschrieben.

4.1.1 Anlieferungskonzept der ARGE

Die Bauleitung der ARGE hatte im Rahmen der Arbeitsvorbereitung ein Konzept für die Materialanlieferung ausgearbeitet. Dieses wurde im ÖBB-Projekthandbuch unter dem Titel „Zu- und Abtransport“ niedergeschrieben und an alle Subunternehmen (SU) verteilt.

Das Hauptziel der geregelten Anlieferung liegt darin, Staubbildungen von LKWs zu verhindern. Des Weiteren ist nur mit einem getakteten Anlieferungsprozess eine effiziente und sinnvolle Entladung der Bauprodukte möglich.

Eine Anlieferung war grundsätzlich von Montag bis Freitag zwischen 6 Uhr und 20 Uhr möglich. Als kleinste Zeiteinteilung (Zeitslot) für die Anlieferungen wurden 60 Minuten vorgesehen. Der wesentliche Gedanke dabei war Staubbildungen zu verhindern, weil eine durchschnittliche Materialentladung erfahrungsgemäß 60 Minuten beansprucht. Bei kleinen Anlieferungsmengen konnte der Zeitslot auch auf 30 Minuten reduziert werden, um die Anlieferungsfrequenz zu erhöhen. In Ausnahmefällen konnte auch nach Absprache mit der Bauleitung am Samstag angeliefert werden.

Auszug aus dem ÖBB-Projekthandbuch⁸³ *„Der Zu- und Abtransport der Baustelle muss angemeldet werden. Der Antrag ist mind. 5 Arbeitstage vor Anlieferung per E-Mail an [...]@habau.at zu übermitteln.*

Ablauf einer Anlieferung:“

⁸³vgl. ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 33.

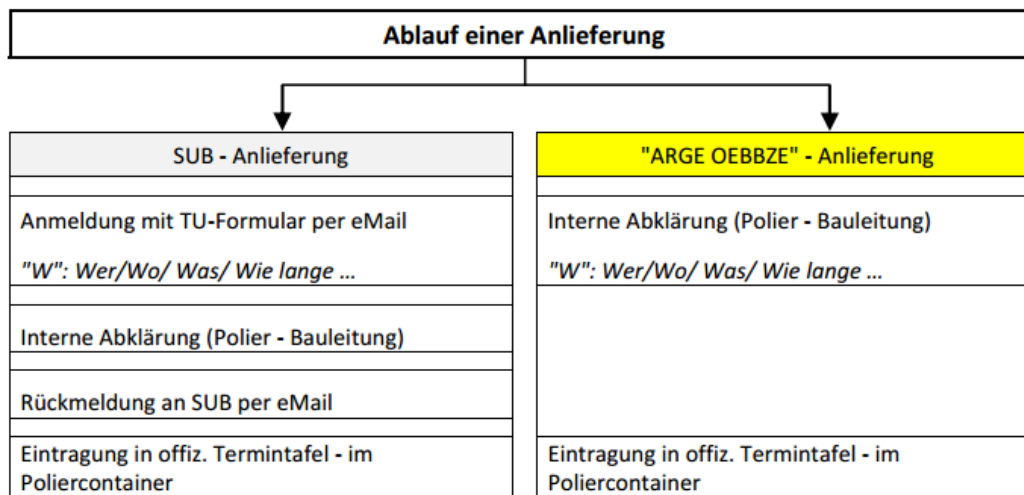
Abbildung 4.1: Ablauf einer Anlieferung⁸⁴

Abbildung 4.1 zeigt die Vorgehensweise einer Anlieferung. Dabei wird unter Anlieferungen von Subunternehmen und Anlieferungen von ARGE-Lieferanten unterschieden. Der Prozess, speziell für die Subunternehmen wird in Punkt 4.1.2 beschrieben.

4.1.2 Istprozess Materialanlieferung

Der Istprozess ist als Flussdiagramm in Abbildung 4.2 dargestellt. Für dessen Umsetzung waren die Poliere verantwortlich. Es gab einen Hauptverantwortlichen - den Ausbaupolier (siehe Abbildung 3.5). Dieser nahm die Anlieferungsformulare der SU via E-Mail entgegen und sendete diesen, nach einer internen Abklärung, eine Bestätigung oder Ablehnung des Anlieferungsvorhabens. Der Informationsaustausch erfolgte über E-Mail. Das einlangende Formular (siehe Abbildung 4.4) wurde nicht digital bearbeitet, sondern ausgedruckt, händisch unterschrieben, eingescannt und an den SU zurückgeschickt.

Wenn das Anlieferungsvorhaben vom Polier bestätigt wurde, dann steckte dieser ein Kärtchen (mit Firmenname) in den entsprechenden Zeitslot der Termintafel (siehe Abbildung 4.3). Drei Termintafeln, für die drei Anlieferungsflächen waren vorhanden und befanden sich am Gang der Bauleitungscontainer. Zutritt zu dieser Tafel hatten alle Bauverantwortlichen bis hin zu den Vorarbeitern.

Der gesamte Prozess wurde über eine allgemeine E-Mail-Adresse der Baustelle (Projektadresse) abgewickelt. Dadurch hatte die gesamte Bauleitung Zugriff auf die Informationen.

4.1.3 Sollprozess Materialanlieferung

Der Sollprozess ist in Abbildung 4.5 dargestellt und wird über eine Online-Plattform abgewickelt. Die Lieferanten und SU bekommen einen Zugangscode, mit dem sie sich am System mit Benutzername und Passwort anmelden können. Die Zeitslots können ausgewählt werden, wobei nicht mögliche Zeiten bereits von der Bauleitung gesperrt werden können. Des Weiteren sind auch Zeitslots gesperrt, an denen bereits andere Anlieferungen stattfinden. Die Bauleitung oder

⁸⁴ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013)

⁸⁵vgl. ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), Anhang X

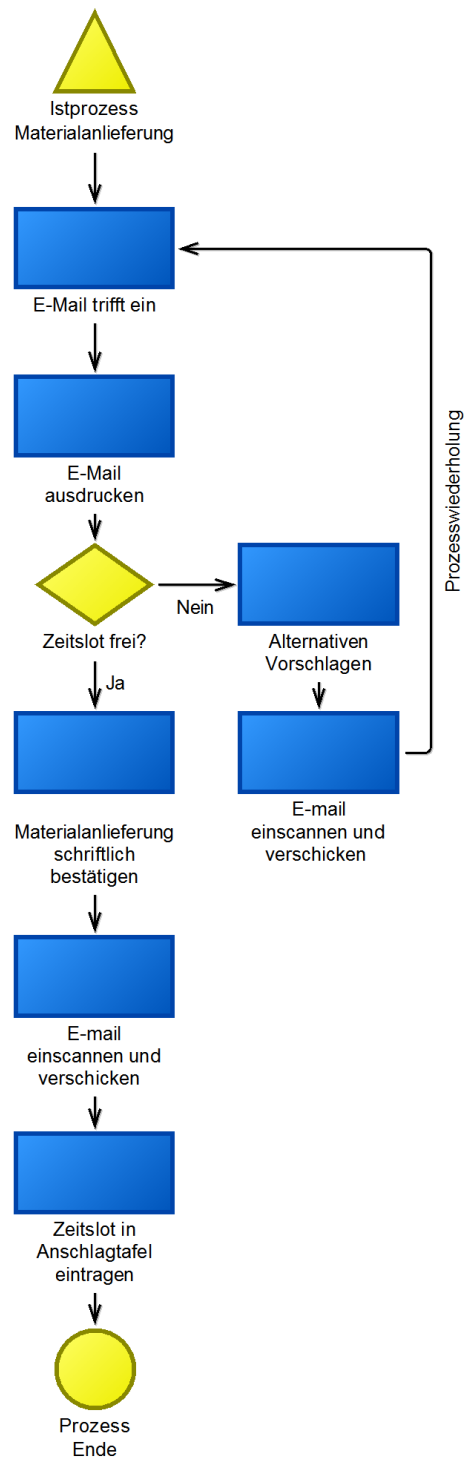


Abbildung 4.2: Istprozess der Materialanlieferung



Abbildung 4.3: Termintafel Materialanlieferung

eine zuständige Person besitzt die Berechtigung die neu eingetragenen Anlieferungen zu bestätigen. Werden sie aus ablauftechnischen Gründen abgelehnt, dann besteht die Möglichkeit eine digitale Nachricht über die Plattform oder via E-Mail zu senden.

Beschreibung Webplattform Die Weboberfläche kann ähnlich wie der „Google Kalender“ aussehen. Die Möglichkeiten der Programmierung dieser Webplattform kann sehr vielseitig sein:

- Bei einer einfachen Variante tragen die SU und Lieferanten lediglich die gewünschten Zeitslots ein und warten auf eine Bestätigung.
- Eine komplexere Variante der Plattform könnte mehrere Informationen von den SU verlangen, wie beispielsweise:
 - den Inhalt der Lieferung,
 - spezielle Anforderungen an die Entladestelle,
 - notwendiges Entladegerät,
 - die geschätzte Entladezeit
 - etc.

Die Möglichkeiten für das Softwaredesign sind groß, daher darf der Kosten-Nutzen-Faktor nicht aus den Augen verloren werden.

Das Hauptziel der Webplattform soll sein, dass der bürokratische Aufwand für den Materialanlieferungsprozess verringert wird. Zusätzlich können auch weitere Vorteile erzielt werden. Beispielsweise sollte unbedingt die Möglichkeit vorhanden sein die eingetragenen Daten auf der Webplattform auszuwerten. Eine Auswertung kann folgende Ergebnisse liefern:

- die Gesamtanzahl der LKW-Lieferungen,
- die Gesamtanzahl der Lieferungen nach Gewerk,
- die Anlieferungsspitzen,
- die Anlieferungsstornierungen,
- die Dauer der Entladung,
- etc.

Diese Informationen könnten für zukünftige Baustellen als Planungsgrundlagen dienen. Wird beispielsweise vom Bauherrn (öffentlicher Auftraggeber) eine Maximalanzahl von LKW-Fuhren vorgeschrieben, dann können die Informationen von bereits abgeschlossenen Baustellen verwen-



Anmeldungsformular

Anlieferung

der Antrag ist mind. 5 Arbeitstage vorher per eMail an oebbze.hb00688@habau.at zu übermitteln

Zeit	Datum der Anlieferung:	_____
	Gewünschte Uhrzeit: <small>Achtung: Abladezeiten betragen max. 1h und beginnen jeweils zur vollen Stunde</small>	_____
	Gewünschte Entladestelle: <small>gem. Baustellenaushang: A, B, C, D, E</small>	_____
Firma	Firmenname:	_____
	Verantwortliche Ansprechperson : <small>Name & Tel.-Nummer</small>	_____
	Verantwortliche Ansprechperson auf Baustelle: <small>Name & Tel.-Nummer</small>	_____
Fracht - Info	Transport durch: <small>Eigentransport bzw. Name des Frächters</small>	_____
	Art des Transportmittels : <small>LKW; Tieflader,</small>	_____
	Größe:	_____
	Anzahl der Gebinde : <small>(Europaletten, Einwegpalette, ...)</small>	_____
	Gewicht: <small>max. Einzelgewicht & Gesamtgewicht</small>	_____
Ort	Anschlagart: <small>Kette, Gurte, ...</small>	_____
	Einbauort: <small>Angabe: Geschoss & Bauteil erforderlich</small>	_____
	Bauseitige Beistellungen, erforderlich? <small>Personal oder Hebezeug: Kran, HIAB, Merlo, Bobcat, ... (sofern vorhanden!)</small>	_____
	Eingereicht am:	_____

Rückmeldung von ARGE OEBB ZE

Name: _____

Abbildung 4.4: Formular Anlieferung⁸⁵

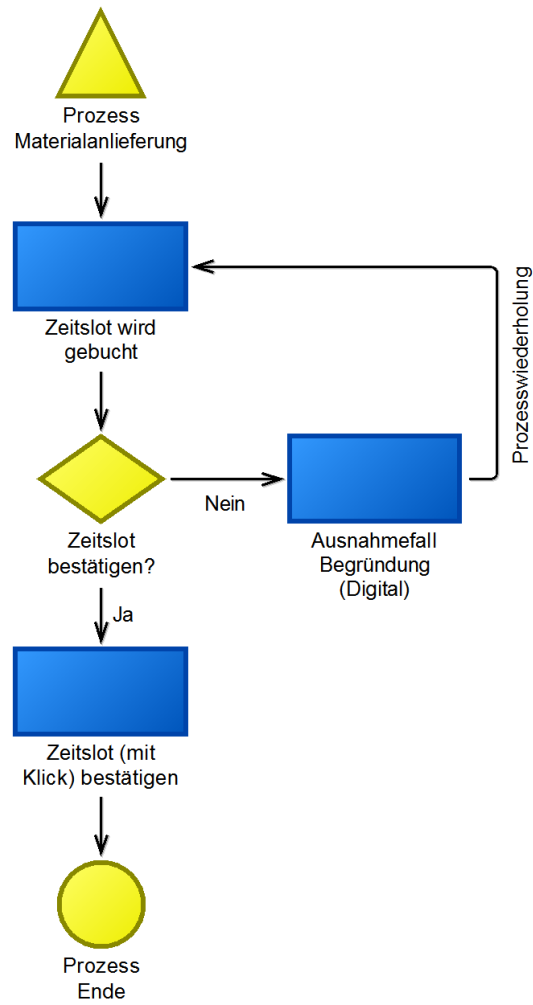


Abbildung 4.5: Sollprozess der Materialanlieferung

det werden.

Der Einsatz einer solchen Web-Plattform sollte im gesamten Baukonzern ausgeweitet werden um über die Auswertungsmöglichkeiten neue Planungsdaten für zukünftige Baustellen zu bekommen.

4.1.4 Diskussion

Der Istprozess der Materialanlieferung funktionierte gut, obwohl dafür unnötiger bürokratischer Aufwand notwendig war.

Diesen bürokratischen Aufwand durch den Einsatz von Software oder Webportalen zu vereinfachen erwirkt nicht unmittelbar eine Kostensenkung oder Effizienzsteigerung. Trotzdem können durch den intensiveren Einsatz von IT mittelfristig einige Vorteile erzielt werden.

Wie auch unter Punkt 2.3 (Simulation von Logistikprozessen) beschrieben, wird darauf hingewiesen, dass speziell in der Ausbauphase eines Bauwerks genaue Daten für eine vorausschauende Planung des Bauablaufes fehlen. Diese Daten sind beispielsweise Aufwandswerte für die verschiedenen Ausbauarbeiten eines Bauwerks (Estrichlegen, Fliesenlegen, etc.), die zumeist sehr projektspezifisch sind. Auch Informationen, wie beispielsweise die Gesamtzahl an LKW-Fahren in der Ausbauphase eines Bauwerks sind im Vorhinein üblicherweise nicht vorhanden, sondern können nur grob abgeschätzt werden. Diese Daten können aus einem Webportal von Referenzprojekten ausgelesen werden und als Grundlage für die Planung von neuen Projekten dienen. Dadurch könnte genauer bestimmt werden, wieviele LKW-Fahren zu erwarten sind und bereits vorausschauend geplant werden, ob diese am Baufeld zeitlich überhaupt abwickelbar sind. Wäre dies nicht der Fall, dann kann bereits im Vorhinein darauf reagiert und Alternativkonzepte ausgearbeitet werden.

Konzept des Zentralen Logistikmanagements Das Konzept des Zentralen Logistikmanagement sieht vor, dass ein Logistikkoordinator für die Baustelle abgestellt wird (siehe Punkt 2.2). Diese Person wäre für die Benutzung und Einpflegung der Informationen in die Webplattform verantwortlich.

RFID in der Baulogistik Der Einsatz der RFID-Technologie (siehe Punkt 2.4) für die Materialbewirtschaftung ist im Bauwesen noch nicht ausgereift. Gerade in der Ausbauphase eines Bauwerks ist eine enorme Menge an kleinteiligen Materialien umzuschlagen. All diese mit einem RFID-Chip auszustatten würde unter Berücksichtigung des Aufwandes und der Kosten momentan noch keine Vorteile bringen.

Logistik im Abfallmanagement Wird ein Webportal eingesetzt, dann sollte es auch für das Abfallmanagement (siehe Punkt 2.5) verwendet werden. Der Zu- und Abtransport der Abfallmulden beansprucht Anlieferungsflächen, die genauso wie bei einer Anlieferung von Materialien einem Zeitslot zugeordnet werden sollte. Dadurch können Aufzeichnungen geführt werden, wie viele Mulden beispielsweise mit Baumischabfällen oder Holzabfällen entsorgt werden. Diese Daten können für zukünftige Baustellen als Planungsgrundlage dienen.

4.2 Materialmanipulation

4.2.1 Manipulationsflächen

Entsprechend dem Baustelleneinrichtungsplan (siehe Abbildung 3.7) wurden die freien Flächen der Baustelle in Manipulationsflächen und Lagerflächen aufgeteilt. Im Unterschied zur Lagerfläche ist die Manipulationsfläche nur für die Verteilung (Umschlag) von diversen Materialien, Geräten etc. vorgesehen (siehe Punkt 2.6.4). Auf Lagerflächen werden Bauprodukte zwischengelagert oder gelagert, wofür auch Manipulationsprozesse notwendig sind.

Im Baustelleneinrichtungsplan waren Manipulationsflächen am Baufeld explizit eingezeichnet, damit die Subunternehmer Klarheit über mögliche Anlieferungsbereiche hatten (siehe Abbildung 4.6).

Die planerischen Vorgaben des Baustelleneinrichtungsplans (Lagerflächen, Manipulationsflächen etc.) wurden größtenteils eingehalten. Trotz der Vorgaben wurden die gekennzeichneten Flächen im Baustelleneinrichtungsplan teilweise anders verwendet. Beispielsweise wurde die Lagerfläche A auch als Manipulationsfläche verwendet, weil dort der Single-Baufaufzug situiert war.

Der Baustelleneinrichtungsplan wurde von einem Techniker der Bauleitung gezeichnet. Die Umsetzung der Materialanlieferungen und -manipulationen wurden vor Ort von den Polieren koordiniert. Diese Schnittstelle war der Grund dafür, dass Unterschiede zwischen dem Baustelleneinrichtungsplan und dessen Umsetzung auf der Baustelle vorhanden waren. Die Flächen vor dem Bauaufzug wurden als Manipulationsfläche wahrgenommen, unabhängig davon welche Zuweisung diese Fläche im Baustelleneinrichtungsplan bekommen hat.

Weitere Manipulationsprozesse fanden auch in den einzelnen Geschossen statt, um diverse Materialien, Geräte etc. an ihren Bestimmungsort zu bringen. Diese Flächen wurden nicht explizit in einem Plan eingezeichnet.

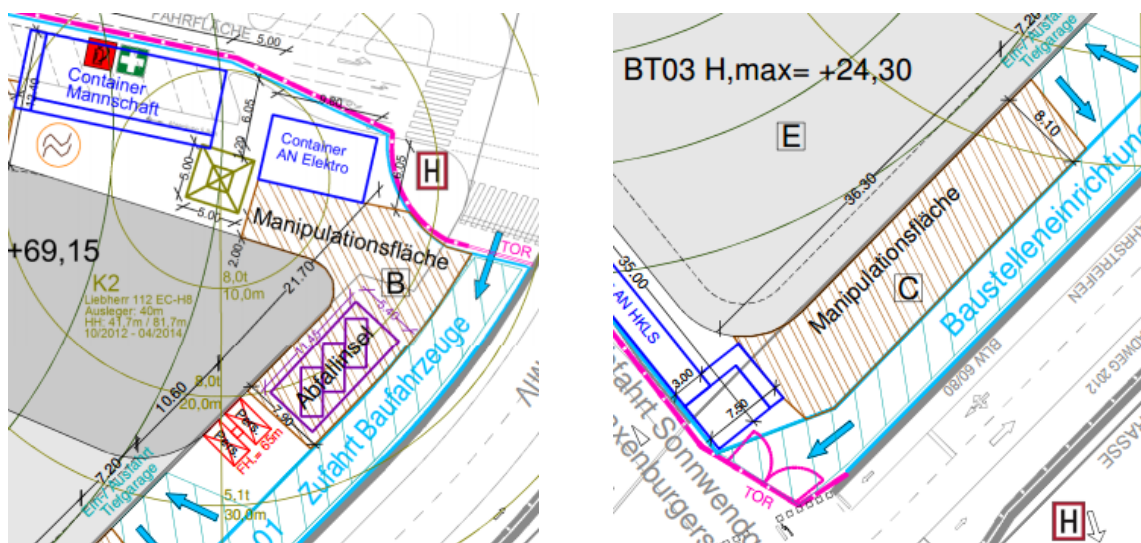


Abbildung 4.6: Ausschnitt - Manipulationsfläche B und C

4.2.1.1 Lager- und Manipulationsfläche A

Istzustand Abbildung 4.7 zeigt die Lagerfläche A laut Baustelleneinrichtungsplan, auf der ein Manipulationsprozess von Doppelbodenplatten stattfindet. Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei der Lagerfläche A um eine Lager- und Manipulationsfläche.

Am linken Rand in Abbildung 4.7 ist die Dachfläche der Bauleitungs-Container zu sehen. Rechts von den Containern ist der Mast des Single-Bauaufzugs (siehe Punkt 4.4) und am rechten Bildrand der Mast des Kran K1 (siehe Punkt 4.5) situiert.

An der Geländeoberfläche führte ein Holzsteg von der befestigten Fahrfläche zum Bauaufzug und ein weiterer Steg zu den Bauleitungs-Containern. Rechts vom ersten Holzsteg war eine freie Fläche vorhanden, die mit drei Abfallmulden und diversen Materialien verstellt war. Des Weiteren sieht man den geöffneten Bauzaun, damit der LKW für die Entladung des Doppelbodens nicht auf der Straße stehen musste. Die Doppelbodenplatten waren auf Paletten gestapelt und wurden mit Hubwägen zum Bauaufzug gefahren.

Abbildung 4.8 zeigt dieselbe Lager- und Manipulationsfläche A zweieinhalb Monate später. Die Platzverhältnisse hatten sich verschlechtert, weil neben dem Bauleitungscontainer Platz für zwei Parkplätze geschaffen wurde.

Abbildung 4.8 zeigt die Entladung von GK-Platten. Diese wurden mittels LKW-Ladekran auf das Baufeld gehoben. Der Platz zwischen den parkenden Autos und der Abfallmulde war eng, sodass eine Entladung nur mit erhöhtem Zeitaufwand stattfinden konnte.

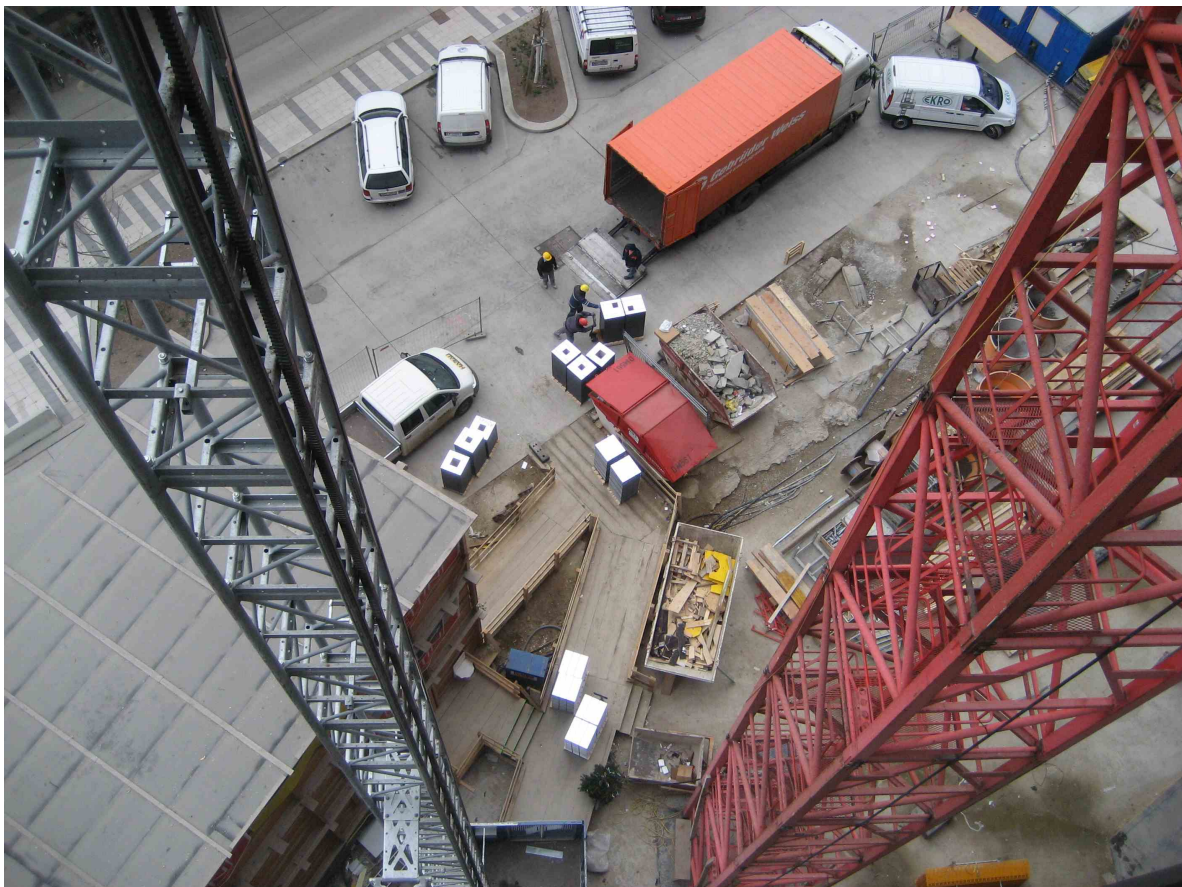


Abbildung 4.7: Lager- und Manipulationsfläche A (Datum: 17.12.2013)



Abbildung 4.8: Lager- und Manipulationsfläche A (Datum: 27.02.2014)

Sollzustand Der schmale Holzsteg ist zu vergrößern. Dafür müssen die Parkplätze und die Abfallmulden entfernt werden (siehe Abbildung 4.9). Eine optimierte Version des Baustelleneinrichtungsplanes ist unter Punkt 5 beschrieben.

Vergleich Istzustand-Sollzustand Den sehr leistungsfähigen Bauaufzug (siehe Punkt 4.4) über einen dermaßen engen Holzsteg zu verbinden unterstützt keineswegs einen reibungslosen Warenfluss. Häufig war zu beobachten, dass mindestens ein Arbeiter mehr als erforderlich bei Materialmanipulationen mithalf, weil dies die beengten Raumverhältnisse erforderten.

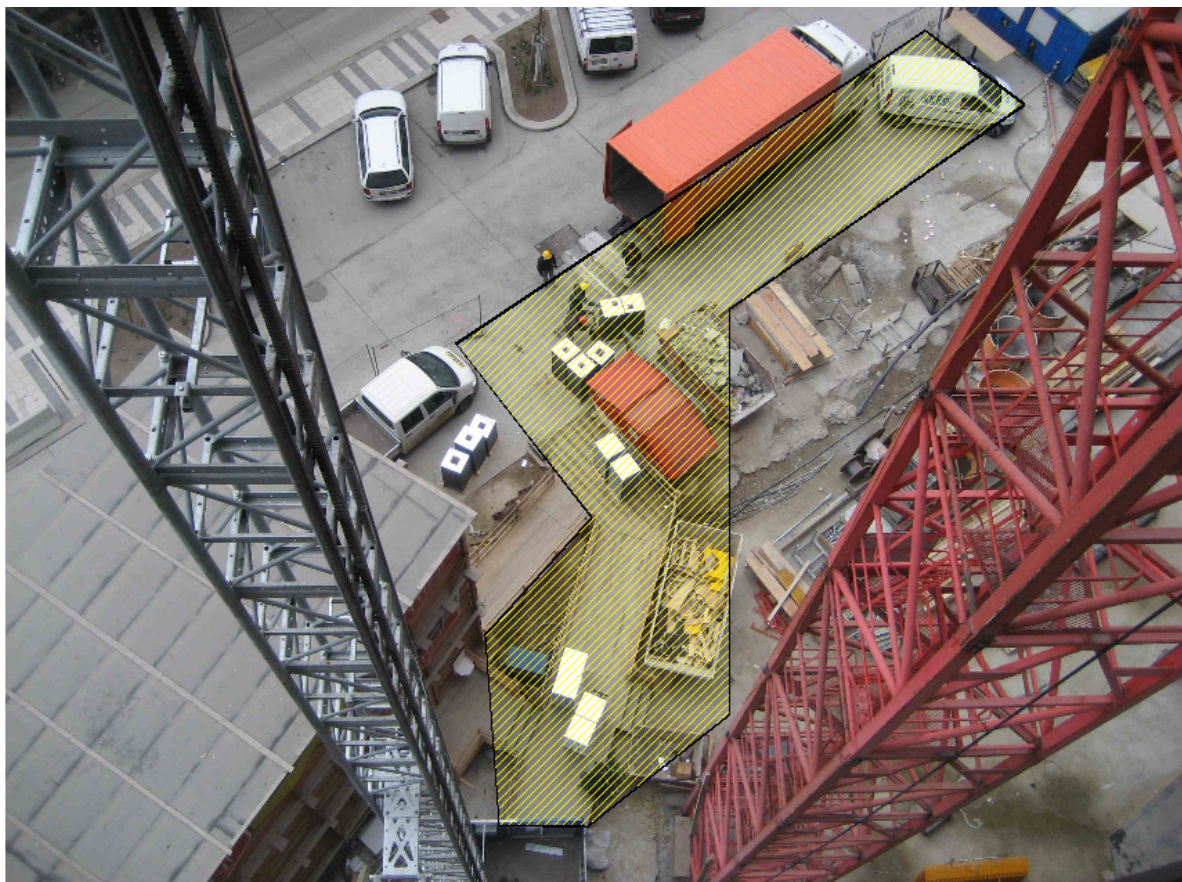


Abbildung 4.9: Sollzustand Lager- und Manipulationsfläche A

4.2.1.2 Manipulationsfläche B und C

Istzustand Abbildung 4.10 und 4.11 zeigen die Manipulationsflächen B und C gemäß Baustelleneinrichtungsplan.

Die Holzrampe, die vor dem Twin-Bauaufzug errichtet wurde (siehe Abbildung 4.10), diente als Zugang zum Bauaufzug. Auch sie war ähnlich wie bei der Lager- und Manipulationsfläche A zu schmal ausgeführt worden.

Auf die eingezeichnete Baustraße im Baustelleneinrichtungsplan (siehe Abbildung 3.7) konnte verzichtet werden, weil die LKWs die Möglichkeit hatten von der Straße aus den Twin-Bauaufzug mit Materialien zu bedienen. Die ursprünglich geplante Baustraße wurde zur Lagerung von verschiedensten Baumaterialien verwendet.

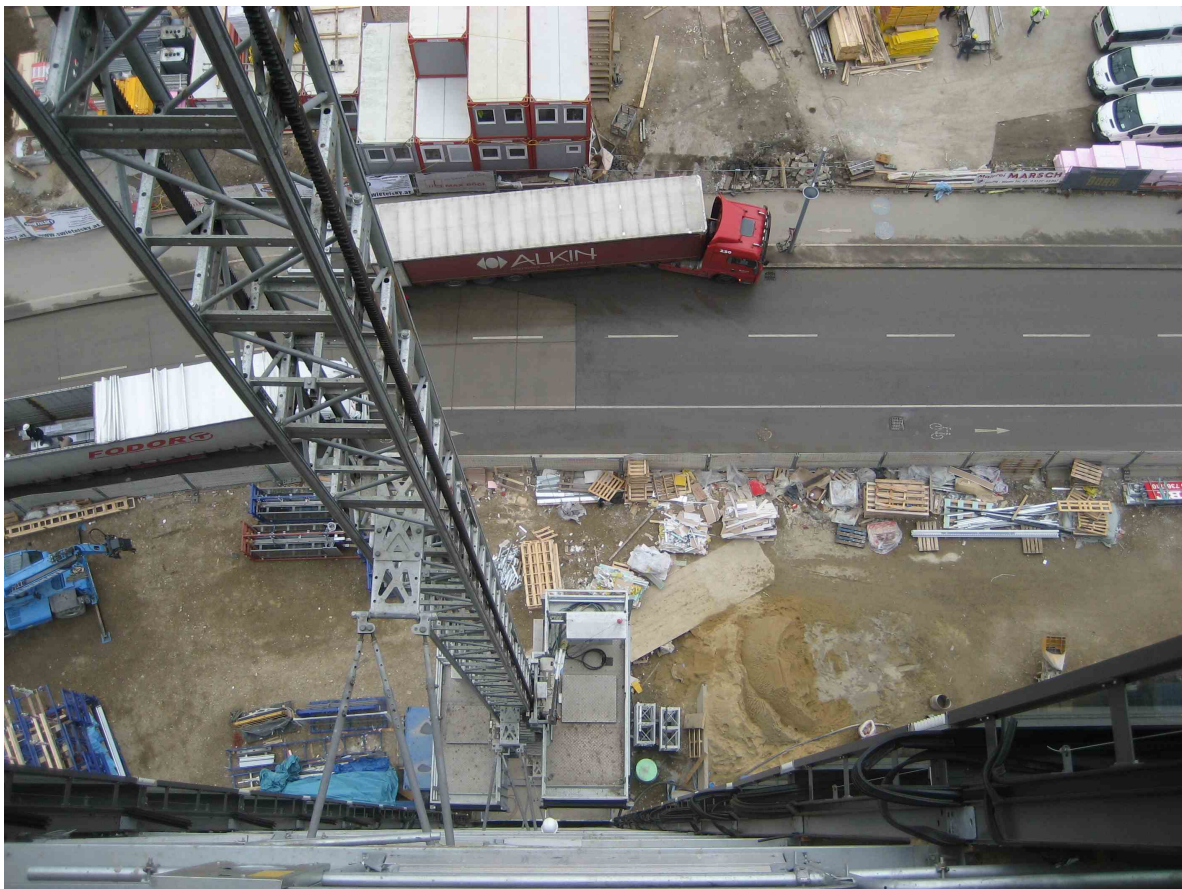


Abbildung 4.10: Manipulationsfläche B und C (Datum: 27.02.2014)

Sollzustand Der Zugang zum Twin-Bauaufzug sollte jeweils über eine Rampe zu den Manipulationsflächen B und C möglich sein. Diese Variante ist im optimierten Baustelleneinrichtungsplan unter Punkt 5 beschrieben. Eine weitaus professionellere Möglichkeit die Waren umzuschlagen wird unter Punkt 4.2.2.4 gezeigt.

Zudem ist vorzuschlagen, die gesamte Manipulationsfläche B und C zu asphaltieren, damit die Manipulationsprozesse mit den Hubwagen einfacher bewerkstelligt werden können.

Die nicht verwendete Baustraße (siehe Abbildung 3.4) kann für die Abfallentsorgung herangezogen werden. Es ist genügend Fläche vorhanden, um Abfallmulden aufzustellen.

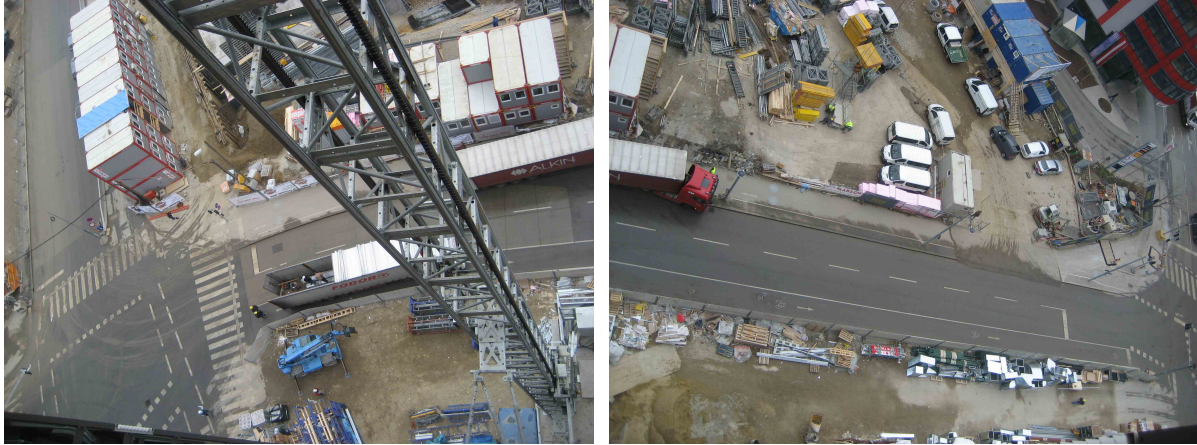


Abbildung 4.11: Manipulationsfläche B (links) und C (rechts)(Datum: 27.02.2014)

4.2.2 Manipulationsprozesse

Die Materialmanipulation auf der ÖBB-Baustelle konnte in mehrere Prozesse unterteilt werden:

- die horizontalen Manipulationsprozesse am Baufeld.
- die horizontalen Manipulationsprozesse in den Geschossen.
- die vertikalen Manipulationsprozesse mit den Bauaufzügen.
- die vertikale Manipulationsprozesse mit den Kränen.
- die vertikalen Manipulationsprozesse in den Stiegenhäusern.

Mit 251 m^2 unbebauter Fläche, von der ca. ein Drittel der Fläche mit Containern verstellt war, spielte die horizontale Materialmanipulation am Baufeld eine untergeordnete Rolle. Im wesentlichen war das Abladen der Materialien auf die Manipulationsfläche von Bedeutung. Dies erfolgte hauptsächlich durch LKW-Ladekrane.

Die horizontalen Manipulationsprozesse in den Geschossen erfolgten entweder per Hand oder halbmaschinell mit Hubwägen. Der Einsatz von maschinellen Geräten wie Staplern oder selbstfahrenden Hubwägen fand während der Beobachtungszeit nicht statt.

Die vertikalen Materialmanipulationsprozesse erfolgten in der Ausbauphase hauptsächlich über die Bauaufzüge. Wie auch die Manipulationsprozesse mit dem Kran sind diese aufgrund ihrer logistischen Priorität in eigenen Kapiteln detailliert beschrieben (siehe Punkte 4.4 und 4.5).

Vertikale Manipulationsprozesse über die Stiegenhäuser wurden nur für Kleinteile und Kleingeräte beobachtet. Aufgrund des vorhandenen Bauaufzuges konnte beobachtet werden, dass die Arbeiter (verständlicherweise) das Warten auf den Bauaufzug gegenüber dem Transport über das Stiegenhaus Vorzug gaben.

4.2.2.1 Fallbeispiel 1: HKLS-Lüftungsmaterialien

Istprozess Abbildung 4.12 zeigt Arbeiter des Gewerks HKLS bei der Manipulation von Lüftungsmaterialien in den Twin-Bauaufzug (siehe Punkt 4.4). Die Materialien wurden per Hand von einem Klein-LKW (Manipulationsfläche C) abgeladen, und zur Manipulationsfläche vor den Twin-Bauaufzug (siehe Baustelleneinrichtungsplan Abbildung 3.4) getragen und dort kurzzeitig zwischengelagert. Nach der vollständigen Abladung des LKWs wurden folgende weitere Manipulationsprozesse beobachtet:

- Beladen des Bauaufzugs (4 mal).
- Vertikale Materialmanipulation mit dem Bauaufzug (4 mal).
- Entladen des Bauaufzugs (4 mal).
- Materialmanipulation im Geschoss zum Lager (4 mal).

Dieser Istprozess ist in Abbildung 4.13 dargestellt und wurde mit drei Arbeitern durchgeführt.



Abbildung 4.12: Handmanipulation von Lüftungsmaterialien

Sollprozess Der optimierte Sollprozess ist in Abbildung 4.14 dargestellt. Die HKLS-Materialien kommen in Transportbehältern, die mit einem Hubwagen manipulierbar sind, auf die Baustelle. Der LKW-Fahrer bedient die hydraulische Laderampe und ein Arbeiter manipuliert die Behälter zum Bauaufzug. Diese können kurzzeitig zwischengelagert werden oder sofort mit dem Bauaufzug in das jeweilige Geschoss gebracht werden. Mit dem Hubwagen werden die Behälter im Geschoss zu ihrem Lagerplatz manipuliert. Der gesamte Manipulationsprozess kann von einer Person durchgeführt werden.

Kostenvergleich Istprozess-Sollprozess Mit einfachen Hilfsmitteln, wie z.B. mit einem Hubwagen und geeigneten Transportbehältern (siehe Abbildung 4.15), können wesentlich effizientere Manipulationsprozesse geschaffen werden. Dadurch können Zeit und Kosten gespart werden.

Der Vergleich von Ist- und Sollprozess zeigt den Kostenunterschied (siehe Tabelle 4.1) von zwei Manipulationsprozessen mit dem gleichen Ziel - nämlich das Lagern von HKLS-Lüftungsmaterialien in einem Bauwerksgeschoss. Durch Verzicht auf unterstützende Geräte ist der Istprozess ca. 4 mal teurer als der Sollprozess. Mit dem Einsatz von Hubwägen kann die Materialmanipulation effizienter erfolgen und weniger Arbeiter müssen eingesetzt werden. Das in Tabelle

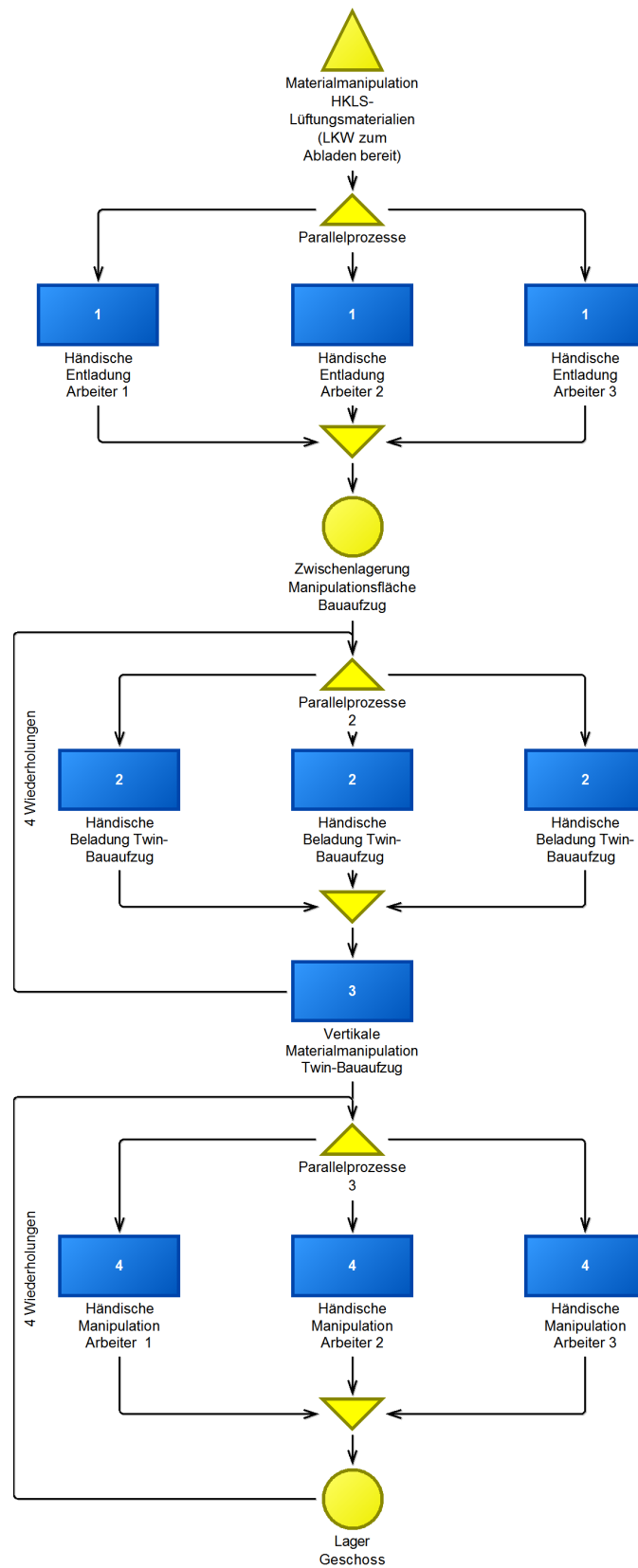


Abbildung 4.13: Istprozess HKLS-Lüftungsmaterialien

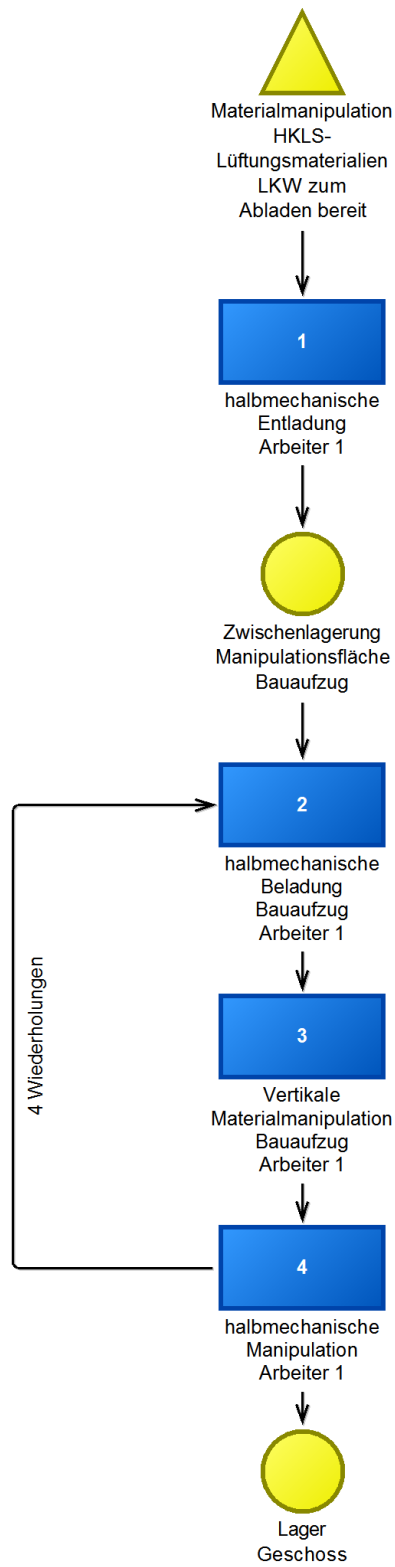


Abbildung 4.14: Sollprozess der Materialmanipulation

Tabelle 4.1: Kostenvergleich Ist- und Sollprozess von HKLS-Lüftungsmaterialien

		35	Euro/h			
Bruttomittellohn^a						
Istprozess	Prozess- Nummer	Prozess- durchgänge	Anzahl der Arbeiter	t [min]^b	Euro/min	Euro
Händische Entladung Arbeiter 1-3	1	1	3	15	0,58	26,25
Händische Beladung Bauaufzug 1-3	2	4	3	3	0,58	21,00
Materialmanipulation Bauaufzug	3	4	3	5	0,58	35,00
Händische Manipulation Arbeiter 1-3	4	4	3	4	0,58	28,00
Kosten Istprozess						110,25
Sollprozess	Prozess- Nummer	Prozess- durchgänge	Anzahl der Arbeiter	t [min]^c	Euro/min	Euro
halbmechanische Entladung LKW	1	1	1	15	0,58	8,75
halbmechanische Beladung Bauaufzug	2	4	1	0,5	0,58	1,17
Vertikale Materialmanipulation Bauaufzug	3	4	1	5	0,58	11,67
halbmechanische Manipulation	4	4	1	2	0,58	4,67
Kosten Sollprozess						26,25
delta Gerätekosten=		110,25 Euro	-	26,25 Euro	=	84,00
						Euro

^adurchschnittliche Kosten eines Bauarbeiters (in Absprache mit der Bauleitung)^bmit Stoppuhr gestoppt^cWerte geschätzt

4.1 ausgewiesene „delta Gerätekosten“ zeigt auf, welche Kosten bei einem einzigen Manipulationsprozess eingespart werden kann.

Eine Kostenhochrechnung dieses Manipulationsprozesses für die gesamten HKLS-Lüftungsmaterialien wurde nicht durchgeführt. Ein Grund dafür ist, dass der eben genannte Prozess nicht standardisiert war. Er könnte bei der nächsten Anlieferung von HKLS-Lüftungsmaterialien anders aussehen. Beispielsweise könnte eine Schiebetruhe für die Materialmanipulation eingesetzt werden. Zudem beruht der Kostenvergleich auf einer beispielhaften Schätzung und ist für eine allgemeine Hochrechnung nicht aussagekräftig.



Abbildung 4.15: Hubwagen mit Palette und Gitterbox⁸⁶

4.2.2.2 Fallbeispiel 2: Fassadenfertigteile

Istprozess Abbildung 4.16 zeigt eine maschinelle Materialmanipulation auf der Manipulationsfläche B (siehe Abbildung 3.7). Man erkennt leere Haltevorrichtungen der Fassadenfertigteile die für den Abtransport mit einem Teleskoplader auf einen Sattelschlepper verladen werden. Der Antransport von Fassadenfertigteilen läuft ident ab. Aufgrund der abgestimmten Transportkette funktionierte diese Materialmanipulation sehr effizient.



Abbildung 4.16: Maschinelle Materialmanipulation

Sollprozess Der Sollprozess entspricht dem Istprozess, da keine Optimierungspotentiale entdeckt werden konnten.

⁸⁶<http://www.willecke.de/hubwagen/handgabelhubwagen-preishit-details>

4.2.2.3 Fallbeispiel 3: Doppelboden

Die folgenden Informationen wurden in einem Interview mit dem Projektleiter des Gewerks Doppelboden eingeholt und mit zusätzliche Beobachtungen erweitert.

Der Doppelboden stellte mit 28.000 m^2 Verlegefläche, der mit ungefähr 50 LKW-Fuhren zu je 24 t angeliefert wurde, eine große Anlieferungsposition dar. Die notwendigen Manipulationsprozesse für die Verteilung der Doppelbodenplatten fanden sowohl am Baufeld als auch in den Geschossen des Rohbaus statt.

Istprozess Der Istprozess wird in Abbildung 4.17 veranschaulicht und bestand aus vier Manipulationsprozessen:

- Entladen des LKWs
- Manipulation in den Bauaufzug
- Manipulation aus dem Bauaufzug
- Verteilen in den Geschossen

Die Paletten mit Doppelbodenplatten wurden mittels eines LKW-Ladekrans direkt vor den Twin-Bauaufzug (siehe Punkt 4.4) gestellt. Mit einem Hubwagen wurden die Paletten in den Bauaufzug geschoben. Nach der vertikalen Manipulation mit dem Bauaufzug wurden die Paletten aus dem Bauaufzug gezogen und anhand eines Lagerplans an die jeweils benötigte Stelle im Geschoss transportiert. Der Vorarbeiter des Gewerks hatte jeweils 2 Arbeiter am Baufeld und 2 Arbeiter in den Geschossen für den eben beschriebenen Prozess abgestellt. Der Lagerplan wurde vom Projektleiter des Gewerks Doppelboden in Absprache mit dem Statiker und dem Lüftungsplaner des ÖBB-Projekts erstellt. Weitere Details hierzu sind unter Punkt 4.3 zu finden.

Sollprozess Der Sollprozess unterscheidet sich vom Istprozess einzig durch eine verbesserte Baustelleneinrichtung. Der Holzsteg vor dem Bauaufzug (siehe Abbildung 4.17) ist größer anzulegen. Es verursachte einen unnötigen Mehraufwand den Hubwagen vor- und zurückzuschieben, damit man durch Rangieren den erforderlichen Wendekreis erreichen konnte um die Palette in den Bauaufzug zu bekommen. Um den Manipulationsprozess noch einfacher zu machen, ist es sinnvoll die Fläche vor dem Bauaufzug mit Asphalt zu befestigen. Auch die Etagenaustritte erschwerten durch den kleinen Niveauunterschied das Herausziehen der Hubwägen (siehe Punkt 4.4). Wären die Etagenaustritte besser auf die Hubwägen abgestimmt, so könnte bei dem Manipulationsprozess Zeit gespart und auf eine jeweils zweite Person verzichtet werden.

Kostenvergleich Istprozess-Sollprozess Werden die Randbedingungen entsprechend des Sollprozesses verbessert, dann ist eine Kostenersparnis möglich. In Tabelle 4.2 wurde der Sollprozess und der Istprozess monetär bewertet. Die angenommene Entladezeit von 150 min für einen LKW wurde vom Projektleiter des Gewerks angegeben. Es zeigt sich ein Einsparpotential von 8750 Euro. Dies ist für das Gesamtauftragsvolumen ein geringer Betrag, trotzdem eine Kostenhalbierung für die Entladung der Doppelbodenplatten. Das Gewerk Doppelboden wirkt hier als exemplarisches Beispiel und zeigt wie die Produktivität durch ineffizientes Manipulieren von Material sinkt.



Abbildung 4.17: Istprozess der Materialmanipulation Doppelboden

Tabelle 4.2: Manipulationskosten Doppelbodenplatten

Bruttomittelohn	35	Euro/h		
		Anzahl		
		der Arbeiter	t [min]	Euro/min
				Euro
Istprozess				
Entladen eines LKWs	4	150	0,58	350
Entladen aller 50 LKWs	4	7500	0,58	17.500
Sollprozess				
Entladen eines LKWs	2	150	0,58	175
Entladen aller 50 LKWs	2	7500	0,58	8.750
delta Gesamtkosten	17.500 - 8.750	=	8.750	Euro

4.2.2.4 Fallbeispiel 4: Transport mit Hubwägen

Istprozess Abbildung 4.18 veranschaulicht den Transport von HKLS-Materialien zum Twin-Bauaufzug. Hierfür wurden Paletten verwendet. Aufgrund der schlechten Bodenverhältnisse sind am rechten Bild zwei Arbeiter und am linken Bild vier Arbeiter (ein Arbeiter ist von der Kartonverpackung verdeckt) mit dieser Materialmanipulation beschäftigt.



Abbildung 4.18: Transport mit Hubwagen

Sollprozess Die Manipulationsprozesse sollten besser koordiniert werden (Bauleitung oder Subunternehmen), damit das Transportieren von Materialien zum Bauaufzug über längere Distanzen nicht notwendig ist. Kommt eine Lieferung an, dann fährt der LKW direkt vor den Bauaufzug und lässt die Materialien über die LKW-Ladeboardwand vor dem Bauaufzug abladen. Dies erfordert jedoch einen erhöhten Koordinations- und Logistikaufwand, welcher auf der ÖBB-Baustelle nicht betrieben wurde.

Abbildung 4.19 zeigt eine professionelle und effiziente Möglichkeit Materialien zu entladen. Dabei fährt der LKW bis zum Bauaufzug vor und wird dann mittels Portalkran und Stapler entladen. Der notwendige Abstand in der Breite ist 13,25 m um diese Ausführung realisieren zu können. Im Bereich des Twin-Aufzugs waren 13,5 m zur Verfügung (siehe Abbildung 3.4).

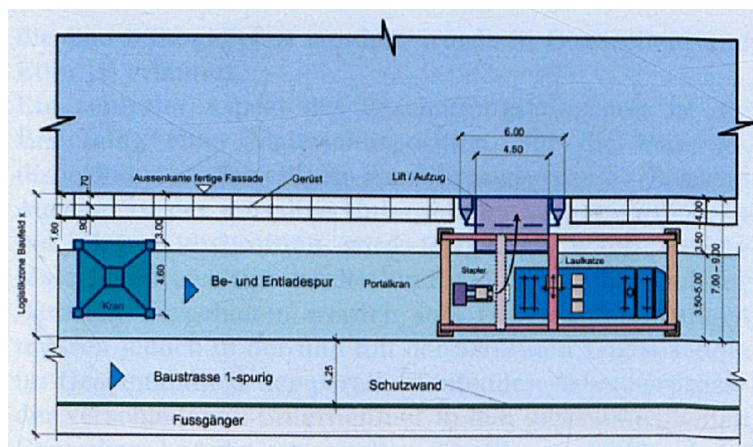


Abbildung 4.19: Professionelles Entladekonzept⁸⁷

⁸⁷Girmscheid/Etter: Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen (2012), S. 476

4.2.3 Diskussion

Baustelleneinrichtungsplan Es muss unterschieden werden zwischen den planerischen Vorgaben des Baustelleneinrichtungsplans und dessen Umsetzung auf der Baustelle. Die Baustelleneinrichtungspläne werden im Regelfall von einem Techniker der Bauleitung gezeichnet. Die Umsetzung auf der Baustelle erfolgte durch die Polieren. Aus diesem Grund ist eine intensive Kommunikation zwischen Techniker und Polier sehr wichtig. Es wäre eine Ressourcenverschwendung, wenn ein Techniker viel Zeit in einen aufwendigen Baustelleneinrichtungsplan investiert aber dieser dann von den Polieren nicht umgesetzt werden würde.

Vor den Bauaufzügen müssen ausreichend dimensionierte Verkehrsflächen im Baustelleneinrichtungsplan vorgesehen werden, damit Engstellen, wie diese in Abbildung 4.8 zu sehen sind, vermieden werden. Die Bauleitung sollte gewährleisten, dass die Vorgaben des Baustelleneinrichtungsplans auch umgesetzt werden.

Konzept des Zentralen Logistikmanagements Das Konzept des Zentralen Logistikmanagements (siehe Punkt 2.2) sieht vor, dass ein Logistikkordinator alle Warenflüsse auf der Baustelle lenkt. Aufgrund des hohen Preiskampfes bei der Vergabe von Aufträgen werden Bauleistungen oft an Subfirmen vergeben, die häufig unprofessionell arbeiten. Beispielsweise wurde mehrmals beobachtet, dass Hilfsmittel wie Hubwägen ausgeliehen werden mussten, weil diese von den Subfirmen für ihre eigenen Arbeiter nicht zur Verfügung gestellt wurden.

Ein Logistikkordinator, der den Warenfluss ganzheitlich auf der Baustelle koordiniert, könnte solche Schwachstellen aufdecken und Gegenmaßnahmen setzen. Außerdem sollte bereits in den Verträgen festgehalten werden, dass eine unnötige Störung von Logistikprozessen aufgrund mangelnder vorhandener Hilfsmittelbereitstellung sanktioniert wird.

Auf der ÖBB-Baustelle gab es indirekt einen Logistikkordinator, den Polier für die Ausbauphase. Warum diese Person eine Vergrößerung des Holzsteges (siehe Abbildung 4.8) nicht veranlasste, kann wie folgt interpretiert werden: Der Holzsteg wurde zu klein hergestellt, was erst nach dessen Fertigstellung auffiel. Diesen im Nachhinein zu verändern wäre möglich gewesen, scheiterte aber wahrscheinlich an der Tatsache, dass die Bedienung des Bauaufzuges trotzdem möglich war. Eine bewusste Konfrontation des Poliers mit der Frage: „Warum wurde der Holzsteg nicht breiter gebaut?“, wurde wie folgt beantwortet: „Wäre vor dem Single-Bauaufzug mehr Platz vorhanden, dann würden diese Flächen nur mit anderen Materialien verstellt werden.“

Dies ist der Grund warum es sinnvoll ist einen Logistikkordinator zu ernennen. Diese Aufgabe könnte einem Polier und einem Techniker der Bauleitung übertragen werden. Zum einen hat der Polier Zugriff auf produktives Personal, um beispielsweise Änderungen an der Baustelleneinrichtung vorzunehmen. Zum anderen ist es für einen Techniker einfacher, einen ganzheitlichen Blick auf Logistikprozesse zu haben, weil bautechnische Änderungen der Baustelleneinrichtung für ihn nicht direkt mit Arbeit verbunden sind.

FAZIT Für die Manipulationsprozesse auf Baustellen kann keine allgemein gültige Methode angewendet werden. Aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Manipulationsprozessen ist es wichtig vor Ort situationsabhängig zu reagieren. Beispielsweise Subfirmen zu sanktionieren (im Vertrag festgeschrieben), wenn diese keine geeigneten Hilfsmittel verwenden und damit andere Gewerke stören.

4.3 Materiallagerung

4.3.1 Lagerflächen

Die Lagerflächen auf der ÖBB-Baustelle konnten in zwei Arten unterschieden werden:

1. Lagerflächen am Baufeld und (siehe Abbildung 4.20)
2. Lagerflächen in den Geschossen.

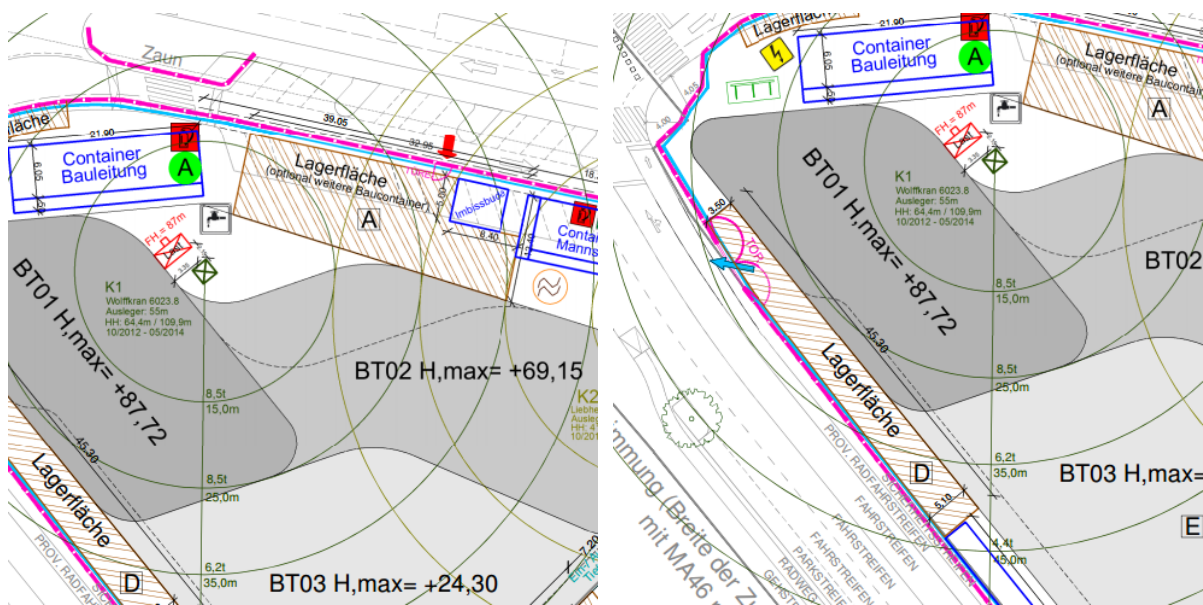


Abbildung 4.20: Ausschnitt - Lagerfläche A und D

Lagerflächen am Baufeld Laut Baustelleneinrichtungsplan (siehe Abbildung 3.7) wurden drei Lagerflächen am Baufeld eingerichtet:

- Die Lagerfläche A befand sich vor dem Haupteingang der ÖBB-Konzernzentrale an der Nordostseite der Baustelle. Wie unter Punkt 4.2 beschrieben wurde dieser Lagerplatz auch als Manipulationsfläche genutzt. Diese war hauptsächlich der ARGE zur Nutzung vorbehalten. Wenn notwendig, dann konnten auch die Subfirmen ihre Materialien zwischenslagern.
- Die Lagerfläche D wurde während der Ausbauphase (siehe Punkt 3.3) durchgehend dem Fassadenbauer für die Fassadenfertigteile zur Verfügung gestellt.
- Die dritte Lagerfläche vor den Containern der Bauleitung wurde während der Ausbauphase zu Parkplätzen umfunktioniert.

Es war nicht möglich Bauprodukte in großen Mengen am Baustellengelände zu lagern, weil die Lagerflächen aufgrund der unbebauten Fläche von ca. 251 m^2 sehr klein waren. Daher wurden die Materialien in den Geschossen des Rohbaus eingelagert oder im Sinne von Just-in-time direkt verarbeitet.

Lagerflächen in den Geschossen Für die Materiallagerung in den Geschossen gab es seitens der Bauleitung für die Subunternehmer weder eine vorgegebene Menge noch einen vorgegebenen Ort (Flächenlagerplan). Es wurde den Subunternehmern selbst überlassen sich untereinander zu koordinieren, damit nicht Flächen verstellt werden, an denen gearbeitet werden muss. Auch

während der wöchentlichen Vorarbeiterbesprechung konnten etwaige Probleme auch im Beisein der Bauleitung diskutiert werden.

4.3.2 Fallbeispiel 1: Materiallagerung HKLS-Lüftungsteile

4.3.2.1 Istzustand

Das Gewerk HKLS verbaute große Mengen an Materialien in der Ausbauphase. Zusätzlich zur Menge ist auch die Vielfalt der Materialien kennzeichnend für dieses Gewerk. Abbildung 4.21 zeigt die Zwischenlagerung von diversen HKLS-Lüftungsmaterialien in verschiedenen Geschossbereichen. Auffällig ist dabei die Lagerungsart, die darauf schließen lässt, dass ein Großteil der Materialien per Hand manipuliert wurde. Es wurde größtenteils auf die Verwendung von Holzpaletten oder Behältern verzichtet.

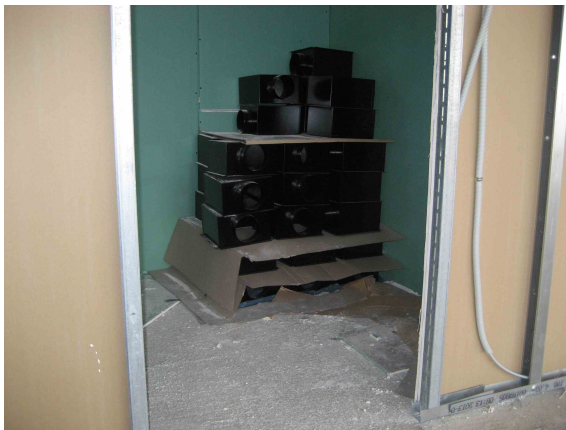


Abbildung 4.21: Materiallagerung von HKLS-Lüftungsmaterialien

4.3.2.2 Sollzustand

Mit einfachen Hilfsmitteln wie einem Kunststoff sack (siehe Abbildung 4.22) kann die Materiallagerung und auch die Manipulation sinnvoller gestaltet werden. Der Ort der Lagerung, mitten im Geschoss ist nicht ideal gewählt. Trotzdem ist dagegen nichts einzuwenden, wenn ausreichend Platz vorhanden ist.

Die Lagerungsart mittels Kunststoff sack macht es möglich, dass ein eventuell notwendiges Räumen der Lagerfläche kein Problem darstellt. Entweder wird der Sack auf eine Palette gehoben und mit einem Hubwagen manipuliert, oder einfach per Hand gezogen.



Abbildung 4.22: Verbesserte Materiallagerung von HKLS-Lüftungsmaterialien

4.3.3 Fallbeispiel 2: Materiallagerung Fassadenfertigteile

4.3.3.1 Istzustand

Die Fassadenfertigteile konnten nur am Baufeld gelagert werden. Diese in den Geschossen zu lagern war aufgrund der Größe der Bauteile nicht möglich (Bauteilabmessung siehe Tabelle 4.3). Als Zwischenlagerung dienten in Ausnahmefällen auch die Dachflächen von Bauteil 2 und Bauteil 3.

Der Lagerplatz D (siehe Abbildung 4.23) wurde im Vorhinein für die Lagerung von Fassadenfertigteile vorgesehen und auch dafür verwendet. Nach Angaben des Projektleiters konnten dort ca. 12 Haltevorrichtungen gelagert werden. An einer Haltevorrichtung waren 2 Fassadenfertigteile befestigt.

Weil die Lagerung von ca. 24 Stück Fassadenfertigteile nicht ausreichend war, musste die Manipulationsfläche B (siehe Abbildung 4.23) als weitere Lagerfläche verwendet werden, um den geplanten Baufortschritt der Fassade einhalten zu können. Auf dieser Manipulationsfläche B wurden auch ca. 12 Haltevorrichtungen gelagert. Somit konnten in Summe ca. 48 Fassadenfertigteile vorgehalten werden. Die Verwendung der Manipulationsfläche B als Zwischenlager für die Fassadenfertigteile wurde in den laufenden Baubesprechungen mit der Bauleitung abgestimmt. Mit einem durchschnittlichen Einbau von ca. 25-35 Fassadenfertigteilen pro Tag mussten deshalb jeden Tag Fassadenfertigteile auf die Baustelle angeliefert werden.



Abbildung 4.23: Lager Fassadenfertigteile, Lagerfläche D (links) B (rechts)

4.3.3.2 Sollzustand

Die Lagerfläche D (siehe Abbildung 4.24) sollte Niveaugleich hergestellt werden. Dadurch könnte auf die Zwischenlagerung von Haltevorrichtungen auf der Manipulationsfläche B verzichtet werden, weil eine größere Anzahl an Haltevorrichtungen auf der Lagerfläche D gelagert werden könnte, wie die folgende Berechnung zeigt:

In Tabelle 4.3 sind die Abmessungen der Haltevorrichtungen angegeben. Für die Lagerung dieser Elemente wird ein zusätzlicher Seitenabstand von 0,5 m hinzugefügt. Mit dem erweiterten Seitenabstand wird die Grundfläche berechnet und durch die Lagerfläche D dividiert. Das Ergebnis ist, dass ca. 27 Haltevorrichtungen - das entspricht ca. 54 Fassadenfertigteilen auf der Lagerfläche D - gelagert werden könnten (siehe Tabelle 4.4). Dies ist im Vergleich zu den Angaben des Projektleiters (es können 12 Haltevorrichtungen gelagert werden) eine weitaus höhere Anzahl. Somit hätte die Lagerfläche D für das Vorhalten der Fassadenfertigteile ausgereicht.

Tabelle 4.3: Abmessungen Haltevorrichtung Fassadenfertigteile

	l [m]	b [m]	h [m]
Haltevorrichtung	1,5	2	4
Haltevorrichtung mit 0,5 m Seitenabstand	2,5	3	4

Tabelle 4.4: Lagerung von Haltevorrichtungen auf Lagerfläche D

A [m^2] Lagerfläche D	A [m^2] Grundfläche Haltevorrichtung	max. Lagerung
200	8	27

4.3.3.3 Vergleich Istzustand - Sollzustand

Anstatt die Lagerfläche D bautechnisch so herzustellen, dass 27 Haltevorrichtungen gelagert werden hätten können, wurde auf die Manipulationsfläche B ausgewichen. Aus logistischer Sicht



Abbildung 4.24: Lagerfläche D

wäre es sinnvoller gewesen, die Lagerfläche D auszubauen, um die Manipulationsfläche B nicht zu belegen.

Wieviele logistische Prozesse aufgrund der Zwischenlagerung auf der Manipulationsfläche B gestört waren, kann nicht festgestellt werden. Aus diesem Grund soll man sich an die Philosophie von Lean Construction halten und sämtliche Verschwendungen beseitigen. Das Ausweichen auf die Manipulationsfläche B für die Zwischenlagerung von Fassadenfertigteilen ist eine Platzverschwendung.

4.3.4 Fallbeispiel 3: Materiallagerung Doppelboden

4.3.4.1 Istzustand

Die Lagerung der Doppelbodenplatten in den Geschossen funktionierte sehr effektiv. Die folgenden Informationen wurden über ein Interview mit dem Projektleiter des Gewerks Doppelboden und aus Beobachtungen gewonnen.

Wie in Abbildung 4.25 zu sehen ist, wurden die Paletten mit Doppelbodenplatten in einem genauen Schema abgestellt. Dieses Schema arbeitete der Projektleiter dieses Gewerkes nach Rücksprache mit dem Statiker und dem Lüftungsplaner aus. Als erstes wurde die Menge an notwendigen Doppelbodenplatten über eine Massenberechnung bestimmt. Dann wurde die mögliche Belastung der Decke durch die Doppelboden Paletten berechnet, wodurch das „Maximalgewicht“ einer Palette bestimmt werden konnte. Schlussendlich wurden die Paletten in die Geschosse transportiert und nach den Plänen des Lüftungsplaners so verteilt, dass diese ein Verlegen der Lüftungsrohre nicht behinderten.

4.3.4.2 Sollzustand

Der Sollzustand entspricht in diesem Fall dem Istzustand. Die oben im Text genannten Planungen des Gewerks Doppelboden wurden ohne Unterstützung bzw. Aufforderung der Bauleitung durchgeführt.



Abbildung 4.25: Materiallagerung Doppelboden

4.3.5 Fallbeispiel 4: Materiallagerung diverser Bauprodukte

4.3.5.1 Istzustand

In Abbildung 4.26 und 4.27 ist die Lagerung verschiedenster Bauprodukte zu sehen. Diese wurden in den verschiedenen Geschossen gelagert. Wie bereits unter Punkt 4.3.1 erwähnt, gab es keinen Etagenlagerplan für die Lagerung in den Geschossen.

Die Bauprodukte wurden dort abgestellt, wo sie zur Verwendung kamen, oder wo die Arbeiter dachten, dass diese nicht im Weg stehen. Wie Abbildung 4.27 zeigt, funktionierte dies des Öfteren sehr schlecht. Die hohe Anzahl an verschiedenen Produkten und die fehlende Koordination unter den Gewerken führte dazu, dass die Produktivität der Gewerke sank.

Abbildung 4.26 zeigt Bereiche, in denen die Lagerung ordnungsgemäß funktionierte. Dies waren vor allem Bereiche mit einer geringeren Dichte an gleichzeitig arbeitenden Gewerken.

Seitens der Bauleitung galt die Devise, dass die Subunternehmer für die Koordination selbst verantwortlich sind.



Abbildung 4.26: Materiallagerung diverser Bauprodukte 1



Abbildung 4.27: Materiallagerung diverser Bauprodukte 2

4.3.5.2 Sollzustand

Einen Etagenlagerplan im Vorhinein zu erstellen ist aufgrund vieler Unsicherheiten, wann beispielsweise Bauabläufe tatsächlich erfolgen, sehr schwierig. Daher sollte, wie beim Konzept des Zentralen Logistikmanagements beschrieben, ein Logistikkordinator zur Verfügung gestellt werden. Dieser kann während des Baufortschritts einen solchen Etagenplan entwerfen und verpflichtend für die Subunternehmen vorgeben. Dies würde dazu führen, dass Streitigkeiten zwischen den Gewerken untereinander vermieden werden können, weil der Logistikkordinator die Verpflichtung hat alle Gewerke gleich zu behandeln. Des Weiteren könnte die Etagenlogistik mit dem Baufortschritt optimiert und an die gegebenen Randbedingungen angepasst werden.

Im Grunde gibt es bereits einen Logistikkordinator auf jeder Baustelle - den Polier. Die logistischen Aufgaben sind bei kleinen Bauvorhaben ohne weiteres überschaubar, werden jedoch bei größeren Bauvorhaben komplexer. Daher hat es Sinn, einen zusätzlichen Logistikkordinator (beispielsweise aus der Bauleitung) zu beauftragen, der seitens der Bauleitung legitimiert ist logistische Eingriffe auf der Baustelle vorzunehmen.

4.3.6 Diskussion

Konzept des Zentralen Logistikmanagements Wie unter Punkt 2.2 beschrieben, kann die Bauleitung einen Logistikkordinator bereitstellen (beispielsweise aus der Bauleitung). Diese Person kann ein Lagerflächenmanagement sowohl am Baufeld als und auch in den Geschossen umsetzen. Sie könnte auch Probleme der Subunternehmer erkennen und helfen diese zu lösen, beispielsweise ein geeignetes Entladegerät zur Verfügung zu stellen um die Transportketten zu optimieren. Speziell bei größeren Hochbauprojekten, wie dies die ÖBB-Konzernzentrale darstellt, könnten logistische Schwachstellen früh erkannt und während der Bauphase kontinuierlich verbessert werden. Dadurch kann die Produktivität der Gewerke gesteigert werden.

Simulation von Logistikprozessen Das Ergebnis von Simulationen von Logistikprozessen (siehe Punkt 2.3) könnte beispielsweise die Lagergröße, Anzahl der Lager, effiziente Anlegung der Lager etc. sein. In der Praxis ist man von diesen Ansätzen noch weit entfernt. Bauabläufe werden aufgrund verschiedener Randbedingungen sehr häufig geändert. Beispielsweise wurde der

Ausbau des Kernbereiches dem Vollausbau vorgezogen (siehe Punkt 3.3), weil der Fortschritt der Fassade in Verzug war. Dieser Bauablauf war ursprünglich nicht vorgesehen. Ein solches Szenario im Vorhinein zu simulieren wäre vermutlich möglich, doch die Kosten würden dagegen sprechen.

RFID in der Baulogistik Im Bauwesen wird die RFID-Technologie bereits erfolgreich eingesetzt (siehe Punkt 2.4). Beispielsweise können alle Materialien die auf die Baustelle geliefert werden, mit einem RFID-Chip ausgestattet sein, so dass ein Logistikkordinator diese über ein RFID-Gate erfassen und in einer Datenbank verwalten könnte. Die Verwaltung in einer Datenbank würde zu einer durchgängigen Dokumentation führen, mit dem man auch das Lagermanagement steuern könnte.

Wie bereits des Öfteren erwähnt, ist die Ausbauphase eines Bauwerks dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl an unterschiedlichen Materialien verarbeitet wird, deren Menge hoch, jedoch dessen Wert oftmals gering ist. Die Gesamtheit der Materialien mit der RFID-Technologie zu erfassen wäre technisch möglich, würde aber praktisch keinen Sinn machen.

4.4 Bauaufzüge

Ein Großteil der vertikalen Personen- und Materialtransporte wurde bis zum Schließen der Außenhülle mit zwei fassadenseitig angebrachten Bauaufzügen durchgeführt (siehe Abbildung 3.7). Der Aufzug GEDA PH3240 Single⁸⁸ war an der Nord-Ost-Fassade von Bauteil 1 (BT01) und der Aufzug GEDA PH2737 Twin⁸⁹ an der Süd-Ost-Fassade von Bauteil 2 (BT02) montiert. In jedem Geschoss beider Bauteilen befanden sich Etagensicherungstüren, um die jeweilige Ebene betreten zu können. Seitens der Herstellerfirma (GEDA-Dechentreiter GmbH & Co.KG) konnte der Aufzug mit den Steuerungen *Stop next landing*, *Etagenvorwahl* oder *Etagenvorwahl-Comfort* ausgestattet werden.

Einschub: Beschreibung der Steuerungen ⁹⁰

- Die Steuerung *Stop next landing* ist für eine manuelle Bedienung des Aufzugs ausgelegt. Der Aufzug kann von der Bodenstation als auch von der Fahrkabine über Tasten gesteuert werden. Es kann kein Geschoss direkt angefahren werden. Wenn die „Taste AUF“ gedrückt wird, dann fährt der Aufzug mit maximaler Geschwindigkeit bis zur obersten Etage. Durch betätigen der „Leuchttaste“ kann diese Fahrt unterbrochen werden und der Aufzug bleibt bei der nächsten Etage stehen.
- Die Steuerung *Etagenvorwahl* kann ohne und mit Rufsteuerung ausgestattet werden. Grundsätzlich befindet sich ein Bedienfeld sowohl in der Aufzugskabine als auch an der Bodenstation. Über das Bedienfeld kann eine Etage direkt angewählt werden. Mit vorhandener Rufsteuerung kann der Aufzug gerufen werden. Der Fahrkorb unterbricht die Fahrt an der Etage an der die Ruftaste gedrückt wurde, unabhängig von der jeweiligen Fahrtrichtung.

⁸⁸<http://www.geda.de/Temporaeranlagen/Zahnstangenaufzuege/Personen-und-Materialaufzuege/GEDA-PH-Serie>

⁸⁹<http://www.geda.de/Temporaeranlagen/Zahnstangenaufzuege/Personen-und-Materialaufzuege/GEDA-PH-Serie>

⁹⁰Informationen von der Herstellerfirma GEDA-Dechentreiter GmbH & Co.KG

- Die Steuerung *Etagenvorwahl-Comfort* funktioniert ähnlich wie die Steuerung Etagenvorwahl mit Rufsteuerung, nur unterbricht der Fahrkorb die Fahrt nur wenn die aktuelle Fahrtrichtung übereinstimmt. Die Fahrbefehle werden ansonsten gesammelt und folgerichtig abgearbeitet. Zusätzlich wird beim Erreichen einer Nutzlast von 90% die Fahrt nicht unterbrochen.

Anmerkung für alle Steuerungsarten: Es ist darauf zu achten, dass bei nichtordnungsgemäßer Schließung der Kabine der Aufzug nicht gerufen werden kann.

Bei der ÖBB-Konzernzentrale entschied sich die Bauleitung aufgrund finanzieller und betriebssablauftechnischer Randbedingungen für die Steuerung *Etagenvorwahl ohne Rufsteuerung*.

Aus Erfahrungen der Bauleitung wurde für die Bedienung der Aufzüge Liftpersonal eingesetzt, um einen möglichen Missbrauch (Vandalismus) des Aufzuges zu verhindern und einen reibungslosen Betriebsablauf zu gewährleisten.

4.4.1 Auswahl der Bauaufzüge

Die Auswahl der Aufzüge basierte hauptsächlich auf Erfahrungen der Bauleitung. Der Einsatz eines Bauaufzuges war angesichts der Größe des Bürogebäudes für die Bauleitung notwendig. Deshalb wurde durch Beratungen des Aufzugsvertreibers (EKRO Kronsteiner GmbH) gemeinsam mit der Bauleitung die oben beschriebene Variante gewählt.

Es war im Vorhinein bekannt, dass Metallschienen mit 4 m Länge in die Geschosse transportiert werden müssen. Daher entschied man sich beim Single-Bauaufzug für die Fahrkorbabmessung von (1,55 m x 4 m) anstatt der kleineren Variante von (1,55 m x 3,7 m).

4.4.2 Beschreibung der Aufzüge

GEDA PH3240 Single Dieser Bauaufzug bediente alle 23 Geschosse des Bauteils 1 mit einer Kabine.

Technische Daten:

Tabelle 4.5: Technische Daten GEDA PH3240 Single⁹¹

Tragfähigkeit	3200 kg / 30 Personen
Hubgeschwindigkeit	0 - 90 m/min
Förderhöhe	400 m
Abmessungen Fahrkorb	1,55x4,00x2,20 m
Abmessungen Fahrkorbtür	1,5x2,0 m
Stromanschluss	400 V/50 Hz

GEDA PH2737 Twin Dieser Bauaufzug bediente 18 Geschosse des Bauteils 2 mit zwei Kabinen, wobei die erste Kabine jeweils die geradzahigen Stockwerke und die zweite Kabine jeweils die ungeradzahigen Stockwerke anfuhr. Während des Kernausbaus (siehe dazu Punkt 3.3) wurden die Kabinen nur von einem Liftwart bedient, um Personalkosten zu sparen. Dieser wechselte die Aufzugskabinen, abhängig davon, welche Geschosse anzufahren waren.

⁹¹GEDA-Dechentreiter GmbH & Co.KG: Montageanleitung GEDA PH 650 (2013)

Technische Daten:

Tabelle 4.6: Technische Daten GEDA PH2737 Twin⁹²

Tragfähigkeit	2700 kg /28 Personen
Hubgeschwindigkeit	0 - 90 m/min
Förderhöhe	400 m
Abmessungen Fahrkorb	1,55x3,70x2,20 m
Abmessungen Fahrkorbtür	1,5x2,0 m
Stromanschluss	400 V/50 Hz

Betriebs- und Umgebungsbedingungen In Tabelle 4.7 sind die Grenzwerte für Temperatur und Windgeschwindigkeit angegeben, die für den Betrieb der Bauaufzüge einzuhalten sind.

Tabelle 4.7: Betriebsvoraussetzung Bauaufzüge⁹³

	min	max
Temperaturbereich	-20°C	+40°C
Windgeschwindigkeit im Betrieb		72 km/h
Windgeschwindigkeit bei Montage		45 km/h

4.4.3 Betriebstechnischer Ablauf

Entsprechend dem ÖBB-Projekthandbuch (siehe Punkt 3.2) wurde seitens der ARGE ein betriebstechnischer Ablauf für die Benutzung des Aufzuges ausgearbeitet und für die verschiedensten Subunternehmen verpflichtend vorgegeben. In Abbildung 4.28 ist der Betriebsablauf der Bauaufzüge jeweils für den Personentransport und den Materialtransport beschrieben.

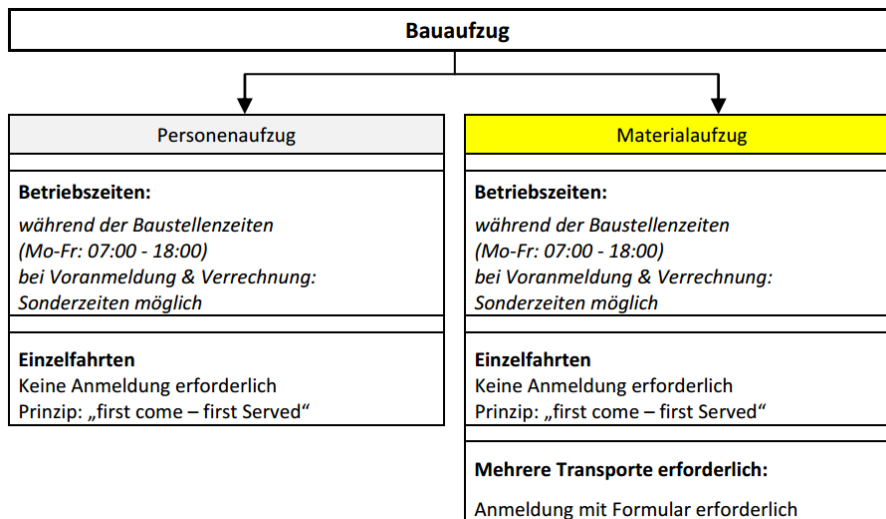


Abbildung 4.28: Betriebsablauf Bauaufzug⁹⁴

⁹²GEDA-Dechentreiter GmbH & Co.KG: Montageanleitung GEDA PH 650 (2013)

⁹³GEDA-Dechentreiter GmbH & Co.KG: Montageanleitung GEDA PH 650 (2013)

⁹⁴ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 33

Kommunikation Die Kommunikation zwischen dem Liftwart und den zu befördernden Personen erfolgte über „Sprechen“, „Rufen“, „gesehen werden“ oder „telefonisch“. Den Beobachtungen nach wurden für die Kommunikation primär „Sprechen“ und „gesehen werden“ eingesetzt. Versagten diese beiden Kommunikationsarten, wurde auf „Rufen“ zurückgegriffen. Jeder Liftwart besaß ein Telefon, dessen Nummer an jeder Etagentüre sichtbar war. Dies wurde hauptsächlich von der Bauleitung für die Kommunikation verwendet.

4.4.4 Auslastung und Leistungsgrenzen

4.4.4.1 Fahrzeitdauer

Einzelfahrt Die Hubgeschwindigkeit der Aufzüge ist mit $0 - 90 \text{ m/min}$ (siehe Punkt 4.4.2) angegeben. Wie diese Hubgeschwindigkeit zu interpretieren ist, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht herausgefunden werden. Daher wurde mit der maximalen Fahrtgeschwindigkeit von 90 m/min und den Gebäudehöhen die Soll-Fahrzeit berechnet. Diese betragen:

- für Bauteil 1: $t = \frac{88 \text{ m}}{90 \text{ m/min}} = 0,98 \text{ min}$
- für Bauteil 2: $t = \frac{67 \text{ m}}{90 \text{ m/min}} = 0,75 \text{ min}$

Die Ist-Fahrzeiten wurden vom Erdgeschoss bis jeweils zur letzten Etage (67 m und 88 m) gemessen. Diese betragen:

- für Bauteil 1: $t = 2,27 \text{ min}$
- für Bauteil 2: $t = 1,51 \text{ min}$

Über die gemessenen Ist-Fahrzeiten kann die Ist-Hubgeschwindigkeit ausgerechnet werden.

- für Bauteil 1: $v = \frac{88 \text{ m}}{2,27 \text{ min}} = 38,8 \text{ m/min}$
- für Bauteil 2: $v = \frac{67 \text{ m}}{1,51 \text{ min}} = 44,4 \text{ m/min}$

Die Ist-Hubgeschwindigkeiten lagen deutlich unter der maximalen Hubgeschwindigkeit laut der Betriebsanleitung⁹⁵ der Aufzüge.

Zusätzlich zur Ist-Fahrzeit mussten ca. 15 s für das Öffnen und Schließen der Türen und dem Betreten der Aufzüge eingerechnet werden. Hiefür wurden ca. 30 s gemessen, wenn der Bauaufzug mit der Maximalkapazität an Personen befüllt war.

Durchschnittsfahrzeit Während der Personenzählung für die Aufzugsauslastung (siehe Tabelle 4.9) wurden auch die Fahrzeiten der Aufzüge dokumentiert. Diese sind in Tabelle 4.8 zusammengestellt. Eine Aufzugsfahrt begann an der Bodenstation und endete auch wieder dort.

Tabelle 4.8: Durchschnittsfahrzeit für Hubhöhe 88 m/67 m

	Single-Aufzug (88 m)	Twin-Aufzug (67 m)
Kernausbau	4,84 min	4,01 min
Vollausbau	6,23 min	5,46 min

Die Durchschnittsfahrzeiten der Aufzüge in der Kernausbauphase als auch in der Vollausbauphase entsprechen der mittlere Wartezeit bei der Bodenstation als auch in den Geschossen.

⁹⁵GEDA-Dechentreiter GmbH & Co.KG: Montageanleitung GEDA PH 650 (2013).

4.4.4.2 Istzustand (Personentransport)

Leistungsgrenzen GEDA PH3240 Single

Wie viele Personen maximal in einer halben Stunden vom Erdgeschoss in das letzte Geschoss transportiert werden können, wird wie folgt berechnet:

$$\frac{30 \text{ min}}{2 \cdot 2,27 \text{ min} + 2 \cdot 0,5 \text{ min}} * 30 \text{ Personen} = 162 \text{ Personen} \text{ (siehe Punkt 4.4.4.1 für die Eingangswerte)}$$

Innerhalb einer halben Stunde können 162 Personen vom Erdgeschoss in das oberste Geschoss transportiert werden.

Leistungsgrenzen GEDA PH2737 Twin

Wie viele Personen maximal in einer halben Stunden vom Erdgeschoss in das letzte Geschoss transportiert werden können, wird wie folgt berechnet:

$$\frac{30 \text{ min}}{2 \cdot 1,51 \text{ min} + 2 \cdot 0,5 \text{ min}} * 28 \text{ Personen} * 2 = 417 \text{ Personen} \text{ (siehe Punkt 4.4.4.1 für die Eingangswerte)}$$

Innerhalb einer halben Stunde können 417 Personen vom Erdgeschoss in das oberste Geschoss transportiert werden, wenn beide Aufzugskabinen in Betrieb sind.

Auslastung Die Auslastung der Bauaufzüge wurde anhand einer Personenzählung erhoben. Die Anzahl an Personen, die den Bauaufzug benutzten, wurde gezählt und die Daten als Balkendiagramm ausgewertet. Ein Balken stellt die aufsummierte Anzahl an Personen dar, die innerhalb einer halben Stunde den Bauaufzug verwendeten (siehe beispielsweise Abbildung 4.29).

Die Erhebungen erfolgten stichprobenartig an drei Tagen, sowohl während der Kernausbauphase, als auch während der Vollausbauphase (siehe Punkt 3.3). In Tabelle 4.9 sind die Daten und der Personalstand auf der Baustelle eingetragen.

Tabelle 4.9: Personalstand

Wochentag	Datum	Anzahl der Personen auf der Baustelle	Art des Ausbaus	Ausbau in den Geschossen
Dienstag	29.10.2013	ca. 180	Kernausbau	ca. 1 - 15
Donnerstag	31.10.2013	ca. 180	Kernausbau	ca. 1 - 15
Montag	04.11.2013	ca. 180	Kernausbau	ca. 1 - 15
Dienstag	28.01.2014	ca. 250	Vollausbau	ca. 5 - 15
Donnerstag	30.01.2014	ca. 250	Vollausbau	ca. 5 - 15
Montag	03.02.2014	ca. 250	Vollausbau	ca. 5 - 15

Kernausbauphase - GEDA PH3240 Single

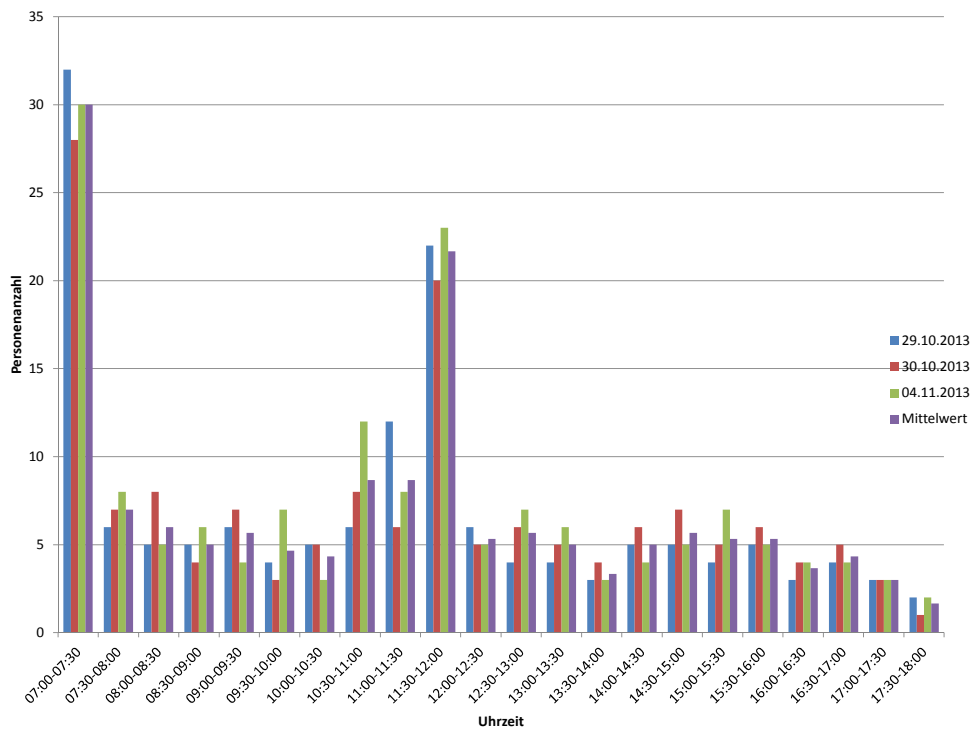


Abbildung 4.29: Kernausbau - Beförderte Personen (Baufzug GEDA PH3240 Single)

Kernausbauphase - GEDA PH2737 Twin

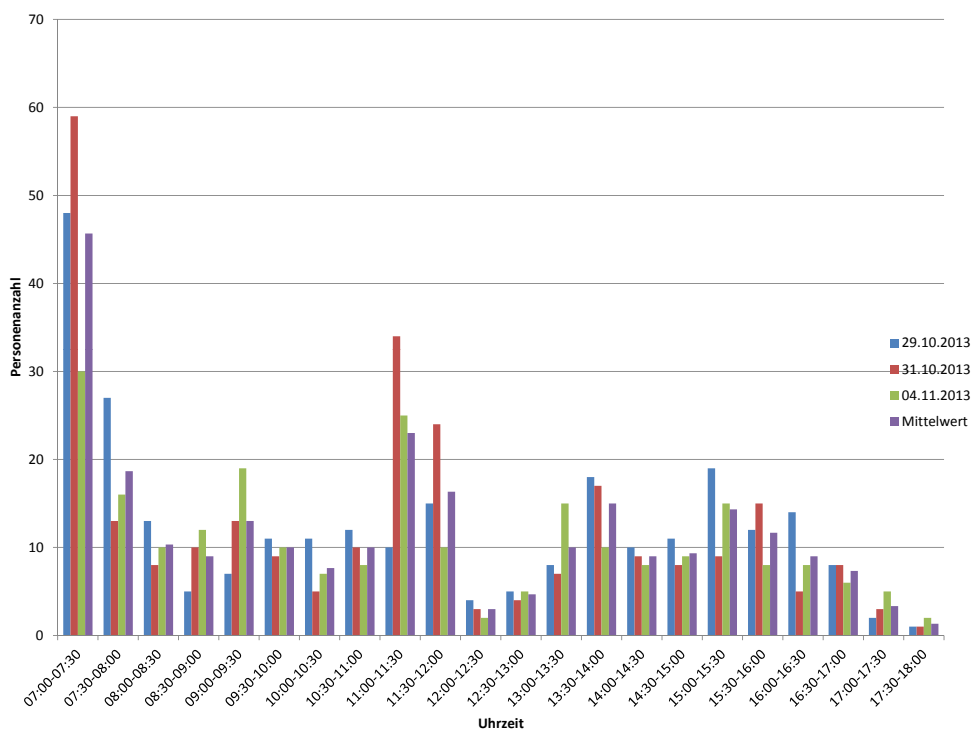


Abbildung 4.30: Kernausbau - Beförderte Personen (Baufzug GEDA PH2737 Twin)

Interpretation der Abbildungen 4.29 und 4.30:

Um 07:00 Uhr fanden sich die ersten Arbeitnehmer bei den Bauaufzügen ein und warteten darauf, in ihre Geschosse (Arbeitsbereiche) befördert zu werden. Pünktlich um 07:00 Uhr starteten die Liftwarte mit den Fahrten. Während der Kernausbauphase waren 2 Liftwarte eingesetzt. Der Twin-Aufzug wurde nur von einem Liftwart bedient. Anhand des ersten Balkens zwischen 07:00 und 07:30 Uhr ist die morgendliche Spitze zu erkennen. In diesem Zeitbereich wurden im Durchschnitt ca. 30 Personen mit dem Single-Aufzug und ca. 45 Personen mit dem Twin-Aufzug in die Geschosse transportiert. Die Hauptarbeitsbereiche der AN waren die Geschosse 1 bis 12.

Nach 07:30 Uhr war die morgendliche Spitze vorüber und es stellte sich ein annähernd konstanter Verlauf von ca. 6 Personenfahrten mit dem Single-Aufzug und ca. 10 Personenfahrten mit dem Twin-Aufzug pro halbe Stunde ein.

Ab 11:00 Uhr stiegen die Personenfahrten bei beiden Aufzügen an. Speziell beim Single-Aufzug ist der Mittelwert bereits ab 10:30 Uhr erhöht. Grund dafür ist ein erhöhter Personentransport am 04.11. Solche „Ausreißer“ sind häufiger zu beobachten. Die Ursachen dafür sind vielseitig (Arbeitspartie findet sich zur Besprechung im Baucontainer ein, Anlieferung von Kleinmaterial, etc.). Die Mittagsspitze liegt unter der Morgenspitze, speziell beim Twin-Aufzug. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Arbeitnehmer zu verschiedenen Zeiten ihre Mittagspause abhielten. Aus Gesprächen mit den Arbeitnehmern kam heraus, dass dies bewusst gemacht wurde, um die Wartezeit bei den Aufzügen rund um die Mittagszeit zu verkürzen.

Zwischen 12:00 und 12:30 Uhr gab es beim Twin-Aufzug aufgrund der Mittagspause sehr wenige Personenfahrten wobei sich beim Single-Aufzug bereits ein konstanter Verlauf der Personenfahrten von Mittag über den Nachmittag einstellte. Dieser Unterschied zwischen Single-Aufzug und Twin-Aufzug hat vermutlich mit der stichprobenartigen Auswahl der Personenmessung zu tun.

Ab 13:00 Uhr nahmen die Anzahl der Fahrten wieder zu und waren bis zum Arbeitsschluss annähernd konstant.

Mit einem Fassungsvermögen von 30 Personen des Single-Aufzugs und 28 Personen des Twin-Aufzugs pro Aufzugskabine konnten die Bauaufzüge die morgendliche Spitze an Personenfahrten ohne Probleme aufgenommen werden. Nach den Berechnungen (siehe Punkt 4.4.4) könnten maximal 417 *Personen* mit dem Twin-Aufzug und maximal 162 *Personen* (siehe Punkt 4.4.4.2) mit dem Single-Aufzug in einer halben Stunde in das oberste Geschoss transportiert werden.

Vollausbauphase - GEDA PH3240 Single

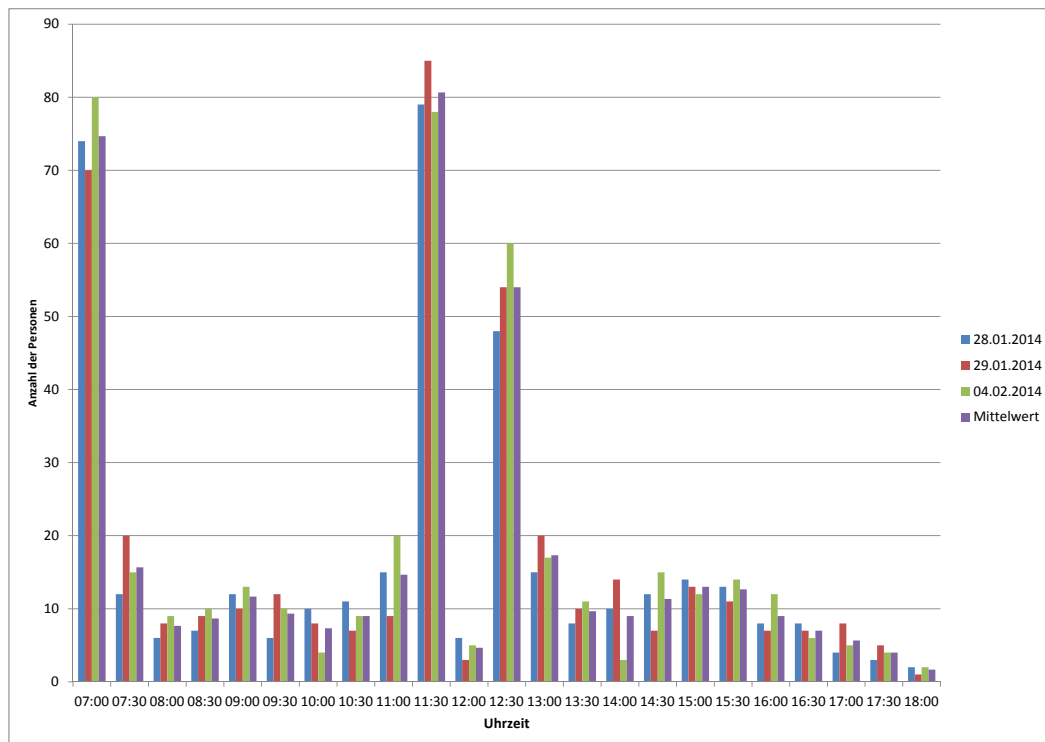


Abbildung 4.31: Vollausbau - Beförderte Personen (GEDA PH3240 Single)

Vollausbauphase - GEDA PH2737 Twin

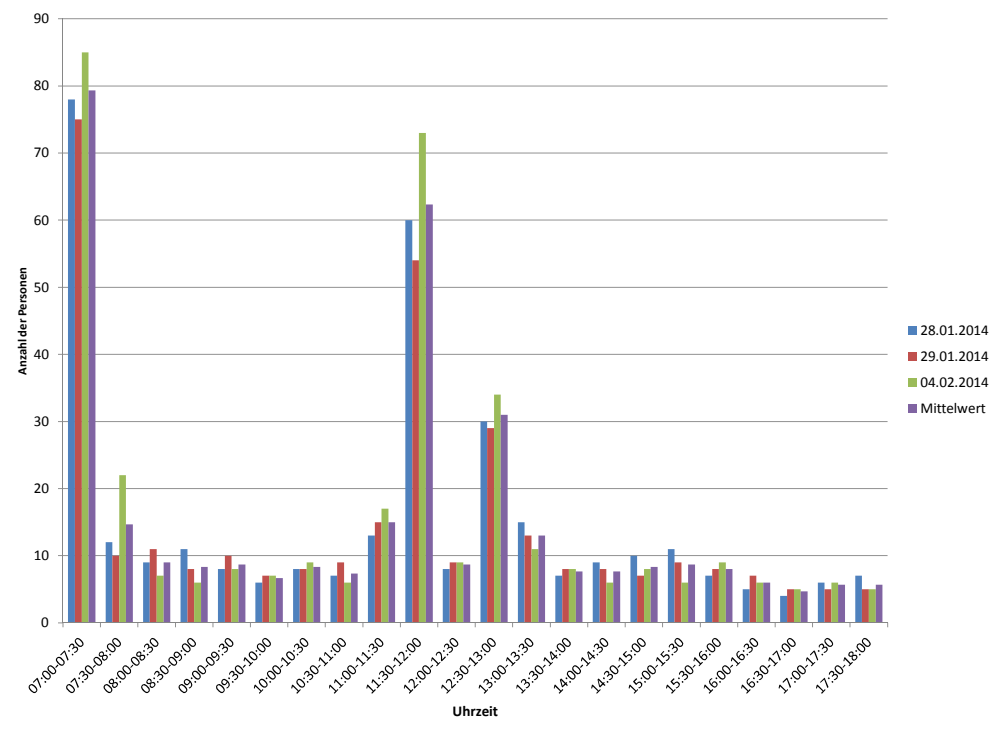


Abbildung 4.32: Vollausbau - Beförderte Personen (GEDA PH2737 Twin)

Interpretation der Abbildungen 4.31 und 4.32:

Gleich dem Balkendiagramm der Kernausbauphase sind die morgendlichen und mittäglichen Auslastungsspitzen zu erkennen. Die höhere Anzahl an Arbeitnehmer in der Vollausbauphase spiegelt sich sowohl in den Diagrammverlauf des Twin-Aufzuges als auch in denen des Single-Aufzuges wider, so wie der annähernd konstante Ganglinienverlauf zwischen den Spitzenzeiten.

Im Durchschnitt benutzten ca. 85 AN zwischen 07:00 und 07:30 Uhr den Aufzug um ihren Arbeitsplatz in den Geschossen zu erreichen. Die mittägliche Spitze fällt hier dichter aus als in der Kernausbauphase.

Zwischen den beiden Spitzen sind im Durchschnitt 10 Arbeitnehmer pro Halbestunde mit dem Bauaufzug unterwegs. Im Vormittags- und Nachmittagsdurchschnitt wurde der Aufzug von ca. 10-15 Personen pro halbe Stunde benutzt.

Mit einem Fassungsvermögen von 30 Personen des Single-Aufzugs und 28 Personen des Twin-Aufzugs pro Aufzugskabine konnten die Bauaufzüge auch in der Vollausbauphase die morgendliche Spitze an Personenfahrten ohne Probleme aufnehmen. Nach den Berechnungen (siehe Punkt 4.4.4) könnten maximal 417 *Personen* mit dem Twin-Aufzug und maximal 162 *Personen* (siehe Punkt 4.4.4.2) mit dem Single-Aufzug in einer halben Stunde in das oberste Geschoss transportiert werden.

4.4.4.3 Sollzustand (Personentransport)

Die Aufzüge sind für den Personentransport richtig dimensioniert. Für einen besseren Betriebsablauf sollte ein gestaffelter Arbeitsbeginn eingeführt werden, damit das morgendliche Personenaufkommen verteilt wird. Eine detaillierte Diskussion zum Bauaufzug folgt unter Punkt 4.4.6.

4.4.4.4 Materialtransport

Die Materialtransporte mit den Bauaufzügen waren eine wesentliche Voraussetzung für den Bauwerksausbau. Den Materialtransport ähnlich wie den Personentransport über Diagramme darzustellen und auszuwerten war aufgrund der diskontinuierlichen Materialtransporte nicht möglich. Aus diesem Grund wird mit repräsentativen Fallbeispielen gearbeitet um eine Auswertung des Istzustandes zu ermöglichen.

Fallbeispiel 1: Beobachtungen Die Bauaufzüge waren grundsätzlich richtig dimensioniert für die Materialtransporte. Trotzdem wurden einige interessante Beobachtungen gemacht.

Istzustand GEDA PH3240 Single Bei einem getrennten Personen- sowie Materialtransport kam es zu keinen Komplikationen. Wurden jedoch, im Speziellen in der Vollausbauphase, große Mengen an Doppelbodenplatten oder Gipskartonplatten angeliefert, dann stieß der Bauaufzug an seine Kapazitätsgrenze.

Zum Einen wollten die Arbeiter den Aufzug durchgängig als Personentransportmittel verwenden, zum Anderen wollten andere Arbeiter die Anlieferungen in Geschosse zu transportieren hatten, dies so schnell wie möglich durchführen. Daraus ergab sich ein Interessenskonflikt. Dieser Konflikt führte dazu, dass entweder der Materialtransport länger dauerte oder sich die Wartezeit für die Personentransporte erhöhte.

Sollzustand GEDA PH3240 Single Die Fläche vor dem Single-Bauaufzug muss zum Zwischenlagern von Materialien größer ausgeführt werden, damit bei Erreichen der Kapazitätsgrenzen der Materialtransport unterbrochen werden kann und der Personentransport weiter funktionieren kann. Diese Fläche muss unbedingt vor einer ständigen Lagerung freigehalten werden. Siehe dazu den optimierten Baustelleneinrichtungsplan unter Punkt 5.

Wenn finanziell vertretbar und bautechnisch möglich, dann sollte ein Twin-Aufzug vorgesehen werden. Am Beispiel der ÖBB-Konzernzentrale war aufgrund bautechnischer Randbedingungen (an der selben Position) nur ein Single-Aufzug möglich.

Fallbeispiel: Etagenaustritte

Istzustand Abbildung 4.33 zeigt die Situation der Etagenaustritte während der Kernausbauphase. Die Konstruktion der Etagenaustritte konnte nicht niveaugleich mit der Rohbetondecke hergestellt werden. Dies führte dazu, dass behelfsmäßig Holzlatten zum Angleichen des Höhenunterschiedes verwendet wurden.

Abbildung 4.34 zeigt ebenso die Situation der Etagenaustritte, aber während der Vollausbauphase. Auf der Rohbetondecke war bereits der Doppelboden verlegt. Eine professionelle aufwendige Konstruktion wurde in allen Geschossen des Single-Bauaufzuges hergestellt (siehe Abbildung 4.34, links). Im Vergleich dazu wurde eine unprofessionelle und einfache Konstruktion beim Twin-Bauaufzug realisiert (siehe Abbildung 4.34, rechts).



Abbildung 4.33: Etagenaustritte Kernausbauphase



Abbildung 4.34: Etagenaustritte Vollausbauphase (Single, links)(Twin, rechts)

Sollzustand Die Etagenaustritte wurden falsch auf der Rohdecke montiert. Abbildung 4.35 (links) zeigt einen Detailausschnitt dieser Montage und Abbildung 4.35 (rechts) die Konsequenz daraus. Aufgrund dieses Niveauunterschiedes konnten die Hubwägen nur mühsam über den Etagenaustritt gezogen oder geschoben werden.

In der Montageanleitung der Etagensicherungstüren ist eine nach außen hängende Montage vorgesehen. Wie in Abbildung 4.36 visualisiert, sollte die gesamte Etagensicherungstür auskragend über der Rohdecke befestigt werden. Dadurch könnte die gesamte Konstruktion nach unten versetzt werden, damit ein niveaugleicher Ausstieg zur Rohbaudecke hergestellt werden kann.

Die Konstruktion der Etagenaustritte während der Vollausbauphase war beim Single-Bauaufzug ideal gelöst (siehe Abbildung 4.34, links). Es ist kein Niveauunterschied vorhanden, daher können Hubwägen einfach aus dem Bauaufzug gezogen werden.

Der Etagenaustritt des Twin-Bauaufzuges sollte wie beim Single-Bauaufzug hergestellt werden. Die Breite des Holzstegs sollte mindestens der Türbreite entsprechen.

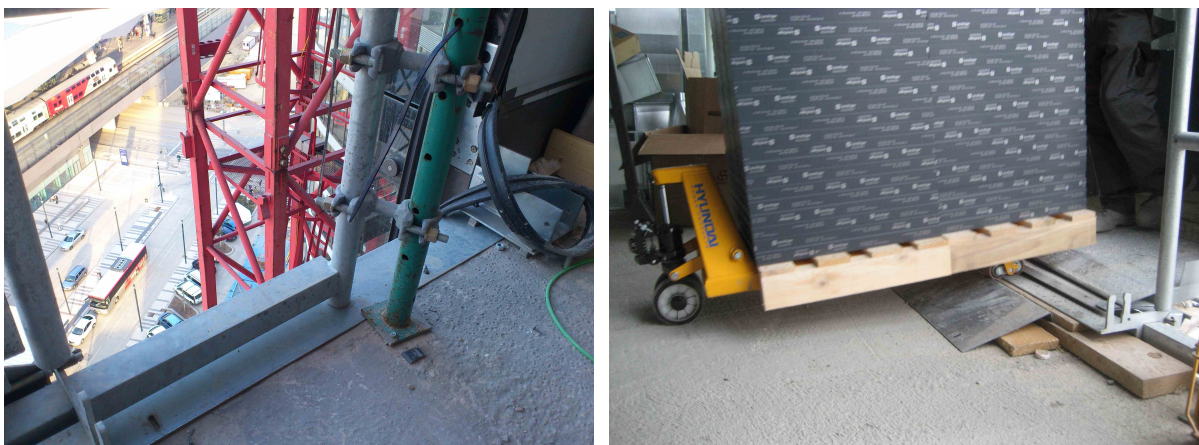


Abbildung 4.35: Etagenaustritt Rohbaudecke (falsche Montage)

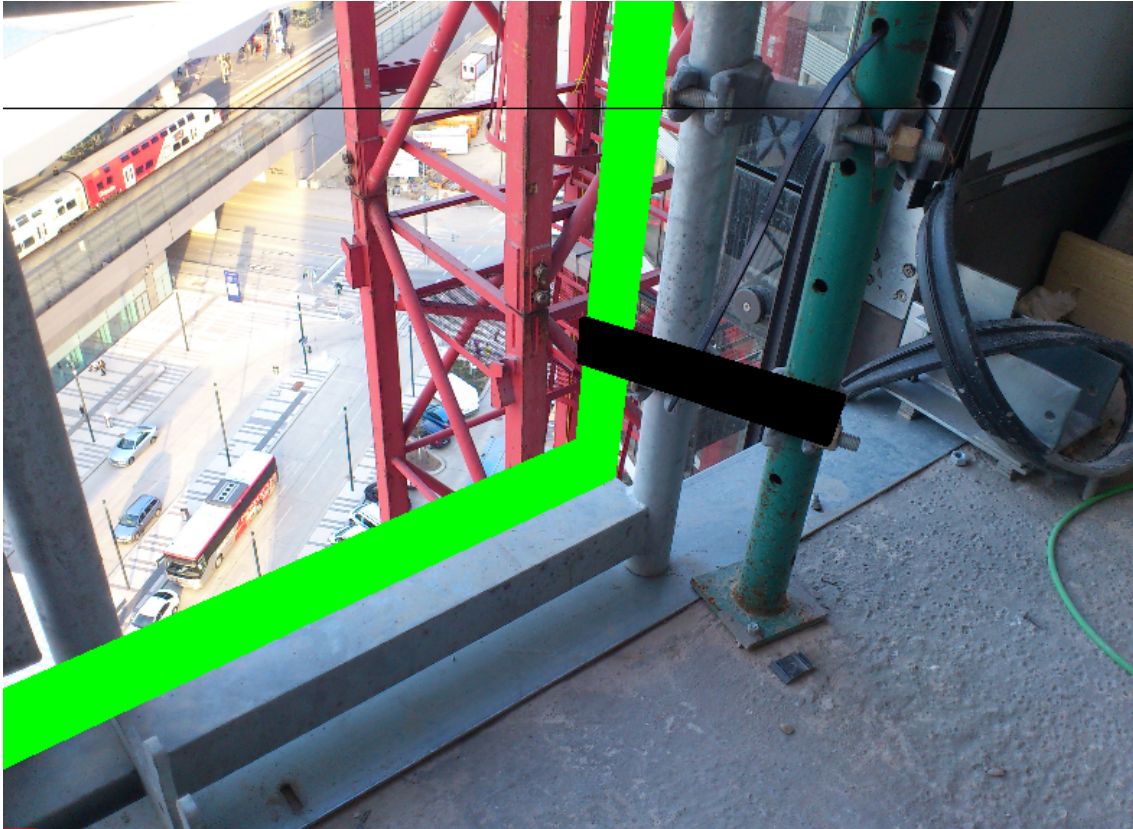


Abbildung 4.36: Etageaustritt - Visualisierung

4.4.5 Kosten

4.4.5.1 Gerätekosten

Die Kosten der Bauaufzüge für eine Vorhaltezeit von 8,5 Monaten sind in Tabelle 4.10 und 4.11 aufgliedert. Der Kostenvergleich zeigt, dass der Twin-Aufzug (67 m) nur geringfügig teurer ist als der Single-Aufzug (88 m), wenn eine Anpassung auf die gleiche Hubhöhe erfolgt.

Twin-Aufzug (88 m): $95.775 + 3.600(\text{Aufbau } 20 \text{ m Einheiten}) + 6 * 350 (\text{Etagentüren}) = 101.375 \text{ Euro}$.

Kabinenaufzug GEDA PH3240 Single:

Tabelle 4.10: Kosten Bauaufzug GEDA PH3240 Single⁹⁶

	Menge	EH	EP (Euro)	PP (Euro)
Montage				
Aufbau Grundeinheit ca. 20 m	1	PA	3.500,00	3.500,00
Aufbau 20 m Einheiten	3	PA	1.800,00	5.400,00
Aufbau Etagentüren	25	PA	350,00	8.750,00
Überprüfung ZT	4	PA	485,00	1.940,00
Miete				
Grundeinheit	37	WO	1.990,00	73.630,00
20 m Einheiten	95	WO	12,00	1.140,00
Frachtkosten				
Anlieferung	1	PA	2.400,00	2.400,00
Abtransport	1	PA	2.400,00	2.400,00
Gesamt				99.160,00 €

Kabinenaufzug GEDA PH2737 Twin:

Tabelle 4.11: Kosten Bauaufzug GEDA PH2737 Twin⁹⁷

	Menge	EH	EP (Euro)	PP (Euro)
Montage				
Aufbau Grundeinheit ca. 20 m	1	PA	4.500,00	4.500,00
Aufbau 20 m Einheiten	2	PA	1.800,00	3.600,00
Aufbau Etagentüren (Ausstieg jedes 2te Geschoss)	19	PA	350,00	6.650,00
Überprüfung ZT	3	PA	485,00	1.455,00
Miete				
Grundeinheit	37	WO	1.990,00	73.630,00
20 m Einheiten	95	WO	12,00	1.140,00
Frachtkosten				
Anlieferung	1	PA	2.400,00	2.400,00
Abtransport	1	PA	2.400,00	2.400,00
Gesamt				95.775,00€

⁹⁶leicht veränderte Originalkosten

⁹⁷leicht veränderte Originalkosten

4.4.5.2 Gerätekosten nach ÖBGL

Die *Österreichischen Baugeräteliste (ÖBGL)* dient als Hilfsmittel zur Beurteilung von Gerätekosten. Dies gilt insbesondere für Wirtschaftlichkeitsvergleiche, wenn firmenintern keine Preise zur Verfügung stehen und Anfragen am Markt zu langwierig wären. In Tabelle 4.12 sind zwei Bauaufzüge der ÖBGL entnommen. Die technischen Kenndaten dieser Bauaufzüge sind nahezu identisch mit den Bauaufzügen auf der ÖBB-Baustelle (siehe Tabelle 4.5 und 4.6). Die Tabelle 4.12 zeigt den Auszug der Bauaufzüge aus der ÖBGL:

Tabelle 4.12: Bauaufzüge aus der ÖBGL⁹⁸

C.5.16	Aufzug mit 1 Fahrkorb	max. Tragfähigkeit	Hubgeschwindigkeit	Fahrkorbgrundfläche	Personen	Motorleistung	Gewicht
C.5.16.3200	Grundeinheit	kg 3200	m/min 0-100	m x m 1,5x3,2	Anzahl 32	kW 2x26	kg 7700
Zusatzgeräte							
C.5.16.****-01	Aufzugmast je m						110
C.5.16.****-03	Haltestellengerüst je m						50
C.5.16.****-05	Haltestellentür je Stk.						85
C.5.16.****-06	Wandverankerung						150
C.5.16.****-07	Kabelwagen						40
		Mittlerer Neuwert	Monatliche A. u. V. Kosten	monatliche Reparaturkosten			
C.5.16.3200	Grundeinheit	Euro 182000	Euro 4000	Euro 2000			
Zusatzgeräte							
C.5.16.****-01	Aufzugmast je m	1050	23	11,5			
C.5.16.****-03	Haltestellengerüst je m	284	6,3	3,1			
C.5.16.****-05	Haltestellentür je Stk.	3130	69	34,5			
C.5.16.****-06	Wandverankerung	3160	69,5	35			
C.5.16.****-07	Kabelwagen	4000	88	44			
C.5.17	Aufzug mit 2 Fahrkörben	max. Tragfähigkeit	Hubgeschwindigkeit	Fahrkorbgrundfläche	Personen	Motorleistung	Gewicht
C.5.17.5600	Grundeinheit	kg 2x2800	m/min 0-100	m x m 2x(1,5x3,2)	Anzahl 2x24	kW 4x26	kg 13200
Zusatzgeräte							
C.5.17.****-02	Aufzugmast verstärkt je m						130
C.5.17.****-04	Haltestellengerüst je m						42
C.5.16.****-06	Haltestellentür je Stk.						85
C.5.16.****-07	Wandverankerung						130
		Mittlerer Neuwert	Monatliche A. u. V. Kosten	monatliche Reparaturkosten			
C.5.17.5600	Grundeinheit	Euro 13200	Euro 279000	Euro 6150	3070		
Zusatzgeräte							
C.5.17.****-02	Aufzugmast verstärkt je m	130	1130	25	12,5		
C.5.17.****-04	Haltestellengerüst je m	42	255	5,6	2,8		
C.5.16.****-06	Haltestellentür je Stk.	85	2500	55	27,5		
C.5.16.****-07	Wandverankerung	130	1240	27,5	13,5		

Die Kostenkalkulation nach der ÖBGL erfolgt über die kalkulatorische *Abschreibung und Verzinsung* und über das *Reparaturentgelt*. In die Formeln 4.1 und 4.2 werden die Werte aus Tabelle 4.12 eingesetzt und mit einer Großhandelspreisindexanpassung die monatlichen Gerätekosten errechnet. Der Großhandelspreisindex für das Jahr 2012 lag (momentan aktuellster Wert) bei 112,5%. Bezugsjahr hierfür (GHPI=100%) war das Jahr 2008. Über die Abminderungsfaktoren hat man die Möglichkeit den Preis an die aktuelle Marktsituation anzupassen.

$$(4.1) \quad A. u. V. = \text{ÖBGL} - \text{Wert A.u.V.}[\text{€/Mo}] * \text{Abminderungsfaktor} * \text{GHPI} = [\text{€/Mo}]$$

$$(4.2) \quad \text{Rep.} = \text{ÖBGL} - \text{Reparaturentgelt}[\text{€/Mo}] * \text{Abminderungsfaktor} * \text{GHPI} = [\text{€/Mo}]$$

⁹⁸vgl. Fachverband der Bauindustrie Österreichs: Österreichische Baugeräteliste (2009), S. C73ff

Werden die Werte aus Tabelle 4.12 in die Formel 4.1 und Formel 4.2 eingesetzt und die Einzelbeträge summiert, dann ergeben sich für verschiedene Abminderungsfaktoren Gerätekosten wie in Tabelle 4.13 beschrieben.

Tabelle 4.13: Gerätekosten mit verschiedenen Abminderungsfaktoren

	Abminderungsfaktor	Euro/Monat	Vorhaltemonate	Euro/Vorhaltezeit
C.5.16 Aufzug mit 1 Fahrkorb	1	15.096	8,5	128.316
	0,75	11.322	8,5	96.237
	0,5	7.548	8,5	64.158
C.5.17 Aufzug mit 2 Fahrkörben	1	15.705	8,5	133.493
	0,75	11.778	8,5	100.113
	0,5	7.852	8,5	66.742

Gerätekostenplanung Eine überschlägige Gerätekostenabschätzung mittels ÖBGL ist möglich. Ein Vergleich der Tabellen 4.13, 4.10 und 4.11 zeigt, dass bei einem Abminderungsfaktor von 0,75⁹⁹ die Gerätekosten nach der ÖBGL nahezu den Marktpreisen entsprechen.

4.4.5.3 Personalkosten

Für die Bedienung der Aufzüge wurde Personal von einer Sicherheitsfirma angefordert. Die Kosten dafür zeigt Tabelle 4.14.

Tabelle 4.14: Personalkosten Aufzüge

	# der Personen	Euro/ Stunde	Stunden/ Tag	Tage/ Woche	Vorhaltezeit in Wochen	Kosten in €
Allgemein						
1 Person	1	17,4	11	5	37	35.409,00
2 Personen	2	17,4	11	5	37	70.818,00
3 Personen	3	17,4	11	5	37	106.227,00
Baustellenbezogen						
2 Personen (Kernausbau)	2	17,4	11	5	20	38.280,00
3 Personen (Vollausbau)	3	17,4	11	5	17	48.807,00

Die Personalkosten der Liftwarte machen einen hohen Betrag aus. Beim Einsatz der Steuerung Etagenvorwahl mit Rufsteuerung könnte auf die Liftwarte verzichtet werden. Aufgrund von Missbrauch und Vandalis ist dies keine mögliche Option.

4.4.6 Diskussion

Konzept des Zentralen Logistikmanagements Beim Manipulieren von diversen Materialien (siehe Punkt 4.2) wurde beobachtet, dass es zu langwierigen Aufzugsbeladungen kam, weil beispielsweise kein geeignetes Transportgerät zur Verfügung stand. Dies führte zu einer unnötigen Besetzung des Aufzuges.

Würde ein Logistikkordinator - wie unter Punkt 2.2 beschrieben - eingesetzt, dann wäre es dessen Aufgabe dieses Verschwendungspotential aufzuzeigen und zu eliminieren. Speziell im Bauwesen sind aufgrund der Sub-Subvergaben des Öfteren sehr unprofessionelle Firmen am

⁹⁹üblicher Wert in der Baupraxis

Arbeiten. Dies kann dazu führen, dass die Produktivität einer gesamten Baustelle sinkt, weil beispielsweise der Bauaufzug unnötig besetzt wird.

Bei der Vergabe von Bauleistungen an Subunternehmern sollte bereits ein Baulogistikkonzept vorhanden sein, damit diese ihren Aufwand für ihre Manipulationsprozesse besser abschätzen können. Dadurch könnte ein niedrigerer Angebotspreis erzielt werden, weil die Produktivität gesteigert wird.

Kommunikation Da die Kommunikation primär über „Sprechen“ und „gesehen werden“ stattfindet, gilt es diese zu optimieren. Auch wenn jedes Geschoss aufwendig mit Rufmeldern ausgestattet wäre, brächte dies definitiv nicht die erwarteten Verbesserungen - im Vergleich zu den Mehrkosten - mit sich.

Twin-Aufzüge Der Twin-Aufzug sollte jedes Geschoss anfahren. Es kann eine Aufzugskabine für den Materialtransport und die andere für den Personentransport verwendet werden. Für größere Materiallieferungen könnte ein Aufzug direkt an einen Subunternehmer weiter gegeben werden, damit dafür keine Personalkosten anfallen.

Die Etagenaustritte sollten ordnungsgemäß hergestellt werden, damit diese problemlos mit Hubwägen befahren werden können.

Kosten Ein Vergleich der Tabellen 4.14, 4.10 und 4.11 zeigt, welches Einsparpotential bei Verzicht auf das Liftpersonal vorhanden wäre. Somit könnte etwa ein Drittel der Kosten gespart werden. Andererseits ist nicht außer Acht zu lassen, dass das Liftpersonal erheblich für einen geordneten Betriebsablauf beiträgt.

Ausfall Bauaufzug Mit einem Ausfall der Aufzüge durch technisches Gebrechen sollte gerechnet werden. Es sollte vorab mit dem Anbieter über Reparaturzeiten im Schadensfall bzw. über den vollständigen Ersatz eines Aufzuges gesprochen werden, damit die möglichen Ausfallszeiten in das Risikomanagement der Baustelle miteinfließen können.

Simulation von Logistikprozessen Die Forschung bezüglich Simulationen im Bauwesen befindet sich noch in den Anfängen (siehe Punkt 2.3). Es wäre vorstellbar, dass bereits vor Baubeginn alle notwendigen Baumaterialien aus einem 3D-Gebäudemodell ausgelesen werden und diese Daten als Grundlage für eine Simulation dienen. Es könnte beispielsweise simuliert werden, welche Größe der Bauaufzug besitzen müsste, um die Materialien effizient in die Geschosse zu transportieren. Andererseits muss darauf hingewiesen werden, dass der Bauaufzug auf der ÖBB-Baustelle gut dimensioniert war. Die meisten Komplikationen sind auf die logistische Unprofessionalität der Subunternehmer zurückzuführen. Beispielsweise das unnötige Besetzen des Bauaufzugs. Daher stellt sich die Frage, wie stark die Effizienz mit einer Simulation gesteigert werden kann.

RFID in der Baulogistik Aufzugsfahrten könnten mittels RFID-Technik protokolliert werden (siehe Punkt 2.4). Dadurch einen Vorteil für die ÖBB-Baustelle abzuleiten ist nicht möglich. Der Einsatz dieses Systems wäre sinnvoll, wenn im Bauwerksausbau sehr teure Produkte montiert

werden. Dadurch könnte kontrolliert werden, welche Personen den Bauaufzug benutzen bzw. in welchem Geschoss sie aussteigen.

Literatur zu Bauaufzügen Die sehr allgemein gehaltenen Angaben in der Literatur zu Bauaufzügen (siehe Punkt 4.4) konnte durch die vorgenommenen Beobachtungen und Messungen auf der ÖBB-Baustelle nachvollzogen werden: Es gibt kein Patentrezept für die richtige Wahl der Aufzüge.

4.5 Kräne

Gemäß der Baustelleneinrichtungsplanung (siehe Abbildung 3.7) wurden drei Kräne (K1, K2, K3) für die Bedienung des Baufeldes in der Rohbauphase eingeplant. Der Kran K3 wurde bereits während der Rohbauphase abgebaut. Die Kräne K1 und K2 wurden in der Ausbauphase an das Gewerk Fertigteilfassade vermietet.

4.5.1 Beschreibung der Kräne

4.5.1.1 Standort

Die Kräne waren an der:

- Nord-Ost-Fassade von Bauteil 1 (Kran K1),
- Süd-Ost-Fassade von Bauteil 2 (Kran K2) und
- in der Mitten von Bauteil 3 (Kran K3)

befestigt.

Die genauen Standorte sind dem Baustelleneinrichtungsplan zu entnehmen (siehe Abbildung 3.7).

4.5.1.2 Kenndaten der Kräne

Tabelle 4.15: Kran K1

Hersteller	Wolfkran 6023.8
Ausleger	55 m
Hakenhöhe	64,4 m / 109,9 m
Vorhaltezeit	Oktober 2012 - Mai 2014

Tabelle 4.16: Kran K2

Hersteller	Liebherr 112 EC-H8
Ausleger	40 m
Hakenhöhe	41,7 m / 81,7 m
Vorhaltezeit	Oktober 2012 - April 2014

4.5.2 Kräne in der Rohbauphase

Die Kräne der Baustelle ÖBB-Konzernzentrale wurden für die Rohbauphase ausgewählt. Anhand von Gesprächen mit der Bauleitung wurde erörtert, dass ein Kraneinsatz in der Rohbauphase sehr

Tabelle 4.17: Kran K3

Hersteller	Liebherr 71 EC-B5
Ausleger	20 m
Hakenhöhe	46,1 m
Vorhaltezeit	Oktober 2012 - Oktober 2013

genau geplant werden kann. Dafür gibt es auch in der Literatur viele Kalkulationswerte. Laut den Erfahrungen der Bauleitung ist jedoch eine Weiterverwendung der Kräne in der Ausbauphase nicht wirtschaftlich, wenn diese nicht an andere Firmen (Gewerke) vermietet werden können.

4.5.3 Kräne in der Ausbauphase

Die ÖBB-Konzernzentrale wurde mit ca. 11.000 Fassadenelementen verkleidet. Für den Einbau dieser Elemente wurden nach der Rohbauphase zwei Kräne (K1 und K2) an die Fassadenbau-firma vermietet. Die Kräne waren durchgehend im Einsatz, außer, wenn es beim Einbau der Fassadenfertigteile (Ausnahmefall) zu Störungen kam.

Das Vorhalten der Kräne auf der Baustelle ermöglichte auch anderen Gewerken, diese für Speziallieferungen zu mieten.

Wie in Abbildung 4.37 (links) zu sehen ist, wurden Wärmedämmplatten mit dem Kran 2 auf das Dach des Bauteils 2 gehoben. Ebenso wurde die Stahlkonstruktion für die Haustechnik (siehe Abbildung 4.37, links) mit dem Kran auf das Dach des Bauteils 2 gehoben.

Abbildung 4.37 (rechts) zeigt den Einsatz von auskragenden Arbeitsbühnen, die bei der ÖBB-Konzernzentrale eingesetzt wurden. Mit den Bühnen wurden bereits in der Rohbauphase Materialien in die Geschosse manipuliert. Nachdem die Bauaufzüge in Betrieb waren verwendete man sie für sehr sperriges Material (Rohrleitungen).

4.5.4 Kostenvergleich Krantransport - Bauaufzugstransport

Es wurde ein Kostenvergleich zwischen Krantransport mit auskragender Arbeitsbühne (siehe Punkt 4.5) und Bauaufzugstransporte während des Bauwerksausbaus angestellt. Für die Manipulationskosten mit dem Kran wurde der Kran K2 mit auskragender Arbeitsbühne verwendet und für die Manipulationskosten mit dem Bauaufzug wurde der Single-Aufzug verwendet. Die Grundfläche der auskragenden Arbeitsbühne ($4,00\text{ m} \times 1,80\text{ m}$, siehe Punkt 4.5) sowie des Single-Aufzugs ($4,00\text{ m} \times 1,55\text{ m}$, siehe Punkt 4.4) sind nahezu ident.

Tabelle 4.18 zeigt die Gesamtkosten für den Kran K2 sowie für den Single-Bauaufzug. Die Kosten des Krans und des Bauaufzuges wurden für eine Vorhaltezeit von 8,5 Monaten berechnet.

Dividiert man die Gesamtkosten durch die Betriebsstunden (siehe Tabelle 4.18), dann erhält man die Kosten pro Stunde. Die Kosten für eine Betriebsstunde beträgt beim Bauaufzug $\frac{122.000\text{ Euro}}{1.530\text{ h}} = 80\text{ Euro/h}$ und beim Kran $\frac{113.475\text{ Euro}}{1.530\text{ h}} = 75\text{ Euro/h}$. Das Ergebnis zeigt, dass die Kosten für Kran und Ausschussbühne im Vergleich mit dem Bauaufzug sehr ähnlich sind. Da die Transporte mit dem Bauaufzug wesentlich schneller sind, rechnet sich der Krantransport mit Ausschussbühne keinesfalls.



Abbildung 4.37: Materialmanipulation mit Kran K2

Tabelle 4.18: Gesamtkosten Kran und Bauaufzug

Kran K2	Menge	Einheit	Einheitspreis	Positionspreis	
Vorhalten K2 15 Mo	8,5	MO	6.500	55.250	
Kranfahrer	1.530	h	35	53.550	
Ausschussbühne	8,5	MO	550	4.675	
				113.475	Summe
Single-Baufzug					
Baufzug	1	PA	95.000	95.000	
Personal	1.530	h	18	26.775	
				121.775	Summe

4.5.5 Diskussion

Nach intensiver Literaturrecherche wurden keine Angaben gefunden, wie Kräne für den Bauwerksausbau effizient eingesetzt werden können. Sobald die Decken der Geschosse betoniert sind, ist es nur noch möglich mit auskragenden Arbeitsbühnen (MS-Plattform, siehe Punkt 4.5) Materialien in die Geschosse zu transportieren. Dieses System funktioniert sehr gut, ist jedoch teurer als der Einsatz eines Bauaufzugs.

Wie auch bei der ÖBB-Konzernzentrale angewendet, ist es sinnvoll auskragende Arbeitsbühnen auf der Baustelle vorzuhalten. Damit ist man in der Lage besonders sperriges Material in die Geschosse zu transportieren.

Sperriges Material sollte zeitnah nach der Rohbauphase in die fertigen Rohbaugeschosse transportiert werden, weil prinzipiell der Kran nach der Rohbauphase abgebaut wird.

4.6 Abfallmanagement

4.6.1 Abfallentsorgungskonzept der ARGE

4.6.1.1 Istprozess

Die Abfallentsorgung wurde von der ARGE vor der Bauausführung geplant, an einen Abfallentsorgungsdienstleister (Firma Ökotechna Entsorgungs- und Umwelttechnik GmbH) übergeben und der Ablauf der Abfallentsorgung im ÖBB-Projekthandbuch niedergeschrieben. Unter dem Titel „Abfallmanagement“ wurde das Konzept wie folgt vorgestellt:¹⁰⁰

„Es wird eine zentrale Abfallsammelinsel eingerichtet. Diese hat fixe Öffnungszeiten mit Aufzeichnungen der Müllerzeuger. Außerhalb der Öffnungszeiten ist die Abfallsammelinsel ein abgesperrter Bereich. Die Müllentsorgung erfolgt mit vorgegebenen Müllbehältern.

Beispielhafter Tagesablauf:

- *Morgens Ausgabe der gescannten Müllbehälter*
- *Mittags bzw. Abends: Rückgabe des Müllbehälters inkl. Aufzeichnungen*
- *Verrechnung an Müllverursacher*

Es wird eine tägliche Baustellenkontrolle bzgl. „herrenlosen“ Mülls durchgeführt. Aufgefundener Müll wird an den Verursacher gemeldet. Nach einer Vorankündigung wird bauseits geräumt. Die entstehenden Kosten sind vom SU zu tragen.“

Die Sortierinsel bestand aus folgenden Komponenten (siehe Abbildung 4.38):

- einem kleinen Aufenthaltscontainer mit 10 Zoll Größe für das Personal des Abfallentsorgungsdienstleisters,
- einer Abfallmulde für Baustellenabfälle mit der Schlüsselnummer 91206,
- einer Abfallmulde für Bau- und Abbruchholz mit der Schlüsselnummer 17202,
- mehreren Müllcontainer mit ca. 240 l und 770 l Fassungsvermögen und
- einer Umzäunung mit einem Tor.

Kernausbauphase In der Kalenderwoche 44 (2013) wurde die Sortierinsel von der Firma Ökotechna aufgestellt. Nach einer Woche Betrieb wurde diese wieder entfernt, weil sie von den

¹⁰⁰vgl. ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03 (2013), S. 34.



Abbildung 4.38: Abfallsortierinsel

Subunternehmern nicht genutzt wurde. Die Gründe hierfür waren vielseitig:

Einerseits wurden die Müllcontainer nach Volumen abgerechnet. Gewerke, bei denen sperriger Abfall anfiel, wurden über dieses Abrechnungsprinzip monetär benachteiligt. Andererseits wurden die SU vertraglich nicht dazu verpflichtet die Sortierinsel zu verwenden.

Der Betrieb der Sortierinsel startete in der Phase des Kernausbau. Wie unter Punkt 3.3 beschrieben, sind in dieser Phase wenig Gewerke auf der Baustelle. Ein Hauptgewerk war der Trockenbau, bei dem hauptsächlich Gipskartonplattenverschnitt und Metallabfälle vom Ständerwerk anfielen. Hierfür ist eine sortenreine Trennung ausschlaggebend, um den Abfall günstig entsorgen zu können. Daneben wurden HKLS-Arbeiten im Kernbereich durchgeführt. Dieses Gewerk hätte sich für die Verwendung der Müllinsel geeignet. Es fielen hauptsächlich kleine Abfallmengen an. Das HKLS-Gewerk arbeitete mit vielen Subfirmen, was vermutlich dazu führte, dass niemand der Subfirmen die Mehrkosten für das Entsorgen der Bauabfälle über die Sortierinsel zahlen wollte.

Vollausbauphase Die Sortierinsel blieb auch während der Vollausbauphase abgebaut. Es wurde seitens der Bauleitung überlegt diese bei Bedarf wieder aufzubauen. In der Zwischenzeit einigte man sich darauf, dass jedes Gewerk für die Müllentsorgung selbst verantwortlich sei. Die Abfallentsorgung wurde von jedem Gewerk unterschiedlich organisiert:

- Die Gewerke Doppelboden und Trockenbau meldeten wie bei einer Materialanlieferung den Abtransport von Abfällen an. Die Abfallentsorgung dieser beiden Gewerke wurde jeweils am Freitag organisiert, dabei entsorgte das Gewerk Trockenbau einen 16 m^3 (GKP-Verschnitt) Abrollcontainer und eine 8 m^3 (Metallständerwerk) Mulde und das Gewerk Doppelboden einen 16 m^3 Abrollcontainer.
- Das Gewerk HKLS entsorgte seinen Abfall gleich direkt mit dem Antransport neuer Materialien. Das Gewerk Elektroinstallation führte die Entstorgung ebenfalls über neue Materialanlieferungen durch.
- Die weiteren Gewerke verwendeten, wenn größere Abfallmengen anfielen, die Mulden der ARGE. Die ARGE hatte im Durchschnitt zwei bis drei Mulden mit 6 m^3 Fassungsvermögen am Baufeld, mit den Fraktionen Baumischabfälle und Holzabfälle.

Die Idee der Bauleitung war es, durch die Sortierinsel die Problematik von herrenlosem Müll unter Kontrolle zu bekommen. Aufgrund der fehlenden vertraglichen Konsequenzen bei Nicht-Verwendung der Sortierinsel konnte den Subunternehmern nur das Zugeständnis gemacht werden, dass sie ihren Müll selbst entsorgen dürfen.

Die Abfallsortierinsel wurde bis zum Abschließen dieser Diplomarbeit nicht mehr aufgebaut.

4.6.1.2 Sollprozess

Die Entsorgung über eine Abfallsortierinsel sollte beibehalten werden, jedoch ist sie in einigen Punkten anders umzusetzen:

Die Subunternehmer sollten vertraglich verpflichtet werden die Abfallsortierinsel zu verwenden. Dazu sind die Subunternehmer frühzeitig in das Abfallentsorgungskonzept miteinzubeziehen. Wie beim Konzept des Zentralen Logistikmanagements beschrieben (siehe Punkt 2.2) sollte sich eine beauftragte Person damit beschäftigen. Diese Person ist vorzugsweise aus dem Bereich der Bauleitung zu wählen.

Mit Bedacht darauf, dass die Abfallentsorgung eine wesentliche Rolle für einen reibungslosen Bauablauf spielen kann, sollte man auf den GU-Zuschlag verzichten.

Die Abfallfraktionen, die voraussichtlich in großen Mengen anfallen, sollten bereits vor Installation der Sortierinsel bekannt sein, damit diese richtig dimensioniert werden kann.

Die Vergütung der Abfälle wird über Gewicht und Volumen durchgeführt. Es sollte vertraglich ein Abrechnungsschlüssel vereinbart werden, damit kein Gewerk benachteiligt wird. Beispielsweise sollten GKP-Platten über Gewicht abgerechnet werden. Für Verpackungsmaterialien ist es sinnvoller diese nach Volumen abzurechnen.

4.6.2 Fallbeispiel 1: Abfallentsorgung Trockenbau

4.6.2.1 Istprozess

In Abbildung 4.39 ist die Entsorgung von GKP-Verschnitt zu sehen. Der Verschnitt wurde in den Geschossen in eigens dafür gebauten Behältern gelagert. Diese konnten im Geschoss beliebig verschoben werden und über die Bauaufzüge zum Entladen auf das Baufeld gebracht werden. Das Entladen des Behälters musste per Hand durchgeführt werden, wie rechts in Abbildung 4.39 zu sehen ist.

Wie unter Punkt 4.6.1 beschrieben, entsorgte das Gewerk Trockenbau den Abfall einmal in der Woche (Freitag). Weil im Laufe der Woche zu viel Verschnitt anfiel, wurde dieser in den Geschossen zwischengelagert (siehe Abbildung 4.40). Dies führte dazu, dass Flächen im Geschoss belegt wurden und die Verschnittteile zweimal „angegriffen“ werden mussten. In Abbildung 4.41 ist der dazugehörige Istprozess dargestellt.

4.6.2.2 Sollprozess

Beim Sollprozess wird davon ausgegangen, dass eine Mulde für die Entsorgung von GKP-Verschnitt am Baufeld ständig zur Verfügung steht. Daher ist ein Zwischenlagern des Verschnitts in den Geschossen nicht notwendig.

Des Weiteren wird ein optimiertes System für das Entladen der Abfälle - wie in Abbildung 4.42 - zu sehen vorgeschlagen. Dieses System stammt vom Logistikdienstleister „Bauserve“ und wird



Abbildung 4.39: Entsorgung GKP-Verschnitt

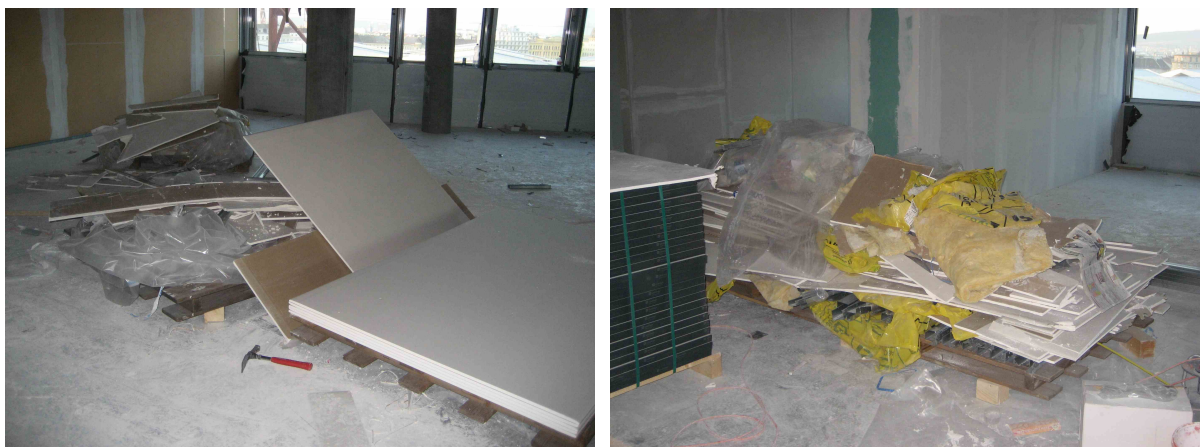


Abbildung 4.40: Zwischenlagerung von GKP-Verschnitt in den Geschossen

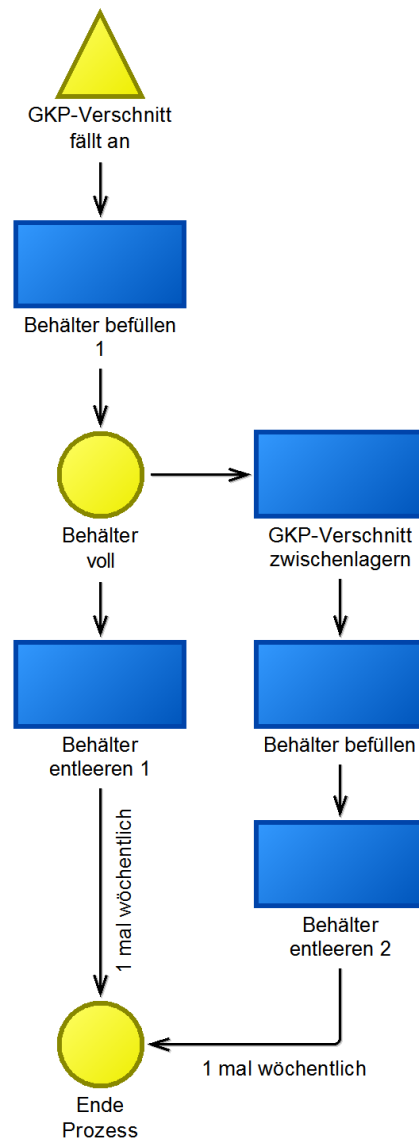


Abbildung 4.41: Istprozess Entsorgung GKP-Verschnitt

als rolco® bezeichnet. Der Müllbehälter ist mit einer Befestigung ausgestattet, damit Gabelstapler diesen heben und entleeren können. In Abbildung 4.43 ist der optimierte Sollprozess dargestellt.



Abbildung 4.42: Entsorgungssystem rolco®¹⁰¹

4.6.2.3 Vergleich Istprozess-Sollprozess

Im Rahmen dieser Diplomarbeit ist ein Kostenvergleich zwischen Istprozess und Sollprozess nicht durchführbar. Aus diesem Grund wird hier auf den Punkt 2.7.3 Lean Construction verwiesen. Um die Wertschöpfung zu erhöhen, gilt es nach Lean Construction jegliche Verschwendung zu vermeiden.

Das System rolco® optimiert den Entsorgungsprozess. Damit dieses System wirtschaftlich ist, darf ein Gabelstapler nicht eigens nur für das Heben und Entleeren des Trockenbau-Verschnitts vorhanden sein. Würde die Baustelleneinrichtung ohnehin einen Gabelstapler vorsehen, dann wäre dies bestimmt eine effiziente Variante ihn auch zur Abfallentsorgung einzusetzen.

Das System-rolco® sollte für die komplette Abfallentsorgung auf Baustellen verwendet werden.

4.6.3 Fallbeispiel 2: Bauabfallzwischenlagerung

4.6.3.1 Istprozess

Abbildung 4.44 zeigt Baustellenabfälle, die in den Geschossen und am Baufeld zwischengelagert wurden. Dies war erforderlich, weil zu dem Zeitpunkt keine Abfallmulden am Baufeld für eine Entsorgung zur Verfügung standen. Die Entsorgung der Bauabfälle wurde überwiegend am Freitag erledigt. Es wurden Mulden auf die Baustelle gebracht, befüllt und wieder abgeholt.

4.6.3.2 Sollprozess

Der Sollprozess sieht vor, dass Abfallmulden am Baufeld für die Entsorgung der Baustellenabfälle vorhanden sind. Es werden Abfallmulden am Baufeld aufgestellt, die speziell an die Bedürfnisse der SU angepasst sind bzw. nach Bedarf angepasst werden. Die Subunternehmer werden vertraglich dazu verpflichtet die Abfallmulden zu verwenden. Eine Abrechnung der Bauabfälle erfolgt

¹⁰¹<http://www.bauserve.net/rolco.html>

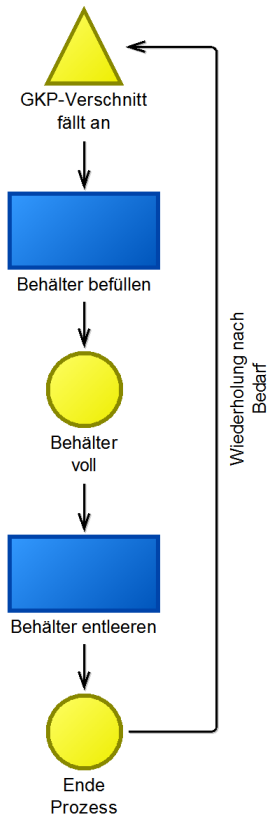


Abbildung 4.43: Sollprozess Entsorgung GKP-Verschnitt



Abbildung 4.44: Istprozess der Abfallzwischenlagerung

über Kilogramm. Es können Müllbehälter ausgeliehen oder, wenn vorhanden, die eigenen verwendet werden. Die Kostenverrechnung wird transparent und ohne GU-Zuschlag durchgeführt, damit die SU dieses System nicht als Kostenbenachteiligung sehen. Die Anzahl und Art der Mulden am Baufeld wird flexibel gestaltet, das heißt, dass die Mulden nach Bedarf zur Verfügung stehen. Beispielsweise wird eine größere Mulde für GKP-Verschnitt zur Verfügung gestellt, wenn dies erforderlich ist.

Es kann aber auch angedacht werden, die Muldenentsorgung offen zu gestalten. Das heißt, wenn Gewerke volle Mulden kostengünstiger als der Totalunternehmer entsorgen kann, dann sollte dem nichts im Wege stehen. Eine mögliche Anordnung der Abfallmulden ist im optimierten Baustelleneinrichtungsplan zu sehen und auch beschrieben. (siehe Punkt 5).

4.6.3.3 Vergleich Istprozess mit Sollprozess

Den Istprozess monetär mit dem Sollprozess zu vergleichen ist im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht möglich. Prozesse im Bauwesen zu optimieren soll hier im Vordergrund stehen.

Der Istprozess, dass Bauabfälle zwischengelagert bevor sie entsorgt werden hat auf der Baustelle funktioniert. Trotzdem sollte versucht werden, dass man den Prozess des Zwischenlagerns vermeidet, weil dies ein verschwenderischer (Arbeitszeit) Prozess nach Lean Construction ist (siehe Punkt 2.7).

Es wird im Bauswesen gelegentlich die Ausrede verwendet, dass ein gemeinsames Abfallkonzept aufgrund der hohen Anzahl an Subfirmen nicht funktioniert. Dies ist jedoch eine rein subjektive Einschätzung, die nicht bestätigt ist (Aus diesem Grund muss sehr wohl versucht werden diese Prozesse zu optimieren).

4.6.4 Feldexperiment Restmüllentsorgung

4.6.4.1 Ausgangslage

Am Dienstag den 25.02.2014 in der Kalenderwoche 9 wurde während der Vollausbauphase (siehe Punkt 3.3) ein Feldexperiment im Bauteil 1 in den Geschossen 7, 8 und 9 durchgeführt. Die Geschosse wurden ausgewählt, weil der Baufortschritt nahezu ident war. Die HKLS-Rohmontage und die Verlegung des Doppelbodens waren bereits abgeschlossen. Auch mit der Montage der Trockenbauwände auf den Doppelboden und der abgehängten Decke wurde bereits begonnen. Das Gewerk Elektroinstallation fing zeitgleich mit der Kabelverlegung an. In Abbildung 4.45 sind Ausschnitte von Geschoss 8 (linke Abbildung) und Geschoss 9 (rechte Abbildung) zu sehen. Diese Verschmutzung mit Bauabfällen und Restmüll fand sich auch im Geschoss 7.

4.6.4.2 Ziele des Feldexperiments

Ein Ziel des Feldexperiments war es, die Veränderung der Verschmutzung mit Restmüll durch das Bereitstellen von Abfallbehältern auf den genannten Geschossflächen zu beobachten. Dafür wurde in

- Geschoss 7 ein Abfallbehälter mit 250 l Fassungsvermögen aufgestellt.
- Geschoss 8 ein Abfallbehälter mit 500 l Fassungsvermögen aufgestellt.
- Geschoss 9 kein Abfallbehälter aufgestellt.



Abbildung 4.45: Verschmutzung der Geschosse; links Geschoss 8; rechts Geschoss 9

Es wurde nach Ende der Kalenderwoche 9 eine erneute Bestandsaufnahme der Geschossflächen durchgeführt, um den Verschmutzungsgrad der Geschossflächen zu vergleichen.

Ein weiteres Ziel war herauszufinden, ob die Restmüllcontainer nur für Restmüll oder ob diese auch zweckentfremdet für Baustellenabfälle verwendet werden. Dafür wurden die Müllbehälter gekennzeichnet, dass explizit nur Restmüllabfälle in den Behältern erwünscht sind (siehe Abbildung 4.46), explizit keine Bauabfälle.

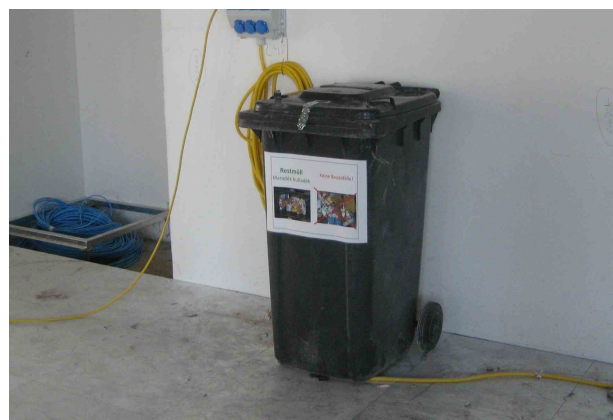


Abbildung 4.46: Beschriftung der Restmüllbehälter

4.6.4.3 Auswertung

Um den Versuch besser auswerten zu können, werden die Fragestellungen konkretisiert:

- War ein Unterschied zwischen den Geschossen nach Ende der Woche erkennbar?
 - Nach Ende der Kalenderwoche 9 wurde in den Geschossen kein Unterschied im Verschmutzungsgrad durch Restmüll festgestellt.
- Wie schnell waren die Restmüllbehälter voll?
 - Der Restmüllbehälter mit 500 l Fassungsvermögen war nach Ende der Kalenderwoche 9 zu ungefähr 1/4 gefüllt. Der kleinere Behälter war leer.
- Wurden auch Baustellenabfälle entsorgt?

- In der Kalenderwoche 9 wurden die Restmüllbehälter nicht mit Baustellenabfällen befüllt. Die Behälter blieben über die Kalenderwoche 9 hinaus in den Geschossen stehen. In Kalenderwoche 10 konnte dann im kleinen Abfallbehälter (250 l Fassungsvermögen) Baustellenabfälle gefunden werden. Im großen Behälter wurden auch in KW 10 keine Bauabfälle erkannt.

Dieses Feldexperiment wurde durchgeführt, weil laut Argumentation der Poliere eine Aufstellung eines Restmüllbehälters nicht funktioniert, weil die Arbeiter auch Baustellenabfälle darin entsorgen würden. Dies konnte durch dieses Feldexperiment teilweise widerlegt werden.

Abgesehen von den Zielen, die im Vorhinein von dem Feldexperiment erwartet wurden, konnten auch weitere Ergebnisse beobachtet werden:

Die Restmülltonnen in den zwei Geschossen wurden nicht wahrgenommen. Weil die Arbeiter von den anderen Geschossen nicht daran gewöhnt waren, dass Abfalltonnen benützt werden dürfen, wurden auch die neu aufgestellten kaum verwendet. Es ist anzunehmen, dass viele Arbeiter verunsichert waren, ob die Restmüllbehälter für alle Gewerke (Subfirmen) zur Verfügung standen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass, wenn entsprechende Restmüllbehälter in den Geschossen bereitgestellt werden, diese flächendeckend vorhanden sein sollten und die Arbeiter explizit über dessen Verwendung informiert werden sollten.

4.6.5 Diskussion

Grundsätzlich sind die Subunternehmer daran gewöhnt ihre Abfälle selbst zu entsorgen. Dies geschieht in den meisten Fällen über Abfallentsorgungsdienstleister (siehe Punkt 2.5.3).

Auf der ÖBB-Baustelle waren insgesamt nur 251 m^2 unbebaute Fläche vorhanden (siehe Tabelle 3.2). Bei derart wenig Platzangebot ist es nicht möglich jedem SU Platz für eine oder mehrere Containermulden zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund wurde vorgeschlagen eine Abfallsortierinsel aufzustellen (siehe Punkt 4.6.1).

Konzept des Zentralen Logistikmanagement Ein Logistikkordinator sollte für einen reibungslosen Ablauf der Abfallentsorgungen zur Verfügung stehen. Diese Funktion kann von einem Polier oder einem Techniker der Bauleitung durchgeführt werden. Das voraussichtliche Abfallaufkommen der Baustelle könnte mithilfe von Überschlagsformeln (siehe Punkt 2.5.2.2) berechnet werden. In Tabelle 4.19 sind die Ergebnisse in Bezug auf die ÖBB-Baustelle zusammengefasst. Basierend auf der dieser Schätzung kann berechnet werden, in welcher Größe Abfallmulden zur Verfügung stehen müssen bzw. in welcher Frequenz diese entleert werden müssen.

Tabelle 4.19: Abschätzung Abfallaufkommen

		BRI m^3	obere Grenzwert $20m^3/1000m^3$ BRI	untere Grenzwert $40m^3/1000m^3$ BRI	Mittelwert m^3
Faktor Gesamt	1	202.588	4.051,76	8.103,52	6.078
Faktor Ausbau	0,75		3.038,82	6.077,64	4.558
Faktor Rohbau	0,25		1.012,94	1.519,41	1.266

RFID in der Baulogistik Die Abfallmulden könnten mit einem RFID-Chip ausgestattet werden (siehe Punkt 2.4). Die Abfallfraktion die in eine Mulde kommt ist auf dem RFID-Chip gespeichert. Beim Entsorgen der Mulden werden diese vom Entsorgungsdienstleister gescannt und über dieses System verrechnet. Dadurch erspart man sich die Lieferscheine und eine automatische Dokumentation hat zusätzlich die entsorgten Abfallmengen in einer Datenbank hinterlegt.

4.7 Personalkontrollen

4.7.1 Baustellenausweis

Als Totalunternehmer muss die ARGE Habau/ÖSTU-Stettin, wie auch jeder Bürger, in Österreich die geltende Gesetze und Vorschriften einhalten. Im Zusammenhang mit der Anstellung von Arbeitern und der Vergabe von Leistungen an Subfirmen kann hier beispielsweise das *Allgemeine Sozialversicherungsgesetz* und das *Ausländerbeschäftigungsgesetz* genannt werden. Um die Einhaltung dieser und weiterer Gesetze zu gewährleisten, werden den Subunternehmern Baustellenausweise ausgestellt. Die Ausstellung dieser Ausweise erfolgt mit einem System der Firma „ISHAP-Baudokumentation mit System“. Die Firma ISHAP ist ein Dienstleister, der auf Personaldokumentation im Bauwesen spezialisiert ist. Die Kosten für dieses System wurden von allen Gewerken mitgetragen. Für die Ausstellung der Ausweise wurde von der ARGE ein bestimmter Betrag pro Ausweis verlangt.

Für die Ausstellung eines Baustellenausweises müssen die Arbeiter folgende Dokumente vorweisen können:¹⁰²

1. Für Unternehmen (Subfirmen), die ihren Firmensitz in Österreich haben:
 - Sozialversicherungsnachweis:
 - Angestellte/Arbeiter: Auszug aus dem Elektronischen Datensammelsystem der Sozialversicherungsträger (angemeldet auf Vollzeit mind. 38,5 h)
 - Inhaber der Firma (wenn er auf der Baustelle arbeitet): eine Versicherungsbestätigung für österreichische Selbstständige der SVA
 - Aufenthaltstitel und Beschäftigungsnachweis:
 - für nicht EU- Bürger erforderlich (blau/rosa Karte im Scheckkartenformat)
 - Identitätsnachweis:
 - Reisepass oder Personalausweis
 - Aufenthaltstitel gilt auch als Identitätsnachweis
2. Für Unternehmen (Subfirmen), die ihren Firmensitz im Ausland haben:
 - Sozialversicherungsnachweis:
 - A1-Formular für Angestellte, Arbeiter und Inhaber des Unternehmens
 - Dienstleisterregisterauszug
 - Aufenthaltstitel und Identitätsnachweis (wie oben).
 - für nicht EU- Bürger erforderlich (blau/rosa Karte im Scheckkartenformat)

Die Subunternehmen wurden darauf hingewiesen, dass jeder Arbeiter einen gültigen Baustellenausweis besitzen muss, bevor er auf der Baustelle arbeiten darf. Der Baustellenausweis wurde im Sekretariat der Bauleitung ausgestellt, sobald alle notwendigen Unterlagen vorhanden waren.

¹⁰²ISHAP GmbH: ISHAP-Baudokumentation (2014).

Die Sekretärin der Baustelle verwendete ca. 14 Stunden Arbeitszeit pro Woche für die Ausstellung der Ausweise.

Kurze Funktionsbeschreibung der ISHAP-Personalerfassung Die Personalien der Arbeiter werden über Computer oder Mobiltelefon aufgenommen. Bei der Eingabe der Staatsbürgerschaft gibt beispielsweise die Software bereits vor, welche Dokumente die Person vorzuweisen hat. Es werden auch gleich Hinweise gegeben, welche Stellen eines Dokumentes besonders genau auf Echtheit zu prüfen sind, um Betrug vorzubeugen. Wenn alle Dokumente, wie oben im Text beschrieben, vorhanden sind, dann wird noch ein Foto vom Arbeitnehmer gemacht und der Ausweis gedruckt. Außerdem verfügt die Software über eine Erinnerungsfunktion die darauf aufmerksam macht, wenn Dokumente ablaufen und der Arbeiter diese erneut vorzulegen hat.

4.7.2 Zugangskontrollen zur Baustelle

4.7.2.1 Gesetzeslage

Es ist gesetzlich nicht vorgeschrieben das Baufeld vollständig abzusperren und den Personenzutritt über eine Anmeldung abzuwickeln. Maßnahmen wie Absperrungen oder Baustellenverweise, damit unbefugte Personen die Baustelle erst gar nicht betreten oder von dieser wieder verwiesen werden können, ist in der Bauarbeiterschutzverordnung vorgeschrieben:

Bauarbeiterschutzverordnung § 4 Abs. 7¹⁰³

„Die unmittelbare Umgebung und die Grenze der Baustelle sind klar sichtbar und als solche erkennbar zu kennzeichnen und zu gestalten. Soweit durch das Betreten von Baustellen durch Unbefugte Gefahren für Leben und Gesundheit von Arbeitnehmern herbeigeführt werden können, sind Unbefugte durch geeignete Maßnahmen, wie Absperrungen oder Verweisen, von der Baustelle fernzuhalten und ist das Betreten der Baustelle durch Unbefugte durch Anschlag zu verbieten.“

Gemäß dem Baukoordinationsgesetz gilt:

Bauarbeiterkoordinationsgesetz § 5 Abs. 3¹⁰⁴

„Der Baustellenkoordinator hat 4. die erforderlichen Maßnahmen zu veranlassen, damit nur befugte Personen die Baustelle betreten.“

Die Zugangskontrolle ist die wirkungsvollste Maßnahme unbefugten Personen den Zutritt zu verweigern. Sie ist nicht explizit im Gesetz gefordert, könnte aber bei Auslegung für Großbaustellen als einzig wirkungsvolle Maßnahme angesehen werden. Die Zugangskontrollen zu Baustellen haben sich aber noch nicht flächendeckend durchgesetzt. Jedenfalls ist es die Aufgabe der Baukoordination eine solche zu veranlassen (Bauherr).

4.7.2.2 Umsetzung auf der Baustelle ÖBB-Konzernzentrale

Das Baufeld wurde ganzheitlich mit einem Bauzaun umschlossen. Die im Baustelleneinrichtungsplan eingezeichneten Tore (siehe Abbildung 3.7) wurden über Bauzaunelemente, die ausgehängt werden konnten, realisiert. Bei der Lagerfläche A wurden die Bauzaunelemente zwischen den

¹⁰³Bauarbeiterschutzverordnung: § 4 Abs. 7, BGBl. Nr. 340/1994.

¹⁰⁴Bauarbeiterschutzverordnung: § 4 Abs. 7, BGBl. Nr. 340/1994.

Containern der Bauleitung und dem Container der Imbissstube teilweise bis vollständig entfernt, um mehr Platz für Materialanlieferung zu bekommen. Auch die Lagerfläche D wurde weiter geöffnet als im Baustelleneinrichtungsplan eingezeichnet war.

Die Subunternehmer müssen wöchentlich die Anzahl der Arbeiter in eine Liste eintragen. Aufgrund des geöffneten Baufeldes konnte jedoch der exakte Arbeitnehmerstand auf der Baustelle nicht ermittelt werden. Die AN auf der Baustelle, insbesondere die Vorarbeiter waren dazu angehalten baustellenfremde Personen zu melden. Zudem wurden täglich stichprobenartige Kontrollen der Baustellenausweise durchgeführt. Nach jedem Arbeitsschluss wurde die Baustelle von der Bauleitung (Polier) abgesperrt.

4.7.3 Diskussion

Baustellenausweis Wie bereits unter Punkt 4.7 beschrieben, ist es gesetzlich notwendig das Personal auf der Baustelle zu dokumentieren. Ein System, wie dieses die Firma „ISHAP“ anbietet, ist sinnvoll, weil professionelle Hilfe mit dem Umgang der komplexen Gesetzeslage zur Verfügung gestellt wird. Außerdem vereinfacht das System den bürokratischen Aufwand und kann durch ausführliche Dokumentation im Bedarfsfall auch als rechtliche Absicherung dienen.

Die notwendigen Dokumente (siehe Punkt 4.7), die für eine Arbeitserlaubnis auf der Baustelle erforderlich sind, zu kopieren und aufzubewahren, wäre technisch die einfachste Variante, um die gesetzlichen Bestimmungen umzusetzen. Dies würde aber ab einer größeren Anzahl an Beschäftigten (ca. 100 Personen) zu einem großen bürokratischen Aufwand führen. Es müsste händisch notiert werden, wenn beispielsweise Arbeitsbewilligungen ablaufen, damit diese aktualisiert werden oder der Arbeiter von der Baustelle zu verweisen ist. Daher ist es sinnvoll ein computergestütztes Dokumentationssystem zu verwenden.

Zugangskontrollen zur Baustelle Eine exakte Zugangskontrolle (beispielsweise mit Drehkreuzen), die jeden Arbeitnehmer auf der Baustelle erfasst, ist gesetzlich nicht vorgeschrieben, hat aber dennoch viele Vorteile. Diese sind, dass:

- die Gesamtanzahl der Arbeiter bekannt ist, was im Falle eines Notfalls von hoher Bedeutung sein kann,
- Terminverzögerungen durch zu geringen Personalstand belegbar sind,
- die anfallenden Stunden den Gewerken zugeordnet werden können,
- das Haftungsrisiko des Sozialversicherungsbetrugs minimiert werden kann,
- die Baustelle einem stationären Fertigungsbetrieb näher kommt,
- die Zahl von Diebstählen minimiert werden kann.

Kommt ein Drehkreuz zur Anwendung, dann muss die Baustelle so verschlossen sein, dass nur ein Betreten durch das Drehkreuz möglich ist. Dies führt auch dazu, dass die Anlieferungsflächen überwacht werden müssten. Dies ist auf innerstädtischen Baustellen mit geringem Platzangebot schwer durchführbar, weil das Baufeld an mehreren Stellen geöffnet werden muss, um Anlieferungen zu ermöglichen. Am Baufeld der ÖBB-Baustelle wurde der Baustellenzaun für die Materialanlieferungen an vier Stellen des Baufelds entfernt. Diese Flächen waren die Lagerflächen A und D und die Manipulationsflächen B und C.

Außerdem müsste der Bauzaun mit Holz beplankt werden, weil aus Erfahrung der Bauleitung dieser sonst an ungewünschten Stellen unerlaubterweise geöffnet wird.

Es würde der ARGE HABAU/ÖSTU-Stettin (Totalunternehmer) keinen nachweislichen wirtschaftlichen Vorteil bringen, das Baufeld komplett zu verschließen und mit einem Drehkreuz auszustatten. In mehreren Diskussionen mit der Bauleitung wurden Pro & Contra abgewägt. Das Ergebnis war, dass eine Einschließung des Baufelds speziell im innerstädtischen Bereich schwer zu realisieren ist. Es brächte natürlich Vorteile, die aber monetär nicht bewertbar sind.

Die Verantwortung über das unbefugte Betreten der Baustelle liegt auch beim Baustellenkoordinator und damit auch beim Bauherrn. Wenn dieser in der Ausschreibung bereits eine Baustellenzugangskontrolle vorschreibt, dann haben die Baufirmen die Mehrkosten einzukalkulieren und sind in der Lage diese umzusetzen.

Es wurde überlegt eine morgendliche Personenerfassung über einen Barcodescanner (Barcode befindet sich am Baustellenausweis) durchzuführen. Aufgrund der Erfahrung der Bauleitung wurde erörtert, dass ein solches System sehr anfällig für Betrug ist. Beispielsweise könnte eine Person Ausweise von mehreren Personen scannen, die sich nicht auf der Baustelle befinden. Andererseits, wenn eine Person zum Scannen der Ausweise abgestellt ist und dadurch das Mehrfachscannen verhindern würde, dann kann trotzdem nicht kontrolliert werden, ob Arbeiter unangemeldet auf der Baustelle sind.

Wenn das Baufeld groß genug ist, dass ein Personenzutritt und eine LKW-Anlieferung über einen Zugangspunkt realisiert werden können, dann könnte sich eine komplette Baustellenumschließung mit Drehkreuz kostenmäßig rechnen. Auch hier ist es schwierig den Vorteil finanziell zu bewerten.

Gleichzeitig, zum Bau der ÖBB-Konzernzentrale gab es in Wien zwei Projekte, die vom Logistikdienstleister „Streif-Baulogistik“ mit Baustellenumschließungen und Personenkontrollen ausgestattet worden waren. Ein Projekt befand sich mitten in der Stadt mit einer hohen Frequenz von Touristen. In diesem Fall war vermutlich in der Ausschreibung gefordert, dass die Baustelle vor unbefugten Zutritten zu versperren ist. Das zweite Projekt lag im näheren Umfeld der ÖBB-Baustelle, bei dem die Randbedingungen ähnlich waren. Nur konnte aus Beobachtungen festgestellt werden, dass das Platzangebot am Baufeld größer war als beim Bau der ÖBB-Konzernzentrale.

4.8 Infrastrukturelle Anbindung der Baustelle

In diesem Kapitel werden speziell die infrastrukturellen Einrichtungen der Baustelle ÖBB-Konzernzentrale behandelt, die bei innerstädtischen Hochbauprojekten interessant sind. Es ist zum Beispiel kein Problem einen Internetanschlusses im innerstädtischen Bereich herzustellen. Bei entlegenen Baustellen ist dies nicht unbedingt leicht zu lösen. Bei entlegenen Baustellen ist andererseits die Parkplatzsituation in der Regel kein Problem, bei innerstädtischen Baustellen hingegen schon.

4.8.1 Zufahrtsstraßen

4.8.1.1 Istzustand

Das Baufeld konnte während der Ausbauphase (siehe Punkt 3.3) allseitig ohne Gewichtsbeschränkungen (im Sinne der StVO) befahren werden.

Überblick der Zufahrtsstraßen für die Lager- und Manipulationsflächen:

Tabelle 4.20: Zufahrtsstraßen für Lager- und Manipulationsflächen

Ort der Zufahrt	Zufahrtsstraße
Lagerfläche A	Am Hauptbahnhof
Lagerfläche D	Sonnwendgasse
Manipulationsfläche B	Am Hauptbahnhof oder, Gertrude-Fröhlich-Sandner-Straße
Manipulationsfläche C	Gertrude-Fröhlich-Sandner-Straße oder, Sonnwendgasse

4.8.1.2 Sollzustand

Der Istzustand entspricht dem Sollzustand. Die Umschließung des Baufeldes mit offiziellen Straßen der Stadt Wien ermöglichte eine einwandfreie Anlieferung von Bauprodukten.

4.8.2 Parkplätze

4.8.2.1 Istzustand

Das Baufeld der ÖBB-Baustelle war zu klein, um Parkplätze vorzusehen. Die Lagerfläche bei den Containern der Bauleitung (siehe Abbildung 3.4) wurde zu Parkplätzen mit drei Stellplätzen umfunktioniert. Des Weiteren wurde auch der freie Platz zwischen der Lagerfläche A und den Containern der Bauleitung für 2 Parkplätze verwendet.

An der Nord-Ost Seite des Baufeldes, am Vorplatz des Hauptbahnhofs, gab es 20 Stellflächen, die über die Straße „Am Hauptbahnhof“ erreicht werden konnten. Bei diesen Stellflächen handelte es sich um Parkplätze der Stadt Wien und mussten für eine Verwendung mit Parkscheinen bezahlt werden. Die Parkplätze konnten nicht reserviert werden und es galt das Motto: „First come - first serve.“

Die Arbeiter kamen hauptsächlich mit PKWs und Mannschaftstransportern auf die Baustelle. Die Entladung der Fahrzeuge wurde vornehmlich auf öffentlichen Grund durchgeführt.

Positiv konnte die optimale U-Bahnanbindung der ÖBB-Baustelle hervorgehoben werden. Mit der U1, der Haltestelle Südtiroler Platz/Hauptbahnhof, war die Baustelle in nur ca. 4 Minuten Fußweg von der Station zu erreichen.

4.8.2.2 Sollzustand

Eine Kurzparkmöglichkeit für das Aussteigen von Arbeitern aus Mannschaftsfahrzeugen sowie für das Abladen von Materialien und Geräten sollte am Baufeld vorgesehen werden. Dieser Bereich könnte zwischen 07:00 und 08:00 Uhr ausschließlich dafür reserviert werden. Eine mögliche Umsetzung ist im optimierten Baustelleneinrichtungsplan unter Punkt 5 beschrieben.

4.8.3 Diskussion

Für die Materialanlieferung war das Baufeld ideal gelegen und erschlossen (siehe Punkt 4.8.1). Ein nicht zu unterschätzendes Problem stellt die Parkplatzsituation bei innerstädtischen Baustellen dar.

5 Conclusio

Viele Aufgaben, die heutzutage unter dem Begriff *Baulogistik* zusammengefasst sind, sind Themen, mit denen sich die Bauindustrie schon seit jeher auseinandergesetzt hat. Sie wurden und werden auch heute noch unter den Begriffen *Arbeitsvorbereitung* und *Baustelleneinrichtung* behandelt. In diesem Sinne sind sie Kernkompetenzen, die jede Baufirma zu erfüllen hat.

Kosten-Nutzen-Abwägung Die Aussage, dass ca. ein Drittel der Arbeitszeit von Ausbaugewerken für Materialsuche, Wegstrecken, Transporte und Arbeitsunterbrechungen aufgewendet wird und dies durch eine verbesserte Baustellenlogistik direkt beeinflusst werden kann (siehe Punkt 1), dient als Grundlage für die Ergebnisse in Tabelle 5.3. Diese sollen veranschaulichen, wieviel Kosten pro Tag, Woche und Monat, durch verbesserte Logistikprozesse eingespart werden könnten.

In Tabelle 5.1 sind die verwendeten Eingangswerte für Tabelle 5.2 und 5.3 zusammengefasst. Der niedrige Bruttomittellohn von 30 Euro/Stunde wurde gemeinsam mit der Bauleitung der ARGE geschätzt, um den hohen Anteil an günstigen Arbeitskräften aus Osteuropa zu berücksichtigen.

In Tabelle 5.2 und 5.3 wurde Bezug auf die Baustelle ÖBB-Konzernzentrale genommen. Hier waren ca. 100 Arbeiter in der Rohbauphase, ca. 200 Arbeiter in der Kernausbauphase und ca. 300 Arbeiter während der Vollausbauphase tätig. Die Bruttokosten (100%) pro Tag ergeben sich aus der Formel: $Bruttomittellohn * Arbeitszeit * Arbeitnehmer$. Die äußerste rechte Spalte in Tabelle 5.3 zeigt den Differenzwert, der entsteht, wenn der Arbeitszeitanteil der Logistikprozesse um nur 3% gesenkt würde.

In der Vollausbauphase könnten dadurch ca. 46.440 Euro gespart werden. Dieses beispielhaften Betrags sollte man sich bei der Kosten-Nutzen-Abwägung bezüglich der Investition in eine der genannten Optimierungsmaßnahmen für Logistikprozesse stets bewusst sein.

Tabelle 5.1: Eingangswerte für Logistikprozesskosten

Bruttomittellohn	30	Euro/h
Tagesarbeitszeit	8	h
Wochenarbeitszeit	40	h
Monatsarbeitszeit	172	h
Arbeitszeitanteil für Logistikprozesse	33	%
Arbeitszeitanteil für verbesserte Logistikprozesse	30	%

Outsourcing und logistische Hilfsmittel Der Grad der Inanspruchnahme von externen Dienstleistungsangeboten bezüglich der Baulogistik ist ein heikles Thema. Einerseits sollte sich Outsourcing - gerade bei mittelgroßen Baufirmen - in Maßen halten, um eigenes Know-How nicht zu verlieren. Andererseits gibt es logistische Dienstleistungen, deren Ausgliederung sehr wohl

Tabelle 5.2: Bruttokosten

	Berechnung	Bruttokosten (100%) pro Tag (Euro)
Rohbauphase (100 AN)	100 AN*30 Euro/h*8 h	24.000
Kernausbauphase (200 AN)	200 AN*30 Euro/h*8 h	48.000
Vollausbauphase (300 AN)	300 AN*30 Euro/h*8 h	72.000
		Bruttokosten (100%) pro Woche (Euro)
Rohbauphase (100 AN)	100 AN*30 Euro/h*40 h	120.000
Kernausbauphase (200 AN)	200 AN*30 Euro/h*40 h	240.000
Vollausbauphase (300 AN)	300 AN*30 Euro/h*40 h	360.000
		Bruttokosten (100%) pro Monat (Euro)
Rohbauphase (100 AN)	100 AN*30 Euro/h*172 h	516.000
Kernausbauphase (200 AN)	200 AN*30 Euro/h*172 h	1.032.000
Vollausbauphase (300 AN)	300 AN*30 Euro/h*172 h	1.548.000

Tabelle 5.3: Logistikprozesskosten

Bruttokosten (33%) (Euro) pro Tag für Logistikprozesse	Bruttokosten (30%) (Euro) pro Tag für verbesserte Logistikprozesse	Delta (3%) (Euro) Logistikprozesskosten
7.920	7.200	720
15.840	14.400	1.440
23.760	21.600	2.160
Bruttokosten (33%) (Euro) pro Woche für Logistikprozesse	Bruttokosten (30%) (Euro) pro Woche für verbesserte Logistikprozesse	Delta (3%) (Euro) Logistikprozesskosten
39.600	36.000	3.600
79.200	72.000	7.200
118.800	108.000	10.800
Bruttokosten (33%) (Euro) pro Monat für Logistikprozesse	Bruttokosten (30%) (Euro) pro Monat für verbesserte Logistikprozesse	Delta (3%) (Euro) Logistikprozesskosten
170.280	154.800	15.480
340.560	309.600	30.960
510.840	464.400	46.440

sinnvoll sein kann, weil sie die Kernkompetenz einer Baufirma im eigentlichen Sinne übersteigen (z.B. Softwaresystem ISHAP-Baustellendokumentation).

Im Bereich der Baulogistik gibt es bereits etliche Hilfsmittel (RFID-Technik, Managementkonzepte, etc.), die zur Unterstützung der logistischen Prozesse und ökonomischen Abläufe auf einer Baustelle herangezogen werden können, aber momentan erst in geringem Maße Anwendung finden. Dies liegt in erster Linie daran, dass aufgrund der anfänglich hohen Investitionskosten einerseits und der meist konservativen Denkweise andererseits der Nutzen nicht erkannt wird. In naher Zukunft wird eine lückenlose Dokumentation von Prozessabläufen, menschlicher Arbeitsleistung und Warenflüssen eine immer wichtigere Rolle spielen. Ein Vorteil dieser genauen Dokumentation ist die Sammlung von Informationen, die in weiterer Folge für zukünftige Projekte eine entscheidende Planungsgrundlage sein können. Hierdurch könnte auf lange Sicht die Produktivität gesteigert werden.

Abfallmanagement Das Abfallmanagement kann auf Hochbau-Baustellen sehr effizient gestaltet werden (siehe Punkt 2.5). Da jedoch eine sehr hohe Anzahl an verschiedenen Gewerken (Subfirmen) gleichzeitig tätig ist, ergibt sich ein großer Aufwand für die Abrechnung der Bauabfälle mit den verschiedenen Subfirmen. Aus diesem Grund wird in den meisten Fällen auf ein gemeinsames Abfallmanagement verzichtet.

Produktivität und Sub-Subunternehmer-Kultur Bauleiter und Poliere entkräften die Forderung nach einer effizienteren Baulogistik oft mit dem Argument, dass die Kosten höher als der Nutzen seien. Aufgrund der gängigen hohen Arbeitsteilung im Bauwesen (Sub-Subunternehmer-Kultur) werden oftmals niedrigste Preise für Bauleistungen erzielt, die auf den ersten Blick die Notwendigkeit einer effizienteren und teureren Baulogistik außer Acht lassen - beispielsweise wird effektives Arbeiten durch eine erhöhte Zahl an Niedriglohnarbeitern ersetzt. Diese Argumentationsweise ist aber nur teilweise schlüssig, weil berücksichtigt werden muss, dass allein durch ein logistisch unprofessionelles Gewerk (SU) auch die Produktivität von anderen Gewerken beeinflusst werden kann.

Konzept des Zentralen Logistikmanagements Das Konzept des Zentralen Logistikmanagements sieht vor, dass ein Logistikkordinator der Baustelle zur Verfügung gestellt wird, der alle Aufgaben im Zusammenhang mit Logistik zu bewältigen hat. Üblicherweise gibt es im weitesten Sinne auf jeder Baustelle einen Logistikkordinator - den Polier. Speziell bei größeren Baustellen werden die arbeitsintensiven Aufgaben eines Logistikkordinators unterschätzt. Aus diesem Grund ist es ab einer gewissen Baustellengröße sinnvoll, zusätzlich eine Person nur für das Koordinieren von Logistikprozessen abzustellen oder die Kapazität an Polieren zu erhöhen, damit diese die Logistikaufgaben besser bewältigen können.

Eine andere Möglichkeit wäre, die Aufgaben des Logistikkordinators auf den Polier und einen Techniker der Bauleitung aufzuteilen. Dies hätte den Vorteil, dass theoretische und praktische Ansätze zu einer idealen Kombination führen würden, um Logistikprozesse effizient zu gestalten. Diese Art der Prozessoptimierung könnte produktivitätssteigernd wirken und somit zu einer Kosteneinsparung führen.

Schnittstelle Polier - Techniker/Bauleiter Dieser Schnittstelle muss besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, weil die Umsetzung von Logistikkonzepten nur möglich ist, wenn die Poliere auf Baustellen diese Konzepte auch unterstützen. Da die Poliere im Wesentlichen alle Vorgänge auf der Baustelle koordinieren, sind sie auch automatisch für die Logistikprozesse zuständig. Aus diesem Grund muss sich der Polier mit dem vorgegeben Logistikkonzept identifizieren können.

Simulation von Logistikprozessen Ein großes Problem der Baustellenabwicklung in der Ausbauphase ist, dass zu wenige Prozesse im Vorhinein geplant werden. Daher wird versucht (hauptsächlich in der Forschung) Logistikprozesse vor Baubeginn zu simulieren und damit Baustelleneinrichtungspläne, Terminpläne etc. zu optimieren. Da jedoch ein Großteil der Prozesse auf Baustellen nicht dokumentiert wird, fehlen Eingangsdaten um solche Simulationen durchführen zu können. Daher sollte man daran interessiert sein, so viele Daten wie möglich zu sammeln, damit die Baustellenabwicklung von zukünftigen Baustellen genauer im Vorhinein geplant werden kann.

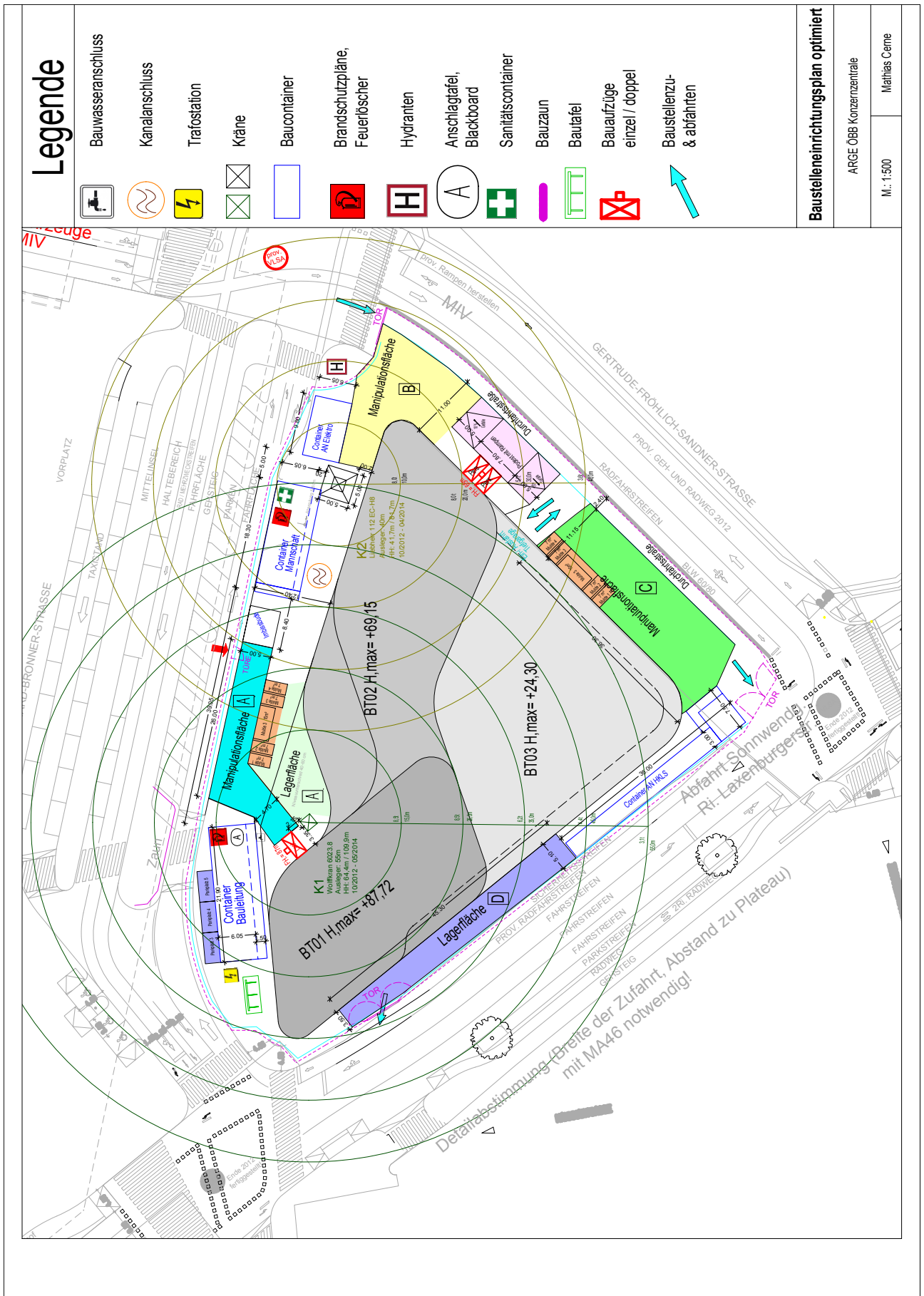
Optimierter Baustelleneinrichtungsplan Durch die wenigen Freiflächen am innerstädtischen Baufeld ist der Spielraum für die Optimierung des Baustellenlayouts sehr stark eingengt. Deswegen ist in diesen Fällen eine intensive Planung im Vorhinein ebenso wichtig wie eine Flexibilität im Layout während des gesamten Baustellenbetriebes. Trotz der eingeschränkten Möglichkeiten, die auf der Baustelle ÖBB-Konzernzentrale zur Verbesserung der Baustelleneinrichtung vorhanden waren, ist in Abbildung 5.1 ein optimierter Baustelleneinrichtungsplan dargestellt.

Die Manipulationsfläche A ist für das Anliefern von Materialien vorgesehen, die vornehmlich mit dem Single-Bauaufzug transportiert werden. Die Seitenlänge entlang der Straße ist mit 26 m so dimensioniert, dass ein Lastzug mit Anhänger (18 m) oder ein Sattelschlepper (18,75 m) ausreichend Abstellplatz zur Verfügung hat. Die Engstelle zwischen den Bauleitungscontainern und der Lagerfläche ist mit 4,70 m ausreichend dimensioniert, damit der Warenfluss zum Single-Aufzug nicht behindert wird.

Die Lagerfläche A soll zum Zwischenlagern von Materialien verwendet werden, damit bei hoher Auslastung des Bauaufzuges der Materialtransport diskontinuierlich erfolgen kann. Dadurch wird verhindert, dass bei großen Materialanlieferungen der Personentransport mit dem Bauaufzug vollständig zum Erliegen kommt.

Die Manipulationsflächen B und C werden gleich belassen. Der Zugang zum Twin-Aufzug wird über eine Rampe realisiert, die von beiden Manipulationsflächen bedient werden kann. Es ist vorgesehen, dass LKW Lieferungen über die Manipulationsfläche B und C bis zur Rampe vorfahren, um dort die Materialien direkt über die LKW Ladeboardwand auf das Podest abzuladen.

Im Bereich der Manipulationsfläche A und C wurden Absetzmulden und Abrollcontainer für ein gemeinsames Abfallmanagement aufgestellt.



Legende

- Bauwasseranschluss
- Kanalschluss
- Trafostation
- Kräne
- Baucontainer
- Brandschutzpläne, Feuerlöscher
- Hydranten
- Anschlagtafel, Blackboard
- Sanitätscontainer
- Bauzaun
- Bautafel
- Bauzüge einzel / doppel
- Baustellenzu- & abfahren

Baustelleneinrichtungsplan optimiert

ARGE ÖBB Konzernzentrale	
M: 1:500	Mathias Cerne

Abbildung 5.1: Optimierter Baustelleneinrichtungsplan

Literatur

- ARGE Habau/ÖSTU-Stettin: Neubau ÖBB Konzernzentrale Projekthandbuch Vers. 03, Projektinformation, 2013.
- Bauarbeiterschutzverordnung: § 4 Abs. 7, BGBl. Nr. 340/1994.
- Berner, F u. a.: Simulation in der Fertigungsplanung von Bauwerken, in: Bauingenieur, Feb. 2013.
- Berner, Fritz, Bernd Kochendörfer und Rainer Schach: Grundlagen der Baubetriebslehre 2, Teubner, 2008.
- Boenert, Lothar und Michael Blömeke: Baulogistik - Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen, hrsg. v. Uwe Clausen, Praxiswissen, 2006.
- Car, Martin, Norbert Ritschel und Erich Bata: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen, Studienblätter, TU Wien, 2013.
- Dörmann, Joseph: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, 2013, URL: http://www.iml.fraunhofer.de/de/themengebiete/umwelt_ressourcenlogistik/baulogistik.html.
- Duschel, Michael und Wolf Plettenbacher: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb: Praktische Methoden und Lösungen für die optimale Vorbereitung und Steuerung von Bauvorhaben, Linde-Verlag, 2013.
- Fachverband der Bauindustrie Österreichs: Österreichische Baugeräteliste: ÖBGL, Bauverlag BV GmbH, 2009.
- GEDA-Dechentreiter GmbH & Co.KG: Montageanleitung GEDA PH 650, Fahrenheit PH 2032, PH 2737, PH 3240 Single/Twin, 2013.
- Gehbauer, Fritz, Gregory Howell und Bodo Wiegand: Was ist Lean Construction?, 2014, URL: <http://www.lean-management-institut.de/index.php?id=11>.
- Gehbauer, Fritz und Jürgen Kirsch: Lean Construction - Produktionssteigerung durch "schlanke" Bauprozesse, in: Bauingenieur, Nov. 2006.
- Girmscheid, Gerhard: Einführung in die Grundlagen der Logistik der Bauwirtschaft, in: Studienblätter 2011.
- Girmscheid, Gerhard und Sebastian Etter: Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen-Operative Umsetzung, in: Bauingenieur 2012.
- Girmscheid, Gerhard und Sebastian Etter: Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen-Strategische Umsetzung, in: Bauingenieur 2012.
- Günthner, W.A. und O. Schneider: RFID-Einsatz in der Baubranche, 2014, URL: http://www.fml.mw.tum.de/fml/images/Publikationen/Abschlussbericht__AiF__RFID-im-Bau_15288N1.pdf.
- Hasenclever, Tobias u. a.: Digitale Baustelle-Innovativer Planen, Effizienter Ausführen, hrsg. v. Willibald Günthner und Andre Borrmann (VDI-Buch), Springer, 2011.
- ISHAP GmbH: ISHAP-Baudokumentation, Handbuch, 2014.

- Jehle, Peter, Stefan Seyffert und Steffi Wagner: Anwendbarkeit der RFID-Technologie im Bauwesen, Vieweg+Teubner, 2011.
- Kugler, Martin, Basel Kordi und Volkhard Franz: Simulation zur Unterstützung der Arbeitsvorbereitung im Hochbau, in: Bauingenieur, Sep. 2012.
- Mägert G&C Bautechnik AG: <http://www.mbt-bautechnik.ch/produkte/baustelleneinrichtungen>.
- Oberndorfer, Wolfgang J. und Hans Georg Jodl (Hrsg.): Handwörterbuch der Bauwirtschaft, Austrian Standards plus, 2010.
- Ohno, T.: Toyota Production System, Beyond Large Scale Production, Productivity Press, 1988.
- Pfohl, Hans-Christian: Logistiksysteme: betriebswirtschaftliche Grundlagen, Springer Berlin-Heidelberg, 2010.
- Pfohl, Hans-Christian: Marketing-Logistik: Gestaltung, Steuerung und Kontrolle des Warenflusses im modernen Markt, Distribution-Verlag, 1972.
- Schach, Rainer und Jens Otto: Baustelleneinrichtung: Grundlagen - Planung-Praxishinweise - Vorschriften und Regeln, Vieweg+Teubner, 2011.
- Schmelzer, Hermann J. und Wolfgang Sesselmann: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis, Hanser, 2004.
- Schwaiger, Walter, Sabine Köszegi und Wilfried Sihn: Grundlagen der Betriebs- und Unternehmensführung, Scriptum, 2013.
- Sullivan, Gary, Stephen Barthorpe und Stephen Robbins: Managing Construction Logistics, Wiley-Blackwell, 2011.
- Thaler, Klaus: Supply Chain Management: Prozessoptimierung in der logistischen Kette, Fortis, 2007.
- Weber, Jörg: Simulation von Logistikprozessen auf Baustellen auf Basis von 3D-CAD Daten, Dissertation, 2007.
- Zimmermann, Josef und Bernd Haas: Baulogistik: Motivation-Definition-Konzeptentwicklung, 2009.

Tabellenverzeichnis

2.1	Mengenschwellen der Stoffgruppen	18
2.2	Kennwerte Abrollcontainer	20
2.3	Kennwerte Absetzmulde	20
3.1	Objektkenndaten Bürogebäude	27
3.2	Flächenkenndaten Bürogebäude	29
3.3	Projekttermine	31
4.1	Kostenvergleich Ist- und Sollprozess von HKLS-Lüftungsmaterialien	50
4.2	Manipulationskosten Doppelbodenplatten	53
4.3	Abmessungen Haltevorrichtung Fassadenfertigteile	59
4.4	Lagerung von Haltevorrichtungen auf Lagerfläche D	59
4.5	Technische Daten GEDA PH3240 Single	64
4.6	Technische Daten GEDA PH2737 Twin	65
4.7	Betriebsvoraussetzung Bauaufzüge	65
4.8	Durchschnittsfahrzeit für Hubhöhe 88 m/67 m	66
4.9	Personalstand	67
4.10	Kosten Bauaufzug GEDA PH3240 Single	75
4.11	Kosten Bauaufzug GEDA PH2737 Twin	75
4.12	Bauaufzüge aus der ÖBGL	76
4.13	Gerätekosten mit verschiedenen Abminderungsfaktoren	77
4.14	Personalkosten Aufzüge	77
4.15	Kran K1	79
4.16	Kran K2	79
4.17	Kran K3	80
4.18	Gesamtkosten Kran und Bauaufzug	81
4.19	Abschätzung Abfallaufkommen	91
4.20	Zufahrtsstraßen für Lager- und Manipulationsflächen	96
5.1	Eingangswerte für Logistikprozesskosten	97
5.2	Bruttokosten	98
5.3	Logistikprozesskosten	98

Abbildungsverzeichnis

1.1	Prozent-Anteile der Tätigkeit gemessen an der Gesamtzeit Ausbau	1
1.2	Erwartete Kosteneinsparungen in %	2
2.1	Teilbereiche der Baulogistik	7
2.2	Bereiche der Logistik im Bauwesen	11
2.3	Logistikfeinkonzept nach Girmscheid	12
2.4	Bewertung zur Materialbeschaffung	13
2.5	Prinzipieller Aufbau eines RFID-Systems	16
2.6	Absetzmulde und Abrollcontainer	19
2.7	MS-Plattform (Mägert G&C Bautechnik AG)	24
3.1	Lageplan ÖBB-Konzernzentrale	28
3.2	Vogelperspektive Nordwest	28
3.3	Projektfortschritt ÖBB-Konzernzentrale, Stand: 22.01.2014	29
3.4	Standort ÖBB-Konzernzentrale	30
3.5	Organigramm der ARGE	31
3.6	Kernausbauphase	33
3.7	Baustelleneinrichtungsplan	34
4.1	Ablauf einer Anlieferung	36
4.2	Istprozess der Materialanlieferung	37
4.3	Termintafel Materialanlieferung	38
4.4	Formular Anlieferung	39
4.5	Sollprozess der Materialanlieferung	40
4.6	Ausschnitt - Manipulationsfläche B und C	42
4.7	Lager- und Manipulationsfläche A (Datum: 17.12.2013)	43
4.8	Lager- und Manipulationsfläche A (Datum: 27.02.2014)	44
4.9	Sollzustand Lager- und Manipulationsfläche A	44
4.10	Manipulationsfläche B und C (Datum: 27.02.2014)	45
4.11	Manipulationsfläche B (links) und C (rechts)(Datum: 27.02.2014)	46
4.12	Handmanipulation von Lüftungsmaterialien	47
4.13	Istprozess HKLS-Lüftungsmaterialien	48
4.14	Sollprozess der Materialmanipulation	49
4.15	Hubwagen mit Palette und Gitterbox	51
4.16	Maschinelle Materialmanipulation	51
4.17	Istprozess der Materialmanipulation Doppelboden	53
4.18	Transport mit Hubwagen	54

4.19	Professionelles Entladekonzept	54
4.20	Ausschnitt - Lagerfläche A und D	56
4.21	Materiallagerung von HKLS-Lüftungsmaterialien	57
4.22	Verbesserte Materiallagerung von HKLS-Lüftungsmaterialien	58
4.23	Lager Fassadenfertigteile, Lagerfläche D (links) B (rechts)	59
4.24	Lagerfläche D	60
4.25	Materiallagerung Doppelboden	61
4.26	Materiallagerung diverser Bauprodukte 1	61
4.27	Materiallagerung diverser Bauprodukte 2	62
4.28	Betriebsablauf Bauaufzug	65
4.29	Kernausbau - Beförderte Personen (Bauaufzug GEDA PH3240 Single)	68
4.30	Kernausbau - Beförderte Personen (Bauaufzug GEDA PH2737 Twin)	68
4.31	Vollausbau - Beförderte Personen (GEDA PH3240 Single)	70
4.32	Vollausbau - Beförderte Personen (GEDA PH2737 Twin)	70
4.33	Etagenaustritte Kernausbauphase	72
4.34	Etagenaustritte Vollausbauphase (Single, links)(Twin, rechts)	73
4.35	Etagenaustritt Rohbaudecke (flasche Montage)	73
4.36	Etagenaustritt - Visualisierung	74
4.37	Materialmanipulation mit Kran K2	81
4.38	Abfallsortierinsel	83
4.39	Entsorgung GKP-Verschnitt	85
4.40	Zwischenlagerung von GKP-Verschnitt in den Geschossen	85
4.41	Istprozess Entsorgung GKP-Verschnitt	86
4.42	Entsorgungssystem rolco®	87
4.43	Sollprozess Entsorgung GKP-Verschnitt	88
4.44	Istprozess der Abfallzwischenlagerung	88
4.45	Verschmutzung der Geschosse; links: Geschoss 8; rechts: Geschoss 9	90
4.46	Beschriftung der Restmüllbehälter	90
5.1	Optimierter Baustelleneinrichtungsplan	101